

החברה הגיאולוגית הישראלית
 Israel Geological Society



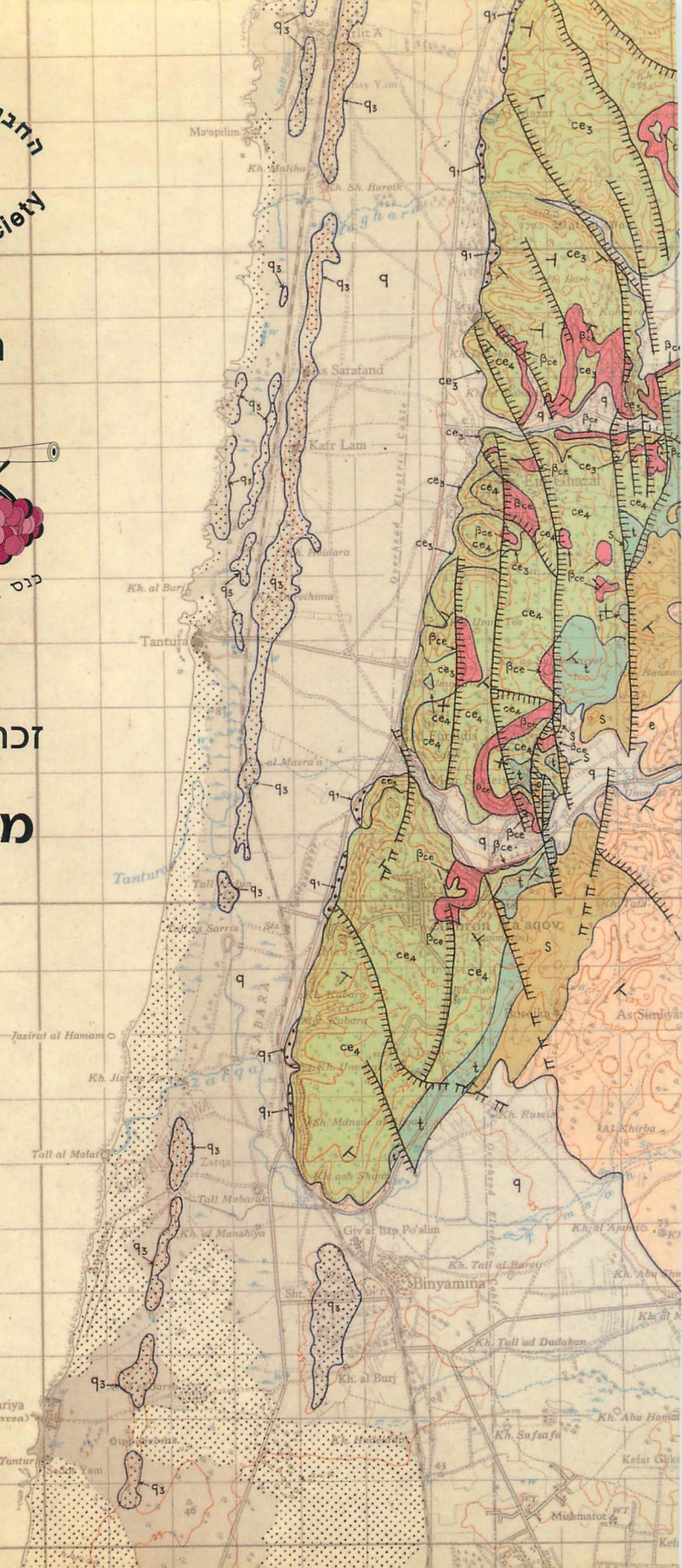
הכנס השנתי



זכרון יעקב, תשנ"ה
 נגן כרמל, 1995
 כנס החברה הגיאולוגית הישראלית

זכרון יעקב, תשנ"ה

מדריך סיורים



עטיפת הספר — מתוך:

זכרון יעקב (גיאולוגית)

גליון 4

Ministry of Development
The Geological Survey

משרד הפיתוח
המכון הגיאולוגי

The Geological Map of Israel
Series C: Northern Part
prepared by: L. Picard

המפה הגיאולוגית של ישראל
סדרה ג': צפון
נערך ע"י י.ל. פיקרד

ק.מ. 1:100,000

הדפס ע"י מחלקת המדידות ישראל, אלול תשנ"ז, ספטמבר 1956
מפוי טופוגרפי 1924-1934

עיצוב עטיפה: יעקב ארקין
Cover Design: Ya'acov Arkin



החברה הגיאולוגית הישראלית הכנס השנתי זכרון יעקב

מדריך סיורים

עורך:

יעקב ארקין

המכון הגיאולוגי, ירושלים

1995 במארס 20-22

החברה הגיאולוגית הישראלית מביעה את תודתה למוסדות אלו על תרומתם לכנס:

“דלק” חברת הדלק הישראלית בע”מ
המכון הגיאולוגי
המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה
חנ”ל – חברת הנפט הלאומית לישראל בע”מ
כמיקלים לישראל בע”מ
לפידות חברת מחפשי נפט לישראל בע”מ
מועצת זכרון יעקב
משרד האנרגיה והתשתית
נפטא חברת ישראלית לנפט בע”מ

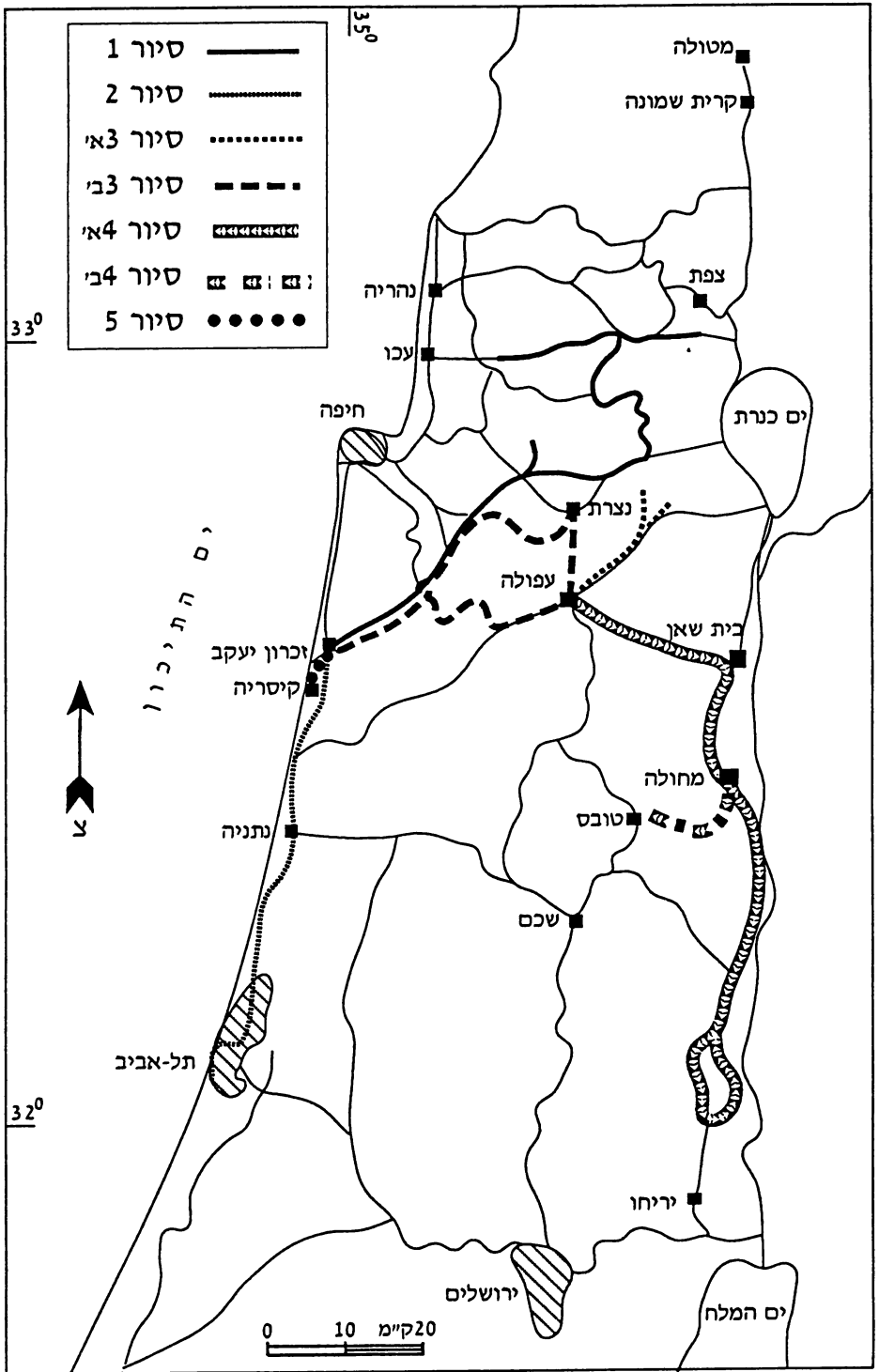
ועד החברה הגיאולוגית הישראלית 1994/1995

ברבו לנג – נשיא
יעקב ארקין – סגן הנשיא
מרק גולדמן – מרכז הפעולות
לוסיאן מיכאלי – גזבר
דב אביגד – מזכיר פעולות
פרנסיס הירש – חבר
יועץ דיוטש – חבר
רבקה אמית – חברה

דב גינזבורג, מנהל קרן ע”ש ד”ר פ. גרדר ז”ל

החברה הגיאולוגית בישראל מביעה בזה תודה למדריכי הסיורים, והחברים שעזרו בהכנת מדריך הסיורים וספר התקצירים

סדר צילום והפקה – דפי לייזר הוצאה לאור (1992) בע”מ, ירושלים



מפת מסלולי הסיורים

מדריך סיורים – תוכן ענינים

יום ד', 22.3.95

- 1 סיור 1 מערכות ניקוז יבשתיות ניאוגניות ורביעוניות בגליל התחתון
בין הבקע לים התיכון
א. כפרי
- 13 סיור 2 חבורת כורכר (רביעון) לאורך מצוק חוף השרון
ג. גבירצמן, מ. נצר, א. קצב
- 21 סיור 3 א. הלוע הוולקני בנחל תבור
ל. אהרון, ג. בר, א. עגנון
- 45 ב. הבזלת התחתונה באזור העמקים והגליל התחתון
והקשר להתפתחות הטקטונית של האזור
ג. שליב
- 53 סיור 4 א. היחוד הגיאולוגי של צפון השומרון: סטרטיגרפיה,
וולקניזם וטקטוניקה
י. מימרן
- 75 ב. השפעות פעילות ניאוטקטונית על התפתחות הנוף
במרכז בקעת הירדן
ש. ביליצקי
- 89 סיור 5 קיסריה
מדריכים: א. רבן וי. מרט

סיוור 1

מערכות ניקוז יבשתיות ניאוגניות ורביעוניות בגליל התחתון בין הבקע לים התיכון

כפרי, א.

המכון גיאולוגי, ירושלים

הקדמה

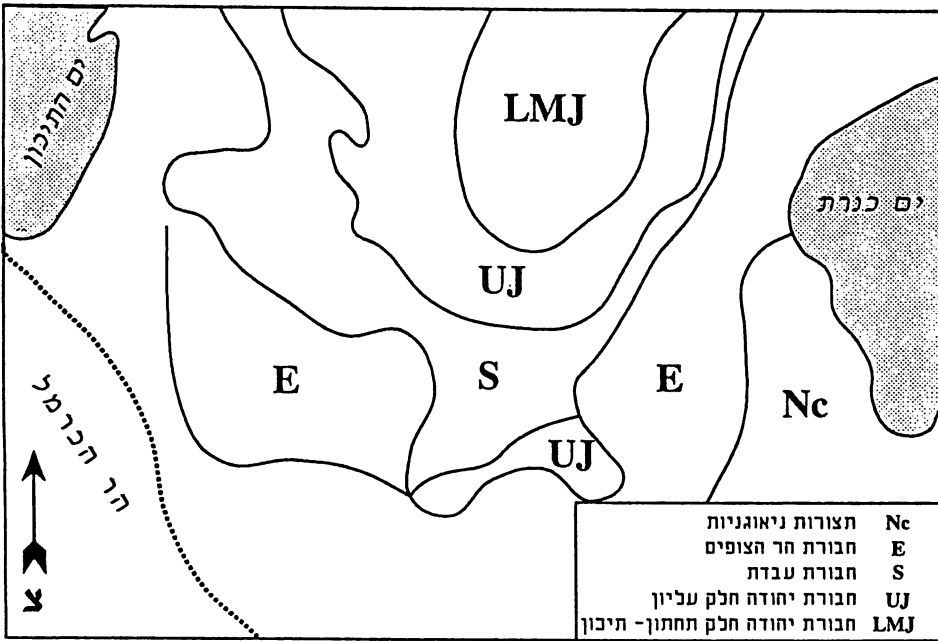
קונגלומרטים יבשתיים המייצגים מערכות ניקוז עתיקות תוארו מכל רחבי הגליל התחתון בין בקעת בית הכרם בצפון לעמקים בדרום ובין הבקע במזרח למישור החוף של הגליל המערבי. בגליל העליון, מצפון לבקעת בית הכרם תוארו רק פה ושם קונגלומרטים מעין אלה.

ניתן לחלק את הקונגלומרטים באופן כללי לשני פציאסים:

1. פציאס מערבי (בית ניר) הבנוי בעיקר חלוקים בלתי ממוינים שנגזרו מסלעי הסביבה והמכילים מרכיבים בזליים רק במקומות בהם קיימת באזור הבזלת התחתונה. החלוקים בד"כ מעוגלים עד תת מעוגלים. הלכוד בד"כ קירטוני מכוסה נארי.
2. פציאס מזרחי (הורדוס או אום סבונה) הבנוי חלוקים שנגזרו מסלעי הסביבה ואשר אינו מכיל חלוקי בזלת גם במקומות בהם הקונגלומרט מכוסה בבזלת הכסוי, אך מכיל מרכיבים בזליים באותם מקומות ספורים בהם מצוייה הבזלת התחתונה. שכבות החלוקים מלוכדות ע"י גירים אקוויטיים ומצויות בחלופין ובשכבות ביניים של חרסיות וסילטים חומים אדמדמים המשוות לקונגלומרט את צבעו האדמדם. הקונגלומרט "אפוי" במקומות ע"י בזלת הכסוי וחדור ע"י דייקים שלה. גם במקרה זה החלוקים לא ממוינים ובד"כ עגולים עד תת עגולים.

לכוון דרום באזור העמקים ניתן לראות את הקונגלומרטים "מתאצבעים" עם חוואר בירה.

הקונגלומרטים ברב השטח הנדון יוצרים משטחים נרחבים המאכלסים מישורים וראשי גבעות, או אוכפים ופרשות מים תלויות ללא קשר למערכות הניקוז הצעירות או הנוכחיות. במרבית מרכז השטח הם נמצאים בגובה של 200 מ' בקרוב מעל פני הים עם השתפלות לגבהים שבין 0–100 מ' ברגלי ההרים במערב. במזרח, לכיון הבקע מעבר לפרשה הסטרוקטורלית וכן גם בעמקים ובעמק זבולון משתפלים הקונגלומרטים בהדרגה עד לגבהים של מתחת לפני הים. במקומות ספורים ומוגבהים סטרוקטורלית מצויים הקונגלומרטים גם בגבהים של למעלה מ-300 מ' מעל פני הים.



תרשים 1. מפת Subcrop של הקונגלומרטים.

מפת Subcrop של הקונגלומרטים (תרשים 1) מראה מישור ארוזיבי החותך את מבנה הקמוט (חלק מן הקשת הסורית) של הגליל שהיה קיים כבר לפני הווצרות מישורי הארוזיה. במרכז הגליל מונחים הקונגלומרטים על תצורות תחתונות של חבורת יהודה, כאשר כלפי מערב, דרום ומזרח הן מונחות על תצורות צעירות יותר, בהדרגה מגיל סנון, איאוקן וניאוגן.

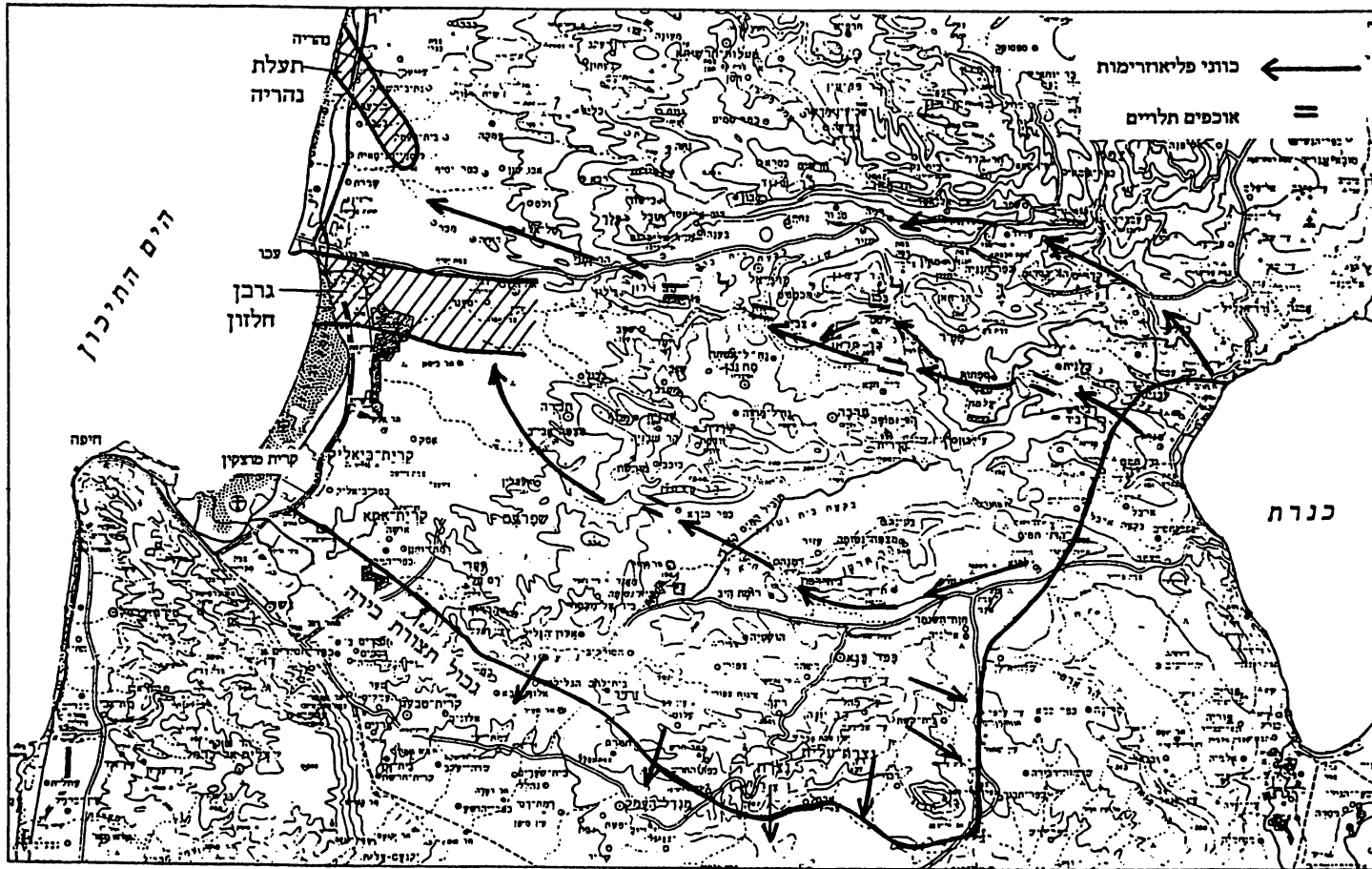
חוסר המחשופים או מיעוטם בגליל העליון יכול להיות מוסבר בארוזיה מאוחרת או באי השקעה.

מגבהי הקונגלומרטים ומישורי הארוזיה המשוחזרים ולפי תפוצת הקונגלומרטים ניתן להקיש על מערכות זרימה מערבה ודרומה אל העמקים, ודרכם מערבה בטרם קיומו של הבקע כבסיס ניקוז (תרשים 2).

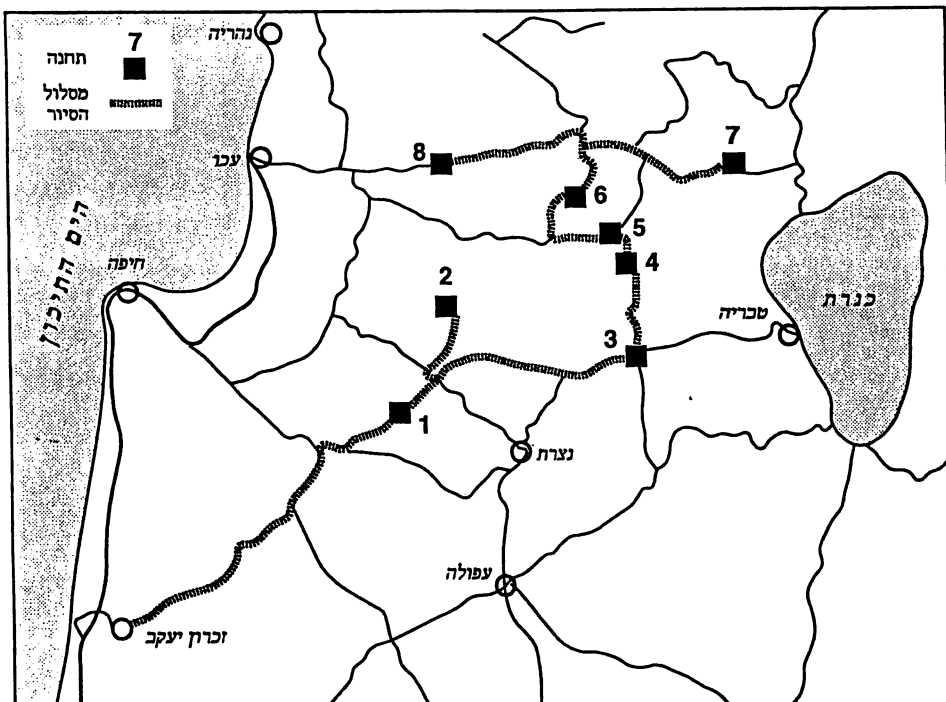
ההשתפלות של הקונגלומרטים במזרח ובדרום אל כוון הבקע והעמקים חלה עקב הווצרות בסיס הניקוז של הבקע והעמקת בסיס הניקוז של העמקים בעקבות פעילות טקטונית מאוחרת ליצירת הקונגלומרטים.

על טווח הגילים של קונגלומרטים אלה (מיוקן עליון – פליוקן) ניתן להקיש מעובדת "ההתאצבעות" שלהם עם חוואר בירה והווצרותם לפני בזלת הכסוי.

במקומות, בשטח הנדון, אובחנו קונגלומרטים צעירים יותר מכילי מרכיבי בזלת כסוי או בזלת צעירה יותר כפי שיתואר להלן.



תרשים 2. מפה סכמטית המראה כווני פליאוזרימות לפי תפוצת הקונגלומרטים ואלמנטים מורפולוגיים.



תרשים 3. מסלול הסיור ותחנות התצפית.

הסיור

מסלול הסיור ניתן בתרשים מס' 3.

תחנה 1 – תל חציר, נ.צ.מ. 169/237

לאורך כביש אלונים צומת המוביל מצויים מספר מחשוף קונגלומרטים המשתפלים מצפון (200 מ') לדרום (130 מ') לכוון העמק ומצויים בחלופין עם חוואר בירה. החלוקים עגולים ברובם, לא ממויינים, בגודל שבין מספר סנטימטרים למספר עשרות סנטימטרים.

מצפון מזרח לגבעת זרזיר מועטים או חסרים הקונגלומרטים לאורך קו פרשה קדום, נצרת-שפרעם, שכוונו צפון מערב-דרום מזרח, המפריד בין אזור העמקים לבקעות תורען ובית נטופה.

תחנה 2 – כפר מנדה-נחל אבלים, נ.צ.מ. 172/246

ממערב לכפר מנדה אוכף רחב המהווה פרשת מים בין בקעת בית נטופה המתנקזת דרומה לנחל צפורי דרך נחל יפתחאל לבין נחל אבלים המתנקז מערבה לעמק זבולון. על גבי האוכף ומערבה לו בגבה של כ-200 מ' קונגלומרטים עבים, בלתי ממויינים שניתן לעקב אחריהם לכוון מערב וצפון מערב אל גרבן החלזון (Kafri & Ecker, 1964) בעמק זבולון

(תרשים 2). בתצפית למזרח ניתן לראות שהאוכף נחל אבלים הם בהמשך הישיר לקו תפוצת מחשופים בכוון מזרח אל בקעת תורען לאורך נחל יפתחאל.

נחל יפתחאל מייצג את כוון הזרימה הקדום מבקעת תורען במזרח אל נחל אבלים מערבה, אלא שניקוז קדום זה נקטע עקב ההתרוממות הסטרוקטורלית של רכס יודפת ועקב כך נחל יפתחאל פונה ונשבה דרומה דרך פרצה צרה לכוון נחל צפורי, ודרכו אל בסיס הנקוז של גרנן הקישון.

תחנה 3 – צומת גולני, נ.צ.מ. 188/242

לאורך בקעת תורען ועד מזרחה לאזור לביא, קונגלומרטים בגבהים שבין 250 מ'± במזרח ל-200 מ'± במערב הבנויים חלוקים שנגזרו מסלעי הסביבה, בעקר מתצורות אוקניות אך ללא מרכיבים בזלתיים, ומלוכדים ע"י קירטון "מצופה" נארי. הקונגלומרט מכוסה בצומת גולני ע"י בזלת הכסוי וחדור במקום ע"י דייקים של בזלת זו "האופים" את הקונגלומרט. לאורך קו הנקוז המשוער המחבר את מחשוף בקעת תורען לכפר מנדה מצוי מחשוף בודד של קונגלומרט ב.צ.מ. 1782/2422, אף הוא בגובה 200 מ'±.

תחנה 4 – מאגר צלמון, נ.צ.מ. 177/250

בבקעת צלמון מחשוף קונגלומרט בגובה של 60 מ'± האופיניים לפציאס האדמדם המזרחי המאכלסים את השקע של הבקעה. הקונגלומרט בנוי חלופין של קונגלומרט מלוכד ע"י קרבונט ששקע ממים מתוקים בחלופין עם שכבות סילט וחרסית חומות אדמדמות. החלוקים בעיקרם נגזרו ממחשוף חבורת יהודה, בסמוך ללא מרכיבים בזלתיים.

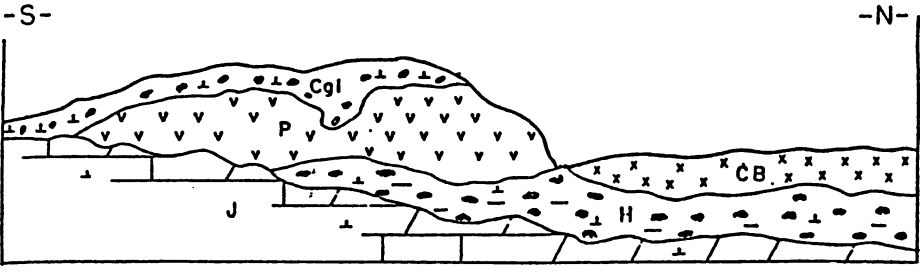
חלקם של החלוקים חלולים (ראה להלן). הקונגלומרט מכוסה בבזלת הכסוי בסמוך ובקרבת מקום למרכז התפרצות וולקנית (ראה להלן).

תחנה 5 – דיר חנא, נ.צ.מ. 1869/2515

בעליה מבקעת צלמון לדיר-חנא, על גבי הקונגלומרטים ובסמיכות לשפך של בזלת הכסוי המכסה אותם (תרשים 4), בגובה 130 מ'± מרכז התפרצות של פירוקלסטים גסים בחלופין עם קירטון וקונגלומרטים (תרשים 5) (Kafri and Peltz, 1992). החומר הפירוקלסטי הגס מכיל טופים דקים, לפילי, מיקרוקונגלומרטים ופריטים. כן נמצאו בסמיכות ולא אינסיטו חתיכות של ברקצית התפרצות.

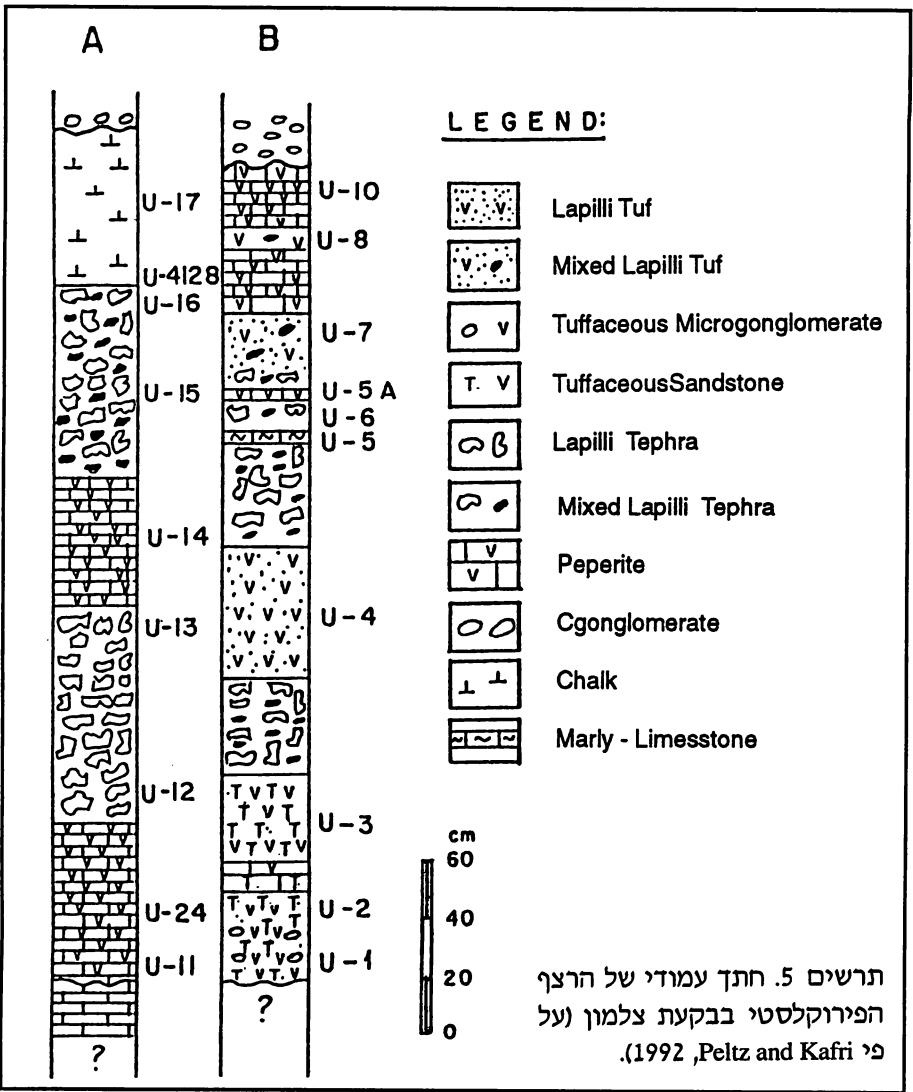
המאסף הפירוקלסטי מעיד על מרכז התפרצות בקרבה המידית למחשוף והתפרצות וולקנית תת מימית (פריאטית).

בנוסף לכך, מחשוף הפירוקלסטים חתור בחלקו העליון ע"י קונגלומרט צעיר יותר, גס ולא ממוין המכיל חלוקי בזלת גדולים שנגזרו מבזלת הכסוי המצויה כיום טופוגרפית נמוכה מהקונגלומרט (תרשים 4).



LEGEND : Cgl Young Conglomerate P Pyroclastics
 CB Cover Basalt H Hordus Conglomerate
 J Judea Group

תרשים 4. חתך סכמטי של מחשוף הפירוקלסטים (על פי Peltz and Kafri, 1992).



תחנה 6 – צלמון, נ.צ.מ. 184/255

במעלה נחל צלמון, על גב פרשת המים ובסמוך לפרשה הסטרוקטורלית, בגובה של כ-180 מ'±, מחשופי קונגלומרטים אדומים בדומה לאלה שתוארו במאגר צלמון (תחנה 4). הקונפיגורציה של המחשופים השונים, כולל זה של מאגר צלמון, ניתנים במפה (תרשים 6) ובחתך סכמתי (תרשים 7).

ניתן לעקב אחר המחשופים של קונגלומרט זה באותם גבהים לערך, לכוון מערב אל פתחו של נחל חלזון (נ.צ.מ. 1800/2542).

התופעה המיוחדת לקונגלומרט באזור צלמון-חלזון היא תופעת החלוקים החלולים (Kafri and Sass, in prep.). מדובר בחלוקים בגדלים שונים, עגולים וחלולים במרכזם, כאשר ה"קליפה" החיצונית בנויה קלציט (דולומיט). ניתן לעקב בחלוקים שונים אחרי התפתחות החלל בשלבי השונים, ממרכז "התקמחות" ועד לחלוק שכל שנותר ממנו היא "קליפה" דקה בלבד. בחלק מן החלוקים גדול של גבישי קלציט מאוחר אל תוך החלל.

שלבי התהליך שיצרו חלוקים אלה הם:

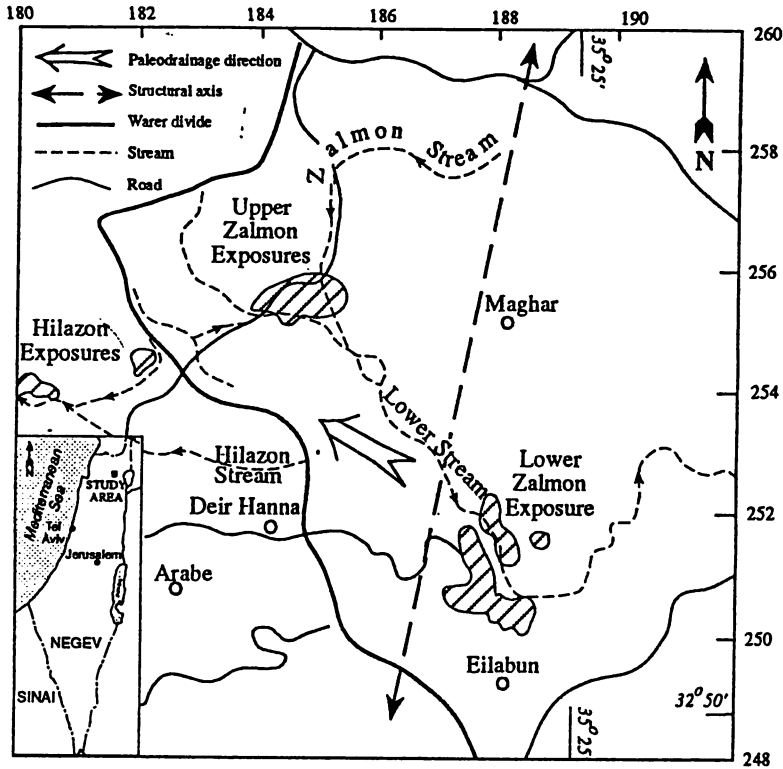
1. שקיעת חלוקים בתווך מימי וכסוי בבוץ קרבונטי.
2. החלוקים בהרכב של דולומיט נקבובי עוברים דלומיטיזציה בחלקם החיצוני.
3. החלק הפנימי הדולומיטי היותר נקבובי עובר המסה סלקטיבית ויצירת חלל.
4. עקב חשיפה ושינוי התנאים הפיסיקוכימיים מתחילה בחלק מן החללים השקעת קלציט מאוחר כגבישים אל מרכז החלל.

תחנה 7 – נחל עמוד, נ.צ.מ. 195/257

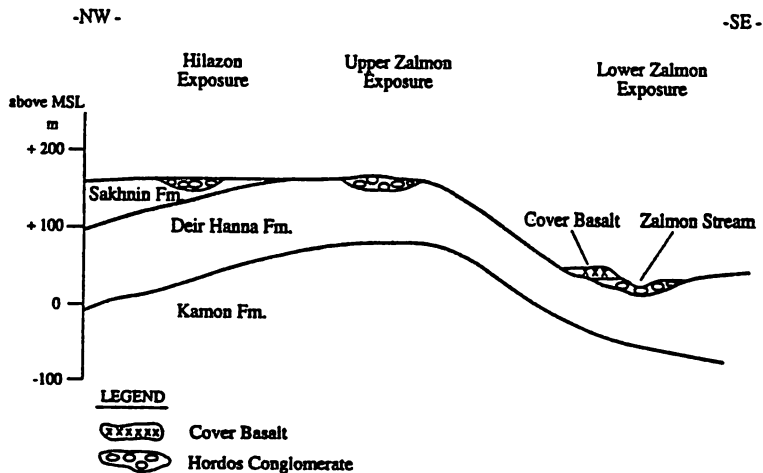
לאורך כביש פרוד עמיעד מחשופי קונגלומרטים שתוארו ע"י (Kafri and Heimann 1994) בפיוזר שאינו תואם את הטופוגרפיה ומערכת הנקוז הנוכחית, בגבהים שבין 140 מ'± במזרח (ליד הר כורש) ועד ל-80 מ'± ממערב לערוץ נחל עמוד. הקונגלומרט מכיל בעיקר חלוקי גיר שנגזרו מהתצורות האאוקניות וללא חלוקי בזלת.

בתוך נחל עמוד, החתור בתוך קונגלומרט זה, קונגלומרט צעיר יותר בנטיה לכוון צפון מערב, המכיל גם חלוקים שנגזרו מחבורת יהודה וכן חלוקי בזלת בלויה שגילה כ-2 מיליון שנה והצעירה מבזלת הכסוי. מדרום לנחל עמוד וטופוגרפית מעל הקונגלומרט הצעיר, 3 כפות מכוסות שפך בזלת שגילו כגיל החלוקים. מן הקונפיגורציה הכללית (תרשימים 8, 9). ניתן לראות שכוון הזרימה הכללית, המיוצג ע"י הקונגלומרט העתיק, היה לכוון צפון מערב. הקונגלומרט הצעיר יותר מ-2 מיליון שנה, עקב נטיותיו ויחסו למחשופי הבזלת, מראה אף הוא שקטע זה של נחל עמוד התנקז בעבר (עד לפחות לפני 2 מיליון שנה) מערבה.

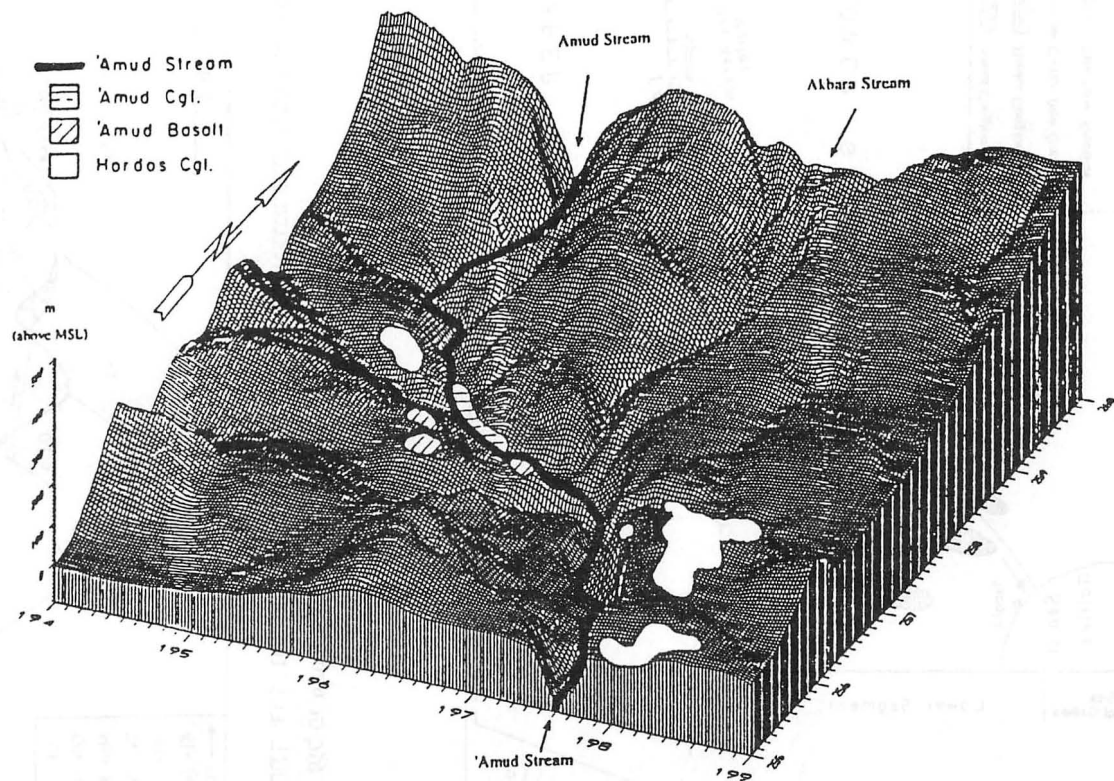
כוון הזרימה הנוכחי של נחל עמוד הוא מצפון דרומה ומזרחה. מתרשים 10 ניתן לראות



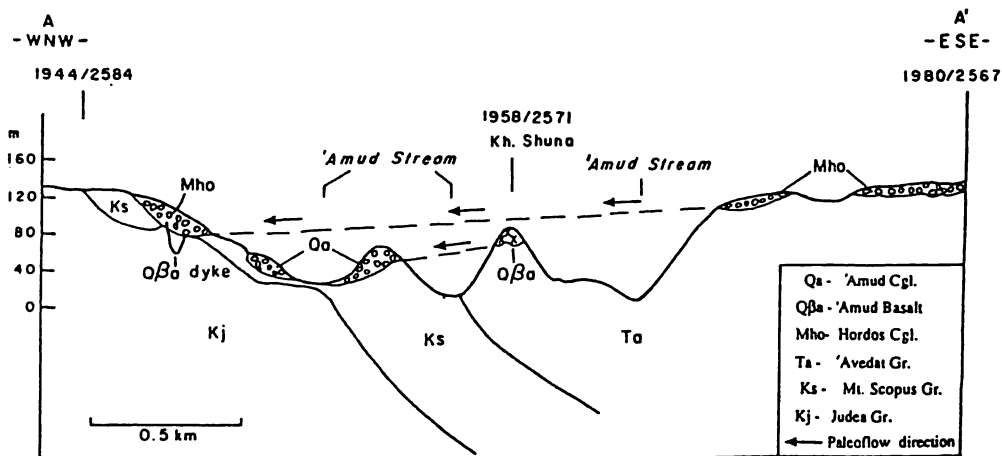
תרשים 6. מפת תפוצת נקונגלומרטים באזור צלמון-חלזון (על פי Kafri & Sass, בהכנה).



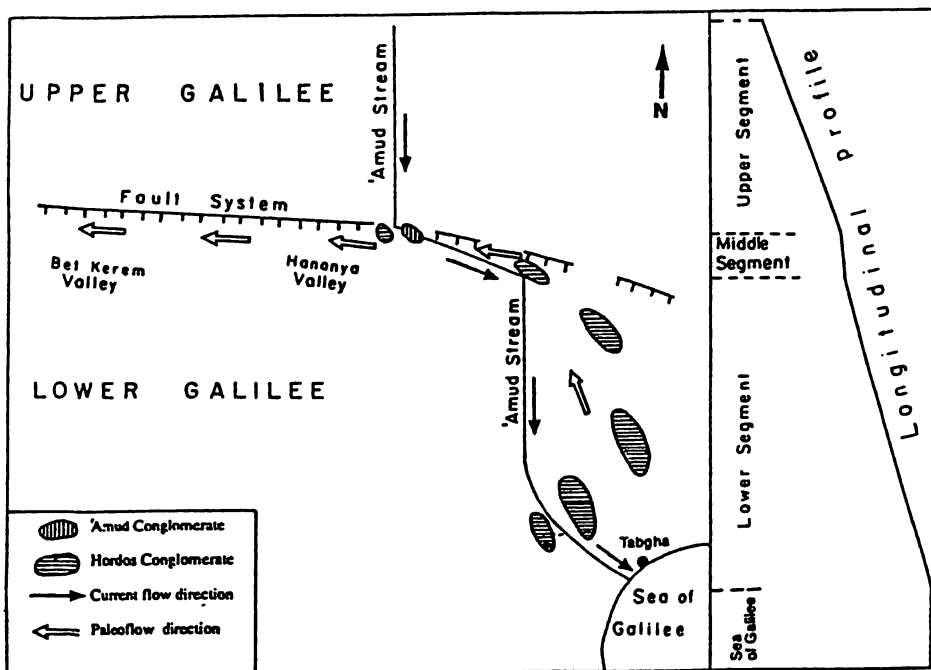
תרשים 7. חתך סכמטי דרך מחשופי הקונגלומרטים באזור צלמון-חלזון (על פי Kafri & Sass, בהכנה).



תרשים 8. בלוק דיאגרם המראה את היחס בין טופוגרפיה, תופעות וולקניות והקונגלומרטים השונים
 בנחל עמוד (על פי Kafri & Heimann, 1994).



תרשים 9. חתך דרך נחל עמוד המראה את תפוצת נקונגלומרטים הצעירים וכווני פליאוורמות (על פי Kafri & Heimann, 1994).



תרשים 10. תאור סכמטי המראה את היחס בין האלמנטים המורפוטקטוניים וכווני הזרימה העתיקים והעכשוויים.

שקטעי נחל עמוד העליון והתחתון הם צעירים כאשר בחלק המרכזי הנחל מנצל קטע "בוגר" יותר, בו התקיים הנקוז הקדום יותר לכוון צפון-מערב אל כוון בקעת בית הכרם.

תחנה 8 – מפתח הר הגמל, נ.צ.מ. 171/258

בקעת בית הכרם מתנקזת מערבה אל פתחה רחבה ופרשת מים באזור הר הגמל. נחל שגור, בזרימתו מערבה נשבה באזור הפרשה, דרומה אל נחל (וגרבן) חלזון (Kafri and Ecker, 1964). בהמשך תפוצת מחשופי הקונגלומרטים מנחל צלמון, מערבה לנחל חלזון, שורת אוכפים דוגמת מיאנדר החלזון ומעלה בקעת מגד בגובה של 200 מ'± המרמזים על מסלול הנקוז מערבה אל בקעת בית הכרם, ובהמשך קונגלומרטים לאורך נחל יצהר, מערבה עד למכר ואל תעלת נהריה (תרשים 2) (Kafri and Issar, 1972). הקונגלומרטים באזור הפרשה בהר הגמל מצויים אף הם בגובה 200 מ'±. ניתן להקיש מכל זאת על נקוז קדום של אזור הצלמון והעמוד דרך בקעת בית הכרם לכוון אזור נהריה, נקוז שנשבה מאוחר יותר דרומה, עקב פעילות טקטונית שיצרה והעמיקה את בסיס הנקוז של גרבן החלזון.

מקורות

- Issar, A. and Kafri, U., 1972. The geology of the Neogene to Pleistocene sediments of the Coastal Plain, Western Galilee. *Isr. Geol. Surv. Bull. No. 53*, 14 p.
- Kafri, U. and Ecker, A., 1964. Neogene and Quaternary subsurface geology and hydrogeology of the Zevulun Plain. *Isr. Geol. Surv. Bull. No. 37*, 13 p.
- Kafri, U. and 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. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, Vol. 109, pp. 101–109.
- Kafri, U. and Sass, E., Hollow Pebbles, in prep.
- Peltz, S. and Kafri, U., 1992. Neogene pyroclastics containing peperites in the Zalmon Valley, Central Galilee, Israel. *Isr. J. Earth Sci.* Vol. 41, pp. 45–49.

רשימות

חבורת כורכר (רביעון) לאורך מצוק חוף השרון

גדליהו גבירצמן, מיכאל נצר, ואליהו קצב

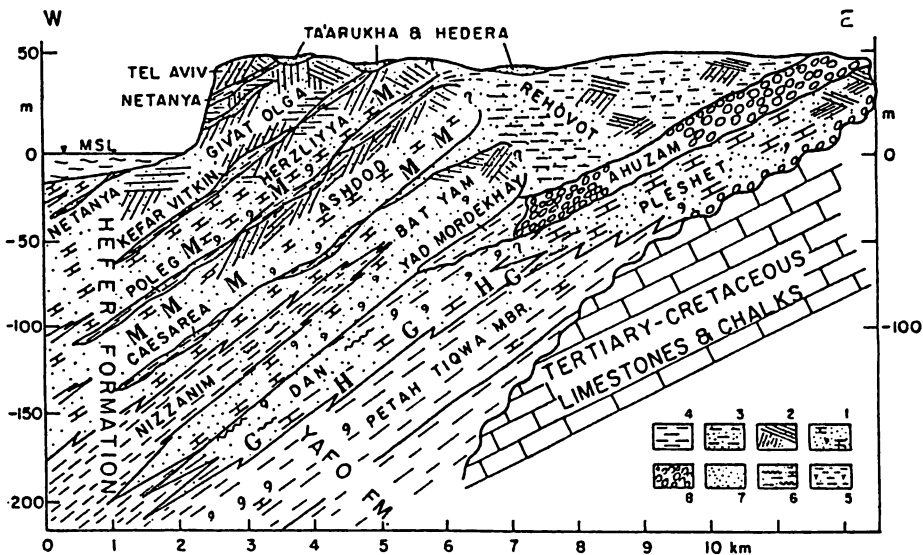
המחלקה לגאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן

הרצף הסטרטיגרפי הנחשף במצוק החוף של השרון, בגזרה שבין נתניה ליפו, מהווה רק כחמישית עד רבע מן העובי הכולל של חבורת כורכר (רביעון) באזור זה. גבהו של המצוק מעל פני הים נע בין 20 ל 55 מ'. רובו של הרצף הינו תת קרקעי והוא מגיע לעובי כולל של 150 עד 200 מ'. הנומנקלטורה הסטרטיגרפית של חבורת כורכר (ציור 1, בעקבות Gvirtzman et al., 1984; גבירצמן, 1990) מתאימה הן לתת הקרקע והן למחשופים. קיים רק הבדל אחד: היחידה הידועה בשם "כורכר גבעת אולגה", אשר בתת הקרקע לא ניתנת לחלוקת משנה, מתחלקת במחשופים כדלקמן: כורכר רמת גן, חולות נחשולים וכורכר דור, מלמטה למעלה בהתאמה. כלומר, גבעת אולגה שווה לשלוש היחידות החשופות ביחד (ציור 2).

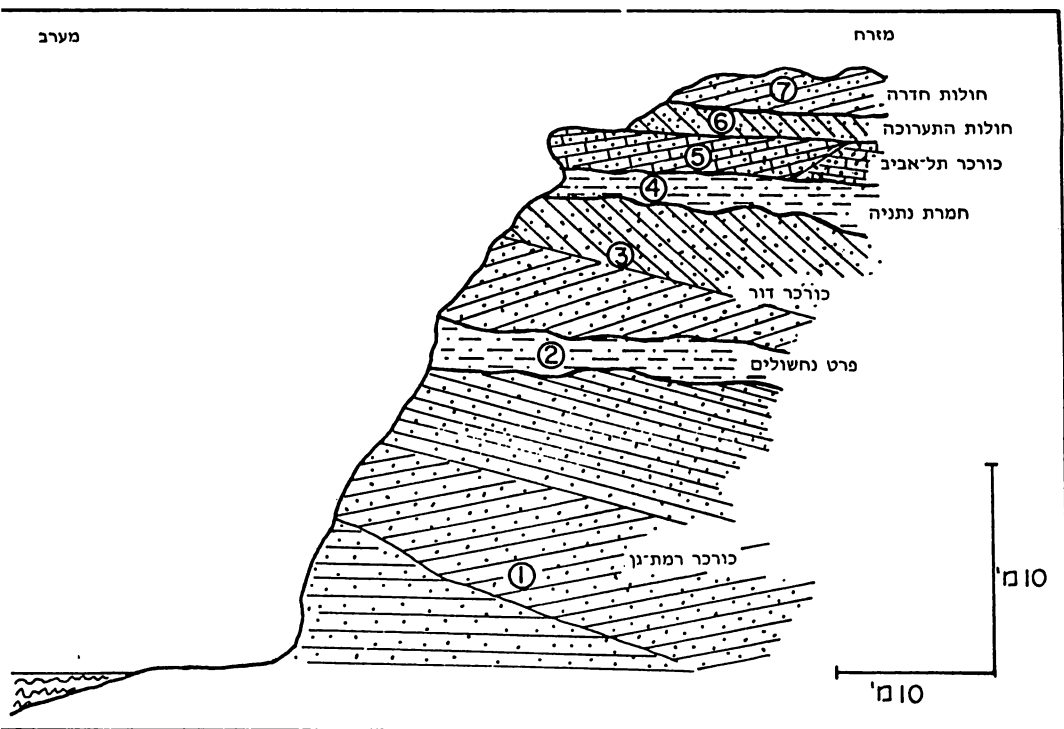
לפי מיפוי חדש של יחידות חבורת כורכר בשרון ובגוש דן (קצב, 1994; נצר, בהכנה; קצב וגבירצמן, 1994 א, 1994 ב, נצר וגבירצמן, 1994) מתקבל כי שני רכסי הכורכר המערביים בשרון, כלומר, הרכס המערבי ביותר אשר נהרס כיום על ידי הים ונחשף במצוק החוף וכן הרכס המרכזי, שניהם בנויים מאותן יחידות סלע ושניהם נוצרו בו בזמן, במקביל, כדיונות אורכיות מקבילות לחוף. בעוד שחשיפת החלק הפנימי של הרכס המערבי לאורך מצוק החוף ברורה ביותר, החשיפה של החלק הפנימי של הרכס המרכזי מתאפשרת רק בעקבות חציבה בעבודות של פתוח וסלילה (כגון: צומת הסירה מדרום להרצליה).

במצוק החוף נחשפות שבע יחידות ליתוסטרטיגרפיות ברורות מיפוי (ציור 2). כמעט כולן משתרעות ברציפות לכל אורכו של מצוק החוף. בגלל בעיות של קנה מידה לא ניתן להראות את תפוצתן במפה גאולוגית בקנה מידה שכית. לעומת זאת ניתן להראותן בחתך המראה את מצוק החוף במבט מן הצד, מן הים, כאשר ממד הגובה מוגזם פי ארבעים לעומת ממד האורך (ציור 3). בחתך זה מוצג ליבו של רכס הכורכר. בבסיסו של מצוק החוף, מגובה פני הים ומעלה, חשוף כורכר רמת גן שהינו דיונה אורכית רצופה, מקבילה לחוף של היום, אשר התקשתה והפכה לכורכר. על גבי התבליט הקדום של גג כורכר רמת גן מונחת יחידת חולות נחשולים, חולות דיונה בלתי מלוכדים, ועל גביהם מונחת שוב דיונה אורכית שהפכה לכורכר דור. התפתחות דומה נמצאה גם ברכס הכורכר המרכזי. היחידות הנוספות בחתך מצוק החוף: נתניה, תל אביב, תערוכה וחדרה מונחות גם על ראש מצוק החוף וגם במורדו המזרחי.

להלן פרטי היחידות הליתוסטרטיגרפיות הנחשפות במצוק החוף:



ציור 1. נומנקלטורה סטרטיגרפית של חבורת כורכר במישור החוף של ישראל, מוצגת בחתך נצב לקו החוף (מתוך Gvirtzman et al., 1984) מיקרא ליתולוגי: 1. כורכר ימי. 2. כורכר יבשתי (אאוליניט). 3. חמרה. 4. חוואר ימי. 5. חוואר ביצתי יבשתי עם שרידי צמחים. 6. סילט וחרסית קרבונטיים ימיים. 7. חול דיונות בלתי מלוכד. 8. קונגלומרט. M = Amphisorus ("Marginopora"), H = Hyaline baltica, G = Gephyrocapsa oceanica.



ציור 2. חתך אופייני של מצוק החוף לאורך חופי השרון, בקטע שבין נתניה לגעש (מתוך גבירצמן, 1990).

1) **כורכר רמת גן** הינו דיונה אורכית, בשיכוב צולב, בעובי חשוף המשתנה בין 10 ל-50 מ'. הדיונה הכילה במקורה כמות ניכרת של גרגירי חול בהרכב קרבונטי-ביוקלסטי. הקרבונט הפך לצמנט וכתוצאה מזה הדיונה הפכה לאאוליניטי קשה. תבליט גג הדיונה נשמר היטב. ממד האורך של התבליט בא לידי ביטוי בציור 3 (התבליט מתון למדי אולם בגלל הגזמת הגובה בציור נוצר רושם מוטעה של תבליט חריף). הגיל המשוער של היחידה, לפי בדיקה פרלימינרית בשיטת הלומיניסצנסיה, הינו כ-59 עד 64 אלף שנים (Porat and Wintle, 1994).

2) **חולות נחשולים** הינם יחידה הבנויה מחול דיונות מטיפוס "שדות חול" (sheet sands, בניגוד לדיונה אורכית). חולות אלו מילאו תבליט קדום, בעובי שבין 1 עד כ-5 מ'. החולות הינם בי-מודליים. בנוסף למקטע החול המאפיין גם את הדיונות האחרות בחתך, קיימת בחולות נחשולים אוכלוסיה נוספת, בכמות של אחוזים בודדים, של סילט וחרסית ממקור אאולי פנים-יבשתי. החולות מכילים חלזונות יבשה ושרידי שורשי עצים. בגג החול התפתח תהליך פדוגני חלקי שגרם לקיבוע של החול עוד בטרם כוסה על ידי היחידה שמעל. תהליך זה גרם לצבע חום בהיר המאפיין את היחידה (צבע זה כונה על ידי אבנימלך "צבע קפה בחלב").

3) **כורכר זור** דומה באופיו לכורכר רמת גן, אם כי הוא פריך קצת יותר. עוביו משתנה בין 5 ל-30 מ'. הגיל המשוער של היחידה, לפי בדיקה פרלימינרית בשיטת הלומיניסצנסיה, הינו כ-51 עד 53 אלף שנים (Porat and Wintle, 1994).

4) **חמרת נתניה** הינה יחידה בולטת מאוד בנוף בשל צבעה החזק המשתנה בין אדום כהה לחום ולעיתים גם גוונים בצבע אפור כהה. עוביה משתנה בין 1 ל-10 מ'. היחידה יוצרת צנר שלילי בחלק העליון של המצוק, בין כורכרי דור ותל אביב הקשים יחסית. צבע החמרה נזול "ומלכלך" את חלק המצוק שמתחת ליחידה. החמרה מכילה חול הדומה מאוד במרקם לחולות נחשולים, אך חול זה מעורב בסילט וחרסית בשיעור של עשרות אחוזים. החמרה מראה תהליך פדוגני מפותח עם שטיפה יעילה של הגיר. בתוך החמרה פזורים נתזים וכלים של התרבות האפיפלאוליתית.

5) **כורכר תל אביב** דומה בהרכבו לכורכרי רמת גן ודור. הוא שונה מהם רק בזה שהוא שקע כ"שדות חול" (sheet sands) ולא יצר רכס אורכי. כורכר זה, בעובי משתנה מ-1 עד 10 מ', פריך קצת יותר.

6) **חולות התערוכה** הינם דיונות ששקעו כשדות חול בהרכב דומה לחולות נחשולים. גם בהם נמצאה תוספת של אחוזים בודדים של סילט וחרסית ממקור אאולי פנים-יבשתי. חולות אלו עברו תהליך פדוגני התחלתי, דבר שגרם לגוון חום בהיר ולקיבוע של החולות. החולות מכילים שרידים של חרסים גסים, אבני מוקד וחניות של נוודים ומלקטים מתקופת הברונזה הקדומה א' (גופנא, 1990). החולות מכילים חלזונות יבשתיים.

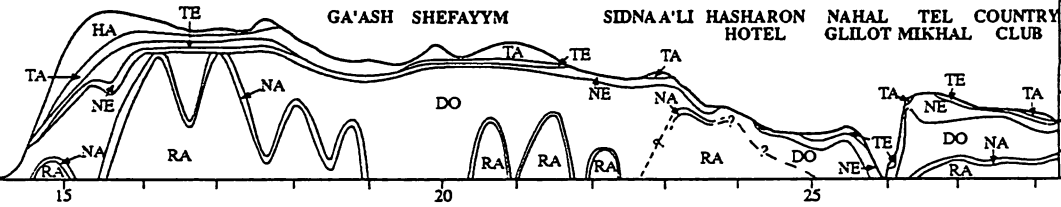
7) **חולות חדרה** הינם חולות דיונות מטיפוס שדות חול, בעובי משתנה בין 1 ל-20 מ'. הצבע הצהוב המקורי נשמר. החולות שהיו פעילים וניידים עוד בראשית המאה הנוכחית, עוברים בזמננו תהליך של קיבוע ופדוגנזה, תוך כדי יצירת קרום קרקעי דק והתיישבות של חברת צומח של אוהבי-חול. קיימת כנראה גם זיקה בין ההתיישבות החדשה ובין קיבוע חולות

WINGATE INS.

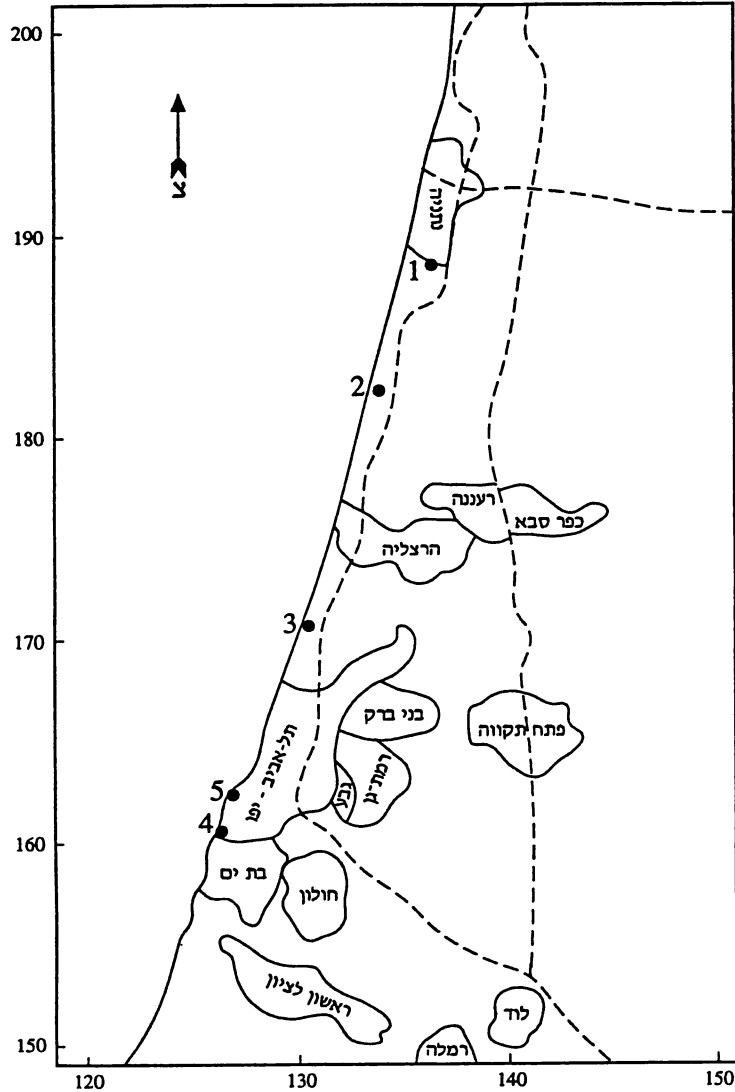
1303/1723

NORTH

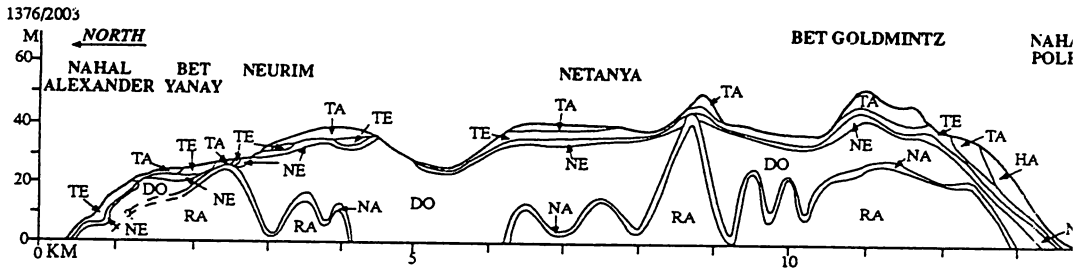
M
60
40
20
0



ציור 3. חתך גאולוגי של מצוק חוף השרון, מקביל לקו החוף, כאשר המסתכל מביט מצד הים. הגזמת הגובה פי 40 (מתוך קצב, 1994).



ציור 4. תחנות הסיור:
 1-קניון רמת פולג,
 2-מצוק החוף בגעש,
 3-צפון תל-אביב, תל רקית,
 4- יפו, גבעת עליה,
 5- יפו, תצפית הנמל.



Stratigraphic Units

RA – Ramat-Gan	DO – Dor	TE – Tel-Aviv	HA – Hadera
NA – Nahsholim	NE – Netanya	TA – Ta'arukha	

חדרה. החולות מכסים שרידים ארכיאולוגיים הכוללים ישובים שלמים ומבנים גדולים. התרבות הארכיאולוגית הצעירה ביותר המכוסה על ידי החולות הינה התרבות הביזנטית. החולות מכילים חלזונות יבשה החיים בהם עד היום. כיום כמעט שלא שרד במישור החוף נוף דיונות בלתי מופרות.

יש לציין כי לא קיימת חפיפה בין שדות החול של התערוכה ובין שדות החול של חדרה. לדוגמה: בשרון, שדות החול של תערוכה הם כמעט רציפים אך תמיד צמודים לרכס החוף בחגורה ברוב של 1–2 ק"מ. לעומת זאת חולות חדרה נפוצים רק ב"כתמים" קטנים, כאשר הגדול שבהם, בשרון, הינו בפתחת נחל פולג. באזור שדות החול של ראשון לציון ושדות החול שעליהם נבנתה תל אביב שמדרום לירקון, מונחים חולות חדרה ישיר על תשתית קדומה ואילו חולות התערוכה לא נמצאים שם כלל. האתרים שבהם שדות החול של התערוכה וחדרה מונחים זה על זה הם נדירים, כמו למשל נתניה, געש ושפיים (ראה ציור 3).

נקבעו 5 תחנות במהלך הסיור אשר בהן ניתן לצפות בחתך מלא או במספר יחידות סטראטיגרפיות של מצוק החוף (ציור 4).

תחנה מס' 1 – "קניון" רמת פולג נ.צ. 1354/1873

באתר הבניה של רמת פולג (שכונה דרומית בתחום נתניה) נפער בסוף שנות השבעים "קניון" עמוק ומרשים, בציר אורך של כ-200 מ' ובעומק של 8–10 מ' יחסית לסביבה. הקניון חושף חתך עבה ומפורט של חמרת נתניה המחופה על ידי כורכר תל אביב. חולות תערוכה וחולות חדרה מונחים זה על זה מחוץ לקניון. הקניון נוצר בארוע חורפי חד פעמי, כתוצאה מניקוז של שכונת קרית נורדאו, הסמוכה ממזרח. שטח השכונה, הבנויה על חולות חדרה במרובה הטופוגרפית שבין רכסי הכורכר, נוקז בעבר באופן טבעי על ידי ספיגת מי הגשמים בחול. אולם, לאחר בנית השכונה, הכוללת רצף בנוי בתים עם שטחי בטון ואספלט, וכתוצאה מן הגשמים, נוצר אגם על פני כל השטח הבנוי. ניקוז חרום של האגם גרם לזרם אדיר שיצר את הקניון (כיום קיים מעביר מים מתחת לכביש הראשי והוא מנקז את השכונה).

המחשוף המרשים מגלה שינויי פצייס בתוך חמרת נתניה, שינויים המתבטאים בצבע, בכמות החרסית ובכמות החומר האורגני. כתוצאה מן החשיפה פזורים בשטח נתזים ומיקרוליטים של התרבות האפיפאליאוליתית. לא מכבר החל מחקר של מחשוף זה. מומלץ להכריז על קניון זה שמורת טבע.

תחנה מס' 2 – מצוק החוף בגעש נ.צ. 1334/1825

במסגרת הסיור תתקיים תצפית על המצוק רק ממבט מלמעלה. הירידה והעליה חזרה לא יתאפשרו מקוצר זמן. ציור 2 מייצג את החתך במצוק זה. תהליך הריסת המצוק הינו אינטנסיבי מאוד והוא גורם לחשיפה טובה של מרבית היחידות הסטרטיגרפיות.

תחנה מס' 3 – צפון תל אביב, תל רקית נ.צ. 1304/1723

באתר זה יבוצע מעקב מפורט אחרי כל פרטי החתך הסטרטיגרפי. הגישה תתחיל מראש המצוק. בירידה בערוצון מראש המצוק לשפת הים תבדקנה היחידות: תערוכה, תל אביב, נתניה, דור, נחשולים ורמת גן. בהליכה קצרה לכוון דרום לאורך שפת הים תתאפשר תצפית מפורטת נוספת ביחידות הנ"ל. יש לציין כי שכבת חולות התערוכה ומעליהם כתמים ספורים של חולות חדרה אבדו את אופיים, החול מעורבב וקשה לזהות תכונות מקוריות, טבעיות. כל זה בגלל עבודות עפר ובניה ובעיקר בגלל "חריש עמוק" של ספורט הטרקטורונים.

תחנה מס' 4 – יפו, חוף גבעת עליה נ.צ. 1259/1606

הגישה לחתך החשוף מתאפשרת כתוצאה של עבודות פתוח בין ובתוך מצבורי פסולת בניה וחורבות. כורכר רמת גן ועליו חולות נחשולים נחשפים בעיקר מתחת לבית הקברות המוסלמי. כורכר דור נחשף בגג המצוק. חמרת נתניה משתרעת על משטח גג המצוק מתחת למרבית הבתים העומדים בקרבת שפת המצוק.

תחנה מס' 5 – יפו, תצפית הנמל נ.צ. 1265/1625

במבט צפונה מתגלה החוף של דרום תל אביב. בקטע שבין מצוק התצפית ובין גן העצמאות, לא קיים מצוק החוף ובמקומו קיים מעבר מתון והדרגתי בין מישור החוף ושפת הים. לפי נתונים של סקרים סייסמיים, הן ביבשה והן בים, אזור זה חופף מערכת שברים החותכת את קו החוף באלכסון, בכוון צפון-מערב. קטע החוף החסר מצוק מונח כנראה על גרבן הקשור במערכת שברים זו. מערכת זו קשורה גם כנראה ליצירתה של התזוזה בקו החוף בקצה הצפוני של המצוק של יפו ("ברך יפוי"). לפי בדיקת קידוחים רדודים רבים באזור, מסתבר כי קטע זה מונח גם מעל אפיק נטוש של נחל איילון הקדום, אשר בעבר המשיך את דרכו מערכה באופן עצמאי. הקניון הנטוש ממולא חרסיות וחוצה את היחידות שמעל כורכר הרצליה (ראה ציור 1). רק בשלב די מאוחר, אחרי שקיעת כורכר הרצליה, חלה שביה של אפיק נחל איילון על ידי הירקון, דרך האבוס שבין רכס הכורכר האמצעי לרכס הכורכר המזרחי ("נתיבי איילון"). שני הרכסים המערביים, כשלעצמם, נוצרו גם הם, כאמור לעיל, כדיונות אורכיות לאחר זמן כורכר הרצליה. מכיון שגילו המשוער של

כורכר הרצליה הינו "דרגה 5" (90-125 אלף שנה), וגילו המשוער של כורכר רמת גן הינו 50-60 אלף שנה, סביר איפוא להניח כי השביה התחוללה בטווח הזמן שבין 90 אלף לבין 60 אלף שנה לפני ההווה.

מנקודת התצפית מתקבלת התחושה כי קטע החוף של תל אביב, החסר מצוק כמו זה של השרון וכמו זה של יפו, אשר הינו אזור נמוך מבחינה טופוגרפית ובעל ייחוד גאומורפולוגי, הינו גם אזור "נמוך" מבחינה טקטונית ומשום כך עבר בו האפיק הקדום של נחל איילון טרם השביה.

מקורות ביבליוגרפיים

גבירצמן, ג., 1990. גאולוגיה וגאומורפולוגיה של השרון ומדפו הים תיכוני. תוך: דגני, א., גרוסמן, ד., ושמואלי, א. (עורכים), השרון בין ירקון וכרמל. הוצ' ארץ ומשרד הבטחון, תל אביב, עמ' 19-59.

גופנא, ר., 1990. הישוב בשרון בתקופה הכלקוליתית ובתקופת הברונזה הקדומה: תהליכים, מערכים ונופים. תוך: דגני, א., גרוסמן, ד., ושמואלי, א. (עורכים), השרון בין ירקון וכרמל. הוצ' ארץ ומשרד הבטחון, תל אביב, עמ' 161-173.

נצר, מ. וגבירצמן, ג., 1994. מפה גאולוגית של הרביעון בגוש דן (מישור החוף המרכזי, ישראל). כנס החברה הגאולוגית הישראלית, תקצירים, נוף גינוסר, עמ' 60.

קצב, א., 1994. סטרטיגרפיה של הרביעון בשרון. עבודת גמר לתואר מוסמך, המחלקה לגאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן. 35 עמ'.

קצב, א., וגבירצמן, ג., 1994. משמעותם של רכסי הכורכר בשרון (מישור החוף המרכזי, ישראל). כנס החברה הגאולוגית הישראלית, תקצירים, נוף גינוסר, עמ' 82.

קצב, א. וגבירצמן, ג., 1994. סטרטיגרפיה של הרביעון במצוק החוף של השרון. כנס החברה הגאולוגית הישראלית, תקצירים, נוף גינוסר, עמ' 83.

Gvirtzman, G., Shachnai, E., Bakler, N., and Ilani, S., 1984. Stratigraphy of the Kurkar Group (Quaternary) of the coastal plain of Israel. *Isr. Geol. Surv. Curr. Res.*, 1983-84: 70-82.

Porat, J. and Wintle, A.G., 1994. IRSL dating of Kurkar and Hamra from the Givat Olga Member of the Sharon Coastal Cliff, Israel. *Israel Geol. Soc. Annu. Meet., Abstracts, Nof Ginosar*, p. 85.

רשימות

סיוור 3

חלק א. הלוע הוולקני בנחל תבור

ליאור אהרון,^{1,2} גדעון בר,¹ אמוץ עגנון²

¹המכון הגיאולוגי, ירושלים

²המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים

מטרות הסיוור

1. תאור הלוע הוולקני הנאוגני באפיק נחל תבור והגופים המגמטיים השונים בתחומו.
2. הצגת דגמי זרימת המגמה בדייקים רדודים בתוך הלוע, בעזרת ניתוח של אנאיזוטרופיה של סוספטביליות מגנטית (AMS).

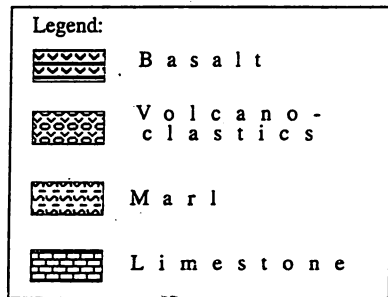
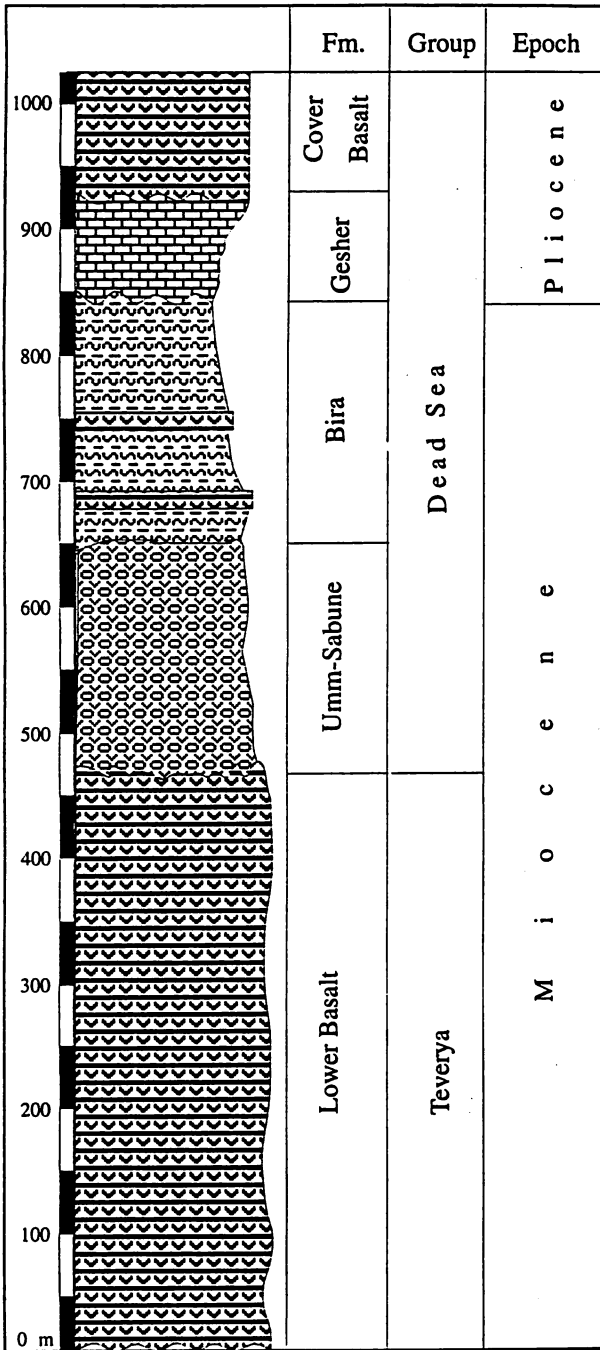
אפיון מורפולוגי של האזור

המורפולוגיה של הגליל התחתון המזרחי נותנת ביטוי לפעילות הטקטונית האחרונה באזור. שתי צורות הנוף השלטות הן רמות נטויות במערב האזור ובקעת הירדן במזרחו. הרמות הנטויות מפותחות על סדרה של גושים נטויים לכיוון דרום עד דרום מערב (פוריה, יבנאל, סירין, כוכב, צבאים). רמות אלה מופרדות זו מזו על ידי סדרה של נחלים קצרים (נחל יבנאל, נחל תבור, נחל יששכר ונחל חרוד) שזורמים בכיוון כללי מזרח דרום מזרח אל בסיס הסחיפה העמוק של עמק הירדן.

סטרטיגרפיה

החתך הסטרטיגרפי הנחשף באזור הינו מגיל נאוגן (ציור 1), ומונח באי התאמה ארוזיבית וזויתית על גבי סדימנטים אאוקניים וקדומים יותר. החתך כולל את התצורות: הבזלת התחתונה, אום-סבונה ובירה מגיל מיוקן, וגשר ובזלת הכיסוי מגיל פליוקן (שולמן, 1962).

הבזלת התחתונה (שולמן, 1962) – תצורה אשר בנויה ברובה אלקלי אוליבין בזלת (Oppenheim, 1962). תצורה זו משתרעת על פני שטח נרחב, מהשוליים המערביים של עמק הירדן עד רמות מנשה. בסיס התצורה מונח באי התאמה ארוזיבית על יחידות אאוקניות וקרטיקוניות. יחידות שונות של החתך הנאוגני הצעיר לבזלת התחתונה מונחות עליה באי התאמה ארוזיבית וזויתית. התצורה עוברת לטרלית לתצורת הורדוט הסדימנטרית באזורים סמוכים. העובי המקסימלי החשוף של התצורה, במתלול כוכב, הוא כ-450 מ' (שולמן, 1962). קידוח בלוואר-1, הממוקם בקרבת אותו מחשוף, חדר לסלעי התצורה עד לעומק של כ-650 מ' ולא הגיע לבסיסה (שליב, 1991). הנפח המקורי של הבזלת התחתונה



ציור 1: חתך עמודי מוכלל של היחידות הסטרטיגרפיות באזור העבודה.

בתחום שממערב לבקע ים המלח מוערך בכ-300 קמ"ק (שליב, 1991). גיל הבזלת התחתונה, כפי שנתקבל ממדידות רדיומטריות (שליב, 1991), נע בתחום שבין 17.5 ל-9 מליון שנים. מאפיין סטרוקטורלי בולט של התצורה הוא הסידוק הטקטוני המופיע בשתי מערכות עקביות; המערכת השלטת בכיוון כללי צפון-מערב ומערכת משנית בכיוון כללי צפון מזרח.

תצורת אום-סבונה (שולמן, 1962) – תצורה יבשתית קלסטית ופירוקלסטית. בסיס התצורה מונח במגע ארוזיבי על גבי הבזלת התחתונה. גג התצורה מציג מעבר הדרגתי לחוארים וחרסיות של תצורת בירה. עוביה של התצורה משתנה בין 0 לכ-200 מ'. הקלסטים הם ממקור בזלתי ועברו בליה מכנית אינטנסיבית. חלקם נראים כחלוקים אלוביאליים וחלקם מופיע בצורה של שכבות עבות (לעיתים עד כדי מטרים) של טוף, ברקציה וולקנית ופצצות וולקניות. באזור גזית מראה התצורה הופעה חווארית-חרסיתית עם פרגמנטים בלויים של בזלת וסקוריה. באמצעות מדידות גיל רדיומטריות של שפכי בזלת הסיק שליב (1991) כי התצורה צעירה ל-10 מליון שנים ועתיקה מ-7 מליון שנים. שולמן (1957) לא הפריד בין הבזלת התחתונה ותצורת אום-סבונה וכינה אותם בשם "הסידרה הוולקנית התחתונה". הוא מצא שהסידרה כוללת אחוז ניכר של חומר פירוקלסטי (מאגלומרטים גסים עד טוף). שולמן (1962) חילק את הסידרה הוולקנית התחתונה לשתי תצורות: "הבזלת התחתונה" ו"קונגלומרט אום-סבונה" – הסדימנטרי, והציע שהיחידה הקלסטית הצטברה בשלב ההתרוממות של גושים שבורים, סמוך לתום תקופת הצבירה של זרמי הבזלת התחתונה.

תצורת בירה (חואר בירה אצל שולמן, 1962) – יחידה חווארית וחרסיתית בעיקרה. התצורה מונחת בהתאמה על תצורת אום-סבונה ובאי התאמה ארוזיבית על הבזלת התחתונה. על גבי תצורת בירה מונחות באי התאמה תצורות גשר ובזלת הכיסוי. עובי התצורה מגיע ל-350 מ' בקידוחים בעמק הירדן המרכזי (שליב, 1991). התצורה מצטמצמת מערבה מעמק הירדן ובאזור גזית היא נעלמת. שני זרמי בזלת (הבזלת התיכונה) בתוך תצורת בירה נחשפים במתלול כוכב ומגדירים את גילה לסוף מיוקן מאוחר (בין 7 ל-5.3 מליון שנים) (שליב, 1991). מיקרופאונה המצויה בסלעי התצורה מצביעה על סביבות השקעה ברקיות עד היפרסליניות (Rosenfeld et al., 1981). בחלקה העליון של התצורה מופיע במקומות גיר מאובנים ימי ("לומשלי").

תצורת גשר (שולמן, 1962) – יחידה המורכבת בעיקרה גירים וקירטונים. התצורה מונחת באי התאמה ארוזיבית על היחידות המיוקניות הקדומות לה. על גבי תצורת גשר מונחת בזלת הכיסוי. במתלול כוכב, מדרום לקו ההעתק העקרי של גוש כוכב, נעדרת תצורת גשר ובזלת הכיסוי מונחת ישירות על גבי תצורת בירה. עובי תצורת גשר משתנה באזור בין 0 ל-70 מטרים. גיל התצורה 5.3 עד 4.8 מליון שנים (שליב, 1991). בחתך פרט בעובי 2 מ' לערך, המכיל פרגמנטים של בזלת וטקסטורות של זרימה. יתכן ופרט זה מבטא אירוע וולקני הקשור בטוף פיגיאס (שולמן, 1962) איתו מתאצבעת התצורה בנחל יבנאל.

בזלת הכיסוי (שולמן, 1962) – התצורה מורכבת אלקלי אוליבין בזלת. בזלת הכיסוי בונה את המעטה הקשיח של גגות הגושים הנטויים של מזרח הגליל התחתון והיא נמשכת

מזרחה – לגולן, מערבה – לגליל המערבי, צפונה – לאזור חוקוק-הר תורען, ודרומה – עד למערב בקעת בית שאן. יחידה זו מונחת על משטח אי התאמה הגודע את כל היחידות הקודמות לה. גג התצורה ארוזיבי והוא מכוסה בדרך כלל קרקעות אלוביליות. העובי המקסימלי הידוע באזור הוא כ-150 מ' (שולמן, 1962). גיל התצורה פליוקן, בתחום שבין 5.5 ל-3.3 מליון שנים [היימן, בהכנה].

מבנה גיאולוגי

המבנים הבולטים באזור, גושים נטויים, הורסטים וגרביטים, נוצרו על ידי שתי מערכות העתקה עקריות (שולמן, 1962):

1. מערכת אשר כיוונה הכללי מערב צפון מערב, צעירה מבולת הכיסוי. במקומות, מחדשת מערכת זו העתקים קדומים יותר, אשר פעלו בזמן השקעת החתך הנאוגני.
2. מערכת העתקה צעירה לאורך שולי בקע ים המלח. אלו העתקי מדרגות קצרים, אשר כיוונם בדרך כלל צפון-דרום, היוצרים את המדרונות התלולים היורדים אל עמק הירדן. עיצוב פני השטח והמבנה הנוכחי הוכתבו בעיקר על ידי טקטוניקה המאוחרת לבולת הכיסוי.

מגמטיזם

גופי מחדר

בגוש עינדור, בגבעת המורה ובסביבת נחל תבור חודרים דייקים, סדנים, וצינורות הזנה. לעיתים מתחברים המחדרים השונים זה לזה (Dicker, 1969; Oppenheim, 1962). על פי Dicker (1969) הצבת גופי המחדר התרחשה בשתי מערכות בו זמנית, בעלות כיוונים שונים:

1. מזרח-צפון-מזרח עד צפון-מזרח, בעיקר בגבעת המורה.

2. מערב-צפון-מערב, בעיקר בגוש עינדור.

Dicker (1969) הציע שהחדירה בשתי מערכות התאפשרה ע"י חילופים של המאמצים הראשיים האופקיים כתוצאה מהעמסה ע"י חדירת הדייקים.

בגבעת המורה נמצאו ארבעה סדנים, אשר הגדול שבהם נחשף כיום בפסגה המערבית על פני שטח של כחצי קמ"ר, שם הוא יוצר תבליט של כ-100 מ' מעל לגיר האאוקני בו הוא חודר. ארבעת הסדנים סדורים לאורך קו המקביל להעתקי השוליים של גבעת המורה ובמגמה דומה לזו של עמק יזרעאל (300°).

סלעים וולקניים אקסטרוסיביים נפוצים בחתך הסטרטיגרפי שתואר לעיל.

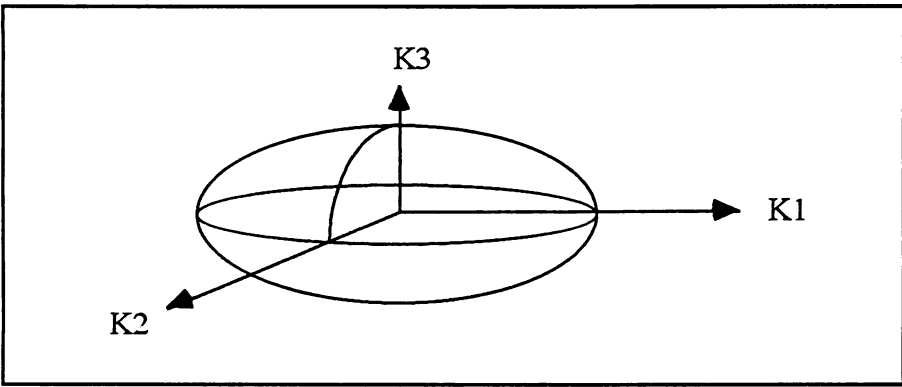
בעבר הוצע קיומם של מספר מרכזי התפרצות וולקנית, אשר היוו כנראה חלק מן המקורות לחתך העבה של הבזלת התחתונה:

1. ממזרח לכוכב הירדן, למרגלות מתלול כוכב, נמצא לוע וולקני, אשר יתכן והזין את חתך הזרמים העבה של הבזלת התחתונה המשתרעים מאזור רמות יששכר ועד טבריה. הופעת סלעים פירוקלסטיים בחתך, לצד בזלות מסיביות, תומכת בכך (שולמן, 1962).
2. תל-עגול החרוטי, הממוקם בתחומי גוש עינדור (מצפון לגבעת המורה) עשוי בזלת דקת גביש ומסיבית ומהווה כנראה שריד לצינור הזנה ממנו נבעו זרמי הבזלת הקיימים באזור (שליב, 1991).
3. שתי גבעות הממוקמות דרומית מערבית לתל עגול (חירבת ציר וחירבת אלף) מרמזות על מרכזים וולקניים בהופעתן בנוף ובריבוי הפירוקלסטים וזרמי הבזלת סביבן (שליב, 1991).
4. מדרום ובסמוך לסדן הגדול של גבעת המורה, זיהה Dicker (1969) מכתש שקטרו כ- 200 מ' אשר בתוכו נחשפים סלעים פירוקלסטיים סביב גלעין בזלתי. המגע האנכי של הגוף המגמטי עם סלעי הסביבה האאוקניים, מרמז על כך שהגוף הינו צינור וולקני.

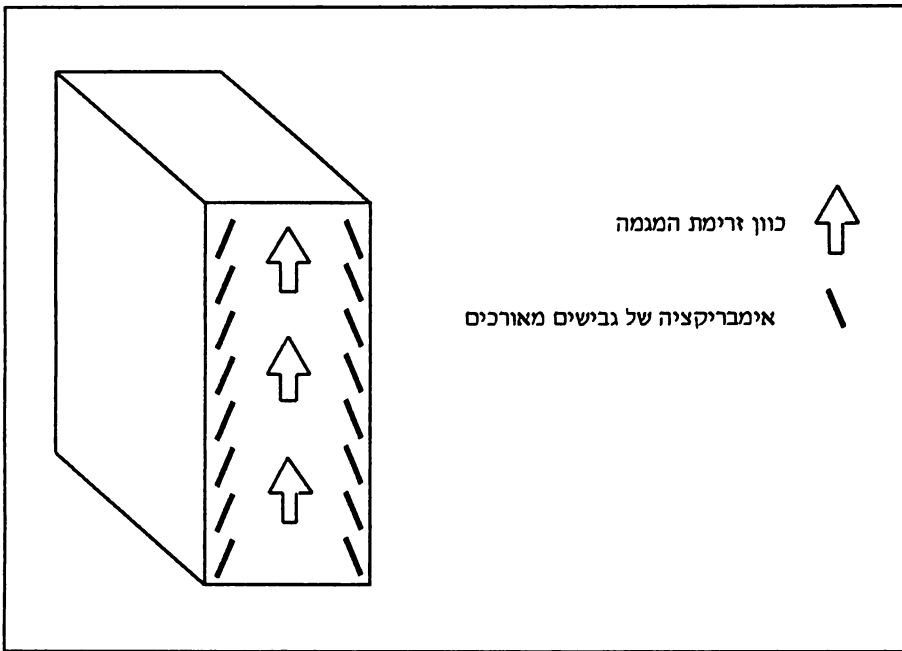
לוע נחל תבור: במסגרת סיור זה יוצג מרכז התפרצות וולקני שזוהה לאחרונה בנחל תבור. אתר זה מציג יחסי שדה בין גופים אינטרוסיביים לאקסטרוסיביים, וכן שפע של תופעות וולקניות אשר נחשפות היטב על ידי ההתחתרות העמוקה של הנחל.

כיווני זרימה בדייקים מתוך אנאיזוטרופיה של סוספטביליות מגנטית (AMS)

סוספטביליות מגנטית, K , מוגדרת על ידי $M = K \cdot H$, כאשר M הוא המגנטיות המושרית בסלע ו- H הוא השדה המגנטי המשרה. הסוספטביליות המגנטית בסלע הינה בדרך כלל אנאיזוטרופית, כלומר שונה בכיוונים שונים של הסלע. בגבישים בעלי סוספטביליות גבוהה משקפת האנאיזוטרופיה את מבנה הגביש או צורתו. בגבישים קוביים האנאיזוטרופיה נובעת מצורת הגרגר (או כיוונית מועדפת בהתפלגות המרחבית של הגרגרים בסלע): הציר הארוך באליפסואיד הסוספטביליות (הסוספטביליות המקסימלית) בכיוון הציר הארוך של הגרגר והציר הקצר (הסוספטביליות המינימלית) בכיוון הציר הקצר של הגרגר (ציר 2). מכיון שהאנאיזוטרופיה של הסוספטביליות המגנטית נובעת בעיקר מכיוון מועדף של מינרלים מגנטיים מאורכים, הרי שהאנאיזוטרופיה מצביעה באופן ישיר על מרקם הסלע (למשל, Graham, 1954). בשיטת ה-AMS ניתן לזהות כיוון מועדף של מינרלים מגנטיים שעשוי לנבוע מזרימה של מגמה וכך



ציור 2: אליפסואיד האנאיזוטרופיה של הסוספטבילות המגנטית.



ציור 3: זרימת תעלה בדייק המביאה לאימבריקציה של גבישים מאורכים.

ניתן לשחזר את כיוון זרימתה. הציר הארוך של האליפסואיד יקביל לכיוון הזרימה של המגמה סמוך לזמן התגבשותה. הציר הקצר יהיה בדרך כלל בניצב למישור הזרימה (למשל, קיר דייק, או פני השטח – במקרה של זרם).

בנוסף לקבלת כיוון זרימת המגמה (למשל, אנכי, אופקי, תת אופקי וכו'), ניתן לשחזר בעזרת AMS גם את מגמת הזרימה (למשל, מצפון לדרום או מדרום לצפון). בדייקים למשל, מסתובבים גבישים מאורכים המוסעים בתוך הזרם כתוצאה מגזירה הנובעת ממהירויות זרימה שונות, ויוצרים אימבריקציה בקרבה לקירות. מגמת הזרימה מתקבלת מכיווני האימבריקציה כמתואר בציר 3 (למשל, Shelley, 1985). מכיון שהמינרלים המגנטיים עוקבים אחרי מרקם הסלע, דגם האימבריקציה מתקבל גם ב-AMS, וכך ניתן לשחזר את מגמת הזרימה מתוך AMS (Knight and Walker, 1988).

שיטת ה-AMS מיושמת לבדיקת כיווני הזרימה של הדייקים בלוע של נחל תבור על מנת לאתר ולמקם את מקור הדייקים, ומתוך כוונה לאפיין את דגם הזרימה של מגמה המובאת על ידי דייקים לעומקים רדודים בתוך הלוע.

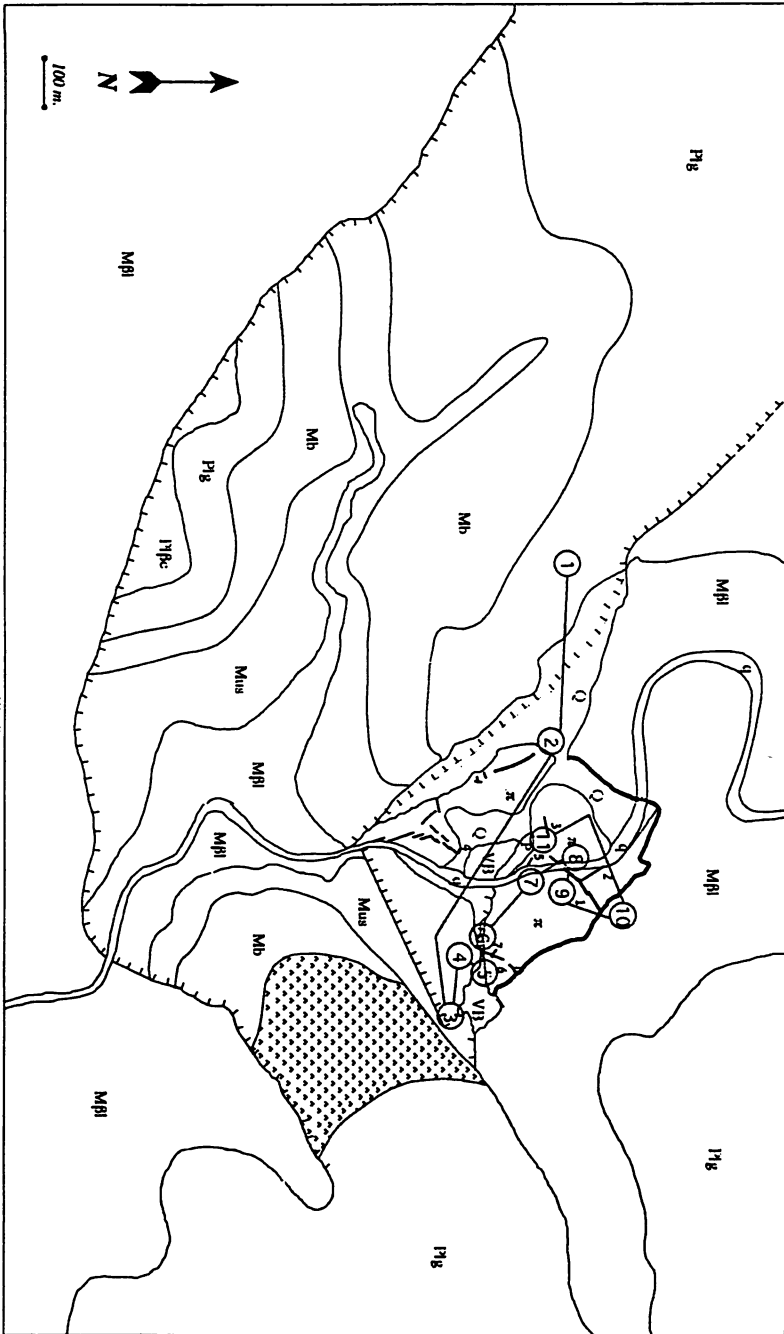
תאור תחנות הסיוור (ציור 4)

תחנה 1. תצפית כללית על אזור הלוע הוולקני של נחל תבור (נ.צ. 19395/22765)

בתחנה זו ניתן לצפות בחלק מההעתקים האופייניים לאזור זה של הגושים הנטויים של מזרח הגליל התחתון. כיוונם הכללי של ההעתקים מערב-צפון-מערב עד צפון-מערב, עם מקטעים, קצרים יחסית, שכיוונם מזרח-צפון-מזרח עד צפון-מזרח. הלוע שממזרח לתצפית זו ממוקם על הגבול בין שקע סטרוקטורלי לגוש מורם. הגוש המורם מצפון ללוע מציג חתך חסר הבנוי: בזלת תחתונה, שכבה דקה מהפרט הימי של תצורת בירה, תצורת גשר, ובזלת הכיסוי. מאידך, בתוך השקע הסטרוקטורלי שמדרום ללוע מופיע חתך שלם יותר: על הגג הארוזיבי של הבזלת התחתונה מונחת תצורת אום-סבונה. מעליה, חתך דק יחסית של תצורת בירה, תצורת גשר, וזרמים של בזלת הכיסוי. גיל בזלת הכיסוי כפי שנמדד במסגרת עבודה זו בשיטת K-Ar הוא $5.0 + 5.5$ Ma (טבלה 1).

תחנה 2. תצפית על הלוע הוולקני מראש הגבעה המרכזית של "ערמת הסקוריה" (נ.צ. 19420/22765)

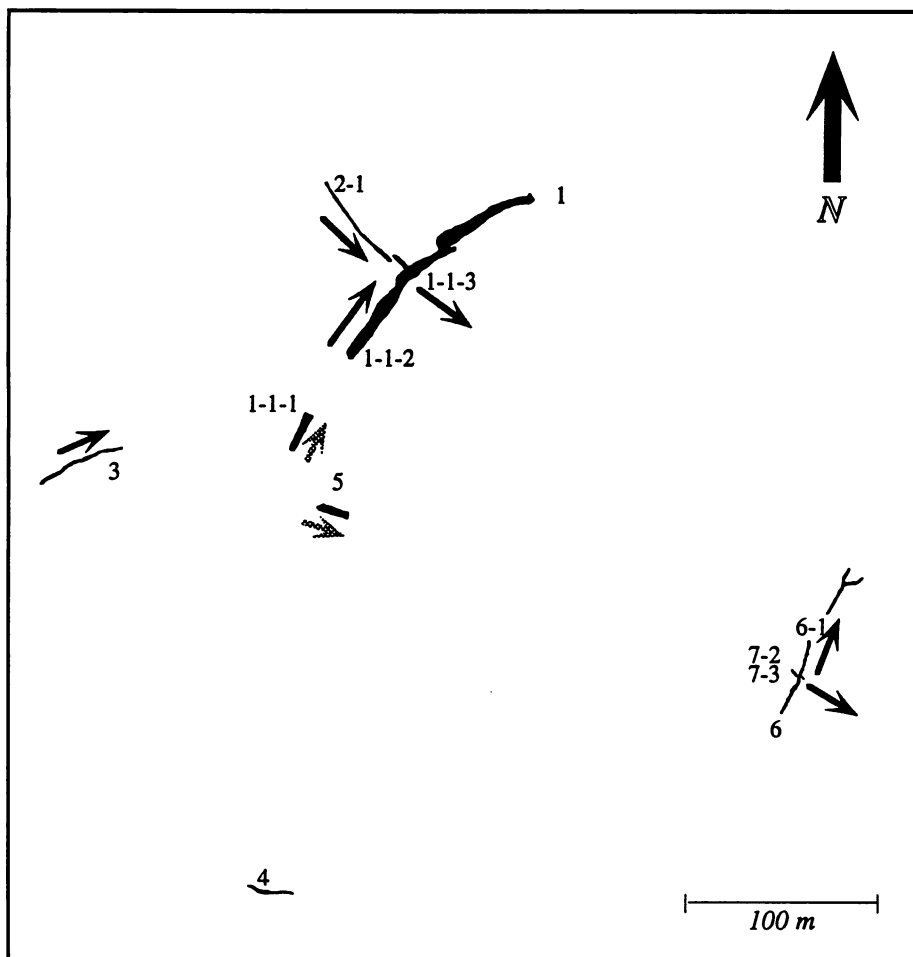
מנקודה זו ניתן להבחין ברוב היחידות הבונות את הלוע הוולקני של נחל תבור. הקיר שממול (כ-300 מ' מזרחית לנקודת התצפית) חושף זרמים שונים של הבזלת התחתונה. מתחת למצוק חשוף סלע אדמדם בדרך כלל (לעיתים אפור), היוצר את הנוף המתון יותר עד לאפיק הנחל. רגלינו עומדות על גבעה העשויה מאותו סלע. אלו הם סלעים פירוקלסטיים המורכבים בעיקר טוף, סקוריה ופצצות וולקניות. בתחנה 7 נבחן מקרוב את הפצצות ושאר מרכיבי "ערמת הסקוריה" (scoria pile). ממזרח לאפיק הנחל נחשפים נציגים של שתי מערכות דייקים (צפון-מזרחית וצפון-מערבית) החודרים בסקוריה (דייקים



ציור 4: מפת הסיור בלוע הוולקני של נחל תבור על גבי מפת גיאולוגית ראשונית.

טבלה 1: גילי K-Ar מאתרים נבחרים בלוע הוולקני. מדידות הגיל באדיבות א. היימן, המכון הגיאולוגי.

Location	Rock type/ rock unit	Measurements	Mean age (Ma)
Station 1	Cover basalt	3	5.5 ± 0.5
Station 6	Breccia body	3	13.0 ± 0.3
Station 7	Scoria bomb	3	13.5 ± 0.2
Station 9	Dike 1	2	13.6 ± 0.2
Station 9	Dike 2	3	13.0 ± 0.5
Station 11	Main intrusion	3	13.2 ± 0.3
NW of Station 9	Scoria bomb (glass)	3	9.0 ± 0.7
S of Station 11	Basalt	3	11.3 ± 0.2



ציר 5: מפת הדייקים הצפוניים של הלוע הוולקני בנחל תבור. מיפוי בעזרת שולחנית. מצוינים אתרי הדגימה לצורך אנליזה של AMS. חצים מראים את מגמת הזרימה בדייקים כפי שהיא מתקבלת מאנליזה של AMS ומסגנון הסגמנטציה בדייקים. חץ כהה – זרימה אופקית, חץ בהיר – זרימה תת-אנכית מלמטה למעלה.

1, 2 – ציורים 4, 5). שתי המערכות ניצבות זו לזו בדרך כלל, ובהמשך נבחין ביחסי חיתוך ברורים ביניהן. לוע משני קטן בקוטר כ-50 מ' נחשף מצפון ללוע הוולקני (נ.צ. 22840/19440), בתוך זרמי הבזלת התחתונה הבונים את הגדה המזרחית של נחל תבור. בתחומי הלוע חשופים סלעים פירוקלסטיים (בעיקר טופים).

תחנה 3. תצורת אום-סבונה זרומית מזרחית ללוע הוולקני (נ.צ. 19490/22755)

באתר זה חושפת צלקת של גלישה סלע חווארי-חרסיתי לבן המכיל פרגמנטים בזלתיים חומים-אדמדמים בגודל של 0.5 עד 5 ס"מ, וחלוקים מעוגלים וממורקים היטב. מרכיבים דומים נמצאו בחתך הטיפוסי של תצורת אום-סבונה בנחל צבון. בחלקו העליון של החתך שכבת טוף שעביה כשני מטרים המכילה בתוכה גם פצצות וולקניות יחד עם פרגמנטים קרבונטיים ומאובנים של מים מתוקים ושל מי ים (זאב לוי, דברים בעל פה).

בשלב זה של המחקר, עדיין לא ברור מנגנון היצירה של יחידה זו, והיחס בינה ובין החתך הטיפוסי של תצורת אום-סבונה.

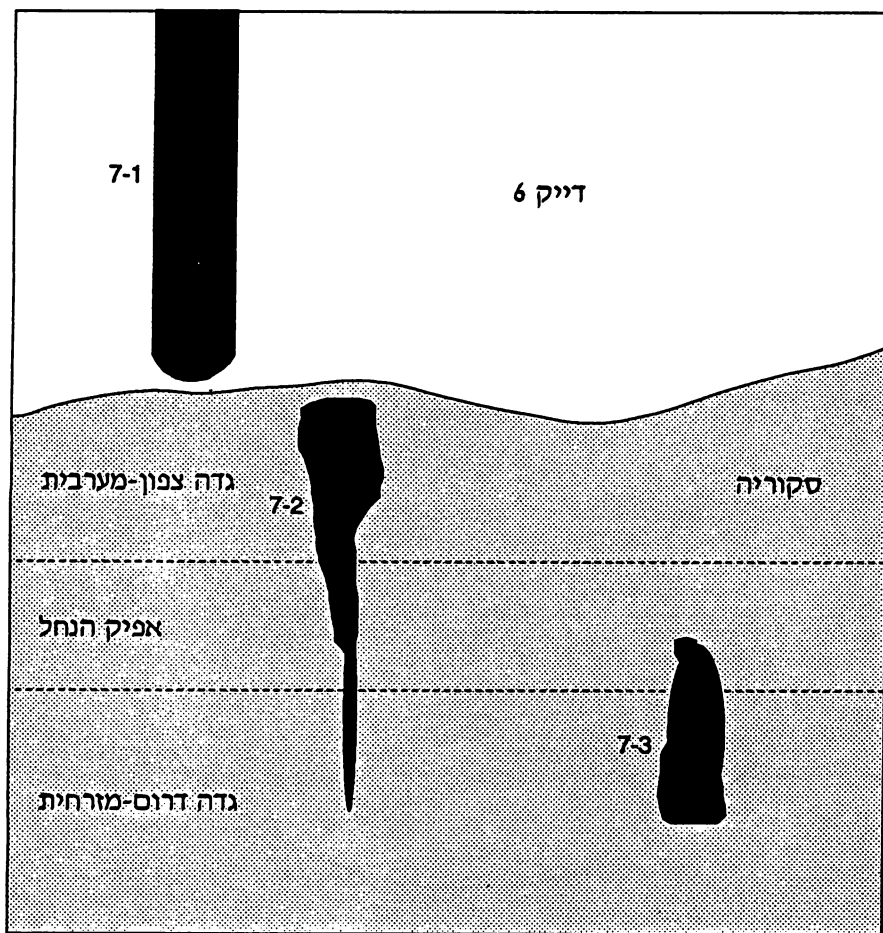
תחנה 4. תצפית על קיר הלוע, גוף הברקציה ודייק 6 (נ.צ. 19475/22755)

במבט צפונה מנקודה זו, מבחינים בברור במקום בו חוצה גוף הברקציה את הקיר הצפון מזרחי של הלוע. מנקודת החציה לכיוון דרום, מראה המצוק הופעה ברקציוזית ברורה של פרגמנטים מעוגלים ומזוותים במיון גרוע הנתמכים האחד בשני. יחסי השדה בין גוף הברקציה לבין קיר הלוע, מצביעים על כך שגוף הברקציה מאוחר לקיר הלוע.

מנקודה זו ניתן גם להבחין בדייק 6 (מהמערכת הצפון מזרחית) החודר בסקוריה ומתפצל לשניים לפני הגיעו לקיר הלוע. הבזלת שבקיר הלוע אינה חדורה ע"י הדייק, אך היא סדוקה בהמשך לדייק. כיוון התפצלות הדייק מחייב כיוון התקדמות של המגמה עם כיוון ההסתעפות ולעבר קיר הלוע. תחנה 5 וציור 6 מציגים עדות מסייעת למסקנה זו. סיום הדייק בסמוך לקיר הלוע מרמז שהתקדמותו נבלמה כתוצאה ממעבר בין סלעי סביבה בעלי תכונות מכניות שונות (מסקוריה לבזלת).

תחנה 5. מפגש הדייקים 6 ו-7 (נ.צ. 19475/22760)

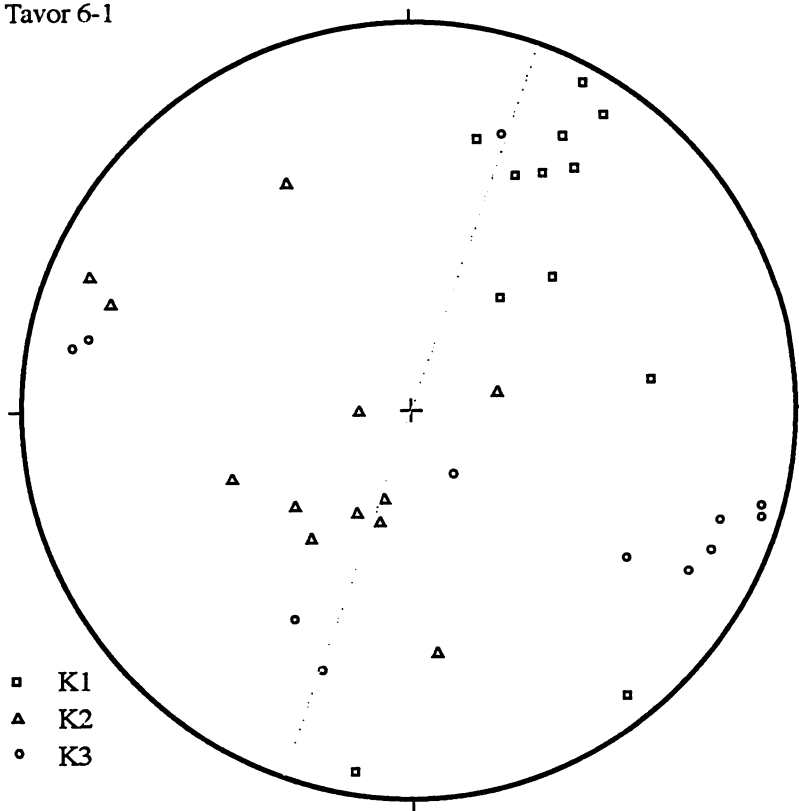
שני הדייקים חודרים בסקוריה כאשר דייק 7 חודר את דייק 6. שכבת סקוריה אדמדמה דבוקה לקירות דייק 6 והתבלותה האיטית יותר היא כנראה תוצאה של מטמורפיזם של מגע. אזורי קרור ברורים מלווים את מגעי הדייקים עם סלע הסביבה. דייק 7 נפרד לשלושה סגמנטים מקבילים (ציור 6). מבחינים בבסיסו של הסגמנט הראשון (1-7), בבסיסו ובגגו של הסגמנט השני (2-7) ובגגו של הסגמנט השלישי (3-7). גיאומטריה זו מחייבת הצבה אפקית של הדייק. אנליזה של האנאליזוטורפיה המגנטית של הסלע בשניים מן הסגמנטים הללו (2-7, 3-7) לא הביאה לאיבחון כיוון ההתקדמות של הדייק. אזור הסגמנטציה של הדייק מציג אנאליזוטורפיה חלשה ביותר, כנראה עקב הסמיכות לקצות הסגמנטים.



----- קו קיפול

ציור 6: סכמה של יחסי השדה בין דייקים 6 ו-7. דייק 7 חודר ב-6, והסגמנטציה שלו מחייבת התקדמות אפקית. ראה מלל להסבר מפורט.

Tavor 6-1



- ▣ K1
- ▴ K2
- K3

צור 7: כיווני הצירים הראשיים של הסוספטביליות המגנטית בדייק 6 על גבי המיספירה תחתונה של סטריאוגרמה שוות שטח. מעגל גדול – מישור הדייק.

דייק 6 מחולק לשני סגמנטים תת מקבילים. תוצאות אנליזת ה-AMS שבוצעה על הסגמנט 1-6 מוצגות בציור 7. באתר זה ניתן להבחין בהתקבצות של צירי K1 סביב כיוון הדייק ובאינקלינציה נמוכה, המצביעה על זרימה אפקית.

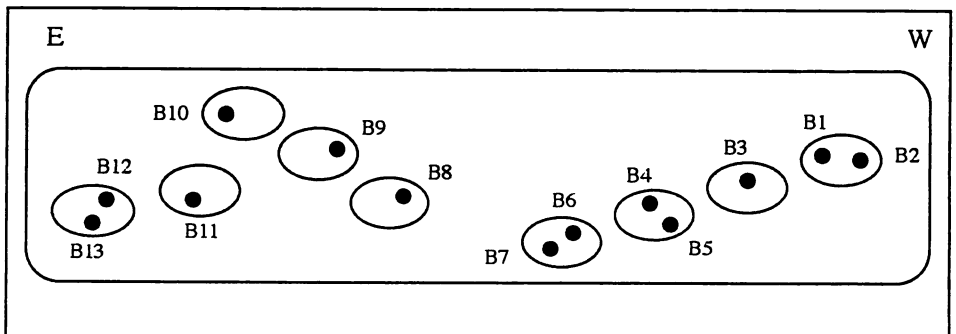
תחנה 6. גוף הברקציה (נ.צ. 19470/22755)

כ-20 מ' במורד הערוץ, נחשף גוף ברקציה מאורך בכיוון 280° - 290° . הברקציה מורכבת פרגמנטים בזלתים במיון גרוע, בגודל המשתנה בין מ"מ בודדים לכ-50 ס"מ, והיא מלוכדת היטב לסלע קשה. הפרגמנטים בדרך כלל נתמכים האחד בשני. המטריקס בזלתי ומורכב בעיקר מגרגרים בגודל ארניטי. וזיקולות מאורכות ואלמנטים אחרים, כגון סדקים המופיעים בחלוקי הברקציה, מראים פיזור כיוונים אקראי. צורתו המאורכת של גוף הברקציה, מיקומו בשולי הלוע וסמיכותו לתוצרים אחרים של הפעילות הוולקנית (למשל: דייקים ופירוקלסטים), מעלים את האפשרות שמדובר בברקציה וולקנית.

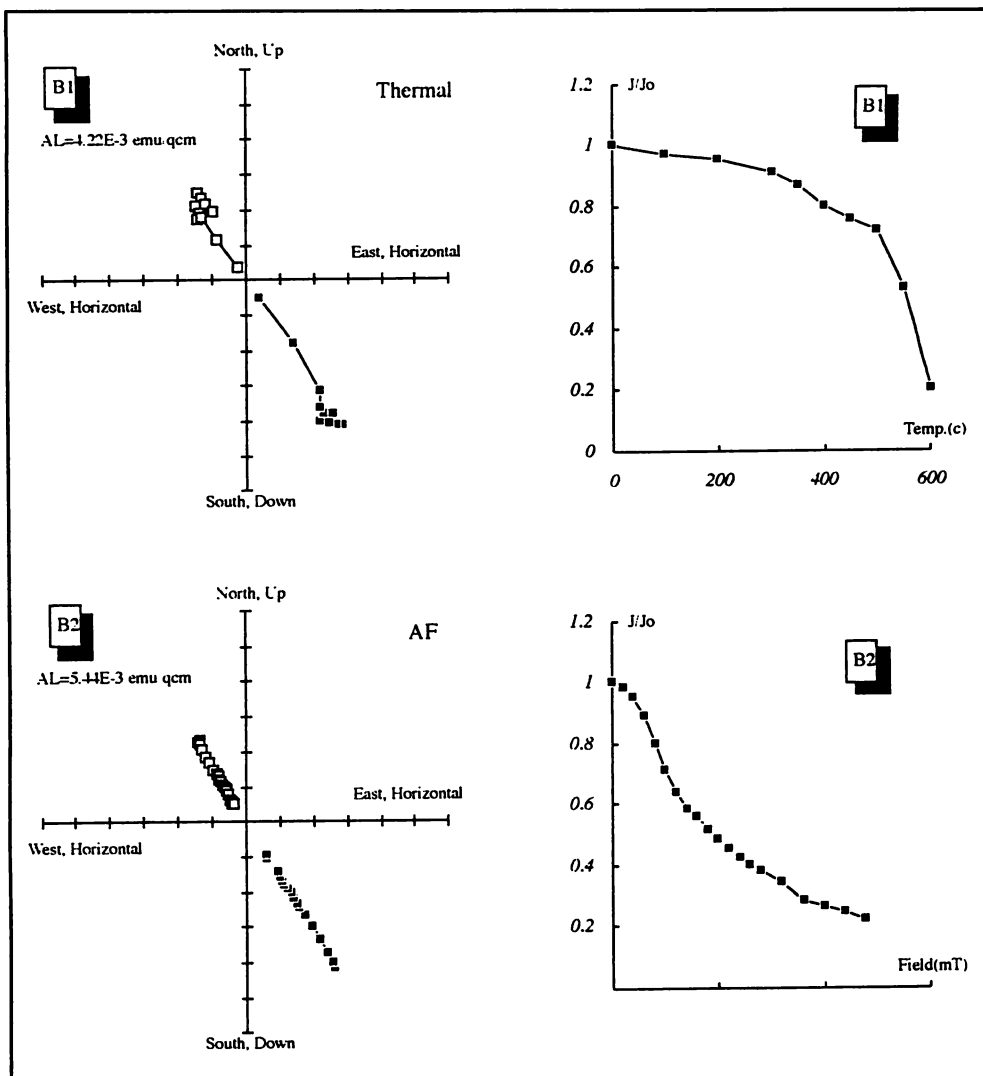
בעזרת מבחן קונגלומרט פאלאומגנטי נעשה נסיון לקבוע האם זו ברקציה וולקנית, ברקציה של העתק, או ברקציה סדימנטרית. במידה והתוצאות מראות דמיון בין הוקטורים השונים, אזי ניתן לקבוע באופן חד משמעי כי כלל החלוקים עברו חימום יחד. תוצאה מעין זו תחזק את האפשרות שזוהי ברקציה וולקנית. מאידך, אם התוצאות מראות שונות מוחלטת בין הוקטורים השונים, אזי סביר יותר שזו ברקציה סדימנטרית, או ברקציה של העתק אשר בה כל פרגמנט מראה וקטור מגנטי אותו רכש קודם הסעתו.

נדגמו תשעה חלוקים בגוף הברקציה (ציור 8). בארבעה חלוקים מתוך התשעה, נאספו שתי דגימות. בשלושה זוגות דוגמאות נעשתה מדידה בשיטת הניקוי התרמלי בנוסף למדידה בשיטת ניקוי מגנטי על ידי שדה מושרה מתחלף (AF) בכל החלוקים. עבור כל דוגמא שורטט וקטור הדמגנטזציה ועקומת עצמת המגנט (הצגה חלקית ומיצגת של התוצאות – בציורים 9, 10).

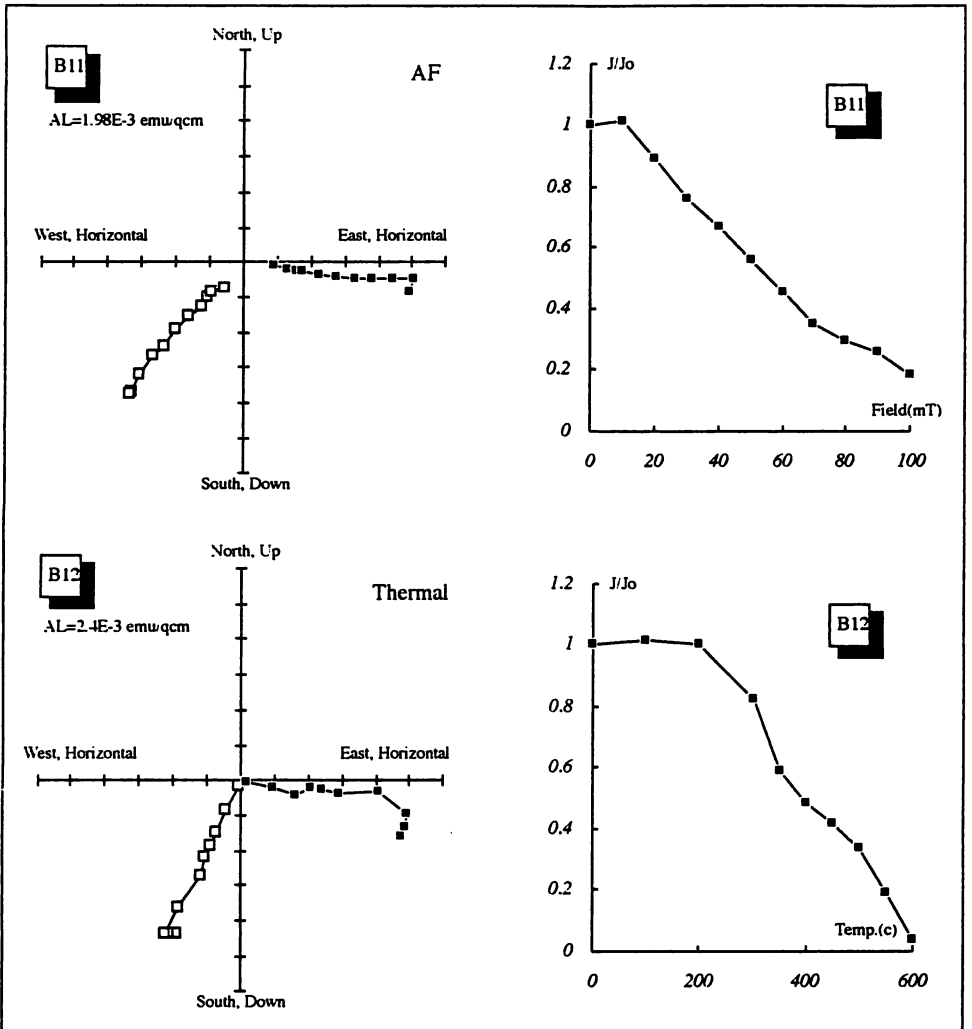
בחינת התוצאות (ציור 11) מעלה כי הוקטורים שנמדדו בחלוקים השונים הינם יציבים, ומתחלקים לשתי קבוצות: בקבוצה הראשונה (B3, B8, B10, B11, B12, B13) כיוון



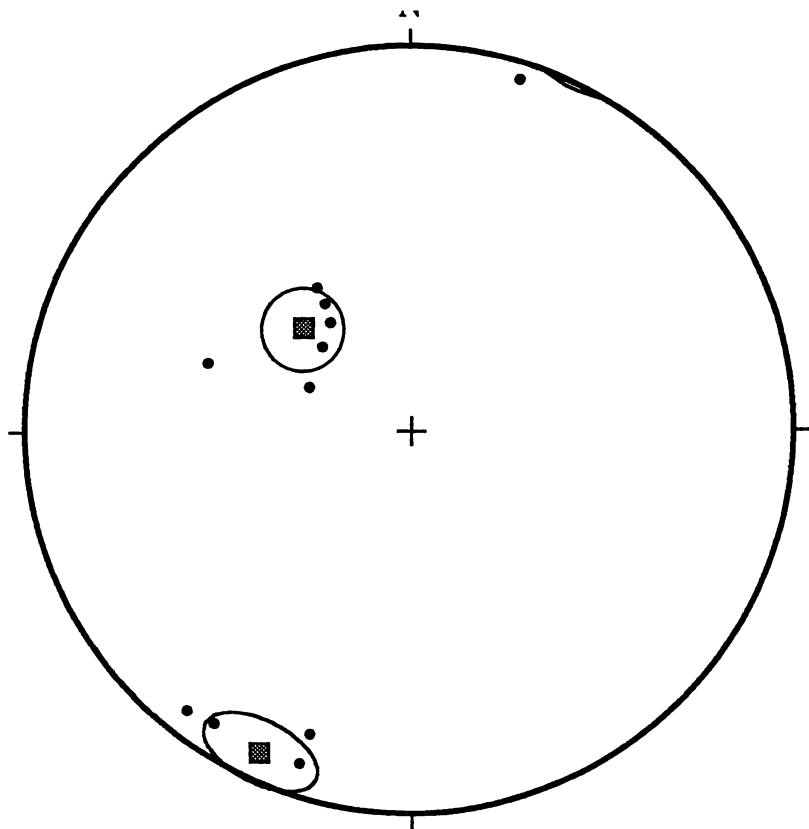
ציור 8: סכמת פיזור הדגימות במחשוף גוף הברקציה.



ציור 9: תוצאות המדידות הפאלאומגנטיות של 2 דוגמאות מייצגות מקבוצת הוקטורים הראשונה. משמאל, תאור הוקטור המגנטי על גבי דיאגרמת וקטור אורתוגונלי. ריבועים חלולים – דקלינציה, ריבועים מלאים – אינקלינציה. מימין, עצמת השדה הרמנטי במהלך הדמגנטיזציה. Thermal – דמגנטיזציה תרמלית. AF – דמגנטיזציה על ידי שדה מושרה מתחלף. שתי הדוגמאות נדגמו מאותו חלוק (ראה ציור 8).



ציר 10: תוצאות המדידות הפאלאומגנטיות של 2 דוגמאות מייצגות מקבוצת הוקטורים השנייה. משמאל, תאור הוקטור המגנטי על גבי דיאגרמת וקטור אורתוגונלי. ריבועים חלולים – דקלינציה, ריבועים מלאים – אינקלינציה. מימין, עצמת השדה הרמננטי במהלך הדמגנטיזציה. Thermal – דמגנטיזציה תרמלית. AF – דמגנטיזציה על ידי שדה מושרה מתחלף. שתי הדוגמאות נדגמו משני חלקים שונים (ראה ציר 8).



ציור 11: סיכום תוצאות מבחן הקונגלומרט. שתי קבוצות הוקטורים המגנטיים הושלכו על ההמיספירה התחתונה של סטריאוגרמה שוות שטח. הריבועים האפורים מציינים את ממוצעי שתי הקבוצות. האליפסות מציינות חרוטי סמך של 95% סביב הממוצעים.

הדקלינציה הוא דרום מערב וזוית האינקלינציה קטנה. מאידך, בקבוצה השניה (B1, B2, B4, B5, B6, B7, B9) הדקלינציה לצפון מערב עם זוית אינקלינציה גדולה מ- 45° . המדידות התרמליות מראות מתאם טוב למדידות בשיטת AF.

קיום שתי קבוצות מובהקות של וקטורים שולל אפשרות של ברקציה סדימנטרית, או ברקציה של העתק, בהן היינו מצפים לפיזור אקראי. ההתפלגות הבי-מודלית של וקטורים יציבים שוללת גם את האפשרות של ברקציה סדימנטרית שעברה ארוע תרמלי מאוחר להשקעתה. הוקטורים היציבים דוחים גם את האפשרות שמדובר בגוף ברקציה וולקנית שנוצר במהלך ארוע תרמלי ראשון ולאחר מכן עבר חימום שני, אשר פגע רק בחלק מהחלוקים ליצירת שתי האוכלוסיות השונות. זאת מכיוון שחימום חזק, כגון זה הגורם למחיקה מושלמת של הוקטור המגנטי של קבוצה אחת, היה גורם ל-overprint בקבוצה השניה. מכאן נובע, שכל אחת משתי אוכלוסיות החלוקים עברה ארוע תרמלי

יחיד, בתקופות שונות המאופיינות בשדות מגנטיים שונים. פיזור החלוקים במחשוף (ציור 8) מקשה על מתן הסבר פשוט להבאת שתי אוכלוסיות החלוקים, השונות מבחינה מגנטית, למצב בו לא מבחינים בהפרדה פיזית ברורה ביניהן. בנוסף לכך יש לשים לב לעובדה שאף אחד מהשדות המגנטיים המתקבלים אינו חופף לשדה המוכר מהמיוקן (נורמלי בכיוון צפון עם אינקלינציה כ-45°, או הפוך). בשלב זה אין בידנו פתרון חד משמעי למנגנון יצירת הברקציה.

תחנה 7. זייק 5 (נ.צ. 19450/22765)

זייק 5 נדגם בצורה רציפה לכל רוחבו לצורך אנליזת ה-AMS. הזייק חודר אנכית בתוך הסקוריה. קירות הזייק מראים גיאומטריה של גלים, המתבלטים אל תוך סלע הסביבה ואשר הכיוון האנכי של ציריהם מציע התקדמות אנכית של הזייק (בר, 1989). כמו כן, בסמוך לקירות הזייק, בתחומי חומר הזייק, נראות וזיקולות מאורכות בכיוון אנכי. כיוון הזרימה הכללי המתקבל מאנליזת ה-AMS של 25 הדוגמאות, שנדגמו לרוחב הזייק, הוא תת אנכי (ציור 12), במישור הזייק (110°–290°). מתמונת האימבריקציה של כיווני K1 לרוחב הזייק (המוצגת באופן סכמטי בציור 13), נראה שהזייק התקדם בכיוון תת אנכי מלמטה למעלה, עם רכיב אפקי לכיוון 110°.

בסביבת זייק 5 נחשפות פצצות סקוריה מולחמות. המחשוף מציג חתכים אורודינמיים ברורים של פצצות וולקניות בגדלים שונים שבין סנטימטרים בודדים למספר עשרות סנטימטרים. תיארוך פצצת סקוריה בשיטת K-Ar נתן גיל של 13.5 ± 0.2 Ma (טבלה 1).

תחנה 8. זייק 1 (נ.צ. 19445/22775)

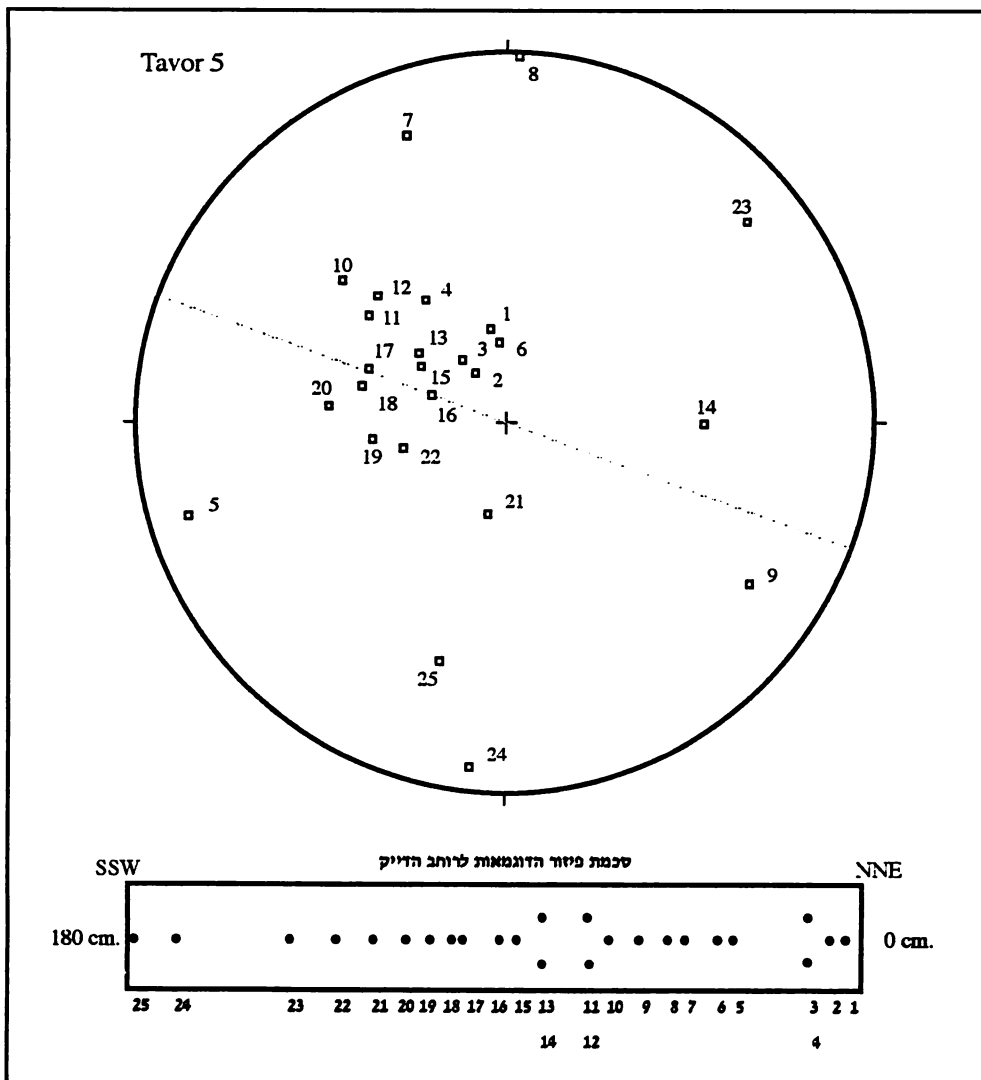
זייק 1, המשתיך למערכת הצפון מזרחית הוא העבה ביותר (כשלושה וחצי מטרים) הנחשף בלוע הוולקני של נחל תבור. הזייק בנוי שלושה סגמנטים. שני מקבצים לצורך מדידות AMS נקדחו מהסגמנט הראשון (1-1-1, 1-1-1), ומקבץ נוסף מהסגמנט השני (1-1-1-1). תוצאות האנליזה של אתרים אלו (ראה ציור 5 למיקום האתרים), מוצגות בציור 14.

בדומה לתוצאה המתקבלת בזייק 5, גם אתר 1-1-1, מציג כיוון זרימה תת אנכי (ציור 14), במישור הזייק. הדגימה לרוחב הזייק באתר זה היא פחות שלמה, עקב סידוק צפוף המקשה על הדגימה. מגמת האימבריקציה של צירי K1 ביחס לקיר הזייק, מצביעה על זרימה תת אנכית מלמטה למעלה, עם רכיב אפקי לכיוון 035°.

אתר הדגימה 1-1-2, המרוחק כ-25 מטרים מאתר 1-1-1 במעלה מחשוף הזייק (ציור 5), מראה התקדמות אפקית אשר מגמתה לפי אימבריקצית צירי K1 היא 035°.

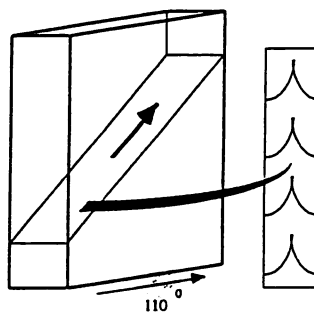
תחנה 9. מפגש זייק 1 וזייק 2 (נ.צ. 19450/22780)

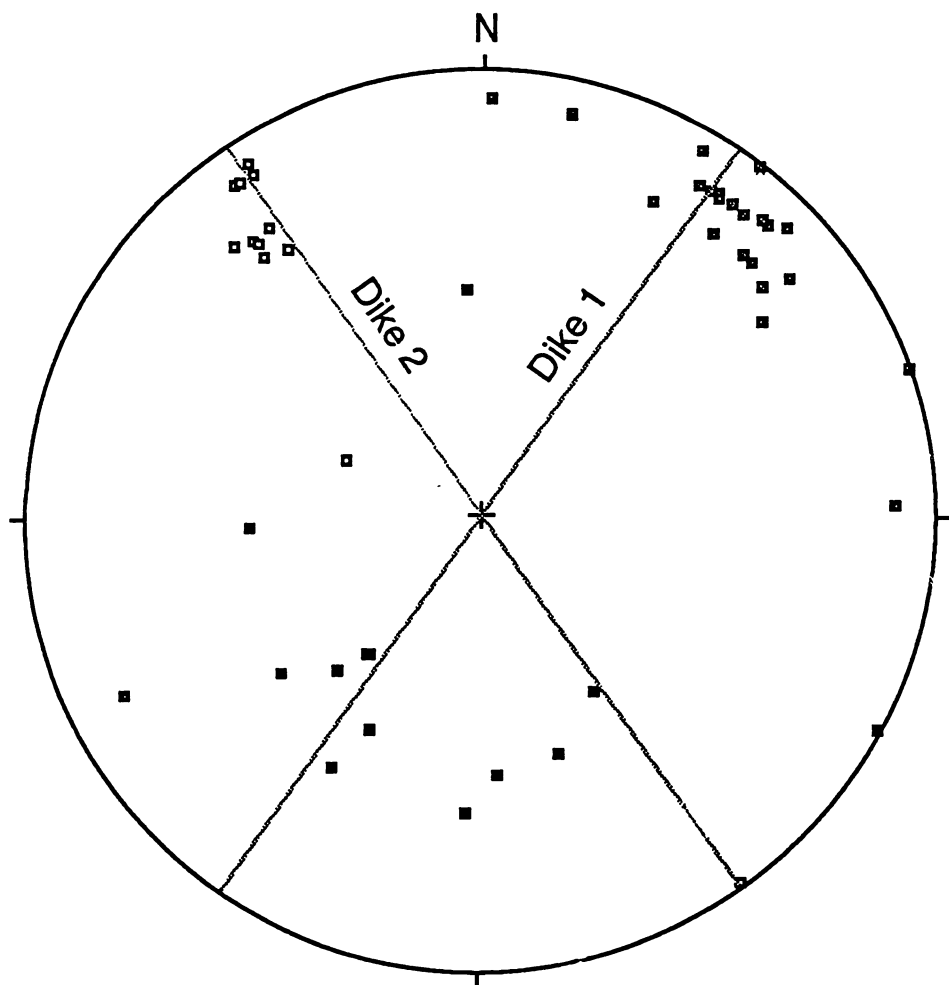
המקבץ 1-1-3, נדגם מתוך הסגמנט השני, שכיוונו שונה מעט מזה של הראשון (235°), באתר בו עלה חשד כי זייק 2 חודר את זייק 1 (ציור 15). תוצאות אנליזת ה-AMS (ציור



ציור 12: השלכה של צירי K1 של דייק 5 על גבי המיספירה תחתונה של סטריאוגרמה שוות שטח.

ציור 13: דפוס הזרימה המתקבל מתוך אנליזה של AMS עבור דייק 5. הקשתות בחלקו הימני של הציור (מבט מעל מישור הזרימה), מדמות את השתנות האימבריקציה של K1 לרוחב הדייק. חץ עבה מראה את מגמת זרימת המגמה בדייק. במקרה זה מתקבלת מגמת זרימה תת אנכית, מלמטה למעלה, עם רכיב אפקי בכיוון 110° .

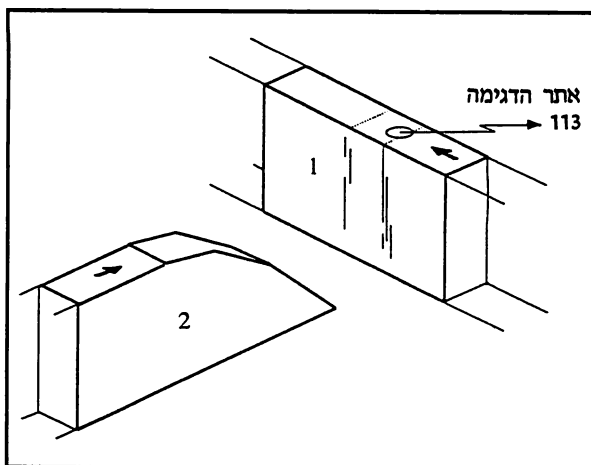




- | | |
|---|------------|
| ■ | Site 1-1-1 |
| ■ | Site 1-1-2 |
| ■ | Site 1-1-3 |

ציור 14: השלכה של צירי K1 בלבד על גבי המיספירה תחתונה של סטריאוגרמה שוות שטח, עבור המקבצים 1-1-1 (ריבועים שחורים), 1-1-2 (ריבועים אפורים) ו-1-1-3 (ריבועים ריקים). מעגלים גדולים מציינים את מישורי הדייקים.

ציור 15: תאור סכמטי של מפגש הדייקים 1 ו-2. מקבץ הדגימה לצורך אנליזת AMS נאסף מתחומי דייק 1 במקום בו, על פי החשד (סידוק צפוף בניצב לדייק), נדמה היה כי הוא נחצה על ידי דייק 2.



14), מראות כיוון המתאים לדייק 2 ומבססות את ההצעה שדייק 2 חודר במקום זה את דייק 1. מדידות גיל רדיומטריות משני הדייקים נתנו את התוצאות הבאות: דייק 1 – 13.6 ± 0.2 Ma ודייק 2 – 13.0 ± 0.5 Ma (טבלה 1). לפצצת סקוריה מסביבות דייק 2 נקבע גיל K-Ar של 9.0 ± 0.7 Ma. אם אכן נסתמך על דוגמא בודדת זו נראה שהיה אירוע אקספלוסיבי מאוחר בלוע.

תחנה 10. מפגש דייק 1 וקיר הלוע (נ.צ. 19455/22785)

במעלה הדייק, מבחינים בסגמנטציה נוספת. הסגמנט השלישי נמשך עד למצוק של קיר הלוע. באזור המצוק מידקק הדייק ומתפצל למספר זרועות בעובי סנטימטרים ספורים. התנהגות כזו של דייק בקרבת המצוק, נצפית גם בדייק 6 ומציעה כי קיר הלוע היה קיים בזמן חדירת הדייקים.

תחנה 11. המחדר העקרי (נ.צ. 19445/22755)

במרכז "ערמת הסקוריה", נחשף גוף בזלתי מאורך בכיוון צפון מערב שרוחבו כ-15 מטרים. בתחתית המחשוף מבחינים במבנה גלי אופקי, כאשר הסקוריה הבונה את סלע הסביבה "מולחמת" אליו בדומה לקירות הדייקים. יחסי שדה אלו בין הגוף הבזלתי לסלע הסביבה וכן מדידות גיל בשיטת K-Ar (13.2 ± 0.3 Ma, טבלה 1) מציעים כי זהו גוף מחדר מאורך.

סיכום

הסטוריה גיאולוגית

הארועים הגיאולוגיים באזור הלוע הוולקני של נחל תבור התרחשו בסדר הבא:

1. צבירת חתך חלקי של זרמי הבזלת התחתונה.
2. התפרצות אקספלוסיבית הכוללת אפר וולקני מגודל טוף ולפילי טוף, סקוריה ופצצות וולקניות, מגיל כ-13.5 Ma.
3. חדירת מגמות בזלתיות בסקוריה. בתחילה התמקמו המחדר העקרי בתוך הסלעים הפירוקלסטים, ובניצב לו – דייקים בכיוון צפון מזרח. סמוך לאחר מכן חדרו דייקים של המערכת הצפון מערבית אל הסלעים הפירוקלסטים, כשחלקם חודרים דייקים של המערכת הקודמת. גיל החדירה זהה לגיל הארוע הקודם, ולפיכך התרחשה החדירה מיד לאחר ההתפרצות הפירוקלסטית. שני תאריכים צעירים יותר (טבלה 1) מציעים שבלוע התקיימה פעילות לסירוגין כ-4 מליון שנה.
4. השתפלות אגן מקומי, מדרום ללוע הוולקני, לאורך העתקים שכיוונם הכללי צפון מערב. האגן צובר חתך עבה של התצורות אום-סבונה ובירה. מדרום ומצפון מוגבל האגן על ידי אזורים מוגבהים.
5. סדימנטציה של תצורת גשר בכל הסביבה.
6. התפרצות וולקנית של קילוחי בזלת הכיסוי.
7. העתקה רגיונלית מאוחרת לבזלת הכיסוי בכיוון כללי צפון-מערב. חלק מן ההעתקים הללו חידשו פעילות של העתקים קודמים (ראה שלב 5).
8. התחתרות וחיפית הלוע הוולקני באפיקו של נחל תבור.

זגם זרימת המגמה בדייקים של הלוע הוולקני בנחל תבור

הדייקים בלוע הוולקני של נחל תבור משתייכים לשתי מערכות ניצבות. האחת בכיוון כללי צפון-מערב והשנייה – צפון-מזרח. הדייקים מראים בדרך כלל כיווני זרימה אפקית, מצפון-מערב לדרום-מזרח – במערכת הצפון-מערבית, ומדרום-מערב לצפון-מזרח – במערכת הצפון-מזרחית (ציור 5).

בשני מקבצים, 1-1-1 (בדייק 1) ובדייק 5, מבחינים בהתקדמות תת אנכית (ציור 5). קירבתם של שני מקבצים אלו למרכז ערמת הסקוריה ולמחדר העקרי מציעה כי אזור זה סמוך למקור אספקת המגמה שמתחת ללוע. בהתרחקנו ממרכז זה הופכת זרימת המגמה בשתי מערכות הדייקים אופקית, כנראה בשל הפחתת הלחץ המגמטי בדייקים, עם ההתרחקות מהמקור.

מיקומו של "המחדר העקרי" באזור מרכזי זה של הלוע מציע את האפשרות שהוא מהווה את מרכז ההצבה של הדייקים. נראה כי אזור מרכזי זה של הלוע היה עשוי לשמש כמוקד ההתפרצות האקספלוסיבית אשר ערמה את הפירוקלסטים קודם להחדרת הדייקים.

תוצאות המחקר הנוכחי תומכות בהצעה של Dicker (1969) למנגנון החדרה בשתי מערכות.

מחדרים לווחיים חודרים בניצב למאמץ הלחיצה המזערי (למשל, Anderson, 1938). מחדר רחב דוגמת המחדר העקרי של הלוע בנחל תבור (שכיוונו צפון-מערב), עשוי היה להגביר את המאמץ הניצב לו ובכך להפוך את כיווני המאמצים הראשיים, כך שמגמה חודרת בהמשך בסדקים שכיוונם ניצב לכיוון המחדר העקרי.

כאמור, הדייקים 2 ו-7, מאוחרים למערכת הדייקים הצפון-מזרחית של הלוע, ומציגים זרימה אפקית של המגמה מצפון-מערב לדרום-מזרח. מיקומם ביחס למרכז ההתפרצות המשוער של הלוע, כפי שתואר זה עתה, מציע את האפשרות שמקורם ממוקד נוסף מצפון. יתכן והלוע המשני (הממוקם מצפון ללוע העקרי) הוא האחראי להצבת חלק ממערכת הדייקים הצפון-מערבית באזור הלוע העקרי.

תודות

העבודה המוצגת בסיוור זה נתמכה על ידי המנהל למדעי האדמה במשרד האנרגיה והקרן הדו לאומית ארה"ב-ישראל. תודה לאריאל היימן וכרמל דלל על תיארוך הבזלות במעבדה הגיאוכרונולוגית של המכון הגיאולוגי, לסרגיו פלץ על בחינת השקפים והעצות המועילות בענין הגופים המגמטיים השונים בתחומי הלוע של נחל תבור, וליעקב מזרחי, שלמה אשכנזי ומשה ארנון – על העזרה והרצון הטוב שבלעדיהם אי אפשר. תודה לחגי רון ואורי פריזלנדר מהמכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה בחולון, ולמאיר אבלסון מהמחלקה לגיאולוגיה של האוניברסיטה העברית בירושלים, על עזרתם בביצוע המדידות הפאלאומגנטיות.

מקורות

בר, ג., 1989. מחדרים מגמטיים במכתש רמון, ישראל: מכניקת החדירה והשלכות סטרוקטורליות. דו"ח המכון הגיאולוגי, GSI/48/89, 88 עמ'.

שולמן, נ., 1957. הגיאולוגיה של עמק הירדן המרכזי. עבודת גמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 40 עמ'.

שולמן, נ., 1962. הגיאולוגיה של עמק הירדן המרכזי. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 103 עמ'.

שליב, ג., 1991. שלבים בהתפתחות הטקטונית של האגן הניאוגני בגליל התחתון ובעמקים. דו"ח המכון הגיאולוגי, GSI/11/91, 94 עמ'.

Anderson, E.M., 1938. The dynamics of sheet intrusion. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 58: 242–251.

Dicker, T., 1969. Geology of central Yizre'el Valley. Isr. J. Earth. Sci., 18: 39–69.

Graham, J.W., 1954. Magnetic susceptibility anistropy, an unexploited petrofabric element. Geol. Soc. Am. Bull., 65: 1257–1258.

- Knight, M.D., and Walker, G.P.L., 1988. Magma flow directions in dikes of the Koolau Complex, Oahu, determined from magnetic fabric studies. *J. Geophys. Res.*, 93: 4301–4319.
- Oppenheim, M.J., 1962. The geology of the southeastern Galilee lava fields. *Bull. Res. Coun. Isr.* 11G(2): 58–84.
- Rosenfeld, A., Segev, A., Halbersberg, E., 1981. Ostracode Species and paleosalinities of the Pliocene Bira and Gesher Formations (Northwestern Jordan Valley). *Isr. J. Earth Sci.*, 30: 113–119.
- Shelley, D., 1985. Determining paleo-flow direction from groundmass fabrics in the Lyttelton radial dykes, New Zealand. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 25: 69–79.

רשימות

סיור 3

חלק ב. הבזלת התחתונה באזור העמקים והגליל התחתון והקשר להתפתחות הטקטונית של האזור

גבי שליב

עין כרם ג/54, ירושלים

השם "הבזלת התחתונה" ניתן על ידי שולמן (1962) בעקבות Blake (1928) לבולות המופיעות בגליל התחתון, מתחת לסדימנטים ניאוגניים, בעמקים יזרעאל וחרוד ובשולי עמק הירדן.

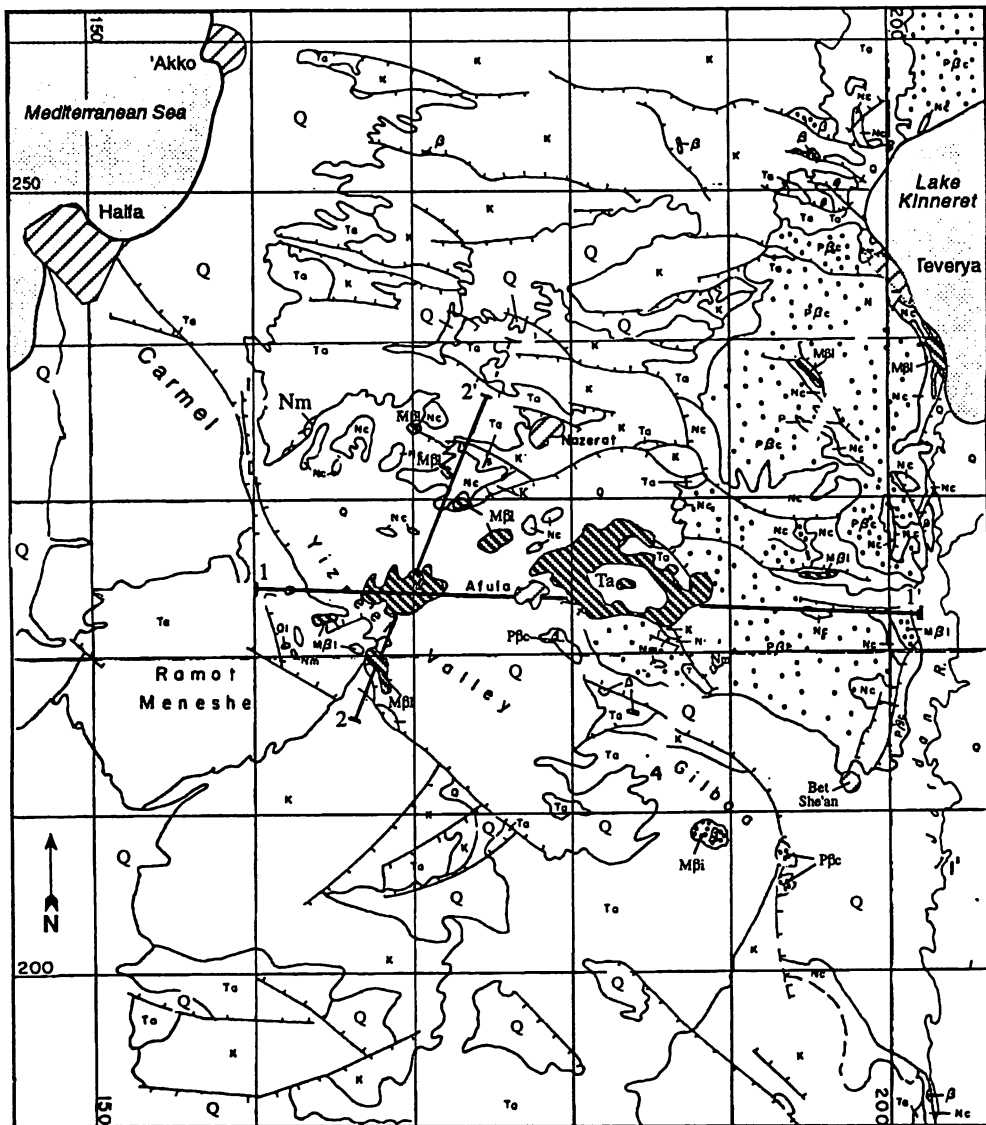
תחום השתרעות הבזלת התחתונה הינו משולי עמק הירדן ודרום הגולן במזרח ועד לשוליים המזרחיים של רמות מנשה במערב וממתלול פוריה וגבעות טבעון בצפון ועד לגלבוץ בדרום (תרשים 1).

הבזלת מונחת באי התאמה על גבי סלעים של חבורת עבדת או על סלעים קדומים יותר. במתלול פוריה היא מתאצבעת עם הסדימנטים של תצורת הורדוס. מעליה מונחים סלעים של קונגלומרט אום סבונה, של תצורת בירה או של תצורת גשר. בעמק יזרעאל מונחת מעליה סדרת החרסית (האקוויולנטית לקג"ל אום סבונה).

עובי הבזלת. העובי משתנה בין מטרים ספורים למאות מטרים. החתך העבה ביותר נחשף במתלול כוכב הירדן. בקידוח בלוואר 1, בכוכב הירדן, נמצא חתך מלא שעוביו כ-650 מ'. ממערב לעפולה נחדר חתך של הבזלת שעוביו כ-630 מ' בקידוח גדעון 5, אשר לא הגיע לבסיס היחידה (תרשים 2).

פטרולוגיה ומינרלוגיה. בזלת התחתונה הינה בזלת אוליבינית אלקלינית בעלת טכסטורות שונות. היא מכילה פנוקריסטים של אוליבין בגדלים שונים, לרוב בלויים לאידנגזיט, אך שומרים בחלקם על צורה אידיומורפית. כן מופיעים פנוקריסטים של פירוקסן המוחלפים בחלקם לכלורית ופנוקריסטים של מחטי פליוגלו. המטריקס דק עד בינוני גביש, בנוי בעיקר ממחטי פלגיוקלו שביניהן גבישי אוליבין, פירוקסן והרבה מינרלי בצר. בחלק מהדוגמאות קיימת טכסטורת זרימה בולטת. מילוי קלציט בסדקים ובחללים נפוץ ובמעט דוגמאות מופיעים זאוליטים.

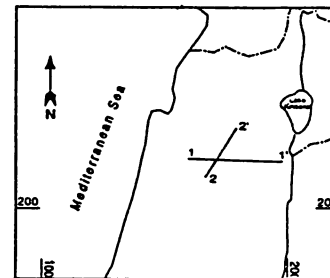
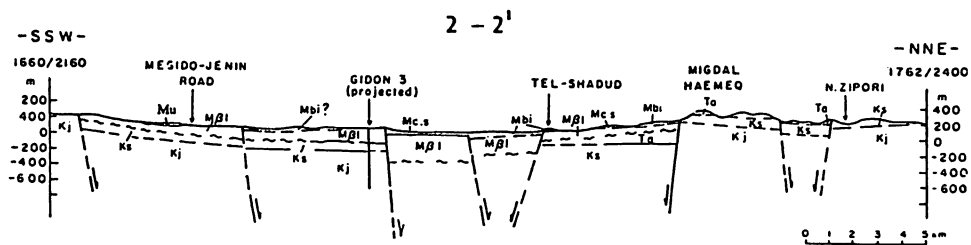
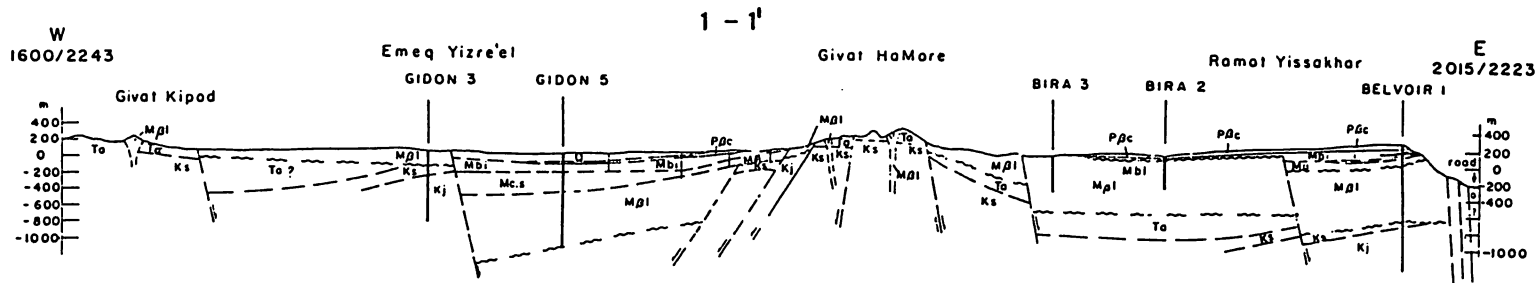
הופעת שדה. בחתכים העבים הבזלת בנויה מעשרות זרמים, בעובי של 10–50 מ' כל אחד. בגג הזרמים, בחתך כוכב הירדן, מופיעה שכבה משובררת (קלינקר). בעמק יזרעאל, בקידוחים, נמצאו בין זרמי בזלת שונים, שכבות חלוקים ושכבות של קרקע מאובנת בעובי של עד 50 מ'. אופינית לבזלת התחתונה בליה חזקה ומילוי קלציטי חרסיתי בסדקי



LEGEND

- Q - Quarternary, Undifferentiated
- Nm - Neogene, marine
- Nc - Neogene, Continental (Hordos Fm. Umm-Sabune Cgl., Bira Fm.)
- Ol - Oligocene
- Ta - Eocene (Avdat Gr.)
- K - Cretaceous (Judea Gr.+ Mt. Scopus Gr.)
- Pβc - Cover Basalt & young basalts
- Mβi - Intermediate Basalt
- Mβl - Lower Basalt
- Town
- River
- Fault
- Cross Section

תרשים 1. מפת תפוצת הבזלות הניאוגניות, בעמקים ובגליל התחתון, על רקע מפה גיאולוגית כללית של צפון ישראל.

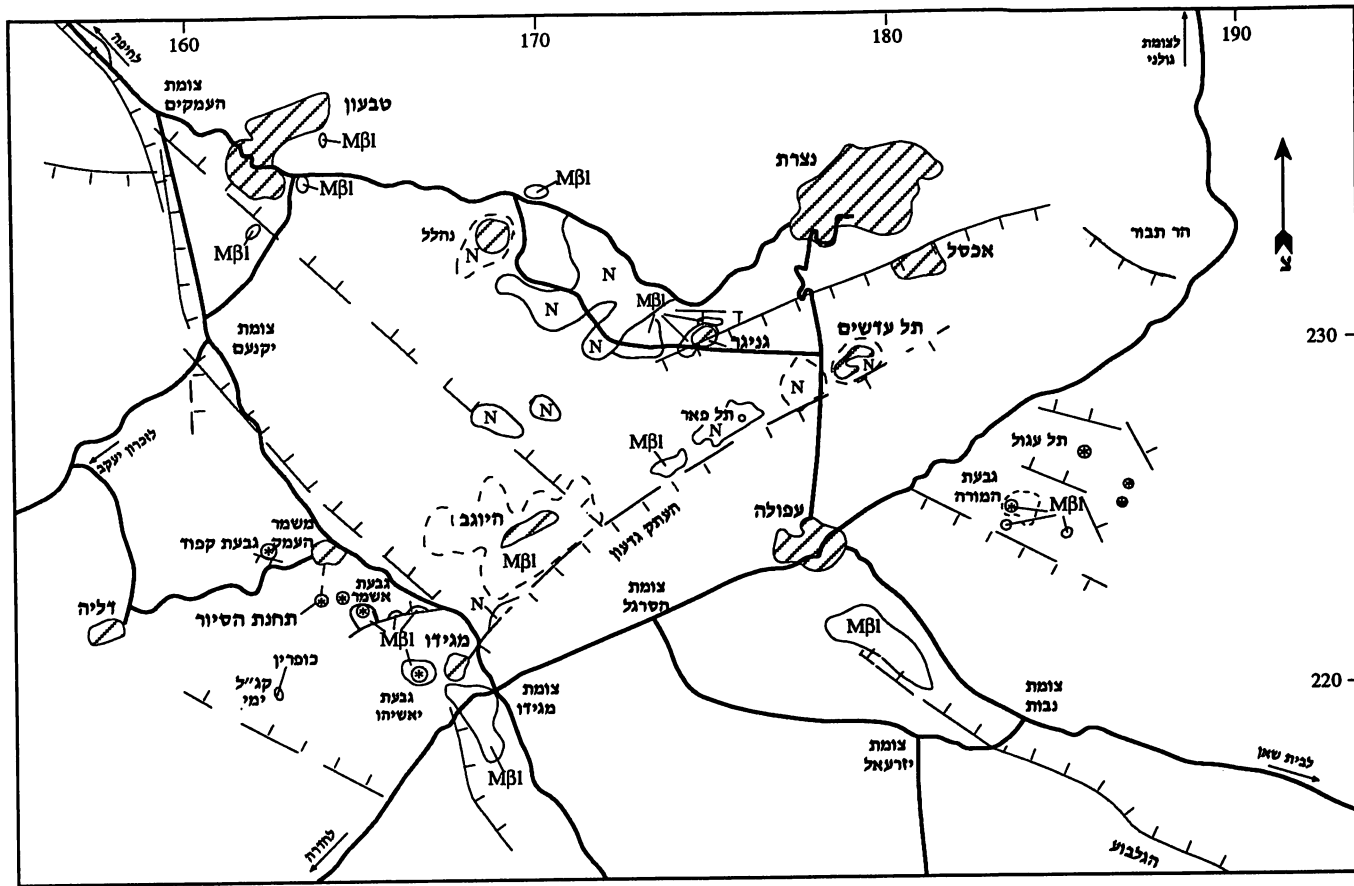


LEGEND

- | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Ql - Lisan Fm. | Mbi - Bira Fm. | Mbo - Hordos Fm. |
| Q - Quaternary, undivided | Mc.s - Clay Series | Ta - Avedat Gr. |
| Pβc - Cover Basalt | Mu - Umm-Sabune Cgl | Ks - Mount Scopus Gr. |
| | Mβl - Lower Basalt | Kj - Judea Gr. |

- | |
|----------------|
| - fault |
| - unconformity |
| - borehole |

תרשים 2. חתכים גיאולוגיים החוצים את עמק יזרעאל ורמת יששכר.



מקרא

- העתק ראשי
- העתק משוער
- ישוב
- כביש

- מרכז התפרצות געשית
- מחשופי בזלת תחתונה בעמק
- מחשופי סדימנטים נאוגניים בעמק

תרשים 3. מפת הבזלת התחתונה והעתקים ראשיים באזור עמק יזרעאל

קירור ובסדקים טקטוניים. במספר מקומות בעמק יזרעאל ובשוליו נמצאה בזלת מתפוררת לגמרי (אבנימלך, 1948). תופעות אלה הקנו לבזלת את הכינוי "בזלת רקובה". לעומת זאת, נמצאו באתרים שונים בשולי עמק יזרעאל, סלעי בזלת תחתונה (לפי הגיל הרדיוגני) שהינם טריים וקשים ביותר (ראה בתחנת הסיור, להלן). לפי בדיקות בקרני X ובשימוש במיקרוסקופ אלקטרוני סורק (SEM) מסתבר כי לא ניכר הבדל במינרולוגיה של הבזלות הטריות מזו של הבזלות ה"רקובות" מאותם אזורים. לעומת זאת ניכר הבדל ברור בגודל הגביש, כאשר הבזלות הטריות דקות גביש ואילו הבזלות הינן גסות עד בינוניות גביש. סלעים פירוקלסטיים בבזלת התחתונה נמצאו במתלול פוריה, למרגלות כוכב הירדן, בשתי גבעות ממזרח לגבעת המורה ובגבעת אשמר, שבשולי רמת מנשה (להלן).

מקורות הבזלת

דייקים: דייקים של בזלת, החדורים בגירים של חבורת עבדת, אשר רוחבם לרוב עד מטרים ספורים וגילם נמצא בטווח הגילים של הבזלת התחתונה (לגבי ראה להלן), נמצאו בשולי העמקים – בגלבו, בגבעת המורה ובשולי רמת מנשה. ריבוי הדייקים מצביע על מנגנון התפרצות דרך סדקים (fissure eruption).

הרי געש: בתחום העמקים ורמות יששכר מעטים השרידים היכולים ללמד על התפרצות הבזלת מהרי געש. במספר מקומות בשולי העמקים נמצאו סלעים פירוקלסטיים בקירבת שפכי בזלות עבים וסלעים שהינם שרידיהם של "צווארים וולקניים". כאלה נמצאו בכוכב הירדן, בתל עגול שמצפון לגבעת המורה, בשתי גבעות מצפון-מזרח לגבעת המורה ובשולי רמות מנשה. שם הם סדורים לאורך קו המקביל לשולי עמק יזרעאל, בכיוון צפון-מערב (תרשים 3 והרחבה בתאור תחנת הסיור). בגבעת המורה נמצאו ארבעה מחדרים גדולים (סדנים), אשר הגדול בהם נחשף על פני שטח של כחצי קמ"ר בפסגת ההר. ארבעתם סדורים לאורך קו בכיוון מערב-צפון-מערב (Oppenheim, 1962) (תרשים 3).

גיל הבזלת התחתונה

טווח הגילים הכולל של הבזלת התחתונה, בתחום הגליל התחתון, העמקים ודרום הגולן, נמצא בין כ-17.5 לכ-9 מליון שנה. הגיל נקבע לפי תארוך בשיטת אשלגן-ארגון של דוגמאות בזלת ממחשופים ב-47 אתרים ו-12 דוגמאות מטחן מ-5 קידוחים (שליב, 1991).

החתכים העבים והמלאים ביותר שתוארכו, הם חתך מתלול פוריה (שם הבזלות משולבים בסדימנטים של תצורת הורדוס) וחתך כוכב הירדן.

בטבלה שלהלן מרוכזות תוצאות מדידות הגיל ממספר אתרים נבחרים בתחום של רמות יששכר, הגלבו, גבעת המורה ושולי עמק יזרעאל, עם דגש על אזור התחנה בסיור.

נתוני גילים רדיוגניים של בזלות מאזור עמק יזרעאל

אתר	נ.צ.	תאור	מספר גיל ממוצע מדידות במליוני שנים*
מתלול פוריה - זרם תחתון	20175/24115	בסיס הזרם, מעל לסדימנטים של תצ' הורדוס. בזלת בלויה, גסת גביש	6 ± 5.1 16.9
מתלול פוריה - גג הבזלת	20276/23872	גג הבזלת. בלויה, גסה, מתחת לסדימנטאגמי	2 ± 1.2 12.3
כוכב הירדן- קידוח בלוואר 1, בסיס הבזלת - מעומק 975 מ'	19917/22211	בזלת בלויה, ביונונית גביש	2 ± 0.2 15.7
כוכב הירדן- גג החתך	19985/22256	בזלת טריה, דקה, מתחת לקגיל אום סבונה	3 ± 0.3 10.1
רמת יששכר - קידוח בירה 3, גלעין מעומק, 450 מ'	18944/22348	בזלת טריה, דקת גביש	2 ± 0.6 12.9
גלבוע - מעלה גלבוע	1902/2083	בזלת טריה, דקה, על גיר של חבורת עבדת	4 ± 0.5 17.4
גלבוע - מחצבת הפציבה	1896/2138	אינטרוזיה, מיקרוגברו, בלוי למדי	2 ± 3.1 10.3
גבעת במורה - אוכף הפסגות	1844/2248	בזלת טריה, בינונית, על גיר של חבורת עבדת	2 ± 0.9 15.0
צפון עמק יזרעאל - שימרון	1704/2342	בזלת בלויה מאוד, גסה, על גיר של חבורת עבדת	2 ± 0.3 9.3
צפון עמק יזרעאל - מפעלי העמק	1728/2303	זרם בזלת מתחת לקגיל, בזלת בלויה	3 ± 1.1 11.4
מרכז עמק יזרעאל - חרבת לד	1713/2244	בזלת בלויה מאוד, גסה	3 ± 2.0 9.7
קידוח גדעון 5 - מטחן מעומק 1100 מ'	17466/22423	בזלת בלויה	2 ± 0.3 13.1
שולי רמות מנשה - גבעת קיפוד	16185/22425	בזלת משולי חרוט געש, טריה, דקת גביש	2 ± 3.5 9.7
שולי רמות מנשה - דייק משמר העמק	16315/22420	חלוקים של בזלת, קשה, דקת גביש	3 ± 1.2 11.2

*השגיאה המדווחת כאן הינה בגודל של שתי סטיות תקן

נקודות להתפתחות הטקטונית של האזור

השקע של העמקים, בין הרי נצרת ורמות יששכר בצפון לבין הכרמל והגלבוע בדרום, בנוי מסדרה של גושים נטויים וגרביים (תרשים 2, חתך 2), בדומה לאזור הגליל התחתון ולרמות יששכר. כיוונם של מרבית ההעתקים, בשולי העמקים ובגליל התחתון הינו צפ-מערב – דר-מזרח עד מע-צפ-מערב. כיוון בולט נוסף הינו צפ-מזרח – דר-מערב (למשל העתק גניגר, בין הרי נצרת לעמק כסולות (תרשים 3). שני כיוונים תת ניצבים אלה הינם אף כיווני סידוק בבזלת התחתונה, סידוק אשר לא עובר ליחידות שמעליה (שולמן, 1962). הפרשי העובי הגדולים של הבזלת התחתונה לאורך חתך החוצה את עמק יזרעאל (תרשים 2, חתך 2) והשכבות העבות של חלקים וקרקע מאובנת, אשר נחדרו בקדוחים, בין זרמי הבזלת, מלמדים על כך שהיתה השתפלות מהירה יחסית של העמק במשך הצטברות הבזלת. הופעתם של מרכזי התפרצות של הבזלת התחתונה לאורך קוים המקבילים להעתקי השוליים של העמק (כמו באזור מגידו, להלן ובגבעת המורה) וכן כיווני הדייקים והסידוק (לעיל), מלמדות על הקשר בין זמן ההעתקה לזמן התפרצות הבזלת. לגבי שקיעתו של העמק לאורך העתק הכרמל מאז המיוקן ניתן גם ללמוד מהממצאים בעמק זבולון (Kafri and Eker, 1964).

העתק גדעון. זהו העתק נורמלי, החוצה את עמק יזרעאל בכיוון צפ-מזרח – דר-מערב ומרים את צידו הצפ-מערבי. לאורכו מתרומם הרכס הנמוך של מרכז העמק, הנמשך ממגידו, דרך היוגב, לעבר מזרע ותל עדשים בצפון-מזרח. מדרום-מזרח להעתק קיים השקע של עפולה (תרשים 2, חתך 1) ולאורך הרכס נחשפים סדימנטים מיוקניים של תצורת בירה וכן נחשפת הבזלת התחתונה (תרשים 3). לפי הבדלי העובי של הבזלת התחתונה משני עברי ההעתק, ניתן להניח שפעילותו של ההעתק החלה כבר בזמן הצטברות הבזלת, לפחות במיוקן העליון. ההתרוממות לאורכו נמשכה עד הפליסטוקן ואולי עד ההווה, אם כי הקצב קטן מאז הפליוקן (שליב, 1991). העתק גדעון מקביל להעתק גניגר, העובר מצפון לו (תרשים 3).

הועלה הרעיון שיש לראות בשקיעתו התחילית של אזור העמקים והגליל התחתון, התפתחות של גרבן בכיוון מקורי (לפני רוטציות מאוחרות) של צפ-מערב – דר-מזרח. גרבן זה היה אחד משרשרת של גרביים שהתפתחה במיוקן לאורך השקע של ואדי סירחן, הנמשך מערב הסעודית למזרח ירדן והלאה לצפ-מערב עד לאגן דמשק ולאזורנו. התפתחותו של בקע גדול, לאורך קו זה, המקביל לבקע של הים האדום נעצרה לאחר המיוקן (שליב, 1991).

התחנה בסיור

התחנה בסיור ממוקמת על גבעה 221+, שמדרום מערב לקיבוץ משמר העמק. על גבעה זו קיים אתר הנצחה של הקיבוץ עם שילוט המציין את קרבות מלחמת הקוממיות באזור. בראשית אפריל 1948, ניסה "צבא ההצלה" הערבי, בפיקודו של פאוזי אל-קאוקג'י, לכבוש את הישוב משמר העמק ששלט על כביש גנין-חיפה. ב-4 לאפריל הורעש הקיבוץ בתותחים, אך הסתערות רגלים עליו נהדפה. בהתערבות הבריטים נפסקה ההתקפה, אשר

חודשה למחרת. הילדים והנשים פונו מהקיבוץ ולאחר מכן פתחו כוחות ההגנה במתקפת נגד. ב-12 לאפריל תפסו כוחות אלה מספר משלטים על הגבעות מסביב והביסו כח ערבי שנע להתקפה מדרום. הצבא הערבי שהועמד בסכנת ניתוק, נסוג לעבר גינין.

גבעה +211 הינה אחת מחמש גבעות געשיות, המצויות בשוליים הדרום מזרחיים של רמות מנשה, בגבול עמק יזרעאל, לאורך קו בכיוון צפ-מערב – דר-מזרח, המקביל לגבול העמק עם הגבעות. אבנימלך (1948), תאר בפרוט גבעות אלה והצביע על הקשר בין ההעתקים בכיוון זה לבין התפרצות הבזלת.

מהתחנה ניתן לראות את הגבעה הצפונית שבהן - גבעת קיפוד הנישאה, שהינה שריד של חרוט בזלת. סמוך לנו, ממזרח, נראית הגבעה הגעשית הקטנה – גבעת אשמר, עם מחשופים של סלעים פירוקלסטיים בלויים בצד הפונה אלינו. מדרום-מזרח, נראית גבעה געשית גדולה, נוספת בקצהו המערבי של מושב מדרך-עוז. גבעת יאשיהו הגדולה (תרשים 3) מצוייה כ- 3 ק"מ דרומה-מזרחה ואינה נצפית מכאן.

הבזלת בתחנה עצמה הינה בזלת טריה, קשה מאוד, דקת גביש. לעומתה בזלת הנחשפת נמוך יותר, במחפורת לאורך העתק מדרך עוז, במזרח המושב (תרשים 3), הינה בזלת "רקובה".

בתחנה תינתן סקירה כללית על הבזלת התחתונה באזור ומערך ההעתקים באזור עם דגש על ההתפתחות במיוקן (ראה בפרק הרקע, לעיל).

מקורות

אבנימלך, מ., 1948. צפונות סלעי ארצנו. ספרית הפועלים. נעורים, 323 עמ'.

שולמן, נ., 1962. הגיאולוגיה של עמק הירדן המרכזי. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 301 עמ'.

שליב, ג., 1991. שלבים בהתפתחות הטקטונית והוולקנית של האגן הנאוגני בגליל התחתון ובעמקים. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים, דו"ח המכון הגיאולוגי / 11/91GSI . 94 עמ'.

Kafri, U. and Eker, A. 1964. Neogene and Quarternary Subsurface geology and hydrology of the Zevulun plain. Isr. Geol. Surv. Bull. 37, p. 13.

סיוור 4

חלק א. היחוד הגיאולוגי של צפון השומרון: סטרטיגרפיה, וולקניזם וטקטוניקה

יעקב מימרן

המכון הגיאולוגי

מבוא

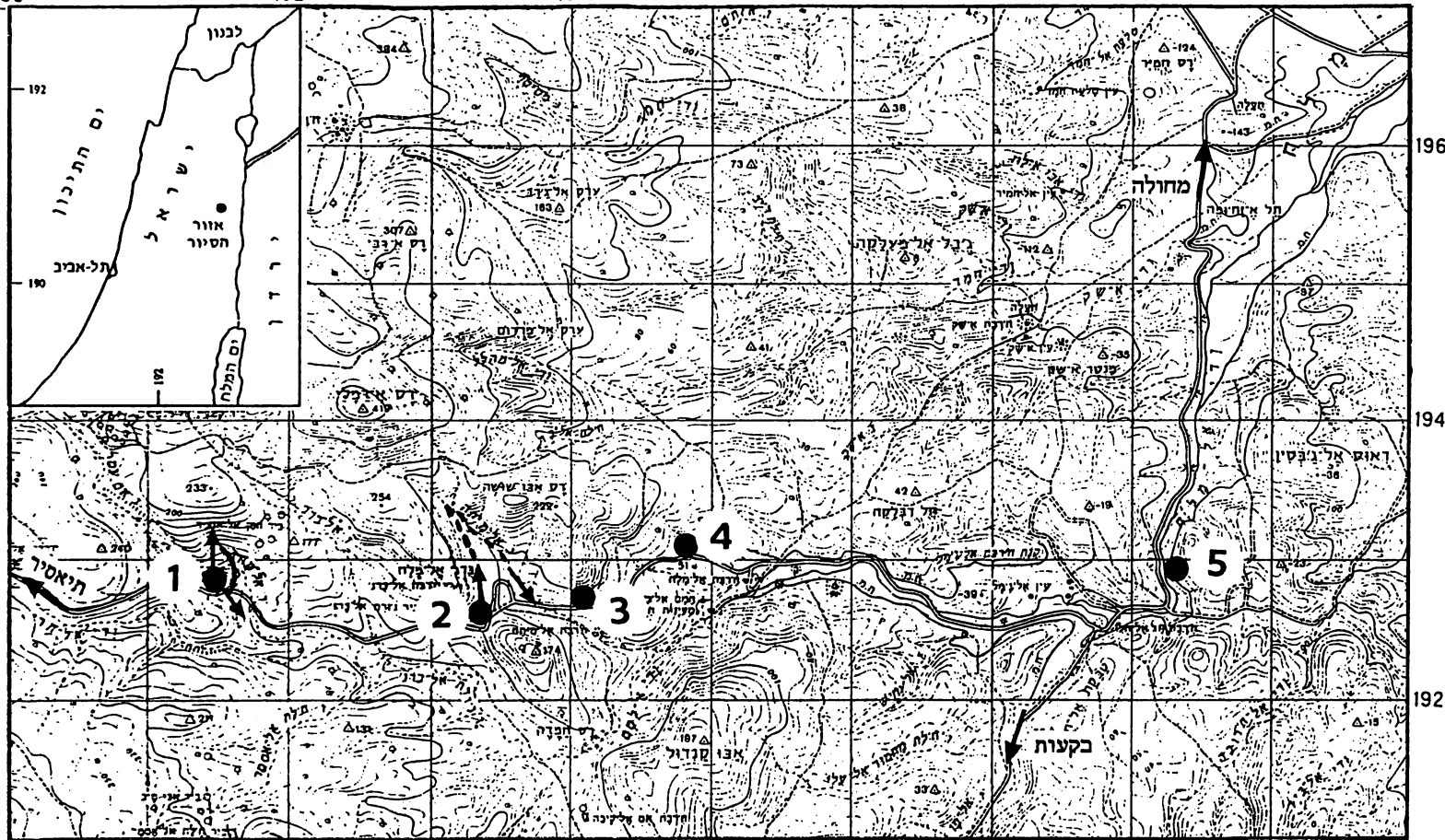
שילוב של קימוט והעתקה אינטנסיביים בקמר הפריעה הביא לחשיפה סטרטיגרפית עמוקה: של חבורות ערד מגיל-יורה (חלק עליון) וכורנוב מגיל קרתיקון תחתון. גובהו הסטרוקטורלי של קמר הפריעה עולה על זה של קמר הרי יהודה. כוון ציר הקמר צפון-צפון-מזרח והוא מבותר על ידי מערכת העתקים בכוון כללי ניצב לציר הקמר, המחלקת אותו לשורת הורסטים וגרבנים.

ההסטה האנכית על גבי ההעתקים בת מאות מטרים ולעיתים אף עולה על קילומטר (מימרן, 1969). הסיור להכרת הסטרטיגרפיה של חבורות ערד וכורנוב מתמקד בהורסט של ואדי אל-מליח, שהגישה אליו בכביש מחולה – תיאסיר (ציור 1). הסלעים הקדומים ביותר הנחשפים הם מגיל קלובין עליון ביותר. חבורת כורנוב בעלת ענין מיוחד באזור בהכילה חתך מגוון ובעל עובי משתנה של סלעים וולקניים. החתך משנה את עביו על פני מרחקים קצרים כתוצאה מתבליט מורפוטקטוני שהלך והתפתח כתוצאה מהעתקה בזמנית לפעילות הוולקנית.

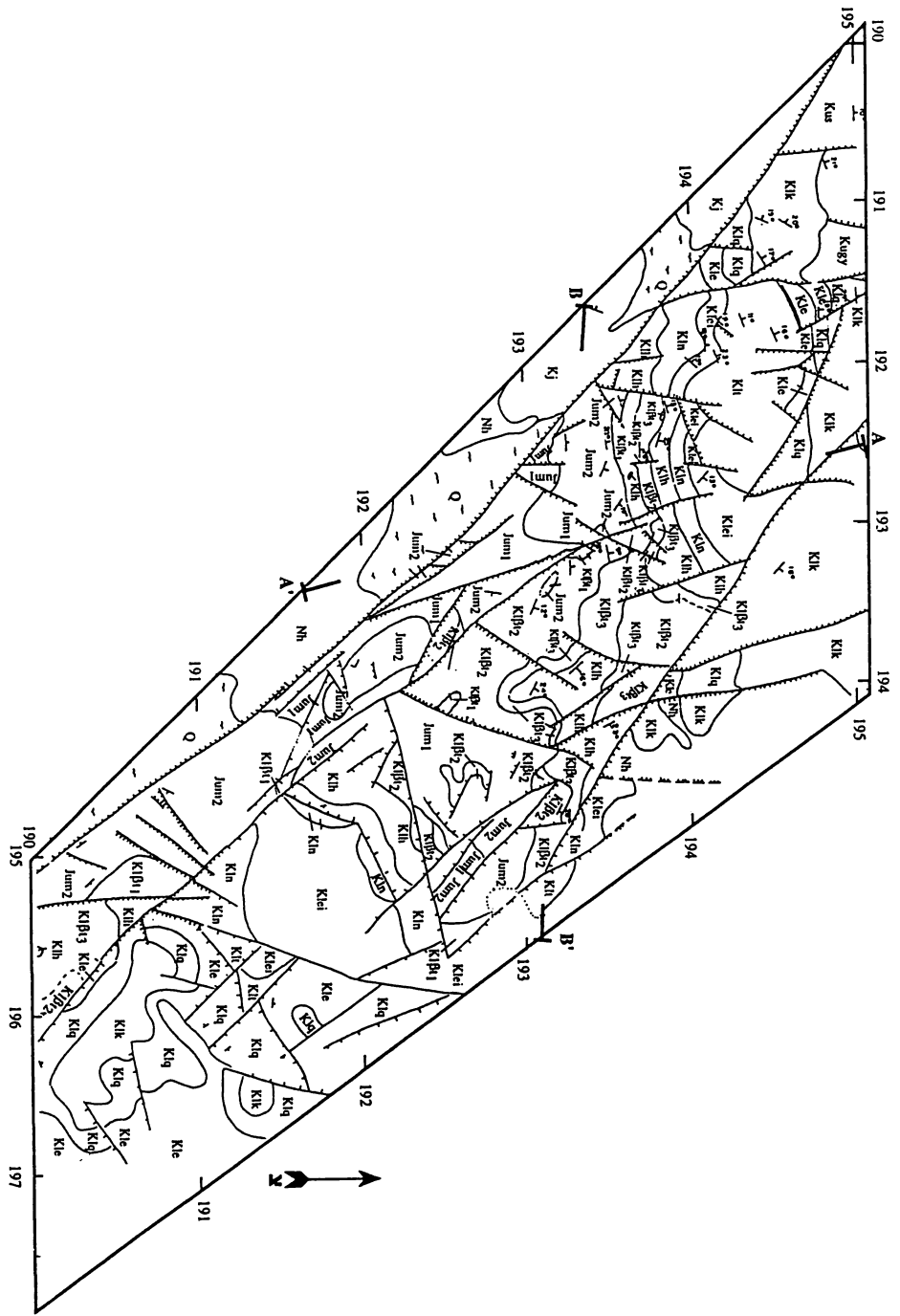
מטרת הסיור לסקור את הסטרטיגרפיה של חבורות ערד וכורנוב ואת חלקה התחתון של חבורת יהודה, בדגש על היחידה הוולקנית (תצורת תיאסיר) והטקטוניקה העתיקה. קביעות גיל רדיוגני של סלעי בזלת (Lang and Mimran, 1984), ובדיקות פלאומגנטיות (Baer and Mimran, 1993) מאפשרות לשחזר את קצב הפעילות הטקטונית העתיקה, את ההתפתחות הסטרוקטורלית של קמר הפריעה, ואף שופכות אור על בעית גיל הגבול: יורה-קרתיקון.

חבורת ערד

חבורת ערד נחשפת באזור ואדי אל-מליח בשטח שאינו עולה על 3 קמ"ר. עיקר המחשופים מרוכז בהורסט צר וארוך בכוון צפון מערב, שמרכזו בין ואדי א-לסם לבורג' אל-מליח (ציורים 2–5). (Rofe and Raffety, 1965) קראו ליחידה תצורת מליח וחלקו אותה לפרט תחתון ופרט עליון. סקל (1968) ערך חתך מפורט של תצורת מליח שבו אימץ את החלוקה שלהם.



ציור 1. מפת תחנות הסיור.

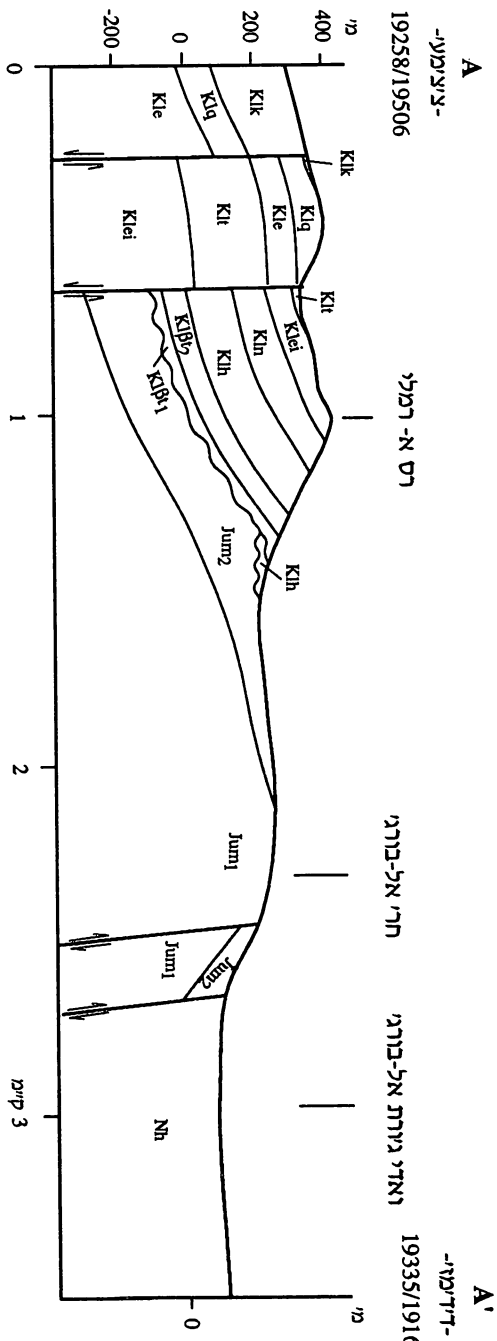


ציון 2. מפה גיאולוגית של אזור ואדי אל-מליח. למקרא ראה ציון 3.

סטריטיגרפיה כרונו -	סימול	עובי	מסלע	ליתוסטריטיגרפיה				
				תצורה	חברה			
ק ר ט י ק ו ן ת ח ת ו ן	אלבין אפסיון ?	Klk	152-178		כפירה	יהודה		
					Klq		83	קטנה
		Kle	58	עין קיניה				
		Klt	42	טמון				
			71					
			66					
	52							
	Klei	47	עין אל-אסד					
	Kln	86	נבי סעיד					
	"ניאוקוס"	Kln	120		חתירה	כורנוב		
					KIBt3		0-59	תיאסיר
					KIBt2		46-161	
Jum	Jum	122		מליח	ערד			
						Jum	71+	
יורה	קלובין (1) אוקספורדן		בסיס בלתי חשוף					

- | | | | |
|----------------------|------------------|-----------------------|--------------|
| Nh קונגלמרט נאוגני | צור | בולת אוליבין אלקלינית | דולמיט |
| Kj חבורת יהדה | אובולטים ברזליים | טוף | גיר |
| Kus תצורת שוק | מקרופאונה | פצלים | חוואר |
| Kugy תצורת גבעת יעים | מיקרופאונה | ריבוד צלב | אבן חול |
| | פלורה | | גיר אואוליטי |
| | אי התאמה | | |

ציור 3. חתך עמודי כולל של חבורות ערד, כורנוב ויהודה (חלק) בצפון השומרון.



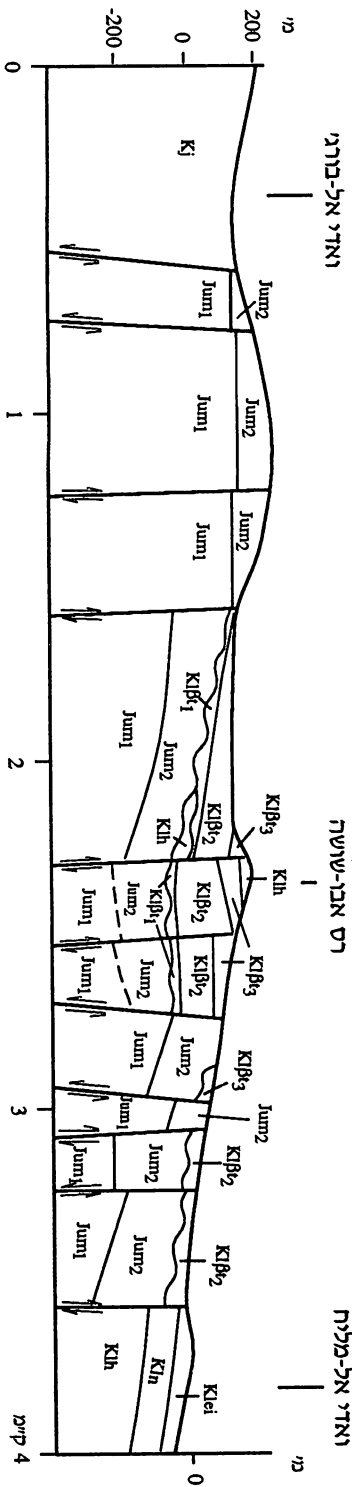
A
 -צ"מ/מ"ר-
 19258/19506

A'
 -ד"מ/מ"ר-
 19335/19165

צורך 4. חתך רווח גיאולוגי 'A-A' מואדי גורת אל בורגי לראס א-רמאלי. למקרא ראה צורך 3.

B
 -מ"ר-
 19164/19338

B'
 -מ"ר-
 19564/19304



צורך 5. חתך רווח גיאולוגי 'B-B' מואדי אל-מליח לואדי אל בורגי. למקרא ראה צורך 3.

הפרט התחתון – עוביו 71 מ' והוא בנוי גיר ביומיקריטי או ביוספריטי, קשה, מצוקי, אפור בשיכוב גס. הוא מכיל pellets ולעתים גם אינטרקלסטים, ומאובני אצות, סטרומטופורואידים, אלמוגים וקיפודים.

הפרט העליון – בעובי 122 מ', בנוי גיר דטריטי אואוליטי משוכב היטב בצבע צהבהב-אדמדם. שכבות ביניים של גיר חווארי וחוואר חום-צהוב מתרבות לקראת החלק העליון של החתך. בגג החתך שכבה של תרכיזי צור עדשתיים בצבע אדום-שחור. הפרט העליון עני בשרידי פאונה, וגם כאשר אלה נמצאים שימורם גרוע.

גיל וקורלציה – גיל תצורת מליח אוקספורדין (פרט ל-7 המטרים התחתונים שגילם עפ"י דרין קלובין). תצורת מליח שוות גיל, איפוא, לתצורות חלוצה ובאר שבע שבדרום הארץ.

חבורת כורנוב

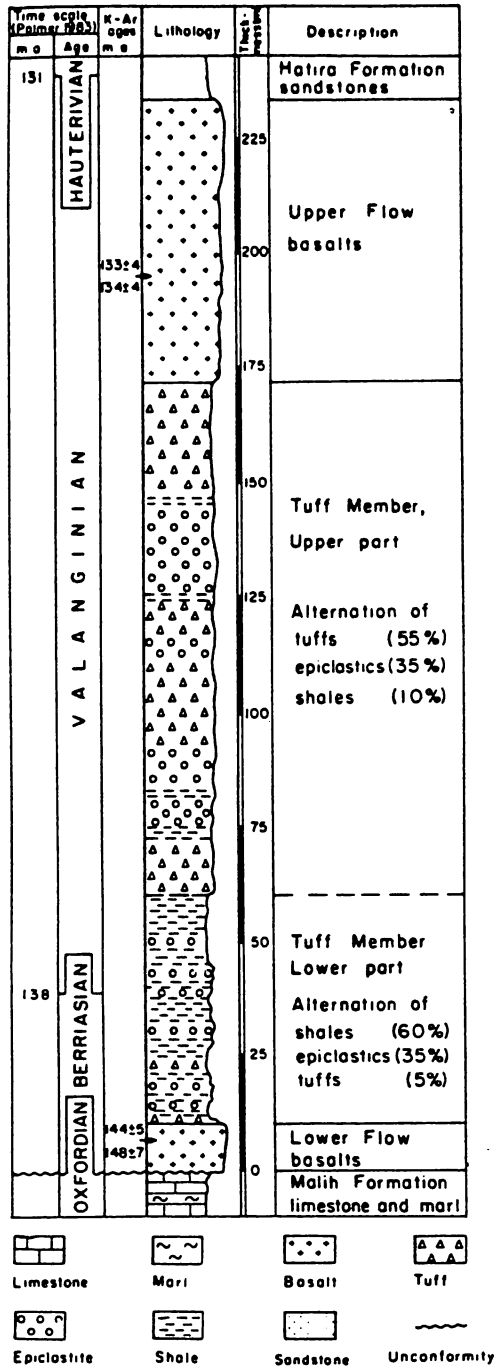
Tayasir Volcanics – היחידה הוולקנית

תאור מפורט של התצורה ניתן על ידי מימרן (1969) ו-Mimran (1972) והיא נחלקת לשלושה פרטים: פרט הקילוח התחתון, פרט הטופים ופרט הקילוח העליון (ציורים 3,6).

פרט הקילוח התחתון – מורכב מבזלת, בעובי 11 מ'. הטכסטורה פורפירית ולעתים נראה מבנה כרים (pillow structures). ההרכב המינרלוגי כולל פנוקריסטים של פלגיוקלוז (בעיקר ביטוניט), אוליבין, פירוקסן (איגירין-אוגיט) ואנלציט. המטריקס בנויה מינרלים דומים, בתוספת מינרלי בצר. על אף העובי הקטן של הקילוח, הוא נמצא כמעט בכל מקום בו בסיס התצורה נחשף.

פרט הטופים – עובי הפרט משתנה בין 41 ל-161 מ', והוא מורכב מטופים, אפיקלסטיים ופצללים. הטופים הטרוגניים, הם לרוב דקים עד גסי גרגר (1–2 מ"מ) ומכילים בזלת, זכוכית וולקנית, גבישי אוליבין ופירוקסן שבורים וכן גם שברי אבני גיר ופצללים. החומר הוולקני עבר אלטרציה חזקה לכלוריט ומינרלי חרסית ועל כן הוא בעל גוון ירקרק-אפרפר. במקומות, החלק התחתון מכיל בלוקים של בזלת מהקילוח התחתון ושל גיר יוראסי בגודל העשוי להגיע למטרים ספורים (תצלום 1). כאשר בלוקים כאלה נפוצים - הסלע מוגדר למעשה כברקציה פירוקלסטית. הסלעים האפיקלסטיים הינם חול בזלתי המורכב גרגרים בסדר גודל מילימטרי של חומר וולקני שעבר הרבדה מחדש במטריקס פצלי המכיל אוסטרקודה של מים ברקיים, מגיל Barremian–Hauterivian (Rosenfeld and Raab, 1984); תצלומים 2,3). הפצללים למינריים, מעט קרבונוטיים בצבע חום-ירקרק, ומכילים שרידי צמחים לימוניטיים, שלדים או דפוסים של דגים באורך המגיע עד 10 ס"מ, צפרדעים, סלמנדרות וחרקים.

הטיפוסים הליתולוגיים השונים מתחלפים בפרט הטופים אנכית ואפקית. היחידה נחשפת בראס אבו שושה כמעט במלואה בעובי 161 מ', ולכן נבחר המחשוף כחתך הטפוס



ציור 6. חתך עמודי של תצורת תיאסיר
(עפ"י Lang and Mimran, 1984).



תצלום 1. מסלע וולקנוקלסטי גס בבסיס פרט הטופים, תצורת תיאסיר, כולל בלוקים של גיר יוראסי ובזלת מפרט הקילוח התחתון. ראס אבו-שושה.

לתצורה. היחידה נחלקת כאן לחלק תחתון וחלק עליון (ציור 6). בחלק התחתון, שעביו 50 מ', שולטים המרכיבים הסדימנטריים. הפצלים מהווים 60%, המרכיבים האפיקלסטיים 35% והמרכיבים הוולקניים 5% בלבד. החתך ככלל משוכב דק, ובחלקו התחתון רק שתי שכבות של טוף וולקני "טהור".

החלק העליון של פרט הטופים שונה מהותית מהתחתון. כאן המרכיב הוולקני שולט ומהווה 55% מהסלע; המרכיב האפיקלסטי מגיע לשיעור 35% והפצלים 10% בלבד. גם תנאי ההרבדה שונים מבחלק התחתון וניתן להבחין ארבעה אירועי התפרצות.

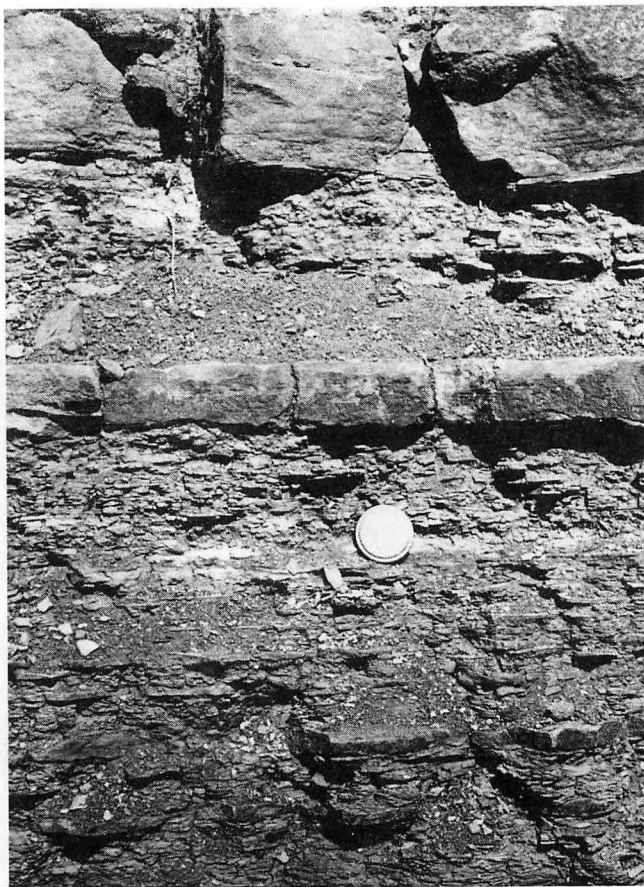
הליתופאצייס של פרט הטופים, על חילופי הפצלים והחומר הוולקני מאפיין הצטברות של חתך וולקנו-סדימנטרי טיפוסי (Peltz, 1972).

פרט הקילוח העליון – עביו נע בין 0–60 מ' והוא מורכב מבזלת "טריה" בטקסטורה פורפירית. הפנוקריסטים של פלגיוקלז (אוליגוקלז-אנדזין) לרוב באוריינטציה תת-מקבילה, אוליבין ופירוקסן (איגירין-אוגיט), בתוך מטריקס הבנוי מאותם מינרלים בתוספת אנלציט ומינרלי בצר (תצלומים 4,5).

בניגוד לקילוח התחתון, פרט הטופים והקילוח העליון מראים שינויי עובי חדים בין 220 מ' ל-40 מ'. שינויי העובי מתרכזים בעיקר בחלק הפצלי של הפרט התחתון, והם מיוחסים לפעילות העתקה שהתרחשה תוך כדי הצטברות התצורה (ציורים 7,8).

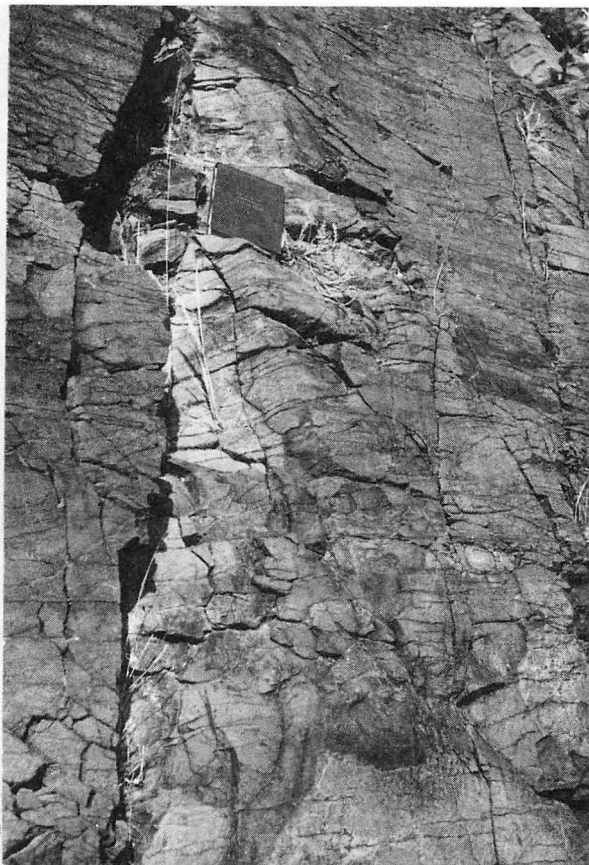


תצלום 3. טוף פיזוליטי, בחלק התחתון של פרט הטופים, תצורת תיאסיר. ראס אבו-שושה.



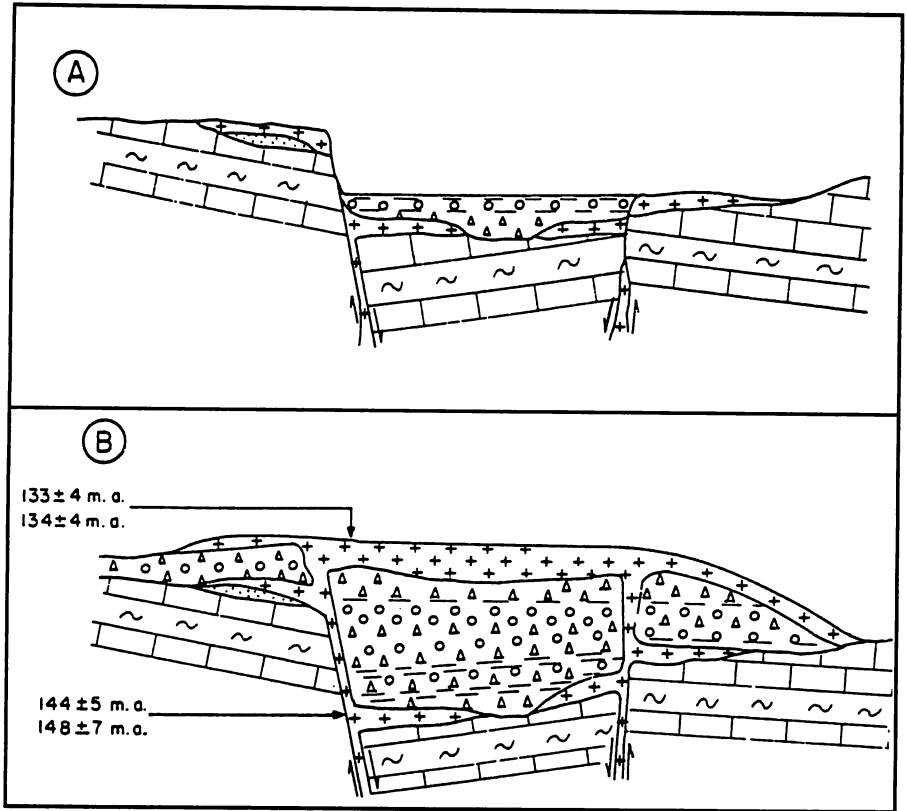
תצלום 2. חילופי פצלים וטופים בחתך הוולקנוסדימנטרי בחלק התחתון של פרט הטופים, תצורת תיאסיר. ראס אבו-שושה.

תצלום 4 (ימין). הופעה טיפוסית של פרט קילוח הבזלת העליונה, תצורת תיאסיר. ראס אבו-שושה.



תצלום 5 (למטה). מבט ממערב על החלק הצפוני של רכס הבורגי אל-מליח וראס א-רמאלי. החתך הנחשף כולל חילופי שכבות גיר וחואאר של חלקה העליון של תצורת מליח (Jum.), תצורת תיאסיר הכוללת פרט הקילוח התחתון ($KI\beta_1$), פרטי הטופים ($KI\beta_2$) והקילוח העליון ($KI\beta_3$) בעובי מצומצם ותצורות חתירה ונבי סעיד ($KIh+KIn$).





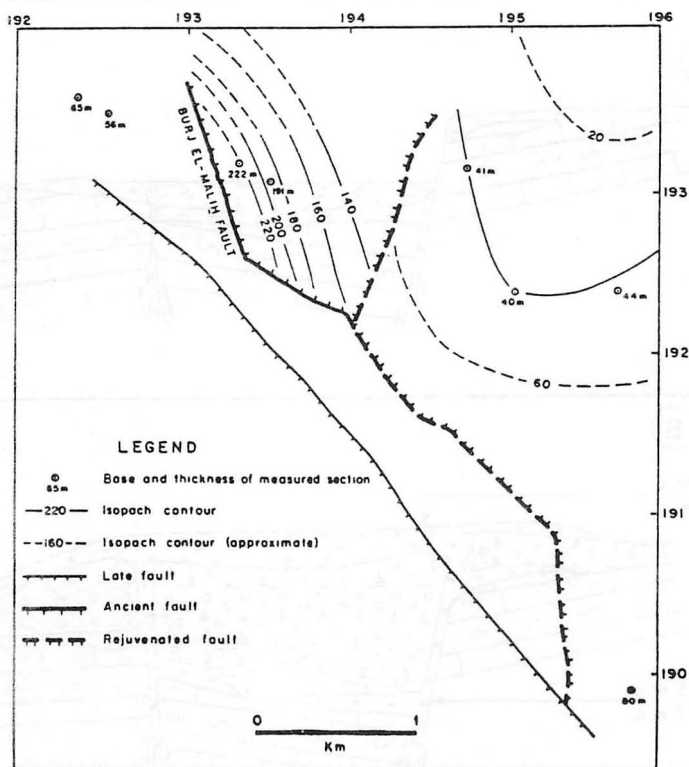
ציור 7. חתך רוחב גיאולוגי סכמטי המשחזר בשני שלבים הרבדת תצורת תיאסיר:

A – לאחר הרבדת החלק התחתון של פרט הטופים.

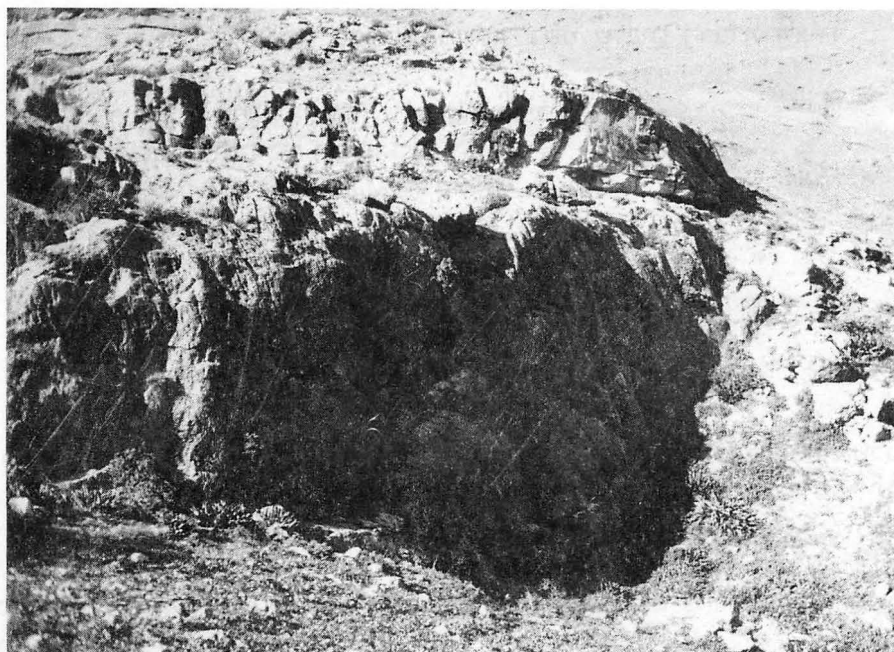
B – לאחר התפרצות קילוח הבזלת העליון.

למקרא ראה ציור 6. (Lang and Mimran, 1984).

גיל הפעילות הוולקנית – ארבעה מדגמים (שניים מכל קילוח) תוארכו בשיטת אשלגן-ארגון (Lang and Mimran, 1984). מיקום המדגמים ותוצאות קביעות הגיל מצויינים בציורים 6,7. ראוי להדגיש את הבדל הגילים בין שני הקילוחים, שנע בין 10–12 מליון שנה. ההבדל הינו גדול בהרבה מתחום הסטיה האנליטית, ומעיד על כן על משך הזמן שבו נרבדה תצורת תיאסיר. יש בפער הזמנים כדי להסביר הבדלים בהרכב הפלגיוקלזים ותכולת האשלגן בין שני הקילוחים.



ציור 8. מפת איזופך של תצורת תיאסיר.



תצלום 6. מישור העתק בגיר יוראסי בואדי אל-מיתה. ההעתק פעל בו זמנית לפעילות הוולקנית בקרתיקון התחתון המוקדם.

ההעתקה הקדומה

קביעות הגיל של קילוחי הבזלת מחד גיסא וההעתקה הבו-זמנית לפעילות הוולקנית שהכתיבה את שינויי העובי החדים מאידך גיסא, מאפשרים לקבוע את קצב ההסטה בהעתקים הקדומים (מגיל קרטיקון תחתון; ציור 8, תצלום 6). הקצב הממוצע ניתן לחישוב מאחר שמיחסים את השינויים החדים בעובי לתבליט המורפוטקטוני. ההבדל המירבי בעובי, של 180 מ' במהלך הרבדת תצורת תיאסיר במשך 10–12 מליון שנה מורה על קצב העתקה של 0.018–0.015 מ"מ/שנה.

פלאומגנטיזם

בתשעה אתרים נדגמו הקילוח התחתון והעליון של תצורת תיאסיר לצורך פלאומגנטיזם ובדיקת אפשרות רוטציה של בלוקים (ציור 9). ממוצע זווית הדקלינציה של הבזלות שנבדקו סוטה מהצפון המשוחזר לקרטיקון התחתון נגד כיוון השעון בשיעור של $22.6^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$ (Baer and Mimran, 1993). לשם השוואה נבדקו בזלות נאוגניות מ-6 אתרים באזור מרמא פיאד שבסמוך לבקעת הירדן מזרחית לואדי אל-מליח, ונמצא שאלו לא עברו כל רוטציה. Baer and Mimran (1993) הסיקו שקמר הפריעה התנהג כבלוק "עצמאי", שגבולותיו בצפון-מערב ובדרום-מזרח הם סלעי הקרטון של חבורת הר הצופים בשולי הקערים של שכס וסרטבה בהתאמה.

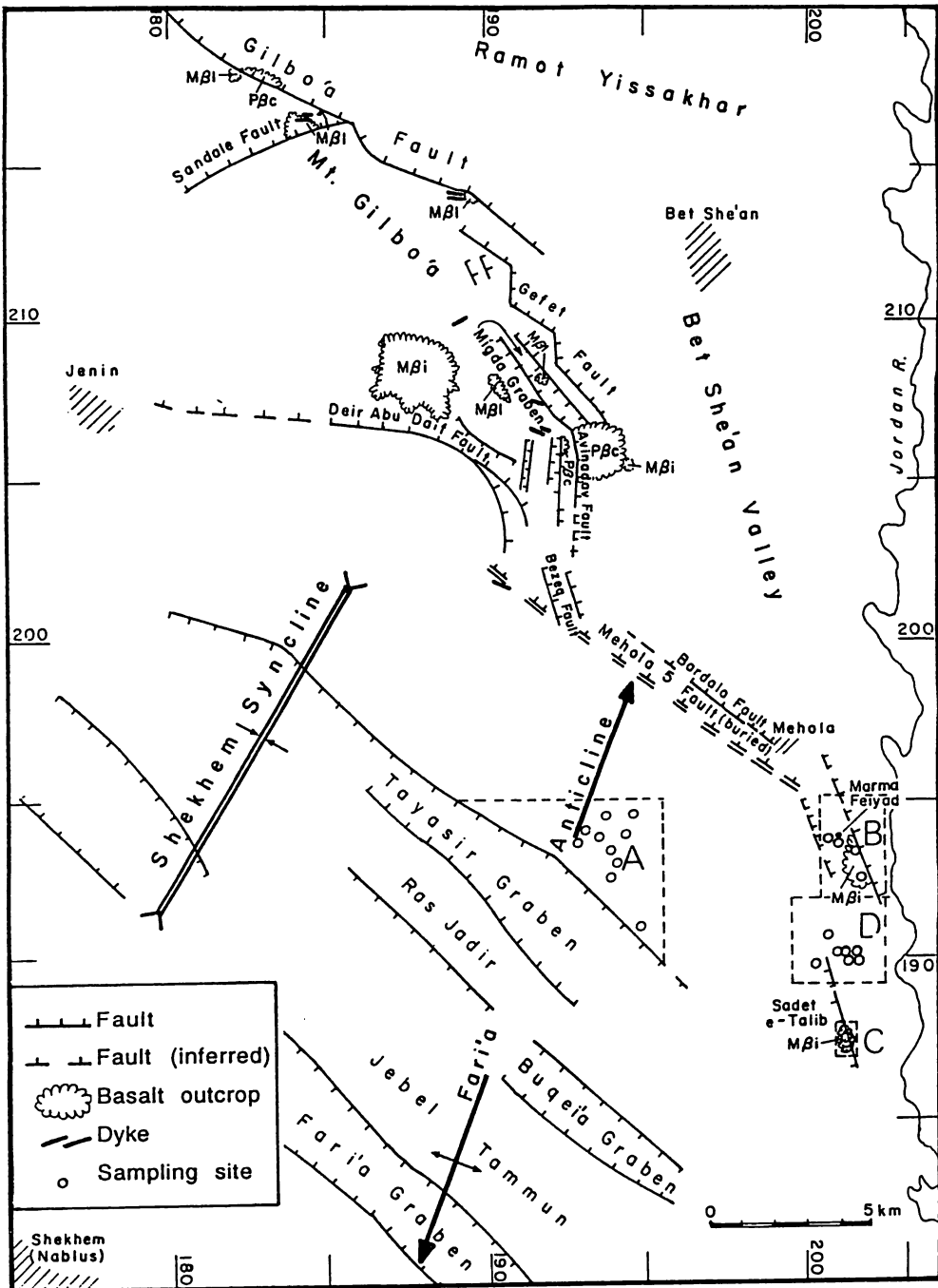
רוטציה של בלוקים בקמר תוך תזוזה ימנית על העתקים בין הבלוקים תואמת מבחינה טקטונית את התנועה האפקית השמאלית לאורך בקעת הירדן. על מנת לאשש את המודל יש להשלים בדיקות פלאומגנטיות של רצף סלעי המשקע הבונים את הקמר. לפי שעה מתבסס המודל על בדיקה מדוקדקת של סלעי הבזלת מגיל קרטיקון תחתון ונאוגן בלבד (ציור 10).

גבול יורא-קרטיקון

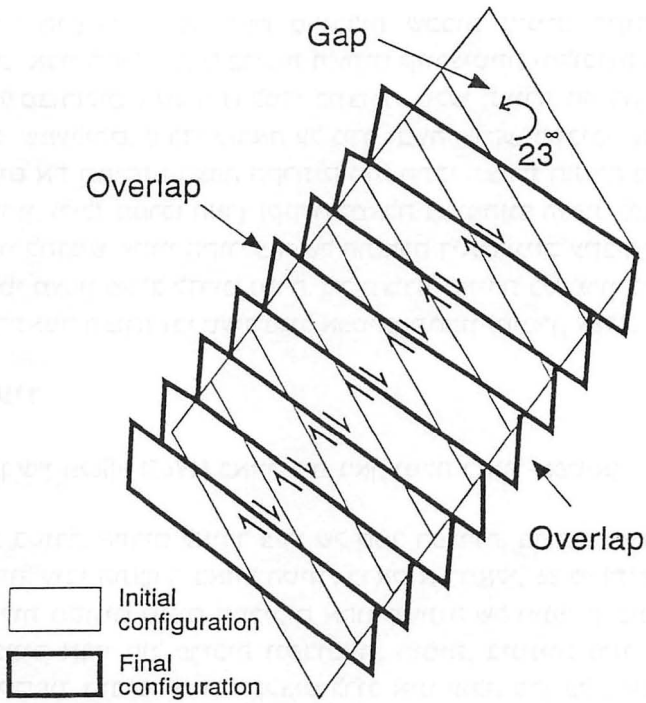
תצורת תיאסיר מונחת לרוב ישירות באי התאמה על חבורת ערד היוראסית. במחשוף אחד נמצא קילוח הבזלת התחתון של התצורה מונח על אבן חול אשר ניתן להניח כי היא שייכת לחבורת כורנוב, שגילה קרטיקון תחתון. צרוף יחסי השדה וקביעת הגיל המוחלט של הקילוח התחתון תורם מידע חשוב לבעיית הגיל המוחלט של גבול יורא-קרטיקון. בשתי טבלאות גיל מוחלט שפורסמו באחרונה נקבע כדלהלן: Palmer (1983) קבע גיל של 144 ± 5 מליון שנה לגבול יורא-קרטיקון, ו-Kennedy and Odin (1982) הציעו גיל של 130 ± 3 מליון שנה לאותו גבול. הגילים שנקבעו בשומרון לקילוח התחתון, תומכים על כן בקביעת הגיל של Palmer (1983) לאיזור המזרח התיכון לפחות.

תצורת חתירה

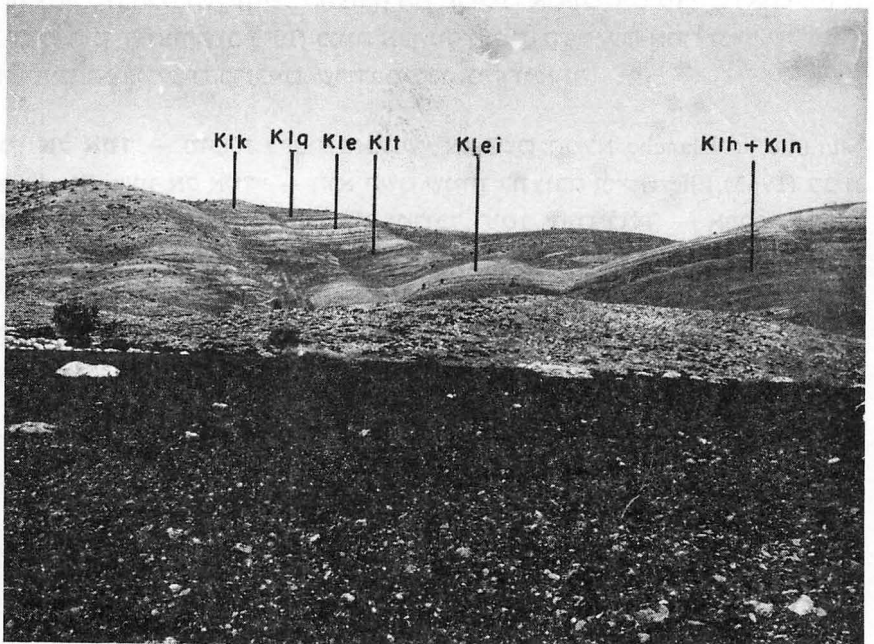
תצורת חתירה נחשפת באזור הציר של קמר הפריעה ברכסי הר כביר, הר טמון וראס ג'דיר, ובאזור הסיור בראס א-רמאלי (תצלום 5). עובי התצורה 120 מ' והיא בנויה אבני



ציור 9. מפת האלמנטים הסטרוקטורליים העיקריים בצפון השומרון ובגלבע, עם סימון נקודות הדגימה של בזלות לאנליזה פלאומגנטית. התחום המסומן ב-A מציין את 10 נקודות הדגימה של בזלות מתצורת תיאסיר. B, C, ו-D אתרי וולקניזם נאוגני. (על פי Shaliv et al., 1991).



ציור 10. מודל רוטציה של בלוקים כפי שהוצע למבנה הפריעה (Baer and Mimran, 1993).



תצלום 7: החתך הנחשף ברכס ראס א-רמאלי – ערק אל-מוברה. החתך כולל תצורות חתירה ונבי סעיד, (K!h+K!n) (חבורת כורנוב) ועין אל אסד (בלנש) (K!ei), טמון (K!t), עין קיניה (K!e), קטנה (K!q) וכפירה (K!k) (חבורת יהודה).

חול, בצבעי סגול-חום-צהוב. פה ושם מרובדות שכבות ביניים דקות של סילט ומיקרוקונגלומרט. אבני החול לעתים פריכות ולעתים קוורציטיות ומלוכדות היטב. שרידי עצים מאובנים ("מבורזלים") שכיחים למדי בתצורה. סלעי תצורת חתירה, עם אלו של תצורת נבי סעיד שמעליהם, נרבדו כנראה על מדף יבשה שוקע, בסביבה אסטוארינית-יבשתית, ומציינים את תחילת ההצפה הקרטיקונית. חתכי תצורת חתירה מוכרים היטב מצפון (לבנון, חרמון, גליל), ממרכז הארץ (קידוח רמאלה 1), ומהנגב הצפוני (מכתשי חתירה וחצרה). מן הראוי להדגיש שקווי הקורלציה של התצורה דיאכרוניים עקב תהליך ההצפה הקרטיקוני האיטי מצפון מערב לדרום מזרח. גיל תצורת חתירה בשומרון ברמיאן כאשר מעליה מונחת בהתאמה תצורת נבי סעיד מגיל אפטיאן תחתון (מימון, 1969).

תצורת נבי סעיד

שם התצורה ניתן ע"י Eliezri (1965) באזור בית ג'אן, וגילה באזור-אפטיאן.

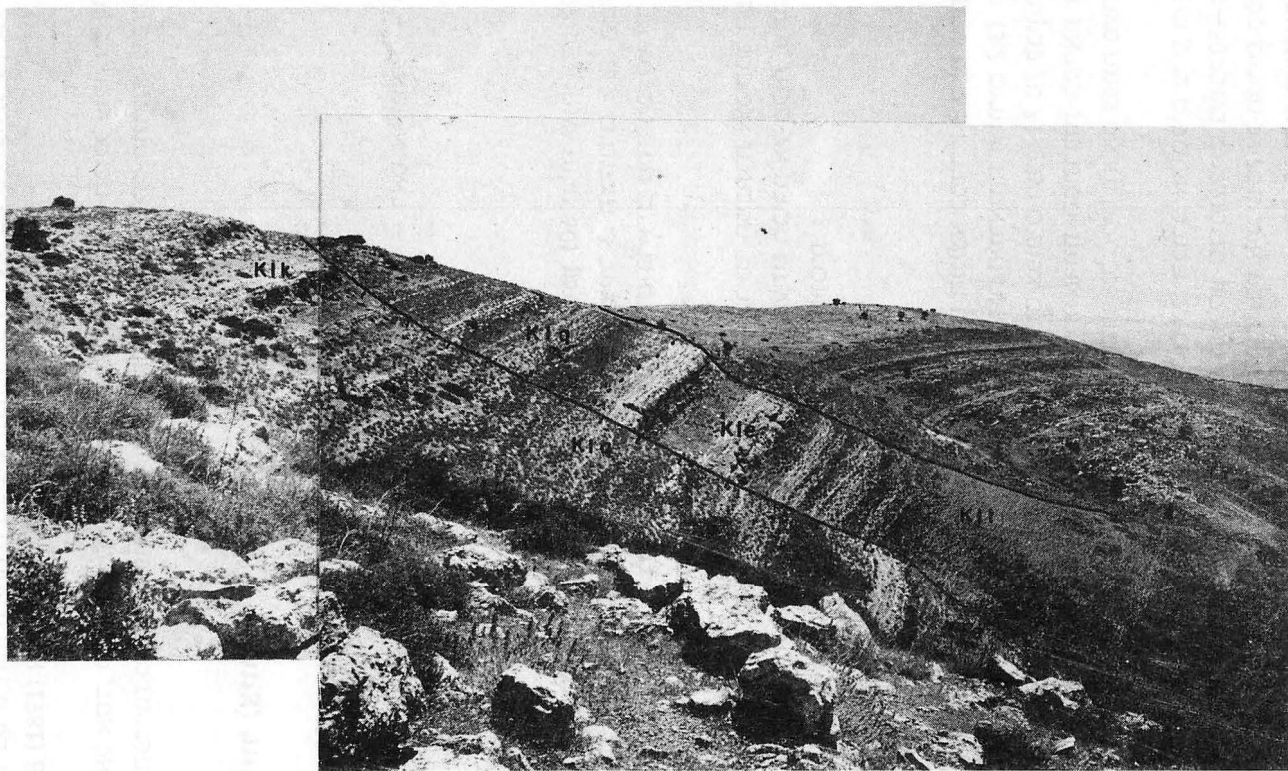
התצורה נחשפת בשורת אתרים לאורך צירו של קמר הפריעה, בדומה למחשופי תצורת חתירה – מתחתה. עובי התצורה באזור הסיור, בראס א-רמאלי, 86 מ' (תצלום 7), והיא בנויה גירים וחולות מסוגים שונים המכילים אחוז משתנה של חומר קרבונטי. כמחצית חתך התצורה בנויה אבני חול פריכות ונקבוביות, חומות, בינוניות גרגר, בעלות מיון והתעגלות בינוניים עד טובים. אחוז הקלציט לרוב אינו עולה בהן על 10%, ובמקומות מופיעים שרידי רכיכות בשימור גרוע. כ-40% מהחתך בנויים אבני חול גיריות ואבני גיר חוליות בגוונים חומים שבהן אחוזי הקרבונט והחול דומים. הסלעים עשירים לרוב בשרידי פאונה מקולצטים, ובחלק העליון של התצורה הם מכילים אואוליטים גיריים ואובוליטים ברזליים. יתרת חתך התצורה (כ-10%) בנויה אבן גיר חומה, קשה, עם אחוז נמוך של גרגרי קוורץ דטרטיים ואובוליטים ברזליים, שרידי מיקרו ומקרופאונה.

תצורת עין אל אסד – מוכרת כ"צוק הבלנש" או בשם המלא Muraille de Blanche (Heybroek, 1942). "עין אל אסד" – הוא השם שניתן לתצורה ע"י Eliezri (1965) בבית ג'אן. התצורה בנויה גיר סובליתוגרפי צפוף ומלוכד היטב, חום בהיר – אפרפר. עוביה באזור כ-40 מ' והיא יוצרת צוק בולט בנוף (תצלום 7). טיפוס מסלע שני הוא גיר דמוי תרכיזי-דטריטי, אפור בהיר ורך יותר, המופיע בשכבות ביניים דקות. כתמי לימוניט ולימוניטיזציה של מאובנים מלווים את כל החתך, וכמו כן נפוצות תופעות קלציטיזציה של מאובנים, עורקי קלציט וסטילוליטים.

"צוק הבלנש", המוכר היטב ממתלול מנרה, מגרבן הפריעה (נחל תרצה) וממחשופים נוספים, שומר על ייחודו המורפולוגי ברוב המחשופים באזור ואדי אל-מליח. Reiss (1961) קבע את גיל התצורה בגליל כאפטיאן תיכון על סמך המאסף המיקרופאונטי בכלל ובמיוחד על סמך המצאות האצה Hensonella.

הערות סטרטיגרפיות

תצורת עין אל אסד פותחת למעשה סדרה בת מאות מטרים של חתך קרבונטי, אשר בו שולטים בהמשך סלעי גיר ודולומיט – חבורת יהודה. ר. פרוינד (דברים בע"פ, 1969) הציע



תצלום 8: חתך תצורות טמון (K1t), עין קיניה (K1e), קטנה (K1q) וכפירה (K1k) (חלק תחתון) ברכס עירק אל-מוברה.

"להוריד" את בסיס חבורת יהודה מבסיס תצורת כפירה אל בסיס תצורת עין אל-אסד
-1 Bartov et al. (1981) אמנם אמצו זאת כגבול.

תצורות עין אל אסד, טמון, עין קיניה וקטנה (תצלום 8) שעוביין הכולל עולה על 400 מ'
באזור קמר הפריעה מהוות איפוא על פי החלוקה דלעיל את חלקה התחתון של חבורת
יהודה.

תחנות הסיור (ציור 1)

תחנה 1. נ.צ. 1915/1928

תצפית מכביש מחולה-תיאסיר לכוון רכס בורג' אל-מליח – ראס א-רמאלי – עירק
אל-מבורה.

מטרת התצפית כפולה:

א. הכרת חתך סטרטיגרפי רצוף בין קלובין עליון-קנומן (60 מליון שנה!) הכולל את
חבורת ערד, חבורת כורנוב וחלק מחבורת יהודה (ציור 3, תצלומים 8,7). העתקים
רבים חוצים את הרכס הנצפה, אולם אופקים מנחים ברורים מסייעים לשחזר חתך
מלא ורצוף.

ב. הכרת מערכת ההעתקים הנאוגנית בכוון צימעי' – דרימז' המבתרת את קמר הפריעה
(ציור 9). מערכת ההעתקים מיוצגת בתחנה זו ע"י העתק הבורג' אל-מליח, שההסטה
האנכית עליו עולה על 1000 מ' והיא הגדולה ביותר המוכרת.

א. סטרטיגרפיה

חבורת ערד – תצפית לכיוון מז'דרימז' אל ואדי א-לסם הנמצא במרחק 3 ק"מ מהתחנה.
בואדי א-לסם נחשף החלק הקדום ביותר של תצורת מליח היוראסית (ציורים 3,2). נבדיל
בין הפרט התחתון היוצר נוף של צוקים ודרגשים אפורים צפופים ועביו 71 מ', לבין הפרט
העליון הבנוי גיר משוכב היטב עם שכבות ביניים חוואריות המתרבות לקראת חלקו
העליון ועביו הכולל 122 מ'. החלק העליון נחשף מן הבורג' אל מליח והלאה צפונה מערבה.

תצורת תיאסיר – חתך הסלעים הוולקניים בנוי ברכס הבורג' אל-מליח פרט הקילוח
התחתון המפותח במלואו, מפרט הטופים והסלעים הוולקנו-סדימנטריים בעובי 50–60 מ'
שכאן הם בגוונים אדום-צהוב, ומפרט הקילוח העליון שעביו אינו עולה על מטרים ספורים,
ולעתים אף נעדר לחלוטין (תצלום 5). לעובי המצומצם של תצורת תיאסיר משמעות רבה
בניתוח פזת ההעתקה הקדומה, כפי שיובהר בהמשך.

תצורות חתירה ונבי סעיד, – נחשפות בראס א-רמאלי ועביין הכולל 206 מ' (ציור 3,
תצלום 5). ההבדל בין התצורות אינו ניכר מנקודת התצפית מאחר שכל משמעותו הוא
צמנטציה קרבונטית של החולות בתחילתה של החדירה הימית האפטיאנית עם הרבדת
תצורת נבי סעיד.

תצורת עין אל אסד – היא "צוק הבלנש" נראית בראש ראס א-רמאלי וניתן לעקוב אחריה בקלות לכוון צפון מערב (אל רכס עירק אל-מוברה) תודות לצוק הבולט שהיא יוצרת בנוף (תצלום 7).

תצורות טמון, עין קיניה, קטנה – עביין הכולל עולה על 400 מ' וניתן להבחין בהן בבירור מנקודת התצפית (תצלומים 7,8). תצורת טמון בנויה בעיקרה סלעים רכים. שני צוקים בולטים בנוף מאפשרים לזהות את תצורת עין קיניה. מעליה תצורה קטנה הבונה שוב נוף רך, ומעל דרגשי גיר ודולומיט רצופים הבונים את תצורת כפירה.

ב. מערכת ההעתקים הנאוגנית צפ'מע' – דר'מז'

קטע באורך כ-5 ק"מ של העתק השייך למערכה זו נצפה מתחנה 1 (ציור 2). ההעתק יוצר מתלול מורפולוגי ברור, ההסטה האנכית עליו באזור הבורג' אל-מליח עולה על 1000 מ' (ציור 4) והוא מבדיל בין ההורסט של המליח לבין גרבו תיאסיר. הגרבו ממולא בחלקו בקונגלומרט אום סבונה שהוא פולימיקטי, בעל מיון גרוע ומכיל באזור חלוקים מחבורות ערד, כורנוב, יהודה, הר הצופים ועבדת. ההעתקים בני מערכה זו החלו להתפתח במיוקן התיכון תוך כדי התפרצויות וולקניות של הבזלת התחתונה באיזור בית שאן. הם פעלו מחדש במיוקן העליון בו-זמנית להתפרצויות הבזלת התיכונה (Shaliv et al., 1991).

בנסיעה מזרחה של כ-400 מ' מתחנה 1 לכוון תחנה 2, נעבור דרך מחשוף כביש יפה של קונגלומרט אום סבונה.

2 תחנה

הליכה נוחה למרחק של קילומטר אחד בכל כוון (ציור 1). נקודת המוצא למרגלות הבורג' אל-מליח, נ.צ. 1934/1926, וההליכה לכוון צפון מערב בשביל עפר לאורך השיפולים המזרחיים של רכס הבורג' אל-מליח, במקביל לואדי אל-מיתה. החזרה לכביש לאורך אפיק ואדי אל-מיתה. מטרת ההליכה לבחון מקרוב חתך מלא של תצורת תיאסיר, מישור העתק שפעל בקרתיקון התחתון, והיחס בין ההעתקה לפעילות הוולקנית.

סטרטיגרפיה

בראס אבו שושה, שעליו נצפה ממערב, נמצא החתך הטיפוסי של תצורת תיאסיר. החתך כאן מופיע בעובי מלא המגיע ל-230 מ' (ציור 6).

פרט הקילוח התחתון נראה בואדי אל מיתה במחשוף טורי. הוא בנוי בזלת ועוביו 11 מ'. בחלקו התחתון של פרט הטופים נראים בלוקים גדולים עד מספר מטרים, של בזלת וגיר יוראסי. מדובר איפוא בברקציה וולקנית (תצלום 1). מעל לחלק זה נבחין בחילופין של שכבות פצלים וטוף (תצלום 2), ובחלק העליון טוף וולקני הנעדר כמעט לחלוטין שכבות פצלים. עובי הפרט בחתך המלא 161 מ'. פרט הקילוח העליון בעובי מירבי של 60 מ' והוא בנוי בזלת (תצלום 4). הוא נראה בשליש העליון של ראס אבו-שושה, ועליו מונחות שכבות אבני חול מגוונות של תצורת חתירה.

העתקה קדומה

בואדי אל-מיתה נחשף מישור העתק נורמלי הנטוי 60° מעלות למז'צ'מז' (תצלום 6). מישור ההעתק חוצה כאן אבן גיר יוראסית מהפרט העליון של תצורת מליח. ההעתק הינו חלק ממערכת העתקים קדומה שהיתה פעילה בזמן הצטברות פרט הטופים של תצורת תיאסיר. מספר העתקים כאלה זוהו על פי ההבדלים החדים בעובי תצורת תיאסיר. כלומר, ההעתקים היו אחראיים ליצירת תבליט מורפוטקטוני שעליו הצטברו הסלעים הוולקניים. הפעילות על חלק מהעתקים אלה הסתיימה בקרתיקון התחתון המוקדם ולכן הם אינם מסיטים אבני חול של תצורת חתירה. על חלק אחר של ההעתקים התרחשה פעילות מחודשת. ציור 8 מציג מפת איזופך של תצורת תיאסיר ומודגשים בו ההעתקים הקדומים.

מספר תצפיות מצביעות על העובדה שהעתק למרגלות הבורג' אל-מליח היווה מקור התפרצות עיקרי של הסלעים הוולקניים:

א. נטיות ראשוניות של הטופים מההעתק והלאה מזרחה בבלוק של ראס אבו-שושה ומערבה בבלוק המוגבה של הבורג' אל-מליח.

ב. טופים בצבע אפור כהה-חאקי בקרבת ההעתק, וטופים אדמדמים-צהבהבים הרחק ממנו.

ג. המצאות ברקציה וולקנית גסה ביותר, עם בלוקים של בזלת תחתונה וגיר יוראסי עד מספר מטרים בבסיס החתך של פרט הטופים בואדי אל-מיתה.

ד. הדקקות פרט הטופים והקילוח העליון בבלוק המורד מההעתק מזרחה ועובים הדק על הבלוק המוגבה.

ה. גיל הקילוח התחתון 144 מיליון שנה וגיל העליון 134 מיליון שנה (הגילים נקבעו בשיטת אשלגן-ארגון).

דיון

שילוב תצפיות השדה בתחנות 1 ו-2 מאפשר תאור מפורט של האירועים הוולקניים והטקטוניים בראשית הקרתיקון בצפון מזרח השומרון. הקילוח התחתון זרם על מישור אי התאמה שגדע גירים של תצורת מליח מגיל אוקספורדין. במחשוף אחד, לא הרחק מערבה מתחנה 2, מונח הקילוח התחתון על אבני חול של תצורת חתירה (ציורים 2, 4, 5, 7). מכאן שגיל הקילוח התחתון הוא גם הגיל המוקדם ביותר שנקבע לקרתיקון התחתון. גיל זה מאושש על ידי פאונה של אוסטרקודה וצפרדעים שנמצאה בפצלים האגמיים המרובדים בין שכבות הטופים. בחלקו התחתון של חתך הטופים שולטות שכבות פצליות ובחלקו העליון יחידות וולקניות. דבר זה מעיד על התגברות הפעילות הוולקנית עם הזמן. קצב ההעתקה שהתרחשה תוך כדי הפעילות הוולקנית (והבאה לידי ביטוי בהבדלים בעובי החתך משני צידי ההעתק הקדום של הבורג' אל-מליח), ניתן לחישוב. הבדל העובי המירבי משני צידי ההעתק מתיחס לטווח זמן של 10-12 מיליון שנה, ועל פי זה קצב ההעתקה הממוצע $0.015-0.018$ מ"מ/שנה.

תחנה 3 נ.צ. 1941/1927

התחנה נמצאת במפגש כביש ואדי מליח עם המדרון הדרומי של ראס אבו-שושה. ניתן לבחון בסמוך לכביש מחשוף של פרט הטופים, ומעליו קילוח הבזלת העליון של תצורת תיאסיר.

תחנה 4 נ.צ. 1948/1930

זהו מחשוף חדש שנוצר כתוצאה מהרחבת כביש ואדי אל-מליח המציג חלק מאבני החול של תצורת חתירה. אבני החול בגוונים שונים, סגול, חום, צהוב, בחלקן מלוכדות היטב ובחלקן פריכות למדי.

תחנה 5 נ.צ. 1983/1929

מחשוף תצורת עין אל-אסד (צוק הבלנש) במקום בו ואדי אל-מליח פונה בזווית ישרה צפונה. העתק נורמלי קטן אך "פוטוגני" מסיט את המצוק במספר מטרים ומציג "סחיבה" של שכבות הגיר התרכיזי של החלק התחתון של תצורת טמון מעל המצוק.

ספרות

מימרן, י., 1969. הגיאולוגיה של אזור ואדי אל-מליח. עבודת גמ' לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 68 ע'.

סקל, ע., 1968. היורה של ואדי מליח. דו"ח המכון הגיאולוגי, D/5853, 14 ע'.

Baer, G. and Mimran, Y. 1993. Paleomagnetism and structural history of the Fari'a anticline, eastern Shomeron. Geol. Surv. Isr. Curr. Res. vol. 8, pp. 58-61.

Bartov, Y., Arkin, Y., Lewy, Z. and Mimran, Y. 1981. Regional stratigraphy of Israel, a guide for geological mapping. Geol. Surv. Isr.

Eliezri, I.Z. 1965. The geology of the Bet-Jann region (Galilee, Israel). Isr. J. Earth Sci, vol. 14, pp. 51-66.

Heybroek, F. 1942. La geologie d'une partie du Liban sud. Leidsche Geol. Ned. Afl. 2, pp. 251-470.

Kennedy, W.J. and Odin, G.S. 1982. The Jurassic and Cretaceous time scale in 1981, in Odin, G.S., ed. Numerical Dating in Stratigraphy, vol. I. Belfast, The Universities Press, pp. 557-592.

Lang, B. and Mimran, Y. 1984. An Early Cretaceous volcanic sequence in central Israel and its significance to the absolute date of the base of the Cretaceous. Jour. of Geology, vol. 93, pp. 179-184.

- Mimran, Y. 1972. The Tayasir Volcanics: a Lower Cretaceous Formation in the Shomeron, central Israel. *Isr. Geol. Surv. Bull.* 52, 9 p.
- Palmer, A.R. 1983. The decade of North American geology. 1983 geologic time scale: *Geology*, vol. 11, pp. 503–504.
- Peltz, S. 1972. Quelques considerations sur la nomenclature et la classification des pyroclastites: *Bull. Volcanologique*, vol. 45, pp. 295–302.
- Reiss, Z. 1961. Lower Cretaceous microfacies and microfossils from Galilee. *Gull. Res. Counc. of Israel*, vol. 106, pp. 223–242.
- Rofe and Raffety, Consulting Engineers Ltd. 1965. Nablus District Water Resources Survey, Geological and Hydrological Report. Hashemite Kingdom of Jordan, Central Water Authority.
- Rosenfeld, A. and Raab, M. 1984. Lower Cretaceous Ostracodes from Israel and Sinai: *Isr. j. Earth Sci.* vol. 33, pp. 85–134.
- Shaliv, G., Mimran, Y. and Hatzor, Y. 1991. The sedimentary and structural history of the Bet She'an area and its regional implications. *Isr. J. Earth Sci.* vol. 40, pp. 161–179.

חלק ב. השפעות פעילות ניאוטקטונית על התפתחות הנוף במרכז בקעת הירדן

שמואל בילצקי

מטרת הסיור היא להדגים השפעות עיוות ניאוטקטוני אנכי על תופעות מורפולוגיות בבקעת הירדן.

באזורים פעילים טקטונית העיוות של משקעים יבשתיים צעירים מסתכם לעיתים בתזוזות מקומיות (שהן חלק מעיוות כללי גדול יותר) של סנטימטרים בודדים, בקימוט או הטייה של 1–2 מעלות, ולכן לרוב אינו ניתן להבחנה בשיטות שדה גיאולוגיות.

התקדמות בהבנת אופי אוניברסלי של תהליכים גיאודינאמיים, צעירים ועכשוויים, והכרה בחשיבותם המעשית, הביאו לחיפוש מתמשך אחרי עדויות לתזוזות ניאוטקטוניות. קושי בזיהוי עדויות כאלה באמצעים המקובלים במחקר הגיאולוגי הביא לגילוי קשר בין תזוזות קרום צעירות ותהליכים גיאומורפיים (Wallace, 1986), ולפיתוח גישות המתבססות על קריטריונים מורפולוגיים ועדויות עקיפות מסוגים שונים. מבין אלה צורות הנוף (landforms) נמצאו רגישות ביותר לשינויים טקטוניים, וניתוחן מאפשר הערכה של קצב, סגנון ודגם של טקטוניקה פעילה, שאינה מתאפשרת בגישות אחרות. לכן המחקר בתחום גיאומורפולוגיה טקטונית הומלץ כאמצעי יעיל ביותר לניתוח תהליכים טקטוניים פעילים (Wallace, 1986).

באזור הנתון לתנועות ושינויים טקטוניים משמעותיים פעילות זו תמצא ביטוי בתהליכי יציוב נוף ותשאיר רישומים ועקבות במאפיינים גיאומטריים, טופולוגיים וסדימנטולוגיים של התבליט. האינטראקציה שבין הכוחות והתנועות הטקטוניים לבין הפעילות וההתפתחות המורפולוגית נידונה בספרות ענפה, אף הוצעו מאפיינים ושיטות לזיהוי וכימות התופעות (לביבליוגרפיה ראה: Morisawa and Hack, 1985; Baker et al., 1992).

תנועת ההסטה האופקית השמאלית המצטברת בבקע מאז הניאוגן כ-100 ק"מ והיא נמשכת, כפי הנראה, בפלייסטוקן, בהולוקן ועד היום (Garfunkel et al., 1981). תנועה זו לוותה בבקעה בתזוזות אנכיות וברוטציה של הבלוקים השונים.

בקעת הירדן היא שקע עמוק הממולא בסדימנטים פליו-פלייסטוקניים. אלה מכוסים במשקעים אגמיים של תצורת הלשון ועליהם משקעים קלסטיים הולוקניים שחלקם התחתון תואם את 'פרט פצאלי' (Horowitz, 1979) ואת 'תצורת דמיה' (Abed, 1985). אלה

הם בעיקר משקעים דקי גרגר של משטחי הצפה ושקיטה, שמקומית ממלאים תבליט במשקעי תצורת הלשון. החלק העליון כולל משקעים גסים, לרוב של נחלים, מניפות ואונות בלית. המשקעים הצעירים יוצרים משטח מורפולוגי (העיור) בבקעת הירדן. במשטח זה התפתחה רשת הידרוגרפית ענפה, עם נהר ראשי- הירדן, המנקז את הבקעה לאורכה, תוך יצירת מישור הצפה (הזור) צר יחסית – כ-1 ק"מ. תלילות הגדות וגובהן (כ-30–40 מ') מעידים כי התחתרות הירדן היא אנכית בעיקרה, ומוסברת בגרדיאנט הכללי התלול, התואם נהר בעל כח ארוזיבי ניכר (Schattner, 1962). בין מישורי הזור והעיור, בעיקר באזור הצפוני, נמצאו שרידי מישור הצפה קדום ("טרסת ביניים", על פי Nir and Ben Arie, 1965).

במשטח הבקעה מתגלים רישומי של השלב הצעיר ביותר של העיוות, ברובו הולוקני, המסתכם בהסטה אופקית כדי עשרות מטרים ואנכית אף פחותה מזה. אף שבמחקרים נאוטקטוניים לאורך הבקע מודגשות לרוב תנועות אופקיות, הזוכרו גם מבנים בעלי רכיב תנועה אנכי הצעיר ממשקעי הלשון, לרוב של שבירה וקימוט בסדר גודל של מספר מטרים. [Quenell (1956); Bender (1974); Weissman (1968); Garfunkel et al, (1981); Koucky and Smith (1986); Gardosh et al., (1990); Reches and Hoexter (1981); Macumber and Head (1991)].

מאחר שהחשיפה אינה טובה ופני השטח והמבנה הפנימי של השכבות מכוסים על ידי קרומי שטח עליון, אבק ושטיפה, לחקר תכונות גיאומורפולוגיות חשיבות רבה במחקר הניאוטקטוני של הבקעה. נמצא כי מאפייני התהליכים הטקטוניים משתקפים ומתגלים בנתונים גיאומורפולוגיים וסדימנטולוגיים של משקעי מילוי הבקע.

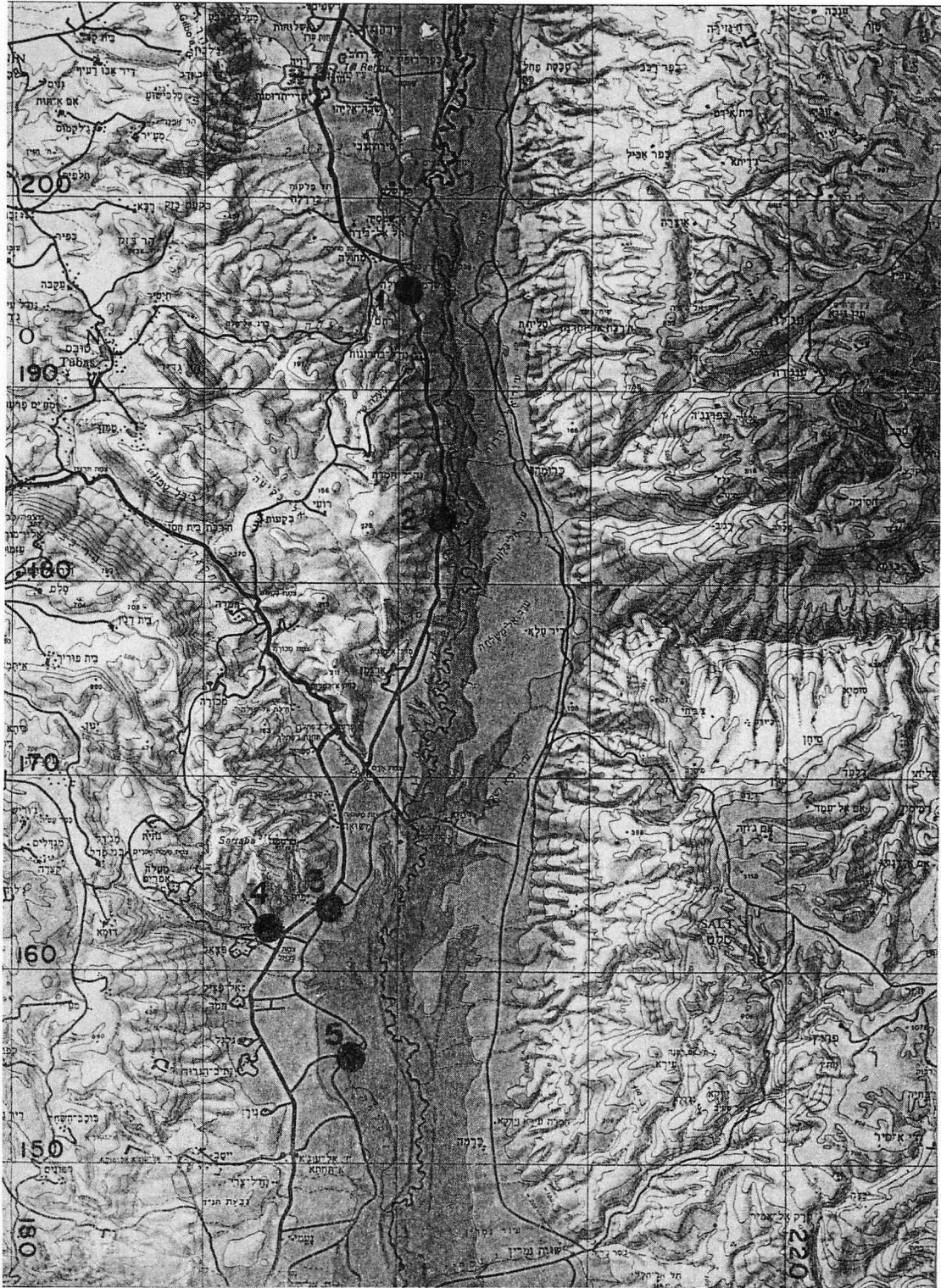
חקר פעילות סייסמית (סלמון, 1993) מראה כי בקטע הצפוני של הבקע, החל מדרום בקעת הירדן, רק חלק קטן מהפעילות הינו תוצאה ישירה של תנועה לטרלית, וקיימים כאן תהליכי עיוות נוספים מאלה הנובעים מהתנועה הפשוטה בין הלוחות. ואכן בבקעה הוגדרו מבנים צעירים אשר יצירתם אינה נגזרת, לפחות באופן ישיר, משינוי מבנה ותזוזה אופקית לאורך הטרנספורם. להלן מובאות דוגמאות מייצגות למיבנים אלה.

תחנות הסיור (ציור 1)

תחנה 1. רכס ואדי אל-מליח. תצפית משדמות מחולה מזרח

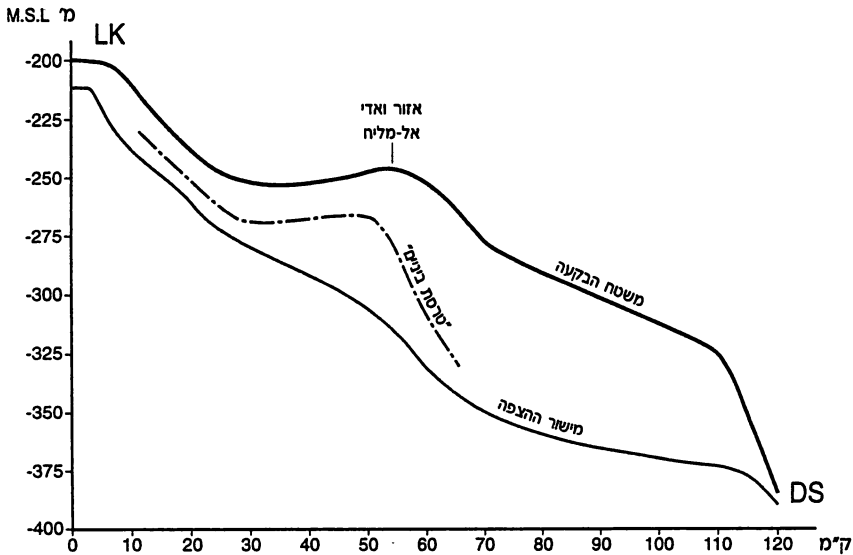
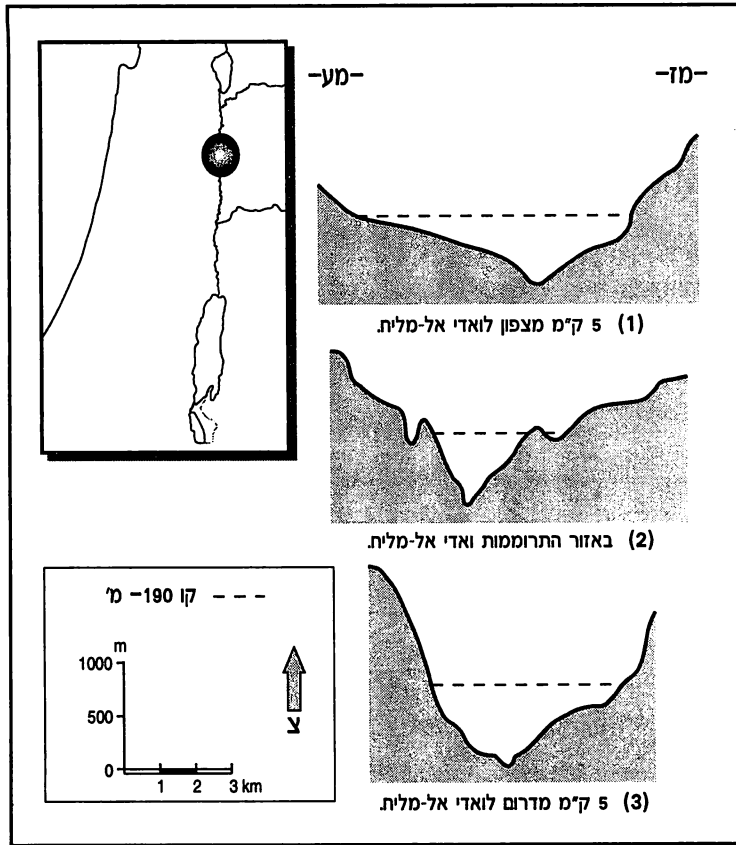
אזור ואדי אל-מליח מהווה "צוואר בקבוק" מורפולוגי וסטרוקטורלי בבקעה (Schulman and Rosental, 1968): רוחבה מצטמצם כאן עד כדי 4 ק"מ בלבד. באזור זה נוצרה חשיפה נרחבת של מסלע מילוי בקע קדום, ועליו מונחים באי-התאמה משקעי הלשון (ibid.). אלה הורמו כאן, תוך יצירת מיצר (ציור 2) באזור מרמא פימד (Koucky and Smith, 1986), וכן חתך אורך קמור במשטח הבקעה, בזור ובטרסת הביניים (ציור 3).

רכס מורפולוגי וסטרוקטורלי (רכס מליח) בכון צפון-צפון-מזרח (ציור 4) חוצה כאן את הבקעה, ותחום במזרח על ידי שברי הטרנספורם. הרכס יוצר אנומליה גרבימטרית חיובית

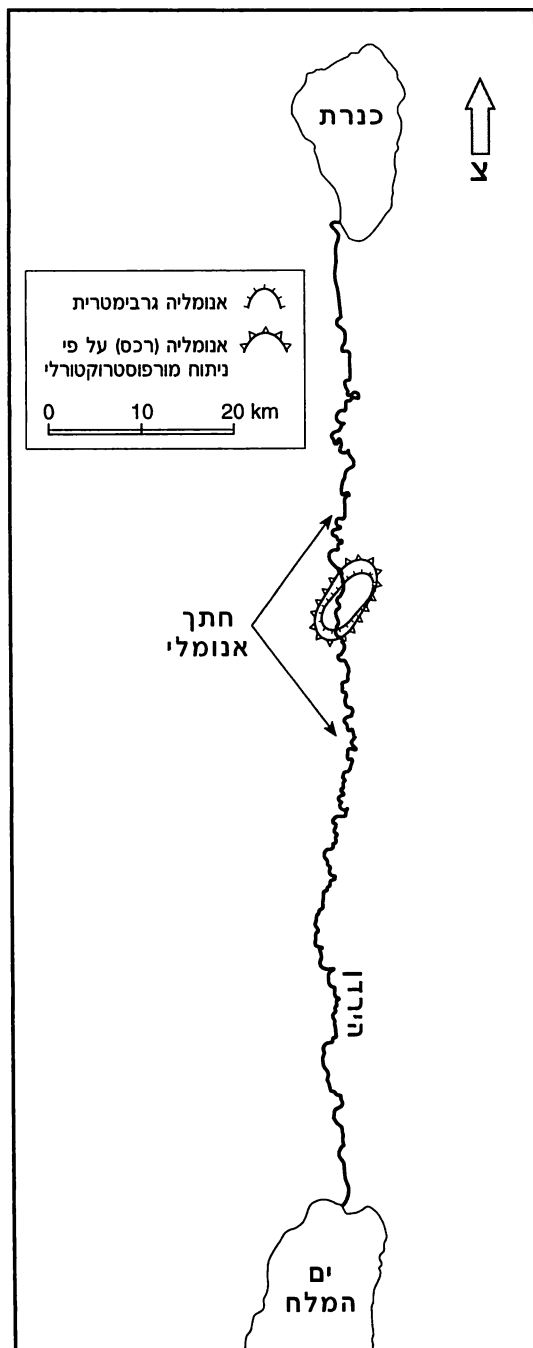


ציור 1. מפת איתור תחנות הסיוור.

ציור 2. חתכי רוחב בניצב לאפיק הירדן באזור ואדי אל-מליח. בציור רואים התחתרות עמוקה של אפיק הירדן (יצירת חתך V) באזור התרוממות של רכס ואדי אל-מליח (2) לעומת האזור מצפון (1) ומדרום (3) אחרי Koucky and Smith, 1987.



ציור 3. חתכי אורך כלליים בבקעת הירדן, מהכנרת (LK) ועד לים המלח (DS). שלושת החתכים קמורים באזור ואדי אל-מליח.



4. מפת החרפת שיפועי אורך בנהר הירדן (על פי מפת 1:100000) ואנומליה גרביטרית חיובית במבנה מתרומם של רכס אל-מליח. רואים התאמה במיקום הרכס, החרפת שיפוע הירדן ואנומליה גרביטרית.

(על פי נתוני Bender, 1986). התרוממות מתמשכת גורמת כאן להגברת תהליכי הסחיפה, ולהתחזרות עמוקה תוך יצירת חתך V בירדן (בתואי ישר סרגלי) וביובליו, ורצועת בתרונות רחבה, לצידי זור צר ביותר (תצלום 1). תופעות אלה מוסברות כאן כתוצאה של המשך התרוממות ברכס מליח.

מידת ההתרוממות ההולקנית מוערכת כהפרש הגבהים בין שרידי "טרסת הביניים" באזור ואדי אל-מליח לבין גובהה ה"נורמלי" באזורים הסמוכים, ומגיעה לכ-15–20 מ'.

תחנה 2. שבירה צעירה בשוליים. תצפית מזרחה מ-נ.צ. 20251836

עיוות טקטוני יוצר ברשת הניקוז דגמים השונים מאלה הצפויים בתנאי מבנה רגיוני וטופוגרפי נתונים (Howard, 1967). דגמים אנומליים אלה בנויים לעיתים קטעים קוויים בכוונים הסוטים ממגמת השיפוע המירבי במשטח של משקעים הומוגניים (Chorowicz and Deffontaines, 1993).

בבקעה ניתן לראות קשר בין קווים טקטוניים ודגם הניקוז הצעיר: צפונית לארגמן לרגלי מתלול השוליים (ציור 5) מורפולוגינאמנט (המפורש כביטוי לשבר נורמלי) יוצר שקע דמוי תעלה בעומק של 1–2 מ'. פעילותו גורמת כאן להשתמרות משטח הבקעה, החתור באזורים הסמוכים על ידי רשת ואדיונים עמוקים. קו נוסף, מקביל לזה המוזכר, יוצר קטע ואדי ישר בכוון אנומלי וקטע ישר וקבוע באפיק הירדן (ציור 5).

תחנה 3. רכס אל-מרמלה. נ.צ. 19701638

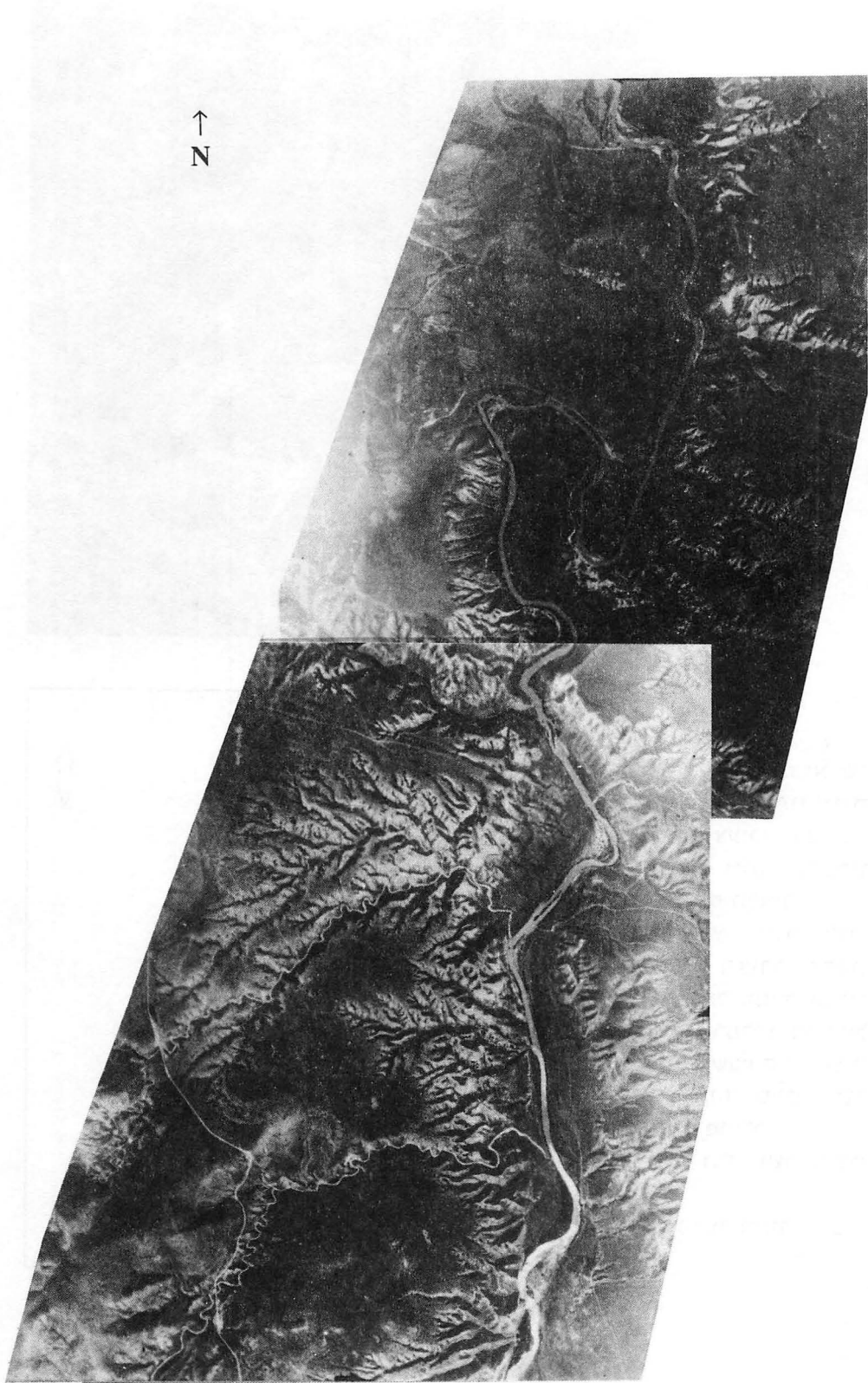
כאן נוצר רכס בכוון צפון-מערב, הגבוה בכ-20 מ' מעל משטח הבקעה (ציור 6), בין שני אזורים משתפלים. באזור הרכס נחשף מסלע אאוקני וכן שכבות גיריות של מים מתוקים וחלוקים (תצורת סמרה?) הנטויות לצפון-מזרח. באזור הרכס נוצרה מערכת ניקוז בדגם רדיאלי (ציור 6, תצלום 2).

חשיפת המסלע הקדום ודגם ניקוז רדיאלי מפורשים כאן כתוצאה של התרוממות גוש (בלוק) נטוי ביחס למפלס הסחיפה המקומי במשטח הבקעה.

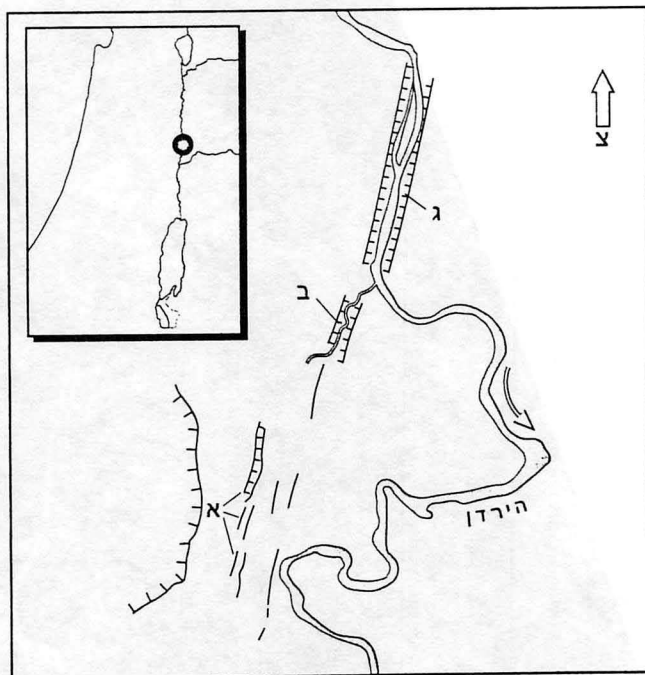
תחנה 4. תצפית מאנדרטת הבקעה

הבקעה כאן מתרחבת עד 15–16 ק"מ, והמבנה המורפולוגי הוא אסימטרי: במערב שקע של בקעת פצאל, ובמרכז בליטה טופוגרפית (עד 55 מ' מעל משטח הבקעה, ציור 7) של זהרת אל-קוריין. ריבוי מוקדי רעשי האדמה, הן החזקים (על פי Ben-Menahem et al., 1976) והן החלשים (Wu, et al., 1974; van Eck and Hofstetter, 1990), מצביעים על אזור זה כפעיל ביותר בבקעה.

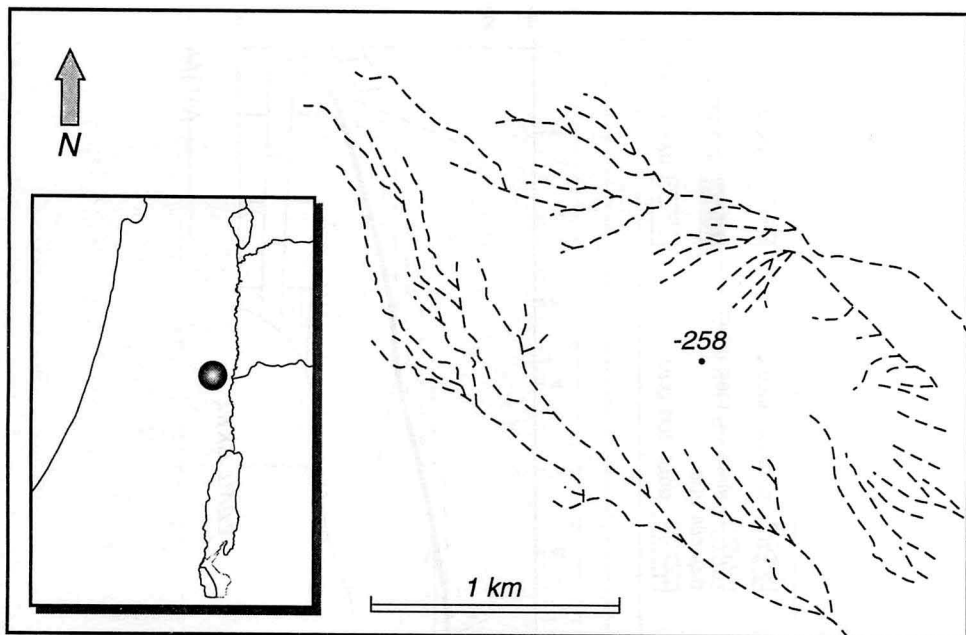
במערב הבקעה נוצר שקע שטוח (שקע פצאל), באורך של כ-8 ק"מ וברוחב של כ-5–6 ק"מ, ובו עובי ניכר של משקעי פרט פצאל ההולקני (עד כ-15 מ' – Horowitz, 1979). אזור תפוצה של משקעים אלה תחום על ידי גבולות מורפולוגיים בכוון מזרח-מערב, צפון-מערב



תצלום 1. הזור הצר באזור ואדי אל-מליח.



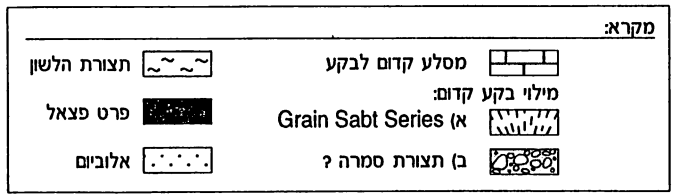
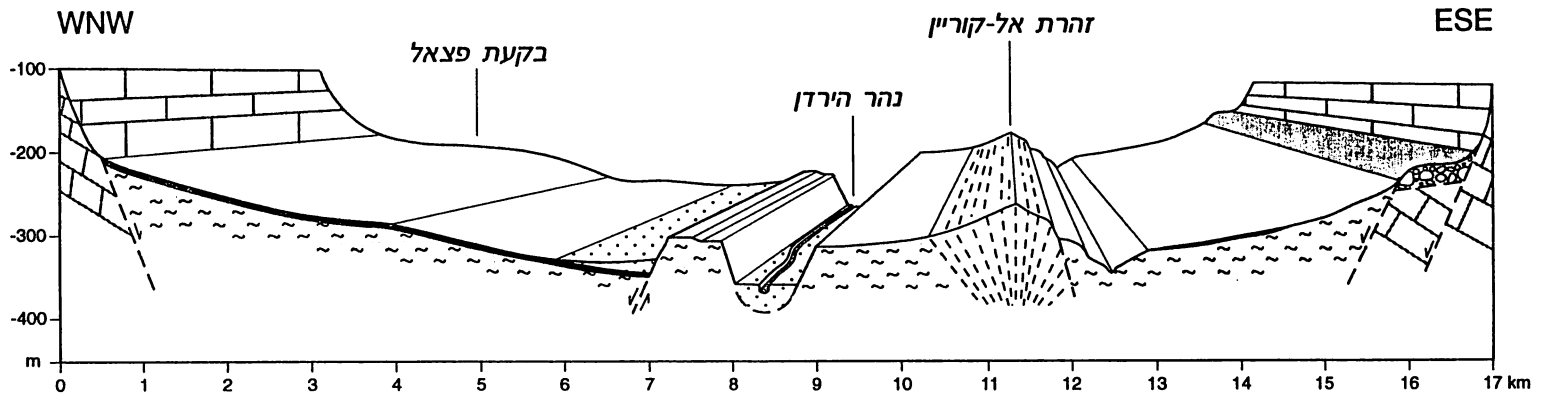
ציור 5. מפה ותצ"א של
 ביטויים מורפולוגיים
 לשבירה צעירה במשטח
 הבקעה. ניתן להבחין
 באלמנטים הבאים:
 א. שקע מורפולוגי
 במשקעי תצורת הלשון
 ופרט פצאל שנוצר על ידי
 שבירה נורמלית במקביל
 לשוליים. שבירה זו גורמת
 להתפתחות מעטה של
 ואדיונים ממוזרח.
 ב. קטע ואדי ישר בכיוון
 אנומלי.
 ג. קטע ישר ויציב באפיק
 הירדן.



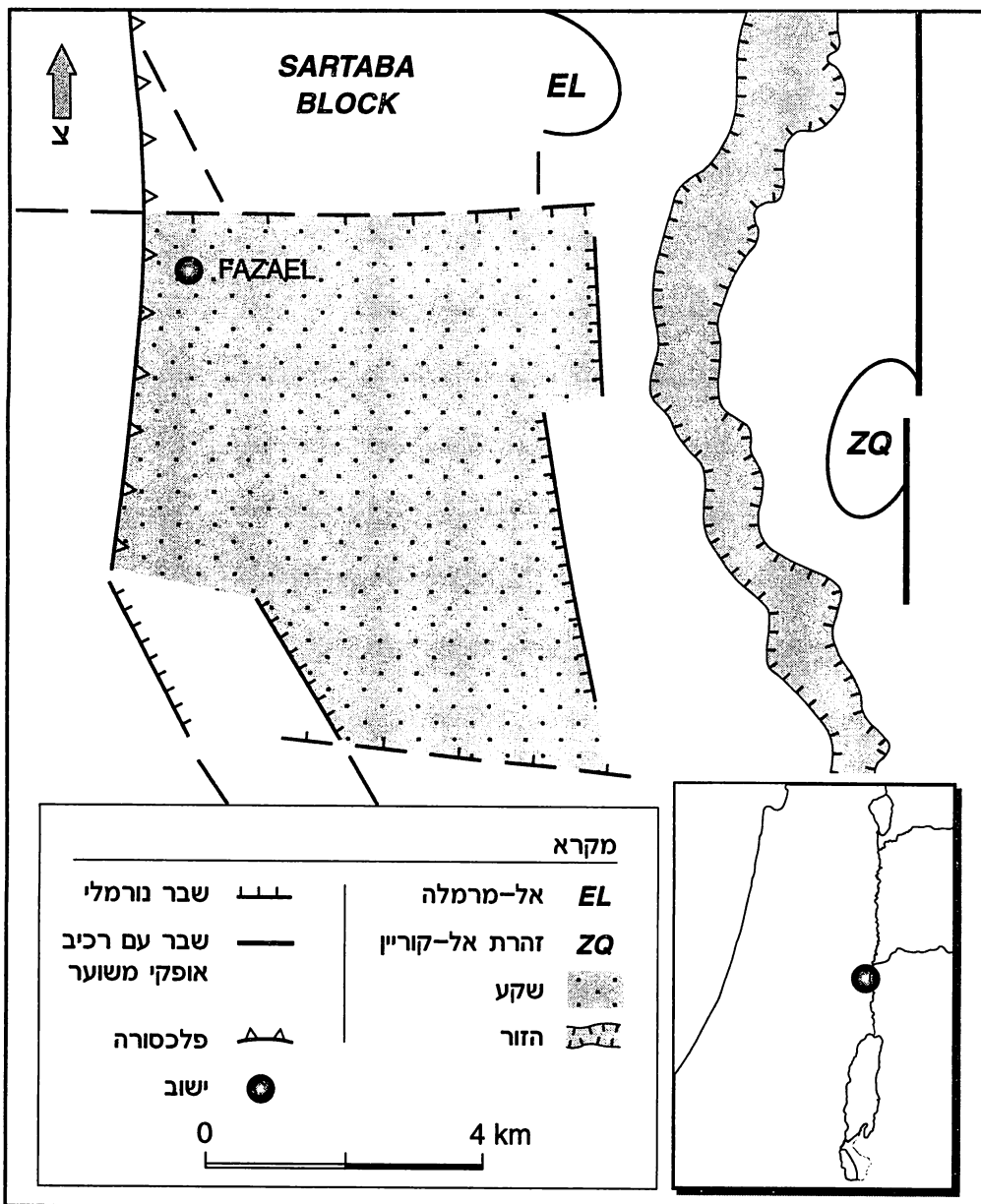
ציור 6. מפת רשת הניקוז מסביב להתרוממות של אל-מרמלה. רואים דגם ניקוז רדיאלי באזור המתרומם.



תצלום 2. אל-מרמלה – רכס בולט במשטח הבקעה, בנוי מסלע אאוקני ותצורת הלשון.



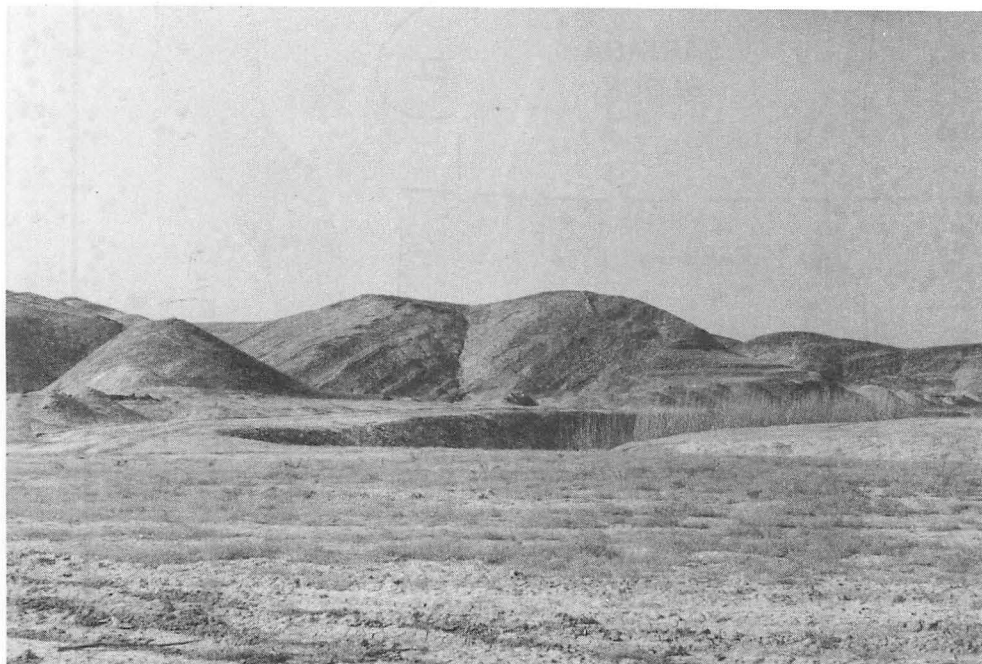
ציור 7. חתך רוחב בבקעה דרך פצאל והתרוממות זהרת אל-קוריין.



ציור 8. מפת מבנה מורכב טקטוני של בקעת פצאל. נראה שקע המתוחם על ידי קווים בכיוונים EL, ZQ, NS, NW, EW.

וצפון-דרום. לאורך הגבול הצפוני זורם קטע לינארי של ו. אל אחמר, בכון שאינו תואם את גרדיאנט פני השטח. קו זה יוצר גבול מדרגה חריף של הגוש הגבוה של סרטבה, ומעיד ככל הנראה על זריקה סטרוקטורלית של מספר מאות מטרים (!). גבולו הדרומי של שקע פצאל מתבטא יפה במפת ההתנגדות החשמלית של Flathe (1968) (גבולה הצפוני מחוץ לתחום מיפוי זה).

שקע פצאל תחום במזרח על ידי אזור מורם של גושים בנויים משקעי הלשון (ציור 8).



תצלום 3. שכבות של תצורת הלשון נטויות כ-30 מעלות לדרום-מערב, בגדה המערבית של ואדי מלחה.

באזור גבול זה מתפתחים קטעי נחלים בכוון כללי צפון-דרום, וכן תופעה ייחודית בבקעה: רצועת בתרונות שניה במתלולי חואר הלשון, המקבילה לזו שבמזרח, ליד הזור. מהתצפית ניתן לראות בברור כי הגושים הגבוהים יוצרים המשך של התרוממות בזהרת אל-קוריין.

תחנה 5. שבירה צעירה באלכסון לבקעה (נ. צ. מ. 19671558).

באזור גדות ואדי מלחה אותרו עדויות שדה לשבירה נורמלית, ייתכן עם רכיב אופקי, לצפון-צפון-מערב, תוך יצירת נטיות חריפות במשקעי הלשון (תצלום 3). שבירה זו מפורשת כהפעלה מחדש של העתקים נורמליים הנמשכים מהשוליים אל תוך הבקעה.

מקורות

סלמון, ע., 1993. ניתוח סייסמוטקטוני של רעידות אדמה בישראל וסביבותיה. חיבור לתואר דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 132 ע'.

Abed, A.M. 1985. Geology of the Damya Formation. Dirasat, Vol. 12/2: 99–108.

Baker, V.R., Finn, V.J., and Komatsu, Gmegam. 1992. Morphostructural morphology. Isr. J. Earth Sci. 41: 65–73.

Bender, F. 1968. Geological map of Jordan 1:250000. Geol. Surv. of Fed. Rep. Germany, Hanover.

- Bender, F. 1974. Geology of Jordan. Supplementary edition in English with minor revisions. Beitr. Regional. Geologie Erde, Suppl. 7: 196 p.
- Flathe, H. 1968. Geoelektrische Untersuchung der Grundwasserversalzung im sudlichen Jordantal. Geol. Jb. 85: 767–782.
- Gardosh, M., Reches, Z., and Garfunkel, Z. 1990. Holocene tectonic deformation along the western margins of the Dead Sea. Tectonophysics, 180: 123–137.
- Garfunkel, Z., Zak, I., and Freund, R. 1981. Active faulting in the Dead Sea rift. Tectonophysics. 80: 1–26.
- Horowitz, A. 1979. The Quaternary of Israel. Academic Press, New York. 394p.
- Howard, A.D. 1967. Drainage analysis in geological interpretation: a summation. Am. Ass. of Petr. Geol. Bull. 51/11: 2246–2259.
- Koucky, F.L. and Smith, R.H. 1986. Lake Beisan and the prehistoric settlement of the Northern Jordan Valley, 12/2: 27–36.
- Morisawa, M. and Hack, J.T. (eds.) 1985. Tectonic Geomorphology. Allen and Unwin Inc., Winchester, Massachusetts, 390p.
- Macumber, P.G. and Head, M.J. 1991. Implications of the Wadi Al-Hammeh sequences for the terminal drying of Lake Lisan, Jordan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 84: 164–173.
- Nir, D. and Ben Arieh, Y. 1965. Relicts of an intermediate terrace between the Ghor and the Zor in the central Jordan Valley, Lake Tiberias-Kefar Ruppim (Israel). Israel J. Earth Sci. 14/1: 1–8.
- Quennell, A.M. 1956. Geological map of Jordan (East of the Rift Valley). 1:250000, Amman.
- Reches, Z. and Hoexter, D.F. 1981. Holocene seismic and tectonic activity in the Dead Sea area. Tectonophysics 80: 235–254.
- Schattner, I. 1962. The Lower Jordan Valley, a study in the fluviomorphology of an arid region. Scripta Hierosolymitana, V. 6. Magnes Press, Jerusalem, 123p.
- Schulman, N. and Rosental, E. 1968. Neogene and Quaternary of the Marma Feiyad area south of Ben Shean. Israel J. Earth Sci., 17: 54–62.
- Wallace R.E. 1986. (chief ed.) Active Tectonics, Academic National Acad. Press, Washington, 266 p.
- Wiesemann, G. 1968. Zur Tektonik des Gebietes ostlich des Grabenabschnittes Totes Meer- Jordantal. Beit. geol. Jb. 89: 103–208.
- Wu, F.T., Karcz, I., Arieh, E., Kafri, U., and Peled, U. 1973. Microearthquakes along the Dead Sea Rift. Geology 1: 159–161.

רשימות

סיוור 5

קיסריה

מדריכים: א. רבן וי. מרט

מרכז ללימודי ים ע"ש ליאון רקנאטי, אוניברסיטת חיפה, הר הכרמל, חיפה 50913

מבוא

הנתונים הארכיאולוגיים, הגאודטיים והגאופיזיים מקיסריה וסביבותיה עשויים להבהיר את תוואי המשטר הנאוטקטוני בדרום הלבנט, ואת השינויים המוחלטים והגלובליים במפלסי הים במשך 2,000 השנים האחרונות. בדרך כלל מדידת מפלס הים המוחלט היא מסובכת, היות ושינויים איזוסטטיים, כלומר שינויים נאוטקטוניים מקומיים, הנם נפוצים מאד, והם מסווים בעילות את השינויים האיזוסטטיים, כלומר השינויים הגלובליים במפלס הים. אחת מחשיבויות ההבחנה בין שני סוגי השינויים היא הקשר ההדוק בין השינויים האיזוסטטיים ושינויי אקלים מחד, כאשר התחממות אקלימית מלווה בעליה איזוסטטית במפלס הים, והתקררות מלווה בירידה. מאידך השינויים המקומיים במפלס הים מצביעים על המשטר הנאוטקטוני ועל המאפיינים של תנאי הסדימנטציה. הזמן הקצר והשינויים המהירים הפוקדים את מפלס הים אינם קלים למדידה באמצעים גאולוגיים מקובלים, אך אמצעי תארוך ארכיאולוגיים יכולים לסייע במדידת התהליכים המעצבים את השינויים במפלס פני הים.

קיסריה, הסמוכה לשפת הים והעשירה בשרידים ארכיאולוגיים הקשורים למפלס הים הקדום, מהווה אתר מועדף לביצוע מחקרים גאופיזיים ימיים אודות המבנה הגאולוגי של מישור החוף ומדף היבשת של מרכז ישראל. מחקרים אלה העלו כי בתחום המעבר בין הים והחוף בקיסריה מצויים מספר העתקים שהיו פעילים לאחר התקופה ההרודיאנית. הנתונים הגאופיזיים מממדף היבשת הרדוד מצביעים על שקיעה של 1–2 מ', שזהו שעור ההעתקה של גג אבן החול הפלייסטוקנית (כורכר). באזור הנמל ההרודיאני היתה השקיעה נמרצת יותר והגיעה לכ-5 מ', ובעומק זה מצויים שרידיהם של מספר מבנים שהיו בעת בנייתם מעל למפלס הים. ברכס אבן החול הפלייסטוקנית המצוי בתחום החוף בקיסריה נמדדו מספר העתקים שכוונם צפון-דרום, ואחד מהם חוצה את שוברי הגלים הקדומים (Raban, 1992). ממערב להעתק זה שקעו שוברי הגלים, ואילו ממזרח לו הם נשארו יציבים באתרם. מספר שרידים ארכיאולוגיים בקיסריה מצביעים על יציבות סטרוקטורלית ועל דמיון בין מפלס הים הנוכחי לבין זה ששרר בתקופה ההרודיאנית. לדוגמא, תעלות השטיפה של הנמל, שנמצאו חצובות באבן החול בחלקו המזרחי של שובר הגלים הדרומי, ממוקמות במפלס הים הנוכחי, וברום דומה ממוקמת גם הברכה (piscine) שממערב לתיאטרון. הסתירה לכאורה בין העדויות לשקיעה וליציבות סטרוקטורלית בקיסריה הביאו בעבר למחלוקת מדעית חריפה.

לנו נראה כי אין סתירה בין העדויות, וכי בד בבד עם היציבות הנאוטקטונית במישור החוף של קיסריה, שקע מדף היבשת באזור זה כתוצאה מפעילות נאוטקטונית בתקופות היסטוריות. נמצאו מספר עדויות היסטוריות לפגיעות של רעידות אדמה בקיסריה (Ben-Menahem et al., 1976; Kallner-Amiran, 1950) וגם הממצאים הגאופיזיים, הגאולוגיים והארכיאולוגיים מצביעים על העתקות נאוטקטוניות במדף היבשת הרדוד. העדות להעתקה צעירה ברת תיארוך מצויה בשוברי הגלים ההרודיאניים, שבסיסהם מצויים באתרם מבחינת יחסי ים-יבשה, ואילו חלקיהם המערביים שקעו כ-5 מ'. מישור ההעתק שלאורכו חלה התזוזה הזו משתרע בכוון צפון-דרום במקביל לחוף, והוא קוטם את שוליו המערביים של רכס הכורכר. תוואי ההעתק הוא ישר, כאשר העדר תוואי העתקה היפרבולי מצביע על כך שאין מדובר בגלישה אלא בהעתקה. ההעתקות של גג שכבת אבן החול הפלייסטוקנית שנמדדו לאורכו של ההעתק הזה הן 1–2 מ', ומאחר והשקיעה של שרידי שובר הגלים היא גדולה יותר, ייתכן וההפרש נובע מההעמסה הדיפרנציאלית של המבנה הגדול של שוברי הגלים על קרקעית הים. השקיעה הנאוטקטונית של מדף היבשת הרדוד הביאה גם לשקיעתן של מספר שוניות המצויות בהווה מתחת לפני הים, ואשר ביצבצו כנראה מעל למפלס המים והפחיתו את עוצמת הגלים הפוגעים בחוף. שקיעתן של השוניות הביאה להרס מואץ של חלקים בחוף, כמו הרס קטע מאמת המים מצפון לעיר, או חלק מהאמפיתיאטרון בדרומה.

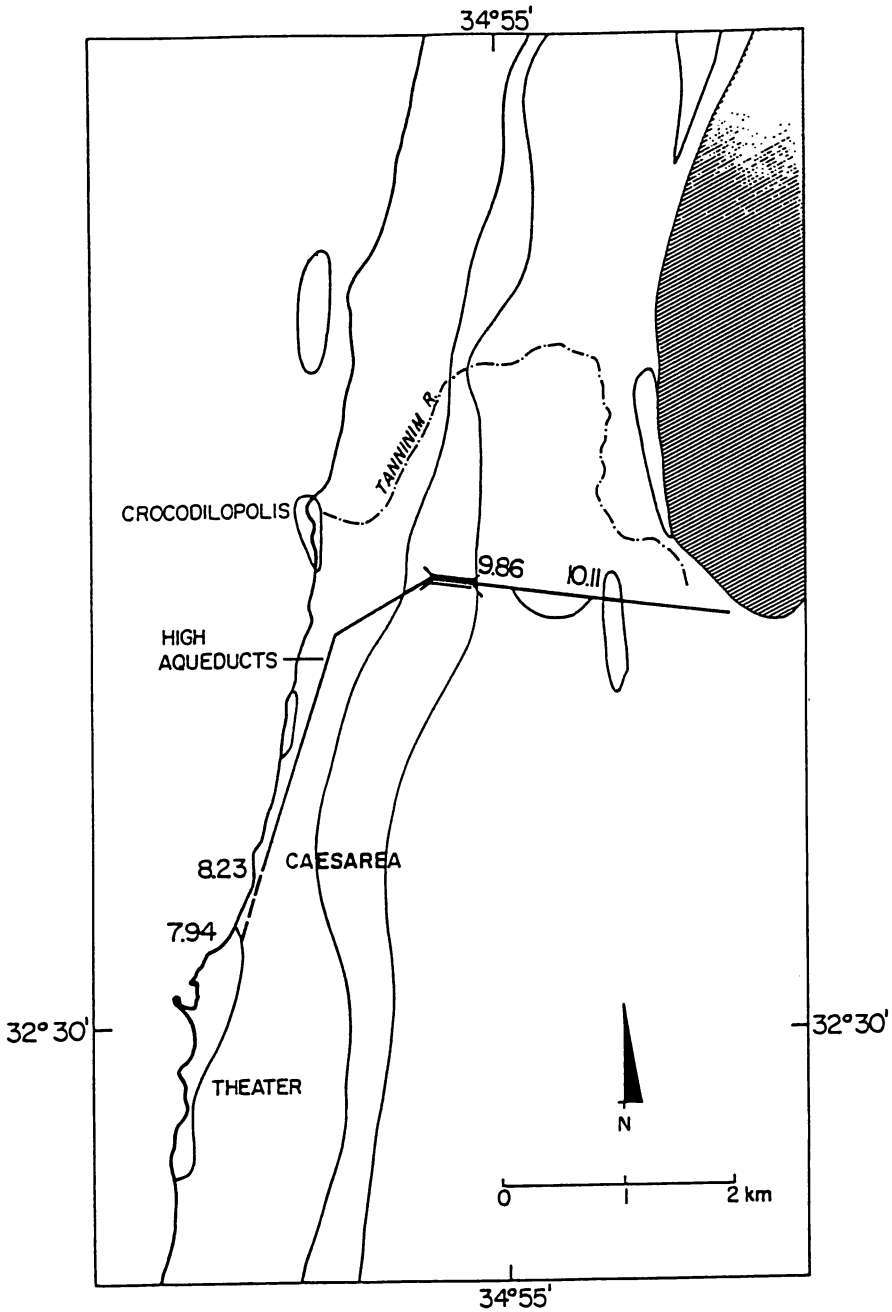
ההעתקה במדף היבשת הרדוד בקיסריה פגעה ב-hanging wall של ההעתק, בעוד שה-foot wall נשאר יציב, כפי שמציין השיפוע של אמת המים הגבוהה. האמה הגבוהה שהובילה מים לקיסריה משתרעת לאורך 9 ק"מ, היא חוצה את שפלת החוף ומתמשכת לאורך שפת הים. האמה בנויה משתי יחידות הצמודות זו לזו, קשת לקשת ועמוד לעמוד. היחידה הקדומה נבנתה בתקופה ההרודיאנית, בסביבות שנת 10 לסה"נ, והמאוחרת – על ידי חיילי הקיסר הדריאנוס, בערך בשנת 135 לסה"נ. שתי היחידות עדיין מצויות בשיפוע ממוצע של 0.4%, שהוא כנראה השיפוע המקורי, היות והוא המומלץ על ידי ויטרוביוס בספרו מהמאה הראשונה לפה"ס, בדיוק מדידה של ± 0.25 מ'. שימור השיפוע המקורי של אמת המים במשך 2,000 שנה מעיד על יציבות מישור החוף בקיסריה בתקופה הזו, כך שהזהות בין מפלס הים הנוכחי וההרודיאני היא בעלת משמעות איאוסטטית.




הקירבה בין מפלסי הים בהווה ובתקופה ההרודיאנית איננה מעידה כי מפלס הים היה יציב במשך כל התקופה הזו. ברור לכול כי מפלס הים השתנה במשך 2,000 השנים האחרונות. עדויות רבות מקיסריה מצביעות על כך כי בסוף התקופה הביזנטית ובתחילת התקופה המוסלמית, במאות VI-VIII, היה מפלס הים גבוה בכמטר אחד מהמפלס הנוכחי, ובתקופה הצלבנית, במאות XII-XIII היה המפלס נמוך בכמטר אחד. הדמיון בין מפלסי הים בהווה ובתקופה הרומית מרמז, אם כן, על דמיון אקלימי בין תקופתנו והתקופה ההרודיאנית, כאשר בראשית התקופה המוסלמית היה האקלים חם יותר, ובתקופה הצלבנית – קר יותר.

תחנות 1-2. מערכת אספקת המים של אמת המים הגבוהה (ציורים 1-2)

אמת המים הגבוהה בקיסריה משמשת עדות משכנעת ליציבות הנאוטקטונית של מישור החוף של קיסריה. אמת המים, שספקה מים לעיר מעת בנייתה כללה מערכת של תעלות נישאות על אמות של עמודים וקשתות (Oleson et al., 1984). אורך האמות הוא כ-9 ק"מ, החל משוליו הדרום-מערביים של הר הכרמל, מערבה דרך ביצות כברה, במנהרה דרך רכס הכורכר של גייסר-א-זרקה, ומשם דרומה לאורך החוף עד למחלק המים, הנמצא כיום מצפון לחומה הצלבנית של העיר. מערכת האמות הגבוהות כוללת שתי תעלות מקבילות הנישאות על מערכות מקבילות של קשתות ועמודים. בניית המערכת השמאלית תוארכה לתקופה ההרודיאנית, או בקירוב לשנת 10 לסה"נ. המערכת הימנית נבנתה בשנים 130-135 לסה"נ על ידי חיילי לגיונותיו של הקיסר הדריאנוס. האמה הצעירה יותר עוקבת אחרי קודמתה בדיוק רב, עמוד לעמוד וקשת לקשת, להוציא את קטע חציית אזור ביצות כברה, שם עקפו המהנדסים ההרודיאניים מדרום קטע מהביצות, בעוד שחיילי הלגיונות חצו את הביצות בקו ישר, וישבו והתחברו למבנה ההרודיאני ממערב. מיומנות מהנדסי האמה הקדומה יותר ניכרת בעליל. בעוד שהאמה הקדומה שמרה על שיפוע קצוב בקטע המעקף, הרי בחציית ביצת כברה שקעה האמה ההדריאנית במידה ניכרת ביותר, וכנראה כי השקיעה התרחשה זמן קצר לאחר ההקמה. למרות גיל האמות, ולמרות תיקונים חוזרים ונשנים, הרי השיפוע הממוצע של המבנה, החל מבית חנניה ועד מחלק המים שמצפון לקיסריה, הוא קצוב, ועומד על 0.4%. שיפוע זה דומה לשיפוע אמות מים המומלץ ע"י מרקוס ויטרוביוס, המהנדס הרומי בן המאה הראשונה לפה"ס, בספרו De Architectura. גם תעלות מים מודרניות נבנות בשיפוע דומה, המאפשר את זרימת המים, אך מפחית את הארוזיה של המים הזורמים על שולי התעלה. דיוק המדידה הוא ± 0.25 מ', עקב תיקונים בתעלות האמה כבר בתקופות הרומאית והביזנטית, כאשר ההבחנה בין הטיח המקורי וזה של התיקונים (פורת, 1990) אינה פשוטה (ציור 1). מדידות שיפועי אמות המים הרומיות הגבוהות משתלבות ומתיישבות עם תצפיות קודמות שצינו כי לא חלו שינויים משמעותיים ברום מקורות המים או אזור החוף של קיסריה במשך 2,000 השנים האחרונות (Reifenberg, 1950; Raban, 1989).

החלק היחידי של אמות המים הרומיות הגבוהות בקיסריה שנהרס, ממוקם כ-750 מ' מצפון לחומת העיר הצלבנית, מוקם בו הרסו גלי הים את האמות. ההסבר המקובל להרס זה הוא שהקטע הזה, שאורכו כ-400 מטרים, נפגע כתוצאה מבניית הנמל ההרודיאני. Reifenberg (1950), Inman (1978) ו-Nir (1985) הציעו כי שוברי הגלים ההרודיאניים הגדולים הפריעו להולכת החול צפונה על ידי הזרם החופי. הצטברות חול מדרום לשוברי הגלים הביאו לדלדול בכמויות החול מצפון, וכתוצאה מדלדול זה התגברה הפעילות הארוזיבית של הגלים ונפגעה אמת המים. אולם הסבר זה לוקה בחסר היות והוא איננו מתחשב בכך כי בניית האמה התבצעה, כאמור, בשני שלבים, כאשר השלב ההדריאני התבצע כ-100 שנה לאחר השלב ההרודיאני. שוברי גלים שנבנו בחוף הישראלי בעשורים האחרונים במספר מקומות מדרום לנתניה, גרמו להצטברות חול מדרום להם ולהרס מצפון



-  UNCONSOLIDATED SOIL AND SAND
-  PLEISTOCENE SANDSTONES
-  MIDDLE CRETACEOUS CARBONATES

ציור 1. אמת המים הגבוהה של קיסריה, ורומה הטופוגרפיה במספר מקומות.

כבר לאחר 10–20 שנים (Carmel et al., 1985), לפיכך סביר להניח כי אילו היה בניין שוברי הגלים ההרודיאניים כרוך בארוזיה חופית מצפון לנמל, היו סימני ההרס ניכרים קודם שחיילי הקיסר הדריאנוס בנו את האמה שלהם בצמוד, אך ממערב לאמה הגבוהה הראשונה, והרי ראינו כי בוני האמה המאוחרת לא היססו לסטות מתוואי האמה הקדומה כאשר סברו כי ניתן ליעל את תכנון המבנה. הרס קטע האמות הקרוב לחוף מצפון לעיר נוצר כמובן כתוצאה מפעילות הגלים, אולם ההצמדה של שתי אמות המים הגבוהות מצביעה על העדר קשר נסיבתי בין ההרס לבין בניית הנמל ההרודיאני. זאת ועוד, Reifenberg (1950) מצטט את הנוסעים המוסלמים אל-מוקדסי ואל-אידריסי וטוען כי בעקבות כתיבהם ניתן להניח כי האמות הגבוהות היו פעילות עדין במאה ה-8, אך חדלו מלפעול במאה ה-9. המדידות הגאודטיות הראו כי רום תעלת המים באמה הקדומה מצפון לקטע ההרוס הוא 8.23 מ', ורום מחלק המים מדרום הוא 7.94 מ', כלומר שיפוע של 0.4% בדיוק מדידה של ± 0.25 מ'. שיפוע זה דומה לשיפוע הכללי של האמות. השיפוע המקורי לכאורה של האמות משני עברי הקטע ההרוס מצביע על הסבירות הנמוכה שהאמות נהרסו על ידי תזוזה נאוטקטונית לאורך העתק החוצה את תוואי האמות. הנחה סבירה, אם כי עדיין איננה עשירה בעדויות תומכות ומסייעות, היא כי לפני 2,000 שנה היה רכס הכורכר החופי רחב יותר מאשר בהווה, והוא הגן על האמה מפני גלי הים. מאחר וחלקיו העליונים של רכס הכורכר נפגעו והוסרו – אם על ידי גידוד הגלים, אם עקב חציבה, ייתכן כי תזוזה נורמלית לאורך מישור העתק שחצה את חלקו המערבי של הרכס הביא לשקיעתו, ואיפשר לגלים להגיע עד החוף ולפגוע באמת המים.

תחנה 3: מדף גידוד מוגבה

מצפון לעיר הצלבנית, ממערב לאתר בית הכנסת ורציף הנמל ההלניסטי של מגדל סטרטון (שטח J), מצוי מדף גידוד שהשתמר היטב, ברום של 1.2–1.4 מטר, גבוה ממדף הגידוד הנוכחי. מדף זה קדום, ללא ספק, לכל בניה מלאכותית הנסמכת אליו. עם זאת טיב השתמרותו מאפשר להניח שגילו הולוקני (Raban, 1989: 143–149, 293–295). בסמוך לו, מצפונו, מצוי קיר ים יצוק המתוארך לתקופה הביזאנטית. קיר זה מתמשך במקביל לקו החוף, כלפי מזרח ונפסק כ-40 מטר מערבית לקו החוף של ימינו. אין ספק שבתקופה שנבנה קיר זה היה קו החוף מערבית למיקומו הנוכחי ונסיגתו חלה לאחר התקופה הביזאנטית (רבן, 1994; Raban, 1993). באותו מקום מצויה, בסמוך לקו החוף, באר ביזאנטית, אשר קרקעיתה יבשה כמעט. בזמן גאות ובחורף עולים בה מי תהום מתוקים לרום מירבי של 20–30 ס"מ בלבד. אין ספק שבתקופה בה שימשה הבאר היה מפלס המים בתוכה גבוה יותר ב-50–60 ס"מ לפחות (רבן, 1991: 811).

תחנה 4: צדפים בשובר הגלים הצפוני

בחלקו הצפוני של המפרץ שבתחומי העיר הצלבנית מצויים מספר קירות גזית אשר על כמה מהם ניתן לזהות שכבת צמדה של פאונה ימית (צדפות [oysters]), בלוטי-ים וורמיטידים). שכבה זו מופיעה רק על גבי חלק מאבני הבניין, עד רום מירבי של יותר משני מטר מעל למפלס הים הנוכחי. הקירות מתוארכים למאה (רבן, 1991: 121; 173–177).

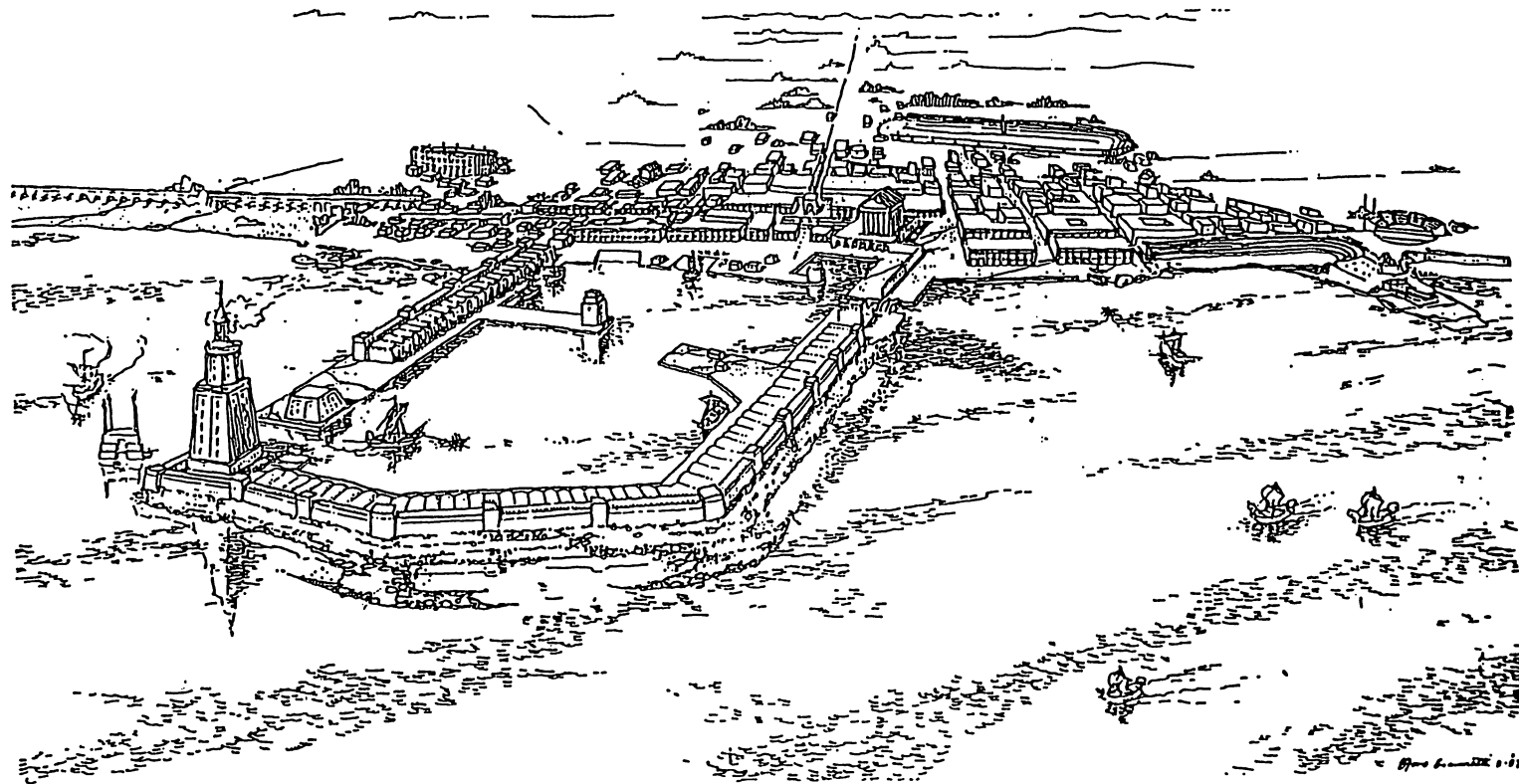
(Raban, 1989: 173–177). עדויות אלו זוהו על-ידי פרופ' בלוך המנוח כבר בראשית שנות הששים (במצולות ים, 5–6, תשכ"ו: 15–16). ניב וחבריו רואים בכך הוכחה ל"טבילה" טקטונית מאוחרת לתקופה הצלבנית (ממלוכית) ששבה והתרוממה רק לאחרונה (Neev et al., 1987). העדר עדויות תומכות בשאר המבנים ובהרבדות שנחשפו בחפירה הארכיאולוגית, כמו גם יציבותם המושלמת ומפלסם האפקי של מבנים אלה וקדומים להם מאפשרים להניח כי אבני בניין אלו מצויות כיום בקירות בשימוש משני וצמדת היס שעליהן מקורה בעובדה ששימושן הקודם היה במפלס נמוך יותר, אולי אף באחד הרציפים, או קירות היס של הנמל ההרודיאני.

בקרב מקום מצוי מזח הרודיאני שראשו מכוסה בשכבת סלע חוף. סלע חוף זה הינו חלק מקשת המתעדת תוואי של מפרץ חולי קדום. קו המים של אותו מפרץ נמצא מערבית לקו החוף הנוכחי, אך מפלסו מותאם לפני ים נמוכים כדי חצי מטר מאלו של ימינו. את זמנו של המפרץ ניתן לקבוע על-ידי מזח העמודים הצלבני (עמודים רומיים וביזאנטיים בשימוש משני), שבסיסו "נשען" אל החוף של אותה קשת סלעית.

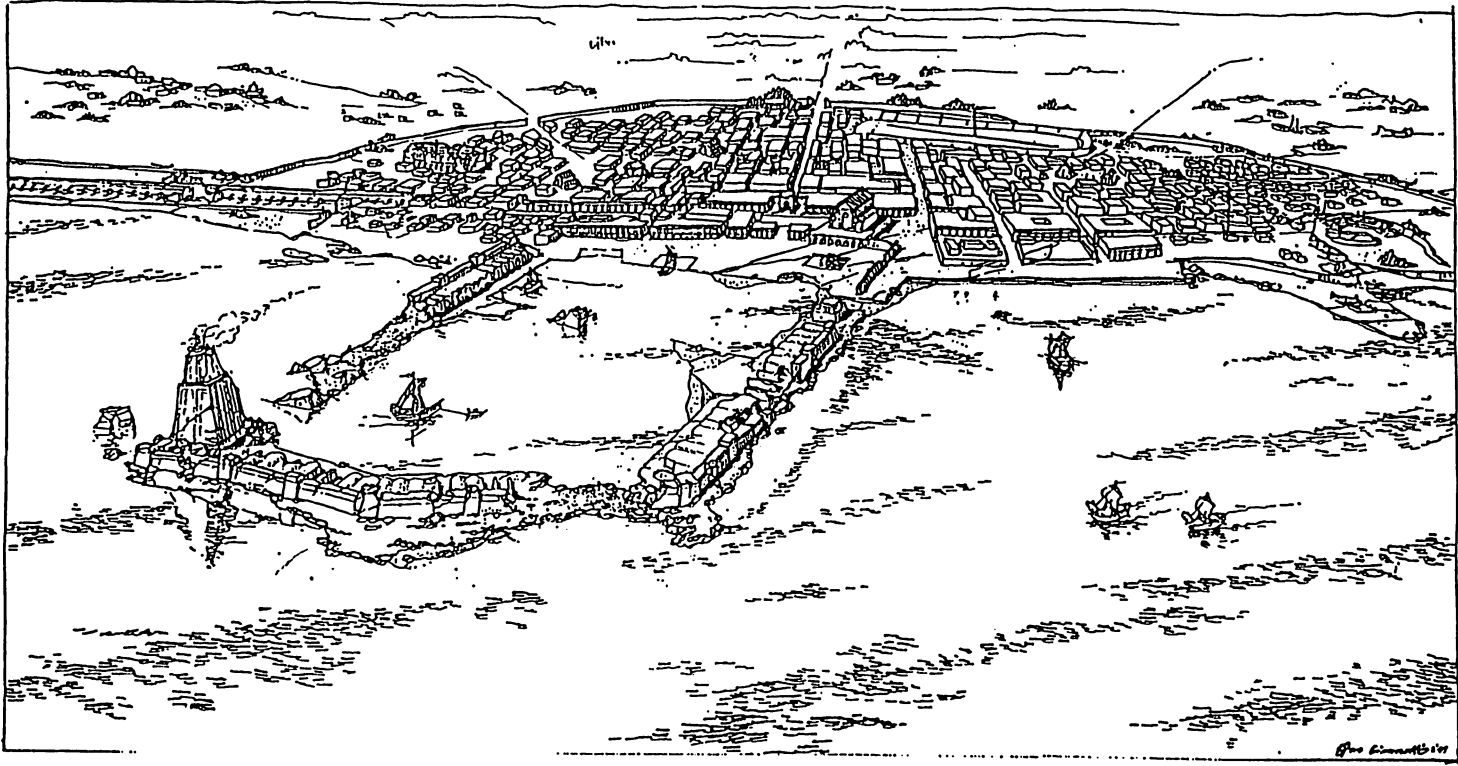
בסמוך, מדרום, מתמשך אל תוך מימי המפרץ קיר טבוע, אשר בסיסו מצוי בעומק של 1.4–1.7 מטר מתחת לפני הים. זהו קטע של חומת היס הצלבנית. החומה נטויה מערבה ומשופעת לדרום, מה שמצביע על שקיעה לא אחידה – אולי כתוצאה מאופיה הבלתי מלוכד של התשתית עליה נבנתה, אשר איפשרה לזרמי היס להתחתר מתחת ליסודות ולגרום לשקיעת המבנה כולו (רבן, 1991: 121; 181–184; Raban, 1989).

תחנה 5: רציפי הנמל הפנימי (צויר 3)

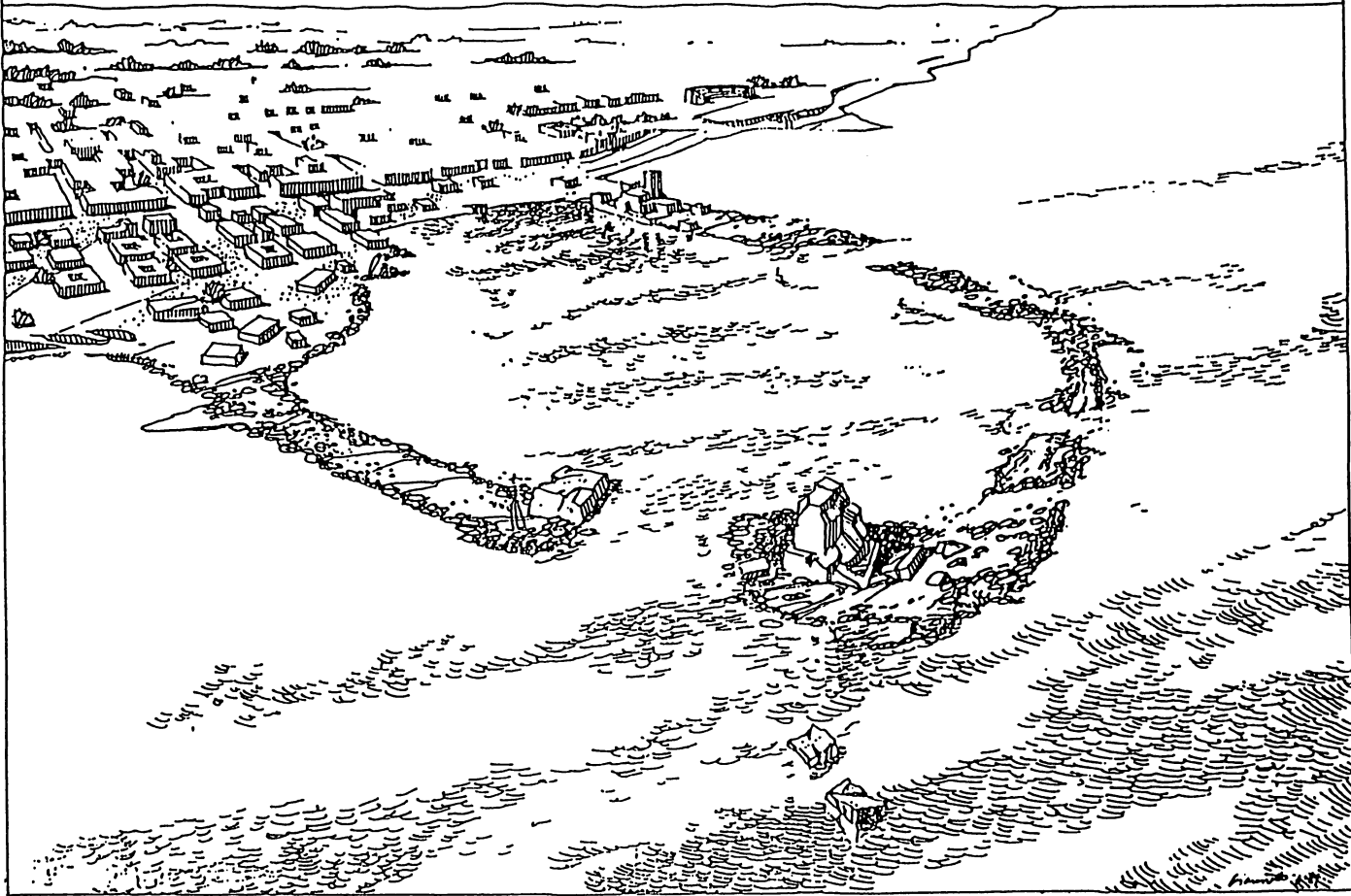
בעורפו המזרחי של הנמל הפנימי. כאן מצויים מספר רציפים, שנבנו זה על גבי זה, בתקופות שונות (רבן ואחרים, 1993: 15–20; רבן, 1994: 123–125). הרציף המקורי היה בשימוש כמתקן ימי עד שלהי המאה הראשונה לספירה ושרידי הפאונה הימית על פניו מאפשרים לאתר את מפלס פני הים באותו זמן לרום של כ-10 ס"מ מעל למפלס של ימינו (בהנחה שהגבול העליון של האוסטראות מייצג את קו השפל ואילו זה של בלוטי הים – את קו הגאות והאזור הרטוב שמעליו). אל הרציף המקורי נוסף, במאה השנייה לספירה, מבנה מלבני – מעין רציף נוסף, שבלט אל תוך בריכת הנמל (רבן, 1995). רציף זה הושתת לא על גבי הסלע, כקודמו, כי אם על גבי שכבת חול בעובי של חצי מטר ויותר (כנראה עדות להצטברות חול בבריכה הפנימית, כתוצאה משקיעת שובר הגלים של הנמל החיצוני ועמה – פחיתה משמעותית ביעילותן של תעלות השטיפה). מרציף זה מובילות לפחות שתי מערכות מדרגות אבן אל קרקעית בריכת הנמל, במפלס של שני מטר ויותר מתחת למפלס פני הים כיום. פני הרציף והמדרגות טווחו ביד והבניה כולה נעשתה ביבש ולא מתחת למים! חמרי המילוט והטיוח כוללים כמות גדולה של טיט גבסי המתקשה במגע עם מי הים, אך הופך בוצי ומסיס במי תהום מתוקים (המצב כיום). לולי הציפוי הנוקשה-יחסית של צדפות, המכסה קטעי טיח רבים, לא היה נותר ממנו דבר. ציפוי זה מצוי עד רום של 20–25 ס"מ מעל למפלס פני הים כיום. עצם הבניה "היבשה" ומציאותן של המדרגות

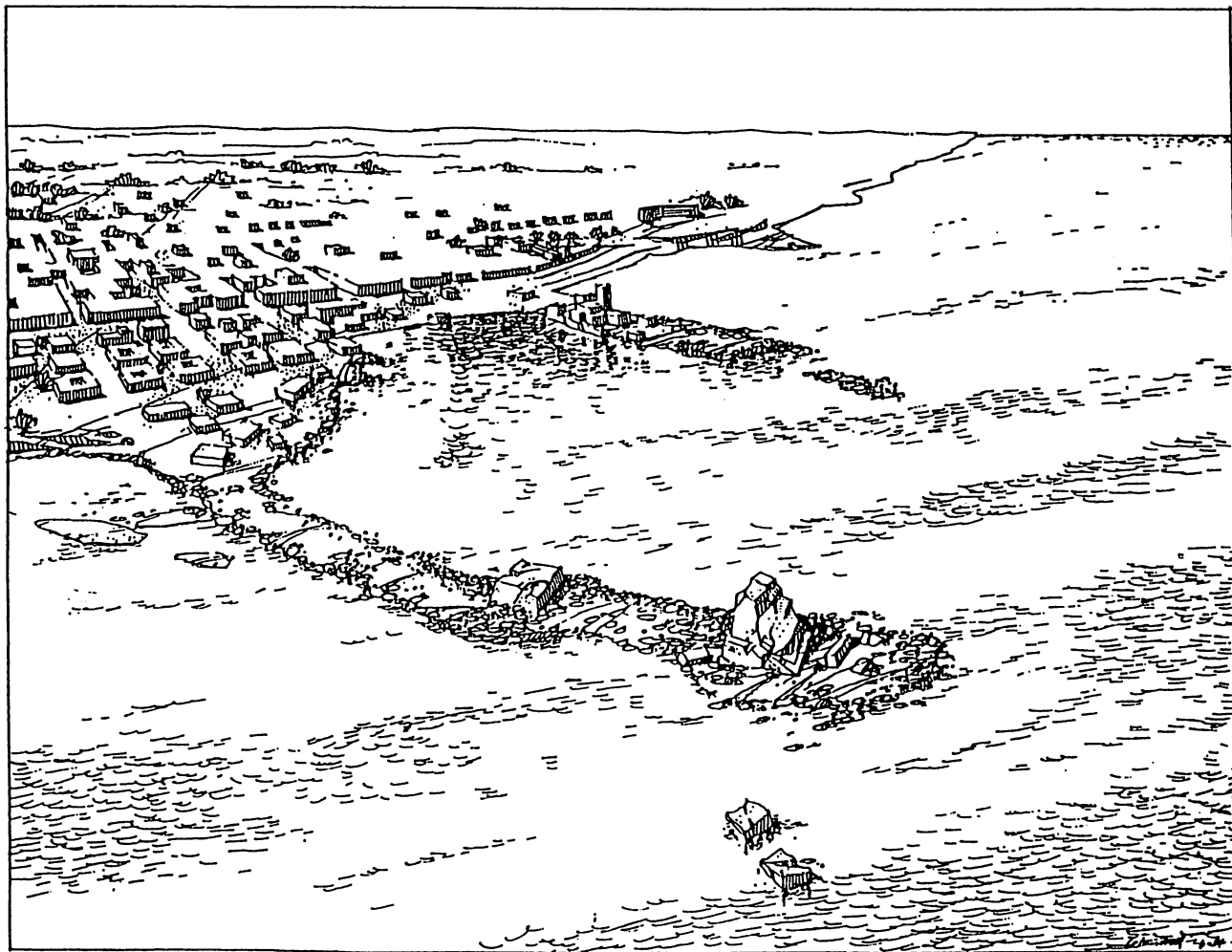


ציור 3. קיסריה ונמליה במאה הראשונה לסה"נ (א); בשלהי המאה השנייה לסה"נ (ב); בתקופה הביזנטית (ג); בשלהי התקופה הביזנטית (ד) ובתקופה הצלבנית (ה). שחזורי האמן ס. גייאנטי.



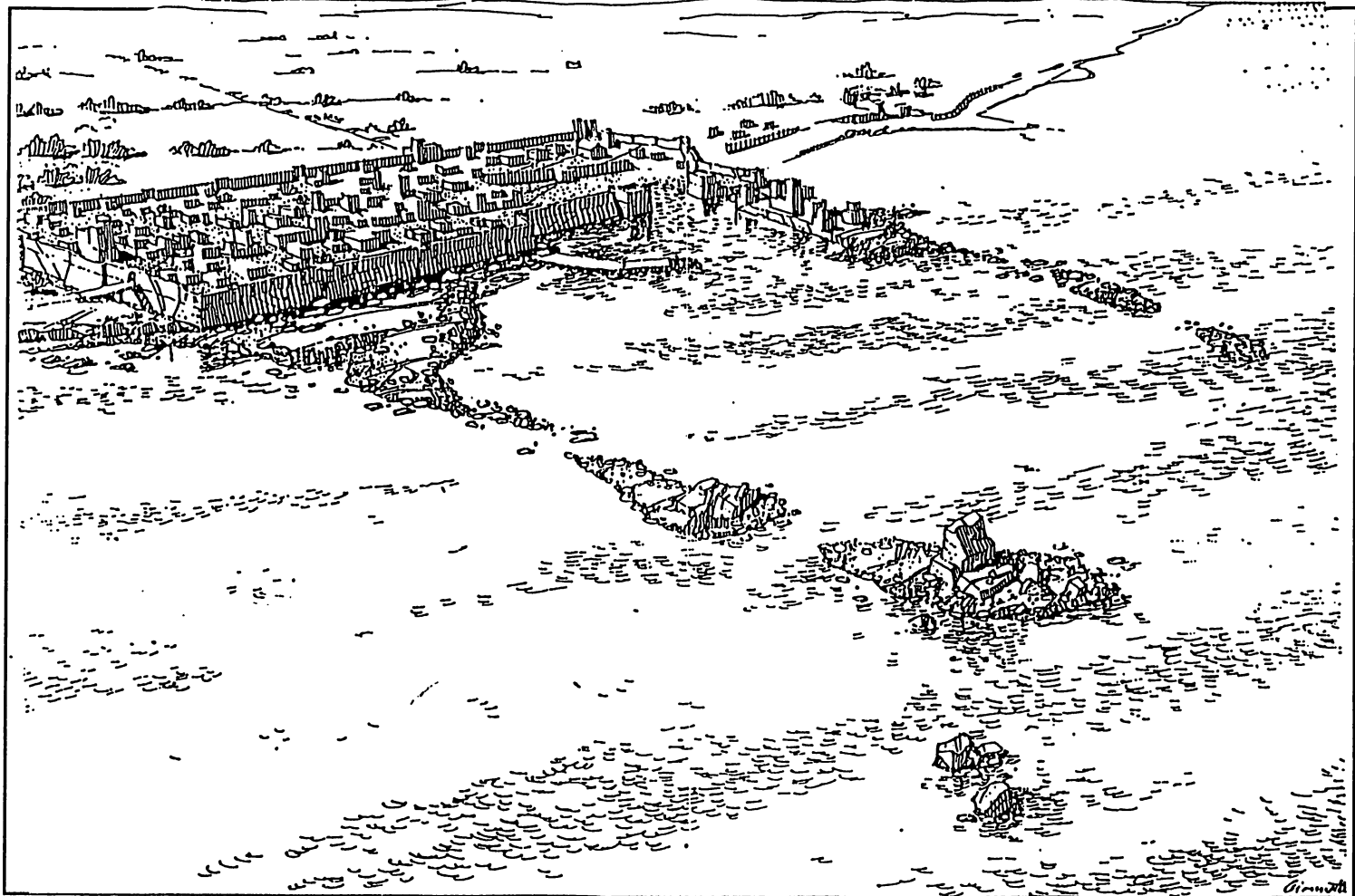
צויר 33.





BYZANTINE PHASE

צויר 73.



מהווים חידה שעדיין אין לה פתרון נאות. כמו-כן, קשה לשחזר כיצד הצליחו הבנאים לשמור על השטח יבש. כיום מתמלא החלל המוקף בפיגומים, במי תהום, בקצב של 2–3 מ"ק לדקה.

סביב 500 לסה"נ כוסו הרציפים במשטח בנוי, מעין רציף מוגבה, אשר למרגלותיו נבנתה בריכה למי תהום מתוקים. בשום מקום לא אותו על-גבי מבנים אלה שרידי פאונה ימית כל-שהיא. שולי הבריכה ורצפתה הוצפו לפחות שלוש פעמים על-ידי גלי חוף, שהרבידו שכבה של צדפים, חרסים שחוקים וחומר גס אחר. כל הרבדה כזו כוסתה בריצוף חדש, למעט האחרונה, ברום של כשני מטר מעל לפני הים, המכסה את כל המבנים של המאה השביעית לספירה. יתכן לראות בהצפות אלו עדויות לגלי צונאמי, כאשר האחרון שבהם יכול שהיה קשור ברעש הגדול של שנת 749 לספירה, או בגל הצונאמי המתועד, היסטורית, לשנת 746 (שלם, 1956: 167).

תחנה 6: החתך הסדימנטרי בנמל הפנימי והבארות שנחפרו בו

החפירות בתחומי הנמל הפנימי כוללות רצף שלבי ישוב מהמאות 6–12 לספירה. השלבים הקדומים יותר (ביזאנטיים ואומאיים) נבנו על גבי הרבדות חוף חוליות ונפגעו על ידי הצפות גלים מקריות, שנשנו מספר פעמים (צונאמי?). מקור חופי זה "נעלם" מאמצע המאה ה-8 ואילך. את מקומו תופסות הרבדות "יבשתיות", בעיקר מילויים מלאכותיים להגבהת מפלסי רצפות ורחובות. עיקר המבנים שבשטח הינם מתקני מים: בארות, בורות שיקוע, תעלות ניקוז ומאגרים תת-קרקעיים (רבן ואחרים, 1993: 15–41). בין אלה חשובות הבארות, במיוחד אלו שניתן לזהות את מפלס ותאריך פני השטח שממנו נחפרו. בסיסן של אותן בארות והתיחסותו למפלס מי התהום מאפשר לשחזר שינויים מפלס זה בציר הזמן. כך, למשל, נראה כי הבארות מהתקופה הטולונית (סביב 900 לספירה) הינן הרדודות ביותר, בעוד אלו שהיו בשימוש בתקופה הצלבנית (מאה 13 לספירה) הן העמוקות ביותר.

תחנות 7–8: תעלות השטיפה

לפחות שתי תעלות שטיפה ליצירת מערכת סיחורר בבריכות הנמל ההרודיאני ניתנות לזיהוי כיום. האחת מצויה בקצה המערבי של המזח החדש, חצובה בסלע הכורכר שבראש הכף של "מצודת הנמל" (רבן ואחרים, 1976: 157, 77; Raban, 1989). לתעלה זו היו שתי מחיצות עץ לויסות זרימת מי הגלים, שחדרו לתוכה מדרום-מערב, מעל מפתן ברום של כ-40 ס"מ מעל מפלס פני הים, כיום. רום זה תואם את הנדרש להפעלת מערכת שכזו גם במצב הנוכחי. צמד תעלות נוספות נחשף בחפירות שמדרום ומדרום-מזרח לתוואי הרציף היצוק של בריכת הנמל הפנימי. תעלות אלו ניוונו משטף המשברים שבחוף הדרומי ונבנו מיציקת בטון ימי. שטף המשברים הזרים מים במעלה התעלות, עד לרום של יותר ממטר מעל למפלס פני הים. בנקודה זו היתה בריכת שיקוע ומכאן זרמו המים בעורפו של הרציף אל חלקה המזרחי, הפנימי ביותר, של בריכת הנמל הפנימית (רבן ואחרים, 1993: 25). תוואי התעלות ומפלסן תואמים היטב את יחסי הים/יבשה של ימינו. התעלות נסתמו,

במכוון, בחומר שנכרה מקרקעית בריכת הנמל הפנימית. חומר זה הינו תערובת של חרסית כהה, דקת גרגר, שפע צדפות "אוסטראות", חרסים ומטבעות, שהמאוחרת שבהן מתוארכת לשנת 206 לספירה. נראה שבאותו זמן התיאשו תושבי קיסריה מהאפשרות להסתייע במערכת השטיפה כאמצעי יעיל למניעת הצטברות סחף וחול בבריכת הנמל.

תחנות 9–11: העיר שמדרום לחומה הצלבנית

מדרום לחומת העיר הצלבנית, סמוך לחוף הים, נשלמת חשיפת מכלולי בניה מהתקופה הביזאנטית. מכלולים אלו ניטשו במאה השישית והשטח הפך בהמשך לגן שלחין, שקיבל את מימיו מבארות רבות. גן זה נעזב, כנראה, כבר במאה השביעית, או בראשית המאה התשיעית, ומערכות ההשקיה כוסו בשכבת חול איאולי. על גבי שכבה זו הורבדו שפכים עבים (עד 5–6 מטר) של חול מעורב בצדפים ושברים גדולים של כלי חרס מצופים בפאונה ימית, אשר ניכרו, קרוב לודאי, מקרקעית בריכת הנמל התיכונה, תוך מאמץ להעמיק ולהשמישו מחדש (Raban, 1993: 6). על גבי גבעות מלאכותיות אלו נמצאה שכבה של חומר מעורב, הכולל חרסית, חול ונעמיות, ללא שיכוב ממויין. שכבה זו נמצאה ברום של עד 12 מטר מעל פני הים, במערב, ומצפה את פני השטח הנמוכים יותר במזרח. הערוב חסר המיון (למעט פני שטח שמהם נשטף המרכיב הדק, על-ידי מי הגשמים, כך שנותרה שכבת צדפים בלבד) מעיד על מקור מלאכותי והרבדה מכוונת בידי האדם. הנחה זו מקבלת חיזוק בשל הזיקה ההדוקה בין רבדים אלה ושדות קברים. בכל מקום בו מצויה תערובת מיוחדת זו חפורים לתוכה קברים. הקדומים שבהם מתוארכים למאה ה-10 לספירה, חלק ניכר – לתקופה הצלבנית. ואחרים – עד למאות השנים האחרונות. ריבוי הנעמיות בשכבה עליונה זו (ראה טומס ובוויס אצל רבן ואחרים, 1993: 70–71) הביאו בשעתו את ניב וחבריו לראות כאן עדות חד-משמעית לאישוש תאוריית ה"יו-יו" (Neev et al., 1987). עם זאת, ממצאי החפירות באתר (Hollum et al., in Vann 1992: 98–100), בפרט אלו של השנתיים האחרונות, מוכיחים מעל כל ספק את מקורם המלאכותי של הרבדות אלו ואת תרומתו המרכזית של האדם ביצירת מקורות "מוסתיים" להרבדות של חומר ממוצא ימי במפלסים אליהם לא הגיעו מי הים בעידן ההיסטורי.

מראי מקומות

- פורת, י., 1990. הצינורות של מערכת אספקת המים בקיסריה. עתיקות, 10: 101–110.
- רבן, א., 1991. סיור 3–4: עדויות לשינויים אנכיים ביחסי ים-יבשה מאתרים ארכיאולוגיים. מדריך סיורים. כנס החברה הגיאולוגית, עכו: 117–137.
- רבן, א., 1994. חידושים בחקר קיסריה ונמליה. ג. ברקאי וא. שילר (עורכים), חוברת המאה של אריאל, חלק ב', 102–103; 119–134.
- רבן, א., 1995. קיסריה הביזאנטית – עיר אחרת בקו חוף אחר. מכמנים, 8. מוזיאון הכט, אוניברסיטת חיפה.
- רבן, א., הולום, ק., בלייקלי, ג', 1993. המשלחת המשולבת לחפירות קיסריה, עונת חפירות 1992, דין וחשבון ראשוני. אוניברסיטת חיפה.

- רבן, א., טור-כספא, י., אדלר, א., סיון, א., קפלן, ג., 1976. מחקר ארכיאולוגי-ימי בקיסריה, איתור עדויות לשינויי מפלס ים על ידי חקירת מבנים קדומים. החברה ליישום והמרכז ללימודים, אוניברסיטת חיפה. מחקר יישומי לחברת החשמל, 76/2.
- שלם, נ., 1956. על נחשולי ים סיסמיים (צונאמים) במזרח הים התיכון. ידיעות החברה לחקירת אי"י ועתיקותיה, כרך כ': 159–170.
- Ben-Menahem, A., Nur, A. and Vered, M., 1976. Tectonics, seismicity and structure of the Afro-Eurasian junction — the breaking of an incoherent plate. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 12: 1–50.
- Carmel, Z., Inman, D.L. and Golik, A., 1985. Directional wave measurement at Haifa, Israel, and sediment transport along the Nile littoral cell. *Coastal. Eng.*, 9:21–36.
- Inman, D.L., 1978. The impact of coastal structures on shorelines. *Coastal Zone '78 Symposium ASCE/San Francisco*, 2265–2272.
- Kallner-Amiran, D.J.K., 1950. A revised earthquake-catalogue of Palestine. *Israel Explor. J.*, 1: 223–246.
- Neev, D., Bakler, N., Emery, K.O., 1987. *Mediterranean Coasts of Israel and Sinai, Holocene Tectonism from Geology, Geophysics and Archaeology*. New York, Taylor & Francis.
- Nir, Y., 1985. The destruction of the Roman high level aqueduct in Harbor Archaeology. Editor: A. Raban. *Brit. Archaeol. Rep. Int. Ser.* 257, Oxford, pp. 185–194.
- Oleson, J.P., Hohlfelder, R.L., Raban, A., and Vann, R.L., 1984. The Caesarea ancient harbor excavation project (C.A.H.E.P.), preliminary report on the 1980–1983 seasons). *J. Field Archaeol.*, 11: 281–305.
- Raban, A., 1989. The site and the excavation, in: *The Harbors of Caesarea Maritima*. Editor: J.P. Oleson, *Brit. Archaeol. Rep. Int. Series* 491, Oxford, 518 pp.
- Raban, A., 1992. Sebastos: the royal harbor at Caesarea Maritima — a short-lived giant. *Intr. Jour. of Nautical Archaeology*, 21: 111–124.
- Raban, A., 1993. New Evidence for Recent Changes in Land/Sea Relations from the Shores of Caesarea, in: *ג. גליל וי. מרט, עורכים: קובץ תקצירי הרצאות שנשא ביום Shores of Caesarea*, העיון החמישי בנושא שולי היבשת הים-תיכוניים של ישראל, חיפה: 4–10.
- Reifenberg, A., 1950. Caesarea, a study in the decline of a town. *Israel Exploration J.*, 1: 20–32.
- Vann, R.L. (ed.), 1992. *Caesarea Papers. Journal of Roman Archaeology Suppl. series, No. 5*, Ann Arbor.

The Geological Society of Israel thanks the following for their contributions:

Delek, Israel Fuel Corporation Ltd.
Geological Survey of Israel
The Institute for Petroleum Research and Geophysics
Israel National Oil Company Ltd. (INOC)
Israel Chemicals Limited
“Lapidoth” Israel Oil Prospectors Corp. Ltd.
Zikhron Ya’aqov Municipality
Ministry of Energy and Infrastructure
Naptha Israel Petroleum Corp. Ltd.

Geological Society Committee 1994/1995

Barbo Lang — President
Yaacov Arkin — Vice-President
Mark Goldman — Secretary
Lucian Michaeli — Treasurer
Dov Avigad — Activities Coordinator
Francis Hirsch — Member
Yoetz Deutsch — Member
Rivka Amit — Member

Dov Ginzberg, Manager, Scientific Fund in the name of the late Dr. Peretz Grader

The Geological Society of Israel thanks the field trip leaders and members who assisted in preparing the Field Trip Guide and Abstract Book

Typesetting and Production — Laser Pages Publishing (1992) Ltd.



ISRAEL GEOLOGICAL SOCIETY
ANNUAL MEETING ZIKHRON YA'AQOV

FIELD TRIPS GUIDEBOOK

EDITOR:

Ya'acov Arkin

Geological Survey of Israel, Jerusalem

20-22 MARCH 1995



החברה הגיאולוגית הישראלית
Israel Geological Society

Annual Meeting



זכרון יעקב, תשנ"ה
נגו כרמל, 1995
בגן
החברה הגיאולוגית הישראלית

Zikhron Ya'aqov, 1995

Field Trips
Guidebook