



משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי

התפתחות הנוף ומערכות הניקוז
באזור בקעת בית הכרם
ב-4 מליון השנים האחרונות

ארי מטמון

דו"ח מס' GSI/3/98
ירושלים, טבת תשנ"ח





משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי

**התפתחות הנוף ומערכות הניקוז
באזור בקעת בית הכרם
ב-4 מליון השנים האחרונות**

ארי מטמון

תודות

ראשית נתונה תודתי לעזרא זילברמן ויהודה אנזל על תרומתם הרבה (בשדה ובמשרד) בהבנת משמעות הממצאים, לחגי רון ולרבקה אמית על הליווי בשטח ועל השיחות המועילות, לאריאל היימן וישי ויינשטיין על תרומתם בתארוך חלוקי הבזלת והאנליזות הכימיות ולבת שבע ונחמה על עזרתם בעיצוב האיורים ועריכת הדו"ח.

תקציר

משארי קונגלומרטים שנמצאו ב- 13 אתרים בבקעת בית הכרם ושוליה הדרומיים מעידים על כך שאזורים נרחבים ממזרח לקו פרשת המים הראשיהנוכחי נוקזו בעבר דרך בקעת בית הכרם אל הים התיכון. משארים אלו מכילים חלוקים ושברי חלוקים של בזלות, אבני חול, גיר, דולומיט, קרטון, קרטון ביטומני, צור וגיאודות קורץ. טווח הגילים של חלוקי הבזלת נע בין 4.4 מליון שנים ל- 1 מליון שנים, בדומה לגילי הבזלות הנמצאות ברמת דלתון, רמת כורזים, שדות וולקנים שונים בגליל התחתון המזרחי ושדה וולקני קטן הנמצא סמוך לערוץ נחל עמוד (נ.צ. מרכזי I.T.M 19520/25690). נערכה אנליזה כימית (XRF) של חלוקים ובזלות משדות וולקנים בעלי גיל דומה וזאת על מנת לאתר מקור ודאי לחלוקי בזלת בעלי גיל דומה אך מקור שונה. מאסף החלוקים מאפשר לשחזר הן את אגן הניקוז של הנחל והן את התבליט הטקטוני בזמן השקעתם. חלוקי אבן החול נגזרו ממחשופים של סלעי הקרטיקון התחתון הנמצאים לאורך מתלול צורים. חלוקי הקרטון והקרטון הביטומני נגזרו מסלעים סנוניים הנמצאים באזור הר צפת. גיאודות הקורץ (כדורי אליהו) נגזרו מתוך סלעי תצורת דיר-חנא החשופה בהר כמון ולאורך מתלול צורים.

מתוך מאסף החלוקים שנמצא ניתן להסיק מספר מסקנות:

- א. מערכת נחלים צעירה מ- 1.8 מליון שנה ניקזה אזורים נרחבים בגליל המזרחי העליון והתחתון, דרך בקעת בית הכרם, אל הים התיכון.
- ב. מתלול צורים היה קיים בזמן שמערכת ניקוז זו היתה פעילה והיווה אלמנט מורפולוגי משמעותי.
- ג. הרכסים הגובלים את בקעת בית הכרם מדרום היו קיימים כבר אז והיו בעלי טופוגרפיה הדומה לנוכחית.

הדפורמציה שעבר מפלס הזרימה הפליו-פליסטוקני בבקעת בית הכרם שוחזרה על ידי השלכת כל האתרים בהם נמצאו חלוקים על מישור אנכי שכיוונו מזי-מעי. נמצא ש:

1. מפלס הזרימה עבר קימוט באורך גל של עשרות קילומטרים (Arching), כאשר האזור המערבי קומט בשיעור הגבוה ביותר.
 2. הקימור נשבר בחלקו המרכזי על ידי שברים החוצים את הר כמון.
- קימוט באורך גל דומה קיים לאורך כל שדרת ההר מדרום לכרמל. הקימוט מציין את אחת הפאזות הטקטוניות הצעירות בגליל ומהווה את הגורם העיקרי למעבר ממערכת ניקוז אחת שזרמה משולי הבקע במזרח לים התיכון במערב לשתי מערכות ניקוז הזורמות מזרחה ומערבה כאשר ביניהם עובר קו פרשת המים הראשי של ארץ ישראל.

Abstract

Remnants of conglomerates, found at 13 sites along the Beit-Hakerem Valley and its southern margins, were used to reconstruct an Early Pleistocene, abandoned fluvial systems, which drained large areas east of the present regional water divide, through the Beit-Hakerem Valley to the Mediterranean. The conglomerates include clasts of various composition, which enable to identify their source rocks and thus to reconstruct the areal distribution and the relief of the ancient stream drainage basin.

The basalt pebbles yielded ages ranging from 4.4Ma to 1Ma, similar to volcanic fields exposed at the Dalton plateau and the Korazim block, the lower eastern Galilee, and a small volcanic field near Nahal (stream) Amud. The sources of basalt pebbles that yield similar ages, were identified by conducting chemical analysis (XRF).

The bituminous Chalk gravel originated from Senonian rocks, exposed in Zefat mountain, the sandstone gravel originated from Lower Cretaceous rocks, exposed at the lower part of the Zurim escarpment, quartz Nodules (geodes?) originated from the Deir-Hana Formation, exposed at Mt. Camon and along the eastern side of the Zurim escarpment.

Based on this gravel assemblage it can be concluded that: (a) The ancient fluvial system is younger than 1.8 Ma. (b) It drained large areas located at present east of the water divide, to the Mediterranean. (c) The Zurim escarpment was almost fully developed at that time, exposing the Lower Cretaceous sandstone. (d) During the Early Pleistocene, the tectonic relief along the southern margins of the valley was almost fully developed at its eastern side. The development of the tectonic relief along the western part of the southern margins occurred later, probably in the Middle Pleistocene.

The young deformation of the Pleistocene stream valley, is presented by projection of the gravel sites on a vertical east-west oriented plain. It can be seen that this fluvial surface has been strongly arched on its western side, gently folded on its eastern side intensively faulted in the central part. This arching, which was induced by a Pleistocene tectonic phase, established the present regional water divide in the Galilee, resulting in capturing of the west-flowing drainage systems of the eastern Galilee by the Dead Sea Rift.

תוכן עניינים

1	.....א. מבוא.....
1	.....1. הקדמה.....
1	.....2. עבודות קודמות.....
3	.....3. המסגרת הטקטונית של הגליל.....
7	.....ב. בקעת בית הכרם.....
7	.....1. גיאוגרפיה, מורפולוגיה וטקטוניקה.....
9	.....2. מערכת הניקוז של בקעת בית הכרם.....
9	.....3. עבודות קודמות בבקעת בית הכרם ושוליה.....
11	.....ג. שיטות עבודה.....
12	.....ד. תוצאות.....
12	.....1. שרידי סדימנטים פלוביאליים בבקעת בית הכרם.....
12	.....2. תארוך חלוקי הבזלת.....
15	.....3. אנליזה כימית.....
15	.....ה. ניתוח ודיון.....
15	.....1. מערכת הניקוז המקורית.....
18	.....2. מערכת הביניים.....
21	.....3. מערכת הניקוז הנוכחית.....
21	.....4. הדפורמציה הטקטונית בבקעת בית הכרם.....
26	.....ו. הגורם האנושי.....
28	.....ז. סיכום.....
30	.....ביבליוגרפיה.....

רשימת איורים

- 2 מפת מיקום של אזור העבודה.....
- 4 מבני הקשת הסורית בצפון ישראל.....
- 5 מערכות השברים העיקריות בגליל.....
- 8 מפה מפורטת של אזור בקעת בית הכרם.....
- 10 חתך אורך טופוגרפי של בקעת בית הכרם.....
- 13 מפת גאולוגית הכוללת את אתרי החלוקים בבקעת בית הכרם
- 14 מפת שיחזור מערכת הניקוז הפלייסטוקנית.....
- 17 חתך רוחב טופוגרפי באזור הר גמל.....
- 19 מפה של אזור שבר פקיעין בבקעת בית הכרם.....
- 20 חתך רוחב טופוגרפי באזור גבעת מורן.....
- 22 השלכת אתרי החלוקים
- 24 מודל המציג את הקשר בין ביקוע ל- Arching
- 25 מפת תפרושת אתרים פרהיסטוריים בגליל.....

רשימת טבלאות

- 33 טבלה 1 - אתרי החלוקים.....
- 34 טבלה 2 - תוצאות תיארוך חלוקי הבזלת.....
- 35 טבלה 3 - מקורות אפשריים לחלוקי הבזלת.....
- 36 טבלה 4 - אנליזה כימית של חלוקי בזלת.....

רשימת תמונות

- 27 תמונה 1 - מאסף חלוקים (לא באתרו).....
- 27 תמונה 2 - מאסף חלוקים באתרו.....
- 27 תמונה 3 - פיתול אופייני בנחל חילזון.....

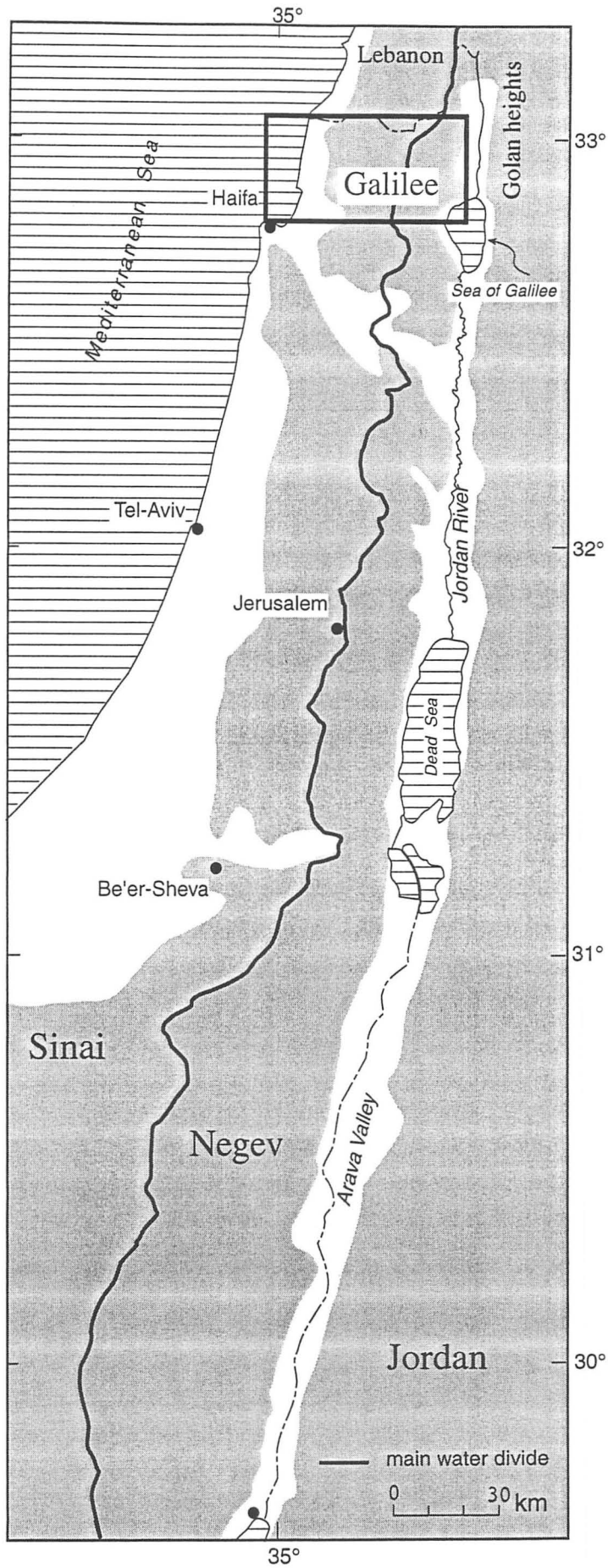
א. מבוא

1. הקדמה

הגליל מהווה יחידת נוף בעלת גבולות מוגדרים, ומציג מערכת של מבנים טקטוניים מהבולטים בארץ. מבנים אלו קשורים למערכות שבירה וקימוט שפעלו באזור מאז הסנון (מערכת הקימוט של הקשת הסורית. Flexer et al. 1970) ועד היום. אחת מהתוצאות של התהליך הטקטוני באזור היא התרוממות צעירה יחסית של חלקים מהגליל עד לגובה של מעל ל- 1000 מטר מעל פני הים ויצירת קו פרשת המים בין אגן הניקוז של הבקע לאגן הניקוז של הים התיכון (איור מס. 1). התרוממות זו מהווה גורם ראשוני ועיקרי בעיצוב הנוף של הגליל ובקביעת מהלכם של מערכות הניקוז שפעלו ופועלות באזור. במחקר הנוכחי שוחזרו מערכות הניקוז שפעלו בבקעת בית הכרם ב- 4 מליון השנים האחרונות והוצג הקשר בין ההתפתחות של מערכת הניקוז לתהליכים טקטוניים שונים שפעלו באזור.

2. עבודות קודמות

מספר חוקרים התמקדו בהתפתחות הצעירה של הגליל. Kafri & Ecker (1964) ניתחו את מבנה מישור החוף של הגליל המערבי בעזרת נתוני קידוחים והצביעו על מבנה של גרביים והורסטים. הם תארו את אופי המילוי של הגרביים הללו (מהנאוגן עד היום) ואת שלבי התרוממות של האזור. Issar & Kafri (1972) שיחזרו את היקפי הטרנסגרסיות במיוקן המוקדם והמאוחר בעזרת ניתוח סדימנטים נאוגניים ופלייסטוקנים במישור החוף של הגליל המערבי. דיקר (Dicker, 1969) חקר את בזלות גבעת המורה ואת מבנה מערכות הניקוז הנאוגנית שהתקיימו במקום לפני התפתחות הבקע. ניר (1970) תאר את ההתפתחות המורפולוגית של הגליל בעזרת מפלסי נוף שונים אותם הוא ייחס לשלבים השונים של התרוממות האזור. רון (1984) הבדיל בין מערכות שבירה פרה "בזלת הכסוי" (לפני כ- 4 מליון שנה) למערכת פוסט "בזלת הכסוי" וקשר את התפתחותן לתהליכי רוטציה בבלוקים השונים הבונים את הגליל. שליב (1991) חקר את שלבי התפתחות האגן הנאוגני של הגליל התחתון באמצעות ניתוח החתך הסדימנטרי הממלא אתו. Peltz & Kafri (1992) תארו בבקעת צלמון מחשופים פירוקלסטיים (פוסט בזלת הכסוי) בעזרתם הם ניתחו את היחסים בין האירועים הוולקניים הנאוגניים לסדימנטים הקלסטיים ששקעו באותה תקופה באגנים המתפתחים. Kafri & Heimann (1994) תארו וניתחו מחשופים של קונגלומרט ושפך בזלתי בנחל עמוד. לדעתם הנחלים באזור זה התנקזו מערבה לים התיכון עד לפני 2 מליון שנה לפחות ומכאן שאזור הכנרת לא היווה בתקופה זאת בסיס ניקוז לאזורים הנמצאים היום במזרח הגליל.



איור 1. מפת התמצאות כללית של אזור העבודה. מרחקו של קו פרשת המים הארצי מהבקע הוא בדרך כלל בסדר גודל של עשרות קילומטרים, מלבד בחלק הצפוני ביותר של הארץ שם ממוקם הקו לאורך שולי הבקע.

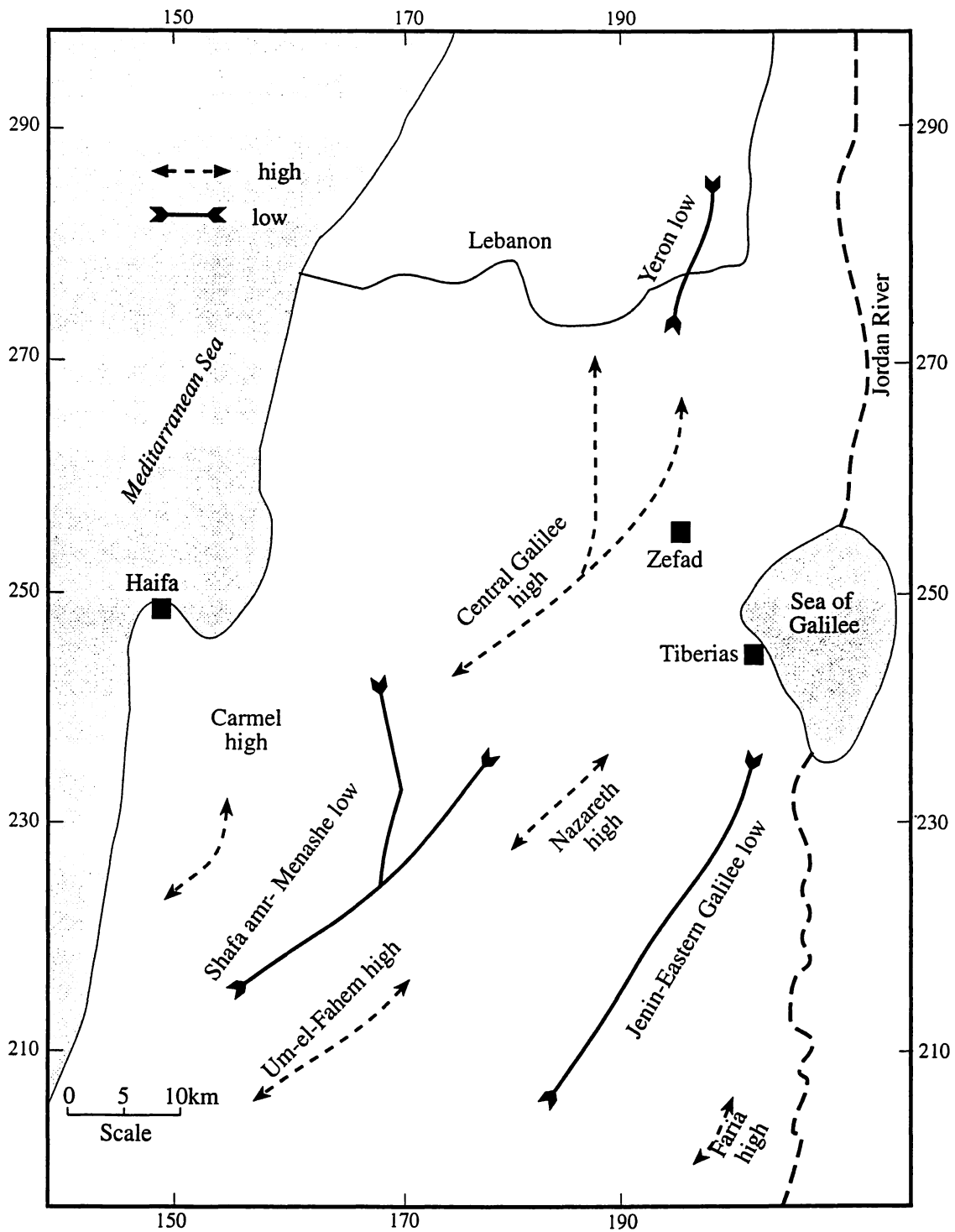
Kafri (1997) ביצע עבודה מקיפה על מערכות הניקוז המיוקניות בגליל התחתון ושיחזור תוואי זרימה מקורבים של מערכות אלו. הוא תאר את השינויים במערכות ניקוז בגליל התחתון כתגובה להתפתחות בסיסי ניקוז במזרח (בקע ים המלח) ובדרום (עמק יזרעאל).

מתוך עיון בעבודות שנעשו עד היום, ניתן לראות שחקר הגיאולוגיה הצעירה של הגליל נעשה לרוב בצורה נקודתית בלבד ולא נעשה ניסיון לשחזר את המסגרת הגיאולוגית הצעירה של האזור ולתאר את שלבי התפתחות הנוף של הגליל, כתוצר של שלבים טקטוניים. יתר על כן, אין ניסיון לקשר אירועים באזור אחד של הגליל עם אירועים באזור אחר. במסגרת עבודות, שעסקו בהיסטוריה הצעירה של הגליל, קיימת התמקדות באירועים המיוקנים והפליוקנים המוקדמים אך לא נעשה מחקר המנסה לשחזר את התהליכים שעברו על האזור במהלך הפליוקן המאוחר והפליוסטוקן. די אם נתייחס לעבודתם של Kafri & Heimann (1994) כדי להבין שתמורות גדולות התרחשו באזור במהלך 2 מיליון השנים האחרונות. ניתוח השפעת ההתרוממות של גוש הגליל והפעילות הטקטונית בתוכו על התפתחות הנוף ומערכות הניקוז היא המטרה העיקרית של מחקר זה. בנוסף, ניתוח הנוף הנוכחי ושיחזור ההיסטוריה הגיאולוגית והגיאומורפולוגית בגליל, יאפשרו את איתור המבנים הפעילים, את קביעת גילם ואת קצב ואופי הפעילות הטקטונית ששינתה ומשנה אותם. המחקר הנוכחי מתמקד בניית התפתחות של מערכות הניקוז של בקעת בית הכרם וקושר בין התפתחות זו לאירועים הטקטוניים שפעלו באזור ב- 4 מיליון השנים האחרונות.

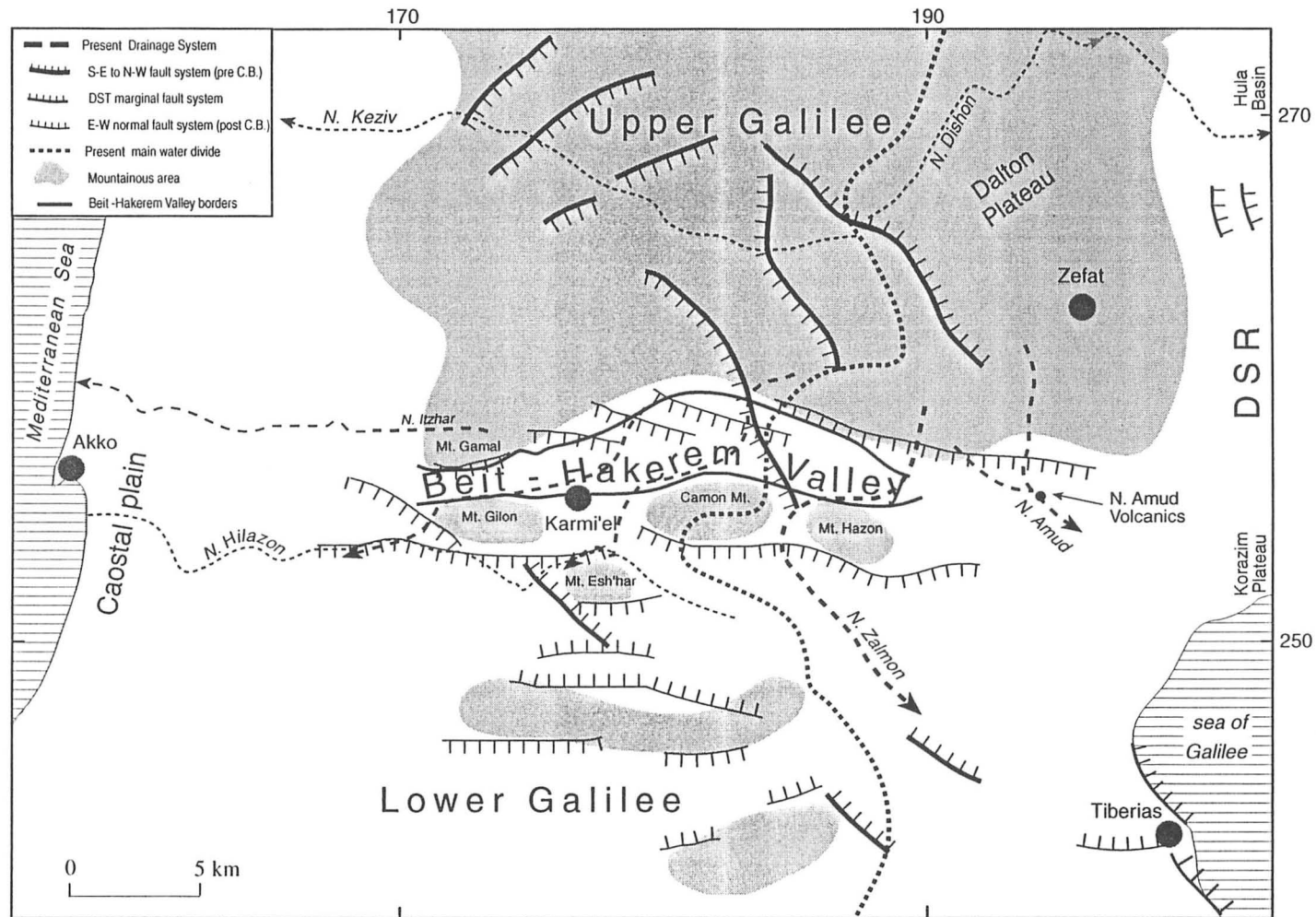
3. המסגרת הטקטונית בגליל

בגליל ניתן לזהות חמש מערכות טקטוניות עיקריות:

1. מערכת הקימוט של הקשת הסורית. מערכת זו יוצרת סידרה של אנטיקלינות וסינקלינות הנמשכות מצפון סיני עד לסוריה. כיוון צירי המבנים של מערכת זו בגליל הוא דרום-צפון בקירוב (איור מס. 2; פלכסר, 1964; Freund, 1970; Flexer et al., 1959) והיא היתה פעילה החל מהסנון (ואולי אף בטורון). תהליכים טקטוניים ואירוזיביים מאוחרים לאאיקון הביאו לכך שאין למערכת הקימוט של הקשת הסורית בטוי בנוף הנוכחי.
2. מערכת שבירה שכיוונה דר' מז' - צפ' מע' ו- דר' מע' - צפ' מז' (איור מס. 3). התנועה על שברי המערכת הזו היא בעיקרה תנועה אופקית (גם שמאלית וגם ימנית בהתאם לכיוון השבר) אך ניתן לזהות גם רכיבים של תנועה אנכית, בעיקר בקצות השברים. מערכת זו פעלה בעיקר במהלך המיוקן אך המבנים המורפוסטרוטיגרפיים שלה נגדעו בסופו. במקומות שבהן הייתה הצערה של המערכת ניתן לזהות תנועה נורמלית אשר באה לידי בטוי בנוף (לדוגמה שבר מירון). מערכת זו נחקרה בעבודתו של רון 1984.



איור 2. מפה סטרוקטורלית סכמטית של צפון ישראל המציגה את מבני הקשת הסורית.
(אחרי פלכסר 1970)



- איור 3. 1. מערכות השברים העיקריות בגליל. ניתן להבחין בשלוש מערכות: שברים בכיוון צפוי-מזרחי ובכיוון דרומי-מזרחי, עליהם קיימת תנועה אופקית ימנית או שמאלית. חלק מהשברים של המערכת עברו הצערה וניכרת עליהם תנועה נורמלית.
2. שברים נורמליים בכיוון כללי מזרחי-מזרחי, היוצרים סדרה של גרביים, הורסטים ובלוקים נטויים בכל הגליל. מערכת זו ניכרת בעיקר בגליל התחתון והיא אחראית ליצירת רוב המבנים המורפוטקטוניים הבולטים.
3. שברי בקע ים המלח. מערכת זו כוללת הן שברי תזוזה אופקית שמאלית והן שברים נורמליים של שולי הבקע. באיור מופיעים שברים מייצגים בכל מערכת. כדאי לשים לב במיוחד למערכת השברים הגובלת את בקעת בית הכרם מצפון: שברים אלו מסודרים בדרג שמאלי וכיוונום הכללי הוא מערבי-מזרחי.

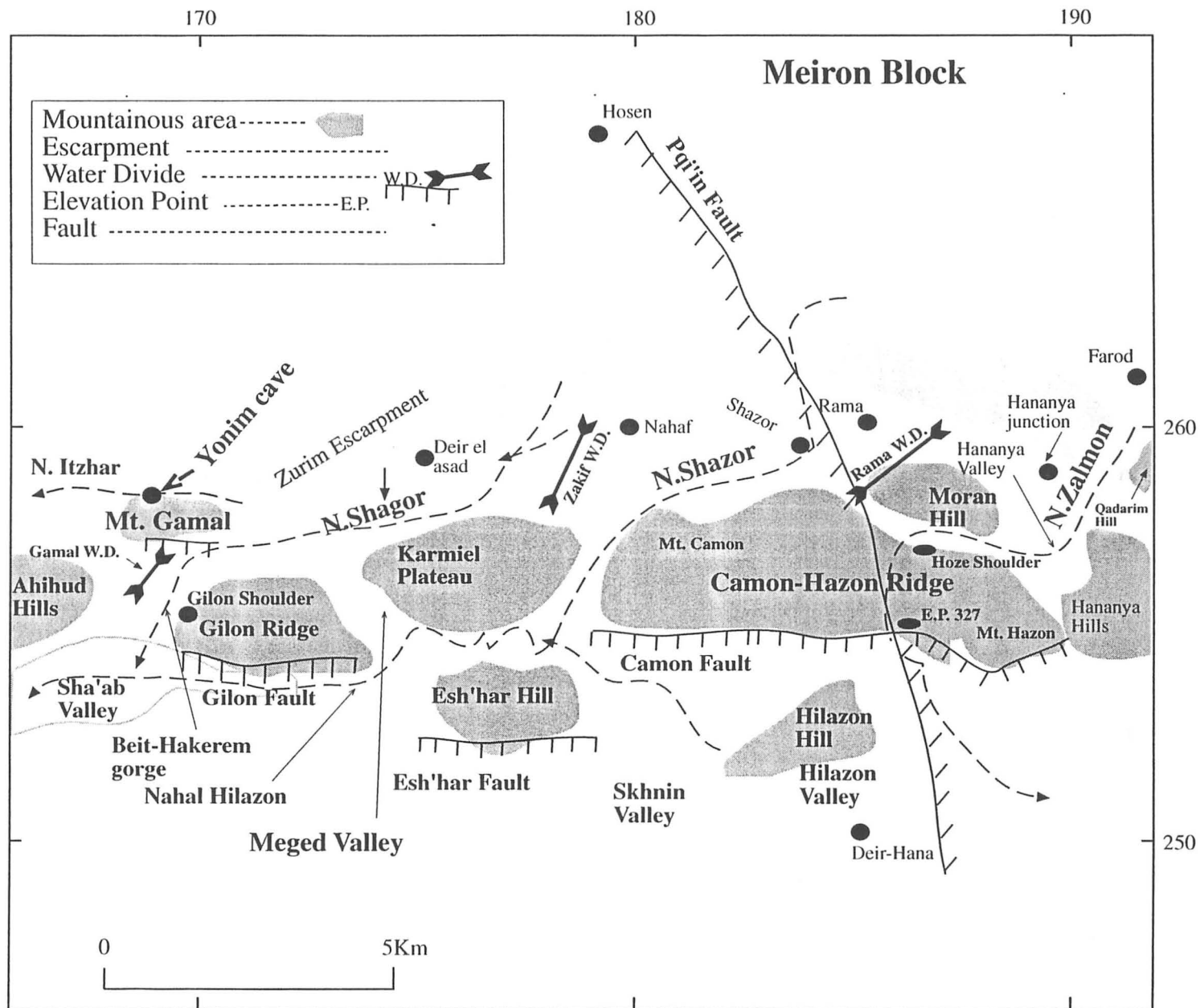
3. מערכת שבירה נומלית שכיוונה בעיקר מז' - מע' (איור מס. 3). מערכת זו יוצרת סידרה של גרביים והורסטים האחראיים באופן ניכר לעיצוב הנוף של הגליל התחתון ולמספר מבנים מורפוטקטוניים בגליל העליון. מערכת זו הייתה פעילה בעיקר בפליוקן התיכון והמאוחר (רון, 1984; Freund, 1970).
4. מערכת השבירה של בקע ים המלח (איור מס. 3). מערכת זו כוללת שברי תזוזה אופקית שמאלית המהווים חלק ממערכת טרנספורם ים המלח המפריד בין לוח ערב ללוח סיני, וכן סידרה של שברים נורמלים הקשורים ליצירת בקע ים המלח. הפעילות על שברי הבקע נמשכת מהמיוקן התחתון עד היום (Garfunkel, 1981; Quennell, 1959; Garfunkel, 1988; Heimann, 1990; Bilitzki, 1997).
5. מערכת קימוט (קימור - Arching) בעלת אורך גל גדול. קימור זה תואר ונחקר במקומות שונים בארץ על ידי מספר חוקרים. Picard, 1943 טען שרכסי צפון הנגב התפתחו בסופרפוזיציה על גבי קמר באורך גל גדול שהתרומם בסוף הפליוקן. בנתור ופרומן (1961, 1951) מדדו התרוממות הקשורה לקימור בסדר גודל של 400 מטרים בתחילת הפליסטוקן. Ball & Ball, 1953 טענו שהתרוממות זו אירעה באיאוקן. חוקרים אלו לא התייחסו לקשר האפשרי בין התפתחות הבקע ליצירת הקימור. סלומון (1987) הראה שתהליך הקימור הנגב התרחש בשני שלבים: (א) מהטורון עד לאיאוקן. בשלב זה התרחשו כ- 40% מכלל הקימור הנמדד היום. (ב) מהמיוקן עד היום. בשלב זה קצב התנועה האנכית היה גבוה פי שלושה מאשר בשלב הראשון. מדידת הקימוט נעשתה על ידי בחינת הדפורמציה שעברו מפלסים שונים שניתן להניח שנוצרו בצורה אופקית או תת-אופקית. סלומון מצוין ששני שלבי הקימור מקבילים לשלבים טקטוניים עקריים באזור: השלב הראשון מקביל להתפתחות מבני הקשת הסורית והשלב השני מקביל להתפתחות בקע ים המלח. לדעתו סך התנועה אנכית הוא בסדר גודל של 200 עד 400 מטרים. Rosendahl, 1987; Ebinger et al., 1989; Ebinger et al., 1991 הראו במחקרים על הבקע המזרח אפריקאי שקיים קשר בין יצירת בקע לקימוטים באורך גל גדול בשוליו ואילו Ten-Brink et al., 1990 הצביעו על הקשר בין הפיצוי האיזוסטטי מתחת לציר הביקוע של בקע ים המלח לטופוגרפיה המורמת בשוליו. Wdowinski and Zilberman, 1996 ביצעו ניתוח טופוגרפי וסטרוקטורלי של עשרות חתכים ניצבים לציר בקע ים המלח והציעו מנגנון הקושר בין הווצרות הבקע לבין האסימטריות הטופוגרפית בשני צידיו הבאה לידי בטוי בצד מזרחי מורם ומוטה מזרחה ובצד מערבי מקומר הנחת מזרחה לעבר הבקע ומערבה לים התיכון. קימור זה הביא להטיית האגף המזרחי של הרצועה היבשתית התחומה בין הים התיכון לבקע. המחקר הנוכחי יבדוק את השפעת הקימור הגדול על עיצוב נוף הגליל וינסה לשחזר את מסגרת הזמן בו הוא נוצר.

ב. בקעת בית הכרם

1. גיאוגרפיה, מורפולוגיה וטקטוניקה

בקעת בית הכרם ממוקמת במרכז הגוש ההררי של הגליל לאורך סדרת השברים המפרידים בין הגליל העליון לגליל התחתון (איור מס. 3). זוהי בקעה מאורכת הנמשכת בכיוון כללי מזרח-מערב, אורכה כ- 20 ק"מ. רוחבה במרכז הוא כ- 2-3 ק"מ ואילו בקצוות המערביים והמזרחיים היא מצטמצמת ונסגרת כך שמתקבלת צורה כללית של סהר. הבקעה תחומה בצפון על ידי מצוק רציף (מתלול צורים) הנמשך מאזור הר גמל ועד לנחל עמוד (איור מס. 4). גובהו מעל הבקעה נע בין 200 ל- 700 מטר. המצוק נוצר על ידי סידרה של שברים נורמלים בעלי סטריק בכיוון מקורב מזרח-מערב הממוקמים בדרוג שמאלי (איור 3) המסתיימים לכיוון מזרח לתוך המלוי הסדימנטרי של העמק. ניתן לראות הבדלים ברורים בין מצוקי השבירה לאורך הסגמנטים השונים של שבר בית הכרם. הבדלים אלו באים לידי בטוי בגובה המצוק, בחתך הסטרטיגרפי החשוף, בקיום גלישות על פני המדרון ובאופן התפתחות מערכת הניקוז על פני המצוק. שבר בית הכרם נחצה על ידי מספר רב של שברים שכיוונם צפון-דרום שהבולט בהם הוא שבר פקיעין הנמשך מאזור הכפר חסן בבקעת פקיעין ועד אזור הכפר דיר-חנא בבקעת חילזון (איור מס. 4). באזור עמק פקיעין נמצאו עדויות לתנועה אופקית שמאלית על פני שבר פקיעין בסדר גודל של כ- 2000 מטרים (רון, 1984) וכן הסטה אנכית בסדר גודל של כ- 300 מטרים. נטיית מישור השבר באזור זה היא לכיוון מערב. בתוך בקעת בית הכרם יוצר השבר מדרגה מורפולוגית ברורה המפרידה את האזור המורם של הכפר ראמה מהאזור המונמך של מושב שזור. על הצד המזרחי העלוי של השבר עובר קו פרשת המים הראשי של ישראל. בחלק המזרחי של בקעת בית הכרם קיימת מדרגת ביניים בין מתלול צורים לבקעה. מדרגה זו, בגובה של כ- 400 עד 450 מטרים מעל פני הים, מבוטאת על ידי סידרה של גבעות שטוחות. הגבול הדרומי של הבקעה מורכב ממספר מקטעים:

1. המקטע המערבי - רכס גילון-צורית (איור מס. 4). רכס זה הוא גוש נטוי לכיוון צפון. כיוון ציר הרכס הוא מזרח-מערב והוא נמשך כ- 6 ק"מ. גובהו מגיע לכ- 370 מטר מעל פני הים והוא מתנשא מעל הבקעה כ- 170 מטר. הרכס משתפל במתינות לעבר הבקעה. בצידו הדרומי מוגבל הרכס על ידי שבר נורמלי והוא מתנשא כ- 300 מטרים מעל בקעת שעב הנמצאת מדרום לו. ברוב שטח הרכס חשופים סלעי גיר ודולומיט מתצורות סכנין ובענה ורק בקצה הצפוני של הרכס חשופים סלעים סנונים מחבורת הר-הצופים.
2. המקטע המרכזי - רמת כרמיאל (איור מס. 4). רמת כרמיאל בנויה מסידרה של גבעות נמוכות בגובה ממוצע של כ- 300 עד 350 מטרים מעל פני הים הבנויות מסלעי חבורת הר הצופים (תצורות עין זיתים וערב). באזור זה אין לבקעת בית הכרם גבול דרומי ברור וקיים רצף טופוגרפי אחד בין מתלול צורים לרכס אשחר.



איור 4. מפה מפורטת של אזור המחקר המדגישה את מערכת הניקוז הנוכחית בבקעת בית הכרם.

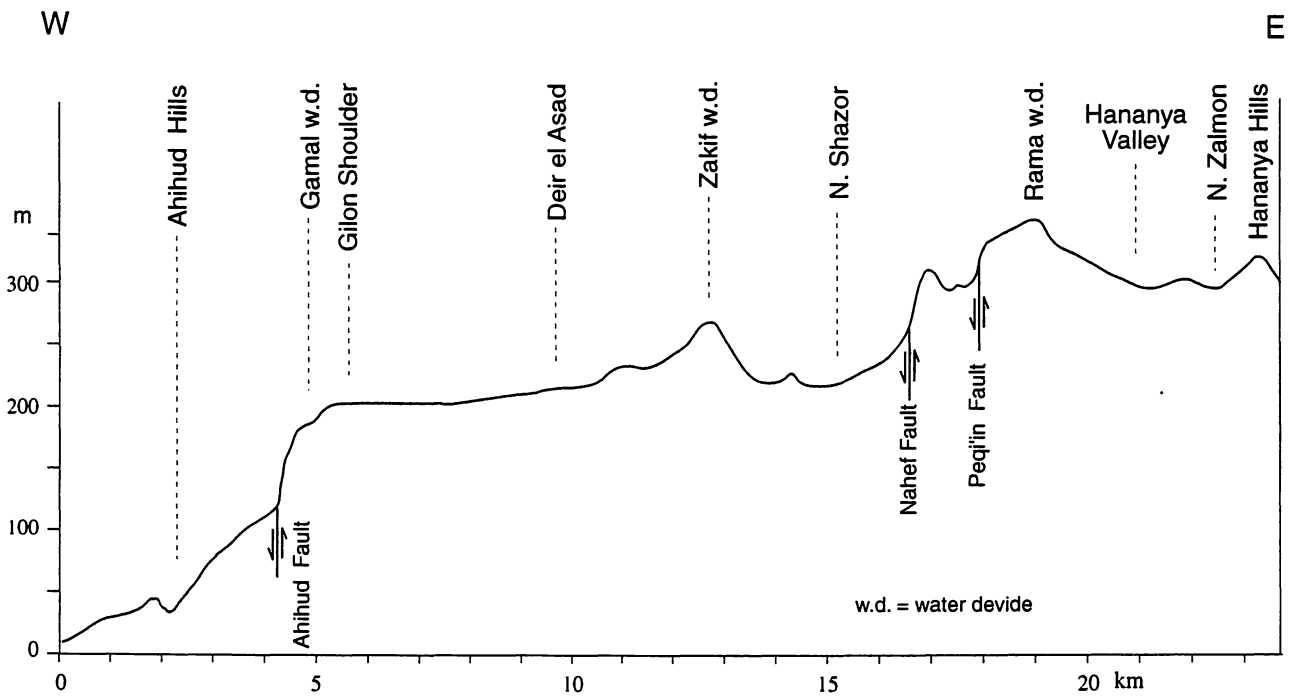
3. המקטע המזרחי - רכס כמון-חזון (איור מס. 4). זהו המקטע הגבוה ביותר בגבול הדרומי של הבקעה, לאורכו מגיעות פסגות הרכס לגובה של 580 ל-600 מטרים מעל פני הים. הרכס בנוי מהר כמון במערב והר חזון במזרח וביניהם מפריד נחל צלמון הזורם באזור זה דרומה לאורך שבר פקיעין. הר כמון הינו גוש נטוי צפונה המתנשא מעל בקעת בית הכרם כ-300 מטרים. הגוש מוגבל בדרומו על ידי שבר נורמלי והוא מתנשא מעל בקעת סכנין כ-450 מטרים. בבסיס צידו הדרומי חשופים סלעים מגיל אלביאן (תצורת צלמון. גולני, 1957) ואילו גגו בנוי מסלעי תצורות דיר-חנא וסכנין. הר חזון הינו הורסט ובדומה להר כמון חשופים בבסיסו סלעים מגיל קרטיקון תחתון (גולני, 1957).

2. מערכות הניקוז של בקעת בית הכרם

בקעת בית הכרם מנוקזת על ידי שלושה נחלים החוצים את העמק מצפון לדרום: נחל צלמון, נחל שזור ונחל שגור וביניהם שלוש פרשות מים שהן ממזרח למערב: פרשת רמה, פרשת זקיף ופרשת גמל (איורים מס. 4 ו-5). נחל צלמון חוצה את בקעת חנניה מצפון לדרום וזורם מערבה לאורך המתלול הצפוני של הר חזון. ממערב להר חוזה הנחל פונה דרומה בזוית חדה וחוצה בקו ישר (לאורך המקטע הדרומי של שבר פקיעין) את רכס כמון-חזון. נחל שזור (אשר מקורו העליון הוא נחל רמה) זורם בבקעת בית הכרם ממזרח למערב. בשוליים המערביים של רכס כמון הנחל מבצע תפנית חדה דרומה וזורם לאורך שוליו המערביים של הרכס ונשפך אל נחל חלזון. נחל חלזון זורם לאורך השוליים הצפוניים של רכס אשר בפיתולים חריפים עד לבקעה הרחבה של שעב. נחל שגור זורם בתוך בקעת בית הכרם מאזור דיר אל אסד ועד מדרום להר גמל. בנקודה זו מבצע הנחל תפנית דרומה, ובדומה לשני הנחלים שהוזכרו, חוצה את רכס צורית-גילון ונשפך לתוך נחל חלזון בתוך העמק הרחב של שעב.

3. עבודות קודמות בבקעת בית הכרם ושוליה

חלקים שונים של בקעת בית הכרם נחקרו במסגרת עבודות של מפוי גיאולוגי, אך תמיד היא היוותה איזור שוליים ולא נלמדה כיחידה גיאולוגית-מורפולוגית אחת. גולני (1957) מתייחס לחלק המזרחי והמרכזי של הבקעה ואף מציע שלבים להתפתחות מערכת הניקוז באזור זה מאז המיוקן. החלק הצפון מזרחי של הבקעה נכלל בעבודתו של Eliezri, 1965 שמיפה את גוש מירון. Freund, 1959 התייחס בעיקר לחלקים המערביים והמרכזיים של הבקעה כחלק מעבודתו על האזור ההררי של הגליל העליון המערבי. כפרי (1972) מיפה את חלקה המערבי של הבקעה במסגרת גליון נהריה (1/50000) ואילו לוי (1983), מיפה במסגרת גליון שפרעם (1/50000) קטעים דרום מערביים של הבקעה. כפרי (Kafri, 1963) דן בשוליים של החלק המערבי של בקעת בית הכרם במסגרת עבודתו על



איור 5. חתך טופוגרפי לאורך בקעת בית הכרם. ניתן להבחין בשני מאפיינים חשובים: (1) בקעת בית הכרם בנויה סידרה של בקעות קטנות בעלות מערכות ניקוז נפרדות. בין הבקעות קיימים קווי פרשת המים המתנשאים עשרות מטרים בודדים מעל העמקים. (2) בקעת בית הכרם מורמת כ- 150 מטרים מעל מישור החוף ולא קיים קשר ניקוז רציף ביניהם.

הגיאולוגיה של גוש שגב. כפרי (1995) מנתח את מערכות הניקוז שפעלו בגליל התחתון במיוקן ומתיחס לחלק המערבי של בקעת בית הכרם כנתיב זרימה מיוקני.

ג. שיטות עבודה

במחקר הנוכחי נבדקה הנחת עבודה ראשונית על פיה שמשה בקעת בית הכרם כנתיב זרימה ראשי למערכת ניקוז שזרמה ממזרח למערב לעבר הים התיכון תוך חציית קו פרשת המים הארצי הנוכחי. הנחת העבודה מסתמכת על מספר מחקרים שהצביעו על תופעה דומה בעמקים אחרים בגליל (גולני, 1957; כפרי, 1995). ניתוח ראשוני של הנוף נעשה בעזרת לימוד של מפות טופוגרפיות הכוללות את אזור בית הכרם. במסגרת ניתוח זה תוארו מאפייני מערכת הניקוז הנוכחית של הבקעה והוגדרו יחידות הנוף הצעירות בבקעה ובסביבתה, כלומר, אלו שעוצבו על ידי מערכות הניקוז הנוכחיות והעתיקות, כלומר אלו שעוצבו על ידי מערכות ניקוז קדומות. יחידות הנוף העתיקות כוללות עדויות לקיומן של מערכות ניקוז קדומות כגון: אוכפים רחבים, כתפים על גבי שלוחות או כיפות רחבות ושטוחות.

בכל המקומות שזוהו כחלק ממערכות ניקוז קדומות נערך סקר על מנת לאתר משקעים קלסטים יבשתיים היכולים להעיד על קיום מערכות ניקוז קדומות שפעלו באזור. מאסף החלוקים שנמצא באפיקים הקדומים שימש לשיחזור אגני הניקוז של מערכות אלו ותואי זרימתם. חלוקי הבזלת שנמצאו בשרידי הסדימנטים האלוביאליים שנשמרו בנוף הקדום תוארכו בשיטת K-Ar (לפרוט השיטה ראה Heimann et al. 1996). ההרכב הכימי של החלוקים נבדק בשיטת XRF. בעזרת התוצאות זוהו שדות הבזלת מהם נגזרו החלוקים ושוחזר תוואי הזרימה של האפיקים הקדומים.

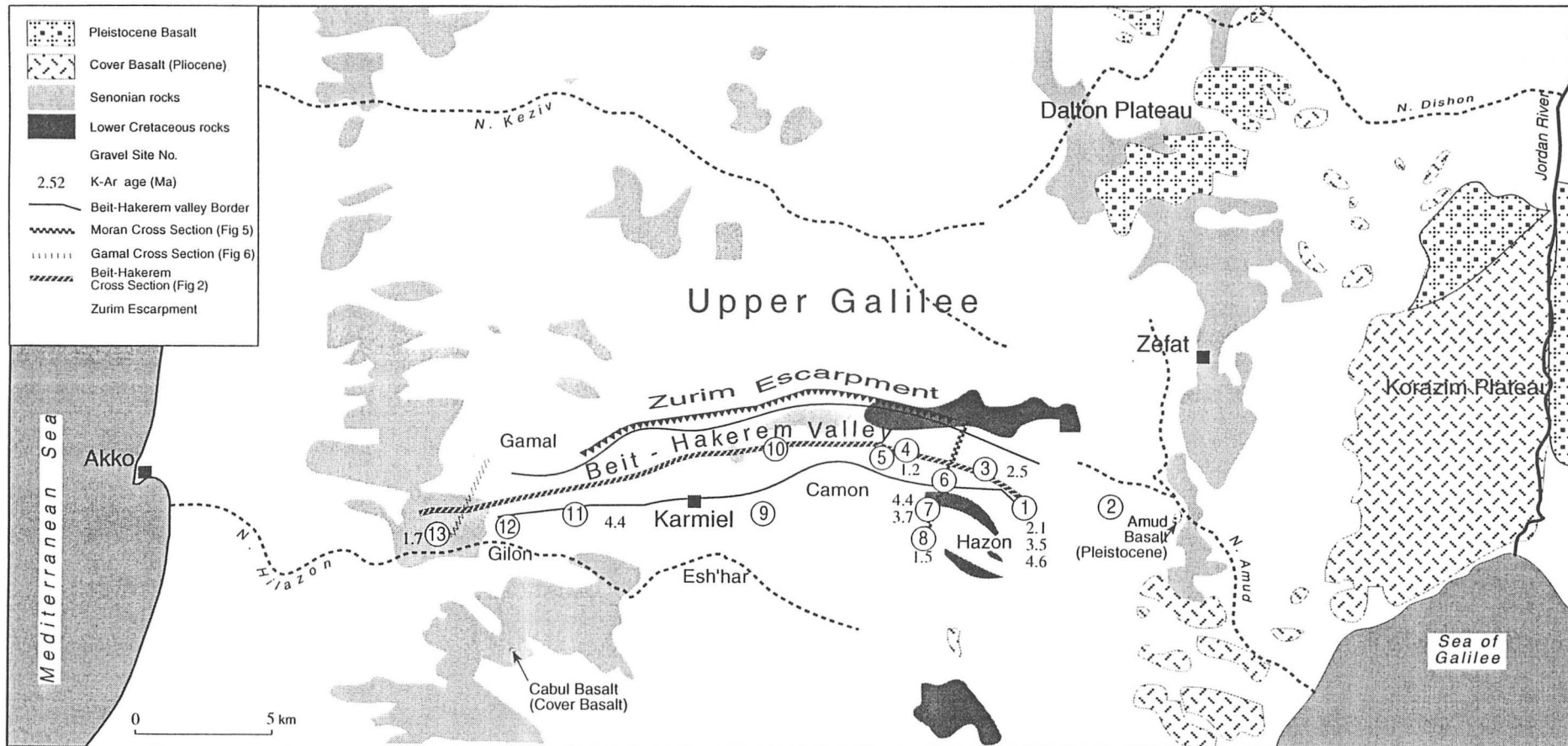
ד. תוצאות

1. שרידי סדימנטים פלוביאליים בבקעת בית הכרם ושוליה.

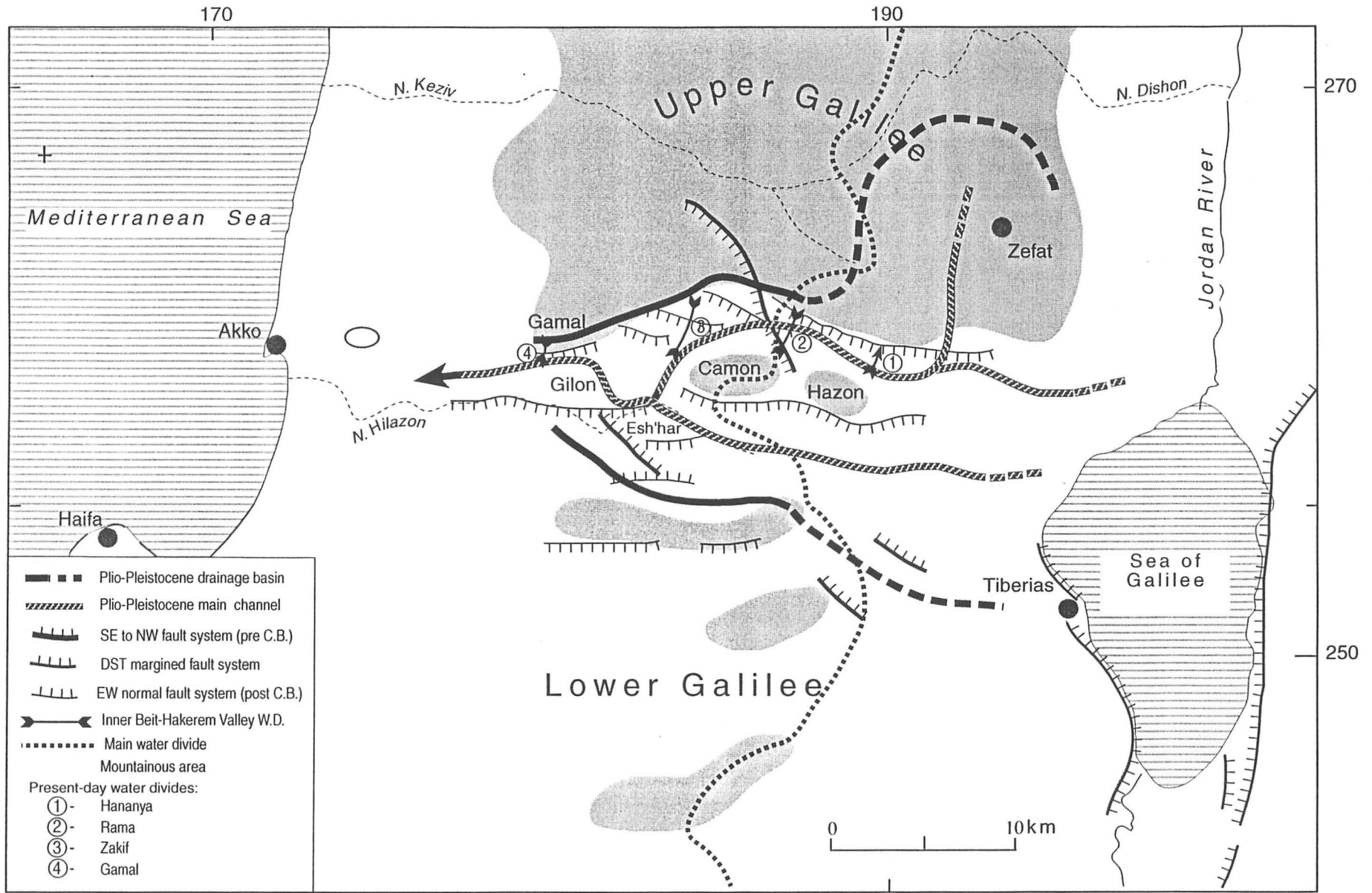
ב - 13 אתרים בבקעת בית הכרם ובשוליה נמצאו מאספי חלוקים המעידים על סביבות פלוביאליות קדומות (טבלה מס. 1 ואיור מס. 6). מאספי החלוקים אלו נמצאו בתוך קרקע טרה רוסה הנפוצה באזור על גבי משארים טופוגרפים שאינם קשורים למערכות הניקוז הנוכחיות. בדרך כלל נמצאו החלוקים מפוזרים על פני השטח (תמונה מס. 1). במקומות שבהן החשיפה מאפשרת, ניתן לראות שהחלוקים מהווים חלק מהשכבה הקבורה מתחת לפני הקרקע (תמונה מס. 2). מאסף החלוקים באתרים אלו כולל בדרך כלל סלעי בזלת, קוורצוליט, תרכיזי קוורץ (כדורי אליהו), אבני חול (חלקן מבורזלות), חואר וחלוקים קרבונטים שונים. מאספי החלוקים מייצג אגן ניקוז בו חשופים סלעים סדימנטריים מהקרטיקון התחתון עד לאיאוקן וכן בזלות. כל האתרים בהם נמצאו החלוקים נמצאים בגבהים שבין 40 ל - 350 מטרים מעל פני הים. על פרשת המים של רמה ומזרח לה, נמצאו שרידי קונגלומרטים בגבהים שבין 300 ל- 350 מטרים מעל פני הים. אתרים אלו כוללים את האוכפים של גבעת חנניה (1), אוכף על שלוחה של הר קדרים (2), אזור צומת חנניה (3), אוכף רמה (4), האוכף שמדרום למזבלה של רמה (5), האוכף בין שתי הפסגות של גבעת מורן (6) וכתף הנמצאת על המורדות הצפוניים של הר חוזה (7). אתר בודד בו נמצאו חלוקי בזלת (אשר תוארכו לגיל של כ- 1.7 מליון שנה) שאיננו נמצא בגובה זה הוא מוצא נחל חזון לבקעת צלמון (8) שגובהו כ- 200 מטרים מעל פני הים. ממערב למחסום רמה נמצאו שרידי חלוקים על פני טווח גבהים גדול יותר מאשר במזרח. בשולי הר כמון, על גבי האוכפים של גבעות צוף נמצאו חלוקי בזלת בגבהים שבין 340 ל- 360 מטר מעל פני הים (9). בבקעה שממזרח לכפר נחף (10) ובבקעת מגד (11) נמצאו חלוקי בזלת בגובה של כ- 200 מטר מעל פני הים. בכתף של חרבת גילון (12) נמצאו חלוקים בגובה של כ- 240 מטר ובגבעות אחיהוד (13) נמצאו מאספי חלוקים בטווח גבהים שנע בין 40 ל- 110 מטר מעל פני הים. כמו כן נמצאו מאספי חלוקים שנגזרו מתצורות מגיל קרטיקון תחתון קנומן וטורון ומעט חלוקי בזלת בנחל יצהר (מצפון להר גמל) ובעמק מדרום להר גמל בגבהים של 240 ו- 100 מטר בהתאמה.

2. תארוך חלוקי הבזלת

תארוך של חלוקי בזלת מאתרים שונים ברחבי הבקעה ומחוצה לה נתן גילים שנעים בין 4.5 מליון למליון שנים (טבלה מס. 2). להוציא שלושה אתרים (פרוד, מניפת חזון ואוכף רמה, איור מס. 6), התרכזו הגילים שהתקבלו לטווח שבין 4.5 מליון שנים ל- 1.8 מליון שנים. הגילים של חלוקי הבזלת מצביעים על מקורות אפשריים באזור רמת דלתון, נחל עמוד או שדות וולקניים שונים בגליל התחתון וברמת כורזים (איור מס. 6



איור 6. מפה גיאולוגית המציגה מחשופים של בזלות וסלעים מגיל קרטיקון תחתון וסנון אשר יכלו לשמש כסלעי מקור למאסף החלוקים שנמצא בבקעת בית הכרם.



איור 7. מפה פליאוגיאוגרפית המשחזרת את מערכת הניקוז הפליו-פליסטוקנית באזור בקעת בית הכרם. עקב יצירת הבקע וכיסוי אזורים נרחבים על ידי בזלות לא ניתן לשחזר את חלקה המזרחי של המערכת.

וטבלה מס. 3). חלוקי הבזלת מפרוד ומאוכף רמה נגזרו מבזלות שגילם כמליון שנים. שדות וולקנים מגיל כזה נמצאים רק ברמת הגולן או בצפון רמת כורזים.

3. אנליזה כימית

ממספר אתרים בחלק המזרחי של אזור המחקר, נדגמו חלוקי בזלת שעברו אנליזה כימית במטרה לנסות ולהוות בזלות בעלות גיל דומה אך מקור שונה. תוצאות האנליזות מוצגות בטבלה מס. 4. לשם השוואה, מוצגות יחד עם התוצאות גם אנליזות טיפוסיות של בזלות מרמת דלתון ומנחל עמוד שהן בעלות גיל זהה. ניתן לראות שיש הבדלים בריכוזים של יסודות שונים כאשר הבולט שבהם הוא ה-Sr.

ה. ניתוח ודיון

דגם מערכות הניקוז הנוכחיות באזור בקעת בית הכרם מעלה מספר שאלות:

- 1) מדוע הנחלים חוצים את הרכס הגבוה של חזון-כמון-צורית-גילון במקום לזרום לאורך הבקעה?
- 2) מתי עוצב הדגם הנוכחי של מערכת הניקוז והאם בעבר שימשה בקעת בית הכרם כנתיב זרימה עיקרי ממזרח למערב?
- 3) מה היו מסגרות הזמן והמרחב בהם פעלו מערכות ניקוז קדומות בבקעת בית הכרם?
- 4) כיצד מתיחסים השינויים המערכות הניקוז לפעילות הטקטונית שפעלה באזור?

עדויות מורפולוגיות וליתולוגיות מעידות על קיום מערכות ניקוז מיוקניות רחבות מימדים שזרמו

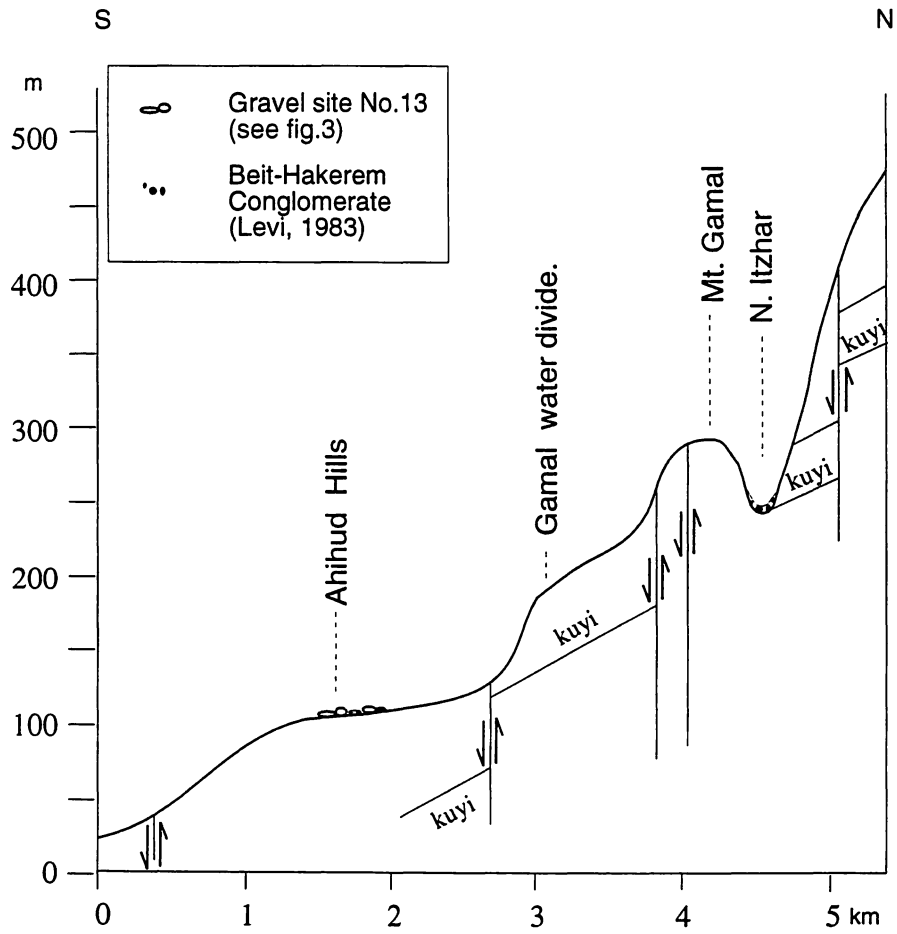
מאזורים הנמצאים היום ממזרח לבקע מערבה לעבר הים התיכון (שליב, 1991; כפרי, 1995). קיום מערכות כאלו גם באזורים דרומיים של הבקע הוכח בעבודות שנערכו בדרום הערבה (גינת וחבריו, 1996). במסגרת המחקר הנוכחי נמצאו עדויות לכך שמערכות הניקוז המיוקניות בגליל המשיכו לפעול גם בפליוקן. זאת ניתן להסיק מהמצאות חלוקי בזלת וחלוקים נוספים, באזור בקעת בית הכרם, אשר מקורם ממזרח לקו פרשת המים הנוכחי. שינוי מהותי במערכות אלו (לקראת המצב הנוכחי) החל רק בפלייסטוקן כתגובה לתהליכי השבירה וההתרוטמות שהפכו את בקע ים המלח באזור הכנרת לבסיס ניקוז והביאו ליצירת קו פרשת מים בין אגן הניקוז של הים התיכון לזה של הכנרת. בעזרת הממצאים באזור בקעת בית הכרם ניתן לשחזר את שלבי ההתפתחות של מערכת הניקוז שפעלה באזור מהפליוקן התיכון ועד היום.

1. המערכת הניקוז המקורית (מיוקן - פליסטוקן מוקדם)

הגילים של חלוקי הבזלת שנמצאו בבקעת בית הכרם והרכבם הכימי מצביעים על כך שמערכת ניקוז פליוקנית ופליסטוקנית מוקדמת שניקזה את אזור רמת כורזים ורמת דלתון, התכנסה בזרימתה מערבה אל אזור

בקעת בית הכרם (איור מס. 7). העובדה שבשני אתרים (פרוד ואוכף רמה) תוארכו חלוקים בני כ- 1 מליון שנה דורשת הסבר מיוחד מפני שלא ידוע כיום על שדות וולקנים בגליל מגיל זה. ניתן להסביר שני גילים אלו בכמה דרכים: (א) המצאות שדה וולקני מגיל של כ- 1 מליון שנים באזור שנוקז לבקעת בית הכרם, ואשר עדין לא תוארך באתרו. (ב) התערבות גורם אנושי. (ג) קיום מערכת ניקוז פליסטוקנית שקישרה את עמק החולה עם בקעת בית הכרם. חלוקי קירטון ביטומני מגיל סנון שנגזרו ממחשופים הנמצאים באזור צפת מעידים גם הם על גבולות אגן הניקוז וכיון הזרימה. בתוך בקעת בית הכרם זרמה המערכת מדרום למתלול צורים, שכבר היה קיים באותה תקופה כפי שמעידים חלוקים שנגזרו מסלעים מגיל קרטיקון תחתון החשופים לאורכו. האפיק הראשי של מערכת זו ניצל את המבנה הטופוגרפי הנמוך של בקעת בית הכרם וזרם דרכו מערבה עד לאזור העיר כרמיאל. יתכן שפאזת שבירה מיוקנית על השבר החוצה את בקעת בית הכרם בין הכפר נחף לבין הר כמון (שכיוונו דר' מז' - צפ' מע') יצרה אזור מונמך (באזור בו נמצאת היום העיר כרמיאל) והיטתה את תעלת הזרימה דרומה לתוך אזור מישורי בו יצר האפיק דגם מפותל שנשמר עד היום בנתיבו של נחל חלזון (תמונה מס. 3). נתיב הזרימה פנה לצפון מערב וחזר לבקעת בית הכרם דרך בקעת מגד (איור מס. 4) כפי שהציע בעבר כפרי (1995). ניתן להצביע על מספר עובדות התומכות ברעיון זה: (א) ממדי הבקעה גדולים יותר ממה שצפוי עבור בקעה בעלת אגן ניקוז כשל בקעת מגד והיא מסתיימת באוכף רחב ושטוח התלוי כ- 150 מטר מעל האפיק הנוכחי של נחל חלזון. קרקעית הבקעה שטוחה והיא מכוסה בחתך סדימנטרי חרסיתי שעוביו החשוף הוא כ- 8 מטרים אך הוא עשוי להגיע לעובי של עשרות מטרים. (ב) בבקעה נמצא מאסף חלוקים האופיני למערכת הניקוז הפליו-פליסטוקנית בבקעת בית הכרם.

המוצא של מערכת ניקוז זאת למערב עדין אינו ברור. מאספי החלוקים שנמצאו באתרים שונים באזור הר גמל מצביעים על אפשרות שהנתיב הקדום ביותר עבר דרך העמק בו נמצא היום נחל יצהר (איור מס. 4). מבנהו של נחל יצהר וכן קונגלומרט מלוכד היטב החשוף על גדות הנחל ממערב למערת יונים (קונגלומרט בית הכרם; לוי, 1983) מעידים על כך שהנחל שימש בעבר נתיב זרימה של מערכת ניקוז גדולה. מכיוון שהקונגלומרט החשוף בנחל יצהר אינו מכיל חלוקי בזלת כלשהם נראה שנחל יצהר שימש כנתיב ניקוז של בקעת בית הכרם קודם לפריצת בזלת הכסוי בגולן ובגליל המזרחי. ממצאים נוספים מאזור זה, כפי שיפורטו בהמשך, מצביעים על



איור 8. חתך רוחב באזור הר גמל. החתך מציג את היחסים הטופוגרפיים והסטרוקטורליים של העמקים הנטושים ששימשו בעבר את מערכת הניקוז של בקעת בית הכרם.

האפשרות שהניקוז המערבי של בקעת בית הכרם נדד במהלך הפליוקן והפליסטוקן דרומה מאזור נחל יצהר ועד לקניון בית הכרם במספר שלבים.

2. מערכת הביינים (פליסטוקן מוקדם - תיכון)

פאזות של שבירה (בעיקר נורמלית) באזורים שונים בבקעת בית הכרם ובשוליה הביאו לשנוי בנתיב

הזרימה המקורי של המערכת הפליוקנית.

פעילות על המקטע המערבי של מתלול צורים ויצירת בסיס ניקוז מונמך מדרום להר גמל הביאה לנטישת

המוצא דרך נחל יצהר ליצירת מוצא חדש דרך האזור המונמך הנמצא היום בין הר גמל לרכס של גילון וצורת

(גבעות אחיהוד) (איורים מס. 4 ו-8). עדות לכך ניתן למצוא באתרי החלוקים שנמצאו על גבעות אחיהוד.

במזרח, פעילות פליוקנית על שבר פקיעין הביאה ליצירת מחסום רמה ולשינוי בנתיב הזרימה בבקעת

בית הכרם. נתיב הזרימה החדש עקף את מחסום רמה מדרום דרך אזורים הנמצאים היום בגבעת מורן ובשולי הר

חווה (איור מס. 9). ממערב להר חווה, חזר הנחל לנתיבו המיוקני בבקעת בית הכרם. על פי היחסים הטופוגרפים

שבין מפלס הזרימה לפסגות של הרכס מדרום לבקעת בית הכרם, נראה כי בתקופה זו תחמו את הבקעה גבעות

גובה של כ- 100 עד 300 מטר שנוצרו על ידי הפעילות על קו כמון-חזון-גילון-צורית. המשך הפעילות על קו

פקיעין והתרוממות נוספת של מחסום רמה הביאו לניתוק בקעת חנניה משאר בקעת בית הכרם. כתוצאה מכך

מערכת הניקוז המזרחית של הבקעה הוסטה דרומה וחצתה את הרכס של כמון-חזון לאורך המקטע הדרומי של

שבר פקיעין. חצית הרכס נעשתה על גבי בלוק שהונמך בין שבר פקיעין במערב לשבר המפריד בין פסגת הר חזון

להר חווה במזרח (איור מס. 9). נוסף לכך את ההנחה שהבלוק הירוד נוקז צפונה ולכן כבר היה קיים במקום אפיק

זרימה שנשפך לתוך בקעת בית הכרם, הרי שהסף שעליו היתה צריכה מערכת הניקוז להתגבר כדי לפנות דרומה

היה גבוה בעשרות מטרים בודדים בלבד ממחסום רמה. על כן התרוממות לא גדולה של מחסום רמה בלווי הטיה

קלה דרומה של האזור היו מספיקים על מנת שמערכת הניקוז תחצה את קו כמון-חזון. מדרום לקו כמון-חזון זרם

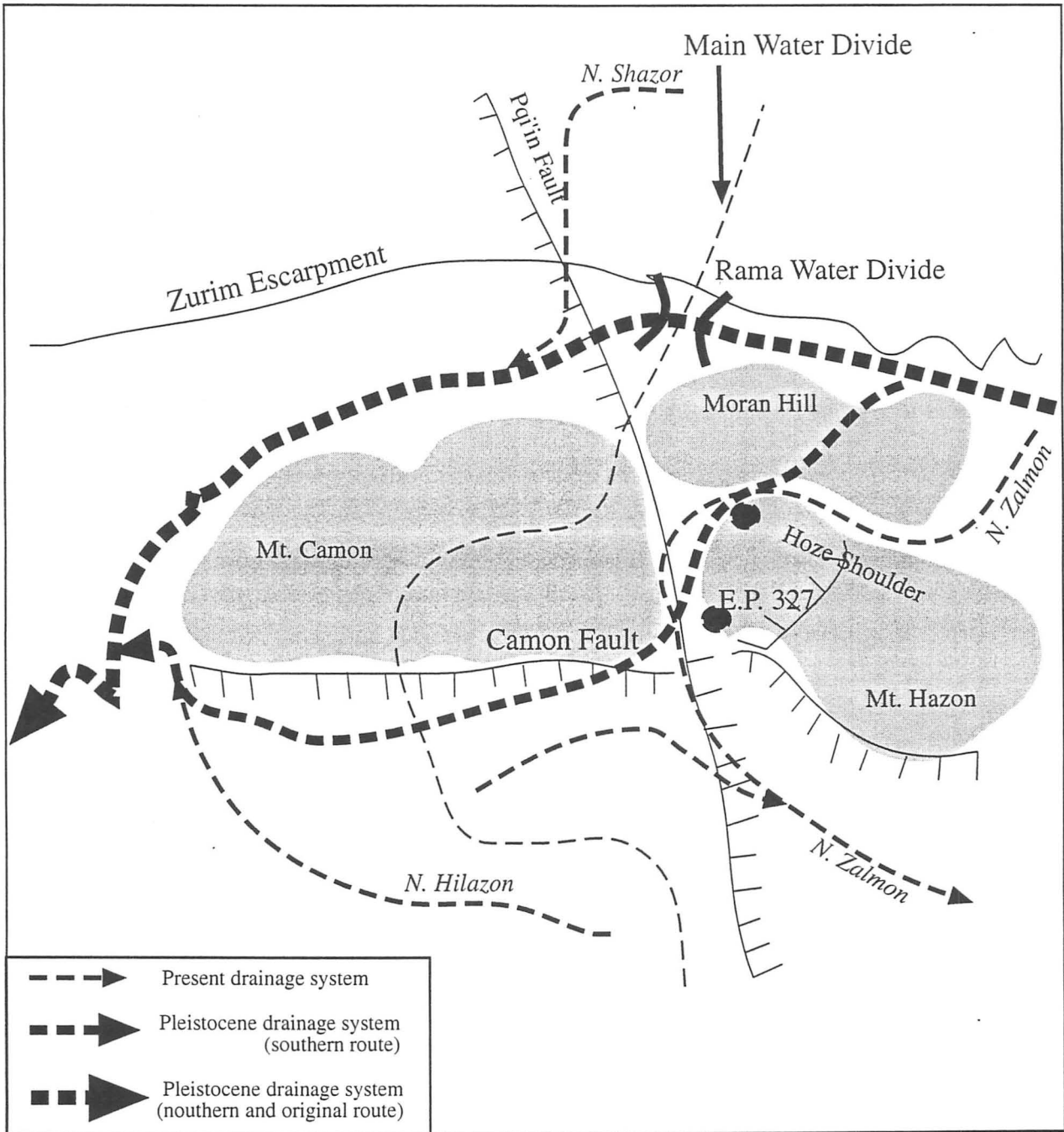
הנחל מערבה בתוך בקעת סכנין בה חבר אליו נחל נוסף שניקז את אזור הארבל לכוון מערב. מערכת הניקוז של

בקעת בית הכרם חזרה לנתיבה המקורי באזור בו נמצאים היום הפיתולים של נחל חילזון. פיתולים אלו נוצרו,

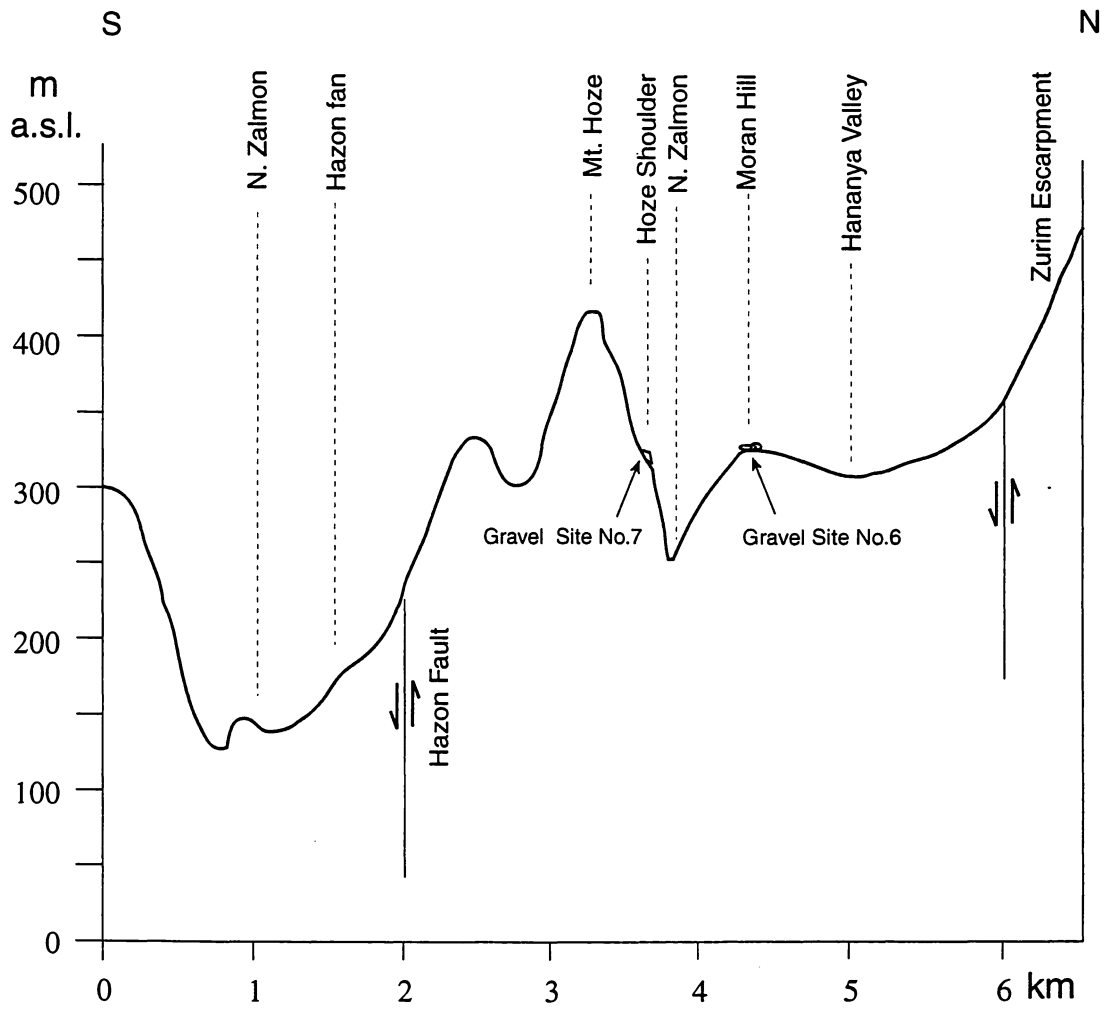
כפי שנאמר, כאשר נחל בית הכרם הקדום הוטה דרומה לתוך המישור ליד כרמיאל. ההתאמה בין הגיאומטריה של

הפיתולים לגיאומטריה של השלוחות מעל לנחל חילזון מעידה על כך שמדובר במערכת פיתולים שנחתרה תוך כדי

עלית רכס אשחר.



איור 9. מפה מוגדלת של אזור שבר פקיעין בבקעת בית הכרם.



איור 10. חתך רוחב באזור גבעת מורן. החתך מציג את היחסים הטופוגרפיים והסטרוקטורליים של המפלסים השונים של מערכת הניקוז בחלק המזרחי של בקעת בית הכרם.

3. המערכת הנוכחית (פליסטוקן תיכון - הולוקן)

יצירת בקע הירדן כבסיס ניקוז חדש במזרח והטיה רגיונלית של האזור מזרחה (ראה בהמשך) הביאו לשנוי מהותי במערכת הניקוז של האזור.

האזורים הצפון מזרחיים של מערכת ניקוז זו נותקו מאזור בקעת בית הכרם והחלו להיתנקז ישירות

מזרחה: רמת דלתון על ידי נחל עמוד ורמת כורזים והגליל המזרחי על ידי רשת של ערוצים קטנים.

האזורים המרכזיים של מערכת הניקוז (הווה אומר המורדות המזרחיים של מתלול צורים, ובקעת חנניה)

אשר נוקזו דרומה תוך חצית רכס כמון-חזון לאורך המקטע הדרומי של שבר פקיעין, פנו מזרחה לעבר בסיס

הניקוז החדש. בעקבות ארוע זה התיצב באזור קו פרשת המים הארצית הנוכחי. באיור מס. 10 ניתן לראות את

היחסים הטופוגרפיים בין מפלס הזרימה הפליו-פליסטוקני המוגדר על ידי גבעת מורן ונג. 337 למפלס הזרימה

הנוכחי של נחל צלמון. התחתרות נחל צלמון ונטישת המפלס הפליסטוקני נבעו בעיקר מהתרוממות של גוש חזון

ובמידה מסוימת מתהליך העמקת בסיס הניקוז במזרח. נראה שהתחתרות זו באזור כמון-חזון ובאזור בקעת צלמון

ארעה במספר שלבים הניכרים היטב במניפת הסחף שיצר הנחל במוצאו מרכס כמון-חזון לתוך בקעת צלמון.

מכיוון שנחל צלמון מנקז אזורים בבקעת בית הכרם שבהם הורבדו משקעים פלוביאליים של מערכת הניקוז

הפליו-פליסטוקנית הרי שהוא מסייע חלוקים הגזורים מסלעים שאינם חשופים היום באגן הניקוז שלו. תהליך זה

מסביר את המצאותם של חלוקי בזלת שמקורם מרמת דלתון על מניפת הסחף מדרום להר חזון.

המשך שבירה נורמלית על השבר של רכס גילון צורית הביאה ליצירת בסיס ניקוז עמוק במקום בו

נמצאת היום בקעת שעב איור מס. 4). יצירת בסיס הניקוז בבקעת שעב הביאה לנטישת בקעת מגד על ידי

מערכת הניקוז הראשית ולזרימה ישירה מערבה של נחל חילזון. בסיס ניקוז זה גם משך אליו את מערכת הניקוז

של החלק המערבי של בקעת בית הכרם ואפיק הנחל הוסט מגבעות אחיהוד דרומה תוך התחתרות במדרגה

הטקטונית ויצירת נקיק הידוע בשם קניון בית הכרם (איורים מס. 4 ו-8). נקיק זה עובר בתפר שבין הסלעים

הקשים של חבורת יהודה הבונים את רכס גילון צורית לבין הסלעים הרכים של חבורת הר הצופים הבונים את

גבעות אחיהוד.

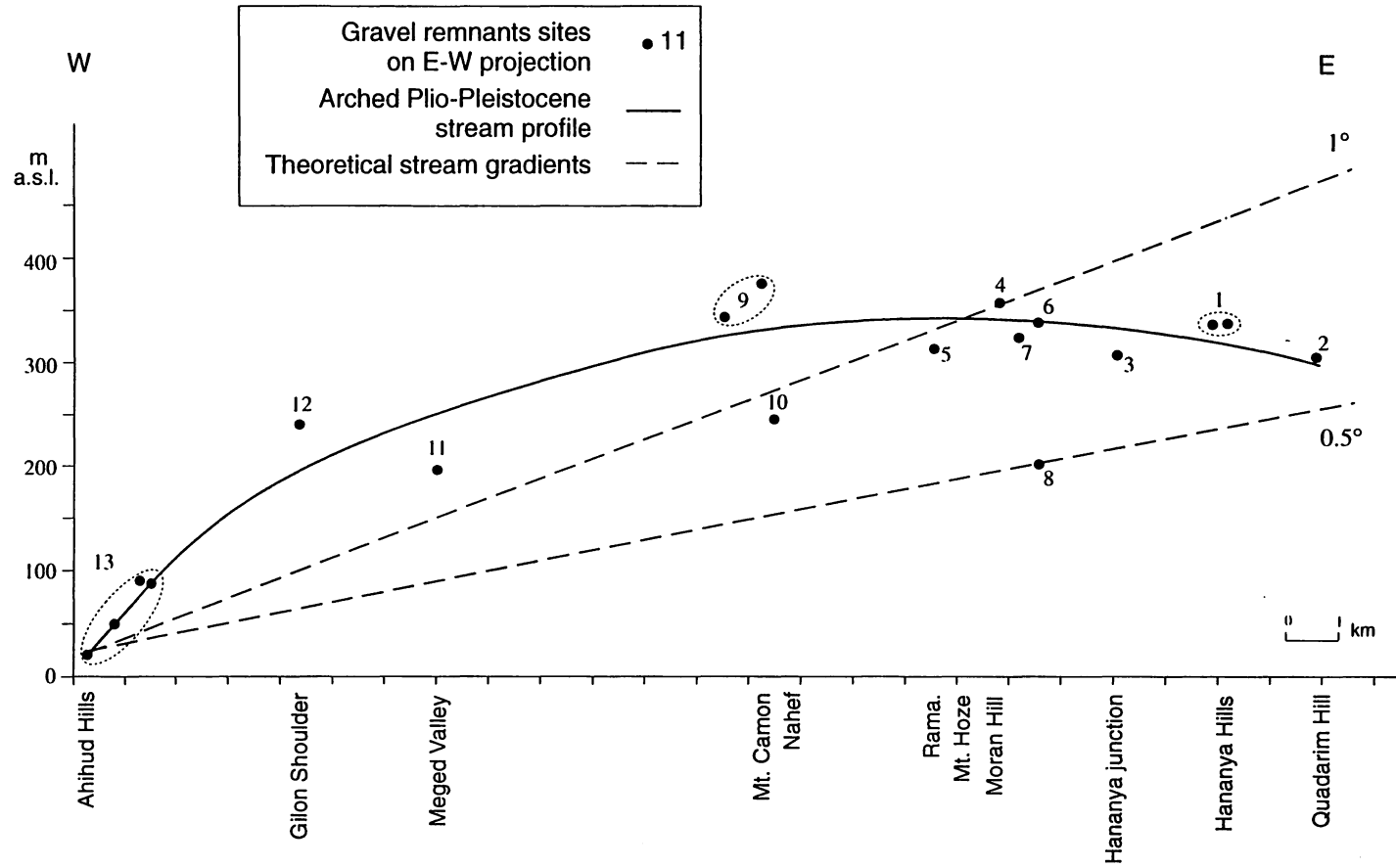
4. הדפורמציה הטקטונית בבקעת בית הכרם

התוואי הנוכחי של הנחלים בבקעת בית הכרם והשלבים שהביאו להתפתחות תוואי זה, כפי שתואר

קודם, נובעים מההתפתחות הטקטונית של בקעת בית הכרם ושוליה. התפתחות זו מהווה חלק מהתהליך שיצר

את מבנה הבלוקים של הגליל וכן מתהליך ההרמה הכללי של כל שדרת ההר. המעקב אחר התהליכים הטקטוניים

שפעלו בעמק מראה שההסטות האנכיות על מערכות השבירה שכיוון צפ'-מע' ומז'-מע' הביאו לשינויים מקומיים

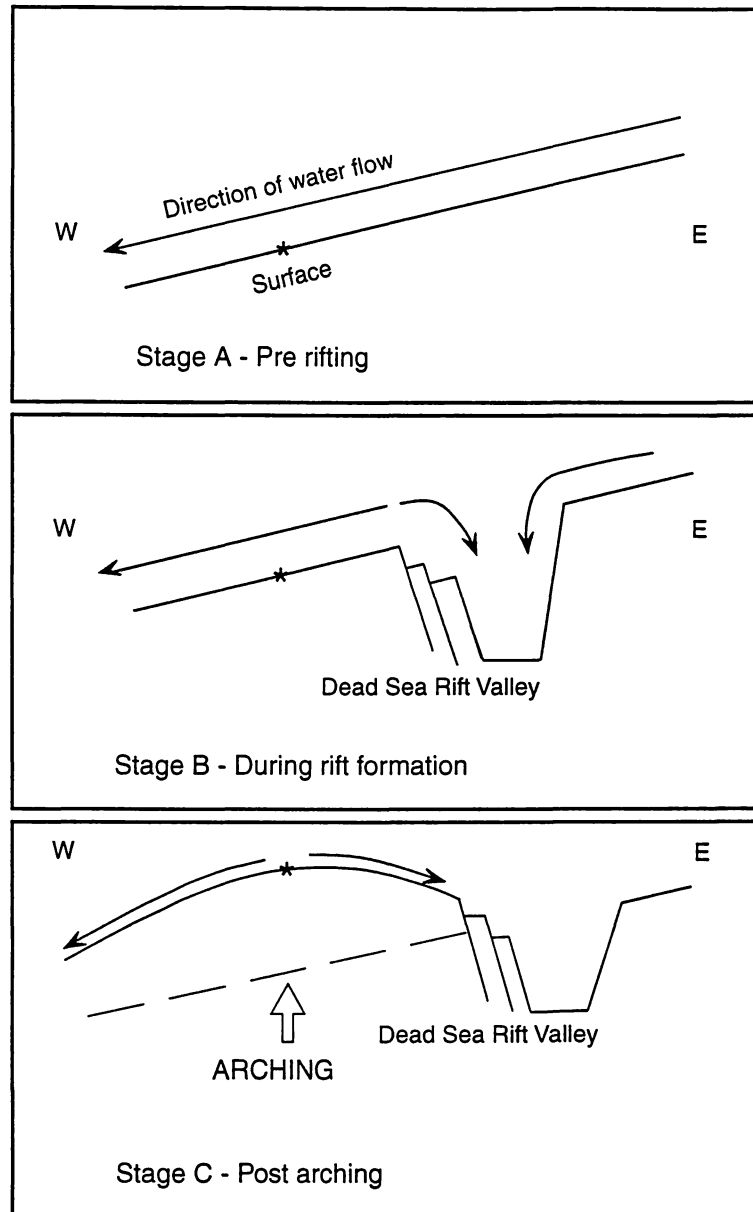


איור 11. השלכה על מישור שכיוונו מזי-מעי של אתרי החלוקים שנמצאו בבקעת בית הכרם ושוליה. בקביעת הקו המתאים ביותר לא הוכללו אתרים מס. 8 ו-10 מכיוון שיתכן שהם מייצגים הסעה משנית של חלוקים על ידי מערכות ניקוז צעירות.

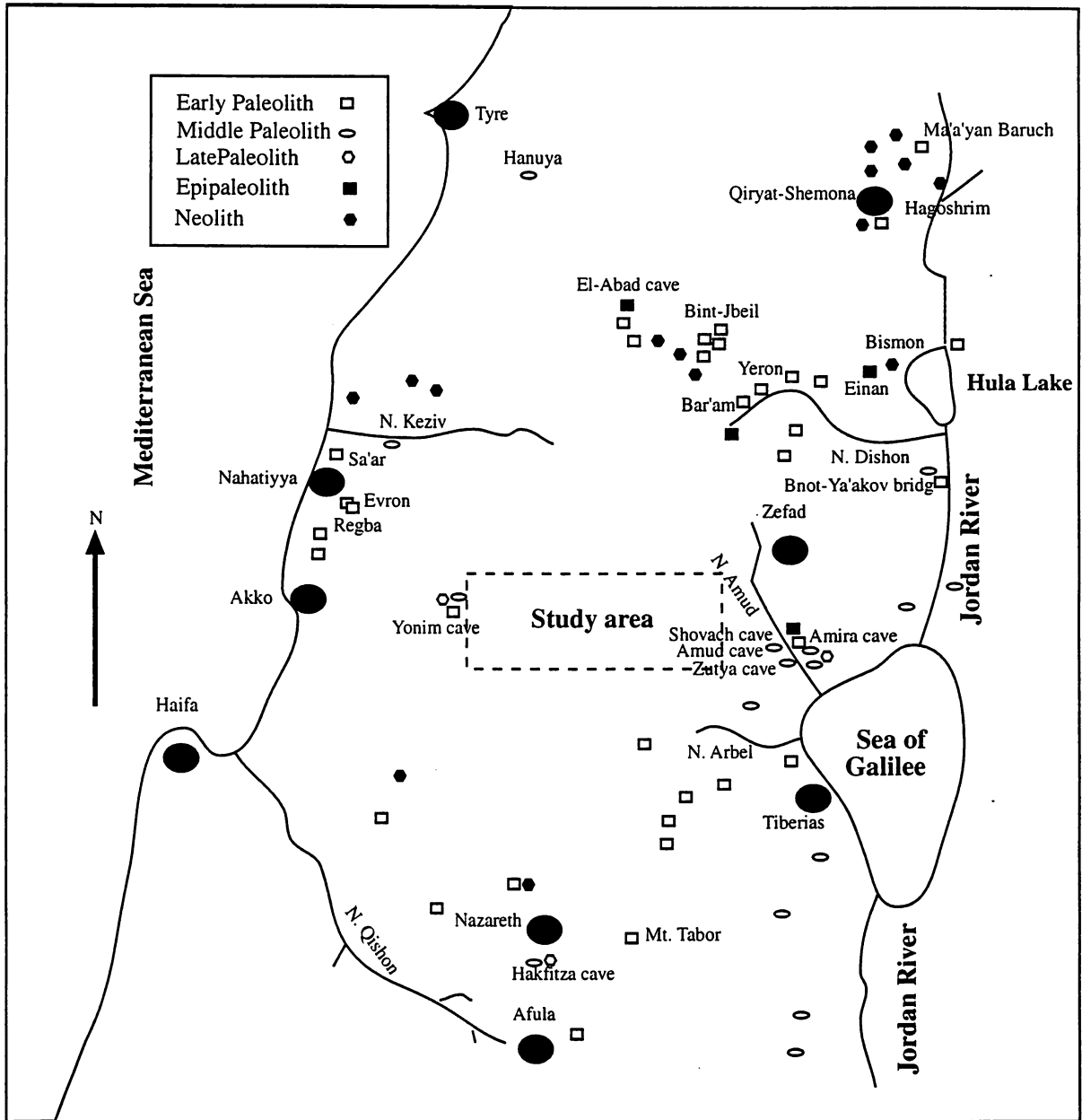
בתוואי של מערכת הניקוז בבקעת בית הכרם אך לא שינו באופן מהותי את גודל אגן הניקוז, כיוון הזרימה ובסיס הניקוז של המערכת (כפי שניתן לראות במעברים בין מערכת הניקוז המקורית של בקעת בית הכרם למערכת הביניים).

השלכה של האתרים בהם נמצאו משארים של קונגלומרטים על פני מישור אנכי בכיוון מזרח מערב מציגה את אופי ומידת הדפורמציה שעבר מפלס הזרימה הפליסטוקני (איור מס. 11). מפלס הזרימה הפליסטוקני מתואר כקו המתאים ביותר (best fit line) המייצג את כל אתרי החלוקים (מלבד אתרים מס. 8 ו-10 שכנראה מייצגים תהליך של הסעה משנית). הגובה מעל פני הים של כל אתר נובע ממידת התנועה האנכית של כל הבלוק עליו נמצא האתר וכן ממידת ההשתפלות או ההרמה של אזור כולו. לא ניתן להבדיל בין התרומה המדויקת של כל מנגנון לגובה המוחלט של כל אתר אך ניתן לזהות את המקומות בהם יש דומיננטיות לכל מנגנון. במקומות בהם קיים טווח גבהים רחב מסביב לקו המתאים ניתן להסיק שמרכיב ההעתקה המקומית הוא רב השפעה ואילו במקומות בהם הנקודות מונחות קרוב לקו המתאים ניתן להסיק שעיקר הגובה הטופוגרפי של נקודות אלו הוקנה להם על ידי התנועות האנכיות של האזור כולו. מנגנון העתקה שהביא לשבירת מפלס הזרימה והקנה טווח גבהים רחב לאתרי חלוקים סביב הקו המתאים ניכר בעיקר בחלק המרכזי של הבקעה, ואילו מנגנון קימוט באורך גל של עשרות קילומטרים שהביא לקימור של מפלס הזרימה ניכר לאורך כל החתך. ניתן לראות שמפלס הזרימה קומט באופן חריף בחלקו המערבי ובמידה קלה יותר בחלקו המזרחי. עוצמת הקימוט מגיעה לסדר גודל 200 עד 300 מטרים. קימור בסגנון כזה יכול להיות מוסבר כתגובה של שולי הבקע להתפתחותה ומילויה על ידי סדימנטים. הקימור של השוליים המערביים של בקע ים המלח נצפה ונחקר על ידי חוקרים שונים ונצפה באזורים אחרים בעלי מסגרת טקטונית דומה (ראה במסגרת הטקטונית של הגליל).

התפתחות בסיס הניקוז המזרחי (בקע ים המלח) הינו תנאי הכרחי ליצירת מערכת הניקוז הנוכחית אך אין זה תנאי מספק. תהליכים מדרוניים ואלוביאליים אינם יכולים להסביר נסיגה של עשרות קילומטרים של קו פרשת המים על גבי סלע קשה במסגרת פרקי הזמן בהם מדובר בגליל (איור מס. 12). תהליך הקימור יכול להסביר את המעבר ממערכת ניקוז בעלת בסיס ניקוז אחד (הים התיכון) שזרמה ממזרח למערב למערכת ניקוז בעלת שני בסיסי ניקוז (ים תיכון ובקע ים המלח) שזורמת מזרחה ומערבה מקו פרשת מים. הקימור הביא להטיה רגיונלית מזרחה של האזור הנמצא ממזרח למחסום רמה ויצירת קו פרשת מים ארצי במרכז הגליל והפך את כיוון הזרימה בערוצי הנחלים שנמצאו ממזרח לקו פרשת המים החדש שנוצר. ניתן לראות דוגמה להתפתחות התהליך המתואר על ידי מעקב אחרי שלבי ההתפתחות של נחל צלמון. באזורים בהם לא התקיים קימור של שדרת ההר ממוקם קו פרשת המים הארצי לאורך שולי הבקע וכל האזור ממערב לבקע מנוקז לים התיכון (לדוגמה - השוליים המערביים



- איור 12.** תאור סכמטי המציג את הקשר בין יצירת הבקע ל- Arching והשפעתו על מערכת הניקוז.
- שלב א - מערכת ניקוז רציפה חוצה את אזור הבקע כלפי בסיס ניקוז מרוחק.
- שלב ב - יצירת הבקע גורמת להתפתחות בסיס ניקוז חדש הגורם לניתוק החלקים העליונים של מערכת הניקוז הקיימת ויצירת קו פרשת מים חדש לאורך כתפי הבקע.
- שלב ג - תהליך קימור בעל אורך גל גדול שמלווה את התפתחות הבקע גורם להטיה של שולי הבקע המורמים כלפי מרכז האגן השוקע ויצירת מבנה המכונה - חצי גרבו. הטיה זו גורמת לנדידת קו פרשת המים משולי הבקע אל אזור הציר של הקימור והיפוך מגמת הזרימה של מערכת הניקוז באזור המוטה כלפי הבקע.



איור 13. מפת תפוצת אתרים פרהיסטוריים בגליל. ניתן לראות שבאזור העבודה הנוכחית לא נמצאו אתרים פרהיסטוריים.

של עמק החולה). מכיון שתהליך הקימור התרחש לאורך רב הצד המערבי של בקע ים המלח, התפתחה שדרת הר שכיוונה צפון-דרום לאורך כל ארץ ישראל וכתוצאה מכך נוצר קו פרשת מים ראשי לאורך כל הארץ. תהליך זה מהווה גורם עיקרי המשפיע על תהליך התפתחות הנוף בישראל.

1. הגורם האנושי

הפעילות האנושית בגליל התקיימה באופן רציף מאז חדירת האדם הפליאוליתי לאזור ועד היום. אתרים פרהיסטוריים ממקומות שונים בגליל מעידים על המצאותו של האדם בגליל כבר מאז הפליסטוקן האמצעי ואולי אף התחתון (לדוגמה רונן ופראוסניץ, 1979). מפת תפוצה של האתרים הפרהיסטוריים בגליל מראה שעיקר פעילות האדם התמקדה בשולי הגליל (מישור החוף ובקע ים-המלח) בעוד שבמרכז הגליל לא נמצאו עדויות לפעילות האדם באותה תקופה (איור מס. 13). באזור העבודה מרוכזים עיקר הממצאים הפרהיסטוריים במערת יונים בנחל יצהר מצפון להר גמל. במערה זו נמצאו ממצאים מהפליאולית התחתון, האמצעי והעליון וכן מהאפיפליאולית (בר-יוסף, 1974; צרנוב, 1974; Bar-Yosef, 1976). בתקופות ההיסטוריות קיימות עליות וירידות בריכוזי האוכלוסיה בגליל אך גם בתקופות השפל פעל האדם בגליל, אם כי בעיקר בגליל התחתון בשולי הגוש ההררי. בחינת הממצאים הליתולוגים שנמצאו באזור בקעת בית הכרם, במסגרת המחקר הנוכחי, לאור קיום פעילות אנושית באזור במשך מאות אלפי שנים, מעלה כמובן את שאלת מעורבותו של האדם בהמצאות חלוקים שונים ברחבי בקעת בית הכרם ושוליה. שאלה זו מתחדדת לאור מספר עובדות נוספות:

א. הממצאים הליתולוגים כוללים בעיקר משארי קונגלומרטים (בדרך כלל בתוך טרה-רוסה) ולא קונגלומרטים מלוכדים.

ב. באזור העבודה נמצאו שברים של כלים קטנים מבזלת.

ג. המצאות אתרים ארכיאולוגים קטנים בסמיכות לחלק מהאתרים בהם נמצאו החלוקים.

ראוי לציין מספר נקודות נוספות הקשורות לחלוקי הבזלת:

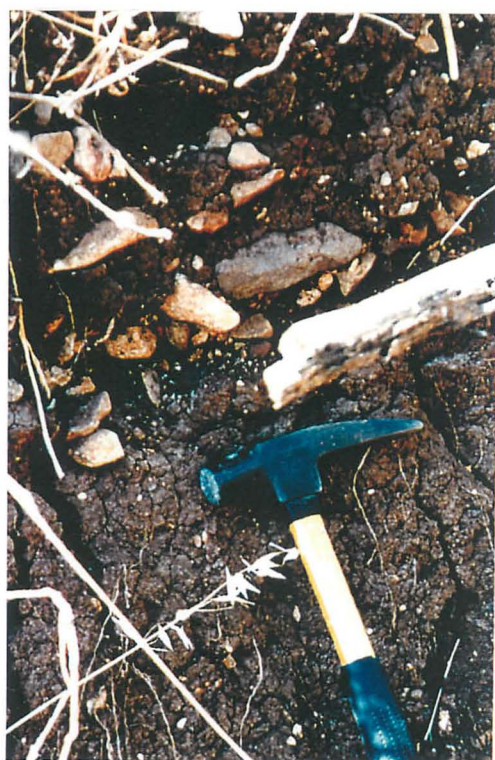
א. כל החלוקים ושברי החלוקים שנמצאו לא עלו מעל גודל של 10 ס"מ. בדרך כלל גודל חלוקי הבזלת היה כגודל אגרוף. לא נמצאו כלים שלמים וכן לא נמצאו חלוקים או שברי חלוקים גדולים.

ב. לא קיימת התאמה בין חלוקי הבזלת באתרים השונים באזור העבודה לבין השדות הוולקניים הקרובים ביותר לאותם אתרים. כלומר באתרים בהם נמצאו חלוקי בזלת אשר תוארכו ניתן לשייך חלוקים שונים לשדות וולקניים ידועים הרחוקים עשרות קילומטרים בעוד ששדות וולקניים אחרים נמצאים הרבה יותר קרוב. הדוגמה הבולטת ביותר לכך היא חלוקי הבזלת ממניפת חזון. חלוקים אלו שויכו על פי גילם וההרכב הכימי שלהם לבזלות מרמת



תמונה 1:

מאסף חלוקים טיפוסי. המאסף המופיע בתמונה אינו באתרו מכיוון שבדרך כלל נמצאו החלוקים מפוזרים על פני השטח באזורים המכוסים ע"י קרקע טרה-רוסה.



תמונה 2:

מאסף חלוקים כפי שהוא מופיע בחתכי קרקע. מאספים כאלו נמצאו באתרים בודדים בהם קיימת חשיפה של חתך הקרקע. המאסף המופיע בתמונה נמצא סמוך לצומת שבע.



תמונה 3:

פיתול אופייני בנחל חילזון. פיתולים אלו, האופייניים לנחלים גדולים הזורמים באזורים מישוריים, מעידים על כך שהמקטע הזה של נחל חילזון שימש חלק מתואי מערכת הניקוז שפעלה בבקעת בית הכרם לפני ההתרוממות של רכס אשחר. (Kafri, 1997)

דלתון הנמצאת כ- 20 קילומטרים (בקו אוירי) צפונה, בעוד ש- 5 קילומטרים מזרחה חשופים בזלות פליוקניות השיכות לתצורת בזלת הכסוי. על כן לא היה צפוי למצוא בזלות שמקורם מרמת דלתון על גבי מניפת חזון אילו הובלת חלוקי הבזלת הייתה מתבצעת אך ורק על ידי בני אדם.

ג. תפרוסת החלוקים וריכוזם (כפי שניתן להסיק באופן איכותי מתוך כמות החלוקים שנמצאה) אינה מתאימה לאופי תפרוסת שברי חלוקים או כלים באתרים ארכיאולוגיים. בדרך כלל החלוקים מפוזרים על פני אזורים נרחבים וכמותם די קטנה בעוד שבאתרים ארכיאולוגיים מרוכזים החלוקים באזור קטן וריכוזם גבוה.

ד. מחוץ לנתיבים שבהם הייתה פעילות פלוביאלית פליו-פליסטוקנית נמצאו חלוקי בזלת או שברי חלוקים רק באזורים סמוכים לאתרים ארכיאולוגיים בעוד שבבקעת בית הכרם ושוליה נמצאו חלוקי הבזלת ושברי החלוקים גם המקומות מרוחקים מאתרים ארכיאולוגיים.

כפי שנכתב בפרק על שיטות העבודה, השלב הראשון במחקר הנוכחי היה ניתוח של מפות טופוגרפיות של אזור העבודה על מנת לאתר אלמנטים טופוגרפיים שהיוו חלק ממערכת ניקוז קדומה. איתור האלמנטים הללו נעשה על בסיס קריטריונים טופוגרפיים ומורפולוגיים בלבד. כלומר האתרים שנכללו בעבודת השדה, ורק הם, עמדו בקריטריונים שנקבעו בשלב ניתוח המפות. אחד הקריטריונים המורפולוגיים החשובים המהווים אינידקציה להשתתפות במערכת ניקוז קדומה הוא מידת מישוריותו והתפרשותו של האלמנט הנבדק. מאחר ושרידי הסדימנטים הפלוביאלים נמצאו בעמקים קדומים, מדרגות נחל או אוכפים רחבים שהם אזורים מישוריים בתוך הנוף ההררי שהיו נוחים להתישבות ועיבוד חקלאי, אין פלא שקיימת התאמה בין הסביבות הפלוביאליות הקדומות לסביבות של פעילות אדם ושריכוז הממצאים הארכיאולוגיים באזורים אלו הוא יחסית גבוה. עם זאת, חלוקי הבזלת לא נלקחו ממחשופים קרובים כפי שצפוי מפעילות אדם וחלוקי הבזלת מלווים בחלוקים אחרים שלא היה לאדם כל סיבה להביאם מפאת חוסר שימוש (לדוגמה חלוקי אבן חול). נראה, אם כך, שהאדם השתמש לצרכיו בחלוקים שמקורם משרידי קונגלומרטים שהיו באזור פעילותו ולא הביא חלוקים ממקור רחוק.

ז. סיכום

ניתוח טופוגרפי ופליאוגיאוגרפי של אזור בקעת בית הכרם מאפשר לזהות מספר שלבים בהתפתחות

הטקטונית של הבקעה שגרמו לשינויים בתוואי מערכת הניקוז באזור זה:

1) מערכת ניקוז פליוקנית ופליסטוקנית מוקדמת שאגן הניקוז שלה כלל את אזור רמת כורזים ורמת דלתון התנקה לבקעת בית הכרם וזרמה ישירות מערבה אל הים התיכון. יתכן שמוצא המערכת היה דרך נחל יצהר

(Kafri, 1997).

- (2) פאזת שבירה נורמלית על שבר פקיעין הביאה ליצירת מחסום רמה. יתכן שבעקבות פאזה זו נוצר בבקעת חנניה מקווה מים שנוקז מערבה רק כאשר מפלס המים עלה מעל גובה המחסום הטקטוני שנוצר.
- (3) המשך פעילות על שבר פקיעין, הגבהת מחסום רמה, והטיה מקומית דרומה, גרם לכך שתוואי הניקוז הוסט דרומה ועקף את המחסום מדרום להר כמון. מעבר זה התבסס על קו החולשה בין הר חזון להר כמון. ממערב להר כמון חזר הנחל לנתיבו המקורי.
- (4) פעילות של שבירה נורמלית על המקטע המערבי של מתלול צורים והשתפלות האזור שמדרום להר גמל הביאה לנטישת נחל יצהר כמוצא המערכת וליצירת מוצא חדש באזור גבעות אחיהוד.
- (5) שבירה נורמלית על השבר של גילון-צורית והשתפלות האזור שמדרום לו יצרה בסיס ניקוז עמוק בבקעת שעב שמשך אליו את המוצא המערבי של מערכת בקעת בית הכרם. עקב כך ננטש המוצא באזור גבעות אחיהוד ונוצר באזור בו חלה שביית האפיק נקי עמוק הקרוי קניון בית הכרם.
- (6) קימור באורך גל של כ- 30 ק"מ שצירו תת מקביל לבקע ים המלח הביא להטיה רגיונלית מזרחה של מזרח הגליל גרם ליצירת קו פרשת מים ראשי בין שני בסיסי הניקוז הראשיים (ים תיכון ובקע ים המלח). תהליך זה גרם לחלקים העליים של מערכת הניקוז של בקעת בית הכרם לשנות את מהלכם מזרחה וליצירת נחל צלמון ונחל עמוד במתכונתם הנוכחית.
- (7) תהליך התפתחות מערכת הניקוז מצביע על נדידת הפעילות הטקטונית במתלול צורים ממזרח למערב ועל משך פעילות טקטונית ארוך על שברים שונים כגון שבר פקיעין ושברי הר כמון והר חזון.

ביבליוגרפיה

- בן-תור, י. ק., 1951, המפה הגיאולוגית של נגב, 1:100000, גליון 18, עבדת.
- בן-תור, י. ק., 1961, המפה הגיאולוגית של נגב, 1:100000, גליון 16, הר סדום.
- בר יוסף, ע., 1974, "מערת היונים - הממצא הארכאולוגי", בתוך: מ. ידעיה, (עורך), מערת היונים - בית קברות ושרידי ישוב נטופי, המועצות סולם צור וגעתון.
- גולני, א., 1957, הגיאולוגיה של אזור מרר. עבודת גמר לשם קבלת התואר מוסמך למדעי הטבע, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- גינת, ת., אנזל, י., אבני, י., זילברמן, ע., 1996, נחלים ומניפות סחף מוסטים אופקית לאורך נחל הערבה, חוברת תקצירים, הכנס הגיאולוגי השנתי של החברה הגיאולוגית הישראלית, אילת, 1996.
- כפרי, א., 1995, מערכות ניקוז יבשתיות ניאוגניות ורביעוניות בגליל התחתון בין הבקע לים תיכון, חוברת סיורים, הכנס הגיאולוגי השנתי של החברה הגיאולוגית הישראלית, זכרון יעקב, 1995.
- כפרי, א., 1972, המפה הגיאולוגית של ישראל, גליון IV-1, מפת נהריה.
- לוי, י., 1983, המפה הגיאולוגית של ישראל, גליון II-3, מפת שפרעם.
- ניר, ד., 1970, הגאומורפולוגיה של ארץ ישראל, הוצאת אקדמון, ירושלים.
- סולומון, ע., 1987, המונוקלינות בנגב הצפוני, מודל של בלוקים נטויים והתקצרות, עבודת גמר לתואר מוסמך, המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- פלכסר, ע., 1964, הפליאוגאוגרפיה של הסנון והמסטריוט בצפון ישראל, חיבור לתואר דוקטור לפילוסופיה, ירושלים.
- צ'רנוב, א., "מערת היונים - הממצא הארכאולוגי", בתוך: מ. ידעיה, (עורך), מערת היונים - בית קברות ושרידי ישוב נטופי, המועצות סולם צור וגעתון, 1974.
- רון, ה., 1984, מחקר פליאומגנטי וסטרוקטורלי של מערכות השבירה בצפון ישראל, חיבור לתואר דוקטור, ירושלים.
- רון, א., ופראוסניץ, מ., 1979, חפירות באתר ציידים מתקופת האבן הקדומה במחצבת עברון. קדמוניות, י"ב, חוברת 3-2(46-47) עמ' 51-53.
- שליב, ג., 1991, שלבים בהתפתחות הטקטונית והוולקנית של האגן הנאוגני בגליל התחתון ובעמקים, המכון הגאולוגי, דו"ח מס. GSI91/11/.

- Ball, M.H., & Ball, D., 1953, Oil Prospects of Israel, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, 37, pp. 1-113.
- Bar-Yosef, O., 1976, A note on the Geometric Kebaran A., The 9th congress of the UISPP, Colloque 3, pp. 78-105, A. Ronen et al. *Ibid.*
- Dicker, T., 1969, Geology of central Yizrael Valley. *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 18, pp. 39-69.
- Ebinger, C.J., Bechtel, T.D., Forsyth, D.W., and Bowin, C.O., 1989, Effective elastic plate thickness beneath the East African and Afar Plateaus and dynamic compensation of the uplift, *J. Geophys. Research*, 94: 2883-2901.
- Ebinger, C.J., Karner, G.D., and Weissel, J.K., 1991, Mechanical strength of extended continental lithosphere: constraints from the western rift system, East Africa, *Tectonics*, 10: 1239-1256.
- Eliezri, I.Z., 1965, The Geology of the Beit-Jann Region (Galilee, Israel), *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 14, pp. 51-66.
- Flexer, A., Freund, R., Reiss, Z. & Buchbinder, B., 1970, Santonian Paleostucture of the Galilee. *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 19, pp. 14-146.
- Freund, R., 1970, The Geometry of Faulting in Galilee. *Isr. J. Earth Sci.*, Vol. 19, pp. 117-140.
- Freund, R., 1959, On the Stratigraphy and Tectonics of the Upper Cretaceous in Western Galilee. *Bull. Res. Counc. Israel*, 86/1 pp. 43-50.
- Garfunkel, Z., 1981, Internal Structure of the Dead-Sea leaky transform (rift) in relation to plate kinematics. *Tectonophysics*, Vol. 80, pp. 81-108.
- Heimann, A., Steinitz, G., Mor, D., and Shaliv, G., 1996, The geochronology of the Cover Basalt: Revised K-Ar and new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ results. GSI report, GSI/6/96.
- Issar, A. & Kafri, U., 1972, Neogene and Pleistocene Geology of the Western Galilee Coastal Plain. *Geol. Surv. Israel, Bull.* 53.
- Kafri, U., 1963, The Geology of The Segev Region, M.Sc. Thesis, Hebrew Univ., Jerusalem.
- Kafri, U. & Ecker, A., 1964, Neogene and Quarternary Subsurface Geology and Hydrology of the Zvulun Plain. *Geol. Surv. Israel Bull.* 37.
- Kafri, U. & Heimann, A., 1994, Reversal of the Palaeodrainage system in the Sea of Galilee area as an indicator of the formation timing of the Dead-Sea Rift valley base level in northern Israel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 109, pp. 101-109.
- Kafri, U., 1997, Neogene to Quarternary drainage systems and their relationship to young tectonics: Lower Galilee, Israel. GSI Report, GSI/1/97.
- Peltz, S. & Kafri, U., 1992, Neogene pyroclastics containing peperites in the Zalmon Valley, central Galilee, Israel, *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 41, pp. 45-49.

- Picard, L., 1943, Structure and evolution of Palastine with comperative notes on neighbouring countries, Hebrew Univ. Jerusalem, Geol. Dept., Bull. Vol. 4(2-4).
- Quennell, A. M., 1959, Tectonics of the Dead Sea Rift. 20th Int. Geol. Congr., Assoc. Surv. Geol. Afr. Mexico pp. 385-405.
- Rosendahl, B.R., 1987, Architecture of continental rift with special reference to East Africa, Ann. Rev. Earth Plannet. Sci., 15: 445-503.
- Ten Brink, U.S., Schoenberg, N., Kovach, R.L., and Ben-Avraham, Z., 1990, Uplift and possible Moho offset across the Dead Sea transform, In Kovach R.L. and Ben-Avraham, Z. eds., Geologic and Tectonic Processes of the Dead Sea Rift Zone: Tectonophysics, 180: 71-85.
- Wdowinski, S., and Zilberman, E., 1996, Kinematic modeling of large scale structural asymetry across the Dead Sea rift, Tectonophys., 266, p. 187-201.

טבלה מס. 1 - אתרי החלוקים

מספר אתר באיור מס. 6	מפה	שם האתר	נ.צ.	גובה מעל פני הים	מאסף החלוקים	הערות
1	ארבל	כפר חנניה 1	18970/25720	320	בזלת, קוורצוליט גיר, קירטון ביטומני	גיל בזלת 1.7 ו- 3.8 מליון שנה.
1		כפר חנניה 2	19000/25700	320	כנ"ל	גיל בזלת 1.7 ו- 3.8 מליון שנה.
2		שלוחת הר קדרים	19150/25750	300	בזלת	
3		צומת שבע	18800/25915	300	בזלת, גיר אורביטולינות צור, גיר אדום, אבנ"ח מבורזלת, קירטון ביטומני, קירטון צהוב	מחשוף של אופק חלוקים בקרקע
4		אוכף רמה	18550/25950	350	בזלת, גיר אורביטולינות, קירטון ביטומני, קוורצוליט	
5		אוכף המזבלה (צלמון)	18440/25920	300	בזלת, גיר אורביטולינות, קירטון ביטומני, גיר אואוליטים	
6		גבעת מורן	18640/25890	320	בזלת, קוורצוליט, צור, אבנ"ח מבורזלת	
7		כתף חוזה	18620/25780	320	בזלת, קוורצוליט, צור, אבנ"ח מבורזלת, קירטון ביטומני	
8		פתח נחל חזון	18550/25605	190	בזלת	גיל בזלת- 1.7 מליון שנה. מניפת סחף.
9		אוכף 378	18080/25770	370	בזלת	נמצאו רק 2 חלוקי בזלת
9		אוכף גבעת צוף	18015/25735	340	בזלת	
10		בקעת נחף (מזרח)	18100/25980	260	בזלת, אבנ"ח צהובה, קירטון ביטומני, גיר אדום	
11	שפרעם	בקעת מגד	17450/25700	220	בזלת, קוורצוליט, צור, אבנ"ח, קירטון ביטומני	חפירה חושפת התך של כ- 4 מטר קרקע
12		כתף חרבת גילון	17170/25750	240	בזלת, קוורצוליט, אבנ"ח מבורזלת, קירטון ביטומני	
13		כיפה 122 אגף מערבי (אחיהוד)	16900/25660	100	בזלת	
13		אוכף ציקלון 1	16830/25680	90	בזלת, תרכיזי צור, גיר מאובנים	מעט מאד חלוקים (לא ודאי)
13		שלוחה 56			גיר אדום עם מאובנים, בזלת, תרכיזי צור	
13		עמק המשאבה	16795/25620	40	בזלת	יתכן וזה היה המוצא הקדום למישור

טבלה מס. 2 - תוצאות תארוך חלוקי הבולת מאתרים שונים בבקעת בית הכרם וסביבותיה.

Location	Coordinate (Israel Grid)	Sample No.	Measurment No.	%K	% ⁴⁰ Ar Rad.	⁴⁰ Ar Rad CC STP/gr *10 ⁷	Age (Ma)	Error (Ma)	Mean Age (Ma)
Terrace above Nahal Zalmon	18535/25780	AMD-1	9500	0.83	9.0	1.28	3.96	0.16	3.81±0.16
			9583		11.7	1.229	3.81	0.15	
			9666		14.3	1.188	3.68	0.11	
Ahi'hud Hills	16795/25620	AMD-2	9503	1.1	5.1	0.815	1.9	0.12	1.72±0.38
			9584		5.7	0.724	1.69	0.1	
			9681		6.3	0.677	1.58	0.09	
Meged Valley	17450/25700	AMD-3	9498	0.92	44.6	1.613	4.5	0.1	4.41±0.34
			9585		48.1	1.557	4.35	0.12	
			9674		52.3	1.569	4.38	0.1	
Nahal Zalmon	18570/25800	AMD-4	9499	1.47	48.8	1.08	1.89	0.04	1.83±0.06
			9586		41.7	1.037	1.81	0.09	
			9645		45.2	1.036	1.81	0.04	
Hoze Shoulder	18620/25780	AMD-5	9504	0.74	28.2	1.328	4.61	0.14	4.42±0.41
			9603		33.1	1.196	4.15	0.09	
			9657		38.8	1.297	4.5	0.1	
Hoze Shoulder	18620/25780	AMD-6	9497	0.83	13.0	1.249	3.87	0.12	3.66±0.22
			9605		15.4	1.117	3.46	0.16	
			9659		17.6	1.183	3.66	0.13	
Hananya Hills	18970/25720	AMD-7	9518	0.63	25.3	1.131	4.61	0.14	4.55±0.34
			9613		27.5	1.102	4.49	0.13	
			9668		27.0	1.045	4.26	0.13	
Hananya Junction	18800/25915	AMD-8	9502	0.76	13.5	0.825	2.79	0.1	2.54±0.30
			9607		48.0	0.65	2.2	0.05	
			9677		50.6	0.758	2.57	0.09	
Farod	19030/25995	AMD-9	9501	0.77	1.7	0.378	1.26	0.23	0.98±0.28
			9597		2.7	0.263	0.88	0.1	
			9685		3.1	0.223	0.75	0.11	
Nahal Meyron	19390/26450	AMD-10	9516	0.65	3.0	0.575	2.27	0.25	1.88±0.45
			9611		4.9	0.496	1.96	0.14	
			9676		4.7	0.357	1.41	0.12	
Hananya Hills	19000/25700	AMD-11	9517	1.36	47.8	1.185	2.24	0.06	2.14±0.10
			9621		50.2	1.126	2.13	0.05	
			9650		49.6	1.085	2.05	0.05	
Hananya Hills	19000/25700	AMD-12	8784	0.81	32.4	0.893	3.53	0.16	3.49±0.16
			9505		31.6	1.164	3.69	0.08	
			9614		51.2	1.056	3.35	0.07	
Hazon Fan	18550/25605	AMD-13	8786	0.62	4.6	0.898	1.7	0.13	1.53±0.30
			9519		3.7	0.447	1.85	0.17	
			9616		2.8	0.294	1.22	0.17	
Rama Saddle	18550/25950	AMD-14	9652	1.14	3.3	0.33	1.37	0.13	1.23±0.14
			8785		19.4	0.434	1.38	0.08	
			9520		29.2	0.528	1.19	0.05	
			9623		32.7	0.474	1.07	0.05	
			9661		41.3	0.57	1.29	0.06	

טבלה מס. 3 - מקורות אפשריים לחלוקי הבזלת מבקעת בית הכרם.

מס. אתר באיור מס. 6	אתר הדגימה	שם הדוגמה	גיל (ממוצע)	מקור אפשרי
1	אוכף כפר חנניה	AMD- 7	4.55±0.34	בזלת כסוי - גליל תחתון או רמת כורזים
1	אוכף כפר חנניה	AMD- 11	2.14±0.10	רמת דלתון או נחל עמוד
1	אוכף כפר חנניה	AMD- 12	3.48±0.19	בזלת כסוי - גליל תחתון או רמת כורזים
3	צומת חנניה	AMD- 8	2.52±0.30	רמת דלתון או נחל עמוד
4	אוכף רמה	AMD- 14	1.16±0.12	מקור לא ידוע
7	כתף חוזה (בזלת וזיקולרית)	AMD- 6	3.66±0.22	בזלת כסוי - גליל תחתון או רמת כורזים
7	כתף חוזה (בזלת מסיבית)	AMD- 5	4.42±0.41	בזלת כסוי - גליל תחתון או רמת כורזים
8	מניפת חזון	AMD- 13	1.48±0.34	רמת דלתון או נחל עמוד
11	בקעת מגד	AMD- 3	4.41±0.34	בזלת כסוי - גליל תחתון או רמת כורזים
13	גבעות אחיהוד	AMD- 2	1.72±0.38	רמת דלתון או נחל עמוד

הגילים הנתונים הם ממוצע של מספר בדיקות (3-4) על כל דוגמה.

טבלה מס. 4 - אנליזות כימיות של חלוקי בזלת מבקעת בית הכרם.

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	Pb	Th	U	אתר דיגמה	שם חיוגמה	מקור אפשרי	מס. אתר באזור מס. 6
18	213	164	39	140	36	129	21.4	31	1743	28	332	98	769	7	7.6	1.8	חרבת שונה	WY-42 0*	בזלת באתרה	
	211	186	42	154	20	137	23.2	15	1498	28	340	95	618	4.1	4.6	1.2	רמת עלמה	WY-30 9**	בזלת באתרה	
	202	187	40	165	28	134	23	17	1476	27	348	92	720	4.3	3.8	0.9	דדום רמת דלתון	WY-38 7***	בזלת באתרה	
19	216	207	39	164	32	138	22.6	16	1466	27	353	96	747	4.7	5	0.9	הי- קדרים	AMC-1	רמת דלתון	1
24	241	58	34	47	28	126	25.8	17	787	29	283	68	329	5.1	4	0.6	אוכף רמה	AMC-2 a	בזלת כסוי- גליל תחתון	4
23	219	271	47	114	36	108	21	11	636	25	163	31	246	2.2	2.8	0.2	אוכף רמה	AMC-2 b	בזלת כסוי- גליל תחתון	4
20	230	371	57	306	47	124	19.2	18	1021	21	240	63	821	3.4	3.5	0.9	מניסת חזון	AMC-3	בזלת כסוי- גליל תחתון	8

* אנליזה טיפוסית של בזלת עמוד.

** אנליזה טיפוסית של בזלת עלמה.

*** אנליזה טיפוסית של בזלת דלתון.

כל הריכוזים נתונים ב- ppm.

Geological Survey of Israel
The Ministry of National Infrastructures
30 Malkhe Israel St.
95501 Jerusalem, Israel

Tel. 972-2-5314211 טל.
Fax. 972-2-5380688 פקס.

משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי
רח' מלכי ישראל 30
ירושלים 95501, ישראל