

סיר טס' 1. מצוק ההעתיקים של ים המלח בהדרכת יעקב ארקין, המכון הגיאולוגי, נפתלי שליין חברת חנ"ה וארנון חרש, חברת תה"ל. הסיור יכלול סקירה של קדוחי גורים וצוק-תמרור, עקטוני-קח צעירה במצוק ההעתיקים ופרוייקט תעלת הימים.

סיר גיאולוגי לקדוחי הנפט בבקעת התרורים - נפתלי שליין

א. תחנה ראשונה - ליד קדוח הנפט הנתוש של גורים 2.

הרצאה ראשונה - הטבנה הגיאולוגי של גורים (20 דקות)

הטבנה של גורים, נמצא כ- 7 ק"מ דרוםית-מזרחית לעיר ערד, בצפון ומערב גובל בשורה של מונג-קלינות נדולות כגון "הקנאים" (12 ק"מ צפונה) "כידוד" (13 ק"מ צפון-מערב) "זוהר" (2.5 ק"מ מערבה).

במבנים אלה נמצא נז, נפט ואספלט באופקים שונים.

הטבנה של גורים נמצא בתוך בקעת התרורים והטבנה הטורוני אומר ע"י 17 קדוחי טבנה רדודים שחדרו דרך סלעי הסנון לגב הטורון. אזור הטבנה מכוסה על ידי תצורות מנוחה, מישש וחתרורים. טבנה גורים הוא טבנה קטן מאוד אפילו על בסיס מפת נג טורון. אורכו כ- 4 ק"מ ורוחבו כ- 2 ק"מ. כיוון צירו הוא צפון-דרום, כאשר היא הטבנה הטורוני מצוי בסביבות קדוח הטבנה G.C.1.

2 קדוחים עמוקים כבר נקדחו בעבר בטבנה זה: גורים 2 (לתצורת שריף) וגורים 3 (לתצורת ארדון). בגורים 2 נמצאו סמני נפט ונז לא מסחריים והוא ננטש ו"גורים 3" הפיק נפט ומים בתצורת אנמר וגז מתצורת זוהר.

כדי לאתר את גודל הטבנה התת-קרקעי בתצורות עמוקות (טגיל יורא-תחתון טריאס), לאתר העתיקים עתיקים ולאמת קיום העתק הפוך בדרום-מזרח נעשה חתך סייסטי בקטע הכביש צומת כביש ערד-אילת צוק-תמרור. למרות איכותו הנרועה של הקו הסייסמי אפשר להבחין בשני העתיקים נורמליים בכיוון צפון-מזרח-דרום-מערב באזור היא הטבנה ובהעתק הפוך בדרום-מזרח. קדוח גורים 4 שנקדח לאחרונה, חדר כנראה את העתיקים שחוצים את מרכז הטבנה.

ב. תחנה שניה - הנבעה הטורונית בין קדוח צוק-תמרור 1 ו-2.

הרצאה שניה - התפתחות מלכודות נפט בחתך הטריאסי של קדוח צוק תמרור (45 דקות).

הנפט הקל שהתגלה ב- 1981 בקדוח צוק-תמרור 1 מהווה את התגלית הראשונה של נפט מסחרי קל באזור הנגב כולו. לראשונה נקדח בנגב קדוח נפט למטרות טריאסיות-פליאוזואיות במרחק רב (כ- 4 ק"מ) משיא הטבנה הטורוני. הטבנה הטורוני חקטן של צוק תמרור נמצא בשפוליה המזרחיים של בקעת התרורים. הוא מכוסה בגיריס ובקרטונים מתצורות טורוניות בחלקו המזרחי ועל ידי תצורות מנוחה ומישש במערב.

מחקר שנערך באזור הנגב המזרחי הראה שהמבנים הצעירים שונים מהמבנים העתיקים (מגיל יורא תחתון-טריאס). עבודה זו נעשתה על בסיס הקידוחים העמוקים והמיפוי האזורי של פני השטח. לאחר הקדוח הראשון נעשתה עבודה גיאופיזית מקיפה באזור צוק תמרור שהראתה שהטבנה התת-קרקעי של תצורות טריאסיות-יוראסיות שונה מהמבנים הסגוניים טורוניים העתיקים רכים המחלקים את האזור לבלוקים ברובם והם העתיקים עתיקים.

באזור צוק-תמרור קיים בלוק מרכזי סאורן צפון-דרום. מבנה של פלטפורמה די שטוחה עם שינויי גבהים קטנים יחסית כאשר החלק הדרומי פורס יותר. כל האזור מהווה חלק מהמערכת של טבנה עתיק המכוסה ע"י סינקלינה סנונית גדולה של בקעת התרורים.

עקב הפעילות ההידרודינמית והשינויים הטקטוניים הרבים, המטרה המרכזית החיפושי נפט באזור חיתה למצוא מלכודות סטרטיגרפיות בחתך הטריאסי מתחת לטור של האופוריתים. מלכודות שתשפע-נה פחות מפעילות טקטונית וחדרודינמית.

ואמנם, הנפט נמצא בתוך עדשות חול של תצורת גוונים מגיל טדיאס. הנפט בעל איכות טובה, אך מאידך קיימת בעיה כיצד אפשר לאתר בעמיד את המשיכות נופי החול האלה. פיתוח שדה נפט באזור זה תלוי במידת ההצלחה לאתר מלכודות מסוג זה.

סיר טס' 1 - תחנה טס 3 סידקי טח צעירים בגרנן מצדה כין נחל יעלים ונחל מנר - י. ארקין.

הסדקים באזור מתחלקים לארבע קבוצות עיקריות:

1. העתיקים בכיוון 0.330.

Field Trip No. 1-DEAD SEA FAULT ESCARPMENT

סידור מסלול - מצוק ההעתקים של ים-המלח

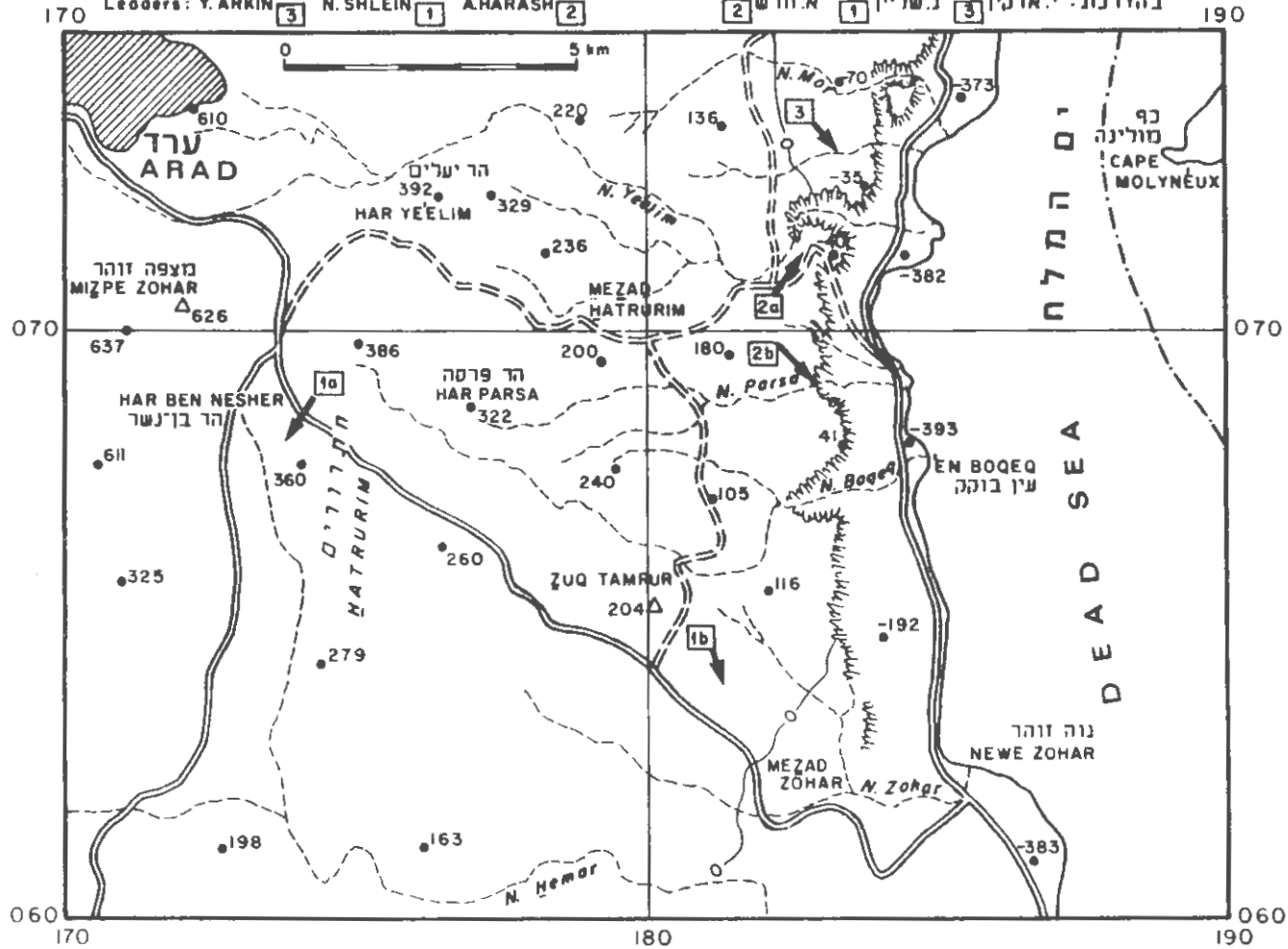
Wednesday 25.4.84

יום ד' 25.4.84

Leaders: Y. ARKIN

N. SHLEIN 1 AHARASH 2

בהדרכת: י. ארקין 3 נ. שליין 1 א. אהרש 2



Town  
עיר

NAHAL  
נחל

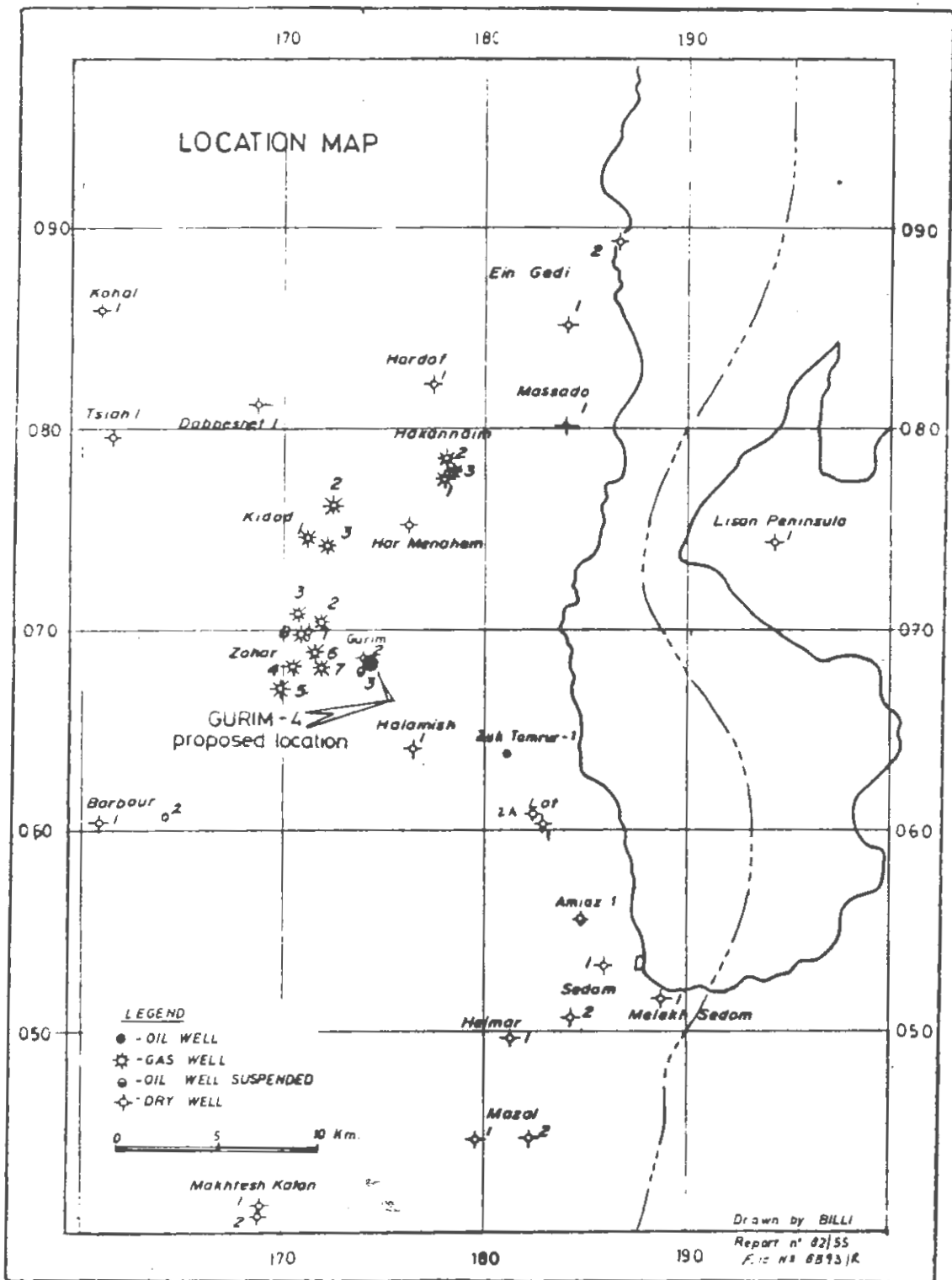
Paved road  
דרך סלולה

Track  
דרך עפר

Escarpment  
Cliffs  
מצוקים

Sea Level  
פני-ים

Field stops  
תחנות



העתקים אלה יוצרים את הנרבנים וההורסטים בגדה המערבית של ים המלח. הגושים הקטנים שביניהם, עוקבים אחרי הכיוונים הראשיים. ביטוי להעתקים אלה מתגלה כמצוקים בגבהים שונים ולעיתים קרובות ניתן לראות מישורי החלקה אנכיים אופקיים ואלכסוניים במשור ההעתק. ההעתקים בדרך כלל נורמליים עם העתקה של עשרות מטרים.

גלל העתקים אלה נחשב כקרום לסנון כאשר ההעתק מכוסה ע"י קרטון מנוחה מגיל סנון. פעילויות חוזרות, לאורך ההעתקים נראות ע"י העתקה של תצורות מנוחה ומישש. שינויים במערכת הניקוז והתנוחה של מישורים ניאומורפולוניים מדגישים את הפעילות החוזרת לאורך ההעתקים.

## 2. סדקים קודמים.

מערכת הסדקים קודמים באזור בתוך נרבן מצדה ובאזורם הסמוכים מתגלים כשתי מערכות. המערכת העיקרית נראית בכיוונים  $315^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  והמערכת המשנית בכיוונים  $60^{\circ}$ ,  $290^{\circ}$  ו- $356^{\circ}$ . סדקים אלה מתבלטים בחבורת יהודה ובתצורת מנוחה אשר מעליה. בחבורת יהודה הסדקים ברוחב של מספר מילימטרים, סגורים או לעיתים ממולאים ע"י קלציט. המרחקים בין הסדקים בדרך כלל בין 10-15 ס"מ. נמרחק זה פוחת ליד ההעתקים. הסדקים בתצורת מנוחה בדרך כלל ממולאים בקלציט של מספר דורות המיצורים עורקי קלציט אשר בדפנות העורקים ניתן להבחין במישורי החלקה.

## 3. כיוונים של החלקה מזרח-מערב.

ניתן להבחין בקירות נחל יעלים, נחל מור ונחל בוקק מישורי גזירה עם מישורי החלקה אופקיים. תנועה זו היא ימנית ולעיתים מעתיקה את ההעתקים והסדקים אשר לעיל.

## פרויקט ים התיכון ים המלח.

### קומפלקס תחנת הכח - הבטים גיאוטכניים - ארנון חרש, תה"ל, תל-אביב

קומפלקס תחנת הכח מורכב למעשה מאברים אחדים כדלקמן:

מאגרי ויסות, פיר לחץ, תחנת כח, מנהרת מוצא, תעלת מוצא, מנהרת שרות וגישה. המיקום הכללי של הקומפלקס בין נ. פרסה ל- נ. יעלים, הוכתב על ידי מציאות שטחים מתאימים למאגרי הויסות. השיקולים העיקריים לכך היו: א. רום קרקע בתחום  $+30$  ל-  $+80$  שנידרש ע"י התיכנון. ב. המט-עות משטחים מצוקיים, קשיי טלע. ג. מרחק תפעולי סביר מחוץ לים המלח.

בעקבות סקרים גיאוטכניים מקיפים, נבחרו שני משטחים אלטרנטיביים בתחומי המיקום הכללי הנ"ל, האחד צפוני לנ. יעלים והשני סמוך לנ. פרסה. הקריטריונים היו: א. מיקום בגבולות גוש רחב, יציב סטרוקטורלית, בתחומי במת החר ממערב למצוק ההעתקים; המנעות מאבני חול של קרטיקון תחתון כשהן מתחת למי תהום; ג. התאמה לצורה המרחבית הכללית של אברי הקומפלקס.

בהמשך לקידוח מחקר עמוק בכל שטח אלטרנטיבי, לתכנון הנדסי והערכת עלות, הועדף לבסוף אתר פרסה, שאכן נבחר כאתר התחנה.

הסיור יכלול שתי תחנות, שישקפו על שני האתרים האלטרנטיביים האמורים.

## שונות:

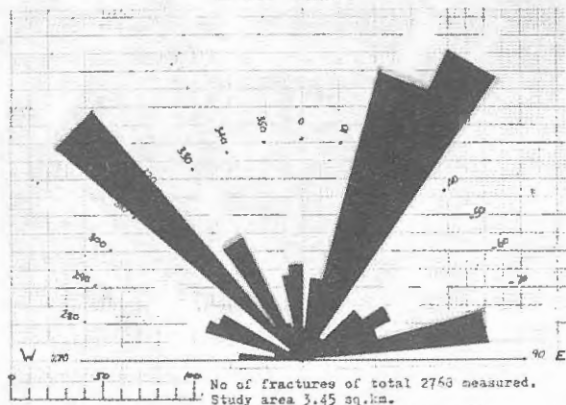
א. תחנת הכח תאוכסן בשני נקרות ברום כ- 7400, בתוך פרט חביון. הסלע השולט מורכב מחילרפיון ומטעברים בין אבני ניר, חוואר וקרטון.

ב. האפיון הבולט של מסת הסלע הינו חוזק בינוני ומבנה גושי בגלל השיכוך והסדוק האינטנסיביים.

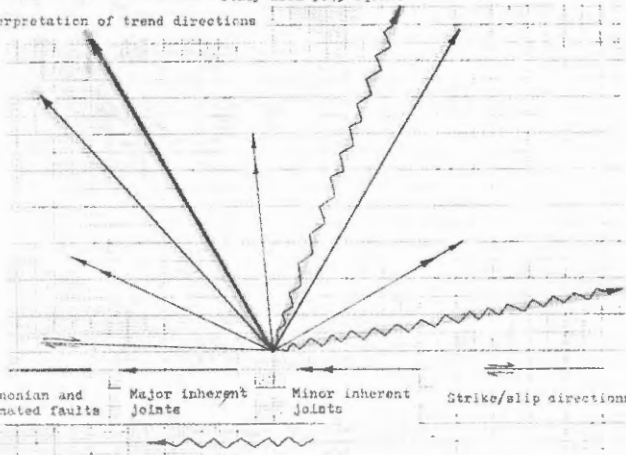
ג. מיפלט מי תהום שוכן כ- 50 מטר מעל תיקרת הנקרות. הפרמאביליות הינה בסדר גודל של  $10^{-5}$  ס"מ/שניה.

ד. פעילות מורפוטקטונית צעירה ניכרת בעיקר בתחום רצועה המתמשכת דרך מצוק ההעתקים המפריד בין הבקע לבין במת החר.

FRACTURE TRENDS ON WESTERN SIDE OF DEAD SEA  
MAGSADA GRAZEN

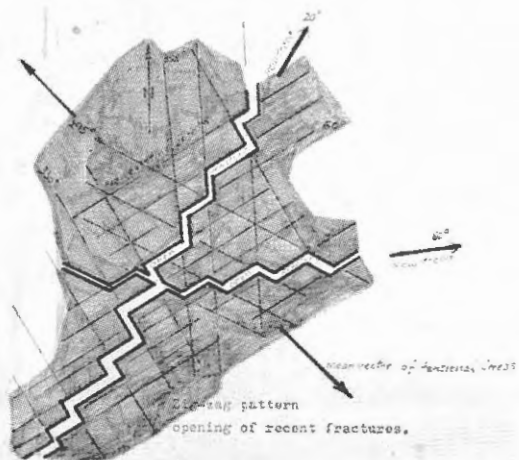


Interpretation of trend directions

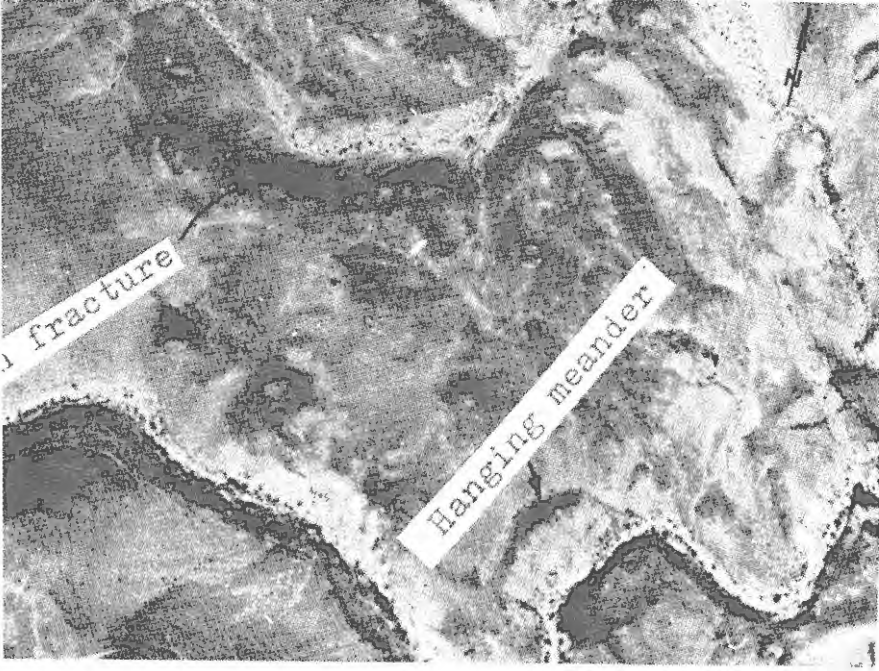


Pre-Senonian and rejuvenated faults    Major inherent joints    Minor inherent joints    Strike/slip directions

Recent open fractures



Zig-zag pattern opening of recent fractures.



סיוור מס. 2. לפוספטים סביב ערד ולקומפלקס חתרורים

בהדרכת אלי זהר, משרד האנרגיה והחשמית, יאיר שילוני, המכון הגיאולוגי ויהושע קולודני המחלקה לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית

קומפלקס חתרורים (בהדרכת יהושע קולודני)

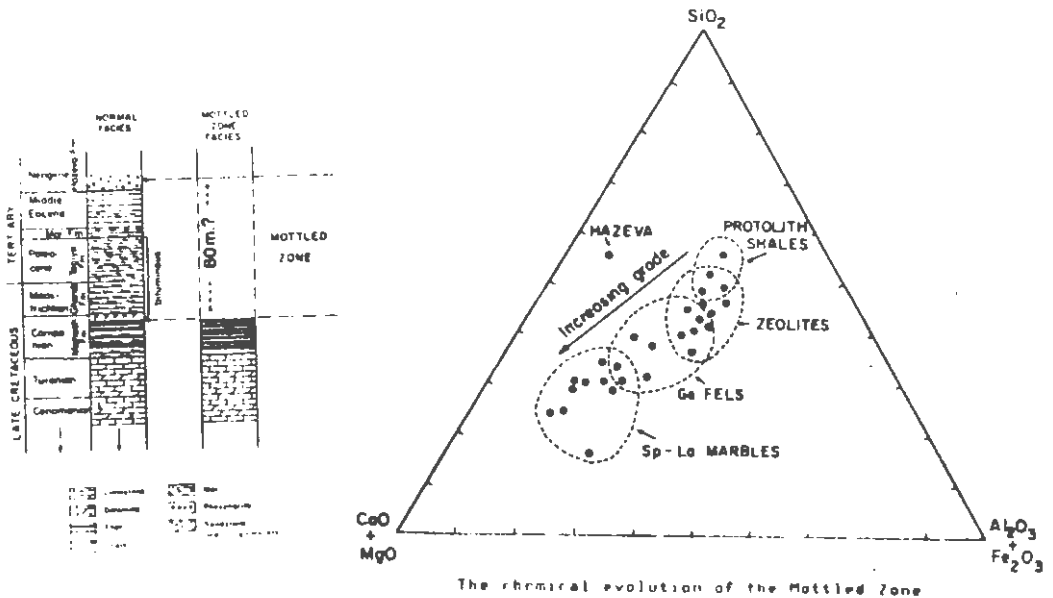
קומפלקס החתרורים (האזור המגוון) שבדרום ישראל ובירדן הוא סדרה של סלעים מטמורפיים המחאימה לפציאס סניציניט של מטמורפוזת מגע Gross 1977, Kolodny & Gross 1974, Matthews & Kolodny 1978 המינרלוגיה של סלעים אלו היא ברת השוואה מצד אחד לקלינקר של צמנט ומצד שני למוצרי הידרטציה של מלט. עיקרו של המטמורפיזם מאופיין בסדרה של ריאקציות דה-קרבוניזציה שהחלה בסלע מקור של גיר וחואר צורניים. הפרוטוליטיים העקריים הם סלעים מחצרות ע'רב וחקיה הסנוניות פליאוקניות. בעקבות המטמורפיזם של טמפרטורה גבוהה אשר בו הריאקציות העקריות היו כאמור של דה-קרבוניזציה ודה-הידרטציה בא השלב השני של "ארוץ החתרורים" אשר אופיין בעקרו בריאקציות הידרטציה ודה-הידרטציה פחמן, וספיחת סולפט. בשלב זה נוצרו עיקר העורקים בסלעי החתרורים.

מקור החום למטמורפיזם של החתרורים היה שריפה החומר הביטומני שבסלעי חצרות ע'רב וחקיה, כלומר אקוילנט טבעי של אוחו תהליך שאנו מנסים לחקותו בנצול פצלי השמן. הסימוכין העקריים במודל המתואר לעיל של "מאורץ החתרורים" הם במינרלוגיה של הסלעים והעורקים, ובאנליזה של איזוטופים של חמצן ופחמן בקרבונטים ובסיליקטים של סלעים אלו.

חארוך מאורץ החתרורים נעשה בשחי שיטוח: א) ע"י תארוך עקבות בקוע (fission tracks) על אפטיטים מטמורפיים מתקבל תארוך של  $13.6 \pm 2.0$  מ.ש. ב) המצאה מינרלים מטמורפיים במטריקס של קג"ל חצבה מעידה כי הארוץ היה פוסט-חצבה. תימוכין לתאריך הנאוגני של המאורץ המטמורפי מתקבלים גם ממחקרים פליאו-מגנטיים.

תאור מסלול חתרורים

בסיוור נרד בנחל יעלים דרך חתר של חצרות נצר-מנוחה-מישאש אל בסיס קומפלקס חתרורים. נראה פריזמות של חמום במגע שבין הסלע המטמורפי לסלע הסביבה. זו עדוה לא מינרלוגית לטמפ' גבוהה בקומפלקס. נמשיר בעיון בסלעים המטמורפיים אל קג"ל חצבה מטמורפי המשש כעדות לתארוך הארוץ.



The chemical evolution of the Mottled Zone

## סיור להכרת הגיאולוגיה של מרבץ הפוספטים בבקעת ערד

א. זוהר\*, י. שילוני\*\*  
\*משרד האנרגיה והתשתית  
\*\*המכון הגיאולוגי

בהקשר לאיתור הפוספוריט הכלכלי בבקעת ערד (זוהר, שילוני, ואמוש, 1983) נבדקו ומופו היחידות הכאות (ציור 1):

החלק התחתון של תצורת מישאש והמונת מעל תצורת מנותה כולל חוואר פוספטי לסירוגין עם שכבות צור דקות (5-2 מ') ומעליו שכבות צור ברקציוזי-מסיבי" (בעובי של 15-25 מ').

בחלק העליון של תצורת מישאש ("הסדרה הפוספטית") משוכבים לסירוגין סלעים פוספטיים ופורצלניטיים, שכבות של פוספט מצורר, בולבוסי גיר מגדלים שונים ושכבות של פוספוריט כלכלי (20-35% תחמוצת זרחן).

מעל תצורת מישאש מונחות שכבות מתצורת ע'רב טקיה ואיאוקן (תל ערד ובקעת הקנאים) ובאי התאמה שכבות של קונגלומרט מלוכד (חרבת ראדום) חול וחלוקי צור יבוא (ערד) כנראה ניאוגניים. שכבות של נארי עם חלוקי צור ו/או שכבת לס בעובי של כמה מטרים מכסות את רוב פני השטח בבקעה וממסכות את התמונה הגיאולוגית ברוב האזור.

בחלק מהבקעה קיימים אזורים נרחבים שבהם תצורות מישאש וע'רב מתותררות.

בתוך תחך "הסדרה הפוספטית" ניתן להצביע על שינויים פציאליים כדלקמן (ציור 2): באזור נחל צאלים העליון מכיל החתך שלוש שכבות פוספט מאיכות גבוהה ובעוביים מירביים וביניהם שכבות ביניים טפלות. בלפי מערב החתך הכולל מתעבה ואיכות שכבות הפוספט יודדת (נחל באר שבע). באזור התעשייה של ערד (כלפי מורדות האנטיקלינה של זוהר) ניתן להראות הצטמצמות של החתך, הופעה של פוספט נודולרי במעבר מהמישאש לע'רב וכן ריבוי תופעות לימוניטיזציה של המישאש והע'רב. באזורים המתותררים (נחל מרעית ונחל רחלים) הפוספט הוא בעל איכות ירודה.

בחלוקה הליטוטסטריגרפית של תצורת מישאש בבקעת ערד והמבנה המפורט של "הסדרה הפוספטית" באזור זה דומים בהופעתם לאזורים אחרים שנסקרו בעבר לפוספטים במזרחו של הנגב הצפוני.

בקעת ערד מהווה סינקלינה המחולקת בתת הקרקע, למעשה לשלוש תת סינקלינות ע"י מבנים אנטיקלינליים שהם המשכם של המבנים החשופים של דבשת-כסיפה וציה-תל כסף שכיוונם צפון-מזרח - דרום-מערב. נוסף לאלה יש מספר רב של מבנים קטנים משניים, דמויי כיפות בעלות גודל משתנה וכיוון שהוא שונה לעתים מהכיוון הרגיונלי. למבנים אלה ביטוי מורפולוגי אופייני. ניתן להניח כי שכבות הפוספוריט התחתונות שקעו על מדף יבשתי מתון ובלתי מופרע מבחינה טקטונית ולכן השתרעותן גדולה וגם עובי ואיכות השכבות אחידים ורציפים. השכבה העליונה, בה קיימים שינויים קיצוניים בעובי וטיב בהתאם למיקום הסטרוקטורלי נבנתה כנראה תוך כרי קימוט ובחלק מהאזורים הוסר חלק מהשכבה, הובל והושקע באגנים המשניים שנבנו והלכו בסוף תקופת הקמפן העליון.

ברכס כידוד ובאזור התעשייה נצפו תופעות שבירה מאוחרות הכוללות סדקי פתיחה ותופעות של התמוטטות השכבות העליונות לתוכן (ציור 3). קיימת אפשרות לקשר בין תופעות אלו לתופעות החתרו באזורים סמוכים.

### עבודת מצוטטת:

זחר, א., שילוני, י., ואמוש, ג., 1983. פוספטים ברי ניצול בבקעת ערד - כנס החברה הגיאולוגית בנצרת.





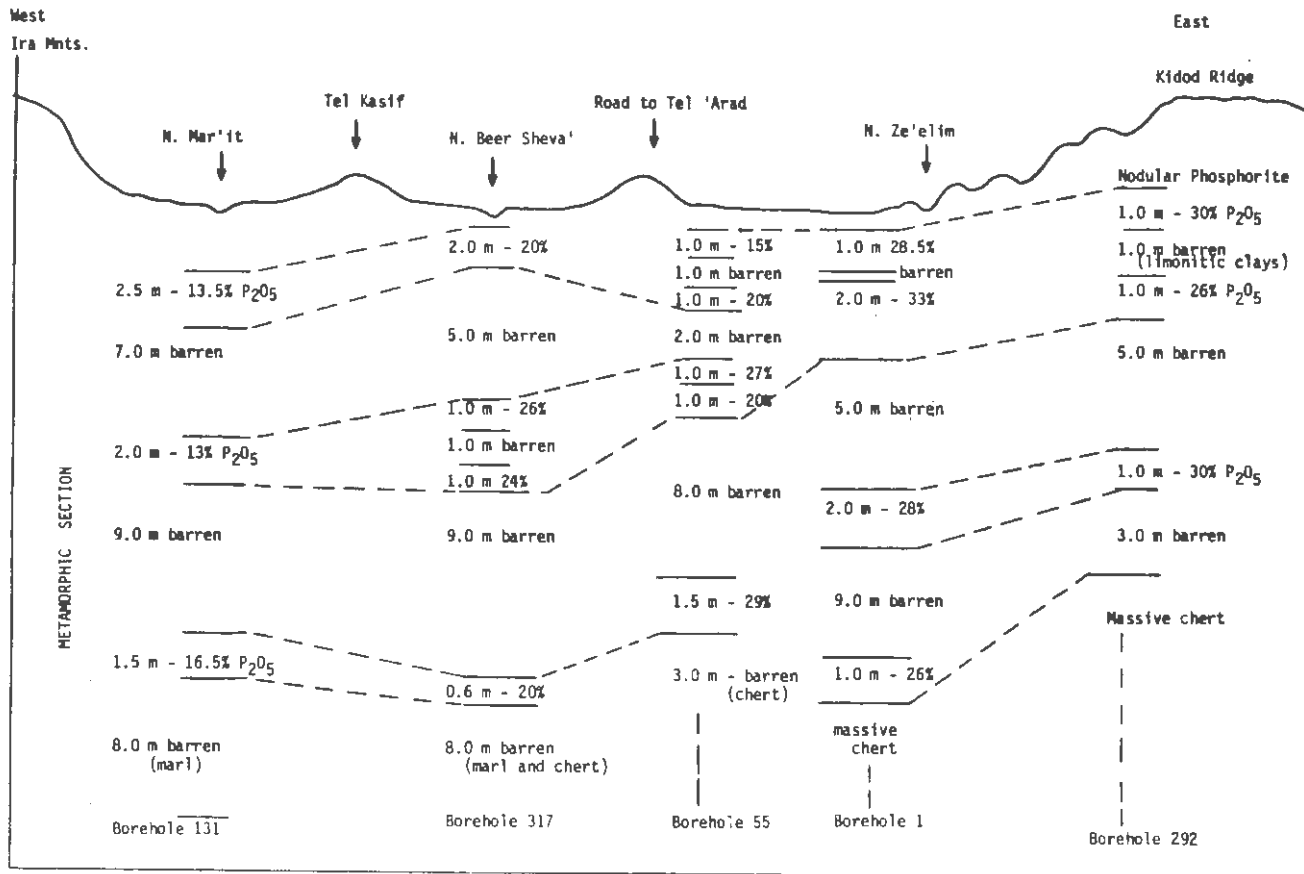
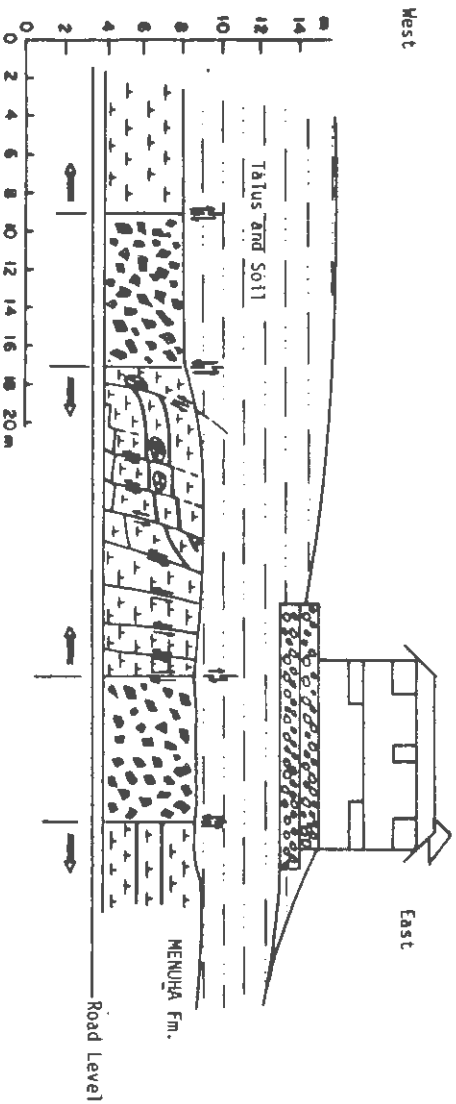


Figure 2 - Schematic cross-section of the 'Arad Valley showing facies changes of phosphorite beds

A. Schematic cross-section in coordinates: 1718/0748 (View towards North )



B. Schematic cross-section in coordinates 1686/0727 (View towards South)

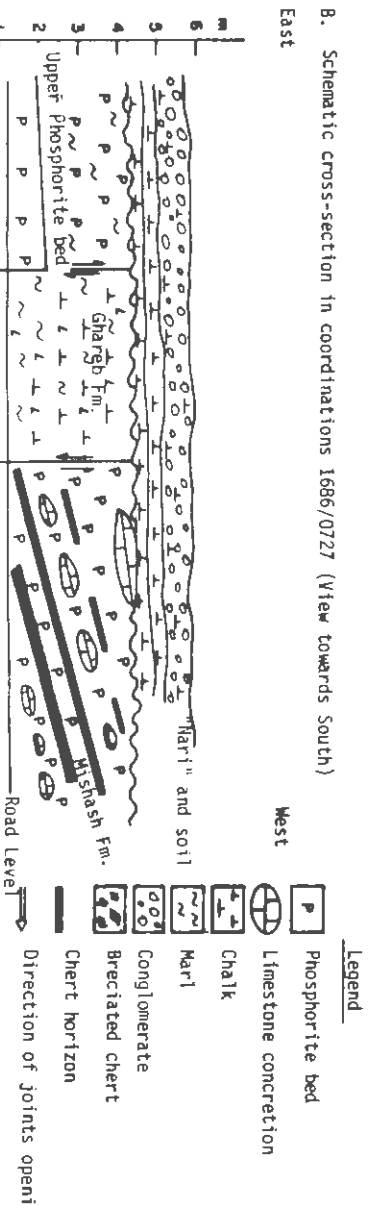


Figure 3 - (Prepared by S. Ilani)

סיוור מס' 3  
אזור התעקתה של בקעת קנאים וקניון נחל צאלים

א. גילת וא. רז  
המכון הגיאולוגי וקייבוץ עין גדי

הקדמה

מטרת הסיוור לסקור את הטקטוניקה של אזור התעקתה של בקעת קנאים, שהינו העתק תזוזה אפקית והנהווה חלק מקומפלקס גרובן הירדן, ותופעות דולומיטיזציה הקשורות בפעילות טקטונית מגיל נאוגן-קוורטר. העתק בקעת קנאים חת מקביל לבקע ים המלח, במרחק כ-10-8 ק"מ מערבה ממנו, וניתן להבחנה בחצלומי לויין כלינאמנט שאורכו עולה על 100 ק"מ (ציור 1). לאזור התעקתה היסטוריה המורכבת מהעתקה נורמלית (כנראה) בסנון המוקדם ומהעתקה אופקית שמאלית במיוקן-פלייסטוקן.

לאזור התעקתה של בקעת קנאים כיוון כללי צפון-דרום וממנו מסתעפים העתקי תזוזה אפקית בכיוון צ'י-צ'י-מע'. ההעתקים המסתעפים בעלי אורך 3-15 ק"מ כל אחד והם חוצים את מדבר יהודה (ציור 2). מגמת התעקתה האנכית משתנה על רוב ההעתקים והם יוצרים פלכסורות וסינקלינות יי"י. לעתים התעקת מוגדר ע"י מישור התעקתה אחד ולעתים על ידי אזור התעקתה המכיל מישורי גזירה רבים. העתקות אנכיות עד 300 מ' והסעות שמאליות הנעות בין 1,300-100 מ' נצפו. תופעות דולומיטיזציה של גיר טורוני ותופעות מינרליזציה הקשורות באזור התעקתה מיוחסות לגיל מיוקן-פלייסטוקן.

מטלול

מערך נוסעים לכיוון מזרח-צ'י-מז' לבקעת קנאים. בדרך עוברים את טור הסלעים הסנוני.

חחנה 1 (נ.צ. 1750/0795)

מבט על בקעת קנאים מהפלכסורה המערבית שלה. הפלכסורה נוצרה על ידי מספר העתקים מסתעפים שעל כל אחד כפיפה. ההעתקה נחשפת בעיקר בטור הקמפני ובמקומות שהיא חוצה גיר טורוני-דולומיטיזציה בקנה מידה גדול נראים. המטלול המזרחי של הבקעה נוצר על ידי הסתעפות מזרחית של אזור התעקתה. מידת ההעתקה האנכית שם 300 מ' (קירטון מגיל אאוקן תיכון מועתק מול מסלע טורוני). סימני החלקה תת אפקים נמצאו בנחל מנחם (1775/0756), אולם מידת התעקתה האופקית קטנה מכדי להיראות בפלכסורת זוהר. הגיר הטורוני לא עבר דולומיטיזציה כאן, ולכן כנראה שהעתקה התרחשה אחרי הדולומיטיזציה האינטנסיבית (בפלייסטוקן).

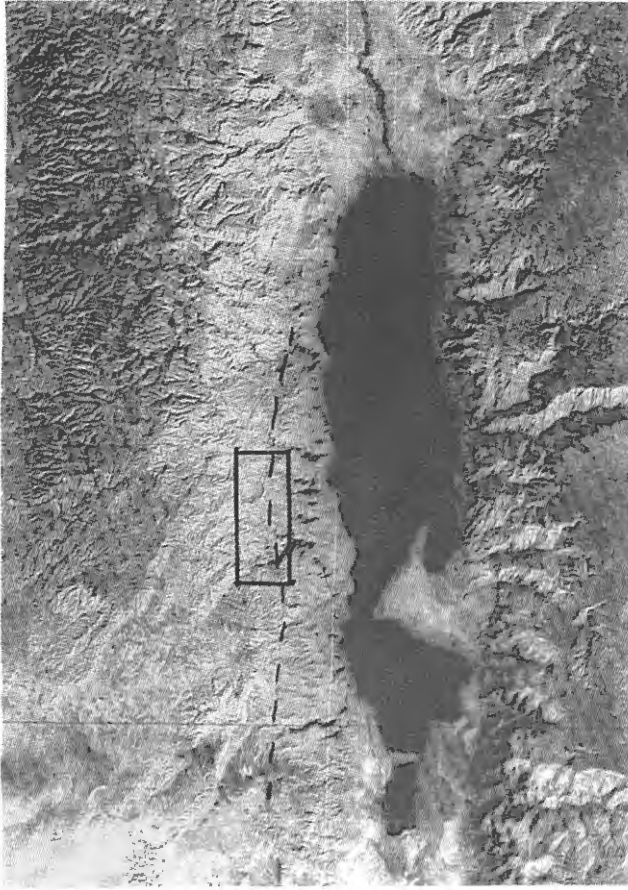
חחנה 2 (אופציונלית - נ.צ. 1765/0825)

מבט על קניון נחל צאלים ועל ההעתק העיקרי של אזור התעקתה של בקעת קנאים. נחל צפירה שהינו מסדר שלישי זורם לכיוון מזרח ובקרבת השבר בצורה "בלתי סבירה", פונה חזרה מערבה, לאחר מכן צפונה ורק בסוף שוב מזרחה ומצטרף לקניון. כל זה בהשפעת התנועה השמאלית על השבר.

חחנה 3 (נ.צ. 1764/0833)

מבט על נחל צאלים ועל חחך קנומן עליון-טורון שעבר דולומיטיזציה. ההעתק העיקרי של אורך ההעתקה של בקעת קנאים יוצר מטלול עם סימני החלקה גדולים אפקיים. העתקה שמאלית מצטברת בשיעור של לפחות 1.3 ק"מ (בשני שלבים) נמדדה על הסעות של שתי פלכסורות (זוהר-רחף וצאלים) ועל קבוצת נחלים שכיזונם מזרח-מערב. בדרך מצפון לחחנה מס' 1 ההעתק יוצר פלכסורה מול בלוק מורם (ציור 2), סינקלינת V (200 מ' מדרום לחחנה מס' 2), העתק נורמלי (צפונה עד לחחנה מס' 3), מצוק העתק שנראה הפוך (מבט צפונה מחחנה מס' 3) וגרובן קטן 1.3 ק"מ הלאה צפונה (נחל-בדר). כל המבנים האלה מציינים לחיצה ומתיחה המתחלפות ביניהן ומציינים העתק תזוזה אפקית.

בין הסטרוקטורות האחרות שכדאי להזכיר - סרקים קעורים גדולים, חת מקבילים להעתקה האנכית העיקרית ונראים בבירור מעל למפל הצפוני של קניון נחל צאלים (נ.צ. 1763/0837).



LEGEND

- Qana'im Valley fault zone
- Location of structural Map

Fig. 1. NASA ERTS photograph showing the Dead Sea Judean Desert, and adjacent areas (photo- E-1144-07430-702). Dashed line is Qana'im Valley fault zone, and outline is location of structural map.

תחנה מס' 4

עוזבים את כביש ערד-מצדה ממערב להר בן יאיר ומשם נוסעים לכיוון צפון-צפון-מזרח כשלושה ק"מ בשטח ובג'יפים עד מצפה גורני. הנסיעה היא על פני רמה שהיא גג חבורת יהודה עם גבעות מישאר של חבורת הר הצופים. לאורך הדרך חופעות של רולומיטיזציה אפיגנטית עם קונטרול סטרוקטורלי, ו"צלחות רולומיטי" מטיפוס "המכתשון" (ציור 3) אופיינית לטיפוס זה נטיח שכבוח מהמרכז לצדדיו וצורה כללית עגולה (להבדיל מטיפוס הקערון, ראה עמ' ).

מצפה גורני - (ציור מס' 4) - תצפית על הסטרוטיגורפיה של חבורת יהודה בקירות הקניונים: דגש על התיירות (wedging out) בפרט תמר ויחסים פאציאליים בינו לבין פרט אבנון. בעיות בקורלציה של חצורת ררורים. שוניות רודיסטים מדולמטות בתצורת שבטה ורולומיטיזציה אפיגנטית ריפרנציאלית בתצורת נצר. וכן תצפית על שבר צפצפה-גורני, הגורם לנחלים צפצפה, הרדוף וגורני לזרם בכיוון צפון-דרום ולהופעת המעינות עין צפצפה ועין נמר.

תחנה מס' 5 - מצדה מערב

מינרליזציה על שבר מצדה מערב. הופעת גבישי קלציט גדולים באסוציאציה קרובה עם דולומיטים אפיגנטיים ולעתים גם בריטים (גילת 1984), ידוע ממקומות רבים במרבר יהודה, במקום זה קים מחשוף של גבישי הקלציט המפותחים ביותר מהידוע עד כה, ראויים לציון מיוחד, הערכים הנמוכים של  $\delta^{18}O$  ו- $\delta^{13}C$  (7.7% ו-6.4% P.D. בהתאמה) בקלציטים אלה.

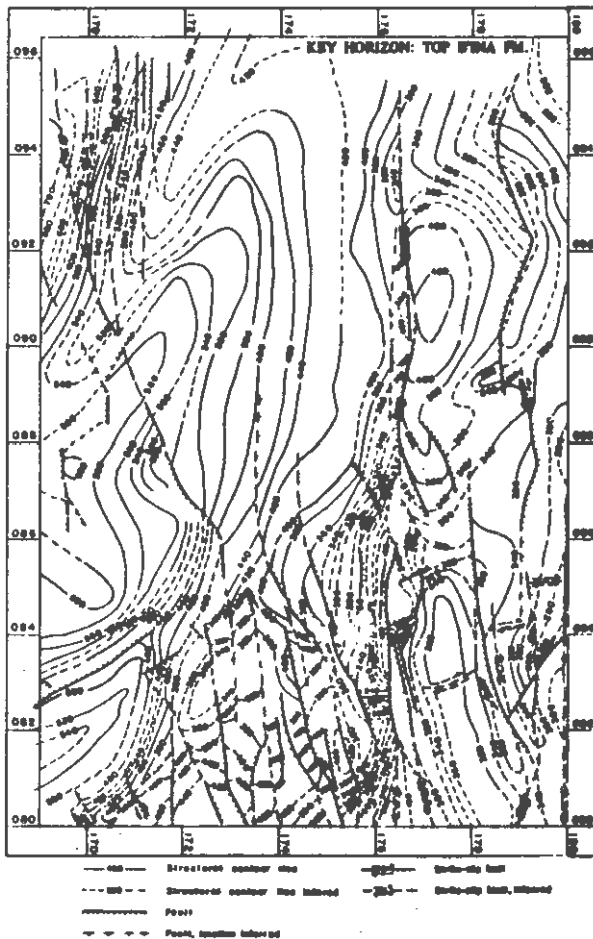


Fig. 2. Preliminary structural map of the Qana'im Valley field area.

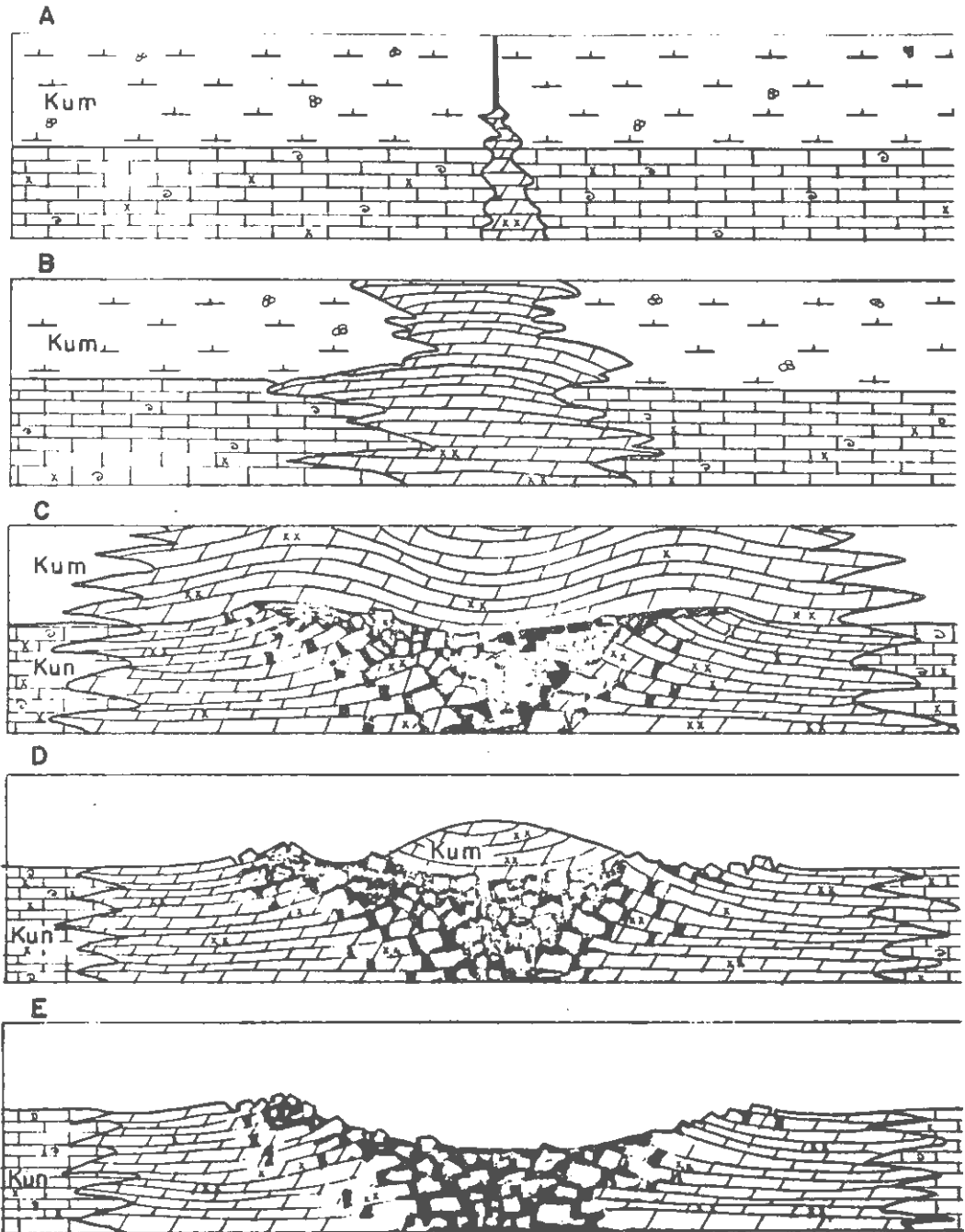


FIG. 3 : STAGES IN THE DEVELOPMENT OF A BOWL SHAPED DOLOMITIC SWELL.

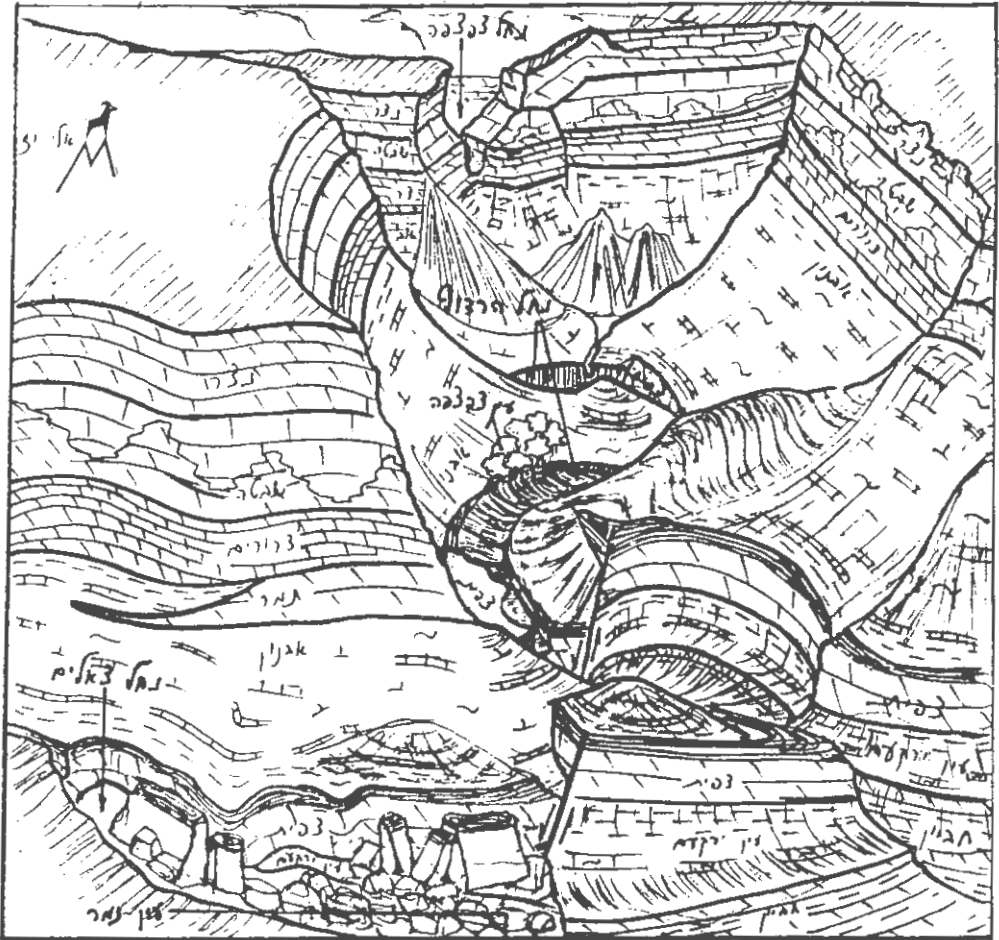


Fig. 4. View from Gorni: outlook northwards on Zafzafa-Gorni fault in lower Hardof Valley



בהדרכת אלי רוז, קבוץ עין גדי, יעקב ארקין, יעקב מימרן ואריה גילת מהמכון הגיאולוגי

בסיור יסקרו מצד אחד בעיות של סדימנטציה, גיאוטכניקה ודורמטציה של חוואר הלשון ומשקעי ים המלח הנוכחי, ומצד שני חופעות סטרטיגרפיה, טקטוניקה ומינרליזציה של צוק ההעתקים. הסיור יחחיל בנהל אשלים בדרום ויסיים במצפה שלם בצפון.

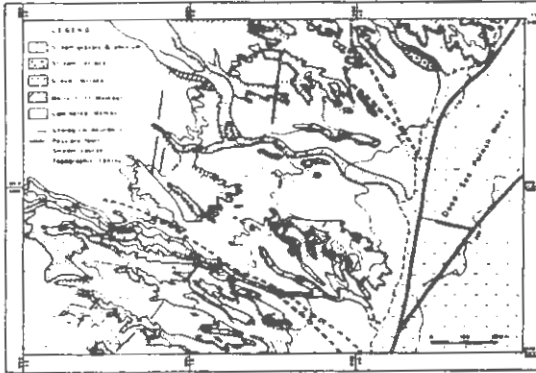
LISAN SEDIMENT POROSITY AND FOREWATER AS INDICATORS OF ORIGINAL LAKE LISAN COMPOSITION

STOP NO. 1

תחנה מס. 1

Ya'acov Arkin and Abraham Starinsky  
Current Research, 1981

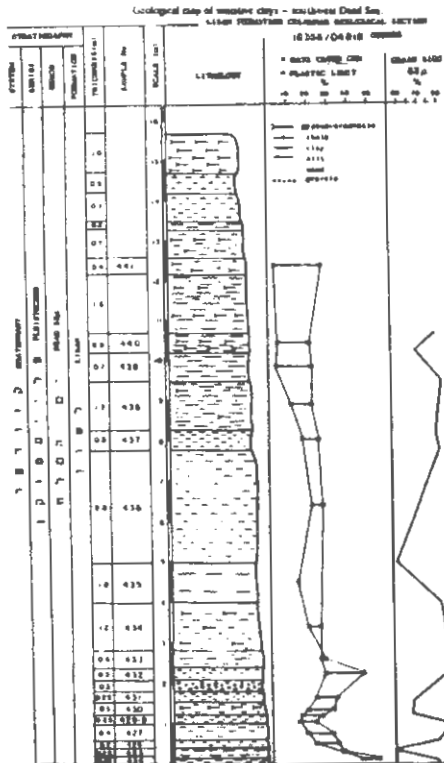
מול העלי ים המלח OPPOSITE DEAD SEA WORKS

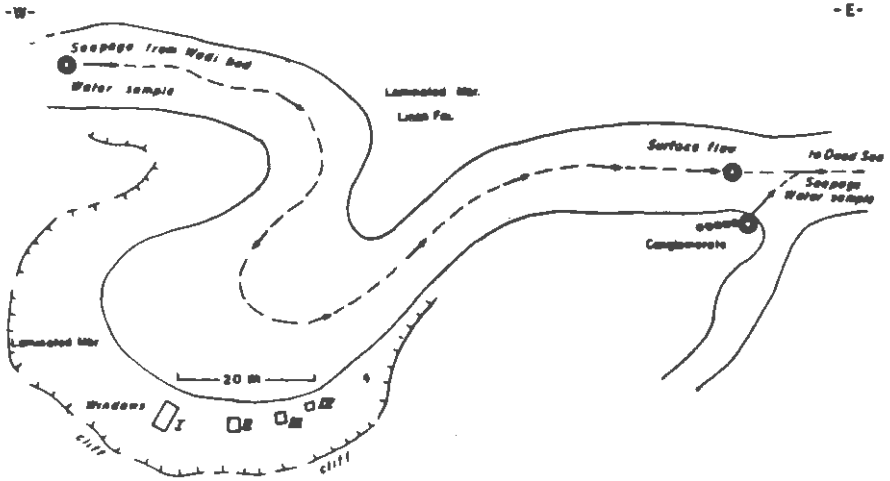


The present work considers the implications of the special conditions of sedimentation of the Laminated Member at the southern end of the Dead Sea in a facies containing underconsolidated sensitive clay (Arkin, 1980). The basic assumption underlying this study is that the degree of compaction of the Lisan Formation is low and that the entrapped porewater conforms to that in which the sediment was deposited. This assumption is supported by the physical characteristics, mineralogy, structure and porewater geochemistry of the Lisan Formation.

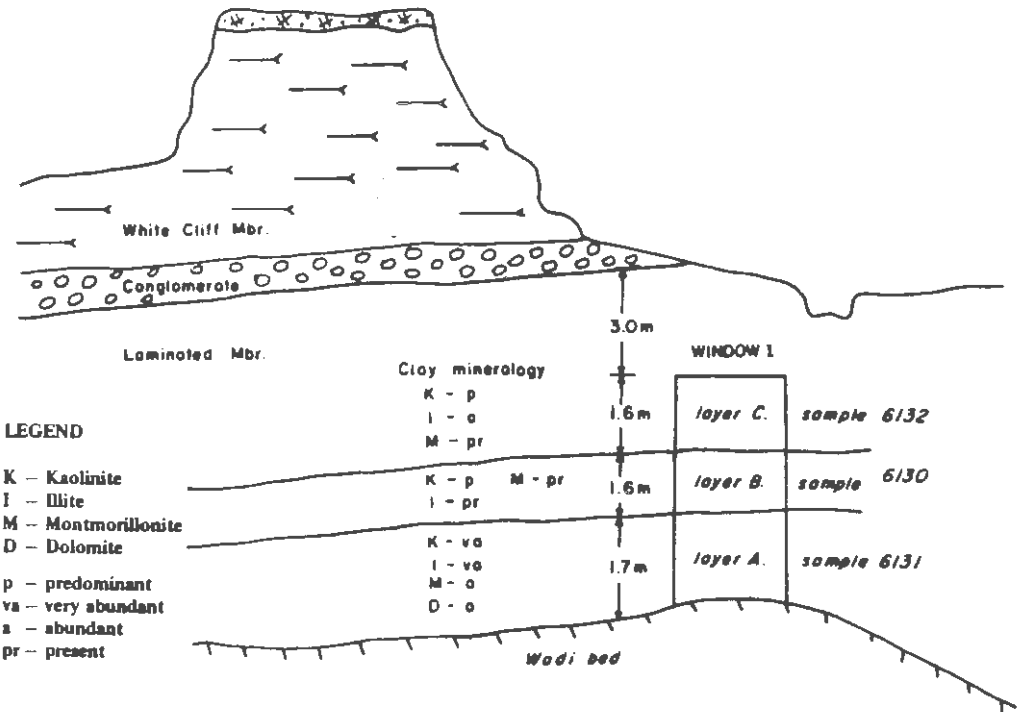
העבודה הנוכחית דנה במשמעויות של תנאי ההרבה המיוחדים של הפרט הלמינרי (החחחון) באזור דרום ים המלח, בפציאס המכיל חרסיות רגישות תת מאוששות

(underconsolidated sensitive clay). הנחת היסוד היא כי דרגת הקומפקציה של חצורה הלשון נמוכה ושמי הנקבים שנלכדו בטלעים מחאימים לגוף המים שממנו נרברו הסדימנטים. הנחה זו נחמכת על ידי התכונות הפיזיקליות, המינרלוגיות, הסטרקטורליות והגיאוכימיה של מי הנקבים.





Water sample locations - Lisan Formation.



Porewater sample locations - Lisan Formation.

Chemical composition of water types.

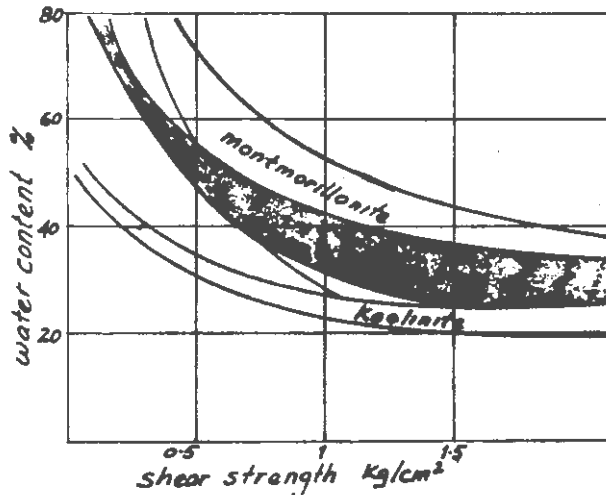
| Water Type     | Na/Cl | Ca/Mg | Br/Cl | K/Na      | T.D.S. (g/l) |
|----------------|-------|-------|-------|-----------|--------------|
| Pore water     | 0.60  | 0.60  | 0.006 | 0.05-0.08 | 40           |
| Seepage water  | 0.51  | 0.86  | 0.007 | 0.025     | 93           |
| Surface water  | 0.52  | 0.89  | 0.007 | 0.030     | 75           |
| Dead Sea water | 0.28  | 0.24  | 0.011 | 0.032     | 320          |

T.D.S. - Total Dissolved Solids.

Physical properties of Lisan clay.

| Sample | Natural Moisture % | Void Ratio | Bulk Density gm/cc | Dry Density gm/cc | Poros % n |
|--------|--------------------|------------|--------------------|-------------------|-----------|
| 6130B  | 33.6               | 0.89       | 1.88               | 1.41              | 47        |
| 6131A  | 30.5               | 0.81       | 1.92               | 1.47              | 45        |
| 6132C  | 20.8               | 0.55       | 2.02               | 1.71              | 36        |

Degree of saturation of samples ranges from 99.6 to 99.9%.



יעקב מימרן ויעקב קרץ'  
המכון הגיאולוגי

מקבצים מקומטים של למינות הבנויים מחילופין של ארגוניט וחואר, נחשפים בפרט הימצוק הלבן של חצורת הלשון בנחל פרצים. המקבצים המקומטים מובדלים על ידי סדרות למינריות חת אפקיות. האמפליטודה ואורך הגל של הקמטים משתנים בין סנטימטרים בוודים לכמטר אחד. הקמטים מראים התפתחות הדרגתית כלפי מעלה המסתיימת בגידוע חד (ציור 4). הסדרות המקומטות שומרות על עבין ועל אינטנסיביות הקימוט לאורך מרחקים קצרים כאשר הקימוט דועך ומופיע מחדש. נראה כי סגנון הקימוט, הסימטריה והאינטנסיביות תלויים בעובי שכבות הביניים של הלמינות בסדרה המקומטת ובעוביים היחסיים של למינות הארגוניט והלמינות החרסיתיות הכהות הקומפקטיות יותר. ברוב המקרים הקמטים אסימטריים ומלווים במקומות על ידי העתקים הפוכים מחוני זויט שיפוע. במקרה קיצוני אחד סדרה של העתקים כאלה, במבנה רעפים (imbricate) המלווים קימוט, מביאים יחד להתקצרות אפקית בשיעור של 70-80%. במקרים אחדים הקמטים הגדולים (1 מ' רוחב ויותר) "מצופים" מלמעלה על ידי סדרות למינריות דקות מקומטות באינטנסיביות בקמטים קטנים (כ-10 ס"מ רוחב). סדרות למינריות אלה לרוב גדועות על ידי מקבצים חת-אפקיים.

בחינת המרקם המיקרוסקופי של הלמינות הארגוניטיות מראה כי בהעדר דפורמציה הן בנויות מאגרגטים רדיאליים של מחטי ארגוניט ('צורת "פרחים"). כאשר הלמינות משתפכות בקימוט ניתן להבחין במספר שלבים עם התקדמות הדפורמציה. בתחילה מתקבלת קומפקציה ופירוק חלקי של פרחי הארגוניט; בשלב מתקדם יותר הקומפקציה נמשכת ורוב פרחי הארגוניט מתפרקים, ובשיא הדפורמציה מתפתחת אורינטציה מועדפת של המחטים האינדיבידואליות. כל שלבי הדפורמציה נצפו במדגמים לאורך אגפי קמטים, אולם באיזור צירי הקמטים (hinge) הלמינות מתעבות והמרקם נראה יותר מרווח, עם הדבה פרחי ארגוניט ששמרו על מבנם המקורי, ואורינטציה מועדפת נעדרת כמעט לחלוטין.



Fig. 4. Variability in style of deformation in successive bands of Epan

לאורך ים המלח

אלי רז, קבוץ עין גרי

כללי: בנטיעה לאורך כביש סדום-מצפה שלם מלווה אותנו מצוק ההעתקים ממערב, המחשופים הם של חבורת יהודה (ציור 5) והליתולוגיה דומה באופן כללי לזו המתוארת בחתכים הטפסיים (Arkin and Braun, 1965; Bentor and Vroman 1963) לאורך המסלול בולטים בעקר שנויי עובי ויחסי איצבוע בן הפרטים אבנון וחמר, אלה מצביעים על הפרה של אחידות התנאים בקנומן העליון, עם התפתחותו של אגן מקומי שמרכזו באזור נחל חבר וכוונו בערך דרום מערב. התפתחות זו גתמה ליצירת שתי סביבות השקעה שהתקיימו בו-זמנית לפחות חלק מן הזמן. באגן חבר שקע בחנאים בסינליים פרט אבנון ופרט חמר נעדר, ואלו בשוליו המוגבהים נגמרו התנאים הבסינליים מוקדם יותר (בדרום) או שלא בכל מקום נתקמו (נחל תצפון), ושם שקע במקביל הדולומיט הפנקונטמפורני של פרט חמר, לעתים ישירות על פרט צפית. תמונה זו תואמת את התמונה הרגיונלית של מרכז הארץ הידועה מחקירת יחידות אלה ומקבילותיהן, ובמיוחד מזכיר אגן חבר את אגן בית חרוון (דימנט, 1971; ליבנת, 1971).

החזקקות החתך הטורוני על כל יחידותיו כלפי דרום עשויה להתקשר לתנועות קמוט שגרמו לאי התאמה הזויחית המוכרת מצפונים הסמוכים לאזור העבודה מדרום, כגון כפת חמר בה עובי החתך הטורוני אינו עולה על 65 מ' וצור מישאש מונח באי התאמה זויחית על גבי תצורת נצר.

חחנה 3. שפך נחל חבר: נסיגת ים המלח תושפת סדימנטים צעירים שהם סירווגים של וורוות ארגוניט עם תרסיות ולעתים חול בעל גלונים. היחסים הכמותיים ביניהם משתנים גם בחתך וגם במרחב בהחאס לשנויים בטביבת ההשקעה. במפרצים חסויים מזרמים, גדול יותר החלק היחסי של התרסיות והוא נכרה ומשווק כבוץ דפואי. הסדימנטים הרכים שנחשפו לא מכבר נתונים לארוסיה חריפה החורצת בהם תלמים ותריצים שכוונם הוא כוון חזית הגלים. גלישות ואי התאמות נפוצות למדי ומזכירות את המוכר לנו מתצורת הלשון.

חחנה 4. חמי מזור: נמצאו שנויים קבועים בזמן בכימיה של המים במקומות הנביעה ובמפלי הנביעות, המעידים על השפעות ים המלח. מקובל שה- $H_2S$  שבמים, לפחות בחלקו, הוא פרי חזור בקטריאלי של  $SO_2$ . בשוליות שעליהן נקוים מים אלה נפוצות אצות פרו-קריטיות פוטוסינתטיות המבצלות את ה- $H_2S$  ומחמצנות אותו לגפרית אלמנטרית אוכלוסיות של אצות אלה, החיות ברובדים שונים של בית גדול זה, מכילים ציבענים שונים לצורך קליטה סלקטיבית של המיקטע המחאים להן בספקטרום של האור.

צומת מצוקי דדגות: בתחילת העליה למצוקי דדגות (מצפה שלם הישנה) יש עצמות גדולות של סלעים קלסטיים, בתצפית שטחית ניתן להבחין בהם שתי יחידות שונות, וביניהן אי התאמה ארוסיבית. היחידה התחתונה מלוכדת יותר שוב ואופיינית לה פטינה כהה, היא מצפה את רגלי מצוק ההעתקים אך איבה חודרת לקניונים, ולפיכך היא מוקדמת להם. היחידה העליונה אופיינית בעקר לפחחי נחלים ויש לה לעתים יחסי איצבוע עם תצורת ליסאן.

ואדי דדג'ה: תצפיות על דולומיטים אפיגנטיים בעלי קונטרול סטרוקטורלי עם דגש על צלחת דולומיט מטפוס "הקערון" (ציור 6). בטפוס זה (בנגוד לטפוס "המכחשון" נטיה השכבות היא מהצדדים למרכז, היא מוגבלת מעבריה ע"י קוי שבר או סרקים, היקפה החיצוני הוא מצולע עם הגבהה ועבוי נכר בפינות.

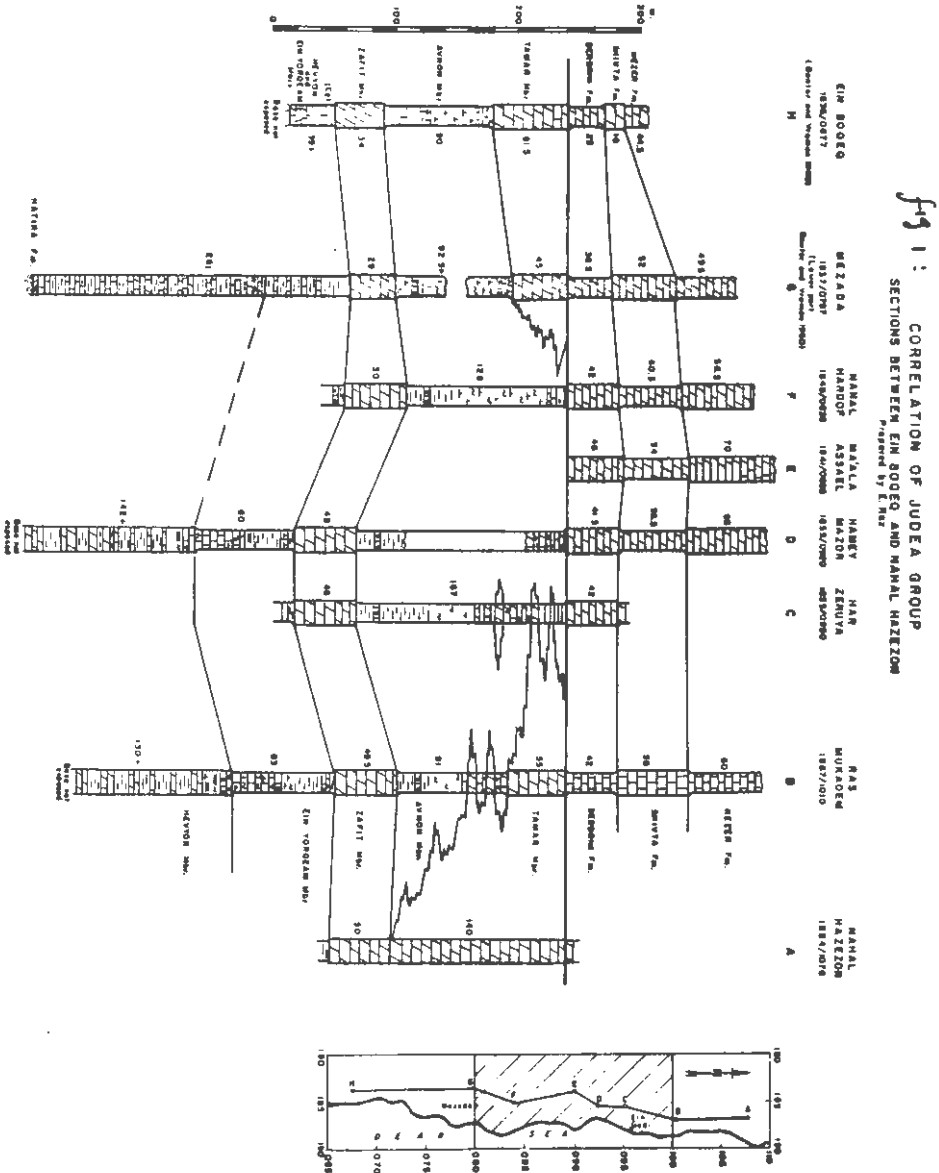
חחנה 5 - אזור מצפה שלם (נ.צ. 1864/1106)

מבט על קניון נחל דדגות שבו נחשפים החלק העליון של החתך הקנומן-טורוני ותלק מהחתך הסנטון-קמפני. ישנה כאן נקודת מפגש בין שני לינאמנטים עיקריים: בקעת קנאים ולוציפר-מצפה שלום - שינהם העתקי תודה אפקית. דולומיטיזציה ומינרליזציה המאוחרות לשינויים הדיאגנטיים של הגיר הטורוני:

- א. ביהרס שעבר דולומיטיזציה עם מגפאנה ומיקרופאונה שעברו המסה והשאירו דפוסים תלולים.
- ב. דולומיטיזציה של תצורת שבטה תוך שמירה מישורי השיכוב.
- ג. דולומיטיזציה אינטנסיבית של תצורת שבטה שניתן להבחין בה רק בשכבות חוואריות כאשר כל היתר הוחלפו לדולומיט מסיבי.
- ד. דולומיט משני המכיל בריט.
- ה. מילוי בריט משני במערות וחללים.
- ו. מינרליזציה צעירה העשירה במנגן ובנתרן כלורי. במקרים רבים ריכוז יסודות קורט שונים גבוה

תחנה 6 - אזור מצפה שלם (נ.צ. 1844/1113 - אופציונלית)

קירטון סנוני (תצורה מנוחה) עם עורקי קלציט-בריט עבים (עד 1.0-0.5 מ'). מינרליזציה זו של בריט מזכירה את מינרליזציה הבריט של מרבץ זעורה.



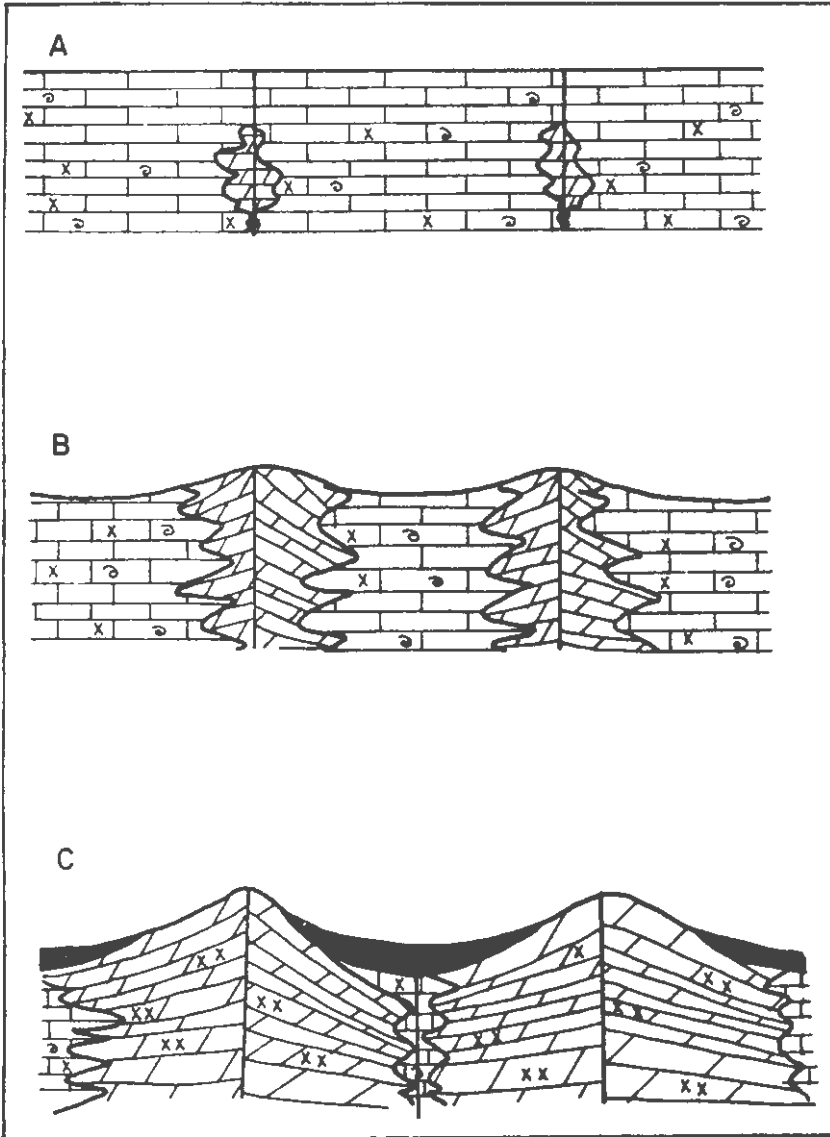


FIG. 2 : STAGES IN THE DEVELOPMENT OF A PSEUDOSYNCLINE DOLOMITIC SWELL.

סיור מס. 5 - מונוקלינת חצרה

בהדרכת זאב רכס, המחלקה לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית  
משה גולדברג, המכון הגיאולוגי, ירושלים  
ויגאל גרנות, בי"ס שרה, שדה בוקר

מבוא

הסיור מקרש לגיאולוגיה של מונוקלינת חצרה והטבע על פניה. הסיור כולל תצפיות במעלה עקרב, מצפה מכתש קטן, סיור במחשפי סלעי היורא, בדיקת שברונים בסלעי חצ' חצרה והתבוננות בצורת השכבות בכפיפה המונוקלינית במוצא המכתש. לאורך מסלול ההליכה (כ-10 ק"מ, קשי - בינוני), ישובצו תצפיות טבע ונוף בהדרכת יגאל גרנות.

- 1 - ראש מעלה עקרב. תצפית לאורך הכפיפה המונוקלינית, הדום הר-צין, הברך של מעלה עקרב, לינאמנט תצרה, מחשפי תצורת מזר.
- 2 - מצפה מכתש חצרה. שברים וקמטים בקירות המכתש, גלישות, סטרטיגרפיה.
- 3 - גלעין סלעי היורא (ראה תקציר למטה).
- 4 - מחשף שברונים בפרט חביון, חצ' חצרה באזור מוצא המכתש. הסטח מאובנים, כווני התקצרות וכווני מאמצים טקטוניים.
- 5 - מוצא המכתש. צורת השכבות במונוקלינה, כפוף קונצטרי, "נקעים", מקום השבר ההפוך.

המבנה של מונוקלינת חצרה

המונוקלינה של חצרה היא אחת מסדרת המונוקלינות של הנגב הצפוני, שהתפתחו בקצב נלתי קבוע מהסנון המקדם (בן תור ופרומן, 1960) ועד לניאוגן מאוחר (פליוקן?, ערן, 1982). במבנים אלו קומט ונשבר כל הטור הסטרטיגרפי כתוצאה מאינטראקציה בין שני תהליכים: א. התקצרות אפקית בכוון כללי מזרח-מערב ששולטת בארץ ישראל מהסנון המקדם ועד לניאוגן (Eyal & Reches, 1983) ב. תנועה על שברים הפוכים בחלק התחתון של הטור הסטרטיגרפי (סביר להניח כי גם התנועה זו נשלטה על ידי ההתקצרות האפקית). תהליכים טקטוניים אלו יצרו את טפוסים המבנים הבאים, שאת רובם נראה במהלך הסיור:

א. כפיפות מונוקליניות שהן אזורים בעלי נטיה חריפה לדרום-מזרח, המגבלים בציר אנטיקלינלי בראשם ציר סינקלינלי למרגלותיהם. בכפיפות הללו משתתף כל הטור הסטרטיגרפי שעוביו כ-5 ק"מ בנגב הצפוני. בחתכים סטרוקטורליים דרך הכפיפות מבחינים בקטעים שבהם השכבות כפופות בצורה קונצנטרית (מוצא מכתש חצרה) או בצורת "נקע" (kink band כמו בהדום הר צין). במפה מופיעות המונוקלינות כמבנים מארכים וישרים עם קטעי כפיפה ("ברכיים") קצרים המקמטים את המונוקלינות (מעלה עקרב למשל). התואי המארך הישר של המונוקלינות, קטעי הכפיפה השוברים את רציפותן, המקום והמראת בין המונוקלינות, מיוחסים כולם לתואי של השברים ההפוכים בחלק התחתון של הטור הסלעים המקומט. ככל הנראה שברים אלו עתיקים למונוקלינות וימכן ונוצרו במקורם כשברים נורמליים (Reches et al, 1981, Freund et al, 1975).

ב. קמטים פתוחים שציריהם משתרעים בכוון כללי צפון-דרום והם מרכבים על גבי הכפיפות המונוקליניות על גבי האזורים הסינקלינליים (רוודר, 1978) או באזורים הגבוהים של המונוקלינות (בן-תור ופרומן, 1962) אורך הגל של קמטים אלו הוא מ-0.5 ק"מ ועד כ-3 ק"מ, אורכם עד כ-10 ק"מ והמשרעת שלהם עד כ-100 מ'. בקמטים אלו משתתף כנראה רק חלק קטן של הטור הסטרטיגרפי והם מבטאים את כניעת השכבות להתקצרות מזרח-מערב (ללא קשר פשוט אל כווני השברים ההפוכים).

ג. שברים, בדרך כלל נורמליים, בעלי כוון הסטרייק בין  $310^{\circ}$ - $270^{\circ}$ , התנועה עליהם עד כ-100 מ' וארכם אינו עולה על קילומטרים ספורים (מכתש חצרה). שברים אלו בדומה לקמטים הפתוחים מסעיף ב', אינם חודרים לעומק רק והם מבטאים התארכות בכוון צפ'-דר' עד צפ'-מז' לדר'-מז' שהיא כללית נצבת להתקצרות שהוזכרה למעלה.



ד. מבנים קטנים, נעקר שברונים נעלי הסטות של סנטימטרים ספורים, סטילוליטים סקטוניים ועורקים עם מלוי במינרלים משניים המצביעים כולם על התקצרות בכוון כללי של מז'מע' (Reches, 1976; Eyal & Reches 1983). מבניים אלו נפוצים בכל אזורי המונוקלינות וכוונם וצפיפותם אינם תלויים בכוון ונמדדת הדפורמציה של האזור המארז (Reches, 1976). לפי הפרוש הנוכחי מבטאות מגמות המבנים הבינוניים והקטנים (בסעיפים ב'-ד' למעלה), את מגמת המאמצים הטקטוניים הרגיונליים מהסנון ועד לנאוגן ואלו מגמת הכפיפות המונוקלינליות הגדולות וה"ברכיים" לארכן מבטאות את מארג השברים העתיקים שבתחתית.

### הגלעין היוראסי של מונוקלינת חצירה (המכתש הקטן)

משה גולדברג, המכון הגיאולוגי

מסלול סיור לתצפיות של תוצרי סרימנטציה ימית באזורי מים רדורים הנחונים למשטרי גאות ושפל וכן על מערכות של סדקי התייבשות ותעלות של גיאות ושפל.

נעזוב את השביל ונעלה על גבעה שבפסגתה מוקם קירוח הנפט מכחש קטן 2. גבולה הדרומי הינו מצוקי והוא תולדה של העתקי מררזה קטנים. בגבעה זו הממוקמת נגוש המרכזי (ראה חרשים 1) נחשפים, וממנה נראים סלעים בני גיל יורא המזוהים כשייכים לתצורת זוהר, פרט חלמיש (ראה חרשים 2). סלעים אלו בנויים גיריים קלקארניטיים שלעתיים עברו דולומיטיזציה (במקומות עד לבלי הכר את המקור הגירי כלל), וכמו כן אבני חול ופצלים לעתים סילטיים. כל אלו הורבדו באזור הנחון להשפעת הגיאות והשפל ובסביבתו (Inter to supratidal zones).

בחלק מן הקרבונטים של משקעי אזור זה נוצרו סדקי התייבשות, קרוב לודאי מן הטיפוס של "סדקי-בוץ" ענקיים (mega sand-cracks), שזוימת מי הגיאות בתוכם גרמה להגדלתם. פצלים גיריים, לעתים סילטיים וחוליים, מילאו את הסדקים המוגדלים והצטברו, בהמשך על גבי הסלעים הקרבונטיים "המארחים", עד שמחזור חדש של משקעים קרבונטיים הורבד וחוזר חלילה. לפחות שני מחזורים כאלו נצפו והוכרו כאן (העף מבט למטה וכן ראה חרשים 2).

זה-דולומיטיזציה הובחנה כמעט בכל גבישי ועדשות הדולומיט אשר בגיריים הקלקארניטיים. בתחום אזור המעבר (Transition Zone) שבין "המחוז הדולומיטי" וה-"המחוז הגירי" (ראה חרשים מס' 1) ובמקרים מסוימים אף בתוך "המחוז - הדולומיטי". דה-דולומיטיזציה זו ארעה כנראה בעת שהחתך היוראסי הזה נחשף בתקופת הקרטיקון המוקדם, בניאוגן, בפלייסטוקן ואולי אף כיום.

במבט לימין נראה ממקומנו זה את ה"קרום - הברזילי" הכהה המציין את איזור אי ההתאמה קרטיקון תחתון - יורה.

בשלב זה נרד מטה אל בסיס הנחל שלרגלי הגבעה על מנת לראות מקרוב את "סדקי-הבוץ" הענקיים של המחזור העליון (חרשים 2). נשים לב לחתך האופייני של סדקים אלו שהורחבו והוגדלו בהשפעת הפעילות המיכנית ובסיוע אפשרי של פעילות המסה שנבעו מזרימת מי הגיאות והשפל רכס. נשים את לבנו גם להופעתם ומצבם היחסי של הפצלים הסילטיים ה"מדולמטים" הממלאים את הסדקים הללו בעיקר בקיר הגדה הצפון-מזרחית של הנחל. פעילות שבירה פוסט-יוראסית שבתחלקה פעלה לאורך חלק מהסדקים הנ"ל, מאפשרת לנו תצפית טובה על יחסי שדה אלו.

נמשיך את מסלולנו כ-200 מ' למערב ונוכל ל"נגוע" במישור אי ההתאמה קרטיקון תחתון - יורה אותו ראינו מקודם ממעלה הגבעה. נשים לב ל"קרום-הברזילי" המתפתח על גבי פצלים סילטיים יוראסיים ובמקומות גם על גבי גיריים. "קומפלקס הקרום-הברזילי" המיוחס בגילו, לקרטיקון התחתון, והבנוי מפצלים גיריים "מבורזלים" מאוד (המטיטיים ולימוניטיים) וכן מאבני חול סילטיות בעיקרן, פורש ע"י בן חור ופרומן (1960) כאדמה לטריטית מאובנת.

מסלולנו ממשיך מכאן כ-800-900 מ' דרומה למקום בו נראה את יחסי השדה של שני מחזורי - ההרבה שעל גבם התפתחו סדקים ותעלות ושהוזכרו מקודם (חרשים 2). במקום זה נוכל גם לראות עדויות לפעילות שבירה פרה קרחיקונית (?) המכוסה ע"י קומפלקס הקרום הברזילי", וכן מראה מלמעלה על חלק ממחזור התעלות התחונות שלארכן זרמו מי הגיאומ. לכשנלך כ-300 מ' מערבה בשלוחה זו של הנחל נגיע לקטע המערבי של "הגוש הדרומי" (חרשים 1) ונוכל לראות גירים קלקארניטיים שהורבדו בסביבת - השקעה ימית נורמליח ולא עברו דולומיטיזציה כלל. נוכל גם לעקוב אחר "אזור-המעבר" בו חלק מהגירים עברו דולומיטיזציה.

בדרכנו זו נוכל גם לחזות במספר גושי סלע שהתמוטטו משכבת הדולומיט-העליון (חרשים 2) ושבהם נוכל להבחין במילויים של מחילות נבירה גדולות של עלהסינואידס.

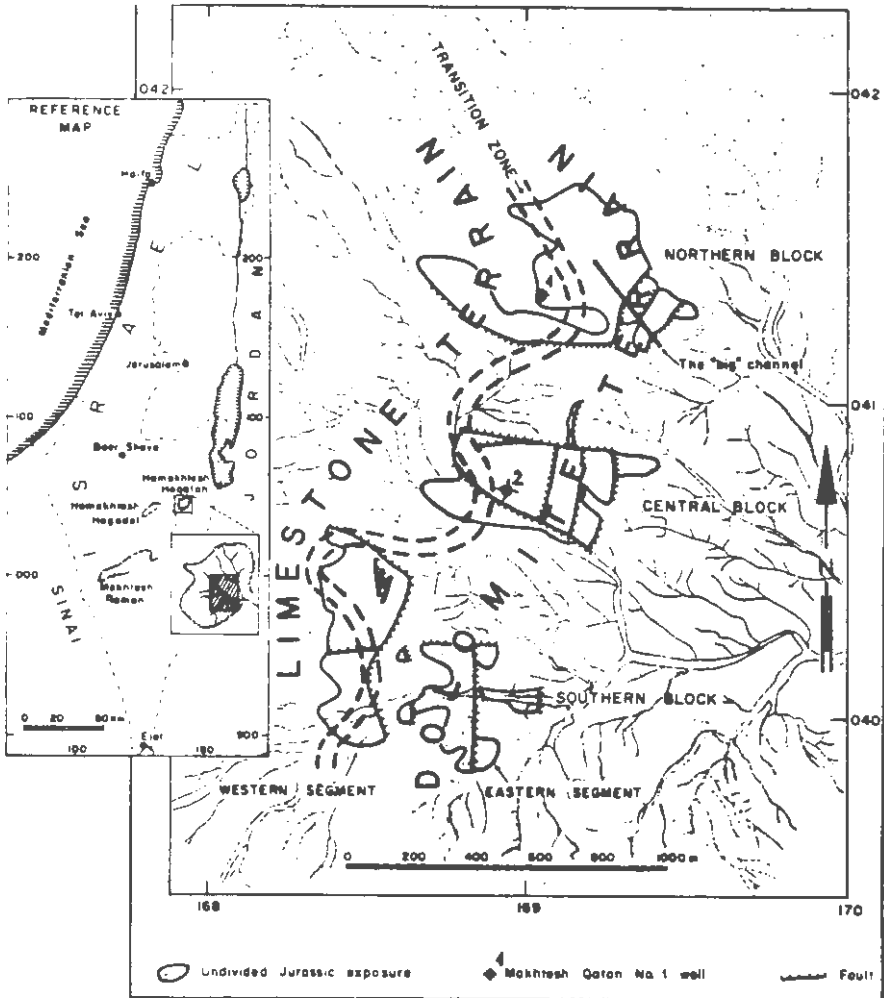


FIG. 1.—The Jurassic outcrops and the petrographic provinces in HaMakhtesh HaQatan Area. (Geology partly after Grader 1954, Gill 1963.)

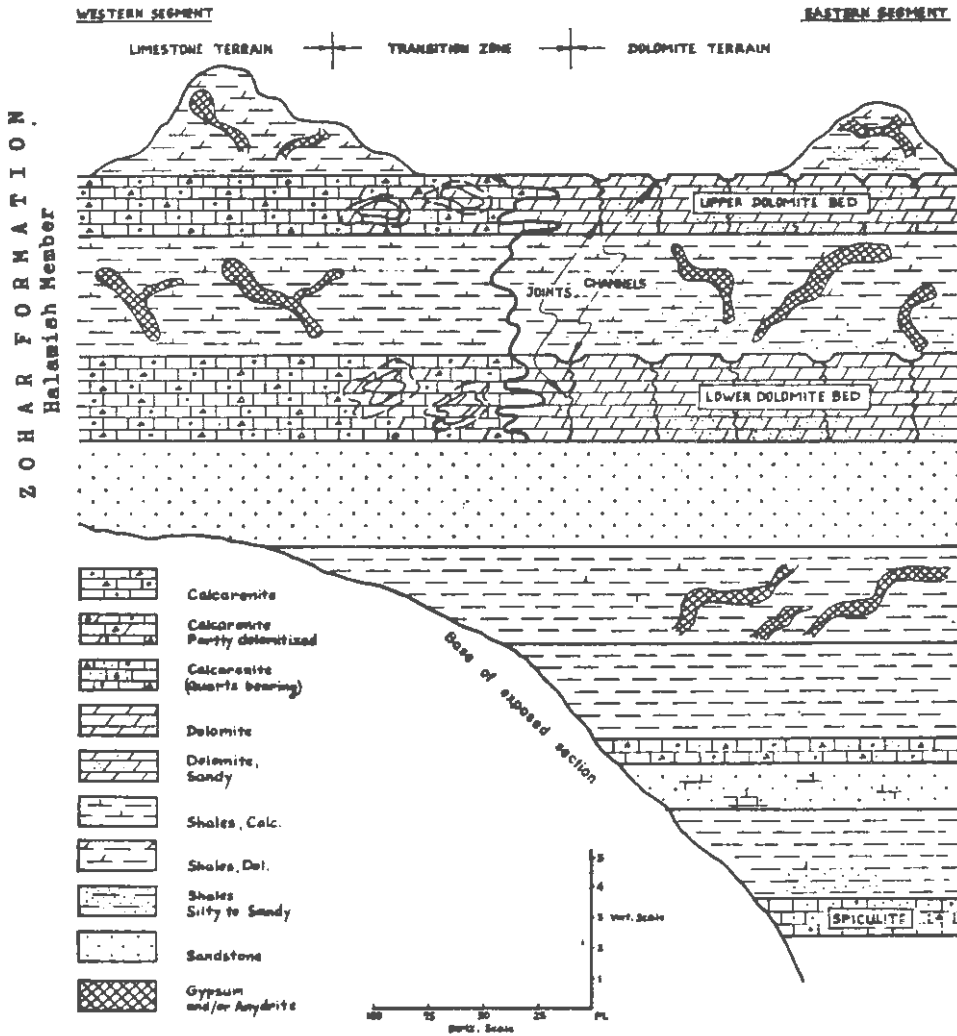


FIG. 2.—Lithological changes in the Jurassic sequence, Makhtesh Qatan, Southern block. (Schematic cross section.)

סיוור מס. 6 קו הציין ורמת עבדת - גיאולוגיה ופרהיסטוריה

בהרצת פאול גולרברג, המחלקה לארכיאולוגיה, האוניברסיטה העברית.  
חיים בנימיני, המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון  
וגר שמיר, המחלקה לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית.

בסיוור זה נציג מגוון של תופעות גיאולוגיים באזור נחל צין. התופעות תכלולנה את המבנה של אזור שבדי הציין, הביו-והליתו-סטריגרפיה של סלעי האיאוקן בקניון של עברת, המדרגות של הרביעון והאתרים הפרהיסטוריים לאורך נחל צין. הסיוור כרוך בהליכה של כ - 3 ק"מ.

תחנות בסיוור

1. מערכת שבדי הציין, דרום המבנה של חתירה.
2. מדרשת שרה בוקר, תצפית לדרום לכוון נחל צין ורמת עברת.
3. אתרים פריהסטוריים של בוקר (D-100) ובוקר תחתית (D-101).
4. כניסה לקניון עברת מנחל צין.
5. החתך האיאוקני בקניון עברת.
6. תצפית על עין עברת והאתרים שסביבו.

קו צין באזור הנחיתה הדרומית של מבנה חתירה

גר שמיר

המחלקה לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית.

רקע טקטוני

קו צין הוא רצועת הרוחב (מז'-מע') המפרידה בין רכסי הנגב הצפוני לבין רמת עברת, הוא מוגדר ע"י מקרו-סטרוקטורות (קמ' בורדים ער עשרות) אשר תוארו ע"י בן-הור ופרומן (1951) ומתחלקות לשתי קבוצות:

1. מבני קימוט, בדרך כלל מונוקלינליים, שציריהם ככוון כללי צפון מזרח-- דרום מערב ואשר נוחתים כלפי הקו מצפון לדרום (חתירה, חלוקים, בוקר, שבטה). מבנים אלו יוצרים בנחיתותיהם כפיפות חריפות דרומה. מבני מחמל וחצרה נוחתים הלאה דרומה, מעבר לקו צין.
  2. מערכות שבדים, כדרך כלל מרורגים, או מקבילים למגמתו הכללית של קו צין. הצד הדרומי יחד ומישורי השבדים תלולים ( $60^{\circ}$  -  $80^{\circ}$ ).
- קו צין מקביל במגמתו הכללית לקו שבירה אחרים בנגב וצפון סיני (ברטוב, 1974) אשר לאורכם נמצאו ערויות לתנועות גזירה אופקיות ימניות מתקופות סעד אחרי המיוקן (כרטוב, 1974, Steinitz et al. 1978; בר, 1981). ברטוב (1976) מצאו, על פי צימצום עובי וחטר חתך בתצורת מנוחה שהפעילות של חלק משבדי קו צין החלה לפני או בזמן הסנטון.

תחנה 1: תצפית על ציר חוארים - דרוך

נחיתה מבנה חתירה אל קו צין יוצרת כפיפה שצירה ככוון כללי  $085^{\circ}$  (ציר חוארים-דרוך). כפיפה זו נמשכת מסינקלינת חלוקים (נ.צ. 1285/0285) עד הפינה הדרום מזרחית של מבנה חתירה (נ.צ. 1395/0313).

ציר חוארים - דרוך מתחלק לשלושה קטעים:

1. שדה צין - מסינקלינת חלוקים עד מעלה צין. כאן חשופים סלעי תצורת ע'רב אשר נטויים  $18^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  לדרום עד דרום מערב ועליהם באי התאמה אירוזיבית תצורת טקיה. מעל אלה באי התאמה זייתית קונגלומרט שרה צין האופקי.

2. כיפת מעלה צין - חצי כיפה אסימטרית בעלת קימור חריף לדרום מזרח. המבנה חצוי ע"י מערכת שברים שכוונם הכללי מזרח מערב ער מערב צפון מערב - מזרח דרום מזרח, ואשר מעתיקים את סלעי חבורת יהודה (פרט אבנון של תצורת חצרה ער תצורת נצר) מול סלעי חבורת הר הצופים (תצורות מנוחה ומישש). הגוש הצפוני, המזרח, נטוי מערבה והגוש הירוד תת אופקי כך שהזריקה הכללית על מערכת השברים עולה ממערב למזרח. המבנה בגג חבורת יהודה הוא של בלוק מזרח ונטוי ואילו המבנה במפלס ציר מישש הוא של חצי כיפה אסימטרית. המבנה על כך ריסהרמוני. הקימור החריף של המבנה במפלס ציר מישש נשען על איזור של רירוג שמאלי בין שני שברים במפלס גג חבורת יהודה.
3. כיפת דרוך - חצי כיפה אסימטרית באותה מגמה, שוב עד קימור הנשען על אזור רירוג בין שברים. השברים הראשיים כאן (המשך מערכת השברים של כיפת מעלה צין) הם הפוכים וכמו כן משתתפים כאן סלעי חבורת יהודה בקימוט. עם עליית מידת השתתפות סלעי חבורת יהודה בקימוט ממערב למזרח הולכת וקטנה הריסהרמוניה באותה מגמה.

## וחנה 2: כיפת מעלה צין

בכיפת מעלה צין חשיפים סלעים מפרט אבנון של תצורת חצרה ער פרט הפוספוריט של תצורת מישש. השברים החוצים את המבנה מורוגים במגמה שמאלית, צידם הרומי ירוד והם נורמלים תלולים ( $80^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ ). באזורי הרירוג מישוריהם הפכים (נוטים צפונה). הזריקה הסטריגרפית המירכית כאן הוא כ-150 מ' ונטית ה-net slip כ-70 מערבה כך שההסטה האופקית היא ימנית ובח כ-40 מ' בלבד. צנר מישש מקומטי מעל הקצה המערבי של השבר המערבי ביותר ושבור הלאה מזרחה. מדידת מיקרו- ומזו-סטרוקטורות מצביעה על השפעה שני שדות מאמצים:

1. באזורי הרירוג של השברים - התקצרות אופקית מקימלית צפ' דר' עד צפ' צפ' מע' - רר' רר' מז'.

2. במקומות אחרים - התקצרות אופקית מקימלית צפ' מע' - רר' מז'.

כמזרח חצי הכיפה משתנה אופי השברים הראשיים מנורמלי להפוך וקימות תופעות נוספות של התקצרות ככוון צפון-דרום.

## סיכום

המגמות הנראות בהתפתחות הזריקה האנכית על מערכת שברי ציר חוארים - דרוך בהשוואה לזריקה הסטרוקטורלית הכללית ובהשנתות מירת הריסהרמוניה לאורך המבנה מצביעות על כך ששברי חוארים דרוך מולדים (inherent) במבנה חתירה ונוצרו עקב התרוממותו והטיתו, הפעילות לאורך קטע זה של קו צין חופשית מפעילות קטעים אחרים שלו. השבירה והקימוט החלו בזמן הסנטון ונמשכו לפחות לאחר הרבידת תצורת טקיה.

## מקורות

1. בן תור, י. וע. פרומן 1951: המפה הגיאולוגית של הנגב (1:100000), גליון עכרת.
2. בר, ג., 1981: הגיאולוגיה של קו עריף - בתור, אזור מעלה המישר עכודת גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
3. ברטוב, י., 1974, השברים ומבני הכיפות של מרכז סיני, בעיות סטרוקטורליות ופליאוגיאוגרפיות. עכורת ורקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
4. Bartov, Y., Y. Arkin, G. Steinitz, 1976: The Zin fault - an example of Senonian faulting in the Northern Negev. Israel J. Earth Sci., 25, 40-44.

טרסות רכיעוביות ואתרים פרהיסטוריים באזור נ.צין/עכרת

פאול גולברג, המחלקה לארכיאולוגיה  
האוניברסיטה העברית

כמשך 15 השנים האחרונות, אזור נ.צין/עוכדת היווה מרכז למחקר במגוון ברחב של תחומים, המתיחסים לרכיעון: פרהיסטוריה, גיאולוגיה, גיאומורפולוגיה, פליאונטולוגיה כעלי חוליות, פליאוכונטיקה (פלינולוגיה) (Marks, 1976, 1970, 1983) במשך תקופה זו, נמצאו מספר אתרים פרהיסטוריים אשר שרתו היטב את המחקר הפרהיסטורי והגיאולוגי כאחד. הפרהיסטוריון יכול להכין את הפליאוסכיבה של אתריו. הגיאולוג מצירו, יכול היה להשתמש באתרים אלו אשר תוארכו רדיומטרית בעזרת שיטות  $C_{14}$  או אורניום/תוריום, עמ' ל"ל השינויים הגיאומורפיים.

התצפיות כוללות ממצאים אשליים מפוזרים (לפני 10000q) על הרמה, אתרים מוסטריים (90,000-40,000 BP) וחלקם נמצאו במקומם (D-15) לאורך 3.1 ו-D-35 ב.ב. עקב), אתרים מפליאולית עליון (45,000-18,000) D-27, A, B, D-31; D-34; D-100; D-101; (בוקר); (בוקר תחתית) אתרים אפיפליאוליתיים (D-5 - 18,000-10,000 site) וביאולית (9,500, אתר 1- D) ראה תמונה מס' 1.

תצפית מעל עין עכדת

מנקודת תצפית זו, ניתן לראות את מפל נ.צין מימין (רר'-מע') והקניון מצד שמאל (צפ' מז') את טרסת החצץ התוחמת את נחל צין משני ציריו.

כ- 600 מ' מצפ-מז', מעל הקניון, גמצא האתר המוסטרי של ראש עין מור או D-15 (Crew, in Marks, 1976), האתר ממוקם בשקע רדוד שבתוכו סרימנטים סילטים שפורשו כמשקעי הצפות כאנרגיה נמוכה של נ. צין אשר בזמן השקעתם היה במפלס של הרמה (גבוה 495 m) (Goldberg, in Marks, 1976).

בלקחו שלוש דוגמאות  $C_{14}$  מקליפות כירי כת יעגה, מעומק 80 סמ' של המילוי שמצביעים על גיל  $>50,000$ .

לעומת זאת, הכריקות הטופולוגיות של התעשיות הפרהיסטוריות מראות כי האתר נופל בתוך החלק הקרום של התקופה המוסטרי התינו- 90,000 - 70,000 (Schwarcz et al., 1980) (Bar Yosef and Vandermeerik, 1981) שרידי הפאונה (נבדקו ע"י 1976, Tchernov, in Marks) מעטים ולא ריאגנוסטים. דוגמאות פולן מאתר זה, ומאתר מוסטרי אחר בו זמני כנ.עקב, היו יחסית עשירות בפולן עצי, דבר המצביע על אקלים רטוב בזמן זה.

הכניסה לקניון עכדת מנ.צין הנמוך

ככניסה לקניון, משמאל, הצטברות מסיכית של בלוקים גדולים של טרוורטין חצצי שגפל ממדרגה קטנה, כ- 30-38 מ' מעל לוארי הנוכחי. בין אחר מבלוקים אלו, ישנה שכבה דקה שהכילה כלי צור דומים לאלו שכשכבה IV, באתר כוקר תחתית (D-101) אשר מיצג את המעבר מפליאולית תיכון לפליאולית עליון (ראה תחנה 3) תיארוך דוגמאות מעל ומתחת לשכבה זו, כשיטת אורניום/תוריום נחגו תארים בין 45,000 - 50,000. תאריכים אלה עקיבים לתאריכי  $C_{14}$  מבוקר תחתית - 45,000BP בערך.

אתרים פרהיסטוריים- בוקר (D-100) ובוקר תחתית (D-101)

(ראה תמונה 2)

שני אתרים אלו מיצגים רצף התפתחות פליאולית עליון מושלם (Marks, 1977, 1983) שניהם נמצאו במדרגה, בתוך סרימנטים שהכילו סילט, חרסית, חול וחואר.

בוקר תחתית

אתר זה ממקום בצד המזרחי של התעלה ובו 4 מפלסי מגורים בתוך 1.0 מ' - 1.5 מ' של חואר חצצי בלוי. השכבה הנמוכה ביותר מכילה כלי צור המיצגים בכירור את המעבר מהפליאולית התיכון לפליאולית העליון- הופעה יחורית ללבנט בלבד.

קיימים 4 תיארוכי C<sub>14</sub> משכבה 1, ולמרות שהתיארוכים נופלים בגבולות שיטת תיארוך זו, נראה כי מרובר בגיל כסביבות 47,000BP. שלושת השכבות שמעל דומות יותר להעשיות הפליאולית העליון הסיפוסיות. כפי שנראה בשרה, השכבות דקות הגרגר נחחכי חדות על ידי כיסוי חצץ גם שמכיל כלים שחוקים מגיל פליאולית עליון. שינוי פציאס זה, מיצג כנראה את השינוי מהשקעה מעל הגרות להשקעה בתוך התעלה. בדיקת הפולן מראה כי "האקלים במשך ההתישבות בבוקר תחתית היה יבש. לא יבש כמו היום, אך יותר מאשר במשך תחילת ווירם" (Horowitz, in Marks, 1983, pp.67)

אתר בוקר

אתר בוקר ממוקם בצידו המערבי של ג.צין, כ-120 מ' מעל בוקר תחתית (תמונה 2) נחפרו ארבעה שטחי התישבות באתר, בתוך חצציים לא מלוכדים, חול, סילט וחרסית. החומר הקדום, משטח D למרות שאינו מצוי בשפע, דומה סיפולוגית, לכלים מן השכבה העליונה בבוקר תחתית. נראה כי קשר סטרטיגרפי ברור בין שני צירי הוואדי. במשך זמן החפירה נמצאו בחתך עדשות ושכוב לא רגולרי של חצץ דק. חרסית לבנה קשה, סילט ומישקעים איאולים (לס).

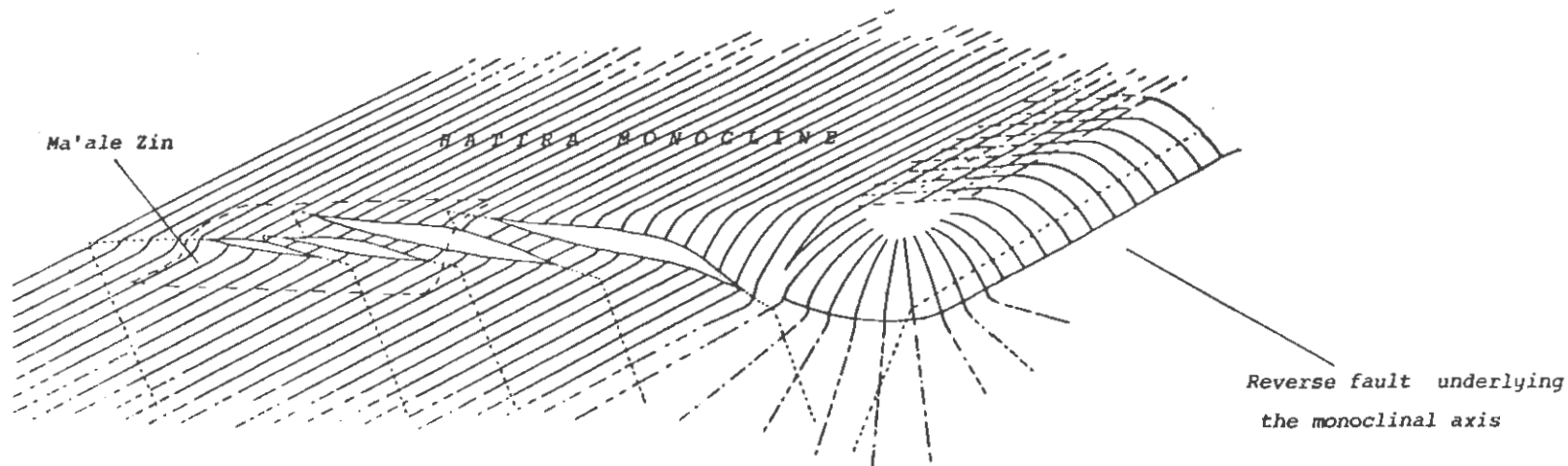
בצד המזרחי של הגבעה ממוקם שטח A. למרות שהכלים נמצאים כאן באותו גובה שבו נמצאו הכלים בשטח D, הרי שתאריכי C<sub>14</sub> מראים כי הם צעירים יותר (36,000BP). ככלל, הסדימנטים דומים לאילו שלשטח D ומכילים סילטים משוכבים בתוך חרסית, אך יש פחות תיעול.

התעשייה הפרהיסטורית טיפוסית לפליאולית העליון באופיה ודומה לתעשיות שבאתרי קדש ברנע וג'בל מע'רה בצפ' סיני.

על הגבעה, צפובית ולמעלה משטח A, נמצא השטח החפור הגרול ביותר באתר בוקר- שטח B-E. הוא מכיל שני שטחים B במזרח ו- E גבוה יותר וממערב. תיארוך C<sub>14</sub> ממספר רצפות מגורים בתוך החתך BE נע בטווח של 25,000BP. הסדימנטים דומים לאלו משטחים A ו-D ומכילים סילטים מאוצבעים בתוך חרסית וחול.

השטח הרחב של החפירה כאן מצביע על שינוי לטרלי בסדימנטציה. בחלק המזרחי ביותר של שטח B, ליד התצפית על ג.צין, החתך רוכו סילסי וחולי בבסיסו וחרסיתי בראשו. מערבית, בכיוון E, היחידות החוליות-סילטיות מידקקות כאשר היחירות האפורות-חרסיתיות מתעבות. זה משקף כנראה את השפעת סדימנטציה הוואדי מן המזרח לעומת הקולוביאציה שעידדה מחדש את החוארים האפורים מן המערב.

הרצף הסטרטיגרפי של בוקר מיצג פעילות גיאומורפית גדולה יותר ואנרגיות השקעה גבוהות יותר במשך השקעת הסדימנטים בשטחים A ו-D, כאשר בשטחי E ו-B היתה קולוביאציה יותר עדינה. יחכן וזה מצביע על התישבות כללית של האזור במשך 20,000 שנות אתרי בוקר. מסקנה דומה ניתנה על הורוביץ (In Marks 83) המבוסס על נתוני הפולן.



Structure of the south western end of Hatira Monocline (schematic), on top Judaea Group level.

- 86 -

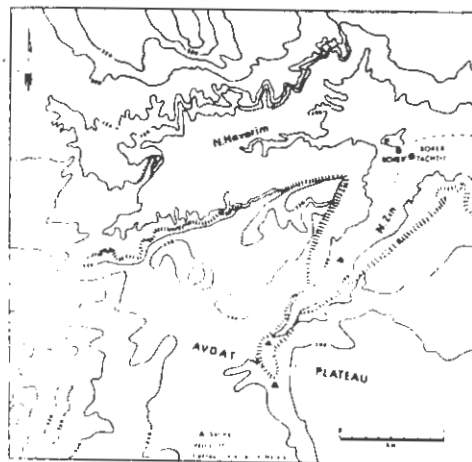


FIG 1 —Index map of the area showing the location of Avdat Plateau, N. Zin, N. Havarim, Avdat springs and the sites of Boker and Boker Tachtit.

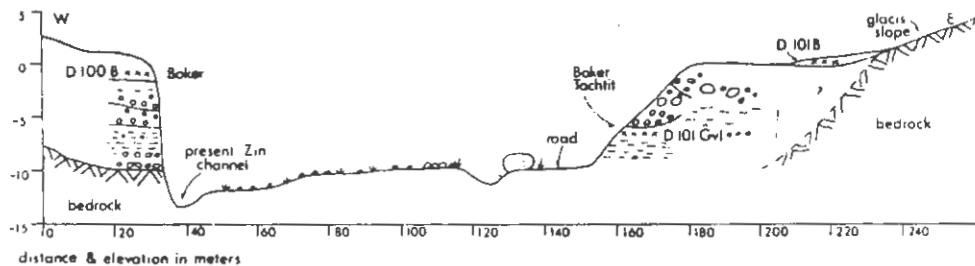


FIG. 2 —East-West cross-section through N. Zin and the sites of Boker and Boker Tachtit.



## האיאוקן החתון במצוקי הצינ - מדריך לתופעות השדה

חיים בנימיני

המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון

סלעים מגיל איאוקן קדום חשופים באיזור מצוקי הצינ, מעברת עד חוד עקב, וכוללים את תצורת תקיה (חלק עליון ביותר), תצורת מור, תצורת ניצנה ובסיס תצורת הורשה. ארבעת הביוז'נים של Bolla באיאוקן החתון מוכרים כאן. כן נוכח גם ביוזון חמישי המשווין לאיאוקן הקדום בגלל היותו קודם לתופעתו הראשונה של *Hanthenina aragonensis* מאונן מנחה שהופעתו מגדירה את תחילת האיאוקן התיכון לפי Berggren (1971). המסגרת הליטוסטריגרפית הוא של Bentor & Vroman (1963) Brauni (1967).

היחסים הפציאליים בין התצורות האיאוקניות כנגב מוצגות בצירור 1: הקשר בין היחידות הליטוסטריגרפיות והביוטסטריגרפיות מוצג בצירור 2. במצוק הצינ, תצ' ניצנה עובר לטרלית מזרחה לתצ' מור. בתוך עקב, המעבר הוא כמעט מושלם, ותצ' ניצנה חסרה. הדבר אינו ניכר בגיאומורפולוגיה ובתצפית מרחוק, נראה כאילו תצ' ניצנה במשכת.

סביבות ההשקעה של תצ' מור וניצנה. מבחן מעבר מגירים של תצ' ניצנה שמקורם כפאונה כבטונית, בעיקר פורמיניפרים גדולים, לכוץ פלגי עם פורמיניפרים פלנקטוניים ובנטוס נדיר עם כמויות קטנות של רדילוריה, בתצ' מור סבי' השקעה של תצ' מור לכן הוא ים פתוח, עמוק יחסית ממוקם מתחת לתחום חדירת האור. תצ' ניצנה נוצרה בתנאים דומים אך מראה לעתים עדות ים לתנאים רדודים יותר שעודדו את תופעת תבנתוס העשיר.

מקורות אפשריים לחומר הביולוגי המרכיב את הגירים של תצ' ניצנה הם שלושה:

1. גרגרים (ביוקלסטים) שהורבדו ע"י זרמים רגילים או אולי זרמי עכירות, מספר השכבות יתאים לכן למספר הזרמים שהשתמרו.
2. שכבות ביוקלסטיות שהתמוטטו וזרמו במורד המדרון לאחר שהתקשו חלקית ונחתו באיזור זה. מספר השכבות הוא מספר ארועי התמוטטות שהשתמרו.
3. הביולוגים נוצרו במקום ע"י בע"ח שחיו בסביבה. מספר השכבות תואם את מספר הפעמים שגורם היצובי גרם לתיים כבטיים עשירים באיזור החתך.

קיימים עדויות שכל אחד מהתופעות שהוזכרו אכן התקיימו. ולכן סביבת ההשקעה של תצ' ניצנה מתאימה ע"י זרמים, התמוטטות מדרבנות ונוכחות חלקית כתחום חדירת האור. אעפ"כ לא כל התופעות היו בעל משקל דומה, וצירור מס' 3 מראה מודל המבוסס על מחקר מיקרופציאלי, המעדיף את המקור המקומי ליצירת החומר הקרובטי תגס, מהסיבות הבאות:

1. אע"פ שיש עדות לפעילות מינימלית של הטעה וזרמים, כגון מיון מה בקירטונים ומעט grainstones עשירים באינטרה-קלסטים, תופעות אלה אינם סיפוטיות. אין שיכוב צולב, ושיכוב מדורג וכן לא נצפו אי התאמות וסימני סחיפה, רוב הטלעים הם by mudstones ביוקלסטים ללא מיון ועיגוליות. Grainstone מסויים, שמופיע בראשי השכבות, גם מחוסר עיגוליות ומיון, הכיולקסטים הפוכים למיקרים' עם מלט מיקרוגבישי ללא drusy שכנראה מקורו מהתבטשות מחדש של מקריט, כפי שקורה כ - hardgrounds. כיוון שאותם תופעות שהיו יכולות להוכיח תנאי אנרגיה גבוהה של משטר זרמים אכן קיימים במקומות אחרים ברמת עבדת, כתצ' ניצנה, נראה שחסרונם באיזור המצוקים אכן הוכח לאי-קיומו של משטר זרמים רציבי באיזור זה.
2. גלישה במורד של שכבות שלימות כצורה חד משמעית אירע כתצ' ניצנה כקדש ברנע, בשכבות קורלטיביות לתצ' ניצנה כשפלה (חל עזקה, כביש להבים, רמות מנשה) וביחידות איאוקניות אחדות כשומרון ובמקומות נוספים. תופעות אלה מלוות כחדירה דיאפירית דרך הגירים המלוכדים חלקית, ע"י קירטון או כוץ קרובטי אחר שסרם התלכד. תופעות אלה ביחד גורמות לרוב הסטרוקטורות הסדימנטריות שבה בולטות כאיאוקן של א"י. גלישות כאלה בסלעים ימיים הם אופייניים לאיזור מדף היבשות החיצוני, דבר המתאים לתמונה הפציאלית המוצגת כאן.

אין בתצורת ניצנה באיזור מצוקי הצינן עדויות טובות לחתך גלוש עבה, פרט לעדות מה על השקעה יחסית מהירה בזמן קצר. אין עדות טובה לשכבות גלישה רוככות זו על זו כפי שקיימים בקדש ברנע, וכן אין הכפלות ביוסטרטיגרפיות כפי שנמצא בשפלה. כרוכ הזוגות של גיר/קירטון, חלק או כל היחידה שופר מבנים עדינים שהתנועה הקלה ביותר היתה הזרסת. לכן, נראה שהכמות והמרחק של תבועת גלישה היה קטן יחסית.

3. החומר הביוקלסטי מורכב מפרטים קטנים של פורמיניפרים שהופכים גדולים מאד בתחום חדירת האור לא אופטימליים באיזור שהוא שולי למחיה של מינים אלה. אצות ירוקות חסרות באיזור עבדת, ואצות אדומיות הם נדירות, ומופיעות בשני איזורים של תצ' ניצנה, אחד קרוב לפסים ואחר קרוב לגג האצות אינן מצפוח אח פני השטח אלא מופיעות בכדוריות ביחד עם פורמיניפרים מצפים, כשמרכזם אינדרהקלסט או ביוקלסט. תופעות אלה באצות גם מוסברות כתופעות של מים עמוקים יחסית וקרקעית לא מלוכדת, סכיבה שולית ביותר לאצות אדומיות. בגנים צלולים, ללא קלסטיים, תופעות אלה בצפוח בעומקים מכ 80 מ' עומק עד (במקרים מיוחדים) 250 מ'.

המחזוריות הכולטת בצור של תצ' מור, העוכר כלפי מעלה (ולטרלית אליו) למחזוריות של גיר/קירטון של תצ' ניצנה, מוכנת אליה כתופעה המתרחשת בעומק רב יחסית ובמרווחים בזמן קצונים, ותלוי כפקטורים בלתי ידועים המכילים לידי הרדה או חדירות מוגברת של אור, גידול פאונה ופלורה בגסוני ויצירת גיר ( בפציאט ניצנה). פסי הצור מופיעות באופקי בבירות והיבט החלפה סלקטיבית של מילוי בבירות אלה, עם התפשטות הצירור לכלול חלקים נוספים של השכבה צורים אלה מבליטים את המבנה הפנימית של חקירטון, שאינו מסיבי כי אם בעל שבכתיות פנימית מטיפוסים שונים, בחלקו למינרי ובחלקו מעורבב ע"י ביוטורבציה. החלק הלמינרי עשיר יותר בחומרים אורגניים וחלקיקים פוספטיים וכנראה גוצרן בתנאים דלי-המצן. הצורים מפותחים כ"כ בחלק הגבור. צירור במישורי הגלישה ובמבנים הסדימנטריים בסלעים האיאוקניים, ובחלק ממישורי הסידוק החוצים אותם, מראים כי הצירור שיך לדיאגנזה המאוחרת יותר, לאחר יצירת כל החתך הסדימנטרי, ובנראה גם לאחר תחילת ההפרעות הטקטוניות.