

חברה הגיאולוגית הישראלית
Israel Geological Society



מדריך סידרים

עכו 1991

GEOLOGICAL SOCIETY OF ISRAEL
ANNUAL MEETING
AKKO 1991

FIELD TRIPS
ISSN 0334-0694

עורך: אבי הוניגשטיין

הפקה: מסטר-דר בע"מ, 03-203922/3

שער קדמי: חוף הגליל המערבי, מבט ממצוק ראש הנקרה דרומה, אל קטע החוף המיפרץ. בסלעי הכורכר חציבות קדומות.

דרומה יותר - קטע החוף החולי של שפך נחל בצת.

שער אחורי: האי נחליאלי, מקבוצת איי ראש הנקרה. רב שטחו של האי חצוב. מחשופי הכורכר הם פעילות החציבה.

צילומים: דורית סיון - המכון הגיאולוגי, ירושלים.



כנס החברה הגיאולוגית

שכנ 1991

מדריך סיורים

תל-אביב, אפריל 1991, אייר תשנ"א

ה ק ד מ ה

חוברת סיורים זו יוצאת לאור לרגל כנס החברה הגיאולוגית המתקיים אי"ה בעכו ב-4.91-25-22, ומטרתה העיקרית היא לשמש דברי הסבר לסיורי הכנס.

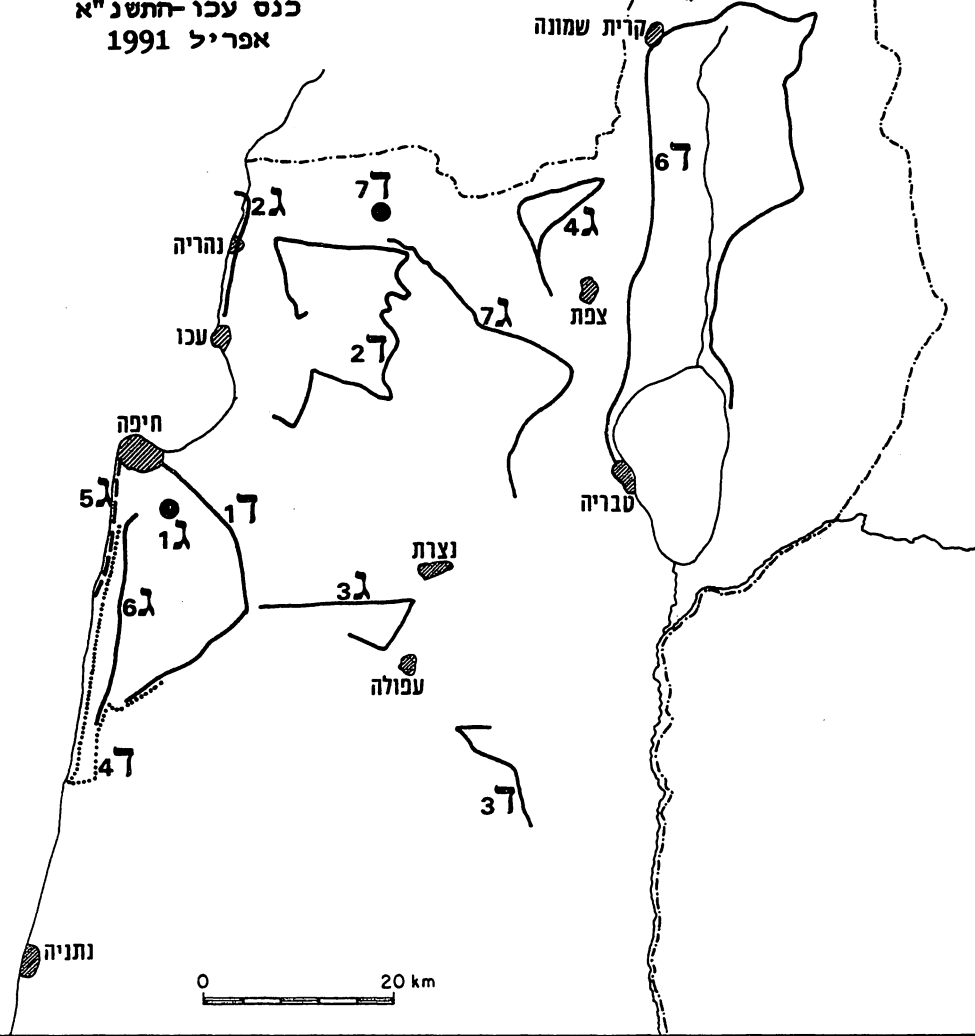
השנה יתקיימו הסיורים בגליל, בכרמל ולאורך החופים הצפוניים של הארץ. בנוסף לסיורים הגיאולוגיים, יתקיימו גם סיורים בנושאי הארכיאולוגיה, החי והצומח בשמורות הטבע.

המסלולים והתחנות בכל אחד מן הסיורים המוצעים, מפורטים ומתוארים בפרוטרוט, וניתן להשתמש במדריך הסיורים גם לצרכי סיור בקבוצות ויחידים, שלא במסגרת כנס החברה. מסלולי הסיורים סומנו על גבי מפות הכלולות בתוך כל סיור וסיור; כלל המסלולים סומנו על גבי המפה בעמוד הבא.

ועד החברה הגיאולוגית אסיר תודה למ. אייל, ע. ביין, צ. גרפונקל, ד. יעלון, א. כפרי, י. ניר, ר. נתיב, א. סטרינסקי, ד. סיון, וע. סנה על הקריאה הבקורתית וההערות המועילות למדריכי הסיורים ולכל אלה שעזרו בהכנת חוברת זו.

סיורים נעימים

החברה הגיאולוגית הישראלית
מסלולי הסיורים
כנס עכו-התשנ"א
אפריל 1991



תוכן העינינים

	סיור ג1:	סיור לכרמל הגבוה בנושא שריפות יער והשפעתן על תהליכי סחיפה, קרקע וצומח
7		מ. ענבר ופ. קותיאל
	סיור ג2:	הסטראטיגרפיה הריבעונית של חוף הגליל המערבי
17		ד. סיון וג. גבירצמן
	סיור ג3:	המלחת וניקוז קרקעות עמק יזרעאל בהקשר למערכת ההידרוגיאולוגית
31		י. גב, א. אדר, א. איסר וא. בן-מאיר
	סיור ג4:	חבורת הר הצופים באיזור צפת – היבטים סטרטיגרפיים ובעיות של יציבות מדרונות
48		ד. לויטה
	סיור ג5:	סיור לצפון חוף הכרמל מתל שקמונה ולנווה ים
54		י. ניר וא. גלילי
	סיור ג6:	האדם הקדמון בכרמל
62		מ. ויינשטיין – עברון וא. חוברס
	סיור ג7:	שלבים בהתפתחות הטקטונית של הגליל
69		ת. רון וי. אייל
	סיור ד1:	סיור לאורך העתק הגבול הצפון-מזרחי של הכרמל
84		מ. אכמון
	סיור ד2:	בעיות הידרוגאולוגיות בגליל המערבי
93		ע. שכנאי, ר. גלעד וש. אלחנתי
	סיור ד3:	טקטוניקה וולקניזם בשולי הגלבע
104		מ. בראון וע. פלכסר
	סיור ד4:	עדויות לשנויים אנכיים ביחסי ים-יבשה מאתרים ארכאולוגיים
117		א. רבן
	סיור ד6:	ניטור תנועות קרום לאורך הבקע
138		י. קרץ, י. אדלר, י. מלצר, י. פוראי וג. שטיינברג
	סיור ד7:	סיור בשמורת נחל כזיב
144		מ. שני

סיור ג

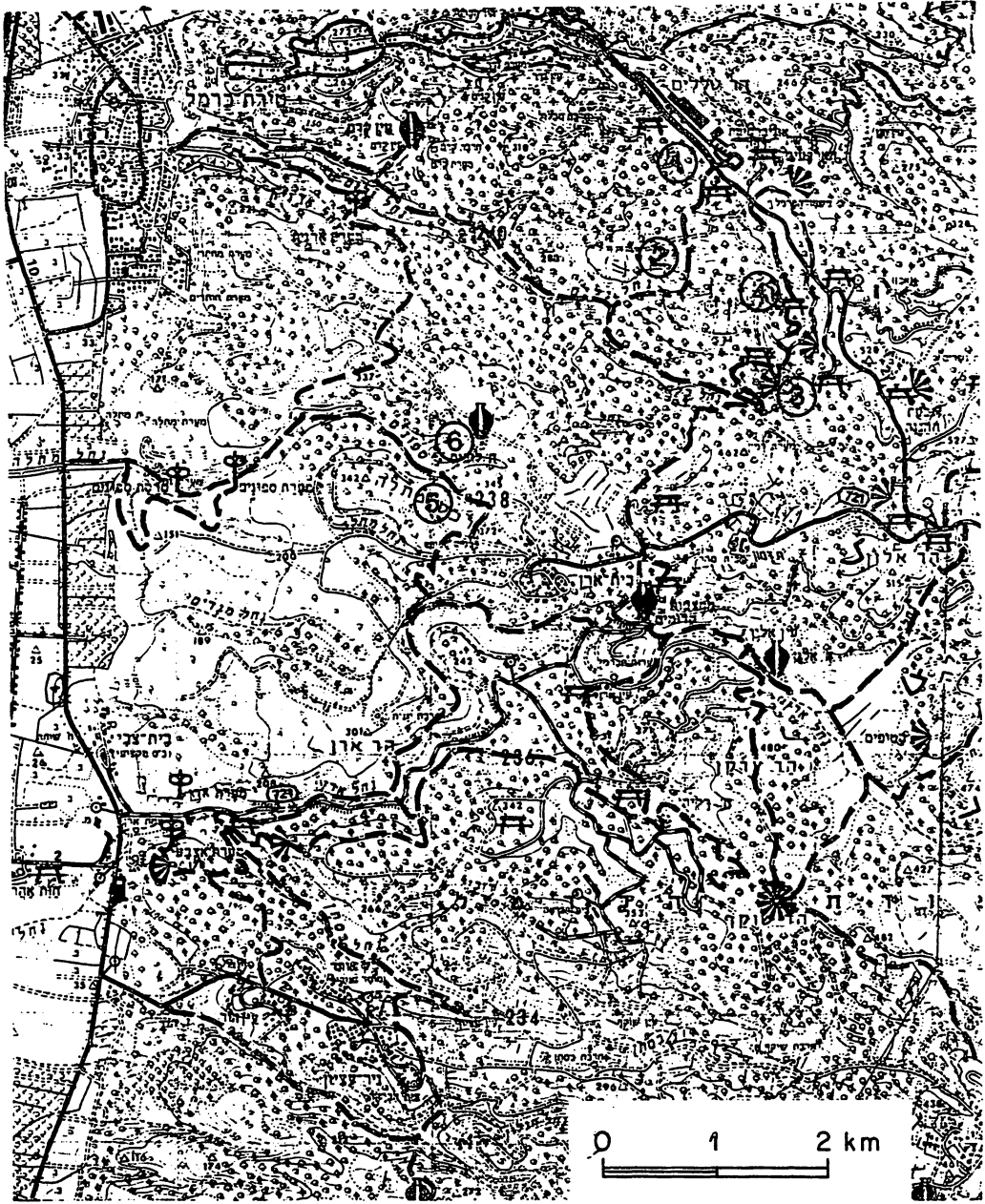
סיור לכרמל הגבוה בנושא שריפות יער
והשפעתן על תהליכי סחיפה, קרקע וצומח.

פ. ענבר (1) ופ. קותיאל (2)

(1) המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה
(2) המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן

תכנית הסיור

יציאה מעכו.	- 6 ⁰⁰
תצפית על הכרמל הגבוה מהקומה ה 30 של בנין אוניברסיטת חיפה. תחנה 1.	- 6 ³⁰
הליכה בשביל נחל גלים עד לתחנה ההידרומטרית. תחנה 2.	- 7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰
הליכה לתצפית נחל גלים. תחנה 3.	- 8 ⁰⁰ - 8 ³⁰
ארוחת בוקר.	- 8 ³⁰ - 9 ⁰⁰
תצפית נחל גלים ניסויי כריתת עצים ופינויים בשיטות שונות והשפעתם על נגר, סחף והתחדשות הצומח. תחנה 4.	- 9 ⁰⁰ - 9 ³⁰
נסיעה לנחל ספונים דרך בית אורן.	- 9 ³⁰ - 10 ⁰⁰
מפנה צפוני. תחנות לאיסוף נגר וסחף. חלקות מעקב אחר התחדשות הצומח.	- 10 ⁰⁰ - 11 ³⁰
השפעת השריפה על התכונות הפיסיקליות והכימיות של הקרקע. תצפית למפנה הדרומי. תחנה 5.	



מסלול חסיור

תחנה 1

תצפית על הכרמל הגבוה. הכרמל הגבוה משתרע ממישור החוף (חוף הכרמל) במערב ובצפון; בצפון מזרח ובמזרח-במישור חוף עכו ובעמק יזרעל; בדרום-נחל אורן. ממקום התצפית ניתן להבחין בשלוש מפסגותיו של הכרמל העליון: רום הכרמל (546 מ') וחר אלון (515 מ') בכיוון דרום מזרח (לכיוון הכפר הדרוזי עוספיה) ובפסגת טללים (488 מ') עליו ממוקמת קרית האוניברסיטה.

הפסגות אינן בולטות במיוחד בנוף כיוון שהפרשי הגובה בינן ובין סביבתן הקרובה אינם גדולים. הנחלים העיקריים שמצויים בחלק זה של הכרמל: נחל גלים בדרום ובדרום מערב; נחל כלח המתחבר לנחל גלים מדרום מזרח ונחל נשר במזרח. הסלעים בכרמל הם מגיל קנומן טורון. במבט לכיוון בית אורן וכלא דמון בדרום מבחינים בגיר ובדולומיט של תצורת מוחרקה (קנומן עליון). ראשי הרכסים הקרובים למקום התצפית בנויים מקרטונים שונים (קירטון וצור-תצורת שמיר; קירטון חריבה וקירטון תחתון עוספיה- קנומן תחתון) ומתחתם בולטים המצוקים והנוף הקרסטי של דולומיט יגור (קנומן תחתון). על גבי הקרטונים הרכים (חריבה ועוספיה) מתפתחות קרקעות רנדזינה בהירות המאופיינות על ידי יער אורן ירושלים

(*Pinus halepensis*) טבעי. על סלעי גיר ודולומיט מצויות קרקעות טרה רוסה ועליהן חורשים ים תיכוניים טיפוסיים של אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) ואלה ארץ ישראלית (*Pistacia palestina*). ברנדזינות החומות, המצויות על גבי הקרטונים הקשים (תצורת שמיר), שולטים יערות מעורבים של אורן ואלון. בואדיות ובמפנים צפוניים מלווה החורש במינים מזופיליים (אוהבי מים) כמו כליל החורש (*Cercis siliquastrum*), ער אציל (*Laurus nobilis*), אשחר

רחב עלים (*Rhamnus alaternus*) ואחירותם החורש (*Spartium junceum*). כמות המשקעים השנתית הממוצעת באזור זה של הכרמל הינה כ-700 מ"מ עפ"י מדידות מהאוניברסיטה. הרוחות השכיחות באזור הן רוחות מערביות במהירויות של 11-15 קמ"ש. רוחות מזרחיות בכרמל שכיחות פחות. יחד עם זאת כאשר הן נושבות (בעיקר בזמן אירועי שרב בעונות המעבר) מהירותן עלולה להגיע עד לכדי 70 קמ"ש ואף למעלה מכך למשבים קצרים. הלחות היחסית הממוצעת היא 60%-65%.

מן התצפית מבחינים בשרידי השריפה האחרונה שארעה בתאריכים 19.9.89-20.9.89. השריפה החלה באזור האנטנות במשמר הכרמל בשעה 11:00 והתפשטה לכיוון דרום מערב. באותו היום נשבו רוחות מזרחיות יבשות במהירויות של 11-21 קמ"ש. במהלך הלילה השתנה כיוון הרוח למערבית, שבעקבותיה הוסתה האש מערבה לכיוון בית אורן. האש כובתה במהלך היום השני לשריפה. האש פגעה ב-4000 דונמים של יער וחורש טבעיים הממוקמים בשמורת טבע ובפארק הכרמל.

תחנה 2

התחנה ההידרומטרית ממוקמת באפיק נחל גלים במקום שנוצרת היצרות של האפיק. גדל האגן הוא כ-1 קמ"ר. המכשיר מודד ספיקות מים של 2-1.5 מ"ק לשניה.

תחנה 3

הצמחים ניוקו קשה כתוצאה משריפת פרא. רב חלקי הצמח העל אדמתיים של העשבוניים, בני השיח, השיחים ופעמים גם העצים נאכלים בזמן השריפה.

התחדשות הצומח לאחר השריפה הינה מהירה, לעיתים קרובות עוד לפני רדת הגשמים. בצמחי אלת המסטיק (*Pictacia lentiscus*) ואספרג החורש (*Asparagus aphyllus*), לדוגמא, מופיעים ענפים צעירים על פני השטח שבעות ספורים לאחר השריפה.

קימות שלוש אסטרטגיות התחדשות עיקריות (Kutiel and Kutiel, 1989; Naveh, 1973, 1984): התחדשות וגטטיבית, כלומר הנצה של ענפים ועלים מניצנים רדומים תת קרקעיים של הצמח. התחדשות כזו אופינית למרבית הצמחים העשבוניים הרב שנתיים, השיחים והעצים, כמו נשרן הדורן (*Piptatherum miliaceum*), אלת המסטיק ואלון מצוי (*Quercus calliprinos*). צורה אחרת של התחדשות היא מזרעים שהיו בתוך הקרקע עוד לפני השריפה. לקבוצה זו משתיכים מינים רבים ממשפחת הפרפרניים, לוטם שעיר ומרווני (*Cistus incanus*, *C. salvifolius*), פשתה מצויה (*Linum nodiflorum*) מרגנית השדה (*Anagalis arvensis*) ונטופית שעירה (*Althaea hirsuta*). כמו כן, נובטים זרעים שהגיעו לשטח לאחר השריפה. אחת הדוגמאות המרשימות היא אורן ירושלים: מיד לאחר השריפה מתכסה האפר במרבד של זרעים שנשרו מתוך האיצטרובלים, שנפתחו כתוצאה מהחום. ישנם מינים שמתחדשים וגטטיבית ומזרעים בעת ובעונה אחת, כמו קידה שעירה (*Calycotome villosa*) ורתמה קוצנית (*Genista fasselata*).

עם ירידת הגשמים הראשונים מתחילה הנצה ונביטה מוגברים. חוטרים של כל העצים (להוציא אורן), השיחים, בני השיח והמטפסים פורצים מתוך הקרקע. אלפי נבטים של מינים חד ורב שנתיים מכסים את פני השטח, כאשר, בדרך כלל, מין אחד, שניים או שלושה תורמים את עיקר הנבטים: בכרמל אלו בעיקר אורן ירושלים ומיני הלוטם (להב, 1989; Kutiel and Kutiel, 1989) ובגליל המערבי, קידה שעירה (רבינוביץ, 1982). בבית אורן שבכרמל, לדוגמא, חלה תמותה עצומה בנבטי האורן כבר בשנה הראשונה לאחר השריפה, כנראה כתוצאה מנחיתות תחרותית עם צמחי הלוטם (להב, 1989). אלה ששורדים מתרכזים בעיקר במקומות בהם צמחו עצי אורן בוגרים לפני השריפה. מכאן, שגם האורנים יחד עם מרבית המינים המעוצים שומרים על דגם הפיזור במרחב שהיה בטרם השריפה. בשלב זה של ה"אוטוסוקצסיה" (התחדשות חוזרת של המינים המקוריים, Hanes, 1971) מנצלים "אופורטוניסטים" פירופיטיים (עוקבי אש) - בעיקר מיני צמחים חד שנתיים, עשבוניים רב שנתיים ובני שיח - את הזמינות קצרת הזמן (3-4 שנים לאחר השריפה) של מרחב המחיה: אורן, פוריות קרקע גבוהה וחוסר תחרות. כעבור מספר שנים, עם הסתגרות המחודשת של הנוף המעוצה, נדחקים הצמחים העשבוניים בהדרגה אל כתמי קרקע קטנים המתרכזים בעיקר בשולי סלעים או שיחים או נעלמים כליל (Kutiel and Kutiel, 1989).

ככל שעוצמת השריפה גבוהה יותר ובעיקר ככל שהשריפות באותו השטח תכופות יותר אזי תעשה סלקציה של המינים לטובת אלו שעמידים לאש. דבר שיביא ליצירת חברת צמחים שונה מזו שהיתה לפני השריפה. כמו כן, שיעור ההתחדשות וקצב כיסוי שטחים כאלו בצמחים יהיו נמוכים בהשוואה לשטחים שנשרפים אחת לעשרות שנים.

תחנה 4

באתר נחל גלים נבחרו שש חלקות ובחן נבדקו השפעת טפולי ממשק שונים לאחר השריפה על שעורי הסחיפה והנגר. הטיפולים שנבדקו הם:

1. חלקה עם עצי אורן שרופים.
2. חלקה בה נכרתו העצים והושאר במקום.
3. כריתה ופינוי ידני של הגזעים. חומר מעוצה דק הושאר במקום (גום).
4. כריתה ופינוי ידני של הגום.
5. כריתה ופינוי מכני של הגזעים, השארת הגום.
6. כריתה ופינוי מכני של הגזעים והגום.

בכל אחד מהחלקות נבדקים כמויות הנגר והסחף אחרי כל סופה. מנתונים ראשוניים מסתמנת מגמה לפיה טיפולי כריתה ופינוי מכניים תורמים סחף ונגר במובהק יותר מאשר שאר הטיפולים. השארת העצים במקומם בחורף הראשון לאחר השריפה או פינוי ידני של העצים הכרותים והשארת הגום מסייעים להקטנת שעורי הסחיפה.

תחנה 5

השפעת השריפה על הקרקע

טמפרטורות הקרקע ועוצמת השריפה

הטמפרטורות המתפתחות על פני הקרקע ולעומקה תלויות בגורמים שונים כמו כמות החומר הזמין לשריפה, מידת פיזור על פני השטח ורטיבות הקרקע. מאחר וכל אחד מהגורמים הללו משתנה ממקום למקום בתוך היער, אזי הטמפרטורות שמתפתחות על פני הקרקע בזמן שריפה שונות מנקודה לנקודה. ביער אורנים נטוע, לדוגמא, שנראה אחיד למראית עין התפתחו טמפרטורות של 50°C ועד ל 800°C במרחקים קצרים מאוד.

עוצמת השריפה והטמפרטורות שהתפתחו לאורך פרופיל הקרקע ניתנים להערכה בשדה על סמך כמות הגשר שנשרף ומידת חשיפת הקרקע (Wells et al., 1979). שריפה קלה מותירה אפר שחור על פני השטח ושירים מפויחים של הגשר. הטמפרטורות המירביות על פני הקרקע נעות בין 100 ל-300°C ואינן עולות על 100°C בעומק 1-2 ס"מ. שריפה בעוצמה בינונית מתאפיינת בקרקע חשופה, כאשר הגשר הדק (עלים וענפים בקוטר של עד 2 ס"מ) נשרף כליל והגשר הגס נשרף בתלקו. הטמפרטורות על פני הקרקע נעות בין 300-400°C, 200-300 בעומק 1 ס"מ, 60-80 בעומק 3 ס"מ ו-40-50°C בעומק 5 ס"מ. שריפה בעוצמה גבוהה מתאפיינת בשכבת אפר לבנה המכסה את פני השטח, כתוצאה של שריפת ענפים עבים, גזעים וצמחים ירוקים. שכבת הקרקע המינרלית נחשפת במלואה וצבע הקרקע משתנה כתוצאה מהחום. הטמפרטורות על פני הקרקע נעות בין 500-800°C ופעמים אף למעלה מזה, בעומק 2 ס"מ הן בין 350 ל-450°C, 150-300 ב-3 ס"מ ו-100°C ופחות מזה בעומק 5 ס"מ. מכאן, אפילו בשריפה בעלת עוצמה גבוהה טמפרטורות הקרקע בעומק 6 ס"מ אינן עולות על 50°C. לעובדה זו חשיבות אקולוגית רבה, מאחר וחיידקים, פטריות, זרעים וחלקים וגטטיביים של צמחים עיליים (כמו פקעות, בצלים ושלוחות) לא נפגעים בעומק זה ותרומתם לשיקום המערכת האקולוגית כולה הינה רבה ביותר, כשם שנראה בהמשך.

משטר חומרי המזון (נוטרינטיים) בקרקע

משטר מינרלי המזון בקרקע משתנה בעקבות השריפה. השינויים תלויים, בסוג הקרקע בהרכב הצמחים ובטמפרטורות השריפה (Kutiel and Shaviv, 1989, 1990; Kutiel and Naveh, 1987a) בטמפרטורה של 600°C הופך ה-pH של הקרקע מיד לאחר השריפה מכמעט ניטרלי (7.2-7.6) לבסיסי (11.7). בתנאים כאלה נמנע תהליך שיקום החיידקים בשכבת הקרקע העליונה ובעקבותיו תהליכי הפירוק של התרכובות האורגניות (Hagin et al., 1976). לעומת זאת, בטמפרטורה של 250°C חל שינוי קטן ב-pH, שאינו מונע אכלוס מחדש של חיידקים ויצאתם לפועל של תהליכי המינרליזציה בקרקע.

מולקולות אורגניות של חנקן מתחילות להתפרק למולקולות אנאורגניות קטנות בעלות משקל מולקולרי נמוך כבר בטמפרטורה של 300°C. בטמפרטורה של 600°C הן נעלמות כמעט כליל מתוך הקרקע כתוצאה מהתנדפותן (Dunn and DeBano, 1977). בהעדר חנקן יואטו תהליכי התחדשות הצומח ותינתן עדיפות לצמחים ממשפחת הפרפרניים המסוגלים לקבע חנקן אטמוספרי בעזרת חיידקים ולנצלו למטרותיהם.

אמון (NH₄-N) הינו אחד מתוצרי הפירוק התרמלי של החנקן האורגני ואחד מהתרכובות המנוצלות על ידי תלק מהצמחים. ריכוזו המירבי בקרקע מגיע בטמפרטורה של 300°C ומעבר לה מתחיל האמון להתנדף. מכאן, שבשריפות בעלות עוצמה גבוהה ייעלם האמון מהמערכת.

הנקה (NO₃-N) הינו מרכיב תגנני בקרקע המנוצל על ידי כל הצמחים, ומכאן חשיבותו. הוא נוצר כתוצאה מחימצון האמוני על ידי חיידקים מיוחדים (חיידקי הניטרוזומנס והניטרוזובקטר) בסידרת תהליכים המכונים בשם כולל: תהליך הניטריפיקציה. מכאן, שריכוז הנקה בקרקע תלוי בריכוז האמוני ובנוכחותם של החיידקים. לאחר שריפה בעוצמה גבוהה נעדר, כאמור, האמוני מהקרקע וה pH הופך להיות בסיסי. בתנאים כאלו לא יכולה לחווצר הנקה ואכן היא נעדרת משכבת הקרקע המינרלית. כזכור, שכבת הקרקע התחתונה לא מושפעת מטמפרטורות גבוהות במיוחד ולכן גם מינרלים שונים לא נפגעים בת. במצבים כמו אלו, המתוארים לעיל, חלה דיפוזיה של הנקה מהשכבה התחתונה אל העליונה. לעובדה זו חשיבות רבה בתבנת הדינמיקה של המערכת והיכלת שלה לחזור למצב של שוי משקל לאחר השריפה תוך זמן קצר ביותר.

ריכוז הזרחן הזמין בקרקע עולה בעקבות השריפה, גם כשהיא בעוצמה גבוהה. כמותו נמוכה מאוד, בדרך כלל, בקרקעות חרדיות ים-תיכוניות. זאת משום הריכוז הגבוה של קטיוני הסידן בקרקעות גירניות אלה, הנקשרים עם יוני הזרחן ליצירת מלחים קשי תמס שלא ניתנים לניצול על ידי הצמחים. העשרה בזרחן תורמת אף היא להאצת תהליכי הצמיחה לאחר השריפה וליצירה מוגברת של זרעים בצמחים עשבוניים בעיקר, המנצלים את שכבת הקרקע העליונה (Kutiel and Naveh, 1987a).

מצב זה של העשרת הקרקע בחומרי מזון או הפחתה בחלק מהמרכיבים במקרה של שריפה בעוצמה גבוהה, הינו זמני ומאפיין בעיקר את השנה הראשונה שלאחר השריפה. בתום תקופה זו תוזרת רמת חומרי המזון בקרקע להיות דומה לזו שהייתה לפני השריפה (Kutiel and Naveh, 1987b).

שריפות שבהן טמפרטורת הקרקע עולה על 450°C גורמות גם לשינויים מהותיים במבנה וביציבות הקרקע. בטמפרטורה זו נהרס כל החומר האורגני בקרקע עובדה המשפיעה על התכונות והיציבות של תלכדי הקרקע. ככל שהטמפרטורה גבוהה וככל שהזמן, שבו הקרקע מושפעת מטמפרטורה זו ארוך יותר, הנוק שיגרם לקרקע יגדל.

השפעת השריפה על הנגר והסחף

מעט מאוד עבודות נעשו בתחום זה בארץ. הדעה הרווחת היא, שהנגר והסחף לאחר שריפה הינם זניחים ואם לא כך הוא, הרי שאותותיהם ניכרים רק בשנה הראשונה לאחר השריפה: כבר מהשנה הראשונה ובמיוחד מהשנה השניה לאחר השריפה מתכסה השטח בצומח, גורם המאט ומנוע מתהליכי הנגר והסחף לצאת אל הפועל. אם אכן כך הוא הדבר איננו יודעים עדיין ואנו מקווים שנוכל לתת מענה לסוגיה זו בעוד מספר שנים עם תום עבודות המחקר המתבצעות היום בשמורת הכרמל.

כמויות הסחף והנגר לאחר שריפה בעוצמה נמוכה עד בינונית קטנות. כך עולה מעבודה שבוצעה ביער אורן נטוע (Kutiel and Inbar 1990; Inbar and Kutiel 1989). שריפה בעוצמה קלה עד בינונית פרצה בנובמבר 88 ביער בוגר (37 שנים) מעורב של אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) ואורן ברוטיה (*P. brutia*). כמות הנגר העילי בחלקה השרופה והבלתי שרופה היתה נמוכה מאוד, פחות מ 1%. כמות הגשם הכללית באותה שנה ועוצמות הגשם היו נמוכים מהרגיל. כמו כן, עצי היער לא נפגעו בצורה משמעותית ורק שכבת המחטים, שירי הגום וצמחית תת היער נשרפו. למרות זאת, ניכרה מגמה לפיה כמות הנגר בחלקה הלא שרופה היתה ב 50% גבוהה מזו שבחלקה השרופה. מגמה דומה התקבלה בעבודה אחרת, שבה בוצעה שריפה מבוקרת ביער בוגר של אורן ברוטיה, בינואר 1990 (Zohar et al., 1990). נראה כי בשני המיקרים הקרקע בחלקות השרופות היתה יבשה יותר מאשר בחלקות הלא שרופות לאורך כל החורף; טמפרטורת השריפה במרבית המקומות לא עלתה על 400°C ולכן לא היה הרס מלא של החומר האורגני והחרסיות המהווים חומרים התורמים למבנה, ליציבות ולכושר החידור הגבוה של הקרקע. יחד עם זאת, הגבירה השריפה את החיספוס והנקבוביות של הקרקע. כמו כן, נוצרו בורות גדולים במקומות בהם נשרפו גדמי אורן על שורשיהם. כל אלה גרמו, ככל הנראה, לספיגה רבה יותר של מים בחלקות השרופות לעומת החלקות הלא שרופות, שהיו מכוסות בשכבת מחטים עבת ואחידה. קימת גם אפשרות שחומרים הידרופוביים, המופרשים בתהליך פירוק הנשר ומצטברים בשכבה העליונה של קרקע היער, התנדפו בזמן השריפה ובכך האיצו את חילחול המים בשטחים השרופים. תופעות כאלה ידועים ממקומות שונים בעולם (Dunn and DeBano, 1977).

נאוה (Naveh, 1973) מציין כי במדרונות עם קרקעות טרה רוסה ורנדזינה חומה בחורש וגריגה טבעיים בגליל המערבי, לא נמצאו עקבות של נגר או סימנים להתנקזות, התהוות חריצים או טיפת הקרקע במידרונות לאחר שריפה. אפילו בתנאי עוצמת שיא של 25 מ"מ לשעה נספגו טיפות הגשם מיד והמים הזורמים על פני המחשופים נקוו בסמוך לקצות הסלעים מבלי להביא לתזוזה ניכרת של פני הקרקע. לעומת זאת, נמצאו סימנים של נגר ותזוזה קרקע, ובעיקבותיהם התהוות חריצים וערוצים, בקרקעות הרנדזינה הבחירות שהן רדודות ודלות בחומר אורגני ולכן גם סחיפות יותר מקרקעות ים תיכוניות חרירות אחרות.

באתר בית אורן-נחל ספונים נבחרו עשר חלקות: ארבע במפנה הצפוני (חלקה אחת בשטח לא שרוף והיתר בשטח השרוף) ושש במפנה דרומי (חלקת בקרת-לא שרוף שלוש חלקות בשטח שרוף שבו נשרף הצומח במלואו ושתי חלקות במקום שהאש הותירה על מקומם עצי אורן שרופים. החלקות ממקומות בחלק העליון של המדרון. כל חלקה בגודל של 100 מ"ר. הסלע בעיקרו קרטוני (תצורת שמיר) והקרקע רנדזינה חומה עם עדשות של טרה רוסה.

מהנתונים הראשוניים בשנה הראשונה עולה שכמות הנגר בחלקות השרופות גבוהה פי 200 ויותר בהשוואה לחלקות הלא שרופות. כמות הסחף בחלקות השרופות גם היא גבוהה ומגיעה בכמותה לפי 10000 ויותר מאשר בחלקות הלא שרופות. נמצאו הבדלים משמעותיים בתרומת הנגר והסחף בין המפנים הצפוני והדרומי: המפנה הדרומי תרם כ 30-40% נגר יותר מהצפוני וכ 50% יותר סחף.

רשימת ספרות

- להב, ח., 1989. התחדשות צומח לאחר שריפה ביער טבעי של אורן ירשלים בכרמל. עבודת גמר לתואר מוסמך. אוניברסיטת תל-אביב. 72 עמ'.
- רבינוביץ, א. 1982. שריפה מכשיר לנהול טבע ושימורו או אסון לטבע. טבע וארץ, כ"ד : 52-54.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. and Williams, D. 1983. Fire in Forestry. Volume I-Forest Fire Behavior and Effects. John Wiley & Sons, New York, 450 pp.
- Dunn, P.H. and DeBano, L.F. , 1977. Fires effect on biological and chemical properties of chapparral soils. In proceedings of the Symposium of the Enviromental Consequences of Fire and Fuel Managment in Mediterranean Ecosystems. USDA Forest Service General Technical Report. WO-3 pp.75-84.
- Hagin, J., Amberger, A., Kruh, G. and Segall, E., 1976. Outlines of a computer simulation model on residual and added nitrogen changes and transport in soils. Z. Pflanzenern. Bodenk. Heft, 4: 443-455.
- Hanes, T. T., 1971. Succession after fire in the Chaparral of Southern California. Ecol. Monog., 41: 27-52.
- Inbar, M. and Kutiel, P., 1989. Effect of a forest fire on water and sediment discharge and soil nutrients content. Heinrich Rohdenburg memorial symposium: Theory and simulation of infiltration, overland flow, erosion, and deposition processes and their relevance to landscape evolution. Braunschweig, FRG. September 1989.
- Kutiel, H. and Kutiel, P., 1990. The Distribution of Autumnal Easterly Wind Spells Favoring Rapid Spread of Forest Wildfires on Mount Carmel, Israel. GeoJournal (in press).
- Kutiel, P. and Inbar, M., 1990. Fire impact on soil nutrients and soil erosion in the Mediterranean pine forest plantation. Submitted to Forest Ecology and Management.

- Kutiel, P. and Kutiel, H., 1989. Effects of a wildfire on soil nutrients and vegetation in an Aleppo pine forest, on Mount Carmel, Israel. *Pirineos*, 134: 59-74.
- Kutiel, P. and Naveh, Z., 1987a. Soil properties beneath *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos* trees on burned and unburned mixed forest on Mt. Carmel, Israel. *Forest Ecology and Management*, 20: 11-24.
- Kutiel, P. and Naveh, Z., 1987b. The effect of fire on nutrients in a pine forest soil. *Plant and Soil*, 104: 269-274.
- Kutiel, P. and Shaviv, A., 1989. Changes of soil N-P status in laboratory simulated forest fire. *Plant and Soil*, 120: 57-63.
- Kutiel, P. and Shaviv, A., 1990. Effects of soil types, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. Submitted to *Forest Ecology and Management*.
- Naveh, Z., 1973. The ecology of fire in Israel. In: *Proceedings Tall Timber Fire Ecology Conf. Tallahassee, Florida*, 13: 131-170.
- Naveh, Z., 1984. The vegetation of the Carmel and Nahal Sefunim and the evolution of the cultural landscape. In: *Sefunim Prehistoric Sites Mount Carmel, Israel*. Ed. Ronen, A., BAR International Series, 230: 23-63.
- Naveh, Z., 1990. Fire in the Mediterranean - a landscape ecological perspective. In: *Proceedings of the Third International Symposium on Fire Ecology, Freiburg, FRG, May*, pp. 85-93.
- Wells, C. G., Campbell, R. E. and DeBano, L. F., 1979. Effects of fire on soil: A state-of-knowledge review. Gen. Tech. Report WO-7. Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 34 p.
- Zohar, Y., Weinstein, A., Frankel, H., Kutiel, P. and Israeli, A., 1990. Prescribed burning as a tool in forest management. Progress report for 1989. Bet Dagan, May 1990, 17 p.

סיור ג

הסטראטיגרפיה הרביעונית של חוף הגליל המערבי.

ד. סיון⁽¹⁾ וג. גבירצמן⁽²⁾

(1) המכון הגיאולוגי והאוניברסיטה העברית, ירושלים.

(2) המכון הגיאולוגי, ירושלים.

הקדמה

הסיור נערך בחלקו המערבי של חוף הגליל המשתרע מעכו בדרום ועד ראש הנקרה בצפון. (איור מס. 1). הסיור מוגבל לרצועה של כ 250 - 200 מ, מזרחית לקו החוף, ומתוכנן לכלול את האיים המצויים כ 1200 - 1000 מ, מערבית לקו החוף. (במדה ולא יחול שינוי בשל תנאי מזג אויר וים גבוה ו/או הגבלות ע"י חיל הים). הנתונים לקוחים מעבודת הדוקטורט של דורית סיון הנעשית במסגרת האוניברסיטה העברית בהדרכתם של ד"ר ג. גבירצמן מהמכון הגיאולוגי וד"ר פ. גולדברג מהאוניברסיטה העברית.

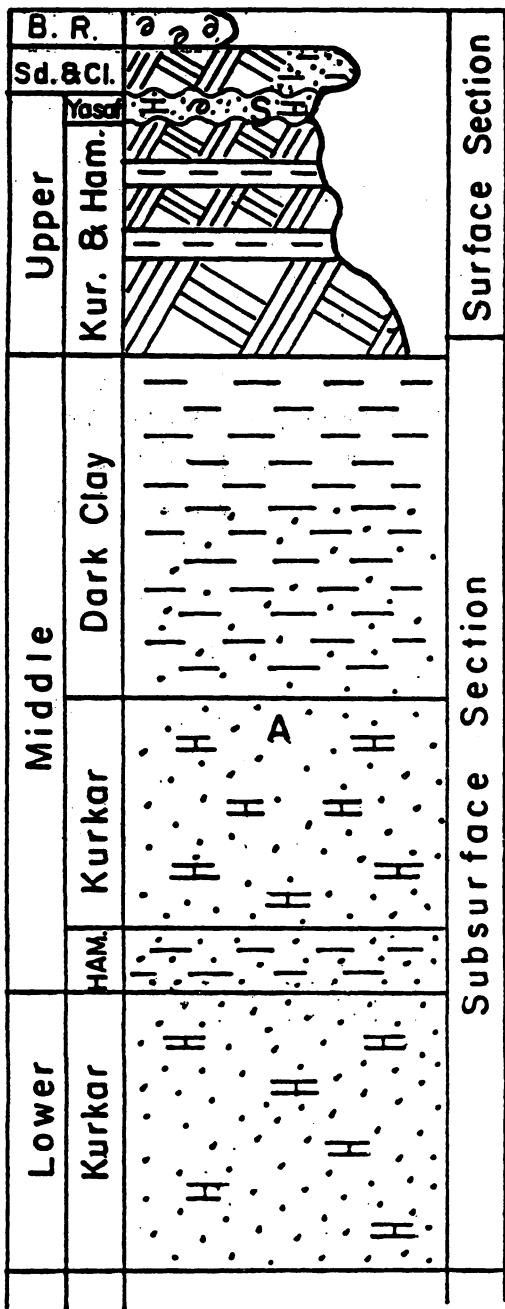
רקע מדעי

הבסיס להבנת הסטראטיגרפיה של חוף הגליל ברביעון הוא עבודותיהם של בר יוסף (1967) ואיסר וכפרי (1972). החתך הרביעוני בחוף הגליל המערבי מורכב מחילופין של אבני חול גיריות ימיות ואיאלוליות (כורכר) עם קרקעות פוסיליות אדומות (חמרה) וחרסיות אפורות שחורות.

חלקו העליון של החתך נחשף רק ברצועה המערבית של חוף הגליל, עד כ 200 מ, מזרחית לקו החוף. האינפורמציה על שאר החתך לקוחה מנתוני קידוחים: חומר מטחן או גלעין, חתכים ליתולוגיים ולוגים חשמליים. עובי החתך הסטראטיגרפי הרביעוני הממוצע באזור זה הוא כ 25 מ' ועוביו המירבי - 50 מ'. החתך הרביעוני מוצג באיור מס. 2. הוא כולל יחידות אבן חול גירית, איאלויאניט, חמרה, חרסיות כהות וחול לא מלוכד. בג החתך מונחת באי התאמה אבן חול גירית ימית המכילה את הגסטרופוד *Strombus bubonius* הנחשב כמצויין גיל טירניאני. יחידה ימית זו הוגדרה בעבודה כייסוף. רק יחידת הכורכר העליונה חשופה והיא כוללת את כל הטיפוסים הליתולוגיים המצויים בתת הקרקע. הופעת השדה של היחידות החשופות מאפשרת רב המקרים אבחנה בין תנאי ההשקעה השונים, איאלויים או ימיים.



איור 1: מפת מיקום התחנות בסיון



Not to scale

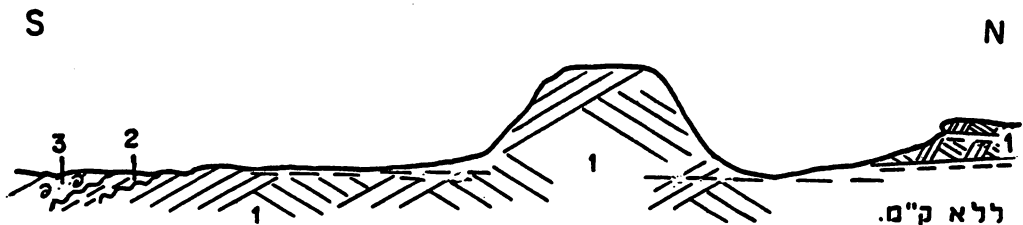
איור 2: חתך עמודי מורכב של חבורת כורכר בחוף הגליל המערבי

המחשופים לאורך החוף מורכבים מחילופי איאוליאיט וחמרה (להלן יחידה מס. 1. "איאוליאיט וחמרה"). יחידות החמרה הן שריד של קרקעות פוסיליות ולא ניתן לקבוע את עוביין המקורי. מעל חילופי האיאוליאיט והחמרה מצויה כאמור באי התאמה, היחידה הימית - יסף. עובי היחידה משתנה מסנטימטרים בודדים לכמה עשרות סנטימטרים, והשתרעותה מזרחה מוגבלת לכ 250 - 200 מ, מזרחית לקו החוף. מעל, באי התאמה, מונח חתך הולוקני עבה למדי של סלעי חוף צעירים - ומזרח להם חול לא מלוכד. במספר מקומות מועט לאורך החוף מצויים חילופי איאוליאיט צעיר עם חול לא מלוכד, או חילופי יחידות חרסית עם חול.

התחנות

תחנה מס. 1. חוף מזרע. (נ.צ. 1572/2621).

התחנה מציגה את יחסי השדה בין היחידות החשופות ואת הופעות השדה המאפיינות אותם. חתך סכמטי מקביל לקו החוף מוצג באיור מס. 3.



תחנה מס' 1. מזרע

מקרא:

- 3 . מחזורי סלע חופי (הולוקן).
 - 2 . אבן חול ימית מכילה סטרומבוסים - יסף (טירניאן).
 - 1 . חילופי איאוליאיט וחמרה (טירניאן - פרה טירניאן).
- איור 3: חתך סכמטי מקביל לקו החוף במזרע, המציג את יחסי השדה בין יחידות. האיאוליאיט והחמרה (1) לבין היחידות הימיות-הטירניאניות (2) והולוקניות (3)

בתחנה זו נחשפות שלוש יחידות ליתולוגיות כדלקמן:

1. יחידת האיאווליאיניט והחמרת:

האיאווליאיניט: מחשופי האיאווליאיניט מצויים עד כ-300-200 מ, מזרחית לקו החוף. מאפיין השדה הבולט ביותר של האיאווליאיניט הוא השיכוב הצולב, אם כי ניתן למצוא את האיאווליאיניט גם בשיכוב אופקי או בהופעה מסיבית. תחנה זו מתאפיינת בעקר בהופעת האיאווליאיניט בשיכוב צולב אופייני, בגבעת הכורכר. על פי העדויות לחציבות במשטחים שסיבב הגבעה נראה כי היא שרד מפעילות חציבה אנושית. בבסיס הגבעה משור אי התאמה שמתחתיו כורכר מסיבי יותר השייך לפאזת הרבדה קודמת. ליחידה גם סטרוקטורות בליה אופיניות המקלות על זיהויה בשטח. היחידה מכילה בעקר שבוי מאובנים ממויינים היטב (בעקר אצות ומילולידיים) וכ-25% - 15% גרגירי קווארץ דקים. זאת בניגוד לדוגמאות מהיחידה הימית בהן כמויות הקווארץ קטנות ביותר או חסרות כליל. הצמנט הוא קלציט דל מגנזיום, מיקרו ספרי.

החמרת: משוכבת לסירוגין בין האיאווליאיניטים. לחמרות מספר הופעות שדה -

א. בשכבות בין האיאווליאיניטים. (מצפון לגבעה). בשל עמידותן הנמוכה יחסית לבליה יוצרות שכבות החמרה מעין צנר בגוף. לעיתים לשכבות אופי עדשתי. במקומות, חשוף גג השכבה כמשטח מפולס ע"פ שטח של כמה עשרות מטרים רבועים. נראה שנוצר ונחשף בשל פעילות חציבה בתקופות הסטוריות. החוצבים נזקקו לכורכר שמעל. (נראה מצפון ומדרום לגבעה).

ב. בכיסים בתוך תבליט האיאווליאיניט.

ג. כמילוי סדקים החודרים לעשרות הסנטימטרים העליונים בחתך. (נראה היטב בגלעיני הקידוחים שנעשו במהלך העבודה).

2. היחידה הימית - פרט יסף: מדרום לגבעת הכורכר "מרוחה" היחידה על האיאווליאיניט עד

לגובה של כ-2.0-1.0 מ, מעל פני הים. המחשוף מכיל את מאובני הגסטרופוד *Strombus bubonius*. החומר הנו תלכיד של חומר גס - חלקים בגודל 2.0-1.0 סמ, שבוי צדפים וצדפים שלמים. בדיקת השקפים העלתה כי הוא מכיל כמות רבה של שבוי מאובנים גדולים - 2.0 ממ ויותר, בעקר אצות גירניות, ברובם מוחלפים. אין בו קווארץ אלא רק כחלק מאגרגטים כורכריים ממחזורים קודמים, והצמנט הנו קלציט דל מגנזיום, ספרי דק עד גס. בחללי המילולידיים נראים שרדי צמנט מיקריטי. החומר ממין גרוע. הצמנט הספרי משקף את סביבת ההשקעה הנוכחית הנשלטת ע"י מעבר מים מטאוריים בחללים. היחידה נחצבה בתקופות הסטוריות.

3. מחזורי סלע חופי (הולוקן) המונחים באי התאמה על יחידת הסטרומבוסיים.

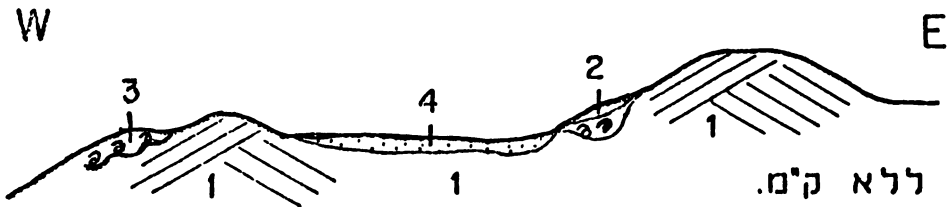
התחנה מציגה את היחידות העקריות החשופות בחוף הגליל: חילופי האיאווליאיניטים והחמרות והיחידה הימית המכילה את ה- *Strombus bubonius* ומצויה באי התאמה מעליהם.

תחנה מס. 2. נחל יסף. (נ.צ. 1576/2627).

היחידות נחשפות ממדרום ומצפון לנחל יסף.

מדרום לנחל נחשפות אותן יחידות ליתולוגיות כמו בתחנה מס.1. בתוספת פלטות סלע חופי צעירות. בקו המים חשוף האיאווליאיט ובסדקיו שרידי החמרה הבולטת בצבעה האדום. האיאווליאיט באתר חצוב ומחשופיו מצויים מקו המים ועד הרכס המפולס שממזרח. היחידה הימית - יחידת הסטרומבוסים, מצויה בתחנה זו כציפוי על גבי האיאווליאיט, עד כ-200 מ, מזרחית לקו החוף.

חתך סכימטי ניצב לקו החוף מוצג באיור מספר 4.



תחנה מס' 2. דר' נחל יסף

מקרא:

3 . מחזורי סלע חופי (הולוקן).

2 . אבן חול ימית מכילה סטרומבוסים - יסף (טירניאן).

1 . חילופי איאווליאיט וחמרה (טירניאן - פרה טירניאן).

איור 4: חתך רוחב סכימטי ניצב לקו החוף במדרום נחל יסף. כניל.

הקרבה הגיאוגרפית בין פלטות הסלע החופי ובין מחשוףי יחידת הסטרומבוסים מחייב שימת לב מיוחדת להפרדה בין שתי יחידות ימיות אלו שהורבדו שתיחן במקורן כסלע ימי אך נראה שברווח זמן ניכר. הטראסות הימיות המכילות את גסטרופוד ה *Strombus bubonius* בחופי הים התיכון מיוחסות לזרוע הטיראניאני. פלטות הסלע החופי הן חלוקניות. נבחרו שתי שיטות לאיפיון כל אחת מהיחידות הימיות הללו ולהבדלתן זו מזו:

א. בדיקה פטרוגרפית באמצעות שקפים. נבדק אופי השימור של שברי הפאונה (מאחר והמאסף הפאונטיסטי דומה ביותר), ומאפייני הצמנט. בשני חתכי הרוחב שנעשו, הן בתוף מזרע דרום והן בדרום נחל יסף, רב שברי המאובנים בפלטות הסלע החופי לא עברו החלפה. הצמנט מיקריטי (קלציט עשיר מגנזיום) או ארגוניט. בשקפים מיחידת הסטרומבוסים לעומת זאת, לא נותרו שברי פאונה ארגוניטיים, החומר ברובו עבר החלפה, ואין כמעט צמנט מיקריטי, למעט במספר מקומות בתוך חללי המאובנים ולעתים ברצועות צרות העוטפות את הגרגר. הצמנט ביחידת הסטרומבוסים הוא קלציט ספרי דק עד גס גרגר.

ב. בדיקת הסטרוקטורה וההרכב הכימי של הצמנטים באמצעות ה S.E.M. הנחת העבודה היא כי צמנט ימי מורכב מארגוניט ו/או קלציט עשיר מגנזיום מוחלף לקלציט דל מגנזיום בעקבות חשיפת הסלע לתהליכי דיאגנזה של מים מטאוריים. לפיכך נקבע ההרכב המינרלוגי של הצמנט ככלי לקביעת גיל יחסי. לפי הנחה זו הצמנט במדגמים מאותם תנאי סובב יהיה מורכב מיחסי ארגוניט / קלציט (ו/או קלציט עשיר מגנזיום / קלציט) שונים, כפונקציה של זמן גביש ופרידמן (1969). נבדקו סטרוקטורות ארגוניטיות ונמדד % ה Mg בצמנט. כן נערכה בדיקת X-Ray לכלל חומר המדגם. הבדיקות העלו כי בכל דוגמאות הסלע החופי מורכב הצמנט כמעט רק מארגוניט ו/או קלציט עשיר מגנזיום, ואילו במדגמי היחידה הימית המצויים בשטח באותו גובה טופוגרפי ובאותו מרחק מהים, מורכב הצמנט מקלציט דל מגנזיום. זהו אמצעי לקביעת גיל יחסי בין יחידות קרובות גיאוגרפית ובתנאי סובב זהים.

מצפון לנחל יסף האיאויליאניט חצוב והחמרה נחשפת כמשטח מפולס (בשל החציבות מעשה ידי אדם).

היחידה הימית גסת הגרגר מכסה באי התאמה את החתך, עשירה במאובנים, כולל ריכוז של *Strombus bubonius* ב.צ. 1574/2629. היחידה חצובה אף היא. התחנה מציגה בעקר את הופעות השדה ואת האמצעים לאבחנה בין היחידה הימית הטיירניאנית (יחידת הסטרומבוסים) לבין היחידה הימית הצעירה (פלטות הסלע החופי).

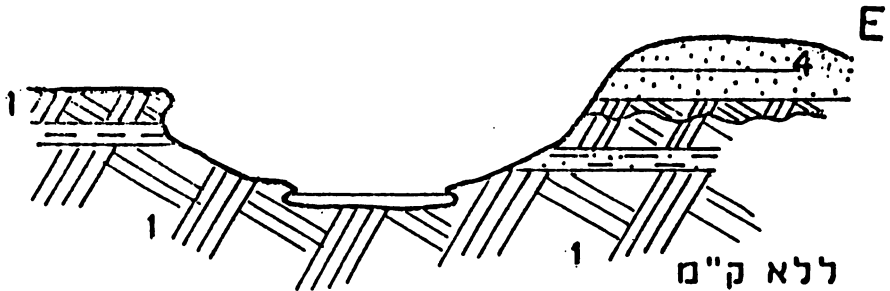
תחנה מס. 3. מינת א-זיב. (נ.צ. 1596/2719).

יחודה של התחנה (איור מס. 5) בכך שהיא מציגה את המשכו הצפוני יותר של החתך שהוצג עד כה: חילופי איאויליאניט - חמרה - איאויליאניט. לא נמצאו עדויות ליחידת הסטרומבוסים המכסה חתך זה. כמו כן יחודו של האתר הינו בכך שהוא היחיד לאורך חוף הגליל בו נחשף חתך סטראטיגרפי צעיר, חלוקני מאוחר, המונח באי התאמה על גבי יחידת האיאויליאניט

והחמרה. לוי וחבריו (1986) היו הראשונים שהציגו אי התאמה זו ואת גירסתם לרצף האירועים במקום. בחתך הצעיר מצוי חומר ארכאולוגי, המאפשר תיארוך של מרבית חלקיו. החתך הצעיר משתנה על פני מרחקים קצרים. באתר חפירות הקברים הפיניקיים כולל החתך איאוליאניטים צעירים השונים בהרכבם מהעתיקים. גבוה יותר בחתך מצוי חול לא מלוכד. דרומית מערבית לחפירות, בקו המים, נחשף חתך הכולל בבסיסו איאוליאניט צעיר המונח באי התאמה על יחידת האיאוליאניט והחמרה העתיקה, ומעליו שתי יחידות חול לא מלוכד: חול אפור וחול צהבהב בהיר.

W

חתך רוחב סכמטי, ניצב לחוף, מוצג באיור מס. 5.



תחנה מס' 3. אכזיב

מקרא:

4. חול ואיאוליאניט צעירים (הולוקן).

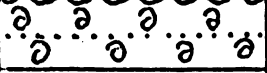
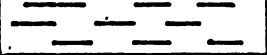
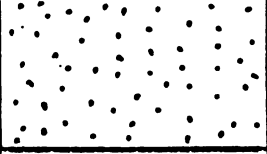
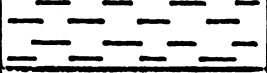
1. חילופי איאוליאניט וחמרה (טירניאן - פרה טירניאן),

איור 5. חתך רוחב סכמטי ניצב לקו החוף במינת אכזיב. החול והאיאוליאניט הצעירים (4)

מונחים באי התאמה על יחידת האיאוליאניט והחמרה הטירניאנים - פרה טירניאנים

(1).

הופעת השדה של היחידות הליתולוגיות באזור תחנה זו מוצגת באיור מס. 7. מעט דרומית מזרחית לאמפיטיאטרון שנבנה במקום נחשף חתך שונה הבנוי מחילופי חרסית אפורה וחול לא מלוכד ובגג שכבת צדפים משוכבים. החרסית התחתונה מכילה כלי צור ושברי חרסים המתוארכים לכלכולית, (ראה טבלה), ומעליה שכבת חול חום אדמדם דק שבתוכה נמצא קבור כד שתוארך לברונזה תיכונה עד תקופת הברזל 2. מעל מצויה שכבת חרסית נוספת ובגג החתך כאמור, שכבת צדפים המרובדים לסירוגין בחול בהיר גס גרגר. החתך הסכמטי מוצג באיור מס. 6.

Meter	Lithology	Age
		
0.50		
1.15		M.B to Iron II
0.60		Chalcolite

איור 6. חתך ליתולוגי סכמטי המתוארך על ידי חומר ארכאולוגי, מעט דרומית לאיור מס.

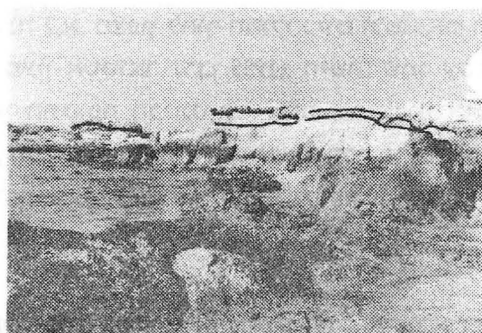
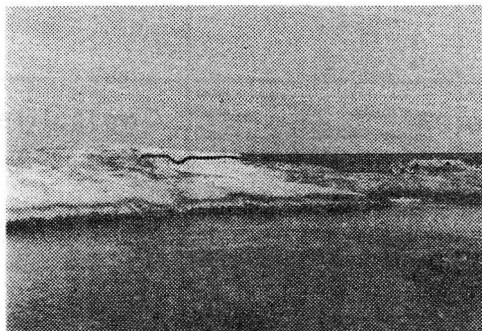
5

אתר מינת א-זיב (נמל אכזיב) מצוי כ700 מ, דרומית לתל אכזיב. עיר הנמל נוסדה לראשונה בתקופת הברונזה התיכונה 2,א. מצפון לחוף החולי כיום ולמוצאם המשותף של הנחלים שעל ואכזיב שייצרו בשפכם מעין אסטואר. (רבן 1985). הישוב שמר על אופיו הימי בכל תקופות איכלוס האתר עד שלהי התקופה הביזנטית. אחת מתקופות הישוב היותר אינטנסיביות היתה התקופה הפרסית, והחציבות שהותירו את שולי הכורכר כהגנה מפני הים - ממערב לתל, מיוחסות לתקופה זו. (רבן שם). אחד השרידים לתקופה זו הוא מתחם הקברים הפייניקיים מזרחית למינת א-זיב.

לא ברור היכן מוקם נמל אכזיב בתקופות איכלוס התל, אך נראה שתנמל הראשי לא מוקם מדרום לתל במינת א-זיב, בעקר בשל מימדיו.

תחנה מס. 4. האי נחליאלי (נ.צ. 1594/2752).

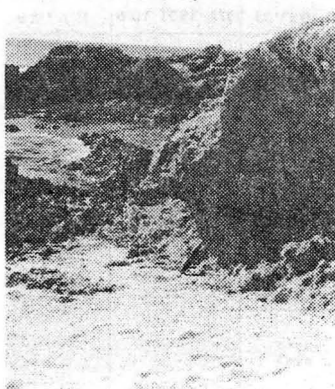
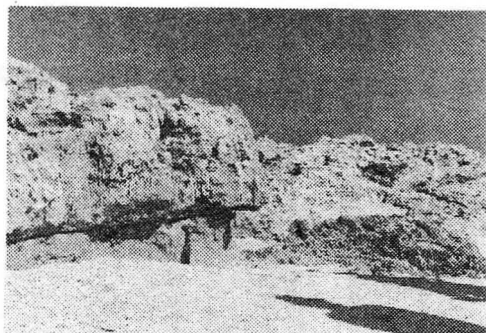
במדף היבשת של חוף הגליל המערבי מצויות במרחק 1200 - 1000 מ, ממערב לחוף, שתי קבוצות איים: קבוצת איי ראש הנקרה וקבוצת איי אכזיב. האיים כולם חצובים, באבן חול גירית, חלקם מפולס עד לגובה הים הנוכחי עם שרידי שוליים שהושארו ע"י החוצבים כהגנה מהגלים כפי שעשו באכזיב ובראש הנקרה. במפלס החציבות ניכרים שני מפלסי חציבה כעדות לתנודות במפלס הים בתקופות ההסטוריות (רבן 1986). רק באי נחליאלי, הגדול באיי ראש הנקרה, נותר בצפון מזרח האי אזור סלעי לא מופרע יחסית ע"י חציבות החושף חתך סטראטיגרפי של חילופי כורכר וחמרה. (ראה איור מס. 8) במקום שתי יחידות חמרה, מהן התחתונה עבה יותר, עוביה כ 0.5 - 0.6 מ', יוצרת "צניר" בנוף, ומכילה כמות רבה של שרידי שורשים. הדימיון הרב לחתך בחוף העלה את השאלה האם החתך באיים אכן צעיר יותר מזה שבחוף כפי שנטען בעבודות קודמות (איסר וכפרי 1972, גבירצמן וחבריו 1984, וגבירצמן 1986). עד כה לא הוצג החתך באיים ולא נדגם.



איור 7. מחשופים של יחידת האיאוליאניט והחמרה בפארק אכזיב מצפון למחשופי תחנה למעלה: בבסיס חמרה ובגג כורכר. למטה: שתי יחידות כורכר וביניהן חמרה.

100

החמרה בבסיס הכורכר. היחידה הנ"ל ובה שתי יחידות חמרה היוצרות שקע שלילי במצוק ובינהן שתי יחידות כורכר היוצרות מצוק חיובי. משמאל: היחידה הנ"ל והחמרה בבסיס הכורכר.



איור 8: מחשופים באי נחליאלי. ימין למעלה: יחידת האיאוליאניט והחמרה. החמרה בבסיס ומעליה הכורכר. ימין למטה: היחידה הנ"ל ובה שתי יחידות חמרה היוצרות שקע שלילי במצוק ובינהן שתי יחידות כורכר היוצרות מצוק חיובי. משמאל: היחידה הנ"ל והחמרה בבסיס ובגג כורכר.

סיכום:

התחנות שנבחרו מייצגות את החתך הסטראטיגרפי החשוף לאורך קו החוף. (ראה איור מס. 2).
 היחידות שתוארו מייצגות תנודות ביחסי ים - יבשה בפליסטוקן המאוחר ובהולוקן. יחידת
 האיאווליאניטים והחמרה מציינת סביבה יבשתית מגיל פרה טירניאן עד טירניאן. יחידת אבן
 החול הגירית - יחידת הסטרומבוסים (יסף), מציינת את ההצפה הימית הטירניאנית. חתך
 החולות והחרסיות, שיוחס לגיל הולוקן מאוחר, מציין חזרה לתנאי יבשה. בקו המים הוגדרו
 שלעי חוף צעירים.

קורלציות סטראטיגרפיות של היחידות החשופות מוצגות באיור מס. 9.

ה ת ר ב ו ת	ה ת ק ו פ ה	נ ב י ר צ מ נ ו ח ב ר י ו 1983	א י ס ר ו כ פ ר י 1972	ע ב ו ד ה ז ז
324 A.D. - 640 A.D 37 B.C - 324 A.D 332 B.C. - 37 B.C 587 B.C. - 332 B.C 1200 B.C. - 587 B.C 1500 B.C. - 1200 B.C 2200 B.C. - 1500 B.C 3150 B.C. - 2200 B.C 4000 B.C. - 3150 B.C 10000 B P = 8000 B C	ביוזנטית רומית הלניסטית פרטית ברזל ברונזה מאוחרת ברונזה תיכונה ברונזה קדומה כלכלית ניאולית (קדם קרטי וקרטי)	חולות הדרה		סלע חצי חול / חרסית איאווליאניס חרסית
		חולות התערוכה		
		כורכר תל אביב		
נסופית	אפיפליאולית.	חפרת נחניה		
אורניאק לנסיני	פליאולית עליון.	כורכר גבעת אולנה		
פוסטריית	פליאולית תיכון.	חפרת כפר ויתקין		פני השטח
	פליאולית תחתון.	כורכר הרצליה	נקט	חמרה איאווליאניס-
		חפרת פולג	מקא	חרסית שחורה

איור 9: קורלציה של גג תבורת כורכר ותאריכי ממצאים ארכיאולוגים

רשימת ספרות

- Bar Yosef, Y. 1967. The hydrogeology of the coastal plain of Western Galilee. TAHAL 55: 20 (in Hebrew).**
- Gavish, E. and Friedman, G. 1969. Progressive diagenesis in Quaternary to late Tertiary carbonate sediments: sequence and time scale. Jour. Sed. Petrology, 39: 980-1006.**
- Gvirtzman, G., Shachnai, E., Bakler, N. and Ilani, S. 1984. Stratigraphy of the Kurkar Group (Quaternary) of the coastal plain of Israel. G.S.I. Current Research, 4 1983-84: 70-82.**
- Issar, A. and Kafri, U. 1972. Neogene and Pleistocene geology of the western Galilee coastal plain. G.S.I. Bull. 53: 1-13.**
- Levy, Z., Neev, D. and Prausnitz, M.W. 1986. Late Holocene tectonic movement at Akhziv, Mediterranean coastline of northern Israel. Quat. Res. 25: 177-188.**
- Raban, A. 1985. Recent maritime archaeological research in Israel - a preliminary report. The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration, 14,4:321-356.**
- Raban, A. 1986. Quarried installations along the western Galilee coasts. In: M. Yedaya. Western Galilee antiquities, pp.209-234. (in Hebrew).**

סיור ג

המלחת וניקוז קרקעות עמק זרעאל בהקשר למערכת ההידרוגיאולוגית

י. גב⁽¹⁾, א. אזר⁽¹⁾, א. איסר⁽¹⁾ וא. בן-מאיר⁽²⁾

- (1) המכון לחקר המדבר ע"ש י. בלאושיין, אוניברסיטת בו-גוריון, שדה בוקר 84990.
- (2) פלגי מים בע"מ, חברה לפיתוח מקורות מים בעמק המערבי, יוקנעם המושבה 20600.



מסלול הסיור

נתונים כלליים

מסלול הסיור: רכס נצרת - אגן עדשים - אגן מזרע (ראה שרטוט).
קושי פיזי: הסיור אינו כרוך בהליכה רגלית ממושכת.

מטרת הסיור ומחלכו

בעיות המים וההמלחה בעמק יזרעאל משלבות מחד את בעיית המחסור במים לחקלאות ומאידך גיסא בניית מערכת להספקת מים להשקיה תוך חוסר הכרה מספקת של המערכת ההידרוגיאולוגית בעמק.

הסיור נועד להכרת בעיות המים לחקלאות והתפתחות תופעות המלחה וניקוז לקוי של שטחים נרחבים בהקשר למערכת ההידרוגיאולוגית.

בסיור נסקור את מקורות המים והתפתחות תופעות ההמלחה בעשור האחרון. נצפה ונסביר את המבנה ההידרוגיאולוגי והשפעתו על מערכת הזרימה התת-קרקעית ותהליכי ההמלחה. נצפה גם בפעולות הניקוז הנעשות למציעת תהליך ההמלחה ונדון ביעלותן של השיטות השונות.

מבוא

ביקוש הולך וגדל למי השקיה הביא להקמת מאגרי מים רבים בעמק יזרעאל. המאגרים מוזנים ע"י מקורות מים זמינים וזולים: מי ביוב גולמיים ומטוהרים למחצה, מי שטפונות וממשקעים עונתיים. הקמת המאגרים הביאה לכדי הכפלת פוטנציאל המים ולהשקיה אינטנסיבית גם בעונת הקיץ. עם הגידול בשטח המושקה החלו להתפתח בחלקות עיבוד נרחבות תופעות של ניקוז לקוי, כתמי מלח, ותנאי חיזור באיזור בית השורשים. תופעות אלו הופיעו לראשונה ברצועות קרקע נרחבות בקרבת המאגרים והחריפו בחלקות עם רקע היסטורי ביצתי. התוצאה הצפויה של התהליך הינה ירידה משמעותית בתפוקה החקלאית והרס התשתית הכלכלית.

בעזרת מערך של פיזומטרים במרחב תת-האגנים מזרע ועדשים, ותצפיות שדה נבחנו התנאים ההידרוגיאולוגיים וההידרוכימיים. המטרה היא לבדוק מודל איזורי משולב אשר קושר את מפלסי מי התהום הגבוהים, השקיה אינטנסיבית מצטברת וחסומה הידראולית של הזרימה בחתך הקרקע ובשכבה המוליכה עי מאגרים עם תופעות המלחה ובעיות הניקוז. לאור ניתוח תצפיות הידרוגיאולוגיות, הידרוכימיות ואיזוטופיות נמצא כי מערכת המים בשכבת המילוי העליונה מורכבת משתי יחידות הידרולוגיות: 1. שכבה רגיונלית מוליכה בעלת לחץ ארטזי מכוסה בשכבת קרקע חרסיתית (שכבת הכיסוי). 2. מים שעונים בשכבת הכיסוי. המים בשכבה הארטזית מליחים וזורמים מצפון לדרום ומצפון מזרח לדרום מערב. מקורם במשקעים עונתיים שמחלחלים לתוך האקוויפר באיזור המילוי החוזר במעלה האגנים. מקורות המלחים בשכבה המוליכה קשורים לתהליכי המסה של מלחים במגע עם שכבת הקרקע ומאינטראקציה בין המים לסלע במהלך זרימתם. מציאותם של מלחים בחלקים העליונים של הקרקע (באיזור בית השורשים), נובעת כנראה מאופיה הארטזי של השכבה

המוליכה ומדליפה של מים מתוכה אל שכבת הקרקע. תהליך הדליפה והתוספות העומד הקפילרי לעומד הפיזומטרי מקטין את קיבול הניקוז בשכבת הקרקע ומונע שטיפה וניקוז של עודפי ההשקיה ומי גשמים. המאגרים כפר ברוך ומאגר הקישון במורד תת-אגנים מזרע ועדשים והמאגרים הפרטיים במעלה משבשים את הזרימה האופקית בשכבת הקרקע, ויתכן שגם מצרים את עובייה של השכבה המוליכה הכלואה עקב לחץ הידרוסטטי שיוצר מחסום הידראולי. תנאים אלו יוצרים הערמות של המפלסים בשכבה המוליכה ובתוך הקרקע ועליית בסיס הניקוז התת-קרקעי במעלה תת האגנים. לאלה יש להוסיף השקיה אינטנסיבית בכל עונת השנה באדמות חרסיתיות דקות מרקם, מחסור במערכות ניקוז תת-קרקעיות מתאימות והכנסת מלחים

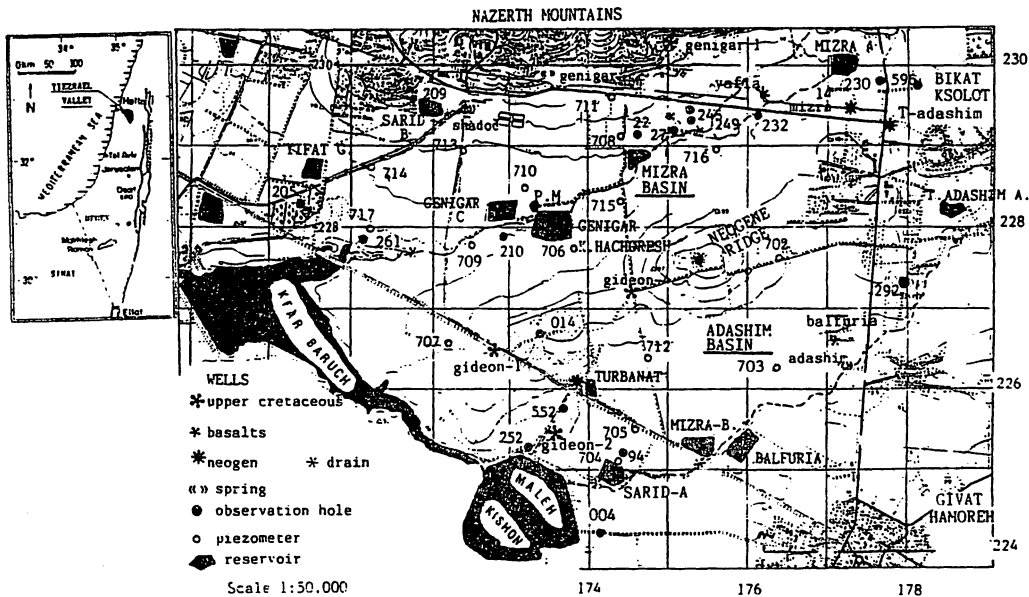
ממקורות מים חיצוניים וסיהרורם דרך מערכות המים הקיימות. התוצאה היא שפיעה רציפה של מים מליחים, לתוך איזור בית השורשים ושקיעת מלחים בתהליך האופורציה. התנך הקרקע והשכבה המוליכה באגנים מזרע ועדשים מאפיינים ככל הנראה גם שטחים נרחבים אחרים בעמק יזרעאל, עמק חרוד ועמק בית-שאן ולפיכך אינם מאפשרים תשומות מים בלתי מבוקרות בכמות ובאיכות שכן התוצאה המשתקפת היא הרעה ניכרת במליחות הקרקע וירידה בכמות ובאיכות היבולים. לצורך פתרון הבעיה מומלץ לשחרר לחצים בשכבה המוליכה ע"י מערכת ניקוז אשר תכלול שאיבה משולבת במעלה תת-האגנים ובמורדות שלהם. בו זמנית יש לדאוג להורדת בסיס הניקוז התת-קרקעי שעלה מאז הקמתם של המאגרים כפר ברוך ומעלה הקישון. פעולות הניקוז יביאו להורדת העומד הפיזומטרי של השכבה המוליכה הכלואה לרמה שתאפשר זרימה חופשית של מי הקרקע אל המוצאים הטבעיים בנחל קישון ושטיפה של המלחים מתוכה.

תחנה 1 - "פלגי מים" יוקנעם המושבה

אגודת המים של ישובי עמק יזרעאל המצויים באגן הניקוז של נחל הקישון מייצגת את הישובים כלפי מוסדות משק המים. היא עוסקת בתכנון ופיקוח על יצירת מקורות מים וניקוז החלקות ובמחקר מקיף על בעיית ההמלחה בעמק. בפלגי מים ינתן רקע היסטורי להתפתחות המערכות לאספקת מים בעמק ולהתפתחות מקבילה של בעיית המלחת הקרקעות והמאגרים והצגת פתרונות ישומיים.

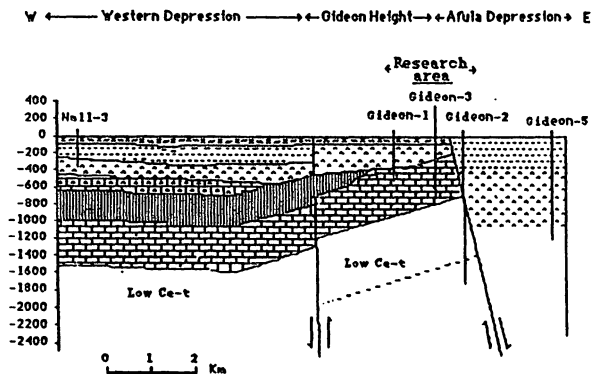
תחנה 2 - תצפית מגדל העמק

מנקודת התצפית נסקור את אזור המחקר והמבנה הגיאולוגי וההידרולוגי של עמק יזרעאל. דגש מיוחד ינתן על מערכת הזרימה התת-קרקעית הקשורה למניפות הסחף של רכס נצרת והקשר שבינן לבין מערכת הזרימה הרדודה בשכבה המוליכה הכלואה בעמק.



איור 1: מפת התמצאות של אזור המחקר ומקורות המים

Geologic Section of Jzreel Valley



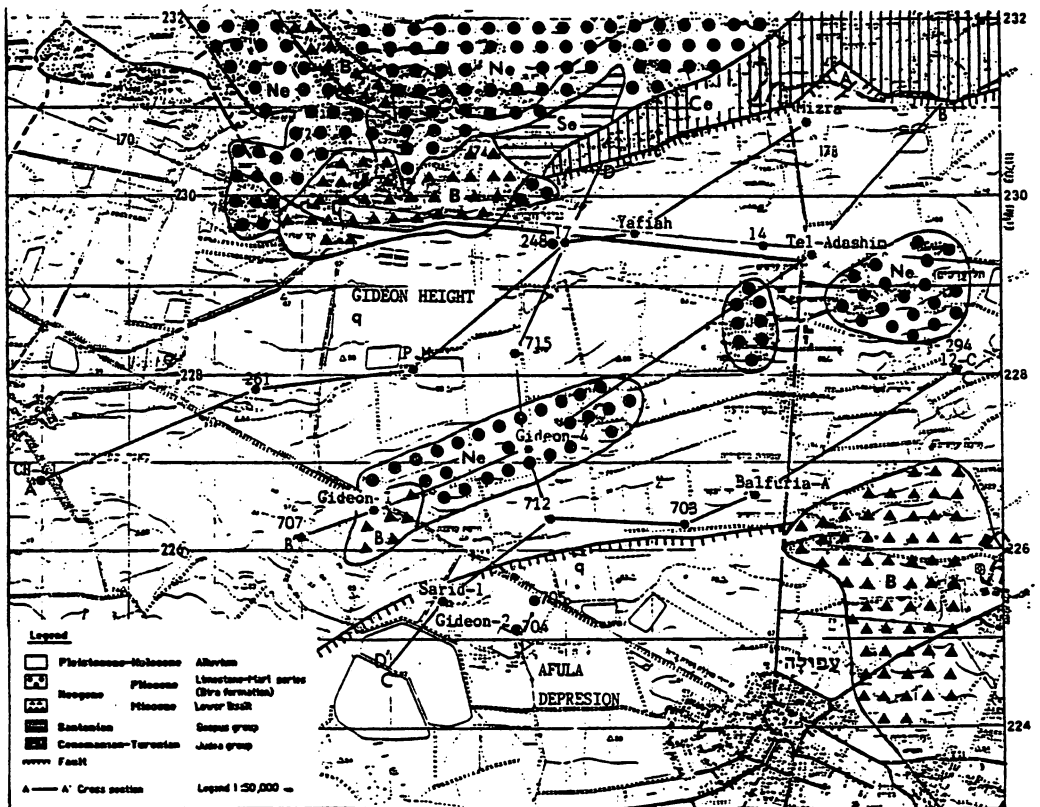
Legend:

- Pliocene: Bira Formation
- Upper Miocene: Clay Series
- Lower Miocene: Lower Basalt
- Eocene: Chalk & Limestone
- Senonian: Chalk
- Cenomanian Turonian: Limestone
- Fault

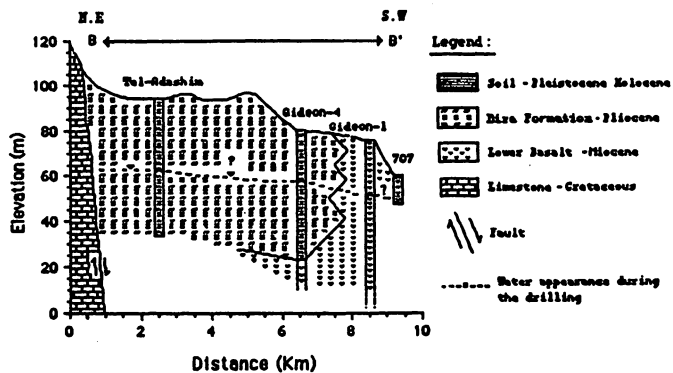
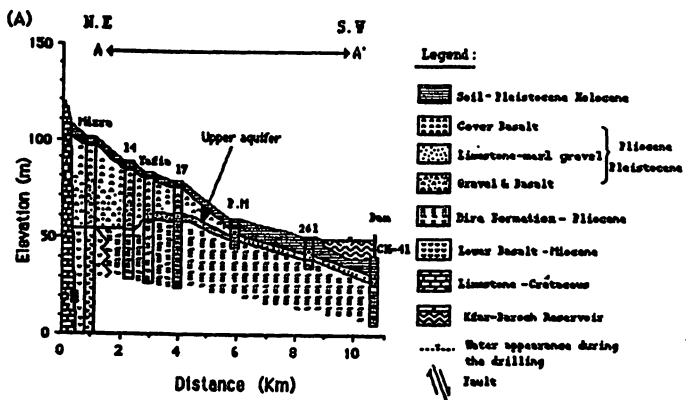
איור 2: חתך הידרוגיאולוגי לאורך עמק זרעאל

תחנה 3 - רכס מזרע

רכס מזרע מפריד בין שני אגני המחקר מזרע ועדשים. מערכת הזרימה בשכבה המוליכה הכלואה מופרעת ע"י מאגרים שחוקמו בבסיס הניקוז של שני האגנים והמאגרים האחרים במעלה. התוצאה של חסימת הזרימות היא עליית העומד הפיזיומטרי במעלה האגנים ועליית בסיס הניקוז. נראה את היחס שבין המאגרים והגיאולוגיה הרדודה של שני האגנים, תפרוסת הזרימה והלחצים בשכבה המוליכה ואיכויות המים בשכבה זו ובקרקע. ניגש בגל לקידוח ארטזי ונראה את שפיעת המים מהשכבה הכלואה. בחורף 1987/88 היתה בבאר שפיעה עם עומד ארטזי בשעור של 1.73 מ'.
 עומד ארטזי בשעור של 1.73 מ'.

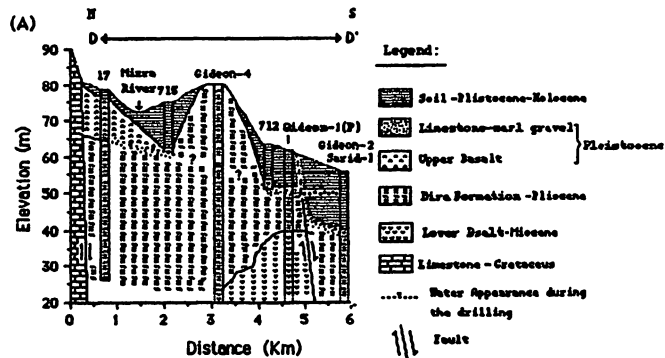
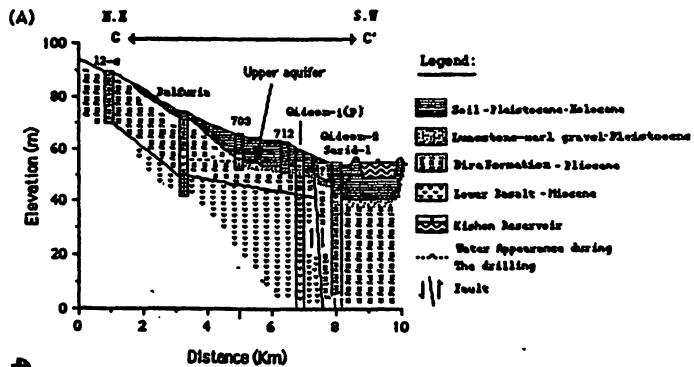


איור 3: מפה גיאולוגית של אגן קישון עליון-צפוני



תחן הידרוגאולוגי לאורך תת-אגן מרע משולי תרי בצורת למעגל כפר ברוך.

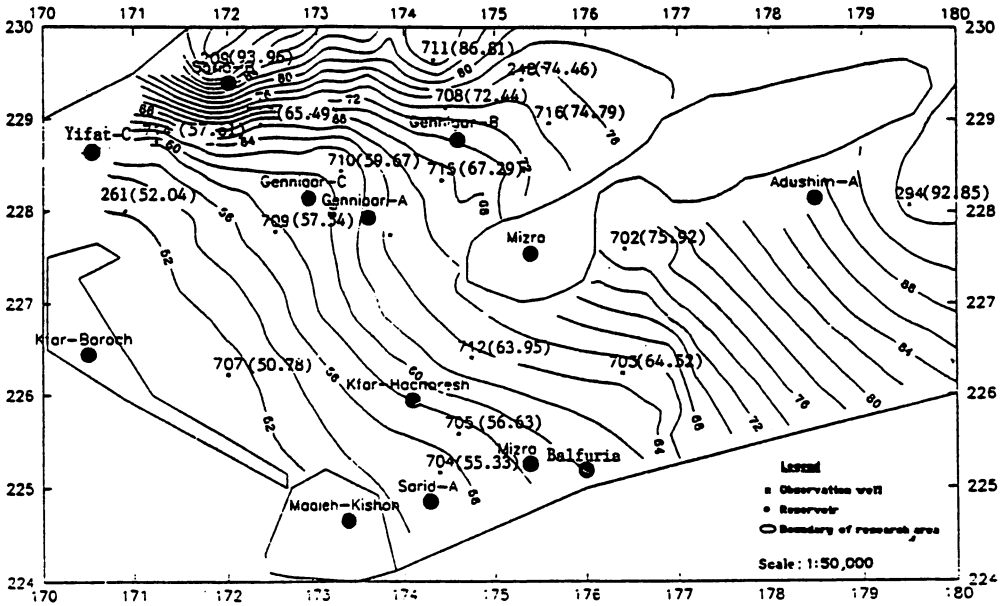
תחן הידרוגאולוגי לאורך תחום תל-אדאשין.



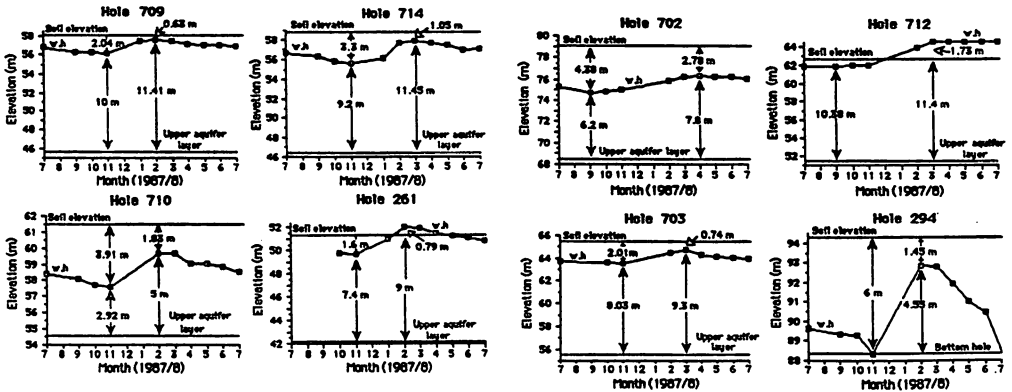
תחן הידרוגאולוגי לאורך תת-אגן ערשם.

תחן אורך הידרוגאולוגי משולי תרי בצורת לקיחה תרי-1 ביישק ערשם.

Piezometric head distribution (m) 2/88.



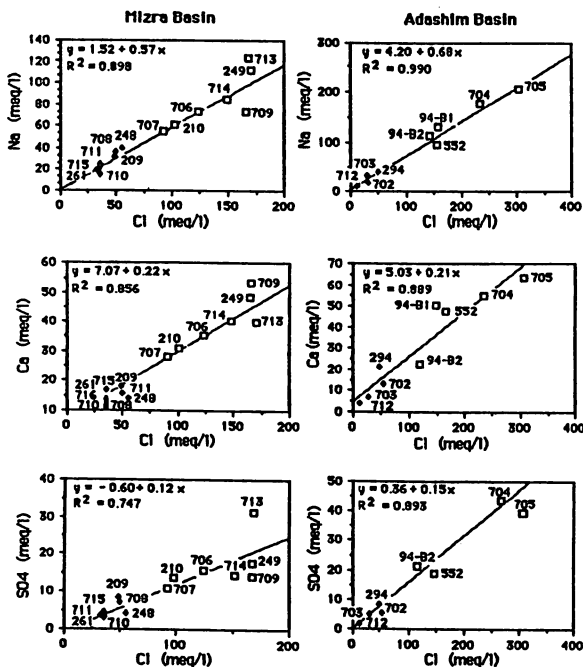
איור 5: תרומת מפלסים בת-אגנים מורע ועדשים בחודש פברואר 1988 (מ.ז.)



מעדף הלחצים בקידוחי תצפית בתת אגן מורע מרדשד יולי 1987-יולי 1988.

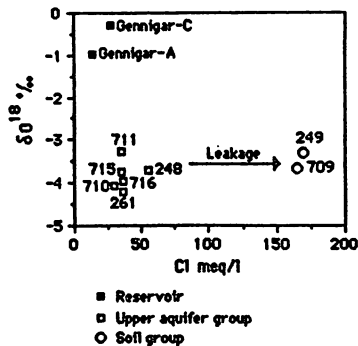
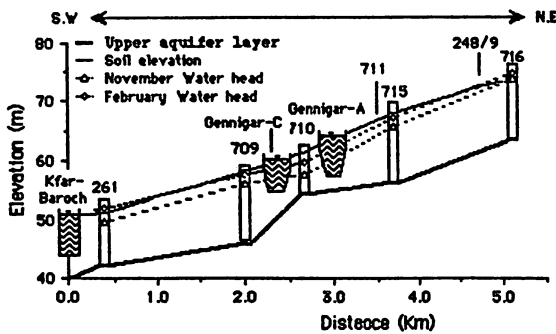
מעדף הלחצים בקידוחי תצפית בתת-אגן עדשים מרדשד יולי 1987-יולי 1988.

איור 6:



- Upper aquifer
- Soil Aquifer

איור 7: קורלציה בין ריכוז כלוריד עתון קלציום וסולפס באגנים מדור תרשים.



	711	248	249		
	Cl = 25.25	Cl = 55	Cl = 169		
	O18 = -3.26	O18 = -3.7	O18 = -3.3		
	D = -15.41	D = -15.64	D = -11.94		
	261	709	710	715	716
	Cl = 31.8	Cl = 165.4	Cl = 25.4	Cl = 25.4	Cl = 36
	O18 = -4.05	O18 = -3.64	O18 = +3.86	O18 = -3.95	O18 = -4.1
	D = -16.3	D = -15.67	D = -14.95	D = -11.88	D = -15.22

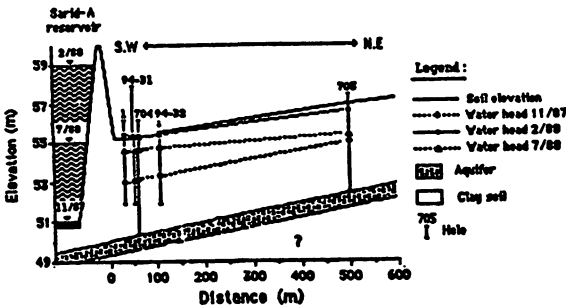
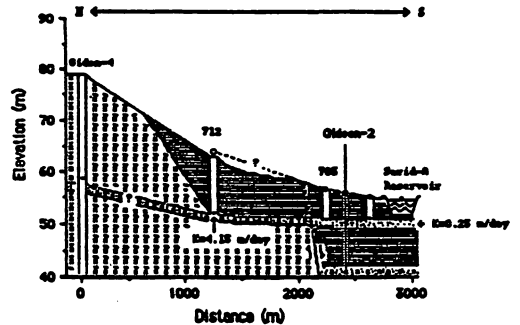
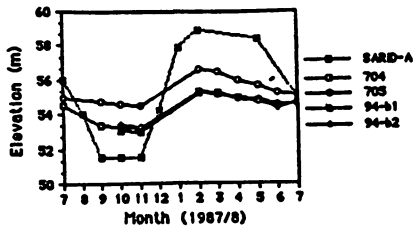
- Cl concentration in meq/l.
- Isotope concentration in per mil
- * x.xx* Calculated value

Gennigar-C	Gennigar-A
Cl = 27	Cl = 14
O18 = -0.27	O18 = -0.96
D = -2.51	D = -6.3

איור 8: תנן חידוכימי ואיזוטופי לאורן תת-אגן מדור

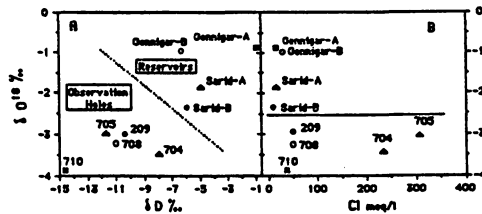
תחנה 4 - מאגר שריד-א'

מאגר שריד-א' ממוקם במורד אגן עדשים ובסביבתו התפתחה רצועת קרקע מלוחה. בתחנה זו נעמד על ההשפעה השלילית של המאגרים של המאגרים במורד אגן עדשים על מחלך הזרימה בשכבה המוליכה ובקרקע. המאגרים בהיותם מלאים לוחצים ומצרים את השכבה המוליכה הכלואה ומונעים ניקוז של המים אל הקישון כתוצאה מכך נערמים המים במעלה האגן וגורמים לתופעות הניקוז חלקוי והחמלחה בקרקע. לאחר מכן ניגש ברגל אל נקודת הניקוז שליד מעין טורבנט ונראה כיצד פועלת מערכת ניקוז בשיטת הארובות.



איור 9: תוך הידרולוגי בסדרת הפיומטרים מצפון למאגר שריד-א' וחס המפלים בין המאגר לקידוחים

איור 10: תוך הידרולוגי משולי הרכס הניאוגני למאגר שריד-א' המדגיש את העכבה בורימה והערמות המפלים בגלל השינוי הליטולוגי באקוויפר העליון בקרבת השבר.

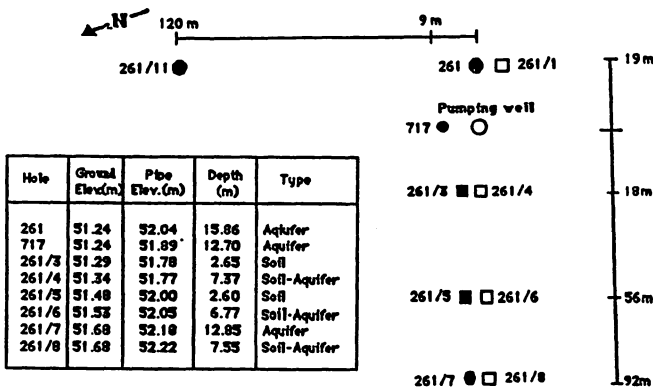


יחסי חמץ-18 לדויתריום (A) וכלור (B) במאגרים וקידוחים סמוכים באינדקסיה לתחליכי החלול מן המאגרים (למאגר ולקידוחים שבקרבתו סימן וחץ).

איור 11:

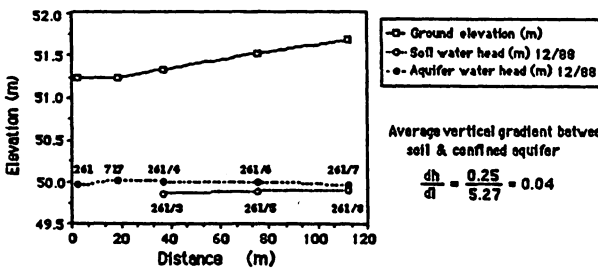
תחנה 5 - חלקה 54 של קיבוץ שריד

חלקה 54 נמצאת במורד אגן מזרע בקרבת מאגר כפר ברוך. תופעת ההמלחה בחלקה ובסביבתה ידועה מזה שנים רבות. בנקודה זו נראה פעם נוספת את השפעת מאגר כפר ברוך על מהלך הזרימות במורד אגן מזרע והשפעתו על הניקוז הטבעי לקישון ותהליכי ההמלחה. נעמד גם על קשר חדליפה בין השכבה המוליכה ושכבת הקרקע והשיטות ההידרולוגיות והאזוטופיות לבחינת הקשר הזה. בחלקה מצויה באר שואבת מתוך השכבה המוליכה וספיקתה כ-12 קוב/שעה. נצפה בתחליך הניקוז והשפעתו על הורדת בסיס הניקוז בקרקע בקיץ ובחורף. בשלב זה נסכם את המחקר והשלכת המלצותיו על פתרון בעיית הניקוז וההמלחה בעמק יזרעאל.

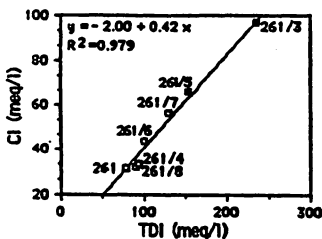


איור 12

תרשים התמצאות בחלקה תיוסיוו של שריד



איור 13

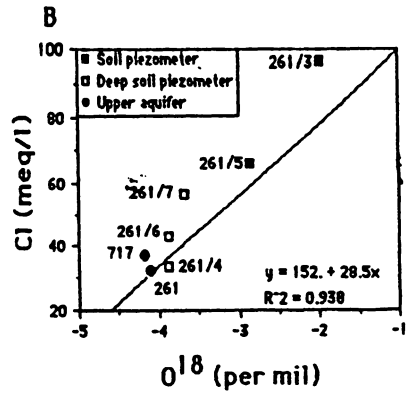
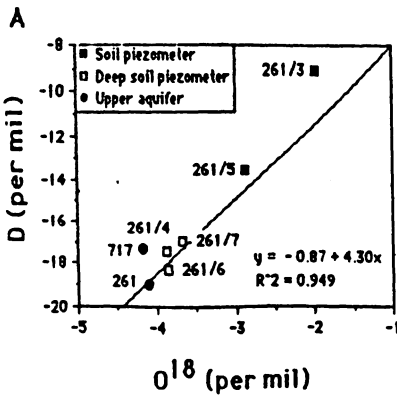
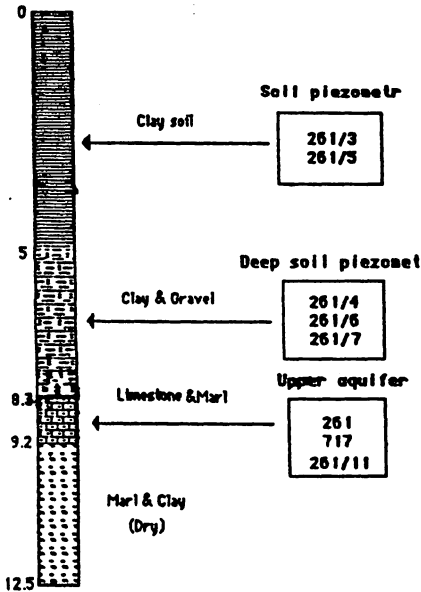


איור 14 הידרוכימיה של סדרת הקידוחים 261

סמך למאגר כפר-ברוך.

Piezometer 717

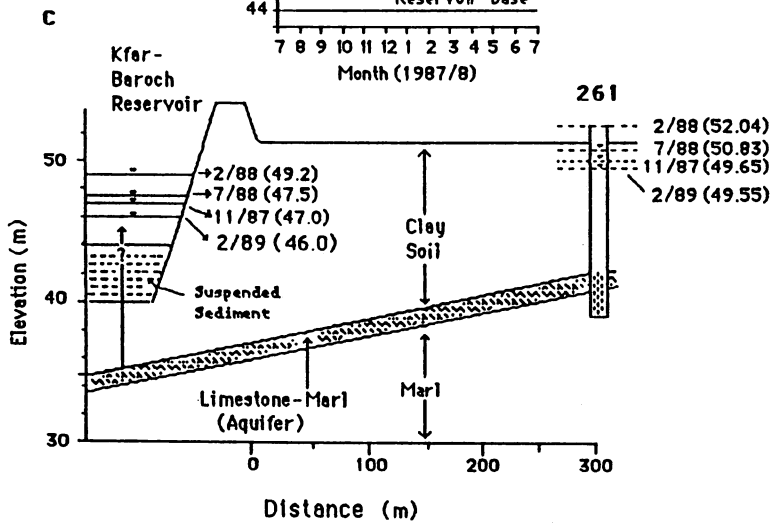
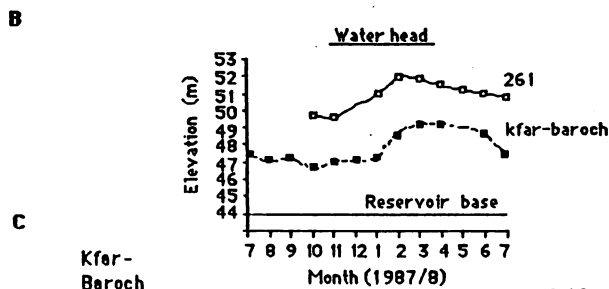
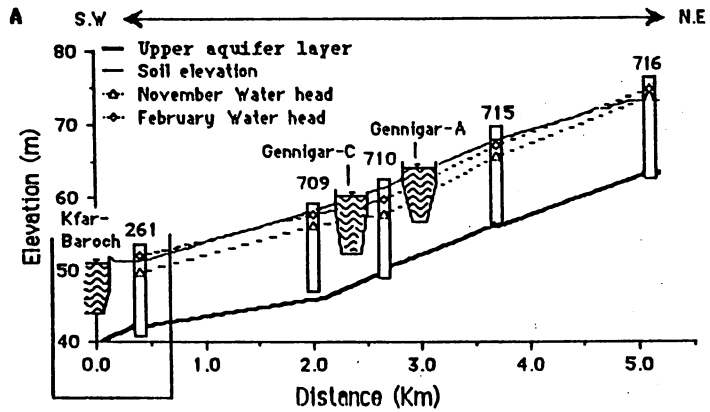
LOCATION: 171154/227830
 ELEVATION: 51.25 m
 DEPTH OF WATER: 8.3 m
 TRANSMISIVITY: 19 m²/day



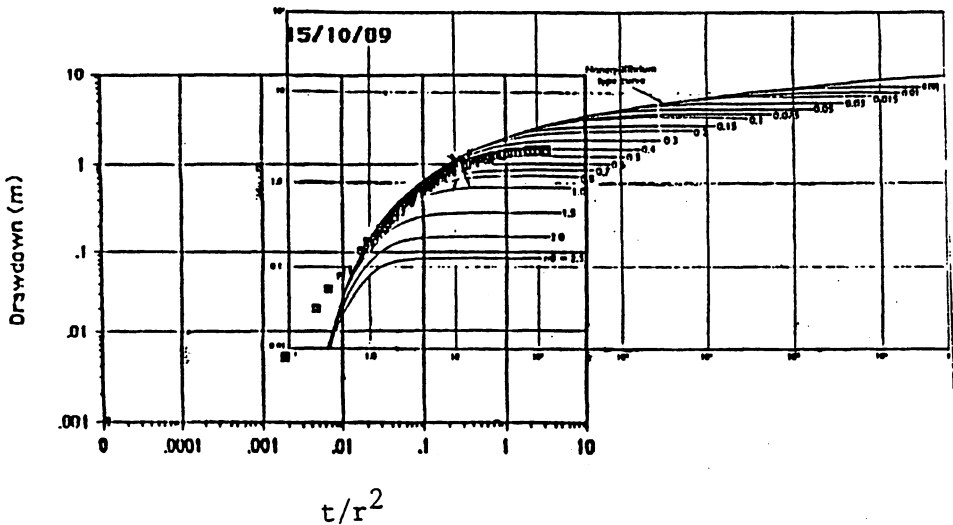
חתך של קידוח 717 ומיקומם של שאר הקידוחים בחלקת שריד בתוך יחס חמצן-18 לטרויום A. יחס

איור 15

חמצן 18 לכלור B.



תוך הידרולוגי לאורך זמן מורע (A). היחס בין המפלסים בקידוח 261 ומאגר כפר-ברוך (B, C).



INTERFERENCE TEST IN A LEAKY AQUIFER

SELECTION POINTS

$s = m; t/r^2 = 0.24 \text{ min} / \text{m}^2; W(u) = 1.6; r = 9.5$

$l/u = 10; u = 0.1; z/B = 0.4; Q = 0.2 \text{ m} / \text{min}$

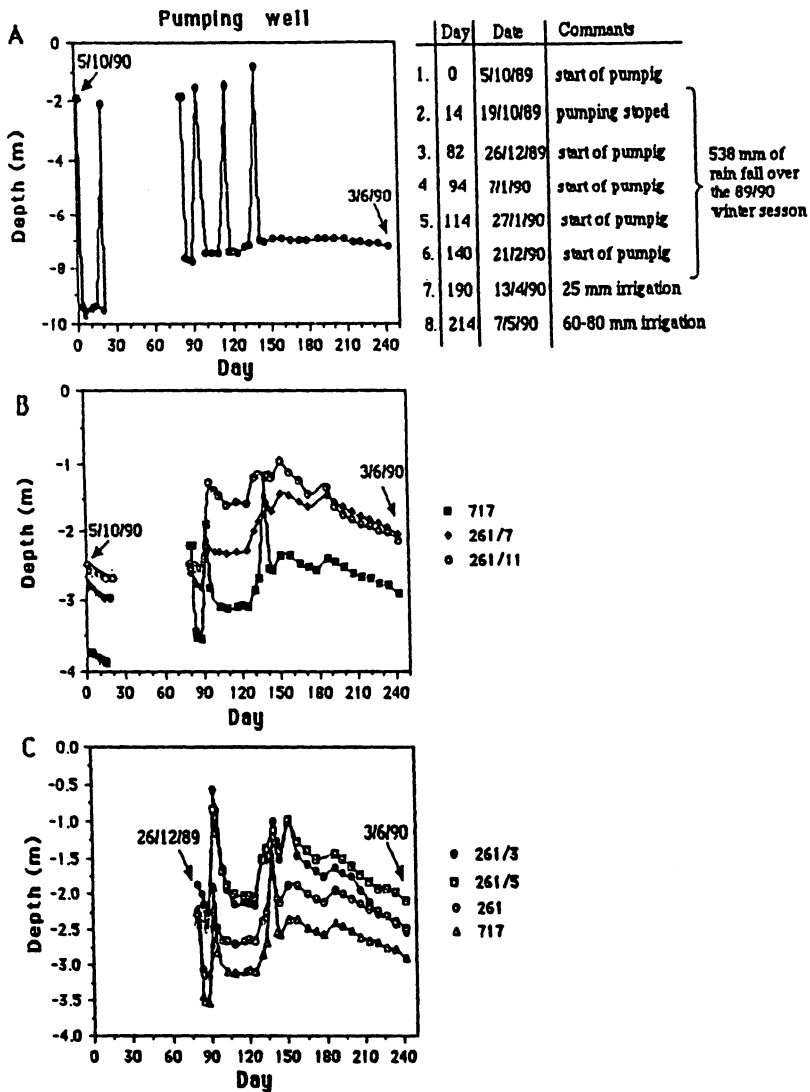
$T = \text{Transmissivity} = \frac{Q(\text{m}^3/\text{min})W(u)}{4\pi s(\text{m})} = \frac{0.2 \cdot 1.6}{4\pi \cdot 1} = 0.0239 \text{ (m}^2/\text{min)} = 34.37 \text{ (m}^2/\text{day)}$

$S = \text{Storativity} = \frac{4Ttu}{r^2} = 4 \cdot 0.0239 \cdot 0.24 \cdot 0.1 = 0.0023$

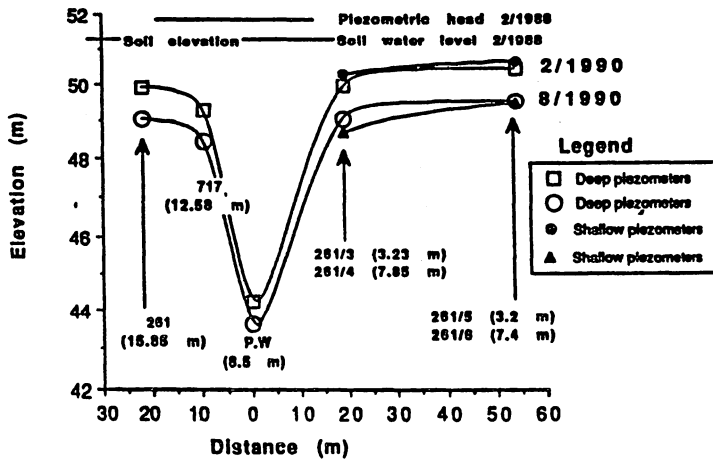
$K = \frac{T(\text{m}^2/\text{day}) \cdot b(\text{m}) \cdot (r/B)^2}{r(\text{m})^2} = \frac{34.37 \cdot 3 \cdot (0.4)^2}{(9.5)^2} = 0.1628 \text{ m/day} = 16.3 \text{ cm/day}$

איור 17

תוצאות מבחן השפעה לקידוח שואב באקוויפר ארטזי דולף על פי Walton.

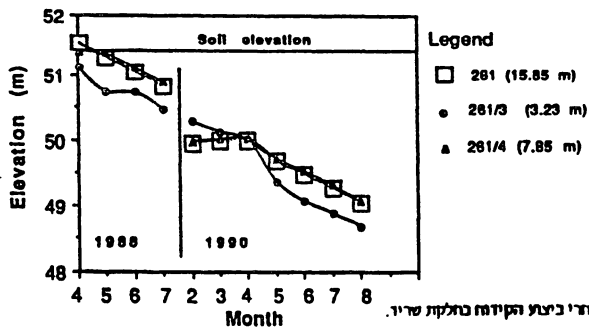
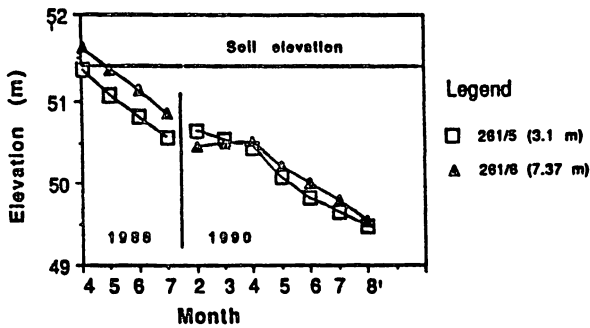


איור 18 שומק מפלסי המים בקידוח השואב A. שומק מפלסי המים בקידוחי חשבנה המוליכה B. יחס מפלסי המים בקידוחי חקוקע וחשבנה המוליכה C.



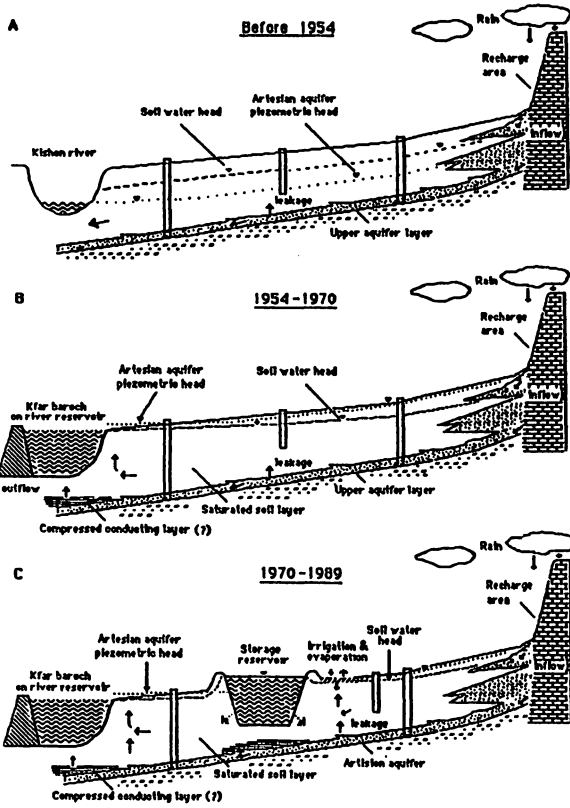
איור 19

פרט תומדים בשכבה המוליכה ובשכבת הקרקע והדורה ביחס לקידוח השאבה ולעומד שלפני תחילת השאיבה.



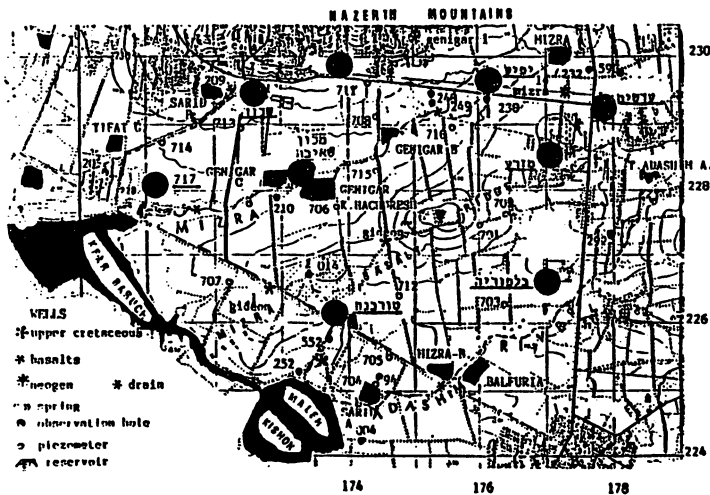
איור 20

השינוי תומדים והניזומארי עם הונץ בשלושה מפלסים לפני האדרי ביצע הקידוח בחלקת שריד.



איור 21

חתך סכמתי של שלבי הערמות המפלסים באגן מורע.



איור 22

צפן נקודות לשאיבה באגנים מורע ועדישים ● ציון נקודות סופלצות לשאיבה.

תחנה 6 - מאגר כפר ברוך

הצגת מערכת מסוחררת המשלבת אספקת מים לצרכנים תוך חסימת הנקוז הטבעי. האם אלה טעויות תכנון? התחכמות לתהליכי הטבע ? בשטח יוצגו פתרונות אפשריים.

רשימת ספרות

אדר, א., גב, י., 1990. ניצול האקוויפר העליון לפתרון בעיות מליחות בעמק יזרעאל. אוניברסיטת בן-גוריון, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, היחידה להידרולוגיה ומשאבי מים.

אדר, א., גב, י. ובר-אילן, א., 1990. סיכום ביניים של השאיבה בחלקת שריד (חלקה 54) בקרבת מאגר כפר ברוך. אוניברסיטת בן-גוריון, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, היחידה להידרולוגיה ומשאבי מים.

איסר, א., אדר, א., שורק, ש. וגב, י., 1990. תופעות המלחה בקרקעות עמק יזרעאל כתלות במערכת ההידרוגיאולוגית (חלקים א', ב'). אוניברסיטת בן-גוריון, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, היחידה להידרולוגיה ומשאבי מים.

גב, י., 1989. תופעות המלחה בקרקעות עמק יזרעאל כתלות במערכת ההידרוגיאולוגית. חיבור לשם קבלת תואר מגיסטר בפקולטה למדעי הטבע, אוניברסיטת בן-גוריון, מחלקה לגיאולוגיה ומינרולוגיה.

סיור ג

חבורת הר הצופים באיזור צפת -

היבטים סטרטיגרפיים ובעיות של יציבות מדרונות

ז. לויטה

המכון הגיאולוגי, ירושלים

מהלך הסיור

שעה נסיעה מעכו לכפר שמאי.

תחנה 1: כפר שמאי - מבט כללי על חבורת הר הצופים במורדות המזרחיים של נחל עמוד. סטרטיגרפיה ויציבות מדרונות בעיר צפת (משך משוער: 45 דקות) נסיעה מתחנה 1 לתחנה 2 כ-30 דקות.

תחנה 2: כפר דישון - אי התאמה במגע בין חבורת יהודה וחבורת הר הצופים (בין תצורות בינה וסכנין מגיל טורון וקנומן לתצורת הר צפת ועין זיתים מגיל סנון). (משך משוער: 45 דקות) נסיעה מתחנה 2 לתחנה 3 כ-15 דקות.

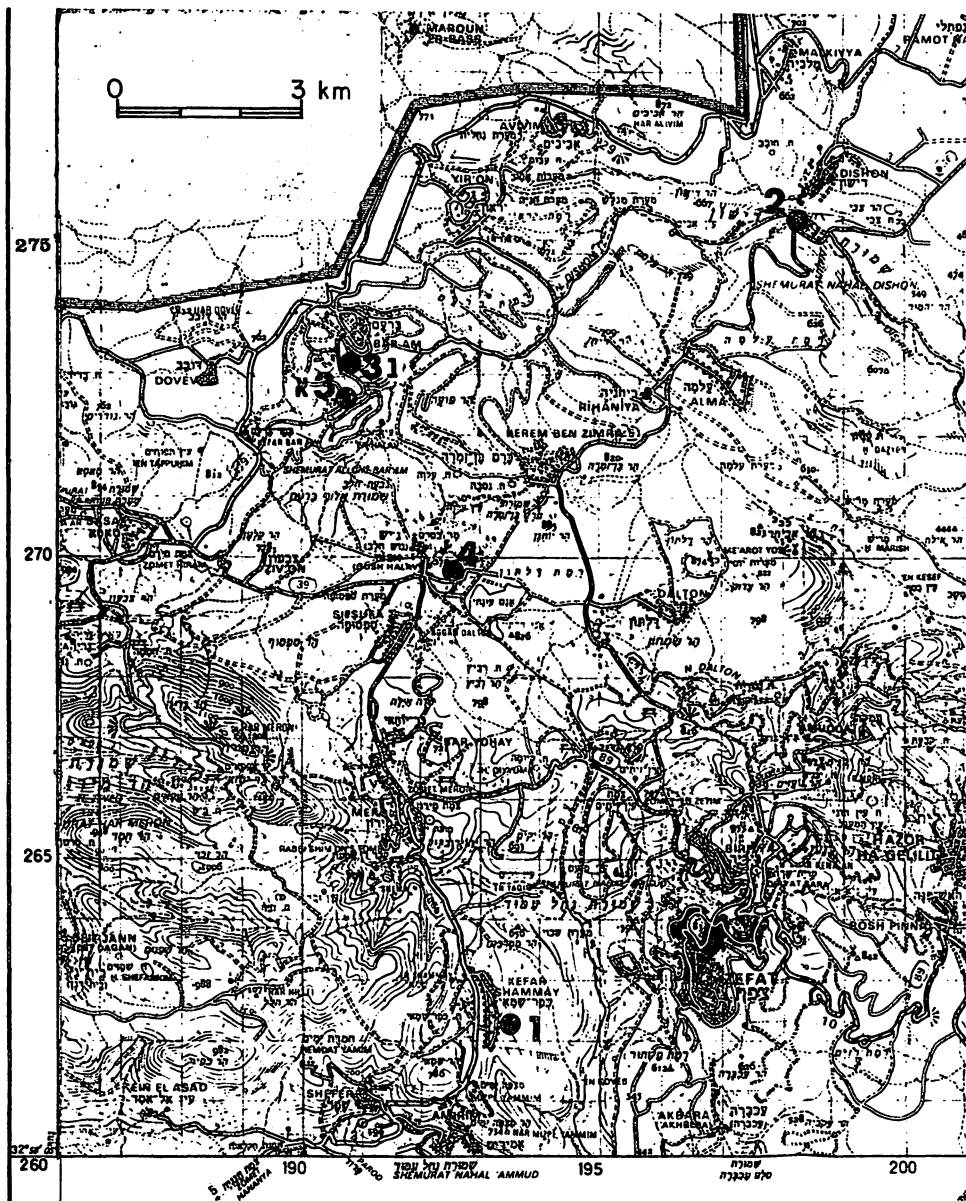
תחנה 3: נחל דישון עליון - חתך סטרטיגרפי וליתולוגי בחבורת הר הצופים ובעיות הצטמצמות החתך של תצורת עירב כתוצאה מפעילות טקטונית. (משך משוער: 15 דקות) נסיעה מתחנה 3 לתחנה 4 כ-15 דקות.

תחנה 4: גוש חלב - גלישות בחבורת הר הצופים. (משך משוער: 30 דקה) 1.15 שעה נסיעה מגוש חלב לעכו.

מבוא

התצורות המרכיבות את חבורת הר הצופים באיזור צפת מהוות רצף סלעים רכים אשר הקשה בניהן הוא קרטון גירי. על אף שההבדל הליטולוגי והמיקרופציאלי שבין התצורות מוגדר וחד משמעי, קשה מאד למפות בדיוקנות את הגבולות ביניהן. רכות ופריכות הסלעים גורמים לבלייה מואצת ולתנועות של חומר בלוי על פני המדרונות ומכאן לטשטוש הגבולות הליתולוגיים במחשופים. רוב החוקרים אשר עבדו באזור נאלצו לכלול ביחידת מפוי אחת מספר תצורות או אף להגדיר חבורה כיחידת מפוי (בוכבינדר, 1963; גליקסון, 1966; זלצמן, 1964; כפרי, 1972; לוי, 1983; פלכסר, 1964; שיפטן, 1952; שליין, 1961).

מחקרים ביוסטראטגרפיים וביופציאליים אשר נעשו בתבורת הר הצופים ע"י רייס ועמיתיו (1985), פלקסר והוניגשטיין (1984), הוניגשטיין ועמיתיו (1987), גבירצמן ועמיתיו (1985), הגדירו את גבולות היחידות הליתולוגיות השונות, בררו את משמעותן הסדימנטולוגית ושחזרו את סביבות השקעתן.



מסלול הסיור

2. תצורת עין זיתים (שיפטן 1964) גיל:סנטון-קמפן

תצורה זו הינה צרוף של שתי תצורות הנבדלות בברור זו מזו בדרום הארץ: תצורת מנוחה (למעט פרט קעקולה) ותצורת מישש. בדרום, מכילה תצורת מישש אופקי צור עבים ההולכים ומתמעטים כלפי צפון עד שכל מה שנותר מהם הוא אופק דק בעובי 1מ'-0.1 מ'. גבול התפוצה של השיכבה הדקה של צור מישש משתרע עד כ-50 ק"מ צפונה למטולה, כ-2 ק"מ מזרחה לכמד א לוז שמדרום לסולטן יעקב.

לאופק הצור הדק בצפון הארץ אין ביטוי מורפולוגי בנוף וקשה להבחין בו על פני המדרונות ולמפותו ולכן הוא כלול בתוך תצורת עין זיתים. תצורת עין זיתים עשויה מקרטון לבן, רך ומאסיבי. במקומות אחדים הקירטון נעשה ביטומיני ופצלי ויש שהוא מכיל חומר פוספטי. בחלקו העליון מכיל הקרטון גלאוקוניט המופיע בשכבות, בעורקים או כגרגרים המפוזרים בסלע. בסביבות נחל דישון העליון שכבת גלאוקוניט מהווה את גג התצורה. ההבדלה בין קירטון עין זיתים לקירטון תצורת עירב או תצורת ביריה שמעליו, נעשית על פי השיכוב המפותח באחרונות והחסר כמעט לחלוטין בראשונה. עובי התצורה באיזור שבין הכפרים עין זיתים לביריה מגיע לכ-90 מ', בצפון מזרח האזור ל-110-100 מ' ובאיזור מעלות ל-130-125 (כפרי, 1972; בוכבינדר, 1963).

3. תצורת ביריה (שיפטן, 1964) גיל: קמפן, מאסטריכט, פאלאוקן

בנויה מצרוף של שתי תצורות הידועות מדרום ומרכז הארץ: תצורת עירב ותצורת טקיה. על אף השוני הליתולוגי הברור, קשה למפות בצפון ישראל את שתי התצורות האלה בנפרד עקב טשטוש הגבול ביניהן ע"י קולוביום וגלישות שמקורם בתצורת טקיה. לתצורת עירב (Shaw, 1947) שתי צורות הופעה בשטח גליון צפת: האחת בסביבות העיר צפת ובה חילופין של שכבות קירטון לבן ורך עם אופקים בעובי 40-15 ס"מ שעברו צביעה על ידי תמיסות לימוניטיות, עם שכבות דקות של חוואר וחרסית בעובי 5-1 ס"מ. השניה בצפון שטח הגליון (נחשפת יפה בנחל דישון העליון) והיא מורכבת משכבות קרטון גירי צהבהב בעובי 40-15 ס"מ וביניהן שכבות חומר חווארי רך בעובי 7-1 ס"מ. העובי של תצורת ביריה משתנה מכ-60 מ' במדרון המערבי של העיר צפת, ל-55 מ' במדרון הצפוני של הר כנען, ועד כ-20 מ' בנחל דישון שם מצטמצם העובי במקומות אחדים לקרוב ל-0 מ'.

הגיל של התצורה הוא מאסטריכט כאשר אופק הגלאוקוניט שבבסיסה מציין את המעבר בין תקופות הקמפאן והמאסטריכט (הגבול נקבע ע"י מושקוביץ, 1987, בעזרת ננפלנקסון). תצורת טקיה מגיל פאליאוקן המונחת מעל תצורת עירב, נבדלת ממנה באופן ברור באופיה החרסיתי הרך. היא בנויה מחלופין של דרגשי קירטון אפור, בהיר ורך בעובי 40-20 ס"מ, ושכבות פצלים אפורים בעובי 30-10 ס"מ. בבסיסה מצויה חרסית לבנה ואפורה בעובי 2-4 מ'.

עובי התצורה בנחל מרעה ונחל דישון כ-85 מ', ובהר יבנית (מצפון להר כנען) כ-50 מ'.
תצורת טקיה מכוסה בתצורת תימרת האאוקנית הבונה כמעט תמיד מצוק קירטוני.

יציבות מדרונות בחבורת הר הצופים באיזור צפת

שני רעשי אדמה הרסניים פקדו את צפת וסביבותיה: האחד ב-1.1.1937 והשני בשנת 1927. בשני הארועים נגרם נזק רב לצפת ולמספר מקומות ישוב בסביבתה, בעוד שבישובים סמוכים באותו אזור לא נגרם כל נזק או שנגרם נזק קל בלבד. תופעה זו הביאה למחשבה שתנאי תשתית מקומיים מהווים גורם מכריע בקביעת מידת הנזק הנגרם ברעש אדמה. מתאור הרעשים מתקבל שהנזק העקרי נגרם עקב גלישות קרקע וסלע. ורד ושטרים (1976), מדווחים על הרס בצפת, גוש חלב (אל גיש) ועין זיתים בעוד שסאסא הסמוכה להן לא נפגעה כלל.

מתוך בדיקה שיטתית של תצלומי האויר באיזור, ניתן להסיק שכמעט כל הגלישות מתרחשות בתצורת עין זיתים וביריה, דהיינו על תצורות אשר הליתולוגיה שלהן קרטונית רכה או פצלית חרסיתית. בנוסף לכך, כל אתרי הגלישות נמצאים על פני מדרונות תלולים, תופעה המדגישה את הקשר בין הגדלת שיפוע המדרון לבין ערעור יציבותו.

צפת, עין זיתים וגוש חלב, ממוקמות על גבי תצורת עין זיתים וביריה ואילו סאסא בנויה על דרגשי דולומיט עבים המהווים חלק מתצורת ראש הנקרה (דיר חנה). שכונות חדשות בצפת נבנו על גבי תצורת עין זיתים וביריה במדרון תלול ובאזורים בהם נמצאו עדויות לקיומן של גלישות קדומות (וקס, לויטה 1982).

רשימת ספרות

- Buchbinder, B. 1963. The Geology of Ma'alot - Tarshiha Area M.Sc. thesis, The Hebrew University of Jerusalem (in Hebrew.)
- Flexer, A. 1964. On the Paleogeography of the Senonian and Maastrichtian in Northern Israel. Ph.D. dissertation, The Hebrew University of Jerusalem (in Hebrew.)
- Flexer, A. and Honigstein, A. 1984. The Senonian Succession in Israel - Lithostratigraphy, Biostratigraphy and Sea Level Changes. *Cretaceous Research*, 5:303-312.
- Glikson, Y.A. 1966. Geology of the Southern Naftali Mountains (North Eastern Galilee, Israel). *Israel Jour. Earth Sci.*, 15:135-154.
- Gvirtzman, G., Moshkowitz, S. and Reiss, Z. 1985. Senonian to Early Eocene Mount Scopus Group in the Hashefela Region Central Israel: Stratigraphy and Basin Evaluation. *Israel Jour. Earth Sci.*, 34:172-192.
- Honigstein, A. Almogi-Labin, A. and Rosenfeld, A. 1987. Combined Ostracod and Planktonic Foraminiferal Biozonation of the Late Coniacian-Early Maastrichtian in Israel. *J. Micropaleontol.*, 6:41-65.
- Kaft, U. 1972. Naharia Geological Map. Israel Geol. Surv. Jerusalem.
- Levi, Y. 1983. Shefaram Geological Map. Israel Geol. Surv. Jerusalem.
- Reiss, Z. et. al. 1985, Late Cretaceous Multiple Stratigraphy Framework of Israel. *Israel Jour. Earth Sci.*, 34:147-166.
- Saltzman, U., 1964. The Geology of Huqoq-Migdal-Tabigha Area. M.Sc. thesis, The Hebrew University of Jerusalem (in Hebrew.)
- Shiftan, Z., 1952. The Hydrogeology of the Safed Region. *Bull. Res. Coun. Israel*, 4.
- Shlein, N., 1961. The Geology of the Alma Region. M.Sc. thesis, The Hebrew University of Jerusalem (in Hebrew.)
- Vered, M. and Striem, H.L., 1976a. The Safed Earthquake of 1.1.1837 and its Implication on Seismic Risk Evaluation in Israel. Israel Atom Energy Commission, Licensing Div. IA-LD-1-105.
- Wachs, D. and Levitte, D. 1982. Land Use Map in Safed Region. Israel Geol. Surv. Report, Environ, Geol. 82/5.

סיור ג

סיור לצפון חוף הכרמל מתל שקמונה לנוה ים

י. ניר (1) וא. גילי (2)

(1) המכון הגיאולוגי, ירושלים.

(2) רשות העתיקות ואוניברסיטת חיפה.

תכנית הסיור

תחילתו של הסיור בתל שקמונה (תל א-סמק) וסיומו באזור עתלית - נוה-ים. לוח הזמנים המשווער (רי מפה עם מסלול הסיור ומיקום התחנות). יציאה ממלון "חוף התמרים" - 06:30.

1. תל-שקמונה - 07:30 - 08:00

2. חוף הכרמל (כיאט-ביץ') - 08:10 - 08:30

3. כפר סמיר - 08:40 - 09:10

4. נחל גלים - חוף החלוקים. 09:30 - 10:00

5. נחל גלים - מחשוף סלע החוף. 10:00 - 10:20

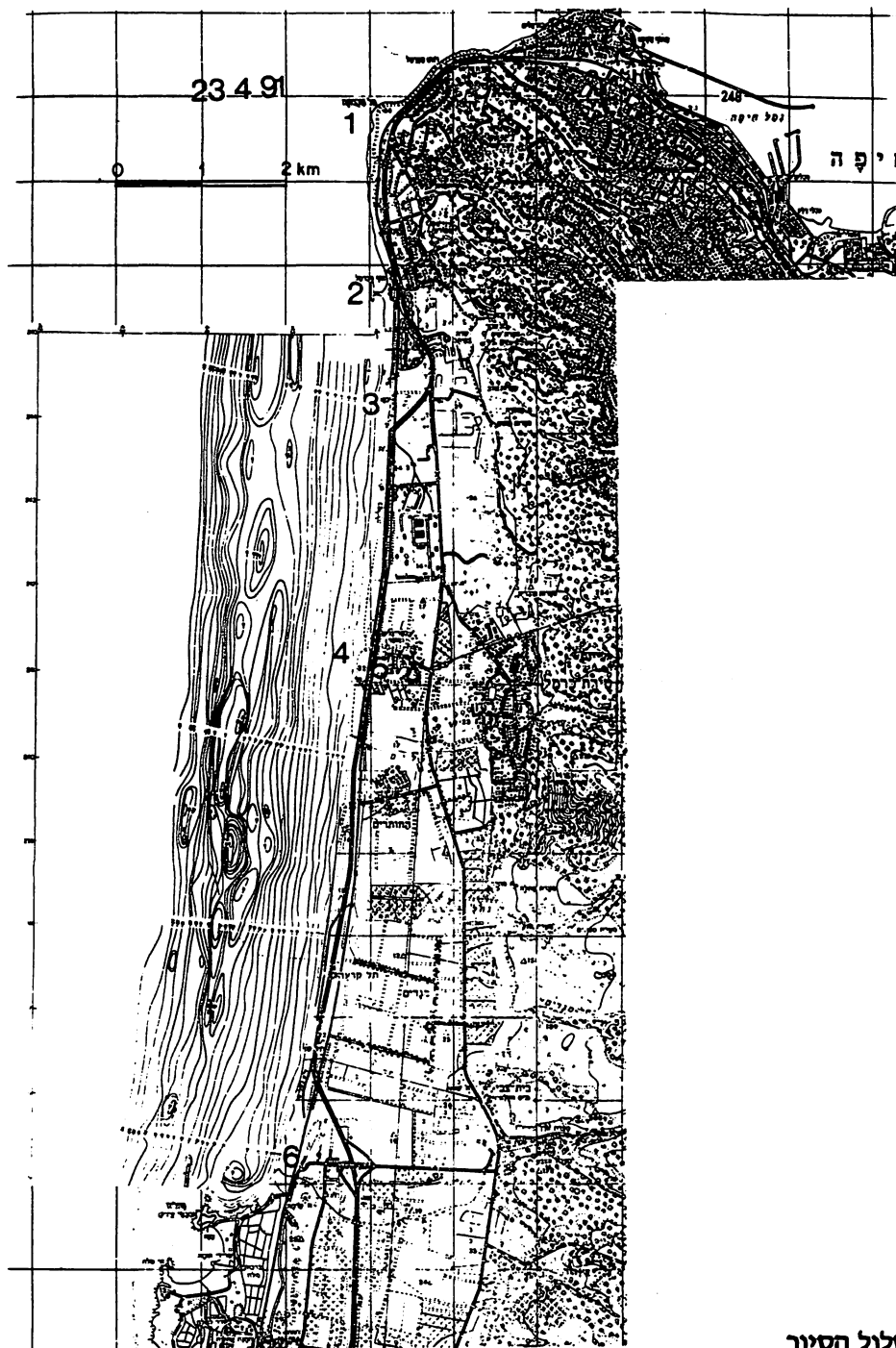
6. צפון מפרץ עתלית. 10:40 - 11:10

7. הבסיס הימי של רשות העתיקות בנוה-ים כולל דיון, סיכום, צפיה בממצאים מהים ובסרט וידיאו המראה חלק מהאתרים התת-ימיים של צפון חוף הכרמל. באם מספר המשתתפים יהא גדול מ-20 יערך הסיכום במלון ולפיכך יחול שינוי בלוח הזמנים, והיציאה לעכו תוקדם בשעה (כלומר ל- 11:30).

הערה מקדימה: מאחר שהסיור יתנהל לאורך שפת הים בלבד, ואיננו יכול לכלול "בקור" באתרים התת-ימיים הנדונים, הרי יהא זה גם בחלקו מעיין סיור אבסטרקטי, והקרבה לאתרים התת-ימיים צריכה לשמש כתחליף למבט העין, ואתכם הסליחה.

מבוא

חופי הכרמל, מתל שקמונה בצפון ועד לעתלית בדרום, מרחק של כ- 13 ק"מ מצטיינים בתכונות יחודיות השונות באופן ניכר משאר חופי הים התיכון של ישראל (פרט לחופי מערב הגליל). הקרבה לרכס הכרמל מחד, ומציאותם בקצה התא הליטורלי של הנילוס מאידך, קובעים את הכמות, החרכב והאופי הגרנדולומטרי של הסדימנט החופי. בנוסף לכך, עדיין מורגש באזור זה הגרעון המור ביותר בכמות הסדימנט בחוף, גרעון אשר נוצר בעטייה של כרית



מסלול הטיור

הזיפיזי אשר נגסה בחוף זה, כבאחרים, בכמויות אדירות. מאז הפסקת הכריה בשנת 1964 ועד היום מורגש המחסור, וריפויים של חופי הכרמל, אם קיים כלל, אינו נראה. שטרים (1964), וניר (1988), הראו בברור כי חופי הכרמל הצפוני סבלו ארוזיה ניכרת ביותר ובאזורים ארעה הצרה של עד 30 מטר תוך תקופה של כ-35 שנה, תופעה הידועה בארץ רק בחופי הגליל המערבי (נהריה ושבי-ציון). גרעון זה של חול הביא בין היתר בעקבותיו לחשיפה מוגברת של האתרים הארכיאולוגיים התת-ימיים. התדקקות מעטה החול מחד, ונדידתו, בעיקר בחורף מאידך, מאפשרת גילויים של רוב האתרים הארכיאולוגיים התת-ימיים שנמצאו בחוף זה, ואשר גיל העתיק מבניהם מגיע עד כדי 8000 שנה (Galili, 1987).

(Emery and Neev 1960; ניב ואחרים (1963); שילוני ושחר (1964); Nir (1985 ו-1982) ולאחרונה גור (1986), וניר (1988), הראו כי יותר מ-50% מחולות החוף מרכיבים חול ביוגני וגירני מקומי, ורק מיעוטו של החול מרכב קוורץ אשר מקורו ביבוא מהנילוס. בצפון האזור הקוורץ הנו המרכיב העיקרי, בעוד שבדרומו, מדרום למגדים, ובעיקר במפרץ עתלית, החול מרכב בעיקר גרגרי קרבונט גסי גרגר. במספר חופים שולטים חלוקי גיר ודולומיט שמקורם ברכס הכרמל הסמוך. הם רבודים על גבי התשתית החרסיתית או אף הסלעית ונחשפים ומתכסים לסרוגין. בצפון הגזרה מגיע חוטם הכרמל ופולש ימה, ומשקמונה ודרומה, ולאורך כשני קילומטר חוף קיימת טבלת גידוד של סלעים קנומניים, גיר ודולומיט, מפותחת ביותר, מאזור חוף הכרמל (חוף כיאט) ודרומה, פוסקת השפעת חוטם הכרמל והחוף הנו בעיקר חולי למעט קטע כורכרי של כ-600 מטר. כורכר זה מגיע עד קו המים ובין נחל גלים לקבוץ החותרים, הסלע חשוף משך רוב ימות השנה. כורכר חופי זה והתופעות הביולוגיות של טבלאות הגידוד נלמדו ע"י בנימיני וענבר (1982).

תשעה אפיקי נחלים מתנקזים מהכרמל וחוצים את שפלת חוף הכרמל ונשפכים לים באזור הנדון. רק לשנים מהם אגני ניקוז גדולים: נחל אורן ונחל גלים. האחרים מנקזים שטחים קטנים ביותר במערב רכס הכרמל.

בתימטריה ואופי הקרקעית

מיפויים בתימטריים וסדימנטולוגיים מפורטים למדי נערכו באמצע שנות השמונים ע"י אדלר (1985) - ממבצר עתלית ועד לחוף זמיר; - ממבצר עתלית ועד לחוף הכרמל (גלילי, 1985) ועד לחוטם הכרמל (Eytam, 1988). מפותיהם הראו שפוע קרקעית גדול במקצת מהמקובל במדף היבשת הרדוד, בהשוואה לאזורים אחרים לאורך חופי הים התיכון של ישראל. המאפיין אזור ימי זה הנה אותה מרזבה - אבוס שבין קו החוף הנוכחי לבין רכס כורכר תת-ימי המצוי בהמשכו של רכס הכורכר החופי של נוה-ים ועתלית, אשר כונה ע"י (Eytam, 1988) ירכס - טירה, המתנשא במספר מקומות לגובה יחסי של כעשרה מטרים ואף יותר ובמקומות חצוי על ידי אפיקים עמוקים ביותר (גלילי, 1985). שטח המרזבה, בין קו החוף לבין רכס הכורכר מאופיין בתשתית סלעית (בדרך כלל כורכרית), עליה שכבת חרסית כהה ממקור יבשתי, המגיעה במרכז הגזרה עד לעוביים של 5 מטרים ובדרומה אף לעדשות של עד 10 מטר עובי (אדלר, 1985; גלילי, 1985), על גבי החרסית ומחשופי הכורכר המופיעים במים

(אדלר, 1985, גלילי, 1985). כאמור קיימים מחשופי סלע כורכר המדקרים מעל למעטה החול הרדודים (רי לחלף), מצויה שכבת חול, בעיקרו קוורץ, בעובי ממוצע של מטר עד שני מטרים בעומקים של 2-4 מטר ובמרחק 80-150 מטר מקור החוף; בעומק 4-6 מטר ובמרחק 250-330 מטר מקו החוף; וכן בעומק 8-10 מטרים ובמרחק 500-650 מטר מקו החוף (גלילי, 1985). חלק ממחשופי סלע אלה הנם ענתיים ונחשפים רק לעתים רחוקות. ממערב לרצועת החולות מצוי משטח סלע המשופע במקצת כלפי מערב, שפוע מתון ולעתים אפסי שבמערבו מודקר רכס טירה.

ישובים פריהיסטוריים שהתגלו על קרקעית הים

מספר ישובים פריהיסטוריים מן התקופה הגאוליתית הקירמית וישוב אחד מן התקופה הניאוליתית הקדם קירמית נתגלו מול חופי צפון הכרמל ונחקרו משך עשר השנים האחרונות על ידי גלילי ואחרים. (רי רשימה ביבליוגרפית מפורטת). הישוב הקדום ביותר מלפני כ- 8,000 שנה מצוי ממערב לשפך נחל ארון, והנו אתר עתלית ים. אתר זה מצוי בעומקי מים שבין 8-12 מטר, ובו שרידי מבנים מלבניים, מתקנים עגולים, בארות, מוקדי שריפה, כלי צור, כלי עצם וכלי אבן, עצמות בעלי חיים שונים ודגים, וכן שאריות קבורה של 25 בני אדם. כן נמצא שפע שרידי צמחים הכוללים בין היתר גרמי חיטה. עדשים ותאנים ושרידי ענפים מפותמים או רוויי מים. האתרים מן התקופה הניאוליתית הקירמית (כ- 7,000 שנה טרם זמננו) מצויים בעומקי מים שבין מטר אחד לשבעה מטרים, מול כפר סמיר, כפר גלים- צפון, תל חרייז, מגדים ונוה ים. המאפיין העיקרי באתרים אלה הינם בורות מסוגים שונים.

בורות עשויים אבן, בטיים ענפי עצים ואבנים, וכן בורות החפורים בתשתית החרסיתית וללא כל דפון. כן נתגלו רצפות אבן, ממצאים מחומרים אורגניים, קערת עץ מקלעת (מחצלת או סל), כלי צור, ועצמות בעלי חיים. בין השרדים הבוטניים נמצאו מאות גלעיני זיתים הרומזים על ביות הזית כבר לפני 7,000 שנה (גלילי ואחרים, Galili et al, 1989).

בחינת הממצא הפריהיסטורי והארכיאולוגי, הכולל את הבאר הקדומה שבאתר עתלית-ים, מיקומם ועומקם של הישובים השונים, כאשר הקדומים יותר מצויים בים העמוק יותר ומורחקים מקו החוף הנוכחי בעוד שהאחרים הצעירים יותר ישובים קרוב יותר לחוף, תופעה המוכיחה בעליל כי קיימת כאן עדות מופלאה לבריחת האדם מפני מי הים הגואים ועולים. במהלך הטרנסגרסיה הפוסט-וירמית. הישובים הראו כי מהירות עליית המפלס בין 8,000 ל- 7,500 שנה טרם זמננו היתה בקצב ממוצע של כ- 17 מ"מ/שנה. לאחר מכן, בין 7,500 ל- 6,500 שנה, עת המפלס התייצב פחות או יותר, הקצב הלך וירד והגיע לממוצע של 7 מ"מ/שנה בלבד. שחזורה הפליאוגרפיה של האזור, ורוב הישובים בני הגילים השונים מאפשרים שרטוט עקומה המתארת את השינויים במפלס הים בחוף הכרמל. עקומה זו תואמת את רוב הממצאים לגבי השינויים האיאוסטטיים ממקומות אחרים בעולם. התאמת השינויים בגובה פני הים בחוף הכרמל לשינויים הגלובליים מעמידה בספק אפשרות של תנועת טקטוניות הלוקניות באזור זה, ומראה כי הסיבה העיקרית להצפת הישובית נובעת מעלית פני הים. ממצא זה סותר במידת מה מספר מסקנות קודמות (אדלר, 1985; אדלר ואחרים, 1986;

וגבירצמן ואחרים, 1986), הטוענים כי השינויים הטקטוניים אשר גרמו לחטבעתו של רכס טירה חלו בתקופות היסטוריות. אם אכן היתה כאן פעילות טקטונית שגרמה לשקיעתו של רכס זה הרי זו קרתה לפני ההולוקן.

תאור התחנות

1 תל-שקמלונה - תצפית לעבר צפון גזרת החוף. טבלת גידוד גירית מפותחת ביותר, ועליה במספר נקודות עקבות פעילות האדם דוגמת היבריכה המעוגלת ליד המכון לחקר ימים ואגמים. רצועת החול החופי מוגבלת ביותר אם בכלל קיימת. שרידי קיר-ים נמוך המתמשך לאורך קו החוף מצפון לדרום, אשר נבנה ע"י שלטונות המנדט במטרה להגן על סוללת פסי הרכבת המצויה כמה עשרות מטרים ממזרח לקו החוף (וניזוקה כפי הנראה ע"י סערות החורף).

2 חוף הכרמל - שובר-גלים מנותן חירובן מדרום לו, חוקמו בסוף שנות הששים במטרה להגן על המתרחצים בפני תקיפת הגלים מחד, וכן כדי להגדיל את שטח חוף הרחצה. עקב קיום מעגנה קטנה בצפון החוף, נוצר כאן טומבולו (שרטון) רחב מימדים המכסה עד כ-70% מהשטח המוגן ע"י שובר הגלים. "טומבולו" זה הגיע ל"בגרות", כלומר למצב בו לא מצטברים בו יותר חולות משך תקופה של כ-6 שנים (פרט כמובן לשינויי העתות קיץ וחורף), (Nir, 1982; 1976). מדרום לחוף זה נבנה דורבן קטן שמטרתו להגן על החוף שם, חוף שהוצר בכמה עשרות מטרים מאז נבנה שובר הגלים. בחוף דרומי זה מתגלים בתקופת החורף חלוקים גירניים.

3 כפר סמיר - כ-1,500 מ' מהחוף, ו-500 מ' מדרום לכפר סמיר, הוצים שני קניונים תת-ימיים את רכס הכורכר. שיא הרכס הכורכרי מגיע באזור ל-13 מ', וחותרת הקניון בו מגיעה עד עומק 20 מטר, בקירות כמעט זקופים של כ-6 מטר. בחלקו המערבי של רכס הכורכר מתרחבים אפיקי הקניונים, ממשיכים מערבה על גבי משטח סלעי, ושם גם מתלכדים אפיקיהם, (גלילי וענבר, 1986, 1987). נראה כי אפיקו של הקניון העיקרי זורם לאורכו של העתק שכונו הכללי מזרח-מערב (גלילי ועיטם, 1988).

4 נחל גלים - חלוקים ובלוקים גדולים של גיר וזולומיט על החוף ובים הרדוד. בחוף שפך נחל גלים, כ-200 מטר צפונה, ו-200 מטר דרומה לשפך, ועד למרחק של כ-150 מטר מערקה לתוך הים, מצויים חלוקים גדולים של גיר. באזור הסמוך לשפך הנחל מצויים בלוקים גדולים המגיעים עד כדי 100 ס"מ ויותר. קיימת הקטנה בגודל הבלוקים והחלוקים עם המרחק מן החוף, ואלה חולכים וקטנים ככול שמעריבים. חלוקים אלה מצויים באזור החוף, וכן בעורפו של החוף. "מטפסיים" על גבי רכסון הכורכר החופי עד לגובה של כ-2-3 מטר מעל לים.

5. נחל גלים - סלע חוף בגובה של 2-4 מטר מעל לים. מספר מחשופים של סלע חוף המכיל כמות די גדולה של צדפים הרבודים בחול קרבונטי גס גרגר נמצא ע"י המתבר השני באפיק נחל גלים, באזור בו כביש החוף ומסילת הברזל חוצים אותו. גילו של סלע חוף זה אינו ידוע - (חלק צור משובר אשר נמצא בו אינו בר תארוך. יתכן כי נוצר בתקופת טרום - ווירם? Slatkine and Rohrlich, 1964, 1966 וכן מיכלסון (1970) דווחו הם על מציאות טרסון וסלעי החוף בשפלת הכרמל ובגבהים זהים.

6. חוף עתלית - מפרץ עתלית הצפוני. כאן הובחנה נסיגה גדולה ביותר של החוף. הרכב החול בחוף זה קרבונטי בעיקרו וצבעו חום צהבהב. ממערב לחוף, בעומקי מים בין 8 ל-12 מטר, מצוי היישוב הניאוליטי הקדם קירמי אשר בו נתגלתה ונחפרה הבאר.

7. נוה יפ, סכום הסיור, דיון והקרנת סרט וידאו המראה ומתאר את הממצא התת-ימי.

ספרות

- אדלר א., 1985. רכסי הכורכר התת ימיים בחוף הכרמל הצפוני. עבודת מ.א., אוניברסיטת חיפה; 106 עמ'
- אדלר, א., גוליק, א., ענבר מ., ורבן א., 1986. רכסי הכורכר התת-ימיים: עדות לשקיעה הוולקנית במישור החוף הצפוני של הכרמל. החבי הגיאולוגית, הכנס השנתי עמ' 5-1 בנימיני, רות, וענבר, מ., 1982. החוף הסלעי - גורמים ביולוגיים המשפיעים עליו. אופקים בגיאוגרפיה, מסי 6; עמ' 18-25.
- גבירצמן, ג., קלנג, א., אדלר, א., מיכלסון, ח., וקשאי, א.א., 1986. מערכת שברי עתלית שבירה לטרלית שמאלית תוך רוטציה של דרום הכרמל. החבי הגיאולוגית, הכנס השנתי עמ' 24-23.
- גור, בן ציון, 1986. סימנטים על שפת הים בחוף הכרמל הצפוני. אופקים בגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה; עמ' 47-69.
- גלילי, א., 1985. מחשופי חרסית ושרידים ארכיאולוגיים על קרקע הים בין חיפה לעתלית. עבודת מ.א., אוניברסיטת חיפה; 150 עמ'.
- גלילי, א., ועיטס י., 1988. שבירה צעירה במדף היבשת הרדוד: הוכחות מצפון ישראל. הכנס החמישי לחקר חופי ישראל, חיפה; עמ' 39-48.
- מיכלסון, ח., 1970. הגיאולוגיה של חוף הכרמל. עבודת מסטר, האוניי העברית, ירושלים; 61 עמ'; תה"ל, תל-אביב, HG/70/025
- ניב, ד., ניר, יי., ופומרנצבלום, מלכה, 1963. הבעיות הכרוכות בכרית זיפזיף בחופי הים התיכון של ישראל; המכון הגיאולוגי, דו"ח ח.ג.ר. 63/1; 19 עמ'
- ניר, י., 1976. שוברי-גלים מנותקים דרבנות, וגופים מלאכותיים אחרים בחוף הים התיכון, והשפעתם על מבנה החוף של ישראל. המכון הגיאולוגי, דו"ח מסי ג"י/76/2; 34 עמ'
- ניר, י., 1988. חופי הים התיכון של ישראל וצפון סיני - היבטים סדימנטולוגיים. דו"ח המכון הגיאולוגי, GSI/39/88; 130 עמ'
- רונו, א., ועולמי, י., 1978. מפת עתלית, סקר ארכיאולוגי של ישראל, הוצי האגודה לסקר ארכיאולוגי של ישראל. ירושלים; 84 עמ'
- שדטרים, ה. ל., 1964. קביעת שינויים בקו החוף לפי תצלומי אויר. נספח מסי 4, דו"ח ועדת הזיפזיף, משרד התוח, ירושלים; 7 עמ'
- שילוני, י., ושחר י., 1964. חולות למטרות בניה. דו"ח מ.ב. 139/63, המכון הגיאולוגי; 19 עמ'. נספח מסי 7 לדו"ח ועדת הזיפזיף, משרד הפתוח, ירושלים.

Emery, K. O and Neev, D., 1960. Mediterranean beaches of Israel. Israel Geological survey, Bull. 26: 1-24.

Eytam, E., 1988. The shallow structure and the geological processes of the inner shelf off northern Israel in the Late Pleistocene. PhD. thesis, Tel Aviv University; 100p.

- Galili, E., 1987. A late Pre-pottery Neolithic B site on the sea floor at Atlit. *Mitkufat Ha'even*, 20: 30-36; 50-71; (English and Hebrew).
- Galili, E., Kaufman, A., and Weinstein-Evron, M., 1988. Atlit submerged village the earliest underwater prehistoric site in the Near East. *Archaeology* 41: 66-67.
- Galili, E. and Schick, T. (in press). Ceramic Neolithic Coiled Basketry specimen and wooden bowl, finds from the underwater site of Kfar Samir. *Mitkufat Ha'even*, 23.
- Galili, E. and Weinstein-Evron, M., 1985. Prehistory and Palaeoenvironments of submerged sites along the Carmel Coast of Israel. *Paleorient*. 11: 37-52.
- Galili, E. and Weinstein-Evron, M., and Ronen, A., 1988. Holocene sea level changes based on submerged archaeological sites off the northern Carmel coast Israel. *Quaternary Res.*, 29: 36-42.
- Galili, E. and Weinstein-Evron, M., and Zohary, D., 1989. Appearance of olives in the submerged Neolithic sites along the Carmel Coast, *Mitkufat Ha'even* 22: 95-97.
- Hershkovitz, I. and Galili, E., 1990. 8,000 years old Human Remains on the sea floor near Atlit, Israel. *J. of Human Evolution*.
- Nir, Y., 1982a. Israel and Sinai, Coastal Morphology. *Encyclopaedia of Beaches and Coastal Environment*. Hutchinson Ross Publications co., M.L. Schwartz Editor, pp. 86-98.
- Nir, Y., 1982b. Offshore artificial structures and their influence on the Israeli and Sinai Mediterranean beaches. *Geol. Survey of Israel*. Report MGG/4/82: 24pp.
- Nir, Y., 1985. Israel; chap. 70 in: *The World's Coastline*; E.C.F. Bird and M.L. Schwartz editors, Van Nostrand Reinhold co., pp.505-511.
- Raban, A. and Galili, E., 1985. Recent Nautical maritime research in Israel. *Int. J. Nautical Archaeol, and Underwater Explor.*, 14: 321-356.
- Slatkine, A. and Rohrlich, Vera, 1964. Sur Quelques Niveaux Marins Quaternaires du Mont Carmel. *Israel J. Earth Sci.*, Vol. 13: 125-132.
- Slatkine, A. and Rohrlich, Vera, 1966. Donnees Nouvelles sur les Niveaux Marins Quaternaires du Mont Carmel. *Israel J. Earth Sci.*, 15:57-63.
- Weinstein-Evron, M. and Galili, E., 1987. On the age, nature and origin of submerged clays along the Northern Carmel of Israel. *Proc. 10th Palynologic Symp., Univ. of Bordeaux*, p. 120

תחנה מס' 1: נחל אורן (כחצי שעה).

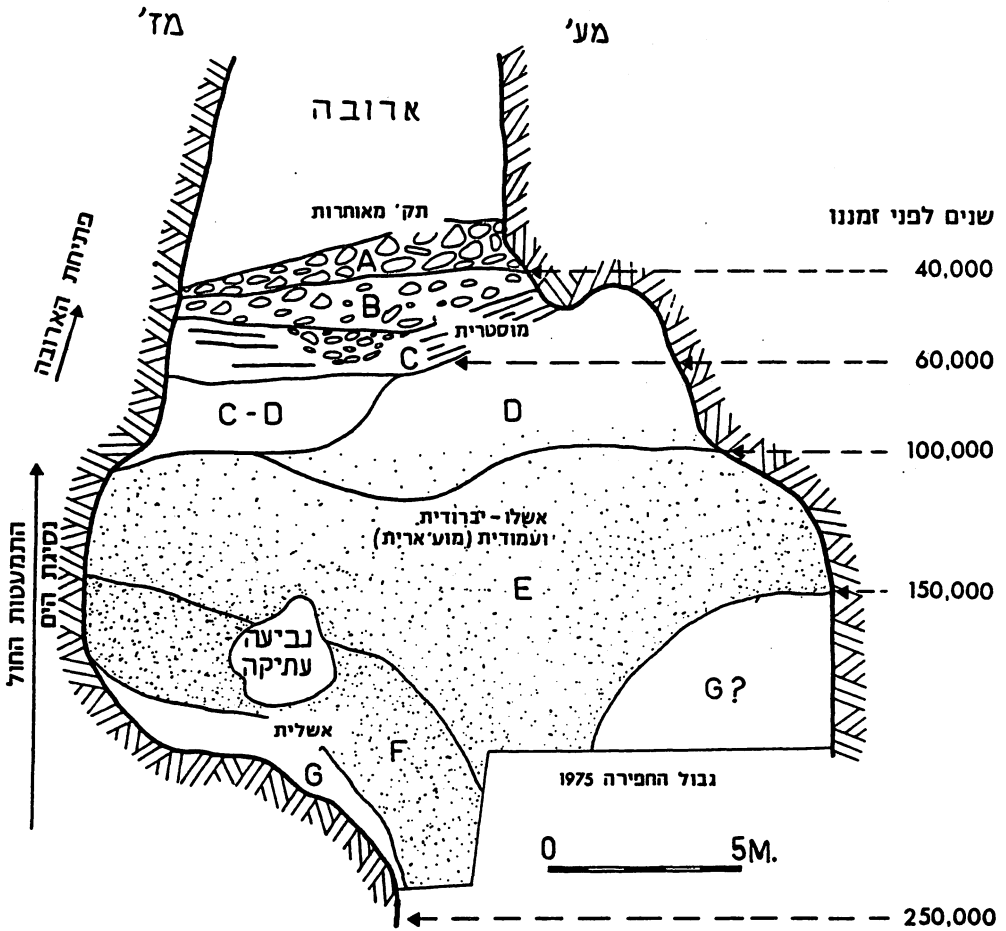
בנחל אורן, סמוך למקום יציאתו אל מישור החוף, ניתן ללמוד על שינויים מיקרו-אקולוגיים שמקורם במפנים השונים של גדות הנחל. הגדה הצפונית, הפונה לדרום מושפעת מקרינת שמש חזקה וממושכת יותר מאשר זו הפונה לצפון. כתוצאה מכך שוררים במדרון הפונה לדרום תנאים יבשים וחמים יותר מאשר במדרון שממול.

הבדלים אלה בלחות ובטמפרטורה מתבטאים בהתפתחות חורש ים-תיכוני צפוף של אלון מצוי ואלה א"י במדרון הפונה צפונה, ואילו ע"פ המדרון הפונה לדרום התפתחה תצורת צומח תרמופילית בעיקרה, עם חרוב, אלת המסטיק, זקנן שעיר ועשבים רבים אחרים. הבדלים דומים ניצפו באוכלוסיות בע"ח שבמקום.

על הגדה הדרומית של הנחל נמצאת מערת אצבע שנבדקה ע"י מ. שטקליס בשנת 1941. במערה נמצאה שכבה מוסטרית ומעליה שכבה מעורבת שהכילה כלי חרס וכלי אבן ניאוליתיים וכן שרידים נטופיים.

בגדה הצפונית של נחל אורן נמצאות מערת אורן והטרסה שלה. האתר נחפר ע"י מ. שטקליס בשנת 1941 ובשנות החמישים, וע"י א. היגס ותמר נוי בשנים 1972-1973. באתר נמצאו שרידים משלהי הפליאולית העליון, מן הכבארית (מכלול עשיר במיקרוליטיים), מן הנטופית (מבני מגורים עגולים, מוקדים, חפצי אמנות ובית קברות וכו' כ 60 שלדים), ומן הניאולית (מבני מגורים מלבניים או סגלגלים עם רצפות מטויחות, כלי צור רבים, כלי שחיקה וכתשישה מאבן גיר ובזלת, ושלדי אדם-חלקם נקבר ללא גולגולת).

תחנה מס' 2: מערות הכרמל - נחל מערות (זמן נסיעה כ 10 דקות; משך הסיור כשעתיים).



איור 1: חתך בשכבות מערת טבון

מערות הכרמל, טבון, גמל, אל-ואד וסחל (או בשמותיהן העבריים תנור, גמל, הצל והגדי) הן מאתרי-המפתח של הפרהסטוריה בארץ ובעולם. המערות נמצאות במצוק שנית חוף מאובנת מגיל קנומן, בדתו הדרומית של נחל מערות, סמוך למוצאו אל מישור החוף, כ-20 ק"מ מדרום לחיפה.

הפירות שיטתיות באתר נערכו ע"י החוקרת הבריטית ד. גרוד בראשית שנות השלושים וע"י האמריקאי א. גלינק בראשית שנות השבעים. כיום נחקר האתר ע"י א. רונן ומ. וינשטיין-עברון, מן המכון לארכאולוגיה של אוניברסיטת חיפה.

חשיבותו וייחודו של האתר הינם ברצף השכבות המייצג כ-250,000 שנות התפתחות אנושית. בפרק זמן ארוך זה חלו שינויים רבים בתרבות האדם, באנטומיה שלו, באורחות חייו ובתנאי הסביבה. על אלה ניתן ללמוד בפרוטרוט מן הממצא העשיר הכולל שלדי אדם, כלי אבן, חפצי אמנות, עצמות בע"ח ושרידי צמחים יחד עם שינויים סדימנטולוגיים בשכבות. המחקר האינטרדיסציפלינרי באתר מתמקד בשאלות מרכזיות בפרהסטוריה העכשווית כגון: מוצא האדם המודרני, המעבר מאורח חיים של ציידים ולקטים לישובי קבע ולראשית החקלאות והרקע הפליאואקולוגי של התהליכים האלה.

ראשית הישוב באתר היה במערת טבון (איור 1) בשכבות G-F, לפני כרבע מיליון שנים. השרידים מתקופה זו מיוחסים לתרבות האשלית, השייכת לתקופה הפליאוליתית הקדומה. הכלי האופייני לתרבות האשלית הינו אבן חיד, כלי שסותת ועובד על שתי פניו. יוצר הכלים היה, ככל הנראה, החומר ארקטוס.

בשכבה E שרידים מן התרבות האשלו-יברודית והעמודית (או המסורת המויעארית). השכבה מאופינת ע"י חילופי שכבות המכילות כמויות משתנות של אבני-יד, מקרצפים עבים וכלי להבים. יש הקושרים חילופים אלה בשינויים בתיפקוד האתר ובכלי האדם בעקבות תנודות באקלים. גם האשלו-יברודית וגם העמודית נתגלו עד עתה רק בלבאנט. בסופן מתחילה במערות הכרמל התקופה הפליאוליתית התיכונה.

בשכבות D,C,B שבמערת טבון, נמצאו שרידי התרבות המוסטרית, התרבות השלטת בתקופה הפליאוליתית התיכונה. את המוסטרית מאפיינים בעיקר מקרצפים על נתזים דקים והשימוש הנרחב בטכניקת לבלואה, שהיא שיטה מתוחכמת להפקת נתזים, להבים וחודים אשר צורתם תוכננה מראש. ההבדלים בין השכבות ניכרים בהרכבי המכלולים ובהתדקקות הנתזים עם הזמן, תופעה המבטאת שיפור היכולת הטכנית וכושר הדיוק של האדם הקדמון. בשכבה C נמצא שלד של אשה מטיפוס האדם הניאנדרטלי.

ברצף השכבות של מערת טבון ניתן לזהות התמוטטויות ושקיעות רבות, תוצאת אופיה הקארסטי של המערה. בנייהן שקיעת רצפת המערה לאתר הרבדת שכבות G ו F ובין השכבות C ו D, והתמוטטות תקרת המערה, תוך פתיחת הארובה, בשכבות C ו B.

את השינויים הסדימנטולוגיים במערה ניתן לקשור לשינויים גלובליים באקלים ובעיקר לתקופות קרחוניות ובין קרחוניות. בולטת במיוחד התמעטות החול במעבר משכבה F לשכבות E ו D. תופעה זו מקורה, ככל הנראה, בנסיגת הים כתוצאה מהמעבר מתקופה בין-קרחונית חמה לתקופת קרח.

המגורים במערת טבון הסתיימו סמוך לסוף תקופת הפליאולית התיכון, לפני כ-50,000-45,000 שנה. בתקופת הפליאולית התיכון היה גם יישוב במערות הסמוכות. במערת גמל נמצאו שרידים מועטים של ברקציה, המכילה ממצאים מוסטריים ובמערת אל-ואד התערבבו השרידים המוסטריים עם שרידים מראשית הפליאולית העליון, בגלל זרימת מים במערה.

במערת סח'יל נחשף בית קברות מן התרבות המוסטרית ובו שלדים של כ-10 גברים, נשים וילדים. השלדים מטיפוס האדם הנבון (הומו ספיאנס ספיאנס) מייצגים אוכלוסיה שחיה באזור כבר לפני כ-90,000 שנה. עם שרידים מוסטריים נמצאו, לפיכך, שני טיפוסים אדם: ניאנדרטל (האשה מטבון) והומו ספיאנס (סח'יל).

ניאנדרטלים נוספים נמצאו עד כה במערת כבארה שבכרמל ובמערת עמוד שבנחל עמוד. שרידי הומו ספיאנס נמצאו עוד במערת קפזה, שבהר הקפיצה ע"י נצרת.

מחקרים ארכאולוגיים, אנתרופולוגיים, גנטיים, גיאולוגיים וביוסטרטיגרפיים, יחד עם תיארוכים בשיטות מגוונות, מרוכזים היום בשאלת קביעת היחסים בין שני טיפוסים אדם אלה. מקובל היום על מרבית החוקרים, שההומו ספיאנס, שמקורו כנראה באפריקה, הופיע באזורנו לפני כ-100,000 - 90,000 שנה. רק לפני כ-60,000 - 50,000 שנים הגיע מאירופה הקרה הניאנדרטל.

המשך הרצף התרבותי באתר נחשף במערת אל-ואד. ראשית ישוב במערה בפליאולית התיכון אך עיקרו בפליאולית העליון, 40,000 - 20,000 שנים לפני זמננו.

בתקופה זו מערת הנחל היא היחידה המיושבת בנחל המערות. בצפון ארץ ישראל שולטת או התרבות האורניאקית. הכלים המאפיינים אותה הם מגרדים ומגרדים מזויים, נקרים ולחבים משובררים. לראשונה מופיעים עתה כלים עשויים מעצם, ביחד חודים ומרצעים. עם סוף הפליאולית העליון קיים פער של כ 8,000 שנה ביישוב מערות הכרמל. במשך זמן זה התפתחה התרבות הכבארית, ששרידיה מוכרים ממערות אחרות בכרמל (כבארה, נחל אורן, ספונים). מאפייניה כמויות גדולות של מיקרוליתים והופעת ראשוני הכלים החקלאיים: כלי כתישה מאבן. בתרבות הכבארית החל המעבר מחיי ציד ולקט לחקלאות ולביות בעייה וצמחים, תהליך שנמשך כ 10,000 שנה.

הישוב במערה התחדש לפני כ 12,000 שנה, בתרבות הנטופית. שרידיה נחשפו הן במערה והן על הטרכסה שלפניה, שם נתגלה בית קברות נטופי גדול. באתרים מתקופה זו מרובים שרידי מבנים, מתקני אגירה, להבי מגל, כלי כתישה מאבן, כלי עצם מגוונים ואף חפצי אמנות. אלה, יחד עם בתי הקברות הגדולים, מעידים על מעבר ליישובי קבע של ראשוני החקלאים, עם אוכלוסיה גדולה יותר מאשר בתקופות הקודמות.

שרידיה של התרבות הניאוליתית באתר מועטים ונמצאו מעורבים בשרידים מאוחרים יותר בשכבות העליונות של המערות. באתרים אחרים מתקופה זו חל המעבר לחקלאות של ממש, עם ביות צמחים (חיטה, שעורה וקטניות) ובעייה (עז, כבש, בקר וחזיר).

תחנה מס' 3: מערת כבארה (נסיעה כ 20 דקות, משך הסיור כשעה).

מאז גילויה בשנת 1927 עיי מ. שטקליס (אגב יבוש ביצות כבארה) נערכו מספר מבצעי חפירה באתר. ראשון חפר במערה החוקר האנגלי טרויל פיטר מטעם אגף העתיקות המנדטורי. במהלך שתי עונות חפירה נחשפו והוסרו שכבות השייכות לתרבויות הפרהסטוריות הבאות: הנטופית (כולל בית קברות וממצא ייחודי של כלי עצם, כלי עצם וחפצי אמנות למיניהם); הכבארית - תרבות של ציידים לקטים שהוגדרה לראשונה באתר זה (20000 - 14000שנים לפני זמננו) וכן חלק מהשכבות של תרבויות הפליאולית העליון.

מאוחר יותר, בשנות ה 50, חפר באתר מ. שטקליס, מטעם האוניברסיטה העברית. שטקליס המשיך בחשיפת השכבות של הפליאולית העליון, וכן חשף שכבות של התרבות המוסטרית. רוב הממצא היה עצמות בעייה שהובאו עיי האדם למערה, כמו גם עצמות חיות שחיו בשכנות איתו; שפע כלי צור ששימשו את האדם לצרכיו; שרידי מדורות וכן שלד של ילד מוסטרי שנקבר בקבורה מכוונת עם מנחת קבורה של שן קרנף.

החפירות במערת כבארה התחדשו ב 1982 ונמשכו שמונה עונות, בניהולו של צוות בינלאומי (חוקרים ישראלים, צרפתים ואמריקאים). בראש הפרויקט עמדו ע. בר יוסף וב. ונדרמרש. החפירות כללו את שכבות הפליאולית העליון שנתרו עדיין במערה (יחידות IV-I), שכבות המעבר מהתרבות המוסטרית לתרבויות הפליאולית העליון (יחידות VI-V), והתמקדו בעיקר בחשיפת המפלסים המוסטריים (יחידות VII-XIII). בשכבה X התגלה שלד של זכר בוגר בקבורה מכוונת. קיים עדיין ויכוח בין החוקרים האם הוא מייצג פרוטופי של האדם המודרני או גרסה מקומית של הציאנדרטלים האירופאיים. אחד הפרטים המעניינים בתגלית זו הינו שימורה של עצם הלשון. מיקומה האנטומי של העצם וצורתה מעידים, שלפחות מבחינת הכישורים האנטומיים, היתה לאדם מוסטרי זה יכולת דיבור בדיוק כמו לנו.

תיארוכה של שכבה זו לכ-50000 שנים לפני זמננו (ע"י טכניקות תיארוך שונות כמו ESR ו (TL), איפשר קורלציה עדכנית עם הרצף המוסטרי במערות אחרות בכרמל, ובראש ובראשונה עם מערת טבון.

תחנה מס' 4: נחל ספונים (אופציה; נסיעה כ 30 דקות; סיור 1.5 שעות).
מערת ספונים נמצאת על גדתו הדרומית של נחל ספונים, כ 1.5 ק"מ ממקום מוצאו אל מישור החוף. המערה נחפרה בשנת 1941 ע"י מ. שטקליס ובשנים 1965-1970 ע"י א. רונן. במערה ובטרסה שלפניה נתגלו שרידי התרבות המוסטרית, האוריינאקית, הכבארית, הנטופית והציאוליתית.
אתר "נחל ספונים" הינו אתר קטור הנמצא על גדתו הדרומית של נחל ספונים, בערך במחצית הדרך בין מערת ספונים למוצא הנחל מן הכרמל אל מישור החוף.

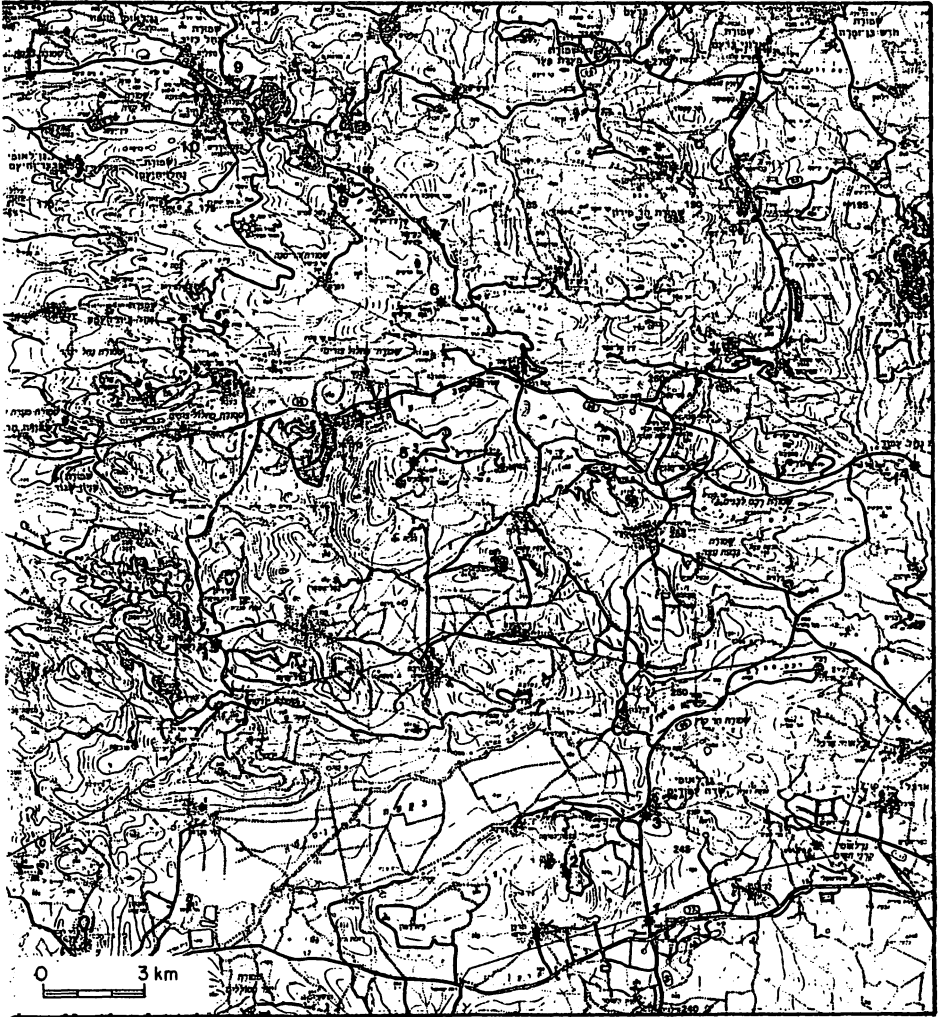
האתר נחפר בשנים 1975-1976 ע"י מ. למדן וד. ציפר. האתר נמצא על מדרגה טבעית בתוך ערוץ הנחל, התחומה מדרום ע"י מצוק בגובה 25 מ' ומצפון ע"י מורד תלול אל תוך הנחל. באתר נתגלו שתי שכבות: שכבה מוסטרית ובה שרידי ריצוף, היחיד מסוגו בארץ מתקופה זו ושכבה ניאוליתית - עם שרידי קירות, כלי אבן רבים, צדפים, קוצים של קיפודי ים, ושברים של קליפות ביצי יען. קרוב לודאי שהאתר היה מיושב במקביל ליישוב (העיקרי?) במערה בתקופות אלה.

סיור גי

שלבים בהתפתחות הטקטונית של הגליל

ת. רוך (1) , א. איל (2)

- (1) מחקרי נפט וגיאומפיסיקה, חברת התשתית לנפט בע"מ, חולון.
(2) המחלקה לגיאולוגיה ומינרלוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון באר-שבע



איור 1: מפת מיקום של תחנות הסיור

טקטוניקה של הגליל:

בדומה לאזורים אחרים בארץ, גם בגליל מופיעים קמטי הקשת הסורית שכיונם הכללי צפון-דרום. מבנים אלה ממוסכים על ידי שבירה אינטנסיבית יותר וצעירה. מבנה הגליל ודרום הלבנון מאופיין על ידי מעט קמטים גדולים ובעיקר על ידי שבירה המפותחת בגליל ביתר אינטנסיביות ובכל סדרי הגודל מאשר בשאר חלקי הארץ (Picard, 1943). Bentor and Vroman (1954) יחסו את אינטנסיביות השבירה לרוחבו הצר, כ-40 ק"מ, של הגליל ואילו Ron and Eyal (1985) טוענים כי היא קשורה לסמיכות הגליל לגבול לוחות, טרנספורם ים המלח, בעל גיאומטריה מורכבת בצפון ישראל ובלבנון.

1. **הקמטים כוללים את אנטיקלינוריום הגליל שכיוון צירו, העובר לאורך מרכז הגליל, הוא N-S; בגליל העליון ודרום הלבנון נמצאות, מצפון-מזרח לאנטיקלינוריום, אנטיקלינת הרי נפתלי, שחציה המזרחי קבור בעמק החולה, וממערב לה סינקלינת יראון שכיוון צירן אף הוא N-S; בחלק הדרומי של הגליל התחתון נמצאת אנטיקלינת דבורה-נצרת שכיוון צירה, NE, דומה לזה של אנטיקלינות אום-אל-פחם והכרמל וסינקלינת מנשה.**

2. **השברים בגליל כוללים שברים נורמליים ושבירי הסטה אופקית. הראשונים יוצרים מבני בלוקים נטויים בגליל התחתון המזרחי ומבני הורסט-גרבן ובלוקים נטויים בחלק המערבי של הגליל. לחלק ניכר משברי ההסטה האופקית אין ביטוי מורפולוגי.**

בגליל מביחנים בארבעה כיוונים עיקריים של שברים: (איורים 2, ו-3).

1. **לצפון-מזרח: בעיקר שברים ימניים (למשל, Renouard, 1965, ו-Freund, 1970) כגון שברי אלקוש ו- זרעית;**

2. **לצפון-צפון-מערב: בעיקר שברים שמאליים (למשל Eliezri, 1965, De Sitter, 1962, ו- רון, 1978) כגון שברי פקיעין ומירון;**

3. **מזרח-מערב: שברים נורמליים שנטייתם הנפוצה כ-600 (למשל Freund, 1959); זלצמן, 1964 ו-Weiler, 1968 (לאורכם שברים אלו התפתחו, במרכז הגליל ובמערבו, מבני הורסט-גרבן ובלוקים נטויים המעידים על מתיחה בכיוון (N-S) Freund, 1970), למשל שברי ראש הניקרה ונטופה;**

4. **למערב-צפון-מערב: שברים האחראיים, בגליל התחתון המזרחי, להתפתחות הבלוקים הנטויים לדרום-דרום-מזרח (Schulman, 1959; Picard, 1954) למשל שברי הארבל, חיטים וכוכב הירדן.**

גיל השבירה והקימוט בגליל

הקימוט בגליל, החל בסוף קרתיקון עד תחילת טרציאר (למשל Vroman and Bentor, 1954; De Sitter, 1966). אי התאמה, למשל בין סלעי הטורון והסנון ליד מושב דישון, תומכת בדיעה זו. המעוות הגיאוגפי בגליל מאופיין על ידי שני ארועי שבירה עיקריים.

1. עדויות לשבירה הראשונה ניתן למצוא בשני מחוזות ובהם שברי תזוזה אופקית. האחד בצפון הגליל הדרום הלבנון כולל שברים בכיוון NE בעלי העתקה ימנית כגון שבר אלקוש; והשני במרכז ומזרח הגליל כולל שברים שמאליים שמגמתם NNE כגון שברי פקיעין והר מירון.

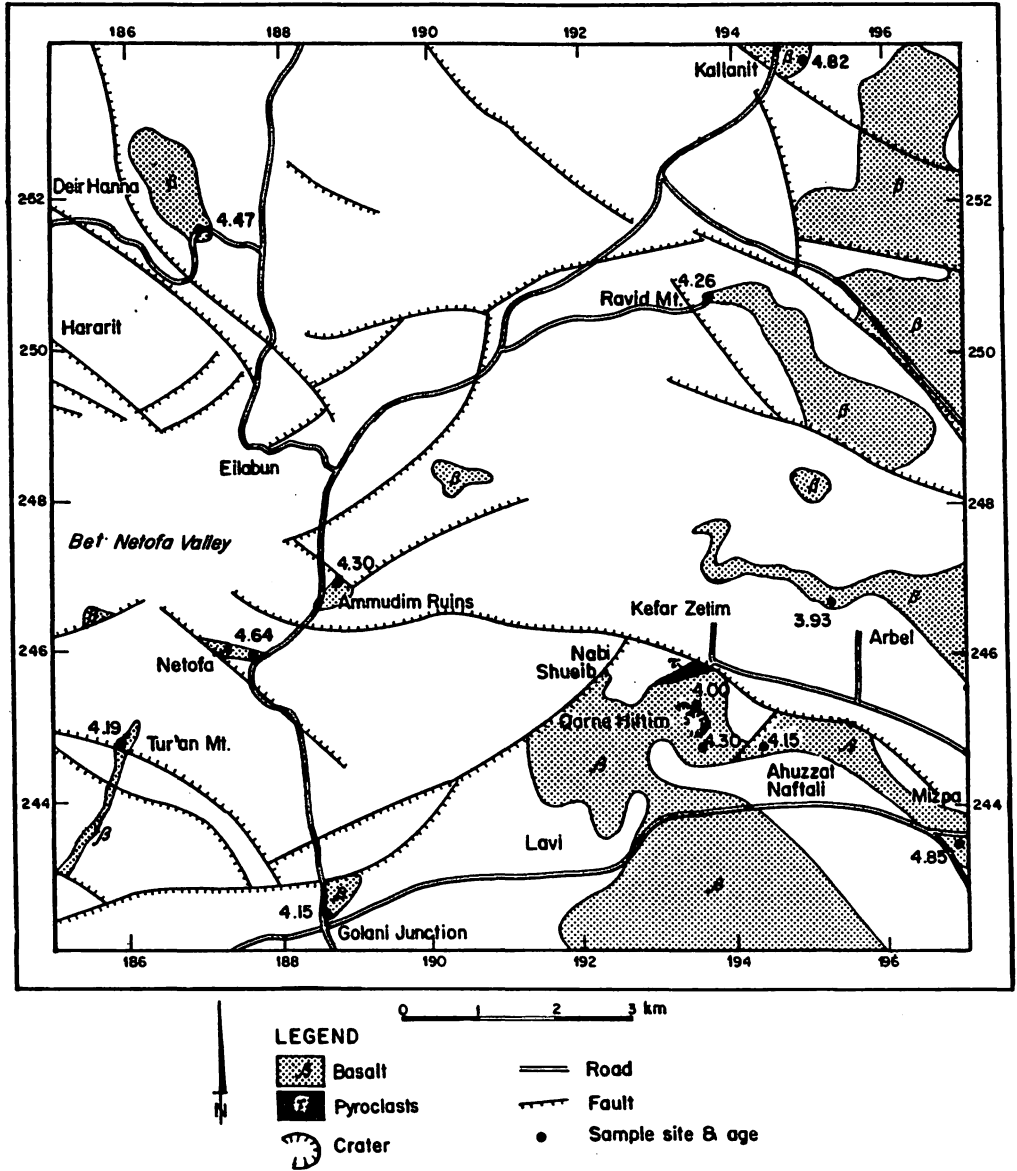
גיל ארוע שבירה זה מוגדר על ידי סדימנטים מריניים ששקעו בסוף מיוקן תחילת פליוקן וסדימנטים אגמיים (הורדוסו) המשתתפים בשבירה מחד ועל ידי בזלת הכיסוי, שגילה כ- 4.0 מ.ש., שאינה משתתפת בארוע זה מאידך. כיוון המעוות באזור זה, לחיצה בכיוון מזרח-מערב, כפי שהוא מבוטא על ידי מוזסטרוקטורות מתאים לזה של הקשת הסורית בה מגמת צירי קמטים היא צפון-דרום. לכן הפרדה, מבחינת גיל ההווצרות, בין מוזסטרוקטורות שנוצרו בזמן פעילות הקשת הסורית לאלו היותר צעירות, קשה. התפתחות מערכות שברי התזוזה האופקית בגליל מלווה ברוטציה של בלוקים בשיעור של כ- 250 נגד כיוון השעון במערכות הימניות (NE) ועם כיוון השעון במערכות השמאליות (NNW) כמוכח ממדידות פליאומגנטיות. רוטציה זו מסבירה את הזווית של 1000 (איור 8, ג) במקום זווית צפויה של 600 (איור 8, ב) בין שתי המערכות בכיוון הלחיצה. מערבה מערכות אלו משנות את מגמתן ל- E-W ואופי השבירה משתנה מאופקי לנורמלי. קרוב לדאי כי הגורם להחלשות בעוצמת מעוות הלחיצה היחסי בכיוון E-W קשור בריחוק מגבול הלוחות. קרוב לבקע 1 אופקי, ואילו למערב 1 הופך להיות אנכי.

2. ארוע השבירה השני מאופיין על ידי מערכת שבירה נורמלית בכיוון מזרח-מערב לה ביטוי מורפולוגי ברור. שברים אלו מעתיקים את משטחי הגידוע שנוצרו בסוף הארוע הקודם וכן את בזלת הכיסוי שגילה כ- 4.0 מ.ש. ועל כן צעירה ומאוחרת לה. חלק מההעתיקים הקודמים הופעלו מחדש במשך ארוע זה. למשל, במחצבה של כפר שמאי, לאורך חלק מההעתיקים בהר מירון סימני החלקה בכיוון הדיפ מוחקים חלקית או כמעט לחלוטין את סימני ההחלקה האופקיים שקדמו להם.

מסלול הסיוור

נסיעה מעכו לצומת גולני. בדרך, בבקעת תורען ליד נ.צ. 1842/2407, מבט על צורות הבליה ה"בצליות" בהר תורען. צורת הבליה ה"בצלית" היא תוצאה של ארוזיה באתר בו נטיית השכבות דרומה נעשית תלולה יותר.

תחנה 1: צומת גולני - הבחנה בין שני ארועי שבירה, מגיל שונה, על פי קריטריונים מורפולוגיים (איור 4).



איור 4: מפת גילי הבזלות בגליל התחתון (לפי מור וחבריו, 1988).

התחנה כ- 1.0 ק"מ מצפון לצומת גולני בכביש לעמיד, נ.צ. 1885/2428

א. בכיוון צפון-מערב ניתן לראות קו שבר שמגמתו NW תוצה באלכסון את רכס הר תורען לכיוון המצפה. לשבר זה אין כל ביטוי בנוף, למרות שקיימת לאורכו הסטה ורטיקלית, ומכאן שהוא עתיק מהנוף הנוכחי.

ב. מצפון לבקעת תורען בונה דולומיט דיר חנא את חלקו הדרומי התחתון של הר תורען. מדרום לבקעה זו בונה דולומיט סכנין את החלק הצפוני של הגוש הצפוני צפונה, אל הבקעה, של הרי נצרת. לכן המגע בין רכס הר תורען לגוש הרי נצרת הוא שבר נורמלי שכיוונו E-W, בדומה לבקעות אחרות בגליל התחתון, ולאורכו תבלוק הדרומי ירד. נטיות השכבות ברכס התורען נעשית תלולה לדרום, כנראה בגלל גרירה אל השבר של תורען. בקעת תורען התפתחה בקצה הצפוני של תבלוק הצפוני של הרי נצרת ולא כמילוי של גרבן.

ג. מצפון-מזרח לצומת גולני ועד לתחנה ישנם מחשופים טריים של בזלת הכיסוי, 4.15 מ.ש. (מור וחבריו, 1988), ובה מאגנטיות הפוכה - REV. בזלת זו מכסה קונגלומרט נאוגני המלוכד על ידי חוואר ואדמה ונחשף ליד הצומת. קונגלומרט זה מעיד על התרוממות וארוזיה הקדומים לבזלת הכיסוי.

תחנה 2: מצפה תורען - השבר האלכסוני וגילו (איור 4).

עליה למצפה בדרך קרן קיימת עד נ.צ. 1860/2441

א. במבט מערבה נראה המשכו של השבר הצפון-מערבי וכפיפות של סלעי תצורת סכנין אל השבר. גם במחשוף זה חוסר השפעת השבר על הנוף מעידה על גילו הקדום של השבר.

ב. לאורך הואדי היורד אל הכפר תורען נחשפת בזלת, שמקורה המשוער כ- 200 מ' מצפון לתחנה, ומגיעה עד לבתים הקיצוניים של הכפר. בזלת זו מכסה את השבר ואינה שבורה על דיו ועל כן זמן השבירה קדום לבזלת שגילה כ- 4.14 מ.ש. בשלב זה לא ברור האם זרימת הבזלת היתה מוגבלת לאפיק הואדי או רק נשמרה בו. לכותבי סיור זה נראה כי הבזלת זרמה בואדי.

ג. במבט דרומה, מרבית הסלעים הנחשפים בהר תורען שייכים לתצורת סכנין מגיל קנומן. מעל לבתי הכפר נראה מגע סטרטיגרפי בין השכבות הרכות של דולומיט דיר חנא למצוק הקשה של דולומיט סכנין שמעליו. מחשופי דולומיט דיר חנא בדרום רכס הר תורען ומחשופי דולומיט סכנין מדרום לבקעת תורען מעידים על קיומו של שבר מדרום לרכס הר תורען (ראה תחנה 1, ב').

בראות טובה מומלץ לעלות למצפה תורען נ.צ. 548. מכאן ניתן לראות כי:

א. פני השטח של הגליל העליון מהווים משטח שצורתו קשת מתונה ורחבה ששיאה בהר מירון. משטח זה, המעיד על גדוע ויצירת פנהפליין, התפתח, כנראה, בסוף המיוקן (Ron and Eyal, 1985). הגובה והצורה הקשתית מעידים על התרוממות רגיונלית וקימוט קל לאחר המיוקן.

ב. המשטח הקשתי המאפיין את הגליל העליון, מצפון לבקעת בית הכרם, מאפיין גם את הגליל התחתון שמדרום על מבנה הבלוקים שבו. וכך ממערב למזרח: גוש כרמיאל-חזון כמון-כדרים הנמצא מדרום לבקעת בית הכרם; וגוש הר נטופה-הר הקוף-הר רביד הנמצא מצפון לבקעת בית נטופה.

ג. גוש הגליל העליון מופרד מהגליל התחתון על ידי מערכת שברי בית הכרם שכיוונה הכללי - E-W.

ד. הגליל התחתון שבור על ידי שברים שכיוונם E-W לאורכם התפתחו, מצפון לדרום, הבקעות: סכנין-צלמון, בית נטופה, תורען ועמק יזרעאל.

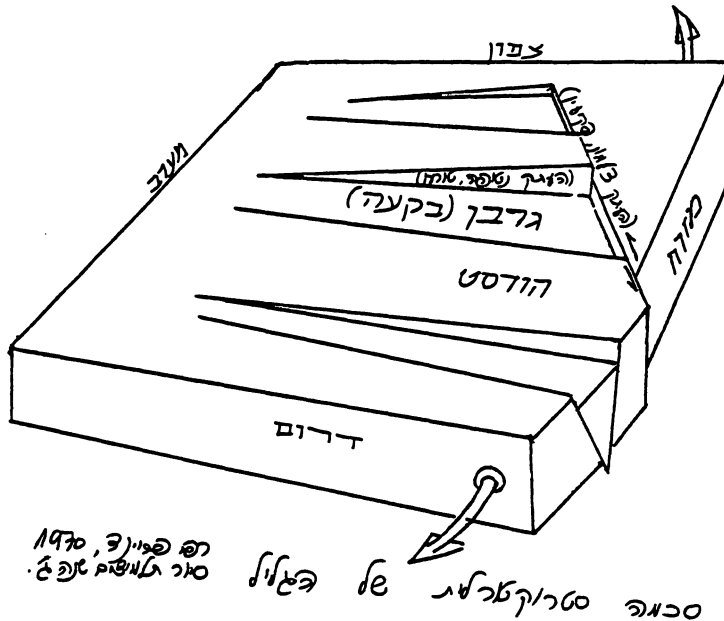
ה. לשבר פקיען העובר בין הר הארי לזר חוד, וכיוונו NW, אין ביטוי מורפולוגי.

ו. לשברים בהר אבטליון, ממערב-צפון-מערב למצפה (צפונית לבקעת בית נטופה), שמגמתם NW אין כל ביטוי בנוף.

ז. במבט לכיוון דרום-מזרח, בגליל התחתון המזרחי, ניתן לראות סדרה של בלוקים נטויים לדרום-דרום-מערב ובנויים מבזלת הכיסוי. גיל השברים שגרמו ליצירת בלוקים נטויים אלו צעיר מזה של בזלת הכיסוי ויש להם ביטוי בנוף.

בירידה חזרה לכביש צומת גולני - עמיעד נעוץ מבט על קרני היטן שהינו שריד של הר געש שגילו 4.3 מ.ש. כגיל בזלת הכיסוי (מור וחבריו, 1988).

תחנה 3: תצפית מעל חירבת עמודים - שבירה נורמלית, צעירה, שיש לה ביטוי מורפולוגי (איורים 2, 4, ו-5).



איור 5: מפת שחזור סכמטית של שברי הגליל (לפי פרוינד, 1970 - סיור תלמידים).

נסיעה בכביש צדדי עד נ.צ. 1881/2459.

מתחנה זו ניתן להבחין בשני מחשופים של בזלת הכיסוי, האחד, נמוך, בחירבת עמדים והשני, גבוה, במיפתח הכביש ליד צומת נטופה. ההבדל בגובה המחשופים נובע משבר נורמלי, שכיוונו E-W, המהווה את הגבול המורפוסטטוני הדרומי של בקעת בית נטופה. מכאן שזמן השבירה הנורמלית בכיוון E-W מאוחר לגיל בזלת הכיסוי.

בשחזור גיאומטרי של המעוות בגליל (Freund, 1970) התברר כי קיימת ההתארכות בכיוון N-S הנובעת מהשבירה הנורמלית שמגמתה E-W והאחראית להתפתחות הבקעות בגליל. התארכות זו ניתן להפריד לשני מחוזות שהגבול ביניהם עובר מהעתק פקיעין דרך העתק צלמון, עילבון לכיוון צומת גולני וכיוונו NNW. שיעור ההתארכות במחוז המערבי גדולה מזו שבמחוז המזרחי. לכן הציע (Freund, 1970) כי גבול זה מהווה שבר הסטה אופקית שמאלי המפצה על ההתארכות השונה, בכיוון צפון - דרום, של שני המחוזות (איור 5).

גודל ההעתקה לאורך שבר פקיעין, כ- 2.5 ק"מ (ראה תחנה 6), עולה על ההבדל בכמות ההתארכות שבין שני המחוזות. מכאן שעיקר ההעתקה לאורך שבר פקיעין התרחשה לפני השבירה הנורמלית שהביאה להתפתחות הבקעות שכיוונו E-W. מסקנה זו נמצאת בהתאמה לגילי השבירה השונים שנמצאו לאורך שברים בכיוון NW ובכיוון E-W בהר תורען.

עדויות לקיומו של הקו הסטרוקטורלי שהציע (Freund, 1970) הן: שבירה שמאלית לאורך קו פקיעין - צלמון, ורסק ובו סימני גרירה אופקיים שמאליים שנמצאו במקומות שונים לאורך קו זה, למשל בנחל צלמון, במנחת עילבון ובמחשוף הכביש שמדרום לצומת נטופה (Ron and Eyal, 1985).

תחנה 4: מזרחית לגשר על נחל עמוד - שבר הסטה אופקית צעיר.
נסיעה לנ.צ. 1967/2570 ממזרח לגשר שמעל נחל עמוד.

בתחנה זו נחשף קירטון אאוקני ומדרומו, במגע של שבר, קונגלומרט הבנוי מחלוקי גיר, קירטון ומעט בזלת. קג"ל זה שוייך לתצורת הורדוס שגילה מיוקן. מגמת השבר ל-NW, מישור השבר גלי ועליו נמצאו סימני החלקה תת אופקיים. לפי כיוון ה-Slickensides והיחסים הסטרטיגרפיים נראה כי זהו שבר הסטה אופקית שמאלי.

במדידות גיל של חלוקי בזלת ממחשוף קונגלומרט הממוקם כ- 500 מ' מערבה נמצא כי גיל חלוקי הבזלת, כ- 2.5 מ.ש. (היימן, דברים בעל פה), צעיר מזה של בזלת הכיסוי. גיל הקג"ל במחשוף המערבי צעיר על כן מגיל תצורת הורדוס. מכאן, באם שני מחשופי הקג"ל שייכים לאותה יחידה אזי גיל השבר צעיר מ- 2.5 מ.ש אך באם המחשוף המזרחי יותר עתיק ומייצג את תצורת הורדוס אזי גיל השבר מאוחר להשקעת תצורת הורדוס.

תחנה 5: תצפית ממצפה מכמנים - שברי בקעת בית הכרם (שרטוט 2).

נסיעה לכביש עכו צפת עד לכניסה למעלה שמחה העולה להר כמון. עליה עד לתצפית כ- 500 מ' לפני המצפה, נ.צ. 1814/2572. מכאן ניתן לראות כי:

- א. מגמת שברי בית הכרם בתלקם המזרחי הוא E-W, ולמערב כיונם משתנה ל- WNW עד NW והם חוצים את רכס הר שזור, הר חלוץ ומתלול צורים שמצפון לבקעת בית הכרם (Freund, 1959). מיקום השברים החשופים בנוף, ממערב למזרח הוא: מצפון להר גמל, מצפון לדיר אל אסד, מצפון לנחף ומצפון לסגור. לקטעי השברים בכיוון E-W ביטוי מורפולוגי בולט הנובע מהשבירה הנורמלית ואילו לקטעים בכיוון NW ביטוי מורפולוגי חלש. לאורך חלק מהשברים בכיוון NW (למשל במפת שפרעם) ניתן לראות כי כיוון ההעתקה הסטרוטיגרפית משתנה מצד לצד (לוי, 1983).
- ב. בראות טובה ניתן לראות כי חלקו העליון של הכרמל שטוח ומהווה מישור פנהפליין מיוקני.

תחנה 6: תצפית מהכביש למצפה חרשים - הסטות שמאליות לאורך שבר פקיעין (איור 6).

נסיעה לכביש רמא - פקיעין ובו, מיד לאחר הכניסה לבית-גיאן, לעלות מערבה, כ- 800 מ', בדרך למצפה חרשים, נ.צ. 1822/2624. מכאן:

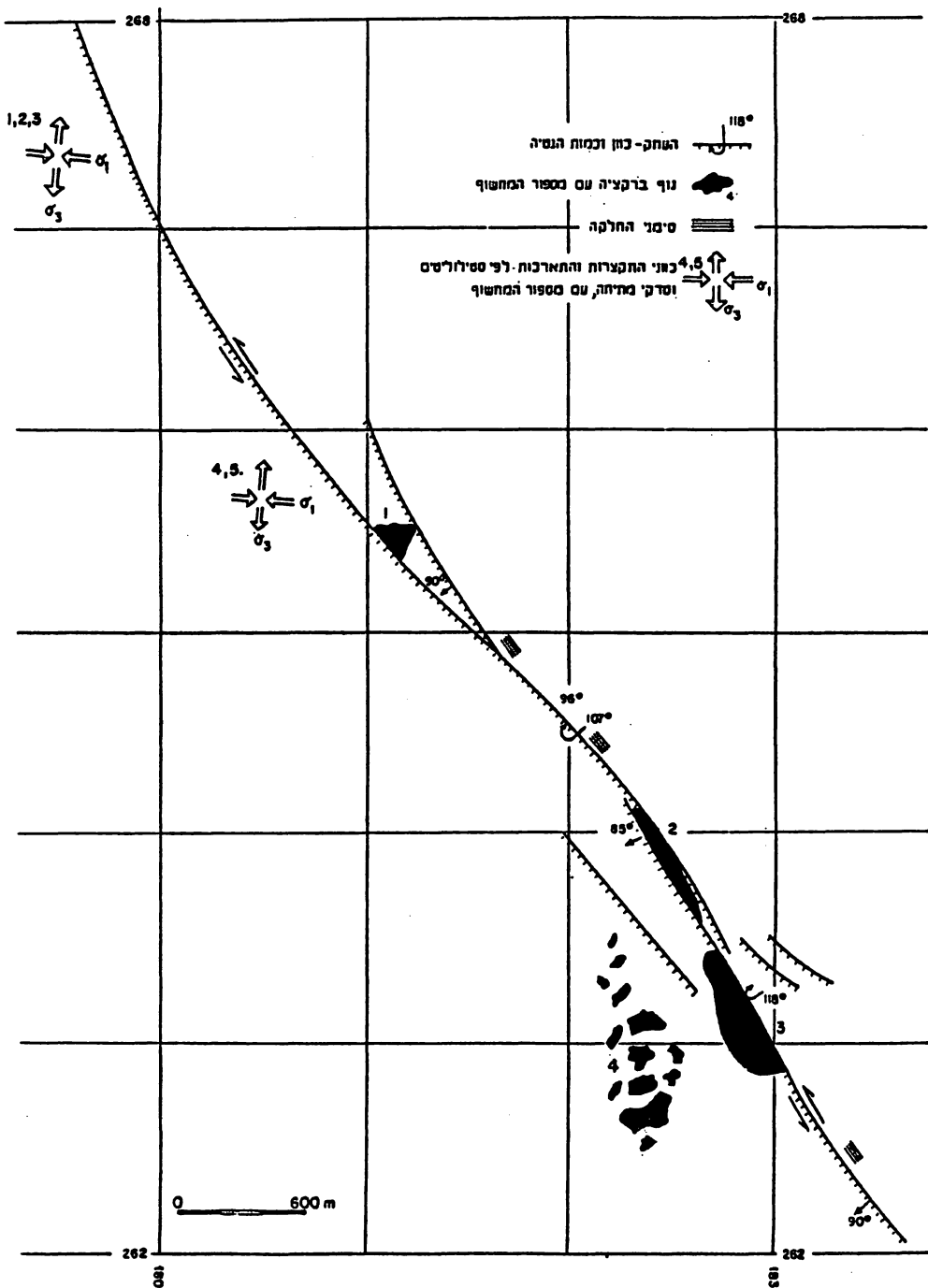
- א. שלושת מחשופי ברקצית ופקיעין והשברים המסיטים אותם (איור 6).
- ברקצית פקיעין היא ברקציה סינ-סדימנטרית שהתפתחה בתצורת סכנין מגיל קנומן ואינה ברקציה של שבר כפי שחשבו תחילה (רון, 1978). שבר פקיעין באזור זה כולל שלושה קטעים מדורגים בדירוג שמאלי. על פי ההסטה של מחשופי הברקציה, נמדדה לאורך שבר פקיעין העתקה מצטברת בשיעור של כ- 2.5 ק"מ.
- ב. מישור הגידוע של הגליל.
- בהר מירון שממזרח ובאזור שמצפון-מזרח למעלות ניתן לראות כי ראשי ההרים יוצרים משטח שהינו פנהפליין מוגבה.

תחנה 7: כפר פקיעין - שבר פקיעין (איור 6).

נסיעה לבית הראשון בפקיעין, בכניסה מדרום, נ.צ. 1821/2644.

את הקיר של שבר של פקיעין ניתן לראות בחצר הבית הראשון והשני של פקיעין. נטית השבר כ- 75-90° למזרח ועל מישור השבר נמצאו סימני גרירה אופקיים ואנכיים (בבית הראשון סימני ההחלקה האופקיים נמצאים על חלוקים מלוטשים בברקציה של השבר). הסלעים הנחשפים ממזרח לשבר הם של זלומיט דיר חנא מגיל קנומן וממערב לו סלעים מגיל סנון ועל כן ההעתקה הסטרוטיגרפית לאורך קטע זה של השבר היא הפוכה. במקומות אחרים ההעתקה לאורך השבר היא נורמלית או הפוכה. התלילות של מישור השבר וההעתקה הסטרוטיגרפית המשתנה לאורכו מהווים עדות נוספת כי שבר פקיעין הוא שבר הסטה אופקית.

במבט דרומה ניתן לראות כי השבר המערבי של בלוק הברקציה שבמחצבה הוא השבר המזרחי של בלוק הברקציה שמדרום לו. שחזור גופי הברקציה לאורך קטע זה של ההעתקה מדגים את התנועה השמאלית לאורכו.

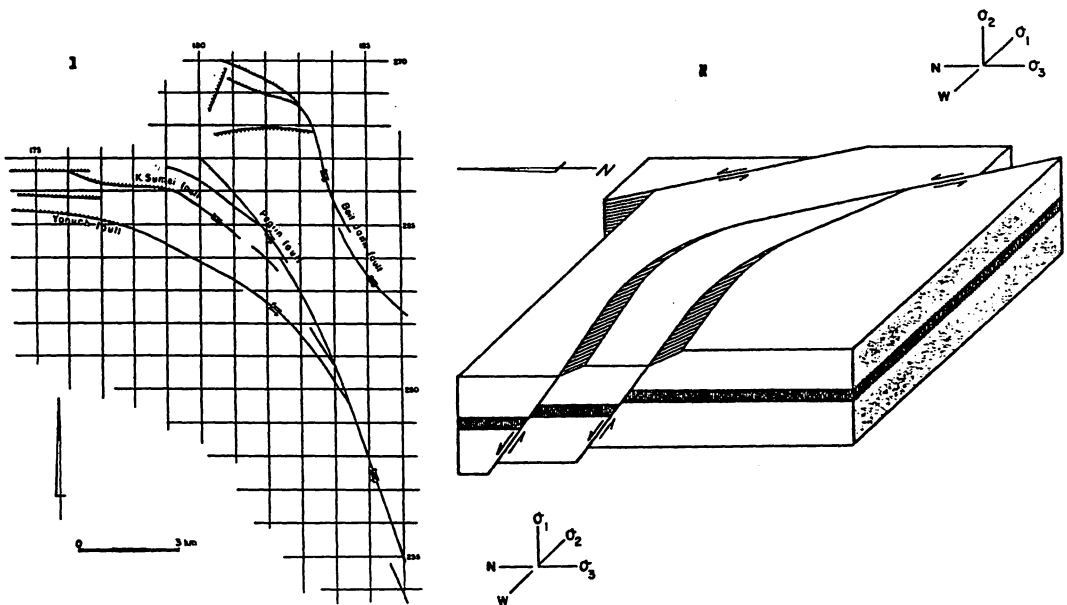


איור 6: הסטות אופקיות של גופי ברקציה סין-דימנטרית לאורך שבר פקיעין (לפי רון, 1978).

תחנה 8: מזרחם לכפר אינתצד - שבר כפר סמיע כדגם לשינוי כיוון העתקה ולסיומם של שברי העתקה אופקית (איור 7).

נסיעה בכביש לכיסרא עד נצ. 1794/2660.

שבר כפר סמיע מהווה דוגמא כיצד אופי של שבר משתנה, באותו שדה מאמצים, בהתאם למגמת השבר. שבר זה מתפצל משבר פקיעין-צלמון מצפון למצפה הוד. ממזרח לשבר נחשפים סלעים מגיל סנון של גרן פקיעין וממערבו סלעי תצורת ינוח. בתחנה, סטרייק השבר משנה את כיוונו מ-NW ל-E-W ובהתאם משתנית נטיית השבר. נטיית השבר אנכית כאשר מגמת הסטרייק היא NW וכ-600 כאשר מגמתו משתנית ל-E-W. ווקטור התנועה מוכתב על ידי קו החיתוך שבין שני הקטעים ועל ידי ההעתקה הסטרטיגרפית (ראה שבר אלקוש, Freund, 1970) ואופי השבר בקטעיו השונים נקבע על פי כיוון סימני ההחלקה. כאשר מגמת השבר NW ומישורו אנכי מרכיב התנועה האופקית השמאלי הוא השולט, ואילו כאשר מגמתו משתנית ל-E-W ומישורו נטוי צפונה המרכיב הנורמלי הופך להיות דומיננטי.



איור 7: תבנית השברים מצפון מערב לפקיעין (לפי Ron and Eyal, 1985).

א. שברי הסטה אופקית משנים את מגמתם לכיוון מערב והופכים אגב כך לשברים נורמליים;

ב. מודל תלת-ממדי של שרטוט 7, א', הממחיש הפיכתה של הסטה אופקית להסטה בכיוון דיפ השבר והתחלקות ההסטה לאורך מספר שברים.

תבנית השברים באזור זה ואופיים (איור 7) יכולה לחסביר, בעזרת שני מגננטים, כיצד העתקה אופקית מסתיימת.

- א. התפצלות השבר לשברי משנה, כעין מציפה או "זנב סוס" של שברים. במקרה זה ההסטה לאורך השבר היחיד מתחלקת ונבלעת לאורך שברי המשנה;
- ב. שינוי מגמת הסטרייק של השבר. מנגנון זה גורם לשינוי אופי ההעתקה מאופקית בכיוון הסטרייק (strike-slip) למאונכת לכיוון הסטרייק (dip-slip).

תחנה 9: מפעל Compit - שבר שמגמתו NE כמייצג של שברי ההסטה ימניים. נסיעה בכביש מעלות - מעיליה עד כ- 10 ק"מ מצפון-מערב לכניסה הצפונית למעלות ומכאן בדרך עפר למחשוף חצוב במפעל לגידול פטריות Compit נ.צ. 1757/2693.

א. כיוון השבר הוא NE והוא מסיט סלעים קירטוניים מגיל סנון מול גירים של תצורת ינוח מגיל טורון. שבר זה הוא אחד מרבים החוצים אזור זה שכיוונם NE וההסטה לאורכם ימנית.

ב. בקיר המחשוף הדרומי ניתן לראות, על מישורים מקבילים למישור השבר, סימני גרידה תת-אופקיים שנוייתם ל-NE. ההסטה לאורך שבר זה ימנית כי הבלוק הצפוני ירד. בקיר הצפון-מזרחי של המחשוף שפע מישורים בכיוון צפון-מערב (conjugate set?) עם סימני החלקה תת-אופקיים. לאורך חלק מהמישורים נמצא גיבוש מחדש של קלציט בתוך רומבים קטנים המעיד על הסטה שמאלית.

תחנה 10: מחצבת סולל בונה תרשיחה נ.צ. 1747/2677 - מוזסטרוקטורות (איור 8).

נסיעה לכביש העולה לתרשיחא וכניסה למושב מעונה. יציאה מהמושב לכביש לעין יעקב, פניה שמאלה ומיד ימינה בדרך כורכר למחצבת. על דרך זו יש לנסוע עד להתפצלות הראשונה שמאלה. הסלעים מצפון-מזרח להתפצלות.

א. סליקוליטים - בסלעים שפע מישורים עם סטילוליטים סדימנטריים ולאורך חלק ניכר מהם חלה החלקה בכיוון תת-מקביל למישור השיכוב והתפתחות של סליקוליטים המעידים על שבירה הפוכה ולחיצה בכיוון מזרח-מערב.

ב. סטילוליטים טקטוניים - בסלעים אלו נמצאו סטילוליטים טקטוניים בכיוון מזרח-מערב המעידים על כיוון לחיצה דומה לזה של הסליקוליטים. לחיצה בכיוון זה, הקדומה למיוקן, אחראית להתפתחות קמטי הקשת הסורית.

כיוון לחיצה E-W הוא חוצה הזווית של מערכת השבירה הימנית שכיוונה NE ומערכת השבירה השמאלית שכיוונה NW. שתי מערכות אלו קדומות, כי אין להן ביטוי בנף, וכיוון הלחיצה שהם מייצגים תואם את כיוון הסטילוליטים הטקטוניים והסליקוליטים (איור 8, ב).

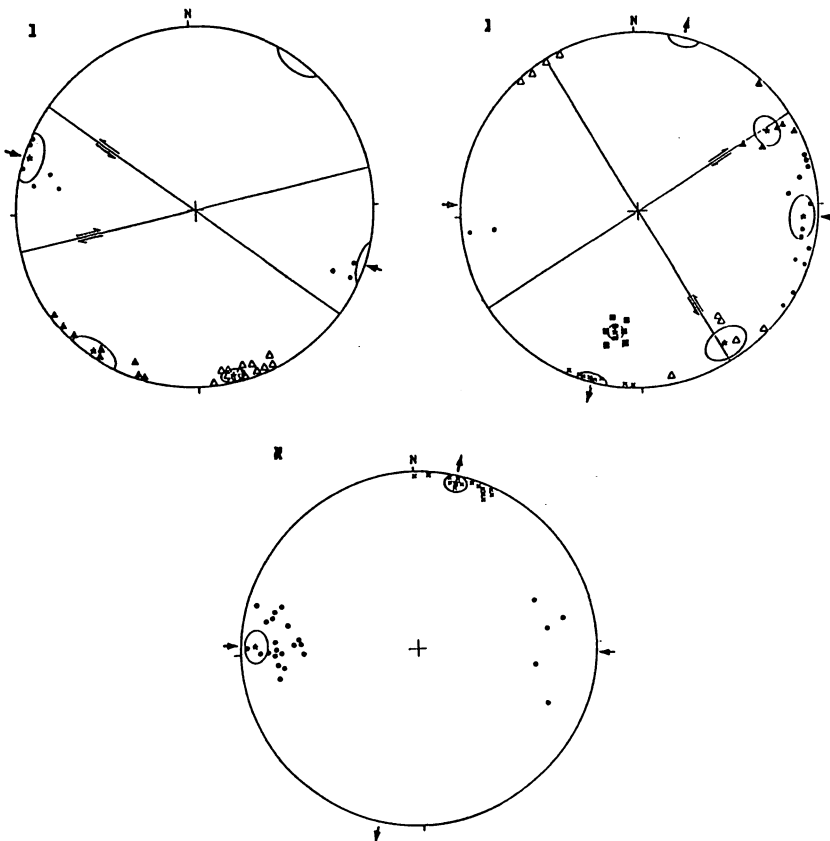
תחנה 11: חירבת אשחר - מבנה הנף ושבירה מאוחרת. נסיעה על כביש מעיליא - כברי עד נ.צ. 1696/2695.

א. מישורים אברזיביים מגיל פוסט-אאוקן, כנראה מיוקן. המישורים נמצאים במספר מפלסים בגלל שבירה והרמה דיפרנציאלית שהתרחשו לאחר המיוקן. במיוקן חלה ארוזיה

אינטנסיבית של ארץ ישראל מהגב (לפני השקעת תצורת חצבה), דרך גב ההר השטוח של הרי יהודה והשומרון וכלה בגליל ובחרמון. שרידי קגיל שנמצא מעל למשטח הארוזיבי או בתוך שקעים בתוכו (למשל בכניסה לגרנות, מצפון לחניתה וליד אבן גבול 6) ובו פאונה ימית מגיל מיוקן - תחילת פליוקן (רון, 1984) מעידים כי גיל הארוזיה - סוף מיוקן.

ב. שבירה פוסט מיוקנית. שבירה מאוחרת להוצרות הפנהפליין הביאה גושים שונים למפלסי גובה שונים משני צדי השבר. למשל, המשטח הגבוה של אדמית כנגד המשטח הנמוך של אילון משני צדי שבר ראש הנקרה. בגליל המערבי, הביטוי המורפולוגי של השבירה המאוחרת הוא שלוחות תת-אופקיות מאורכות בכיוון E-W בגלל שברים נורמליים בכיוון זה.

ג. המשטחים התחתונים, כגון כברי וראש הנקרה נוצרו כנראה בפלייסטוקן.



איור 8:

א. השלכה סטריאוגרפית, חצי כדור תחתון, של מבנים קטנים במחצבת תרשיחא. כיוון הסטילוליטים 0920 וכיוון הסטרייק של העורקים 140 מצביעים על לחיצה בכיוון מזרח-מערב ומתיחה בכיוון צפון-דרום.

ב. שברונים ימניים ושמאליים ויחסם לסטילוליטים טקטוניים. הזווית בין שתי מערכות השברים כ- 500.

ג. שברונים ימניים ושמאליים ויחסם לסטילוליטים טקטוניים. הזווית בין שתי מערכות השברים כ- 900. הריבועים מייצגים אנכים לשברים נורמליים.

רשימת ספרות

זלצמן, ע. 1964. הגיאולוגיה של אזור טבחה, חוקוק ומגדל. עבודת גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 55 עמ'.

לוי, י. 1983. מפת שפרעם סטרוקטורלית, 1:50.000, מחלקת המדידות, ישראל.

מור, ד., היימן, א. ושטייניץ, ג. 1988. גילי K-Ar של הוולקניזם בגליל התחתון (אזור קרני חיטין). הכינוס השנתי של התברה הגיאולוגית הישראלית, חוברת התקצירים, עמ' 38-39.

רון, ח. 1978. העתק פקיעין ותופעות הברקציה הסמוכות לו, ניתוח טקטוני וסדימנטרי. עבודת גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

רון, ח. 1984. מחקר פליאומגנטי וסטרוקטורלי של מערכות השבירה בצפון ישראל. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 102 עמ'.

Bentor, Y.K. and Vroman, A. 1954. A structural contour map of Israel (1:250.000) with remarks on its dynamic interpretation. Bull. Res. Coun. Israel, 6: 125-136.

DeSitter, L.U. 1962. Structural development of the Arabian Shield in Palestine. Geologie Minjnbn., 41:116-124.

Eliezri, I.Z. 1965. The Geology of Beit Jann Region (Galilee, Israel). Isr. J. Earth Sci. 14: 51-66.

Freund, R. 1959. On the stratigraphy and tectonics of the Upper Cretaceous in western Galilee. Bull. Res. Coun. Israel, 8G: 79-100

Freund, R. 1970. The Geometry of Faulting in the Galilee. Isr. J. Earth Sci. 19: 117-140.

Picard, L. 1943. Structure and Evolution of Palestine. Bull. Geol. Dep. Hebrew Univ., 4.

Picard, L. 1954. The structural Pattern of Palestine. Bull. Res. Coun. Israel, 6: 48-50.

Renouard, G. 1965. Oil Prospects of Lebanon. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 39: 2125-2169.

Ron, H. and Eyal, Y. 1985. Interplate deformation by block rotation and mesostructures along the Dead Sea Transform, northern Israel. *Tectonics*, 4: 85-105.

Schulman, N. 1959. The Geology of the central Jordan Valley. *Bull. Res. Coun. Israel*, 8G: 68-90.

Weiler, Y. 1968. Geology of Nazareth Hills and Mount Tabor (Southern Galilee, Israel). *Isr. J. Earth Sci.*, 17: 63-82.

סיור 14

סיור לאורך העתק הגבול הצפון-מזרחי של הכרמל

מ. אכמון

המחלקה לגיאופיזיקה, אוניברסיטת ת"א

מבוא

שבר הגבול הצפון-מזרחי של הכרמל הוא אחת התופעות הבולטות ביותר בצפון הארץ. השבר מתבטא היטב במורפולוגיה במדרון תלול עם הפרש גובה של כמה מאות מטרים. הזריקה הסטרטיגרפית בו מגיעה לשיא של יותר מ-1000 מטר באיזור נשר שם מוצבים סלעים מתחתית דולומיט יגור מגיל קנומן התחתון מול סלעי חבורת השפלה מגיל איאוקן. השבר מתחלק בבירור לשני קטעים עיקריים:

א. קטע חיפה - גלמה שכיוונו צפון-מערב דרום-מזרח.

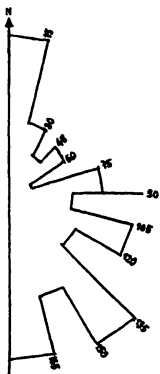
ב. קטע גלמה - יקנעם שכיוונו צפון דרום.

בחינה מפורטת יותר מעלה כי לפנינו מערכת סטרוקטורלית מורכבת ובה שברים עיקריים, שברים קטנים, קימט נלווה, בלוקים מנותקים ואזורי ריסוק. אגליוה מפורטת של כיווני מישורי השבירה הראתה שמרביתם אנכיים עד תת-אנכיים ויש בתוכם 3 מערכות עיקריות (איור מס. 1):

א. שברים בכיוון N-S (כ-30%).

ב. שברים בכיוון SE-NW (כ-15%).

ג. שברים בכיוון WSW-ENE (כ-19% ומתחלקים ל-2 מערכות משנה).



(א)

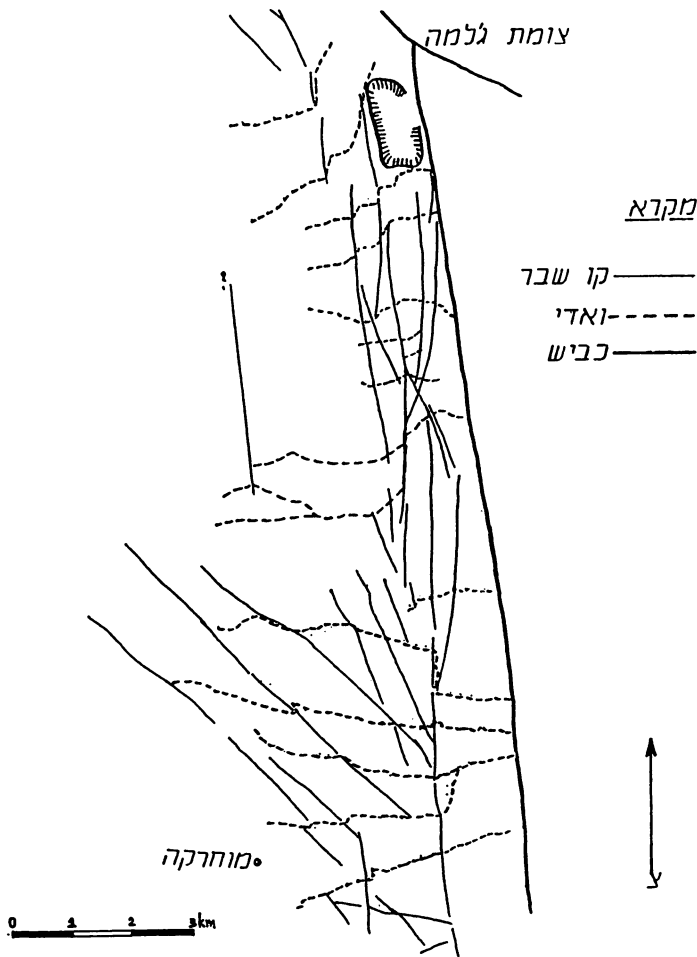


(ב)

איור 1: שכחות הדיפיים (א) והסטרייקים (ב) של מישורי שבירה באיזור העתק הכרמל.

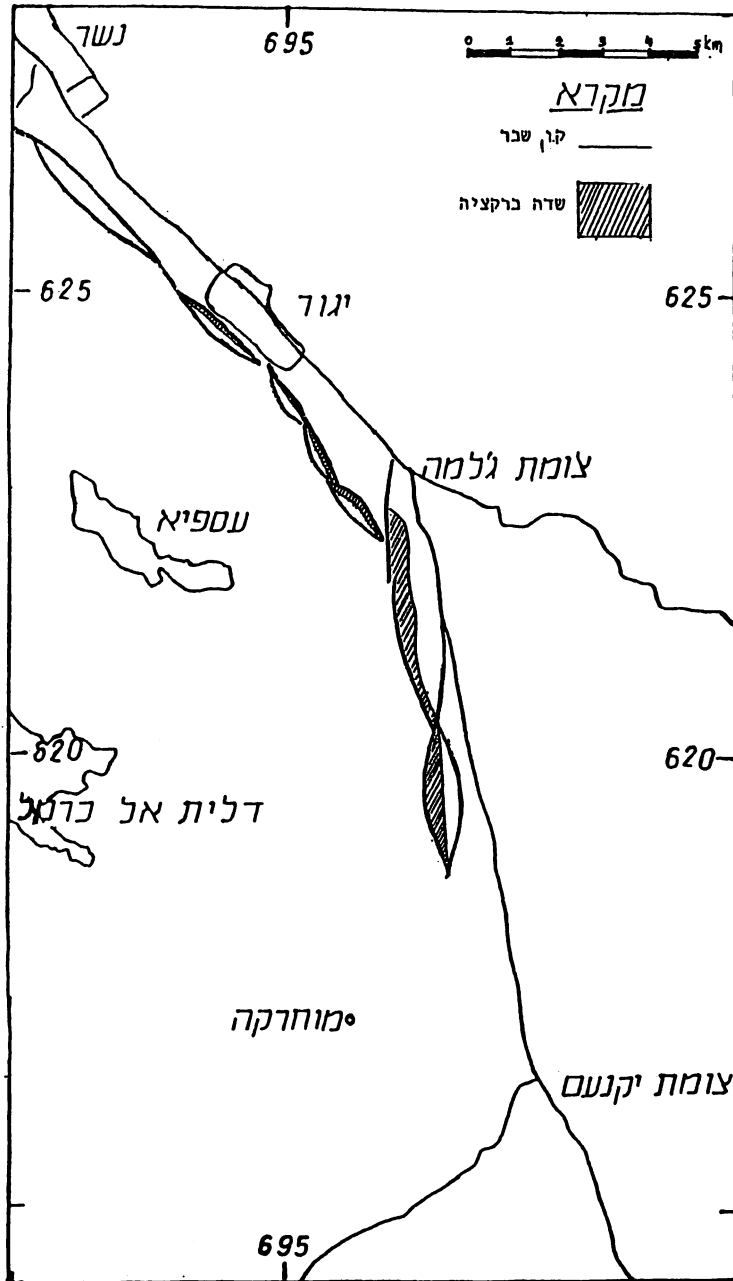
בין מערכות השברים האלה אין יחסי חיתוך עקביים ונראה שכולם נוצרו במסגרת מערכת אחת של Block rotation והיו במקורם שברי תזוזה אפקית. בקטע השבר הראשון, שבין חיפה לגילמה, לא נמצאו הוכחות ברורות לתזוזה אפקית. לעומת זה יש הוכחות ברורות כאלה לגבי קטע השבר שבין גילמה ליקנעם: א. ערוצי הנחלים היורדים מזרחה מוסטים על קו השבירה העיקריים בשיעור של עד 300 מטר (איור מס. 2)

ב. יחידות סלע מוסטות צפונה ממזרח לאיזור השבירה ביחס למצבן ממערב לו.
ג. השכבות של חבורת הר-הצופים וחבורת השפלה ממזרח לשבר נוטות בתלילות ל-SSE כשהסטרייק שלהן יוצר זווית חדה ביחס לשבר הראשי.



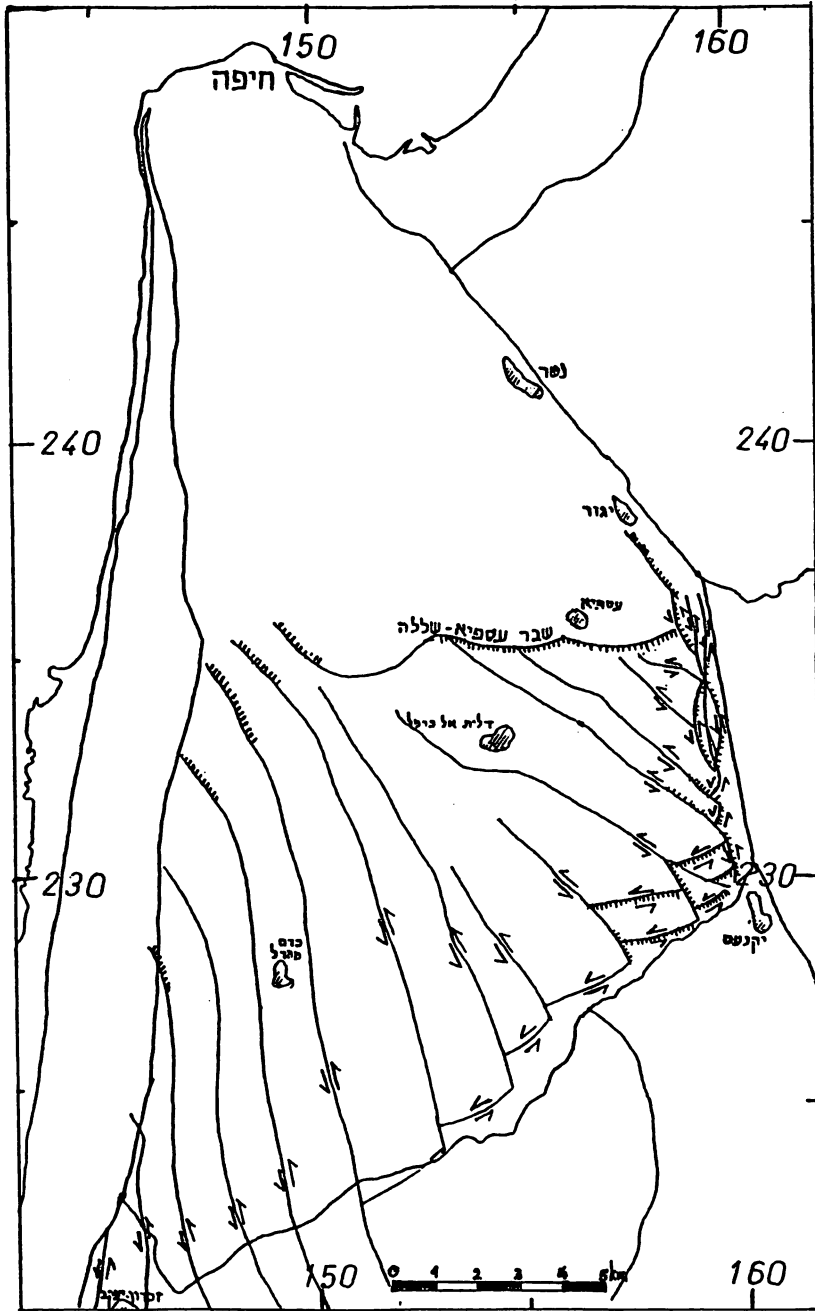
איור 2: הסטת הנחלים ע"י מערכת השבירה של העתק הכרמל בקטע גילמה-יקנעם, כפי שהיא מתבטאת בתצ"א.

ד. ניתן להבחין בבירור בבלוקים "מנותקים" בשולי השבר המוזזים יחסית צפונה ותוסמים חלק מערוצי הנחלים (איור מס. 3).



איור 3: מפת הבלוקים המנותקים של איזור העתק הכרמל.

במבט כולל יותר משתלבת התמונה הזו במודל מקיף של הדפורמציה בכרמל המזרחי
 והדרומי (איור מס. 4).



איור 4: מודל מופשט של הדפורמציה בכרמל המזרחי והדרומי.

לפי מודל זה הדפורמציה העיקרית היא על מערכת דמויית מניפה של בלוקים קשיחים המסתובבים בכיוון השעון בשיעור הגדל מכ-20-15 מעלות בצפון-מזרח האיזור ועד כ-40-35 מעלות בדרום-מערב (איזור זכרון-יעקב). הבלוקים השבורים גם נטויים בכיוון דרום-מערב. בסה"כ מתקבלת תמונה של התקצרות ניכרת בכיוון E-W. מערכת השבירה הזו התפתחה ב-Domain של רוטציה נגד כיוון השעון בו השברים בין הבלוקים הם שברי תווזה אפקית שמאליים.

חיוזק נוסף למודל זה מתקבל באופן בלתי תלוי ממדידות פליאומגנטיות שנערכו באיזור (רון, 1984), שבהן נמצאה רוטציה בשיעור של כ-34 מעלות.

היסטוריה של מערכת השבירה בכרמל אינה ידועה בשלמות. יש עדויות לכך שתחילתה קדומה, באיאוקן ואולי קודם לכן. מערכות השבירה העיקריות שאגו רואים הן מאוחרות יותר והתפתחו בשני שלבים עיקריים:

א. שלב של שבירה אפקית בשדה מאמצים בו 1σ (המאמץ העיקרי) הוא בכיוון E-W. ובו התפתח ה-Domain השמאלי והחלה הרוטציה של הבלוקים. לאחר שלב זה יושרו פני השטח למצב של פנפליין. שלב זה היה ככל הנראה במיוקן וקשור במערכת של היווצרות בקע הירדן.

ב. שלב של שבירה נורמלית ברובה בשדה מאמצים בו 1σ הוא אנכי. בשלב זה הכרמל מורם ומוטה לדרום-מערב. הייחודי לכרמל בשלב זה הוא שהשבירה מתרחשת על גבי מערכת השברים הקודמת שעוברת rejuvenation. שלב השבירה הזוה הוא צעיר מאד (Kafri, 1970). וייתכן שהוא נמשך גם כיום. עדות מסייעת לכך ניתן למצוא בפעילות הסייסמית הגבוהה של שבר הכרמל.

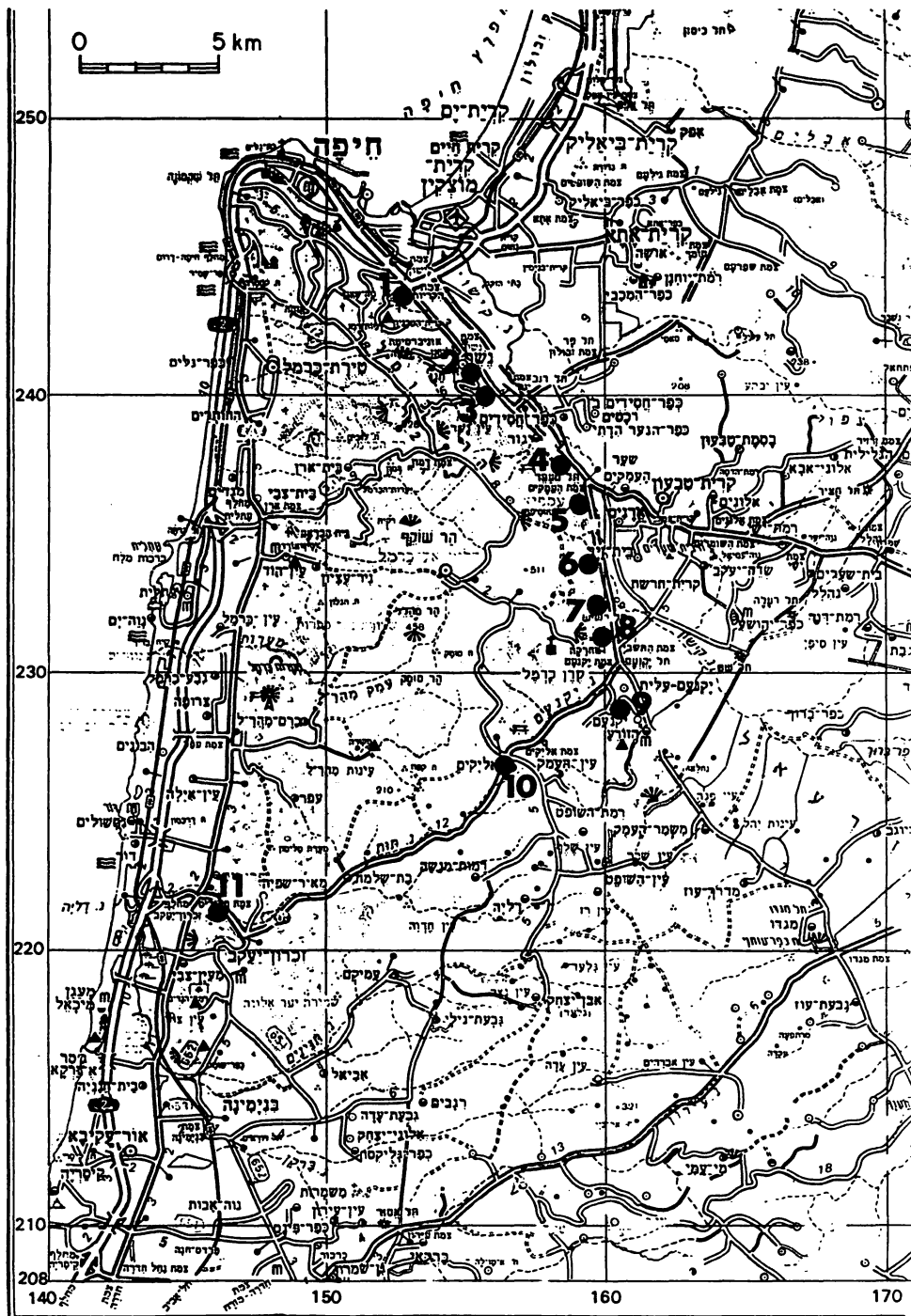
מסלול הסיוור:

תחנה מס. 1: מחצבה ליד הצ'יק פוסט (20 דקות).

מחצבה קטנה נטושה (נ.צ. 1530/2435). החציבה חשפה את מישורי השבירה ואת ה"סחיבה" אל השברים של שכבות הסלע הסמוכות. השבירה נראית נורמלית.

תחנה מס. 2: מחצבת "ינשר" התחתונה (25-20 דקות).

המחצבה התחתונה של ביהח"ר "ינשר" למלט (נ.צ. 1553/2409). במחצבה נחשפים הסלעים של שולי בלוק הכרמל. סלעי חבורת השפלה מהאיאוקן מורכבים משכבות דקות של קרטון קשה וצור לסירוגין. הם נטויים בתלילות לצפון וצפון-מזרח. סלעי חוור פליוקני ימי מונחים מעליהם באי התאמה ארוסיבית ברורה בה ניתן לאבחן השקעה בתוך תעלות מילוי של התבליט הארוסיבי. לפנינו תמונה קלאסית של אי התאמה המעידה על פאזה ברורה של הרמה הזקה, הטיית שכבות וארזויה בין שתי תקופות החשקעה.



מסלול הסיור

תחנה מס. 3: שבר נשר-אוניברסיטה ליד מחצבת "נשר" התחתונה (25-30 דקות).
מדרום-מזרח למחצבה (נ.צ. 1556/2403) נחשף בבירור מישור השבר הגדול המסתעף משבר הגבול הראשי ופונה בכיוון מערב כלפי האוניברסיטה על הרכס. מישור השבר נוטה בתלילות צפונה (כ-78 מעלות). השבר הזה מציב סלעים מתחתית התצורה העבה של דולומיט יגור מול הסלעים האיאוקניים שראינו כבר קודם. כלומר, בקטע זה שלו מדובר בזריקה סטרטיגרפית של כ-1000 מטר. שיעור הזריקה פוחת והולך כלפי מערב כך שלפנינו תנועת "מספריים" (Karcz,1959). שכבות סלעי האיאווקן ליד השבר נטויות גם הן לצפון בתלילות רבה והסטרייק שלהן מקביל לזה של השבר. יתכן שלפנינו, אם כן, הוכחה לפעילות קדומה של השבר באיאווקן או קודם לכן.

תחנה מס. 4: תצפית מצפון לעבר התפנית הגדולה בשבר הכרמל (20 דקות).
בתצפית מאיזור הכביש הראשי כ-800 מ' צפון-מערבית לצומת העמקים (נ.צ. 1587/2373) רואים את התפנית הגדולה שעושה העתק הכרמל לדרום. ניתן לראות את העקבה של שבר ראשי גדול שנמצא מערבית לבלוק הירוד של גילמה. השבר בזה הוא שבר אנכי שהעקבה שלו חוצה את הטופוגרפיה בקו ישר. ערוצי הנחלים הסמוכים מוזזים צפונה ע"י השבר. כלומר, יש לו תכונות מובהקות של שבר תזווה אפקית שמאלי. עם זאת הוא מציב כיום סלעי דולומיט יגור ממערב לו מול סלעי תצורת מוחרקה ממזרח, מה שמעיד על תנועה אנכית של כמה מאות מטרים. תופעה זו חוזרת על עצמה בכל הקטע של שבר הכרמל בין גילמה ליקנעם ומעידה על מורכבות התנועה בקטע זה.

תחנה מס. 5: מחצבת ג'למה (45-40 דקות).
בתוך המחצבה (נ.צ. 1593/2632) נחשפים סלעי החלק העליון של חתך חבורת יהודה בכרמל: תצורת מוחרקה (חילופי גיר ודולומיט קשה), תצורת דליה (גיר קרטוני רך וביטומני) וגיר זינאת (גיר אורגנוני קשה, עשיר במאובנים). הסלעים נטויים בשיעור של 25-40 מעלות לצפון-מזרח. המחצבה כולה ממוקמת בתוך הבלוק הירוד של גילמה, שהוא הגדול שבין סדרה דומה של בלוקים ירודים המופיעים בשולי השבר בקטע הזה. הסלעים כאן נחשפים כמה מאות מטרים נמוך יותר ולמעלה מ-1000 מטרים צפונה יותר ממחשופיהם הצפוניים ביותר בגג הכרמל, עדות נוספת לתנועה המורכבת של שבירה אפקית שמאלית ושבירה אנכית בקטע זה. בהמשך נצא אל הכביש הראשי ליד המחצבה. במחשוף שליד הכביש נחשף קטע גדול של מישור שבר אנכי בכיוון צפון-דרום. כמו כן יש תופעה מעניינת של הכפלת החתך של גיר זינאת מספר פעמים, כנראה ע"י שברים ימניים קטנים.

תחנה מס. 6: בלוק מוזז גדול (ללא שם) זרומה מבלוק ג'למה (25-30 דקות).
במוצא נחל קטן ללא שם (נ.צ. 1594/2341) רואים בבירור את חסימת מוצא הנחל ע"י גוש גדול המוסע צפונה יחסית לכרמל העיקרי. יש קריטריונים מורפולוגיים ברורים לצעירות התנועה.

באיזור שמצפון למוצא הנחל ניתן להתרשם מהאינטנסיביות של השבירה והריסוק ומכך שלמרבית השברים מישורים תת-אנכיים.

תחנה מס. 7: גבעה 108 - מחשוף תבורת הר-הצופים (40-35 דקות).

בשולי גבעה 108 (נ.צ. 1598/2325) נחשף חתך של סלעי תבורת הר-הצופים. נכללות התצורות העליונות המורכבות מסלעי קרטון רך ופצלים מהסנון עד הפאליאוקן. השכבות נטויות בתלילות רבה (יותר מ-60 מעלות) למורת-צפון-מזרח כשהסטרייק שלהן יוצר זווית חדה עם השבר הראשי צפון-דרום העובר ממערב לזרחה. הסלעים חשופים כאן כ-3000 מ' צפונה יחסית להופעתם באיזור יקנעם ממערב לשבר. ההשערה היא ששיעור התנועה השמאלית על השבר גדל כלפי דרום בשל רוטציה דמויית מניפה של הבלוקים שבגוף הכרמל ממערב לשבר, כך ששיעור הרוטציה גדל ככל שמתקדמים דרומה ומערבה.

תחנה מס. 8: תצפית על גוש המוחרקה ממזרח (20 דקות).

התצפית מתבצעת מאיזור הכביש כ-700 מטר צפונה לצומת התשבי (נ.צ. 1603/2316). ניתן להתרשם מחסימה נוספת של מוצא נחל לעמק ע"י גוש מוזה צפונה. השברים המפרידים בין הבלוקים של גוש המוחרקה עולים מדרום-מזרח לצפון-מערב וניתן לאבחנם בשטח. ערוצי הנחלים מוסטים על ידי השברים האלה בשיעורים קטנים של עשרות מטרים בלבד, תופעה שקל יותר לאבחנה בצילומי אוויר. הנוף המעוגל של גבעות הקרטון שממזרח לשבר הראשי מסווה את העובדה שגם כאן נטויים סלעי תבורת הר-הצופים ותבורת השפלה בתלילות כלפי מזרח-דרום-מזרח. שיעור הנטייה הולך ופוחת ככל שמתרחקים מזרחה משולל ההר, כפי שמוכיח מבט לעבר תל קשיש שבצפון-מזרח, בו נטויות השכבות בשיעור של 30 מעלות בלבד.

תחנה מס. 9: מישור שבר גדול במושבה יקנעם (20 דקות).

בחלקה המערבי של המושבה יקנעם (נ.צ. 1607/2286) נחשף מישור שבר גדול, תת-אנכי בתוך מסלע איאוקני. השבר מהווה המשך ישיר של שבר הכרמל ומוכיח שהתנועה האפקית השמאלית נמשכת גם דרומה משבר הכרמל במובן הצר. על מישור השבר יש תופעות אפייניות של Slickensides.

תחנה מס. 10: תצפית בכביש וזי מילק ליד אליקים (20 דקות).

בשולי הכביש ליד מושב אליקים נחשפים סלעי תבורת השפלה מהאיאוקן כשהפעם הם כמעט לא מופרעים ומשוכבים אפקית. המקום משמש גם כנקודת תצפית נוחה לעבר גוש המוחרקה בה ניתן לראות בבירור כיצד מטה הפנפליין של גג הכרמל לדרום-מערב בשיפוע מתון ביותר. במבט למערב-דרום-מערב רואים את הגג של הכרמל הדרומי באיזור זכרון-יעקב. שהוא אפקי ומישור לגמרי ומעיד ככל הנראה על תקופה ממושכת של ארוזיה לאחר השבירה והרוטציה של איזור זה.

תחנה מס. 11: שבירה אינטנסיבית בכרמל הדרומי ליד פורזיס (20 דקות).
ליד כביש ודי מילק כמה מאות מטר דרומית לכפר פורזיס (נ.צ. 1459/2218), ניתן להתרשם
מהשבירה הפנימית האינטנסיבית של הכרמל הדרומי שאת גגו המיושר ראינו בתצפית
הקודמת. ישנם מישורי שבירה אנכיים רבים הפונים לצפון-מערב. יתכן גם שהתפנית צפונה
במסלולו של נחל דליה בקטע זה קשורה בשבירה השמאלית בגבולות בלוקים מסתובבים גם
באיזור זה.

רשימת ספרות

- אכמון, מ., 1986. שבר הגבול של הכרמל בין יקנעם לנשר. עבודת גמר, האוניברסיטה
העברית, ירושלים.
- רון, ח., 1984. מחקר פלאומגנטי וניתוח מערכות השבירה בגליל, צפון ישראל. חיבור לשם
קבלת תואר דוקטור לפילוסופיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- Kafri U., 1970. Recent crustal movements in the coastal plain of Israel emphasizing the Mount
Carmel area. Isr. Jour. Earth Sci., 19:147-152.
- Karcz, Y., 1959. The structure of the northern Carmel. Bull. Res. Coun. Isr., 8G:119-130.

סיור ד'

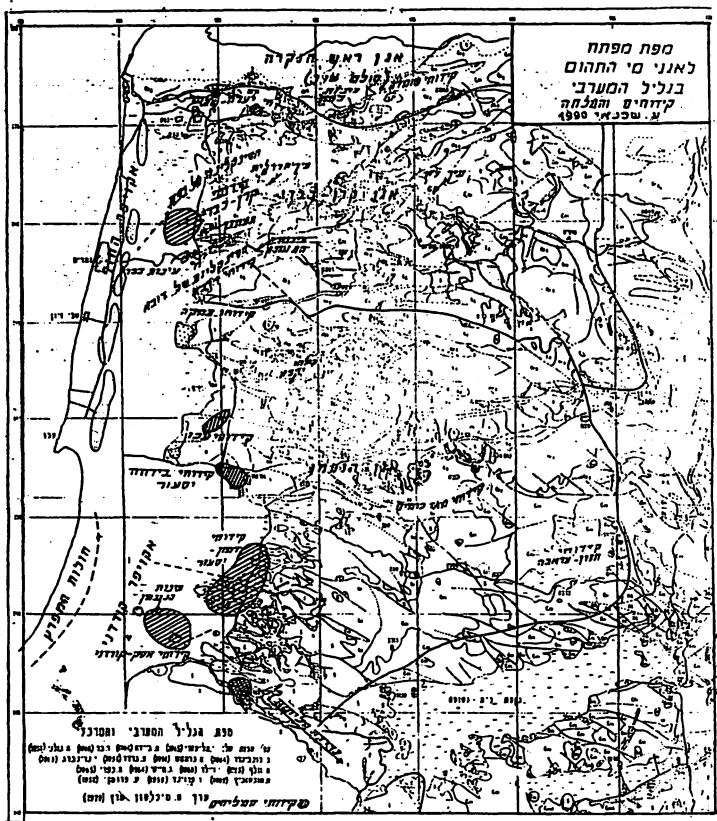
בעיות הידרוגאולוגיות בגליל המערבי

ע. שכנאי (1) ר. גלעד (2) וש. אלחנתי (2)

(1) תכנון המים לישראל, תל-אביב
(2) השירות ההידרולוגי, ירושלים

1. מבוא

האיזור, (איור מסי 1) מגבול לבנון בצפון עד לקו העמקים בדרום ומפרשת המים במרכז הגליל עד לים במערב, חולק בזמנו למספר אגני משנה המוגדרים ע"י השתרעות גיאוגרפית, סטרוקטורה, אקויפרים מצוללים וכווני זרימה. חלוקה זו אינה קשיחה ויש, במספר מקרים, מעבר מי תחום מאגן לאגן ומאקויפר לאקויפר בהתאם למשטר ניצול, קשרים בין בלוקים וכיוב"ז.



איור 1

נוסיף ונציין כי "אגנים" ו"תת אגנים", בהקשר הנוכחי, אינם בעלי משמעות גיאולוגית מקובלת אלא מושג מאומץ המגדיר, לטרלית וורטיקלית, יחידות הידרוגיאולוגיות המופרדות זו מזו, במידה זו או אחרת, באופן המאפשר חישוב ומעקב אחרי כניסות מים (מילוי חוזר, מעבר מיחידות שכנות) ויציאות (נביעות, זרימה לעבר בסיס ניקוז, מעבר לאגנים שכנים ושאיבה). יחידות אלו מוגדרות ומותוות בעזרת המפות הגיאולוגיות הקיימות (עקב גודש החומר הכתוב נכללים ברשימת הספרות רק המקורות הרלבנטיים ביותר לסקירה הנוכחית).

אין כל כוונה, במסגרת הנוכחית, לסכם ולהציג את הגיאולוגיה וההידרוגיאולוגיה האיזורית אלא להצביע, בהקשרים המתאימים, על מספר תופעות ובעיות.

הבעיות ההידרולוגיות כיום מוגדרות במספר מישורים. במישור הכמותי הדלדל האוגר הרב שנתי, עקב שנים רבות של ניצול יתר, ולכן חסרה השאיבה הנוכחית את הגמישות הרצויה, תופעה אשר אינה ייחודית, לצערנו, לגליל המערבי. במישור האיכותי ניתן להצביע, מחד, על תופעות המלחה ברצועת המוצאים במערב אשר הגיעה, במספר מוקדים, לרמות קריטיות ומאיך על הדרדרות מוכחת ונצפית באיכות המים כמי שתיה, עקב זיהום שפכים. הנושא האחרון אשר חשיבותו, לצערנו, עולה משנה לשנה הנו בחזקת פצצת זמן ופעילויות המניעה הכרוכות בכך נמצאות בפיגור. ניתן לומר כי כיום מירב מי המעיינות באיזור אינם ניתנים לשתיה ואילו זיהום מי קידוחים, תופעה אשר מטבעה מצריכה משך זמן ארוך יותר, הולך וגובר.

2. אגני משנה ובעיות ספציפיות

2.1 אגן סולם צור

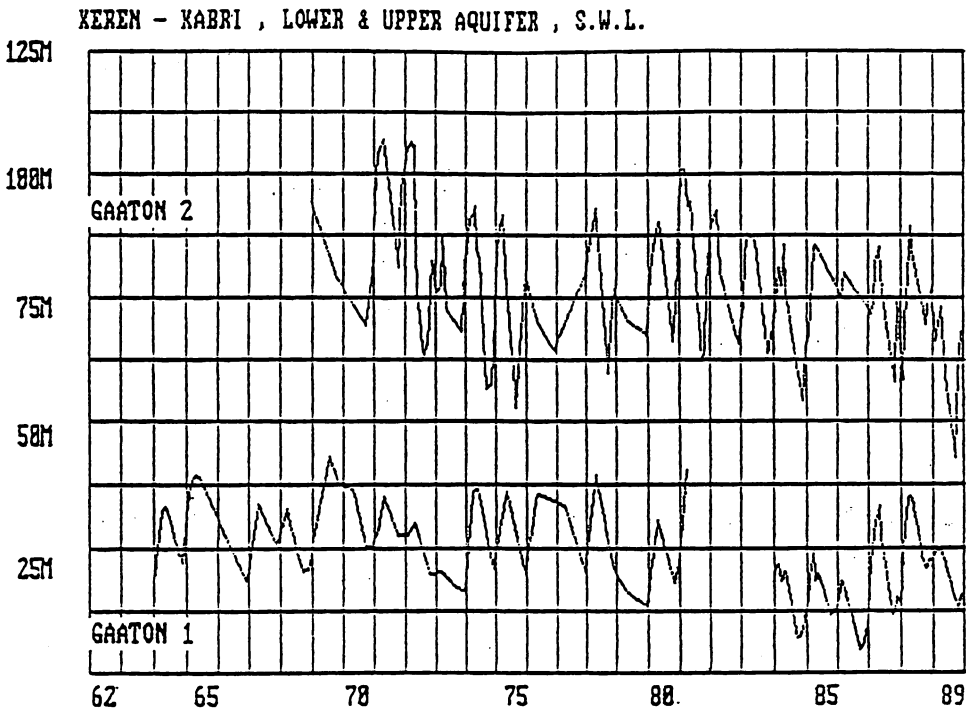
מוגדר מדרום ע"י העתק שומרה הדרומי ובצפון - קצה מחשופי הקנומן בתחום לבנון, עד כ-10 ק"מ צפונה לגבול. האקויפר המנוצל הוא אקויפר תצורת יגור (להלן אקויפר הקנומן התחתון או האקויפר התחתון), מרבית איזור המילוי החוזר בתחום לבנון והתנקזותו מערבה - צפונה מערבה. המילוי החוזר המחושב עולה על 20 מלמ"ק לשנה, כאשר מספר מלמ"ק חייבים לזרום הימה, במערכת פן ביני. קדיחה ושאיבה נוספת באיזור המזרחי הגבוה (קידוחי שומרה) תוך הקטנת זרימה לתחום לבנון ו/או משיכת מים דרומה מומלצת, רצויה ומתבצעת.

תופעות המלחה קיימות במערב, מתחום הסינקלינה של בצת הרוויה, כנראה, בשכבות הקנומן העליון-טורון לפחות, במים מליחים. התופעות קיימות במספר קידוחים, לאורך העתק ראש הנקרה המעמיד את האקויפר המליח בדרום מול שכבות האקויפר התחתון המנוצל ע"י הקידוחים. תופעות זיהום, עקב שפכים בלתי מוסדרים, הובחנו במעיינות נחל בצת.

2.2 אגן קין-כברי

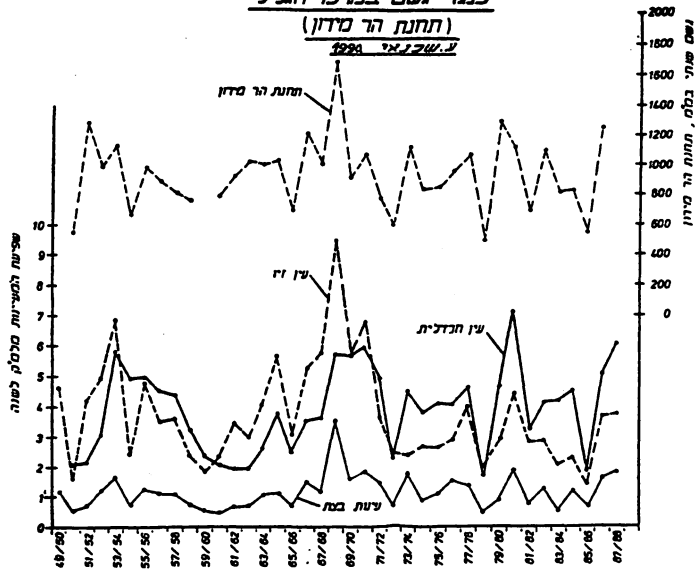
משתרע עד העתקי ינוח-עמקה בדרום ומתחלק, מבחינת המילוי החוזר, הנביעה והשאיבה, למספר מערכות הידרוגיאולוגיות. הפרדה מוכחת בתת הקרקע לאקויפר עליון ותחתון קיימת מערבה מקו המעינות ובאיזור עין זיו במזרח. האקויפר התחתון, בעל מילוי חוזר בשיעור של כ-14-15 מלמ"ק בממוצע לשנה, מתנקז כנראה הימה דרך האף הסטרוקטורלי של כברי. האקויפר העליון (תצורות סכין ובענה בעיקר), בעל מילוי חוזר שנתי ממוצע בשיעור של 36-37 מלמ"ק מתנקז, בתת הקרקע, לעבר האקויפר הפליסטוקני ולעבר אגן הנעמן והים בדרום ובאמצעות שורת מעיינות, בשפיעה שנתית ממוצעת של 19-22 מלמ"ק. העתק כברי יוצר הפרדה משנית במערב, באקויפר העליון אולם לא באקויפר התחתון.

המערכת ההידרוגיאולוגית באגן משולב זה מורכבת למדי והדבר מתבטא, בין השאר, במגוון דיעות והערכות, כפי שהוצג ע"י החוקרים השונים אשר עבדו באיזור (רי רשימה ביבליוגרפית חלקית). האקויפר התחתון, למרות ירידת פ.מ. חריפה מאז ראשית ההפקה (רי איור מס' 2), לא סובל עדיין מהמלחה להוציא סימנים קלים, בזמנו, בקידוח המערבי ביותר. לעומתו סובל האקויפר העליון, במקביל לירידת פני המים (שאיבת יתר בזמנו), מהידרדרות באיכות מימיו עקב המלחה זוחלת מהסינקלינה של בצת במערב אשר כבר שתקה שני קידוחים ועלולה להשבית קידוחים נוספים. בדרום היו קיימים סימני המלחה גם במערב סינקלינת דובא.

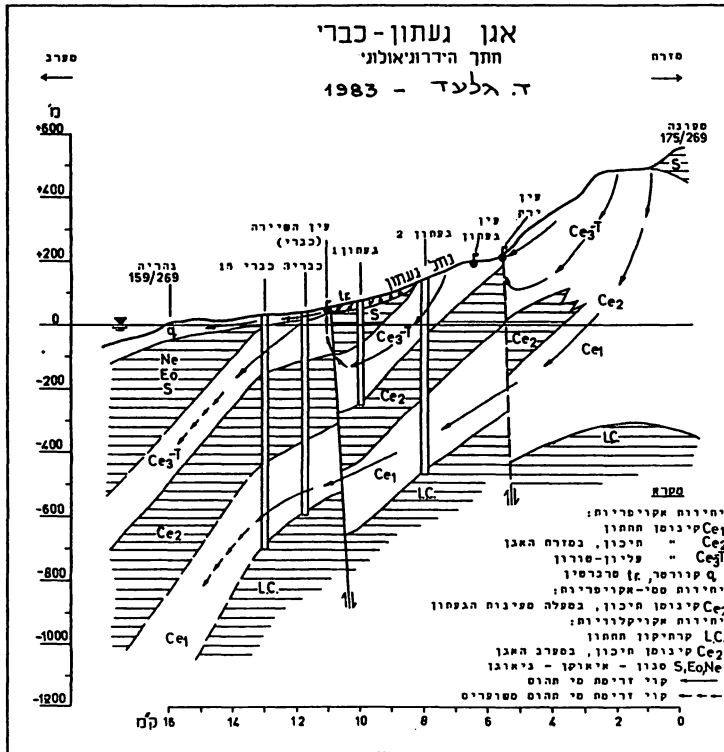


איור 2

תנודות שפיעת מעיינות בגליל המערבי
כנגד נשם במרכז הגליל
(תחנת הר מירון)
ע.ש.כ.א.י. 1980



איור 4

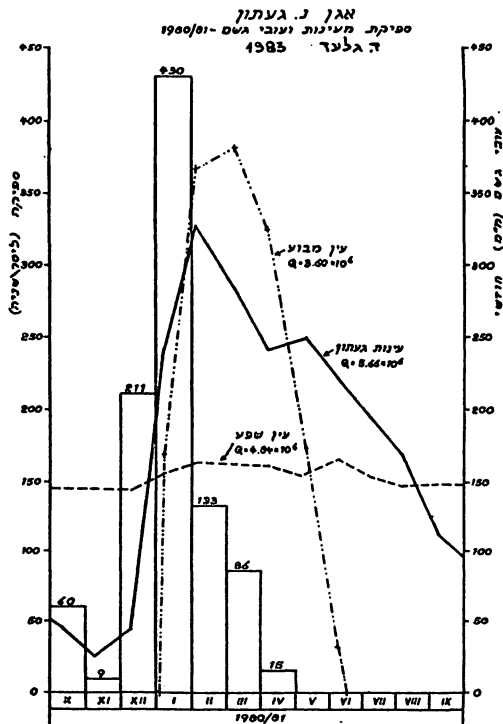


איור 5

אופי השפיעה השונה במעינות הללו מוצג בהידרוגרף שנתי בשנה הגשומה 1980/1. ר' איור מס' 6. יצויין גם כי בהקשר למנגנון נביעת עינות כברי והגעתן, וכנ"ל באשר לאקויפר המזין אותם קיים מגוון דעות, חלקן סותרות לחלוטין זו את זו (ר' רשימה ביבליוגרפית חלקית), ואין הכתוב מתיימר להיות בחזקת סוף פסוק.

ההפרדה המובחנת בין המערכות ההידרולוגיות הנ"ל מאושרת גם ע"י גיל המים (^3H , ^{14}C). קידוחי האקויפר התחתון שואבים מים עתיקים שגילם עולה על אלף שנים, בתוספת מה של מים צעירים יחסית. קידוחי האקויפר העליון שואבים מים צעירים יחסית, שגילם נאמד במאות שנים, בתערובת עם מים צעירים. חלק ניכר של מים עתיקים הובחן בקידוחים המומלחים מהסינקלינה של בצת. המעיינות שופעים מים צעירים, בעוד שבמעיינות געתון ומבוע רכז PMC גבוה מצביע על מים צעירים ביותר (כעשרות שנים). בעינות כברי, געתון וחרדלית מתרחשות פעימות חריפות של עכירות (כ-3 ימים לאחר סופות גשם במקרה הראשון) ובמקרים קיצוניים, כיום, נפסלים המים לשימוש ומוגלשים. בעינות כברי העליונים: צוף ושיירה, התגלו בזמנו תופעות זיהום ע"י חיידקי קולי מרפתות כברי. קשר הידרולי ביניהם אושש במבחני צבע.

מעיינות הגעתון החדהמו, בזמנו, משפכי מעלות וגעתון ורק לאחר הזרמתם למאגר געתון חדש שימושים כמי שתיה.



איור 6

2.3 אגן הנעמן

האיזור הנמצא בין העתקי ינוח-עמקה בצפון, קו עמק זבולון - דרום הורסט שפרעם - צפון בקעת בית נטופה בדרום, ופרשת המים במזרח (מנחל צלמון עד דרומה לדיר חנא), מתנקז בעיקרו באמצעות עינות הנעמן. בזמנו שפעה במעינות כמות שנתית אשר הגיעה, כמדויח, לשיעור של 50-60 מלמ"ק ואולם כיום הצטמצמה זו למלמ"ק בודדים בלבד, בשל התפתחות השאיבה. קיימים באיזור כ-30 קידוחי שאיבה ואלו מחולקים, לנוחות התפעול והמעקב, למספר קבוצות אשר חלקן גם מגדירות תת אגנים בעלי התנהגות ספציפית. האקויפר המנוצל הינו בעיקרו האקויפר העליון. להוציא איזור כרמיאל וכפר יסיף אין הפרדה מוכחת בין האקויפרים, אולי עקב ההעתקה האינטנסיבית. באיזור כפר-יסיף נמצאו באקויפר התחתון מים מליחים.

איזור המילוי החוזר העקרי בצפון מזרח, כאשר בדרום ובמערב מהוות שכבות אטומות של חבורות הר הצופים ועבדת את עיקר תכסית השטח. בזמנו השאיבה באגן הגיעה לכדי 45-50 מלמ"ק לשנה, ואילו כיום, גם ללא שנות בצורת, מיוצב המצב ההידרולוגי בקושי בשאיבה של 30-33 מלמ"ק לשנה בלבד, 25-15 מלמ"ק מתחת לשפיעה ההסטורית במעינות. הסיבה לכך עשויה להיות נתוני שפיעה בלתי מדויקים בעבר, ו/או תזוות מה של פרשת המים במזרח מערבה, ותרומה פחותה מאגן קרן כברי בצפון. במספר איזורים חלה משיכה והתקרבות של חזית ההמלחה במערב, המחייבת צמצום שאיבה במספר קידוחים.

תופעת ההמלחה הינה הבעיה החמורה ביותר באגן וזאת עקב שנים רבות של שאיבת יתר, אשר חסלה למעשה את האוגר הרב שנתי ומחייבת ניהול שאיבה שנתי, בלתי גמיש. מליחות מי עינות הנעמן אשר היתה בזמנו כ-600 מג"ל עולה כיום על 900 מג"ל, וזאת כמשוער עקב עלית חלק המרכיב המלוח (כנראה מי ים ומנגנון ליחוד) במקביל להקטנת תשומת המים השפירים. מירב הקידוחים באיזור, הנמצאים לאורך חזית המוצאים אשר הפכה לחזית המלחה, הומלחו ובחלקם, בקבוצת קידוחי דמון, הגיעה המליחות ל-500 מג"ל. הקדוחים הנמצאים במזרח, באיזור או בסמוך לאיזור המילוי החוזר (כמגד כרמים, עמקה, חזון) שואבים עדיין מים שפירים. נושא חמור ומדאיג נוסף באיזור הוא זיהום מי תהום ע"י שפכים. זיהום יובלי נחל נעמן עקב שפכי חזירות עבלין ידוע זה מכבר, וכנ"ל אירוע הזיהום, עקב תקלה בצנרת בקדוח אפק 2 (1985).

פחות ידוע, להוציא העוסקים בנושא, על המטרדים והסכנות האחרות אשר מקצתן יצוינו להלן:

- ביוב כפר הורדים זורם חופשית ביובל עליון של נחל יחיעם, ותודר לאקויפר העליון במעלה עינות געתון.
- שפכי כרמיאל זורמים בנחל חלוון, מאיזור שעב מערבה, בסמוך לשכבות ההר, ועשויים לסכן מספר קידוחים במורד.
- קידוח כפר יסיף זוהם בקטריאלית ממאגר קולחין בירכא, שנחצב בדלומיט תצורת סכנין, ולא בקרטון עין זיתים, הנמצא מספר עשרות מטרים ממנו.

- קידוחים בשפרעם ומזרחית לעכו מוזהמים עקב שפכים ביתיים. לעיתים קידוחי דמון מזדהמים עקב ריקון שפכי תמרה בשטחי הזייתים הסמוכים, במקום באתר המיועד לכך.
- קידוח בכפר עראבה, ולמעשה כל האקויפר המקומי, מוזהם זה שנים מבורות סופגים ושפכים ביתיים, חוזרמים מטרים ספורים מהקידוח.
- המשך השאיבה הגרעונית והפיגור בהסדרת הביוב האיזורי עלולים תוך זמן קצר להוציא מכלל פעולה קידוחי שאיבה, כאשר קידוחים נוספים או חליפיים במזרח הינם בחזקת תשובה חלקית בלבד.
- תופעה מדאיגה נוספת, הנמצאת כיום בבדיקה, הינה התקדמות המליחות מזרחה, מהחלק הדרומי המליח, של האגן, לעבר אגן חיטין-נטופה, באיזור "ניוד" פרשת המים, ובאמצעות רצועות העתקים, הידועות כמכילות מים מליחים, עד למליחות מי ים.

מטרות הסיור

1. הכרת האקויפרים ומערכות זרימת מי תהום באגני קרן - כברי ונעמן.
2. התמקדות בבעיות הקונקרטיות בתפעול, לנוכח התפתחות המצב ההידרולוגי.
3. בעיות זיהום מקורות המים ומציעתם.
- מסלול הסיור מקיף 11 תחנות, כמוצג במפה המצורפת.
- ב. תכנית הסיור:
 - תחנה 1: מאגר שפכי ירכא - נ.צ. 1683/2617.
 - הצגת שיקולים מוטעים במיקום מאגר שפכים.
 - תחנה 2: עמק נחל יחיעם - נ.צ. 1658/2657.
 - גבול הידרוגיאולוגי בין אגן נעמן לכברי: העתק המעמיד את תצורת דיר חנא פרט ראש הניקרה מול תצורת "מנוחה".
 - תחנה 3: עין שפע - עינות כברי - נ.צ. 1633/2682.
 - המעין הגדול מבין מעינות כברי: הסבר על מערכת הנביעות ומודל הידרוגיאולוגי באגן כברי, בעיות תפעול וזיהום.
 - תחנה 4: עמק הגעתון - נ.צ. 1667/685.
 - מחשוף טרברטין של "אגם" געתון הקדום. הסבר על מערכת נביעות הגעתון.
 - תחנה 4 א: מאגר געתון - נ.צ. 1668/2679.
 - מאגר לקולחי מעלות והאזור כחלק מתכנון אזורי לטיפול בשפכים וניצולם בחקלאות. שיקולים ואילוצים בחקמת המאגר.

תחנה 5: תצפית על עין זיו בנחל כזיב - נ.צ. 1758/2714.
מעין קרסטי הנובע על גבי פרט ראש תניקרה הקירטוני וניזון
מאקויפר העליון תצורת סכנין- בענה. (תחנה זו מותנית ברכב מתאים).

תחנה 6: מוצא שפכים כפר ורדים - נ.צ. 1755/2668.
זרימת שפכים גלמיים חודרת לאקוויפר במעלה נחל יחיעם בתצורת בענה, ששה ק"מ במעלה
מעיינות הגעתון.

תחנה 7: "בלוע לפיזות" - נ.צ. 1755/2634.
מערכת קרסטית קדומה שהתמוטטה בתצורת בענה.

- 12 -

תחנה 8: מצפה לבון - נ.צ. 1763/2607.
תצפית על העתק ביקעת בית הכרם. נוף קרסטי טרשי ובלוי בתצורת בענה. (הירידה התלולה
לדיר אל אסד מחייבת רכב מתאים, ולכן תחנות 7 ו-8 מותנות בכך).

תחנה 9: קידוחי מגד הכרמים בנחל חילזון - נ.צ. 1749/2550.
זהום האקוויפר בעבר מביוב כרמיאל לפני התקנת קו המאסף.
במצב הנוכחי הביוב פורץ וזורם חופשי משעב במורד.

תחנה 10: מאגר ביוב יודפת - נ.צ. 1693/2553.
ניצול מי הקולחים לגדולים חקלאיים כחלק מתכנון אזורי.

תחנה 11: עינות אפק- נעמן - נ.צ. 1611/2502.
הסבר על המערכת ההידרולוגית ובעיות תפעול האקוויפר וסיור בשמורה.



מסלול הסיור

רשימת ספרות

- בר יוסף, י., מיכאלי, א. 1980. פוטנציאל מי התהום בגליל המערבי. סיכום ניתוח והערכת המידע הקיים. תה"ל, 01/80/13.
- גלעד, ד., שילוני, ש. 1983. מודל הידרוגיאולוגי של עינות געתון דז"ח הידרו 1983/5, השירות ההידרולוגי, ירושלים.
- כפרי, א. 1970. ההידרוגיאולוגיה של תבורת יהודה בגליל המערבי והמרכזי. המכון הגיאולוגי, המחלקה להידרוגיאולוגיה, דז"ח הידרו/70/1.
- כפרי, א. 1972. מפה גיאולוגית, גליון נזריה 150,000. המכון הגיאולוגי, ירושלים.
- לוי, י. 1983. מפה גיאולוגית, גליון שפרעם 150,000. המכון הגיאולוגי, ירושלים.
- מועלם, י. 1971. הגליל המערבי, אקויפר הקטומן התחתון בבלוק קרן-כברי. חקירות באמצעות מודל אצלוג חשמלי, תה"ל.
- מיכאלי, א., בר יוסף, י. 1977. הפיכת חורש טבעי למרעה והשפעתו על מאוזן מי התהום באגן כברי. תה"ל, 01/77/21.
- מיכלסון, ח., גולדשטוף, י. 1974. הגיאואידרולוגיה של אקויפר הקטומן בגליל העליון והמרכזי. תה"ל, האגף להידרולוגיה, דז"ח 01/74/71.
- מיכלסון, ח. 1975. חוות דעת הידרוגיאולוגית על מכניזם הנביעה של מעיינות כברי וגעתון. תה"ל, 01/75/66.
- מנדל, ש. ארד, א. 1958. דיווח ראשון על הגיאואידרולוגיה של הגליל המערבי, תה"ל תל אביב.
- קולטון, י. 1968. סיכום מבחני שאיבה בקידוחי קטומן תחתון, שדה קרן-כברי בחורף 1967/68. תה"ל.
- שכנאי, ע., גולדשטוף, י. 1978. אקויפר קטומן עליון-טורון, אגן קרן-כברי. כיוול מודל ספרתי לשחזור תנועת מי תהום. תה"ל, 01/77/42.
- שכנאי, ע. 1989, 1990. דז"חות מעקב הידרולוגי באיזורים רגישים, איזור הצפון, לשנת 1988/89. תה"ל, 01/89/38, ולשנת 1989/90, תה"ל, 01/90/11.
- שכנאי, ע. 1990. סינון מעיינות בגליל המערבי, אגן קרן-כברי. בדיקת האפשרויות לתפיסת מעיינות באמצעות קידוחים והחדרת עודפים לאקויפר. תה"ל, 01/90/12.
- Geyh, M. A., Michel, G., Wagner, W. 1988. Environmental Isotope Identification of Catchment Areas in Karst. Karst Hydrogeology and Karst Environment Protection, Proceedings of the IAH 21st Congress, Guilin, China.

סיור 3

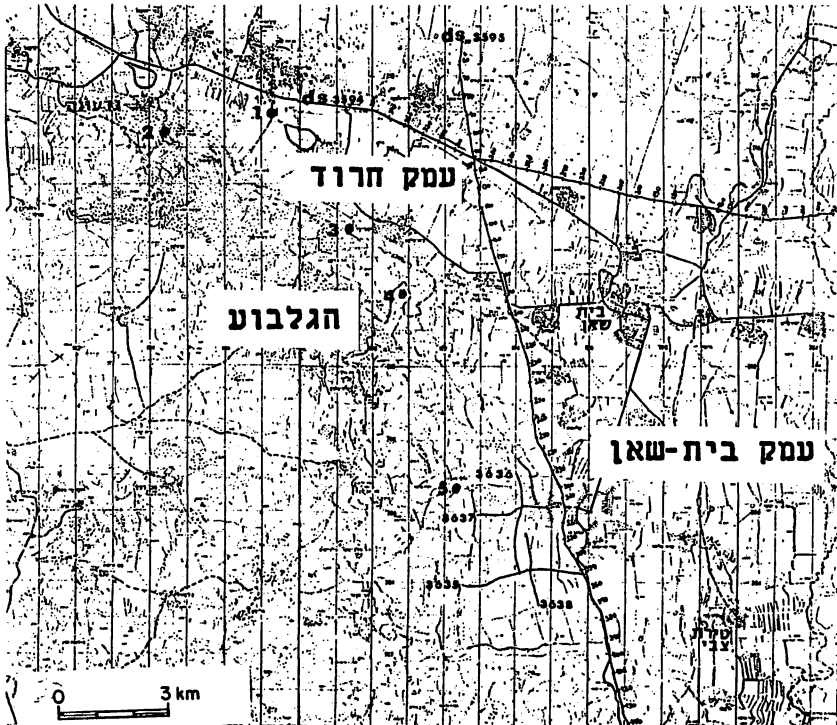
טקטוניקה וולקניזם בשולי הגלבוע

מ. בראון (1) וע. פלכסר (2)

(1) חברת גיאופרוספקט בע"מ, ירושלים

(2) החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב

מטרת הסיור: הכרת השוליים הצפוניים והמזרחיים של הגוש הנטוי של הגלבוע (איור 1). ההעתקה בגלבוע קשורה בשברי מדרות צפופים, בזריקה גדולה, באיזורים רחבים של ברקצית שבר ובוולקניזם. אינטרווייה של דיאבו לתוך דלומיט סכנין אחראית להתמרת מגע מגוונת בה נוצר שיש עתיר מינרליזציה מיוחדת. הגלבוע הצפון-מזרחי נושא חותמת של שתי מערכות שבירה, מערכת בקע הירדן בכוון צפון-דרום והמערכת הטרוסברסלית של הכרמל-גלבוע. בהקשר לזה יידון המבנה הטקטוני הסבך והמפתיע של עמקי חרוד ובית-שאן.



איור 1: מפת מיקום של איזור הסיור בסימון התחנות והקוים הסייסמיים בעמק חרוד ועמק בית-שאן.

רקע סטרטיגרפי (Flexer, 1961, 1968; פלכסר, 1959, חצור, 1988)
העמודה הסטרטיגרפית החשופה בגלבוץ מגיעה לכ-1200 מ'. מלמטה למעלה מובחנות שלוש תבורות סלע:

א. תבורת יהודה כ-350 מ' עובי, בסיס אינו חשוף. בבסיס ההר נחשפת תצורת דיר-חנה מרובדת היטב ובנויה מדולומיט דק גביש. מעליה תצורת סכנין, מסיבי מצוקי ובנוי מדולומיט גס-גביש. מעל תצורת בענה.

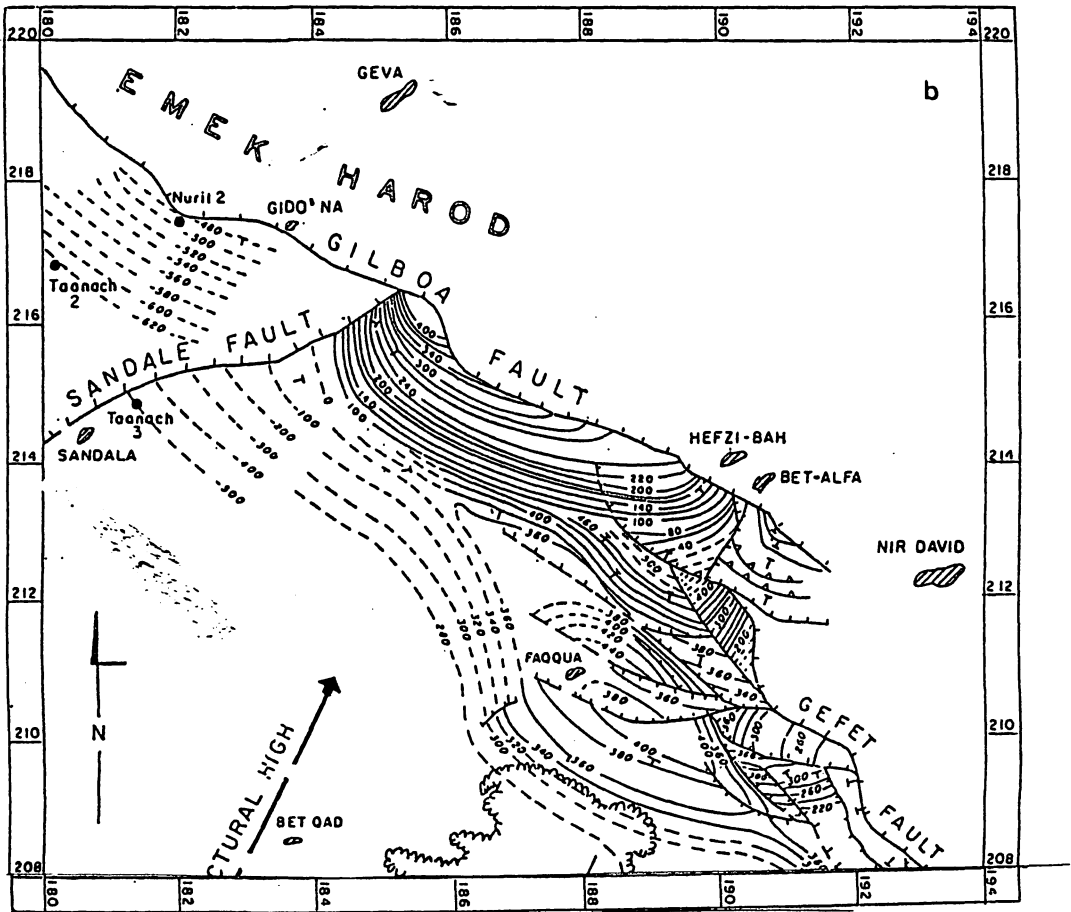
ב. תבורת הר-הצופים עובי משתנה כ-100 מ' במרכז ההר וכ-300-400 מ' בשוליים. העובי גדל כלפי גוש תענך. הגלבוץ מהווה אזור מעבר בין ההתפתחות הפאציאלית המקובלת של תצורת מישאש (מנחה מתחתיה וערב טקיה מעל) במזרח ההר, לתצורת עין זיתים (כעין מנחה ובה מעט מאוד צור) במרכז ומערב ההר.

ג. תבורת עבדת עובי כ-500-600 מ'. בבסיס תצורת מרוז (פלכסר 1959) הדומה לתצורת עדולם או מעלול אלא שהיא גירית יותר ומוזכירה את גיר תמרת (גרינברג 1960). במרכז - שיש יזרעאל גיר גבישי גס, מכיל נומוליטים, בעל קונקרציות גיריות ואונדולציות קלות והנו בעצם תצורת ניצנה מהנגב. התצורה העליונה הנה תצורת בר-כוכבא, גיר מסיבי מצוקי, ידועה כתצורת מטרד מהנגב.

רקע טקטוני

הגלבוץ הנו גוש גדול (20X20) ק"מ לערך בעל מבנה של חצי כיפה הוא נטוי במרכזו לדרום ובשוליו לדרום-מערב ולדרום-מזרח (איור 2). הגלבוץ מהווה "צומת משולשת" לשלושה אלמנטים טקטוניים (Picard, 1928, et seq.; Hatzor and Rechtes, 1990; פלכסר 1959, גיאופרוספקט 1988, חצור 1988):

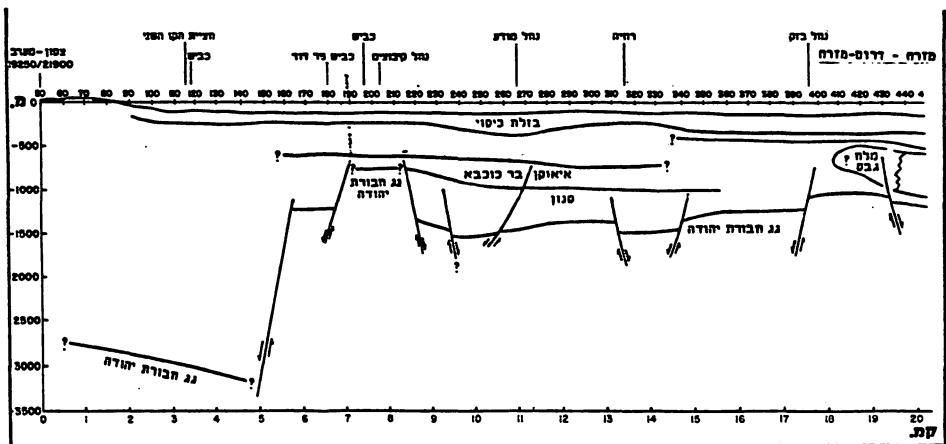
א. הקשת הסורית - הגלבוץ מהווה המשכה של סינקלינת שכס בכוון N30oE. בגלבוץ אינדולציות טקטוניות קלות שכוון הוכתב על ידי מערכת המאמצים ששררה בזמן הווצרות מערכת קמטי הקשת הסורית.



איור 2: מפה סטרוקטורלית של הגלבע. הקונטורים - גג תבורת יהודה. המפה מראה את חצי הכפה הסטרוקטורלית של ההר וכן את שלושת האלמנטים הטקטוניים: קמט הקשת הסורית, שברי רוחב ושברי אורך. מעובד ע"פ Reches and Hatzor, 1990.

ב. מערכת שברים רוחבית (מזרח-דרום-מזרח) - מערכת הכרמל-גלבע. זוהי שורת ההעתקים הרחבת הבולטת ביותר בנופי ארצנו. מימדיה, שיעורי הזריקה, שינויים בהרכב ובמבנה הקרום צפונה ודרומה לה, גיאופרוספקט (Ben-Avraham and Ginzburg, 1990; 1988) פעילותה הסייסמית והוולקנית מעידים שמערכת זו "צרובה" בתשתית הפריקמברית. קרוב לדאי שהמערכת ממשיכה בתת-הקרקע מזרחה למקום חשיפתה האחרון ליד מחצבת בית-אלפא (איור 3; גיאופרוספקט, 1988). המערכת בנויה מהעתקים נורמלים בעלי תלילות גבוהה או אף אנכיים (פלכסר, 1959, גיאופרוספקט, 1988). מדידת שדות המאמצים אינה מצביעה על העתקה שמאלית לאורך מערכת זו. (Hatzor and Reches, 1990).

ג מערכת שברים אורכית - העתקים מקבילים בכוון כללי צפון-מערב המצויים בתת-הקרקע ותגלו באמצעות סקר סייסמי מעוטרים על ידי "מבנה פרחים" (Flower structures) המאפיין שברי תזוזה (גיאופרוספקט, 1988).



איור 3: חתך גיאולוגי בעמק בית-שאן (צפון-דרום) (על בסיס חתך סייסמי, DS 3595).

דומה וישנה אנלוגיה מעניינת למערכת העתקי הכרמל, בה המערכת האורכית (צפון-דרום) גילמה-יקנעם הנה מערכת של תזוזה אופקית והמערכת הרחבית (לצפון-מערב) יגור-נוה שאנן היא נורמלית (משה אכמון, דברים בע"פ).

הוולקניזם וגיל ההעתקים

בדיקות גיל של הבזלות המצויות בשולי הגלבווע והמלוות את השברים נערכו ע"י שליב 1989. שילוב של נתונים אלה ביחסי השדה שבין הגופים הוולקניים והשברים סייע בתארוכם של האירועים הטקטוניים (חצור, 1988). מובחנות שלוש פזות וולקניות: בזלת תחתונה - מיוקן תחתון ותיכון (15 מליון שנה בממוצע). בזלת-תיכונה - מעבר מיוקן - פליאוקן (6 מליון שנה). בזלת הכסוי - ראשית הפליאוקן (כ-5 מליון שנה). ההעתקה החלה לפני הבזלת התחתונה והמשיכה במספר פאזות עד אחרי פרוץ בזלת הכסוי.

מסלול הסיוור

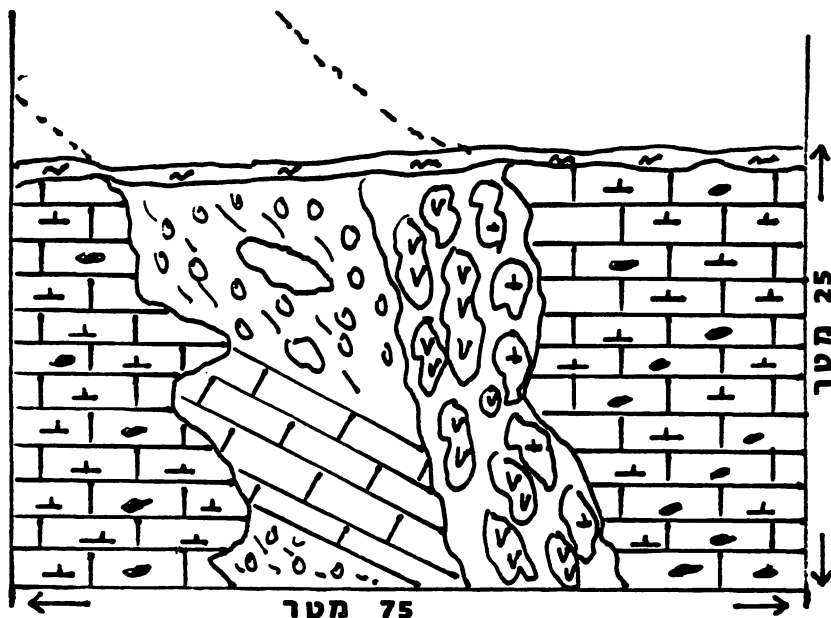
תחנה 1 - תצפית מתחנת הדלק ליד עין-חרוד (30 דקות)

בתחנה זו נצפה על חזית הגוש המרכזי הנטוי של הגלבווע. בצד ימין (מערב) נבחין בגוש נטוי סמוך ונמוך יותר - גוש יזרעאל. בצד שמאל (מזרח) בגוש חפציבה בית-אלפא הנטוי מזרחה. בבסיס ההר מופיעה תצורת דיר-חנה על שלושת פרטיה, כאשר הפרט המרכזי, החרסיתי הרך מבטא כנראה קשר לאופקים הוולקניים השזורים בתצורה זו באום אל פחם ואולי אף לחואר למוצא. מעל מצויות תצורות סכנין ובענה. ייעור צפוף מקשה על האבחנה הסטרטיגרפית גבוה יותר. שברים קטנים ניצבים לשבר הראשי בולטים בחזיתו של הר-שאל. מהו שיעור הזריקה של שבר הגלבווע? באיזה עומק מתחת לרגלינו נמצא שנית את גג חבורת יהודה? דומה והחתכים הסייסמיים מבציעים על 3000-2500מ' (גיאופרוספקט, 1988).

תחנה 2 - מחצבת נורית (60 דקות, בתוספת נסיעה למקום 10 דקות, ארוחת בוקר 30 דקות סך הכל 100 דקות).

במחצבה זו השוכנת במפגש בין השבר הראשי שכוונו למערב - צפון-מערב והממשיך מגוש הגלבווע לגוש יזרעאל לבין שבר שכוונו לדרום-מערב והוא מפריד בין גוש הגלבווע וגוש יזרעאל (איורים 2, 4). המחצבה ממוקמת בגיר הקרטוני של חבורת עבדת, תצורת מרוז ושיש יזרעאל (תמרת-ניצנה) הבנויות גיר, גיר קרטוני שזור בעדשות צור ואופקי צור דקים. נצפה במחצבה במהלכו של השבר הראשי של הגלבווע. כאן נפתח איזור ריסוק רחב המשתרע ע"פ כמה עשרות מטרים, דייקים מגיל הבזלת התחתונה חדרו דרך איזור השבר. לאחר חדירת הדייקים חלה פאזה נוספת של שבירה והדייקים עצמם מרוסקים.

סדר האירועים הוא לפיכך: 1. שבירה מוקדמת וריסוק הסלע. 2. חדירת דייקים-אמצע מיוקן.



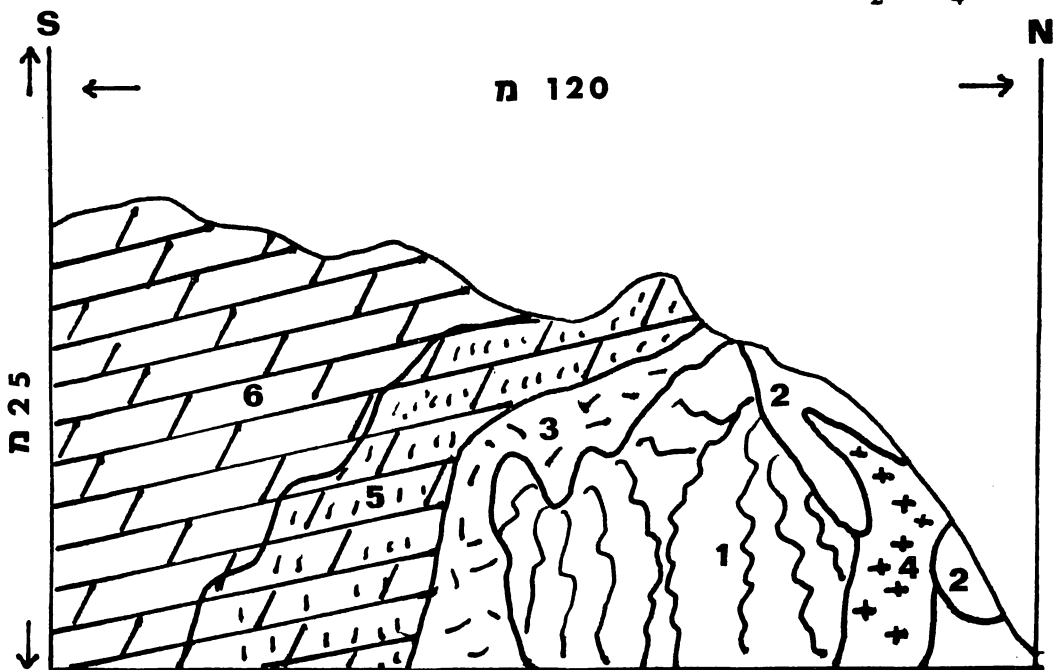
איור 4. מחצבת גדעונה. חתך סכמתי באזור השבר של גוש יזרעאל. שים לב לרוחב אזור השבירה ולרסוק הרב.

3. שבירה נוספת צעירה (פליו-פלייסטוקן?) למדי אם לשפוט לפי החזות המורפולוגית של ההר, והיחסים עם בזלת הכסוי במחצבת יזרעאל.

מהמחצבה נפתחת תצפית יפה על עמק חרוד. עמק חרוד הנו גרנן צר (גינצבורג 1960, גיאופרוספקט 1988) מוגבל בדרומו על ידי העתק הגלבוץ ובצפון על ידי העתק תת-קרקעי העובר מדרום לגבעת המורה מזרחה לכוון גבעת קומי. גנה של תבורת יהודה נמצא בעומק רב של 2000-3000 מ'. מעל תבורת הר-הצופים, עבדת ומלוי ניאוגני קוורטרי של חוארים ובזלות.

תחנה 3 - (30 דק', זמן נסיעה לכאן 30 דק' סך הכל 60 דקות)
 במחצבה זו מתגלה אינטרוזיה של דיאבו (דולריט) החודר לתוך דולומיט סכנין על קו ההעתק (איור 5). המיוחד באינטרוזיה זו הוא המטמורפוזת של הדולומיט, המצטיינת בעושר מינרלים מיוחדים ובצבעוניות רבה. גודל השטח המושפע הוא כ-300 מ' אורך ו-150 מ' רוחב.
 הדיאבו הינו מסיבי, אפור כהה גבישי עד אפניטי (בדפנות) הוא חדר לתוך הדולומיט ושוח ושולח אפופיזות רבות כך שלמחדד צורה אירגולרית ביותר. גיל המחדר מיוקן תחתון/תיכון - בזלת תחתונה (גיל 10-15 מ"ש עפ"י שלבי אצל חצור, 1988) 4 חגורות של מטמורפוזת הוברחו (Lang and Soudry, 1978):

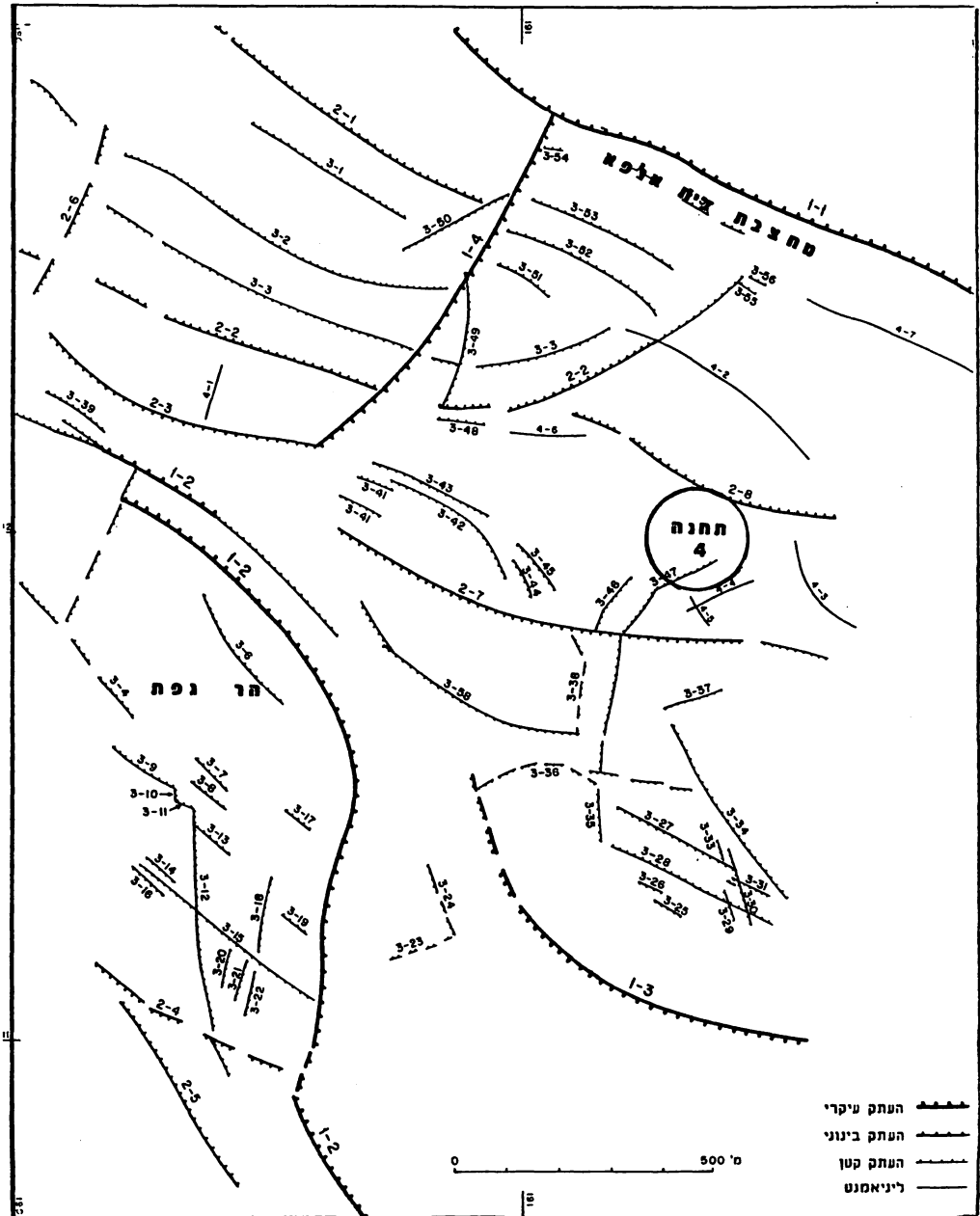
- א. איזור קלציט-מגנזיט
 ב. איזור שישי של קלציט דולומיט
 ג. איזור של גיבוש מחדש של דולומיט
 ד. איזור הדולומיט השחור
 עורקים רבים של קלציט דולומיט מגנזיט ($MgCO_3$) וברוציט ($Mg(OH)_2$) חוצים את האיזור.
 אופנהיים 1963 מצא שורה של מינרלים המציינים את איזור המטמורפוזה, בעיקר מינרלים של
 סידן כמו:



איזור 5. מחצבת חפצי בה. יחסי השדה בין מחדר הדיאבז לחגורות המטמורפיות וסלע הסביבה (מעובד ע"פ פלכסר, 1959; Soudry and Lang 1978, וחצור, 1988)

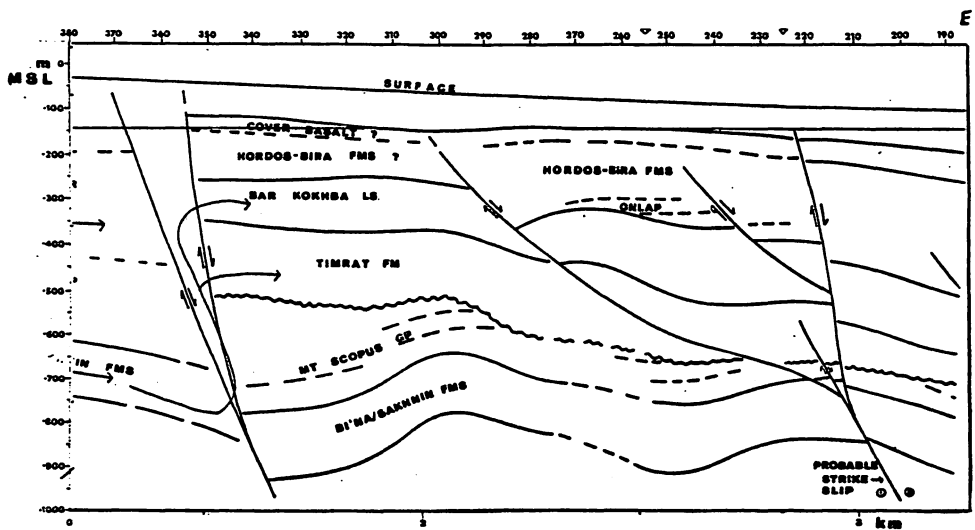
- 6 - סלע הסביבה - דולומיט סכנין
 5 - אזור הדולומיט
 4 - האזור המגוון - ריקריסטליזציה של דולומיט
 3 - אזור שישי (קלציט, דולומיט, מגנזיט)
 2 - אזור האינטרוזיה והמטמורפוזה
 1 - דייק של דיאבז.

תחנה 4 - גבעה 334 בדרך למעלה גלבוץ. (30 דקי. זמן נסיעה 20 דקי סך הכל 50 דקות).
 בתחנה זו נצפה במפגש של שתי מערכות ההעתקים של ההר הרוחביים (מעז-צפי מעי) אשר
 נחוצים/חוצים את המערכת האורכית (צפי-דרי) (איור 6).
 מהתחנה תצפית לעבר עמק בית-שאן.



איור 6: תחנה 4, גבעה 334 - צומת הפגישה של מערכת ההעתקים הרוחבית והאורכית (מתוך גיאורוספקט, 1988, 1987).

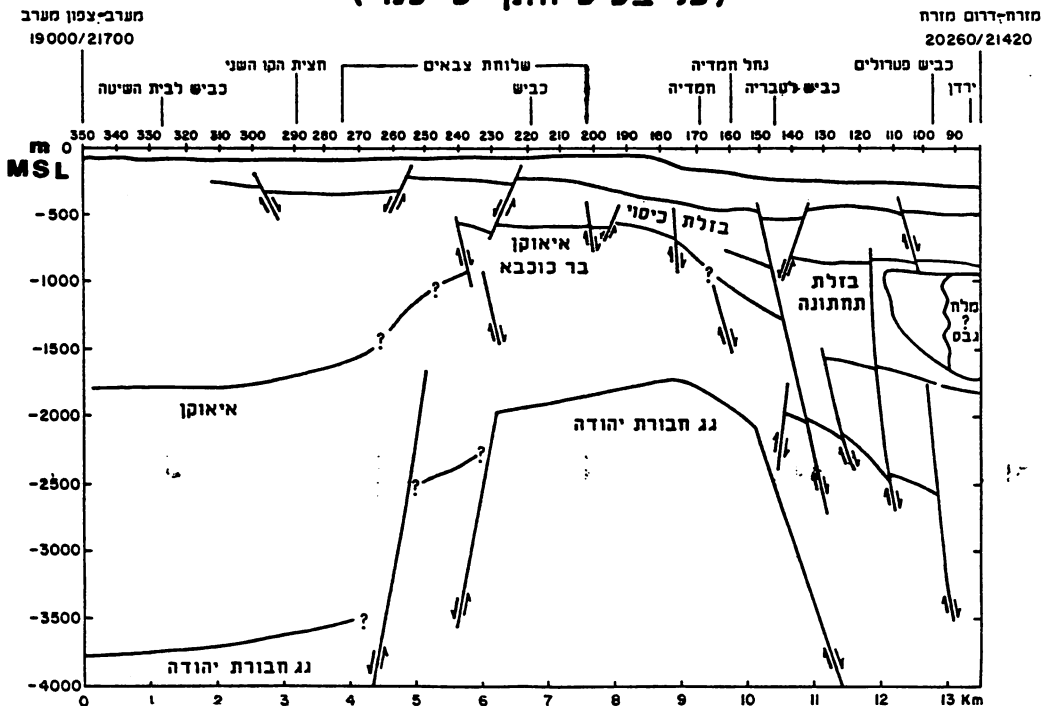
מקובל לראות בעמק בית שאן כאחת החוליות בשרשרת העמקים דמויי המעוין המצויים לאורך בקע הירדן. החתכים הסייסמיים אכן מראים שבירה עם תזוזה אופקית ("מבני פרחים") לאורך שברי האורך המקבילים לשולי הגלבו המזרחי (גיאופרוספקט, 1988). בדרום העמק מובחן המשכה לכיוון צפון מזרח של אנטיקלינת הפריעה. אי התאמה שנתגלתה בנחל אבינדב בין חבורת הר הצופים לחבורת עבדת (פלכסר 1959; Flexer, 1961) מתחזקת כלפי מזרח שם בתת הקרקע מצויים סלעי האיאווקן ישירות על תבי יהודה כאשר סלעי הסנון מתיתדים ונעלמים (איור 7).



איור 7: חתך גיאולוגי לאורך הקו הסייסמי 3635. בחתך נראים "מבנה הפרחים" של שברי האורך (צפון-דרום) וכן מגמת ההצטמצמות של חבורת הר-הצופים, כלפי מזרח, לכונן המשך אנטיקלינת הפריעה.

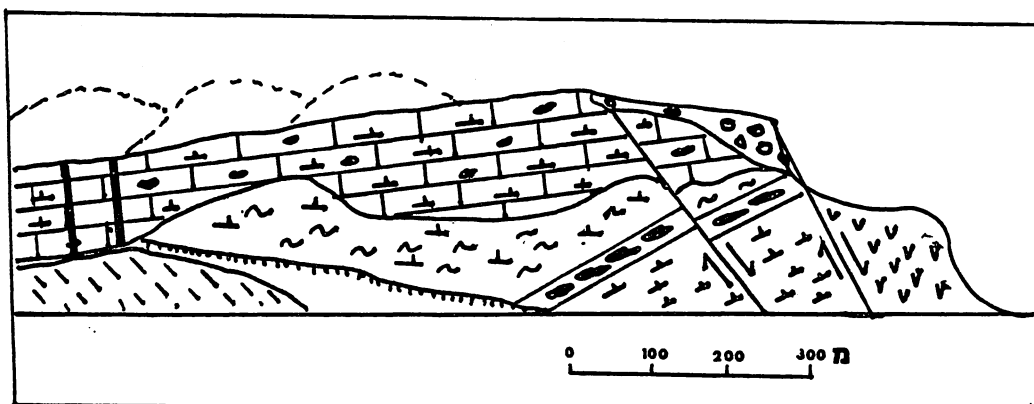
עמק בית-שאן הינו בור עמוק ביותר. החתכים הסייסמיים (גיאופרוספקט 1988) וניתוח גיאוכימי של מי התחום והמעיינות (Rosental et al, 1988) מצביעים על קיומו של גוף אבפוריטי גדול גבס או מלח בעמק. אם אכן זהו המצב הרי האיזור נעשה מבטיח ומעורר חיפוש נפט בו. איור 8 מראה את המשך האנטיקלינת הפריעה קבורה בעמק בית-שאן ואף הגוף האבפוריטי במזרח.

חתך גיאולוגי עמק בית שאן (מערב-מזרח) (על בסיס חתך סייסמי)



איור 8: המשך הקבור של אנטיקלינת הפריעה. גוף אבפוריטי מצוין בצד מזרח של החתך.

תחנה 5 - נחל אבינדב (30דקות, כ- 20 דקות נסיעה סך הכל 50 דקות)
 בתחנה זו ניתן להכיר את התצורות הקרטיקוניות מנוחה, מישאש ועירב. תצורת מישאש מפותחת בפציאס חרוז הידוע ממקומות במדבר יהודה והנגב. המסלע האיאווקני מונח בא-התאמה זויתית וארוסיבית על גבי תצורת עירב תוך כדי לקונה סטרטיגרפית בולטת (איור 9). 2 דייקים מגיל בזלת הכסוי חוצים את הסלעים האיאווקנים. הביקור בתחנה זו הוא אופציונלי ומותנה בכמות הזמן שתותר.



איור 9: נחל אבינדב. תצפית על אי ההתאמה האירוסביבית והזויתית בג חבורת הר-הצופים ובסיס האיאווקן. 2 דייקים מצוינים בצד שמאל. מערכת שברי עמק בית-שאן נחשפת בצד ימין חלקה קבור עוד מזרחה בתת-הקרקע.

רשימת ספרות

- גיאופרוספקט, 1987 סקר גיאוטכני ראשוני למטרות מנהור בגלבו. ירושלים, יוני 16 עמ' + שרטוטים.
- גיאופרוספקט, 1988 א', פיענוח חתכים סייסמיים בעמק בית-שאן לצורך חיפושי מים. ירושלים, ינואר, 6 עמ' + שרטוטים.
- גיאופרוספקט, 1988 ב', פיענוח חתכים סייסמיים בעמק בית-שאן לצורך חיפושי מים. ירושלים. יולי 10 עמ' + שרטוטים.
- גינצבורג, א. 1960. מחקרים גיאופיסיקליים באזור החוף המרכזי, הצפוני והעמק המרכזי חבור לשם קבלת דוקטור לפילוסופיה האוניברסיטה העברית ירושלים.
- גרינברג, י., 1962, הגיאולוגיה של איזור כפר-החורש-עילוט. עבודת גמר לתואר מוסמך במדעי הטבע. האוניברסיטה העברית. 53 עמ'.
- חצור, י., 1988 הגיאולוגיה של איזור הגלבו, עבודת גמר לתואר מוסמך במדעי הטבע. האוניברסיטה העברית, 113 עמ'.
- פלכסר, ע., 1959, הגיאולוגיה של הגלבו, עבודת גמר לתואר מוסמך במדעי הטבע, האוניברסיטה העברית.
- רוזנטל, א., 1979, ניתוח מצב מי התהום בעמקחי בית-שאן ומחולה. נציבות המים, השירות ההידרולוגי, דו"ח הידרון 1/1979
- שליב, ג., 1989, שלבים בהיסטוריה הטקטונית והוולקנית של האגנים הניאוגנים הקונטיננטליים בצפון ישראל. עבודת דוקטור לתואר דוקטור לפילוסופיה, האוניברסיטה העברית, 105 עמ'.
- Ben-Avraham, Z. and Ginzburg, A. 1990. Displaced terranes and crustal evolution of the Levant and the eastern Mediterranean. *Tectonics* 9: 613-622.
- Flexer, A. 1961. The geology of Mount Gilboa. *Bull. Res. Council of Israel* 10G: 64-73.
- Flexer, A. 1968. Stratigraphy and facies development of the Mount Scopus Group (Senonian-Paleocene) in Israel and adjacent countries. *Israel J. Earth-Sciences* 17: 85-114.
- Hatzor, Y. and Reches, Z. 1990. Structure and paleostresses in the Gilboa region, western margins of the central Dead Sea rift. *Tectonophysics* 180: 87-100.

Lang, B., Soudry, D. 1978. Contact metamorphic magnesite marble at Mount Gilboa, northern Israel. *Israel J. Earth-Sciences* 27: 117-123.

Oppenheim, M.J. 1963. The Hefzi-Bah limestone-dolerite contacts, Israel. *Israel J. Earth-Sciences* 12: 56-57.

Picard, L. 1928. Ein Eocaenprofil des Gilboas in Palaestina, *Centralblatt f. Min. Abt. B*: 578-582.

Picard, L. 1929. Zur Geologie der Besanebene. *Ibid.* 52, 24-90.

Picard, L. 1934. Zur Geologie der Gebietes zwischen Gilboa und Wadi Fara, *Centralblatt f. Min. Abt. B*: 27-32.

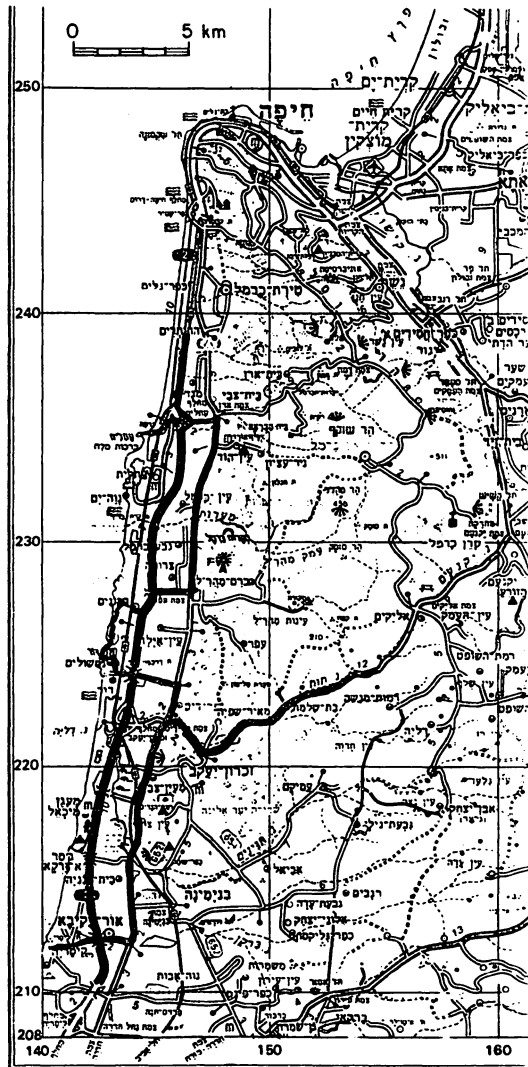
Picard, L. 1943. Structure and Evolution of Palestine, *Bull. Geol.Dept. Heb. Univ.* 143p.

סיור ד'

עוזיות לשנויים אנכיים ביחסי ים-יבשה מאתרים ארכאולוגיים

א. רבן

המרכז ללימודי ים, אוניברסיטת חיפה



מסלול הסיור

1. לוחז מניס משוער (ראה מפה עם מסלול הסיור):

06.00-07.00, נסיעה: עכו - קיסריה (חוץ צפוני)

07.00-08.30, סיור רגלי בעתיקות קיסריה.

08.30-09.15, ארוחת בוקר.

09.15-09.30, נסיעה: קיסריה - תל דור.

09.30-11.30, סיור בתל דור וסביבתו.

11.30-12.00, נסיעה: דור - עתלית.

12.00-12.30, סיור בחוף עתלית.

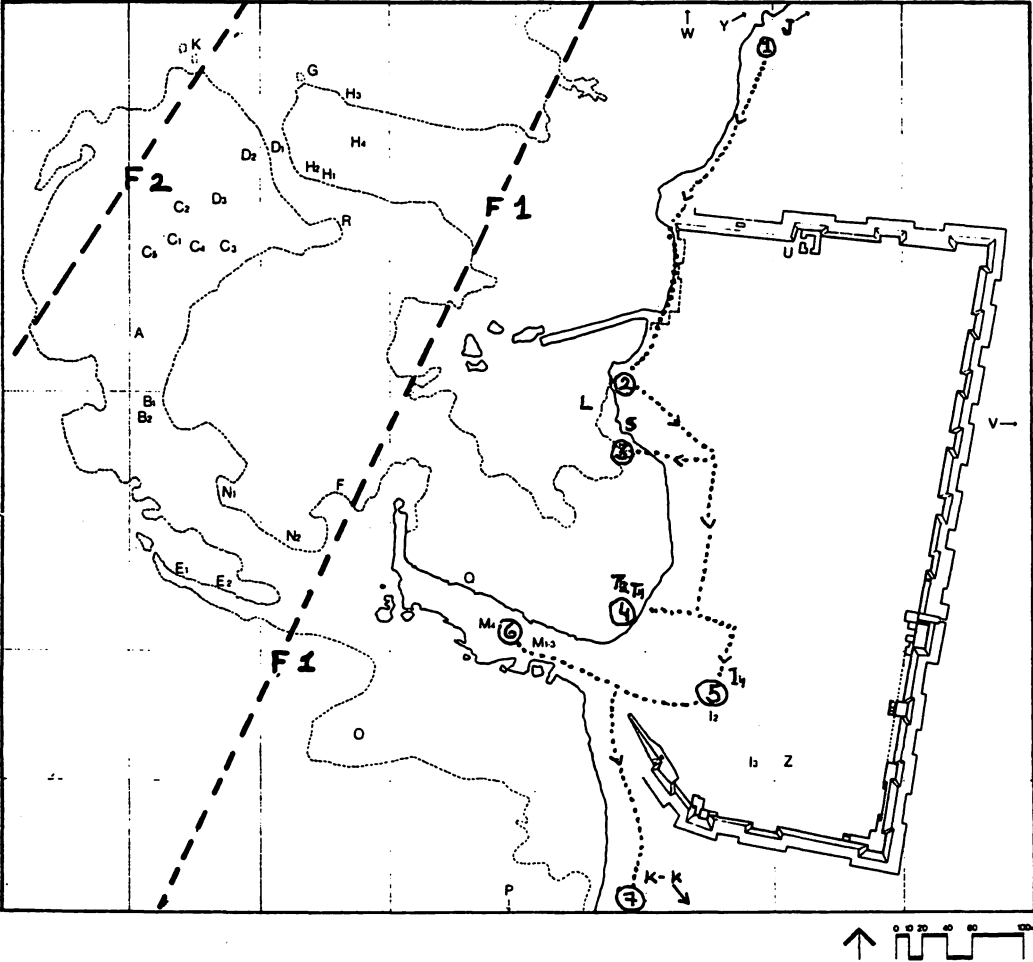
12.30-13.15, נסיעה: עתלית - עכו.

13.15-13.30, תצפית בנמל עכו (או בתל).

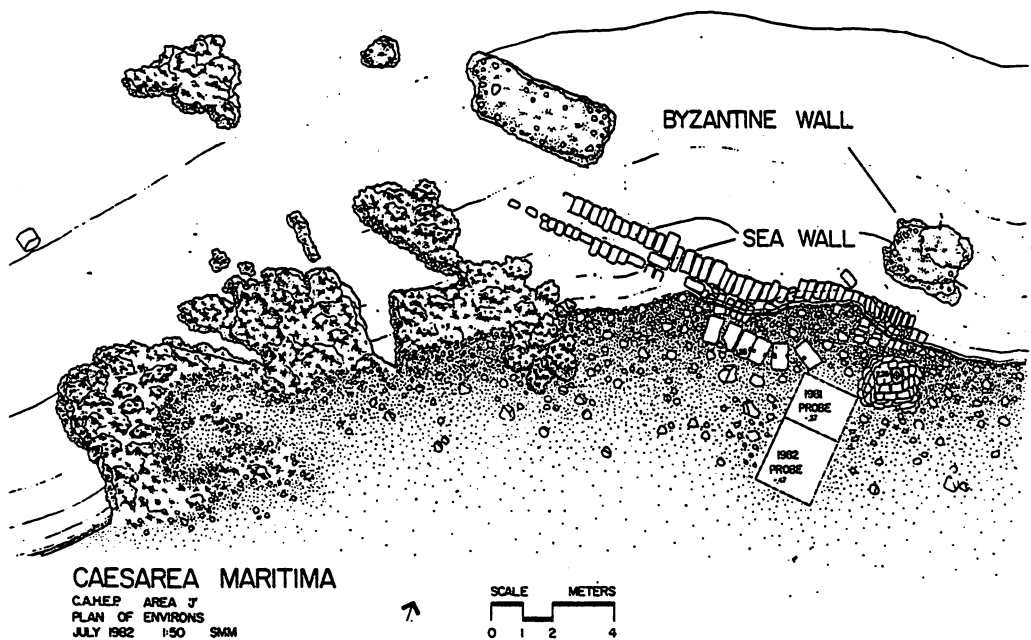
2. פרוט המסלול והאתרים

א. **קיסריה:** האתר של קיסריה נחקר יותר מכל אתר אחר לאורך החוף הימני תיכוני של ישראל, בכל הקשור לשנויים שחלו בטופוגרפיה של קו החוף ומדף היבשת הרדוד שלו במרוצת הרביעון. במרוצת שנות השבעים, בהקשר לאפשרות של הקמת תחנת כח גרעינית בקו החוף, נחקרו ביסודיות הנתונים הסטרטיגרפיים, הגאומורפולוגיים, ביים ובקו החוף, במטרה לזהות פעילות טקטונית רצנטית (Neev et al., 1978), נושא שזכה לדיון מדעי נרחב (Kafri and Karcz, 1975; Arad et al., 1978). בעקבות מחקר ארכאולוגי שנערך באתר ואשר איתר מבנים מלאכותיים שמפלסם היחסי שונה כדי 5-6 מטר מזה המקורי, שבהתאמה למפלס פני הים (רבן ואחרים, 1976). נתעוררו שאלות לגבי משמעות השינוי וסיבותיו (Flemming et al., 1978). המחקר הארכאולוגי נמשך מאז ועד ימינו ותוצאות מפורטות של חלקו, עד 1986, זכו לפרסום סופי, הכולל דיון בעדויות השונות לשנויים ביחסי ים-יבשה במרוצת אלפיים השנים האחרונות ומסקנות אפשריות לגבי מהות התהליכים שגרמו לשינויים אלה (Neev et al., 1987; Raban, 1989) הסיור כולל את נקודות התצפית הבאות, לפי סדר הביקור, מצפון לדרום:

1. שטח J, במינוח של משלחת החפירות לחקר נמליה העתיקים של קיסריה (CAHEP), מצוי כמאתיים מטר צפונית לחומת העיר הצלבנית, בקו החוף (ראה איור 1). כאן נתגלו רציף, מחסני נמל ומבני הישוב שקדם לעיר ההרודיאנית והמתוארכים לשלהי המאה השנייה לפנה"ס (מגדל סטרטון). מבנים אלה משולבים במדף גידוד מוגבה כדי 1.2 מטר מעל המפלס הנוכחי של הים ומותאמים למפלס הנמוך כדי 0.2-0.3 מטר ממנו. מבט לאורך החוף, כלפי צפון, ממחיש את נסיגת קו החוף מזרחה, בגזרה של כמה מאות מטרים. נסיגה שגרמה להרס אמת המים הגבוהה, לאחר אמצע האלף הראשון לספירה. (ניר 1981, 1985; Inman, 1974) נסיגה זו קשורה לעליה יחסית של מפלס מי הים, כדי חצי מטר ויותר. עליה זו מתועדת במפלס תחתית באר בנויה מהתק. הביזאנטית, שנמצאה בשטח האתר ובקיר ים מאותה תקופה, המסתיים מבוצר במקום בו היה קו החוף קודם נסיגתו (Raban, 1989; וראה איור מס. 2).



1. קיסריה - מפה כללית של האתר, עם נקודות התצפית ומסלול ההליכה



איור 2: תכנית שטח J

2. לאחר הליכה דרומה, לאורך קו החוף ומעבר הפינה המערבית של חומת העיר הצלבנית ניתן לתבחין במים החדדים בדבכי הבסיסי של החומה המערבית (חומת היס) שנבנתה במאה

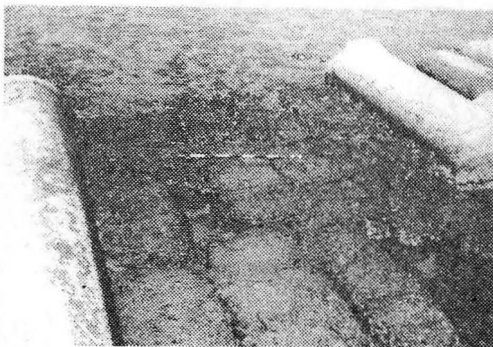
הייג לספירה (1253) ואשר מתייחסת בברור למפלס ים נמוך כדי חצי מטר מזה הנוכחי. שטח L כולל מבנה של רציף ומזח מהתקופה ההרודיאנית ומדרום-מערב להם מזח מהתק. הצלבנית, הבנוי מעמודי שיש וגרניט שנשדדו מחורבות העיר הקדומה. מזח זה נשען בברור על קשת של סלע חוף, שריד למפרץ חולי שהיה במקום באותב תקופה ומותאם למפלס ים נמוך יותר (איורים 3-4). בין שרידי קירות של מבנים שהוצבו עיג הרציף ההרודיאני בולטת אבן גזית המצויה באתרה המקורי בקיר ועליה שרידי צדפות ימיות מסוג אוסטראה. האבן מצויה במפלס של 2.15 מ' מעל למפלס פני הים (איור 5), אך לא ברור מתי התיישבו הצדפות עליה - לפני או אחרי ששולבה בבניה, באתרה הנוכחי.

3. תופעה דומה ניתן לראות בשטח S, בשוליים הצפוניים של מפרץ המעגן הנוכחי, בתחומי חוף הרחצה הסגור. עיג קירות גזית מהמאה הרביעית לספירה (איור 6), עד למפלס של 3.1 מטר מעל לפני הים. יתכן לראות בשרידים אלה עדויות לתנועת היו-זו הטקטונית, בפאזה המאוחרת שלה (Neev et al., 1987), אך יתכן גם שאבני גזית אלו שימשו בשלב קודם במבנה נמוך בהרבה, או בקיר ים כל שהוא חלק מהנמל ההרודיאני, או שלקחו משפכי מבינים קדומים יותר.

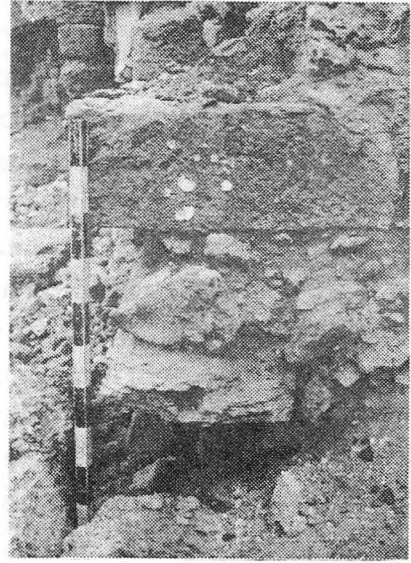
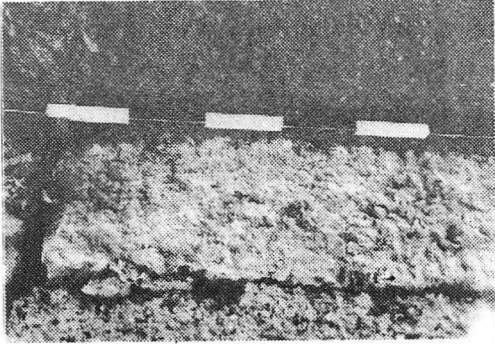
4. עדויות ודאיות לשקיעה מצויות בקרקעית הים, בחלקו הפנימי של המפרץ (שטח T). כאן מצויה חומת הים הצלבנית בעומק מים של 1.6 מטר ואף מגדל עגול, מהתק. ההלניסטית, שבסיסו בעומק מים של 2.7 מטר (איור 7).



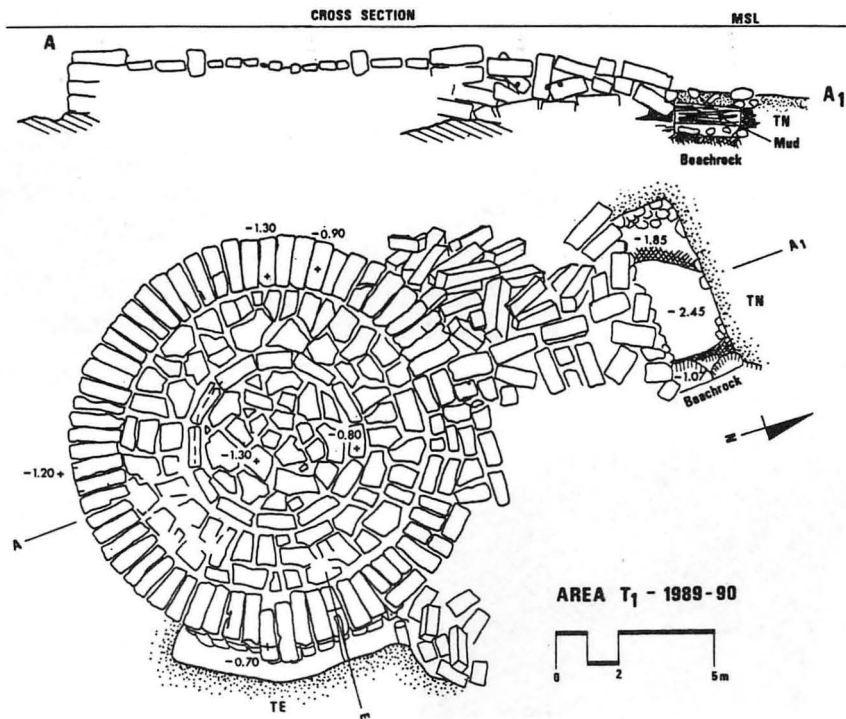
3. מבט ממזרח על המזחים בשטח L



4. פרט במזח העמודים עם קטע ריצוף המצוי היום מעט מתחת למפלס השפל

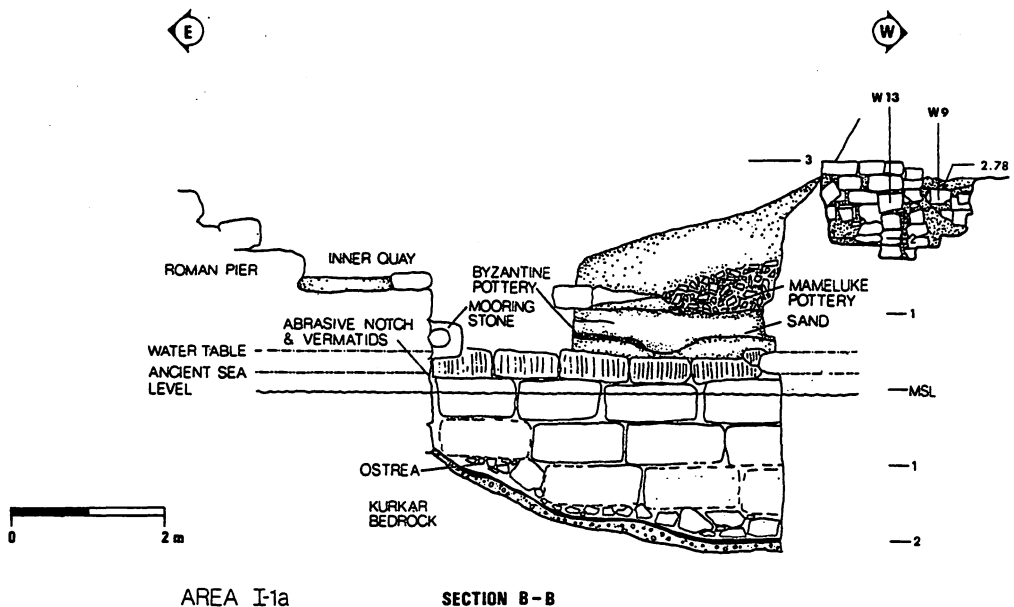


5. אבני גזית באתרן, מכוסות צמדת ים בשטח L 6. כניל, בשטח S



איור 7: תכנית המגדל העגול I-1

5. שטח I הינו הרציף המזרחי של בריכת נמל פנימית המצויה כיום כמאה מטר מזרחה מקו החוף. בחפירות שנעשו כאן אותר בברור מפלס קו המים של התקופה בו היתה הבריכה בשימוש כחלק מהנמל (עד סביבות שנת 70 לספירה). מפלס זה זוהה ע"י כסוי פאונה ימית אפיינית: אוסטראות, עד +0.1 מטר ובלוטי-ים - עד מפלס של 0.4-0.6 מטר מעל לפני הים כיום, לעומת שלב מוקדם זה, בו היו פני הים דומים לאלו שבימינו, נכרת עליה רציפה במפלסם במאות השנים הבאות. בראשית המאה הששית (לפני כ-1500 שנה) הוכשר חלקה הצפוני-מזרחי של הבריכה כאגן מי תחום מתוקים. לשם כך נבנה מלוי אפקי עד למפלס של 1.3 מטר מעל למפלס פני הים הנוכחי, כבסיסי לפן הביני. כיום מצוי פן זה סביב -0.8 מטר, כמטר נמוך יותר (איור 8). במאה השמינית יצא אגן המים המתוקים משימוש ושטחו מולא בהרבדות של חול חופי, עד לגובה של 1.6 מטר מעל לפני הים כיום (איור 9) במאות הבאות חזר השטח לשמש כבסיס למבני מגורים ובתקופה הצלבנית הותקן כאן מאגר מים מטוייח שרצפתו רק 0.4 מטר מעל לפני הים. בסמוך לו נחשף חדר אשר רצפתו מכוסה כיום במי תחום, מה שמצביע על מפלס מי-ים נמוך יותר מזה הנוכחי באותה תקופה (Gertwagen, 1990).



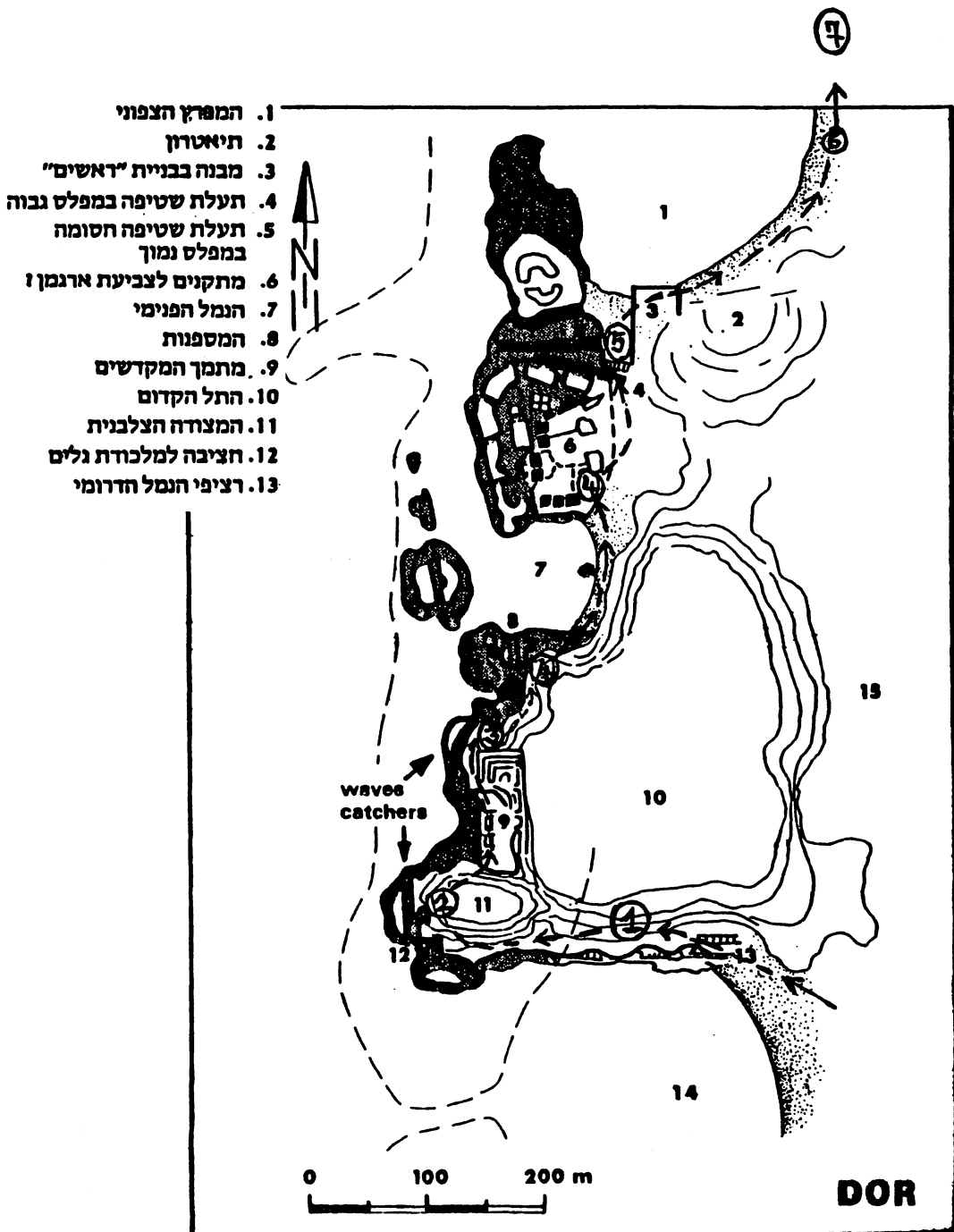
איור 8: חתך בחפירת בריכת הנמל הפנימי, בשטח I-1

6. תצפית על שטחו של הנמל התרדיאני, ממרומי מצודת הנמל, מאפשרת להבחין בצללית תואיי שוברי הגלים המצויים כיום עמוק מתחת לגלים, המחקרים השונים מצביעים במידה רבה של דאגות על קיומם של קו העתק אחד, או יותר המקבילים לחוף-מערבה ממנו. הקו הברור הוא זה החותך את הנמל העתיק בתואי המצוי מעבר למזח החדש, מערבה (ראה איור 1). על תקפותן של מסקנות אלו ישנם ויכוחים, אך נראה שכל הצעה חליפית לאפיה של השקיעה נתקלת בקשיים וסותרת את הנתונים שבשטח (וראה רבן ואחרים 1976; רבן 1981; ניב ובקלר 1978, 1987, 1978; Neev et al., 1989, 1990, Raban).
7. דרומית לעיר הצלבנית, בשטח K-K, מצויה סוללה של דיונות המתנשאת לגובה של יותר מטריסר מטרים מעל לפני הים. סוללה זו והשטח שבערפה מכוסים ברבדי צדפות (בעיקר נעמיות) ממוצא ימי ברור. רבדים אלה נושאים אופי של הרבדה טבעית ומכסים מבנים ומפלסי חיים מהאלף הראשון לספירה. מול הטענה שיש לראות באותם רבדים עדויות לקוי הצפה ימית (Neev et al., 1987), ניתן לטעון שמקור הצדפים בתומר מילוט של מבנים מלאכותיים, שנצבו מעל הדיונות בימי הביניים ולאחר שנהרסו (בעיקר בשל שוד אבני הבניין במאה הקודמת), הרבידו זרימות החורף של הנגר העילי את השאריות והותירו בשכבה מרוכזת על פני השטח (רבן ואחרים 1976).

ב. דור

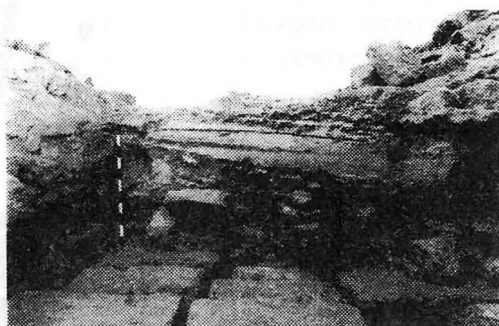
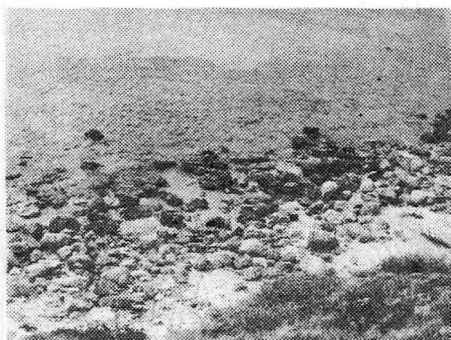
קטעי החוף של דור וסביבתו מהווה חטיבה טופוגרפית מיוחדת במינה - הן בתפוצת תצורות מפותחות כמדפי גידוד, מפרצים יתלויים, אנגי הרבדה מורמים וכי; והן בשל ריבוי המתקנים והחציבות המלאכותיות, המתייחסים אל קו מים ויחסי ים-יבשה שונים מאלה של ימינו (איילון 1988; סנה 1981; סנה וקליין 1983 רבן 1985, 1977; Raban & Galili). מתקנים וחציבות אלו נחקרו ונחקרים בידי צוותים שונים של החוג לציויליזציות ימיות והמרכז ללימודי-ים באוניברסיטת חיפה מאז אמצע שנות השישים, תוך נסיון להסיק מהם על שינויים איאוסטטיים וטקטוניים במרוצת ההולוקן המאוחר (בלוך 1966; Flemming et al., 1978). במסגרת הסיוור נכלל לצפות רק בחלק קטן משפע זה של נקודות התייחסות, מדפי גידוד נטויים, מתקנים מורמים, אן שקועים, צנירי המסה ושאר עדויות לשינויים אפקיים ואנכיים ביחסי ים-יבשה.

הסיוור הרגלי יתחיל במגרש התניה שבצידו הצפוני של קיבוץ נחשולים. מכאן נצא מערבה, בכון שוליו הדרומיים של התל העתיק (איור 10).



איור 10: תכנית כללית של תל דור וסביבתו, מסלול הסיור ונקודות התצפית

1. הנמל של גויי הים. דרומו של התל גובל במפרץ גדול, המופרד מהלגונה של טנטורה ע"י טומבולו. מילוי חולי זה הינו צעיר ביחס ואין ספק שעד לפני כשלושת אלפי שנה היו הלגונה והמפרץ גוף מים אחד (סנה 1981). לאורך חופו הצפוני-מזרחי של המפרץ הגדול, למרגלות התל, ניתן להבחין בנקל בשרידי רציף מלוחות אבן רבועים שפניו מעט למפלס פני הים הנוכחי (איור 11). רציף זה נמצא תחום בקצותיו, במזרח ובמערב, ע"י מבני גזית מרובעים, בנויים מנדבכי ראשים ענקיים. מבנים אלה מונחים בבסיסם, בעומק מים של יותר ממטר אחד, ישירות ע"ג מפלס חרסיתי ממקור יבשתי, אשר היתה חשופה בפני השטח ומעל לפני המים, לפחות עד לפני כ-5,000 שנה. הנדבך הראשון של מבנים אלה והרציף השקוע, נבנו לתוך שכבת חול דק גרגר וחסר שרידים של פאונה ימית - עדות לסביבת השקעה בעלת אנרגיית גלים נמוכה (איור 12). הרציף השקוע הוחלף בהמשך ברציפים אחרים, במפלס גבוה יותר, לפי הפרוט הבא:



9. הריצוף הביזאנטי וקוי החוף המאוחרים יותר בחתך החפירה בשטח I-1, מבט לדרום

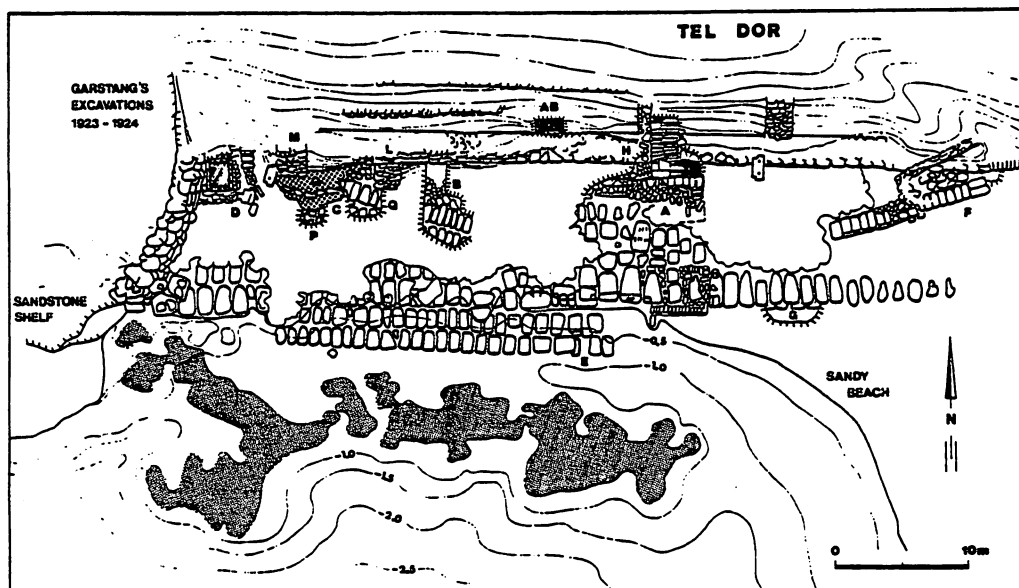
11. הרציף השקוע בדרומו של תל דור



13. רציפי נמל במפלסים שונים

14. תצלום של הבאר המרובעת בדרום התל, בערפו של רכס הכורכר החופי

1. הרציף המקורי מצוי במפלס מירבי של 0.2 מטר מעל לפני הים, בשכבות משקיעים עדינים. זמנו - המאה הייג לפנה"ס.
2. רציף במפלס 0.6 מטר מעל לפני הים, בנוי על שכבת חול, ללא צדפים, ומעט חרסיות. זמנו - ראשית המאה הייב לפנה"ס.
3. רציף מלבני 9 X 5 מטר, במפלס 1.05 מטר מעל לפני הים, בשכבת חול גס ושברי צדפים. זמנו - אמצע המאה הייב לפנה"ס.
4. רציף, או מדרכה, שנבנו מלוחות אבן שנלקחו מרציפי השלב הקודם והונחו על צידם הצר. מפלסו 1.70 מטר מעל לפני הים, סביבו רבדי נעמיות וצדפים אחרים. זמנו - המאה הייא לפנה"ס.
5. הרציפים הוחלפו בקיר ים המתמשך לאורך שוליו הדרומיים של התל (קיר H באיור 12). קיר גזית זה נבנה במחצית השניה של המאה הייא לפנה"ס.

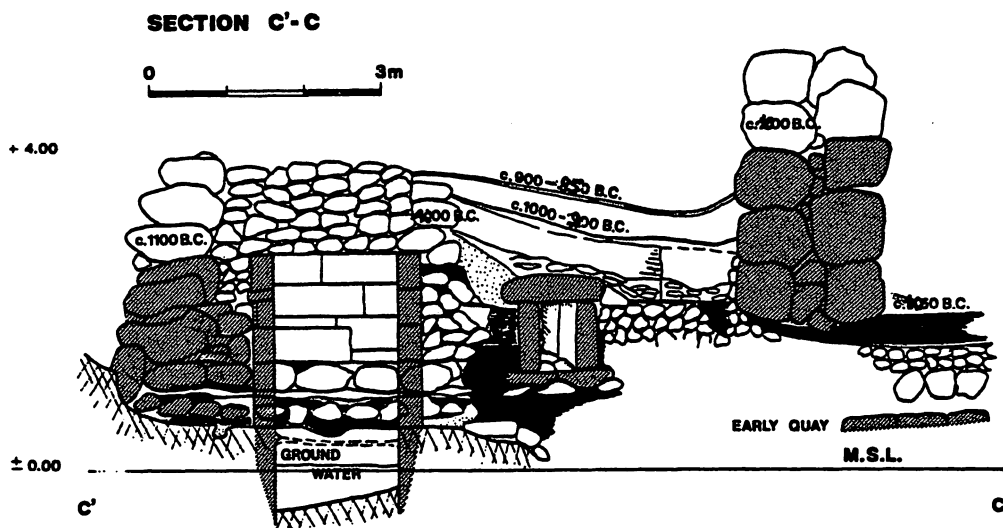


איור 12: תרשים שרידי המבנים בדרומו של תל דור

6. השטח שמדרום לקיר הים פולס בגובה של שני מטר ויותר מעל למפלס פני הים דהיום וחולק למרחבים בנויים ללא זיקה לפעילות ימית, עייי קירות מאבני גויל גדולות. בשונה משרידי מבנים מתקופות אחרות נבנו קירות אלו מאבני גיר ודולומיט, שמקורן ברכס הכרמל. זמנם של מבנים אלה - המאה העשירית לפנה"ס, תקופת מלכותם של דוד ושלמה. (ראה איור 13).

שרידי הרציפים בחלקו הדרומי של תל דור מעידים על עליה מתמשכת של מפלס פני הים בין 1000-1250 לפנה"ס. עליה זו מסתכמת ביותר ממטר אחד. במרוצת פרק זמן זה נפרץ הפתח המערבי של המפרץ הגדול וגלים עתירי אנרגיה מצאו דרכם אל ירכתיו. יתכן שבעקבות תהליך זה (אשר קרוב לוודאי נעזר בפעילות חציבה אנושית). נוצר הטומבולו המפריד בין המפרץ ללגונה של טנטורה.

הרציפים הותקנו בערפו של רכס הכורכר החופי, המשמש כתשתית לחלקו המערבי של התל. בסמוך לרכס זה, בשוליו הדרומיים - מזרחיים, נחשפה באר רבועה, מדופנת בלוחות גזית. לבאר זו נמצאו שלשה מפלסי רצפה ומבנים סובבים, אשר הוגבהו לפחות שלוש פעמים, בהתאמה של מפלס וזמן להגבהות הרציפים ממזרח (איורים 14, 15).



E-W section at area D.

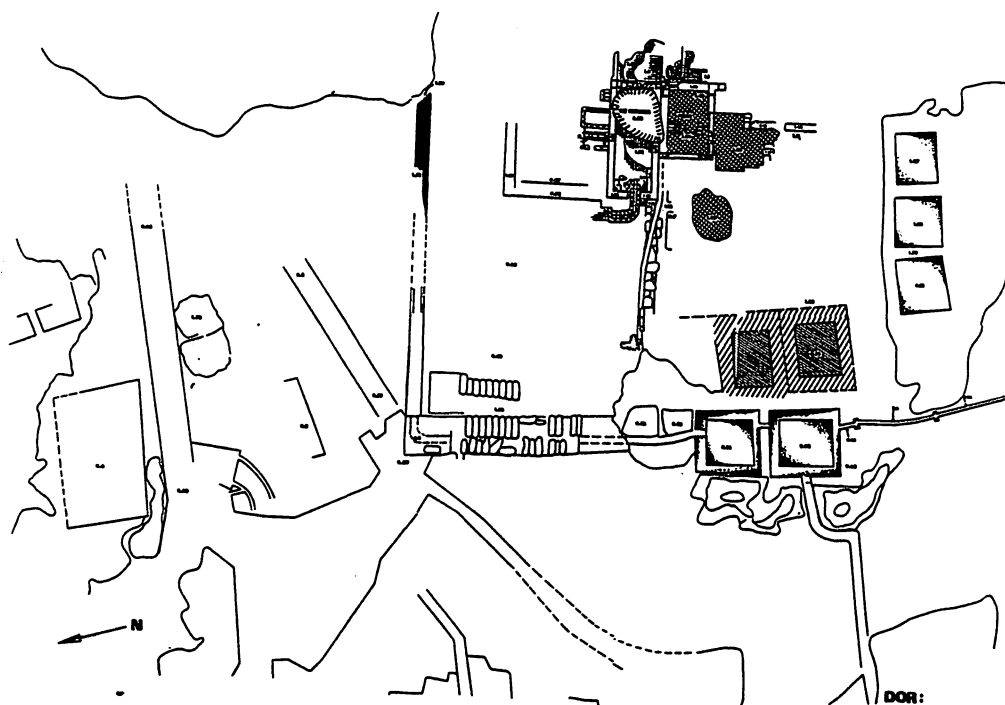
איור 15: חתך מזרח-מערב בשטח D ובו מפלסי רצפות ורבדי מלוי שונים מחלקו המאוחזר של האלף השני לפנה"ס

2. **כולא הגלים שבמערב התל.** מערבה מהרציפים מוליך שביל עייג מדרגה מפולסת של רכס הכורכר. מדרגה זו מתרוממת כלפי מערב, לכוון הכף הבולט, עליו נבנה האקרופוליס של הישוב. בקצה המערבי מגיעה המדרגה למפלס כמעט אופקי המצוי ברום של יותר מארבעה מטר מעל לפני הים. מדרגה זו נראית כמדף גידוד שהורס והוטה, עם נטיה לכוון צפון מזרח. בקצה המערבי נחצבה תעלה רחבה, החוצה את ראש הכף במפולש, מצפון לדרום. זהו "כולא גלים", מתקן שתפקידו לבלוע את מסת המים ואנרגיית גלי הסערה המתנפצים על הכף, כהגנה מפני נתז ושטיפה של מבנים שבעורף. בדופן החצובה ניתן להבחין בנקל בארבעה קוים אפקיים של צנירי המסה: שניים במפלס שמעל לפני הים כיום; אחד - מותאם למפלס הנוכחי; ואחד, בשולי בריכות שנחצבו לתך רצפת התעלה, בעומק מים של 0.3-0.4 מטר. בסמוך, מדרום-מזרח, נחצבו בסלע צמד בריכות רבועות, ששמשו כנראה לאיחסון דגים שניצודו בים. בשלב מאוחר יותר היה צורך להגביה את שולי הבריכות - בשל עלייתם היחסית של פני הים - ועל גבי השולים החצובים של הבריכות נוספות קירות בנויים. כיום מכוסות הבריכות בחלקן עיי מדף של סלע חוף - עדות לזמן שבו היה כאן כסוי חולי, בשלב של פני ים גבוהים מאלה של ימינו.

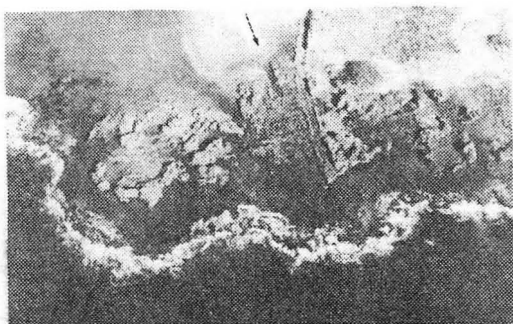
3. **מדף גידוד מוגבה ומספנה.** המשך הנתיב מוליך אותנו לאורך שוליו המערביים של התל, מקום בו הותקן מבנה מתמך אדיר שהרחיב את הרכס הטבעי כלפי הים ושימש בסיס לצמד מקדשים מהתקופה הרומית. באגף הצפוני - מערבי של מכלול זה מצוי כולא גלים נוסף. מעבר לו, צפונה, נעבור על גבי קטע של מדף גידוד מוגבה שחתירת גלי הים בבסיסו גרמה להתמוטטו החלקית בעבר הקרוב. מעבר משם נשתמר המדף המוגבה ברום של כשלושה מטר מעל לפני הים. עדות לקדמותה היחסית של הגבהת המדף נמצא בקיומו של מפלס חיים ושרידי מבנים משלב העיור הראשון באתר, המתוארך למאה העשרים לפנה"ס. בשלב מאוחר בהרבה נחצבו כאן שלושה משטחים משופעים, ששמשו כמספנות. זמן של המספנות מהמאה החמישית, או הרביעית לפנה"ס והן מותאמות פחות או יותר, ליחסי ים-יבשה כבימינו, או למפלס פני ים נמוך יותר, כדי 0.3-0.5 מטר.

4. **מפעל תעשיתי הכולל מתקנים בנויים וחצובים,** תעלות להספקת מים ובריכות מטוייחות לנוזלים. מכלול זה תופס את מרבית שטחו הדרומי של משטח הסלע שמצפון ל"מפרץ האהבה". השטח הינו חלק מרכס הכורכר החופי שנחצב ופולס לרום פני הים, תך השארת מחיצה מוגבהת כלפי הים, התעלות והבריכות הינן חלק ממכלול שניזון לסירוגין ממי הים ומים מתוקים שמקורם באמה שהגיעה ממזרח, מאזור הכפר פורדייס, מאפיקו של נחל דליה.

המתקן נחקר ונחפר בחלקו בשנים 7-1983 (Raban and Galili, 1985) והתברר שמשך פעילותו מקיף יותר משש-מאות שנים, במרוצת התקופה הרומית והביזאנטית. בפרק זמן זה חודשו ושונו רכיביו תוך הרמה חוזרת ונשנית של אגני הנוזלים והתעלות המזינות ומנקזות בריכות אלו. בעוד המתקנים של השלב הראשון מותאמים למפלס מים נמוך מעט מזה של ימינו (כדי 0.2-0.3 מטר), הרי שבמאה השלישית לספירה הם מותאמים למפלס מים גבוה כדי 0.4 מטר מזה הנוכחי, במאה שלאחר מכן - 0.6 מטר ובמאה הששית לספירה - כדי מטר בקרוב, גבוה מהמפלס של ימינו



איור 16: תכנית של המכלול התעשייתי בצפון-מערבו של תל דור



17. תצ"א של אזור תעלות השטיפה 21. נדבך אבנים בקיר מהמאה הייג לפנה"ס, בשטח P, בדרומו של תל עכו, מצופה בצדפות ימיות

צפונית למכלול התעשיתי חצוב רכס הכורכר באורח חלקי בלד ובשטח שרדו גושי אבן שחציבתם לא הושלמה. מעבר למחצבה מצוי שטח שפולס בעת העתיקה לרום נמוך מזה של מדף הגידוד הנוכחי (איור 17). מפלס זה נחצה בציר מזרח-מערב, ע"י תעלה ברוחב של כשלושה מטר, אשר שוליה מוצפים כיום במים וקצה המערבי מצוי כשני מטר משולי מדף הגידוד.

במזרח נפתחת התעלה אל שקע טופוגרפי עמוק, המתחבר אל פינתו הדרומית-מערבית של המפרץ הצפוני. כאן היה בעת העתיקה מעגן לכלי שייט קטנים והתעלה שימשה לשטיפתו ולמניעת סתימתו בחול. ממצאים ארכיאולוגיים מקרקעית התעלה מאפשרים לתארך את זמן היותה בשימוש למאות האחרונות לפנה"ס. מאוחר-יותר עלה מפלסו היחסי של הים והמשטח הוצף כלו. על מנת שניתן יהיה להפעיל מערכת זרימה מבוקרת של שטיפת בריכת המעגן, נשפכה סוללה של אבני בניין לרחבו של המשטח ותעלה חדשה, במפלס גבוה, הותקנה בצידו הדרומי. לתעלה זו נבנו קירות אבן מטוייחים וסף חצוב בכניסה אליה ממערב. מפלסו של סף זה 0.9 מטר מעל לפני הים. בדופן הפנימית של קיר התעלה ניתן להבחין בצניר המסה, המייצג את מפלס פני הים בתוכה, בתקופה שהיתה בשימוש. מפלס זה מצוי כיום 0.65 מטר מעל לפני הים ותואם יחסי ים-יבשה שונים, אצנית, בכחצי מטר מאלה של ימינו. חרסים המשוקעים בטייח של קירות התעלה מאפשרים להארכה למאה החמישית לספירה.

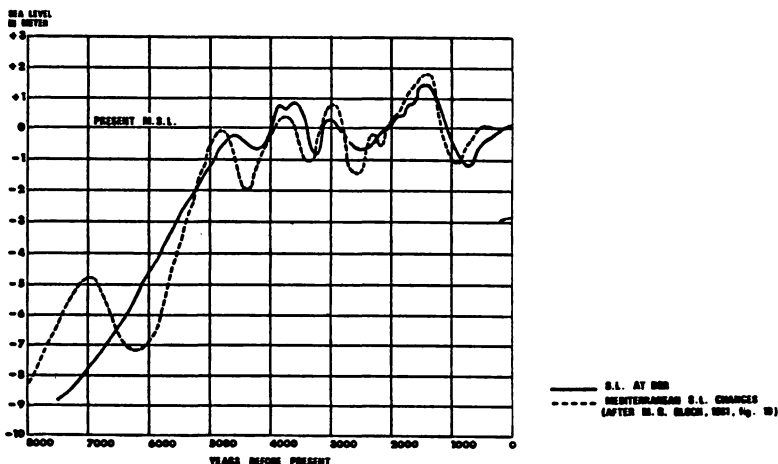
תעלה שלישית, צפונה לשתי הקודמות, הינה בעלת תואי רגולרי פחות ועדיין מתפקדת היטב, במונעה הצטברות חול בחלקו הפנימי ביותר של המפרץ הצפוני.

5 מדפי סלע חוף, מכתרים את חופו של מפרץ המצוי צפונית למפרץ הצפוני. מפלסיהם השונים של רבדים אלה מרמז על תהליך הווצרות בתנאים בהם היו פני הים שונים מאלה של ימינו, ביחס לחוף הסמוך. בעורפו של המפרץ, כמו גם של אלה שמצפונו ומדרומו מצוי מפלס של הרבדות הרסיתיות, ממקור אלוביאל, החשופות כיום אל הים ו"תלויות" מולו בגובה של כשני מטר. נראה שבשעה שהורבדו משקעים אלוביאליים אלה היתה כאן טופוגרפיה שונה והיה קיים מחסום טופוגרפי שמנע סחיפתם לים. מחסום זה יתכן והיה שרטון חוף חולי בערפו של מפרץ בו היו פני המים גבוהים במטר ויותר מעל למפלסם כיום. עדות בעלת משמעות דומה ניתן, אולי, למצוא בדרגשי נעמיות, המורבדות במפלסים המגיעים עד לרום של קרוב לשני מטר מעל למפלס פני הים. שברי תרסים שנשחקו בחסעה ע"י מים (גלי הים?) נמצאו בתוך רבדי הצדפות ומאפשרים לתארך את ההרבדה לפרק הזמן של 1400 השנים האחרונות (Neev et al., 1987).

6 המפרץ התלוי מצוי כק"מ צפונית מדור, מעבר לאזור של מחצבות אבני בניין עתיקות. במחצבות ניתן להבחין בשלב בו היו בשימוש כאשר פני הים היו גבוהים יחסית וחייבו להסתפק בסף חציבה גבוה בכמטר מזה המתחייב מיחסי ים-יבשה בימינו. המפרץ התלוי הינו תצורה טופוגרפית הפונה מערבה משדרת רכס הכורכר, כשבערפה אין אוכף כל שהוא. בסיס המפרץ מצוי כיום כ- 4.5 מטר מעל לפני הים וסביבו, בשולי הקשת מתמשך תואי של מתלול קצר, המזכיר מצוק חופי שנחצב ע"י גלי הים. התצורה כלה נראית כצעירה - ביחס ונעדדים ממנה סימנים משמעותיים של עיצוב אירוויבי מהשלב שלאחר נסיגת הים, או התרוממותו של המפרץ.

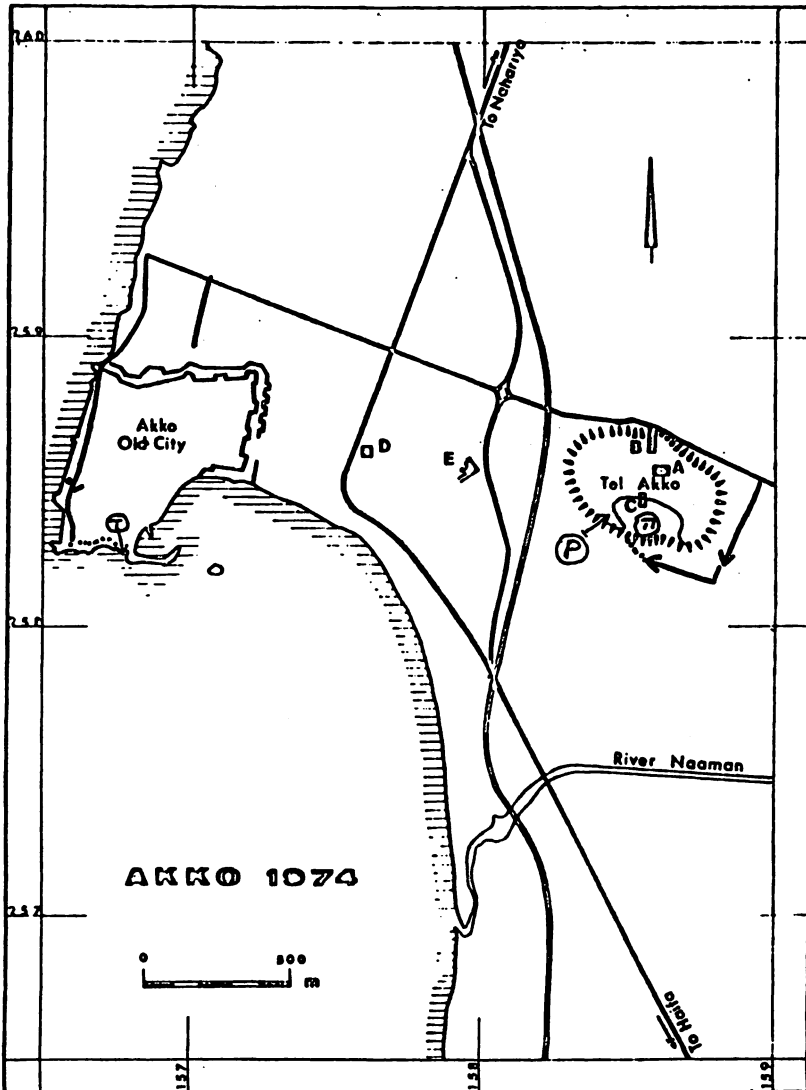
מפרצים ותואים טופוגרפיים דומים, המרמזים על ים שנסוג נמצאים בהמשכו של הרכס צפונה - עד לחוף הבתים.

EUSTATIC CHANGES OF THE SEA LEVEL AT OOR BASED ON ARCHAEOLOGICAL DATA



איור 19: גרף משוער של שנויי מפלס פני הים בדור, בתקופת ההסטוריות, תוך השוואה לגרף של פרופי בלוך, המסתמך על נתונים מהים התיכון כולו

ג. אבו כריסטו-עכו. אם יאפשר זאת הזמן, נתעכב לתצפית בשוליה הדרומיים מזרחיים של העיר העתיקה של עכו (איור 20). במקום זה ניתן לראות חלקו העליון של קמרון בקיר מהמאה הייג לספירה (התקופה הצלבנית), בולט מעל לפני הים ולמרגלותיו, על קרקעית הים, בעומק מים של 1.2-1.5 מטר ניתן להבחין בקירות של בתי מגורים, רצפות וסיפי דלתות לחדרים, עדות דומה מאותה תקופה למפלס ים נמוך במיוחד מהתקופה הצלבנית ניתן לראות בחציבות שעל מדף הגידוד למרגלות המיגדלור, המוצפות כיום במי הים (Gertwagen, 1990)



איור 20: מפת אזור עכו וסימון נקודות תביוקור ד-בדרום העיר העתיקה וה-בדרום התל

ד. זרזומו של תל עכו - שטח P. תל עכו שונה מתילים אחרים שצורתם נקבעה מתואי קו הביצור של תקופת הברונזה במקום תואי מלבני, או אליפטי, של סוללות הביצור העירוני, מוקף תל עכו בסוללות המקיפות שטח שצורתו דמויית כליה, כשבדרום מותנה תואי הסוללה בחלל טופוגרפי, הקשור לאפיקו של הנעמן (הגראבן של החילוון וראה אקר וכפרי 1964; סיוון 1981; Kafri and Ecker, 1964). חלל טופוגרפי זה שונה מאזור האפיק בהיותו תחום בבסיסו בשכבות כורכר מפולסת ברום של כששה מטר מעל לפני הים, בחלקו הפנימי של החלל, מתחת לשכבות הישוב של התל, חשופים שרידי מפלסי מדרגות גידוד מורמות ונטויות קמעה לצפון-מערב, הלאה מקו השבר של בקע החילוון. מדרגות אלו נמצאות בחמישה מפלסים שונים, בין רום של ששה ועד 13 מטר מעל לפני הים. באגף הדרומי-מערבי של השקע הטופוגרפי (שטח P) נחשפו שכבות מבנים מתקופת הברונזה התיכונה ועד התקופה ההלניסטית. בשכבה משלב המעבר מתקופת הברונזה המאוחרת לתקופת. הברזל (סביב 1200 לפנה"ס) בולט מספרן של אבני הגויל המשולבות בקירות מבנים, אשר פניהם מצופים בשכבת צדפות מסוג אוסטרואה, צדפות אלו נשרו ממקומן תוך פרק זמן קצר (מספר ימים).

העובדה שצדפות אלה שרדו באתרן ע"ג האבנים למשך זמן של אלפי שנים מרמזות על טריוטן בשלב בו הועתקו אבני הבניין מהאתר בו התפתחו צדפות אלו, בתוך מי הים ונלקחו לשמש בבניין הקירות. אתר זה סביר שהיה בסמיכות קרובה לאתר הבניין (שטח P), מה שמעלה את האפשרות שבאותה תקופה היה השקע שבדרומו של התל מכוסה ע"י מי הים, או שהים הגיע בסמוך אליו, כשהוא מציף את אפיקו התחתון של הנעמן (ראה איור 21). אשר למדפי הגידוד המורמים, אין ספק שמיקומם הנוכחי הינו תוצאה של תנועה טקטונית צעירה ביחס (אם גם קדומה, לפחות בחלקה, לישוב הקדום שבתל, בראשית האלף השני לפנה"ס). תנועה זו הינה פיצוי איזוסטאטי לשקיעת בסיסו של בקע החילוון. ישנו קושי בתיארוכם של מדפי הגידוד (ראה בנושא Sanlaville, 1970) ומעט השרידים של פאונה ימית שנמצאו דבוקים על גבם נתבררו כנגועים ב"זיהום" סביבתי מאוחר שאינו מאפשר תוצאות אמינות בבדיקות פחמן 14.

רשימת ספרות

איילון, יהודית, 1988, חוף דור, לקט מאמרים. החברה להגנת הטבע. 64 ע"ע.

אקר, ע., וכפרי, א., 1964. הגאולוגיה התת-קרקעית של שכבות הנאוג - רצנט בעמק זבולון, דו"ח הידרו/1/30,64 ע"ע.

בלוך, מ.ר., 1966, "הקבלות מספר של שני מפלס פני הים והתפתחויות הסטוריות", במצולות-ים 5-6, ע"ע 12-17.

ניב, ד. ובקלר, נ., 1978, "פעילויות סקטוניות צעירות לאורך קו החוף של ישראל", חוף וים, חוצ. הקבוץ המאוחד; ע"ע 9-30.

ניר, י., 1981. אמת המים של קיסריה כתוצאה מ בניית נמל הורדוס, קתדרה, 18, ע"ע 50-56.

סיוון, דורית., 1981, פלאו גאוגרפיה של אזור עכו בהולוקן, עבודה לתואר מוסמך, החוג לציוילציות ימיות, את. חיפה; 92 ע"ע.

סנה, יעל, 1981, הפלאו גאוגרפיה וההסטוריה של חופי דור בהולוקן, עבודה לתואר מוסמך, החוג לציוילציות ימיות, את. חיפה; 126 ע"ע.

סנה, יעל וקליין, מ., 1983. "שנויים במפלס הים בחופי דור בהולוקן", אופקים בגאוגרפיה, 8 ע"ע 3-11.

רבן, א., 1977, "דור", דפים למורי דרך, משרד התיירות, ע"ע 17-30.

רבן, א., 1981, "נמליה העתיקים של קיסריה", קדמוניות, י"ד, ע"ע 80-88.

רבן, א., טור-כספא, י., אדלר, א., סיון, א. וקפלן ג., 1986. מחקר ארכאולוגי ימי בקיסריה, אתור עדויות לשנוי מפלס ים ע"י מבנים קדומים. החברה לישום והמרכז ללימודי-ים, את. חיפה, מחקר יישומי 65/2/76 ע"ע.

- Arad, A., Ecker, A. and Olshina, A., 1978. The young (post Lower Pliocene) Geological History of Caesarea structure, *IJES*, 27: 142-146.
- Flemming, N.C., Raban, A. and Goetschel, C. 1978. Tectonic and eustatic changes on the Mediterranean coast to Israel in the last 9,000 years, in Gamble and Yorke (ed.), *Progress in Underwater Science*, 3: 33-93.
- Gertwagen, Ruth, 1990. Land-Sea Relations along the Israeli Coastline, in the Medieval Period, 7th-14th centuries CE: Acre and Caesarea: The Continental Margins of Israel, Abstracts, 3pp.
- Inman, D.L., 1974, Ancient and Modern Harbours: A repeating phylogeny, *Proc. 14th Int. Conf. on Coastal Eng., Amer. Soc. Civil Eng., Vol.13*: 2049-2067.A
- Kafri, U. and Ecker, A. 1964. Neogene and Quaternary subsurface geology and hydrology of Zevulun Plain, *Israel Geol. Survey Bull.*, 37,13pp.
- Kafri, U. and Karcz, I., 1975. On the stability of the Mediterranean coast of Israel since Roman times: A further contribution to the discussion, *IJES*, 24: 114-116.
- Neev, D., Bakler, N. and Emery, K.O., 1987. *Mediterranean Coasts of Israel and Sinai: Holocene tectonism from Geology, Geophysics, and Archaeology*. New York, 130 pp.
- Neev, D., Shachnai, E., Hall, J.K., Bakler, N. and Ben-Avraham, Z., 1978. The young (post Lower Pliocene) geological history of the Caesarea structure, *IJES*, 27: 43-64.
- Nir, Y., 1985. The Destruction of the Roman High Level Aqueduct and the Herodian Harbour at Caesarea, in A. Raban (ed.) *Harbour Archaeology*, B.A.R. inter. series 257, Oxford, pp. 185-194.
- Raban, A. 1986. Archaeological Evidence for Ancient Sea Levels at the Mediterranean coast of Israel, *Israel Geol. Soc. Ann. Meet., Ma'alot*; Abstr: 102-105
- Raban, A. and Galili, E., 1985. Recent maritime archaeology research in Israel, *Inter. Jour. for Nautical Archaeology*, 14.4: 321-356
- Raban, A. 1989. *Caesarea Ancient Harbours Excavation Project, vol.1: The site and the Excavations*, B.A.R. International series 491 (two parts), Oxford, 520pp.
- Raban, A. 1990. When Sebastos - the great Herodian harbour of Caesarea Maritima did submerged below the waves, *Thracia Pontica*, IV, Soropol.
- Sanlaville, P., 1970. Les variations Holocenes du nouveaux de la mer au Liban. *Revue Geographique*, 45: 279-304.

סיור ד' ניטור תנועות קרום לאורך הבקע

י. קרץ⁽¹⁾, י. אדלר⁽²⁾, י. מלצר⁽²⁾, י. פוראי⁽²⁾ וג. שטיינברג⁽²⁾

(1) המכון הגיאולוגי, ירושלים
(2) המרכז למיפוי ישראל, תל-אביב

תכנית סיור

1. הצגת תכנית המחקרים
2. הקדמה לעקרונות מדידה גאודטית בשרות טקטונופיזיקה
3. הדגמת מיכשור ושיטות מדידה בתחנות הרשת

דפי הסבר הנוגעים לפרטים טכניים של מיכשור והפעלתו חורגים מהיקף סקירה זו ויחולקו במהלך הסיור.

מבוא

הערכות קצב התנועה לאורך הבקע, המובאות בספרות, נבדלות בצורה משמעותית וקיים פער בין השיעורים המבוססים על עדויות גאולוגיות (המבוססות במונחי הסטה מדודה, המחולקת בגיל האלמנט המוסט הצעיר ביותר), לבין תוצאות נתוח תצפיות סיסמולוגיות. רצויה איפוא קביעת שיעור וקצב התזוזות במדידה ישירה. התפתחות דרמטית של טכנולוגיות גאודטיות בשדה ובחלל הניבה שיטות שדה וחלל, בעלות דיוק וטווח גבוהים, למדידות חוזרות של הפרשי גבה, מרחק וכוון בין נקודות קבע. ההבדלים בין הערכים המדודים מיוחסים לתזוזות קרום שחלו בתקופה שבין מחזורי מדידה עוקבים. הנחה זו נכונה בתנאי שסולקו כל שגיאות מדידה ואותרו כל ההשפעות הגאוסטכניות והגאופיסיות. על כן העבודה התאורטית מרכבת משני שלבים. תחילה מבוצע עיבוד נתונים שהושגו בכל מחזור מדידות בנפרד. שלב זה כולל גם יישום מודלים תאורטיים ואמפיריים לסלוק השפעות משניות ושגיאות שיטתיות, ותאום נתונים תוך קביעת טווחי דיוק ואמינות. יעילות וייתכנות המחקר תהיה כמובן תלויה ביחס שבין טווח דיוק המדידות החוזרות לשיעורי פעילות הקרום. בשלב השני נערך ניתוח ההפרשים בין תוצאות מחזורי מדידה עוקבים. טיפול זה, הידוע בגאודזיה כנתוח דפורמציה, יושם תחילה במדידות יציבות סטרוקטורות הנדסיות על פני השטח ובתת הקרקע, ולאחרונה משמש בקביעת יציבות מדרונות, חקר גלישות ואמזני פעילות שברים. עיבוד וניתוח נתונים אלה מסתייע במודלים וטכניקות מתמטיים-סטטיסטיים מרכיבים. עם זאת, פתרון משוואות קינמטיות אלה מחייב שורה של הנחות מפשטות, שלא תמיד תואמות את המציאות הגאולוגית. החשובה בהנחות אלה היא שמלבד קו הדיסלוקציה הראשי, השטח הוא הומוגני במדידה סבירה והשפעת הליתולוגיה והשפעת ההפרעות המשניות הנחזית. במציאות, מערכת קינמטית באזורי גבול בין לוחות טקטוניים מוכתבת בכל נקודה על ידי מרכיב רגיונלי,

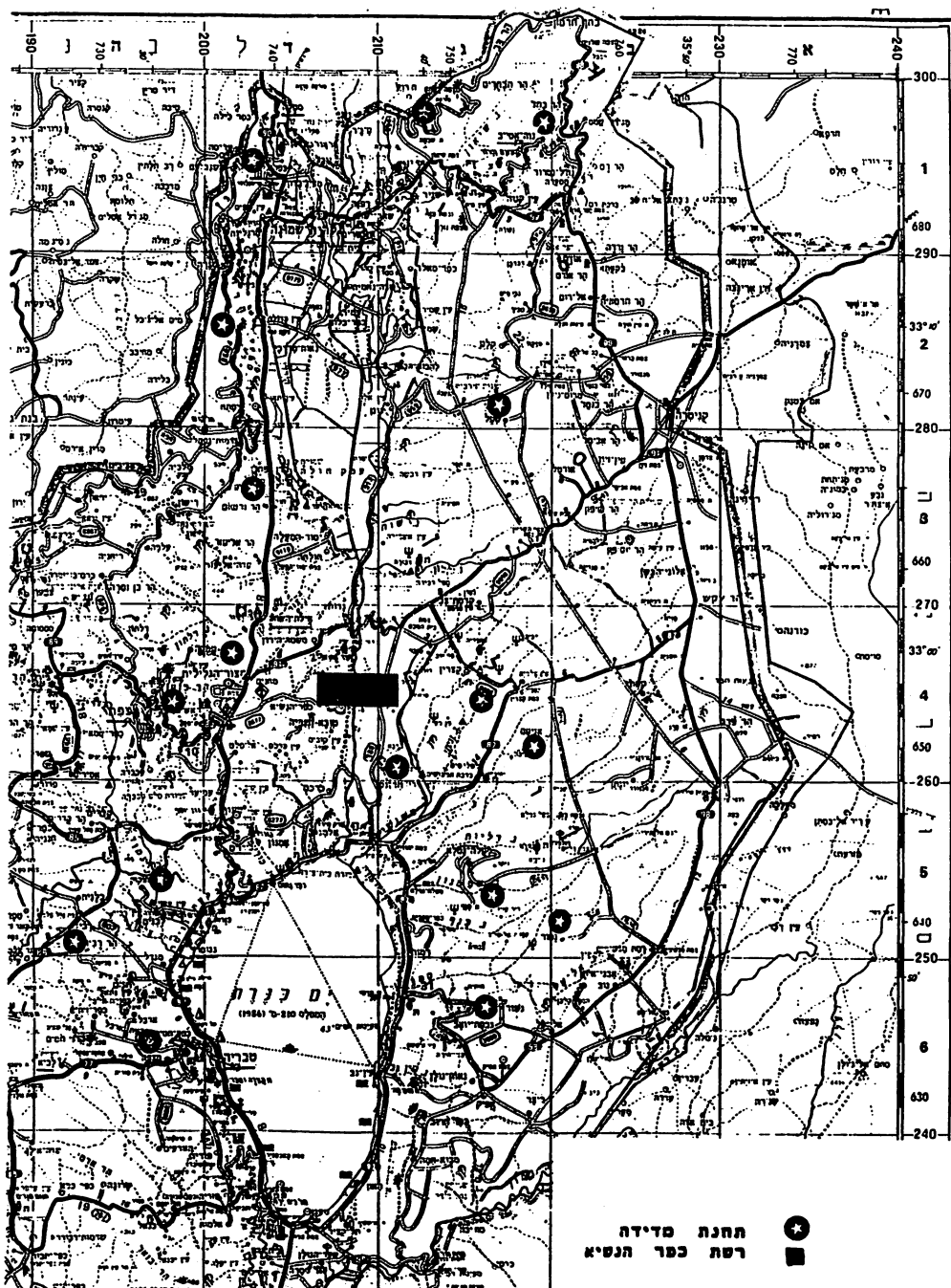
המבטא את התנועה היחסית של הלוחות, ועל ידי מרכיב המבטא את שדה המעוות המקומי. גם אם נניח שבקנה מדה רגיזולי תנועת הלוחות תהיה פחות או יותר קצובה ואחידה, עדויות גאולוגיות וגאופיזיות מוכיחות שלרב לא מדובר בתנועה יחסית חופשית של שני אלמנטים בלתי תלויים ואינטריים. לאורך שני הלוחות, שדה המעוותים המקומי משתנה וזאת לא רק במרחב אלא גם בזמן, תוך הווצרות, רוסציה ועיוות אלמנטים סטרוקטורליים, בהתאמה לתכתיבים גאומטריים וסטויכיומטריים. עוצמת המרכיב המקומי עשויה להיות גדולה במיוחד בשולי תפר פעיל.

תכנון מערך המדידה באזור הבקע חייב איפוא לכלול מחד רשת צפופה יחסית של נקודות בקרה באזור השבירה הראשית, ומאידך מהלכי קשירה לתחנות המרוחקות מתחום התפר, היוצרות רשת המכסה אזורים בהם לפי ההצגה, מכריע המרכיב הרגיזולי של התנועה.

תאור הרשת

תכנון והקמת רשת הניטור התנהלו בשני שלבים. תחילה, במימון מינהל למחקרי האדמה, המכון הגאולוגי ומרכז למיפוי הקימו מערך מדידה צפוף החוצה את הקו המשוער של השבר הראשי, הכולל 12 תחנות מדידה. בשנים 1987-1989 נערכו לאורך רשת זו מדידות בכל האמצעים אשר היו קיימים בארץ. התוצאות הגדירו את טווח הדיוק הניתן להשגה בתנאי שדה מקומיים, ומאפשרות קביעת הפרשי הזמן שבין המדידות החוזרות, הדרושים לאיתור התזוזות המשוערות. בשנת 1990, בסיוע קרן מחקר ישראל-גרמניה, הוקמו 17 תחנות מדידה של הרשת הרגיזולית, הפרוסה משני עברי הבקעת בין דרום הכינרת לגבול לבנון.

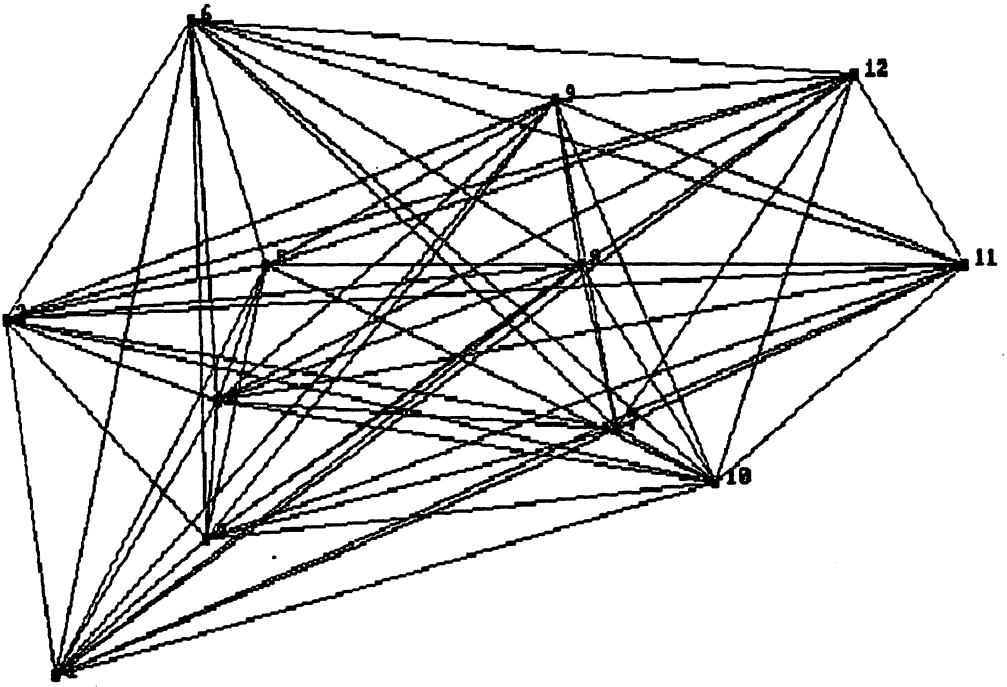
רשת כפר הנשיא מיקום הרשת הצפופה באזור כפר הנשיא-חוות מרום גולן (איור 1), רחוק מלהיות אידאלי למטרה זו, והוכתב כפשרה הטובה ביותר בין אילוצים שונים הכוללים בעיקר: מבנה גאולוגי; תנאי גישה; קיום קווי ראות ישירה בין תחנות הרשת; מרחק בין נקודות משני עברי השבר (מוגבל לטווח המכשור הזמין באותה העת); וחשיפה, יציבות ותנאי בסוס. הרשת בנויה 12 תחנות, המסודרות ב 4 שורות בגות 3 תחנות, שתי שורות בכל גדה. בדרך זו נוצרים שלשה פוליגונים מאורכים בכוון צפון-דרום, (אחד בכל גדה ואחד משותף) ומתאפשרת השוואת שינויים החלים בכל פוליגון: גדה, גדה, וביניהן. הרשת מאפשרת גם הערכת תזוזות אפשריות לאורך קוים החוצים לינאמנטים החשודים כשברים משניים. לינאמנטים אלה, עוברים בבזלות מונטוניות ומגמות ושיעורי ההסטה עליהם אינם ברורים. מיפויים בידי חוקרים רבים נעשה על בסיס התרשמות מורפולגית בלבד וגיל פעילותם האפשרית האחרונה נתון בויכוח. הרשת כוללת 66 מרחקים באורך עד 4 ק"מ וניתנת למדידה במיכשור אלקטרואופטי המצוי בישראל ובטכנולוגית לוויין. כל תחנת מדידה בנויה מכלונס בקוטר 0.3 מ' המוחדר לסלע לעומק 12 מ' לפחות. ראש הכלונס, בגבה פני שטח, נושא את סימני המדידה ופתח צינור הטיילטמטר, ומוגן על ידי פלטה עגולה בקוטר 2 מ' המשמשת בסיס להעמדת מכשור. מדידת דיפיים לאורך הכלונס נועדה לבדק את יציבות תחנת המדידה בתנאי הקרקע המקומיים.



איור 1: רשת מדידות גליל-גולן

רשת גליל-גולן בדומה לרשת כפר הנשיא, פריסת תחנות המדידה ברשת המורחבת היתה כפופה לאילוצים שונים. אף שהרשת אמורה להמדד בטכנולוגיית לוינים, שמגבלות מיקום עליה מועטות, הוחלט למקם את תחנות המדידה בצורה שתאפשר שילוב מדידות אלקטרואופטיות במיכשור קיים ובמיכשור הנתון עדיין בהליכי פיתוח במקומות שונים בעולם. שילוב זה נראה חיוני לכיול מדידות לוינים ומחייב קוי ראייה בין מירב תחנות הרשת. התחנות מוקמו במרחק מירבי מקווי שבירה ואזורי גלישה. במחשופים רציפים של סלע מוצק, במקום כלונססים, תחנות מדידה נקדחו לעומק 3.0-1.5 מ' ובנויות משני צינורות קונצנטריים, עם עוגן בטון. כדי לצמצם את השפעת הלחצים הלטרליים בשכבה העליונה, הצינורות מופרדים בחלק העליון והחלל מולא בשמן כבד.

פריסת הנקודות מוצגת באיור 2. פריסה זו בנויה על מתיחת רשת כפר הנשיא מורחב (יהודיה, קצרין) ומערבה (חצור, צפת); תחנות מדידה משני עברי שבר שייך עלי, הנתון לאחרונה בזכוח, (יהודיה וקצרין, לעומת אציעם ומעלה גמלא) ופריסת נקודות בקרה משני עברי הכנרת (נטור וגשור במזרח, טבריה, רביד, חקוק במערב), ולאורך עמק החולה (שעל, נוה אטיב ורמתא במזרח, מצפה גדי, מצפה פאר וקרן נפתלי במערב).



איור 2: רשת כפר הנשיא: תרונות ותכנית מדידה

שיטות מדידה

איתור תנועות רצנטיות לאורך תבצע מבוסס על מדידת הפרשי מרחק והפרשי גבה בין התחנות, ומלווה במדידת היציבות האופקית של תחנות כלונס עצמן. מדידת המרכיב האנכי מתבצעת על ידי איוון מדויק מסדר ראשון, טכניקת שדה המבוססת על מדידת הפרשי גבה בין נקודות בנויות, הפוזרות במרחק 1-2 ק"מ תחת מחשניה לאורך לולאות סגורות. האיוון נעשה בשני כיוונים, (הלך ושוב), ואיכות העבודה משתקפת באי סגירות עבור קטעים בודדים ועבור הלולאה כולה. הדיוק המושג הוא בסדר גודל של מילימטרים בודדים לקילומטר. טכניקות מדידה קונבנציונלית של מרחקים כוללות טריאנגולציה ומדידות אלקטרואופטיות. מדידה אלקטרואופטית המבוססת על שיגור אות אל רפלקטור הממוקם בקצה הקו, המחזירו אל המשגר. זמן שיגור-החזר המתקן לתנאים האטמוספריים מתורגם למרחק. אף שהמיכשור התוחכם ביותר מסוג זה מאפשר להגיע בתנאי מעבדה לדיוק בסדר גודל של עשיריות מילימטר, הדיוקים המושגים בתנאי שדה הם בסדר גודל של מילימטרים בודדים, וזאת בשל הקשיים במדידת התנאים האטמוספריים לאורך קו המדידה.

בעשור האחרון שוכללו טכניקות הלל טאודטיות. הטכניקה הנפוצה ביותר, GPS, מבוססת על קליטה בזמנית במספר תחנות של אותות המשוגרים ברציפות מלוויני הצי האמריקאי הסובבים את כדור הארץ בגבה של כ 20 אלף קילומטר. אף שהפעלת שדה של המיכשור היא מהירה ופשוטה, נפח הנתונים המתקבלים הוא עצום ומצריך לא רק עיבוד מתוחכם, אלא גם מודלים לכיול ותיקונים, בין אם לגבי מיקום הלווינים, בין אם לגבי התנאים לאורך תואי שיגור-קליטה. על אף הערכות אופטימיות בספרות, נראה שהדיוקים המושגים כיום למרחקים כגון אלה ברשת גליל-גולן, הם בטווח של 1 - 0.5 ס"מ.

סיכום מדידות

עד כה נערכו המדידות הבאות: 1. מדידות כוונים בין כל תחנות רשת כפר הנשיא; 2. מדידות מרחקים בין כל תחנות רשת כפר הנשיא תוך שימוש בטלורומטר MA-100, דיסטומט II 2000-, גאודימטר AGA-114 ומקומטר 5000; 3. איוון מדויק של רשת כפר הנשיא, לאורך הפוליגון המערבי והפוליגון המזרחי, ולאורך התואי המפותל דרך גשר כפר הנשיא, המחבר ביניהם; 4. מדידות GPS, לאורך רשת גליל-גולן ומדידות מקומטר 5000 לאורך קטעים אחדים לכיול וניסיון; 5. מספר מדידות חוזרות בטילטמטר בתחנות כלונס של רשת כפר הנשיא על מנת לאמוד את טווח האפקטים הגאוטכניים המקומיים. עד שנת 1990 המדידות התבצעו על ידי צוותי מרכז למיפוי ישראל בצירוף שהיה מצוי אותה העת בארץ, מאז 1990 העבודות התבצעו ניהול אנשי המרכז, תוך הפעלת במיכשור שהובא ארצה לתקופות קצרות על ידי אנשי אונוברסיטת הנובר (GPS), ואנשי אוניברסיטת קרלסרוהה (מקומטר 5000).

הדיוקים שהושגו מביטחים אפשרות גילוי תזוזות אופקיות ואנכיות בסדר גודל של מספר מילימטרים. עם כתיבת דברים אלה מתוכננים מחזורי מדידות חוזרות ב GPS ובמקומטר 5000 האמורים להתבצע באביב 1991.

סיור דז

סיור בשמורת נחל כזיב

פ. שני

רשות שמורות הטבע, מחוז צפון וצפת

תחילתו של מסלול הסיור בכניסה למצפה הילה. משם השביל עובר במעבה החורש הסבוך ויורד דרך הגדה הדרומית של הנחל אל אפיק נחל כזיב באיזור נביעתו של עין טמיר. משם ממשיך השביל באפיקו של הנחל בינות לעצי דולב ענקים וצמחית גדות עשירה ומטפס במדרון אל הגדה הצפונית של הנחל. משך הסיור כ-7 שעות.

דברי רקע: ערוציו העליונים של נחל כזיב נימצאים בתחומי הר מירון, וסופו נשפך אל ים התיכון בקרבת הכפר אכזיב. נחל כזיב הוא הגדול בנחלי צפון הארץ, ואגנו משתרע על שטח של כ-130 קמ"ר, גדותיו צונחות בתלילות רבה אל אפיקו ובמקומות רבים נוצרים קוי מצוקים זקופים.

החורש המכסה את מדרונותיו של נחל כזיב הוא חלק מגוש החורש הגדול של הגליל העליון המערבי. התנאים המיוחדים של האיזור שהם כמות משקעים רבה, לחות גבוהה ואיזור ממוזג, יוצרים כאן נוף צומח מגוון ועשיר במיוחד. מבנה הנוף הוא שלוחות מקבילות היורדות בצורה מתונה מערבה, וביניהם נחלים, אשר מדרונותיהם תלולים ובחלקם מצוקים.

ניתן בקלות להבחין בין המפנה הדרומי שכיסוי הצומח עליו דל יחסית והרכבו: אלון מצוי, אלה איי, חרוב, בר זית, לעומת המפנה הצפוני אשר הוא סבוך בצמחית חורש צפופה ומגוונת ביותר, ובו מופיעים: אלון תולע, קטלב, ליבנה, אדר סורי, כליל חורש ועוד רבים אחרים.

חתך הסלעים באיזור מגוון וכולל בראשו סלעי קרטון מגיל האיאוקו והסנון, מתחתם סלעי גיר קשים מגיל הסורון, ומתחתם חילופים של סלע רד (גיר רד וחואר), עם סלע קשה (גיר קשה ודולומיט) מגיל הקנומן. לחילופים אלה השפעה רבה בנוף, סלעי הקירטון יוצרים לרוב נוף גבעות מעוגלות ומתונות, בעוד סלעי הגיר הקשים יוצרים נוף טרשים, ומצוקים תלולים.

קיים קשר הדוק בין סוג הסלע ומשק המים בקרקע. דבר זה בא לידי ביטוי בצמחיה, וניתן להבחין בברור במעבר החד בנוף הצומח המלווה את המעבר מתצורה גאולוגית אחת לשניה.

גם עולם החי עשיר ומגוון בשמורה, וחלק מנציגיו בוודאי נפגוש במהלך הסיור. ניתן יהיה לראות עקבות נבירה של חזירי בר, קבוצות של שפני סלע מתחממים על גושי סלעים, בלוטים מכורסמים, שרידי ארוחה של מכרסמים שונים, עופות דורסים הדואים בשמים, ציפורי סבך שונות, דגים ודו חיים בקטעים הזורמים שבנחל.

