

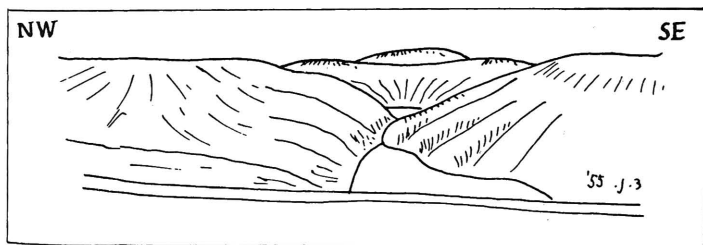
ההידרוגרפיה של הכרמל

מאת

דב ניר

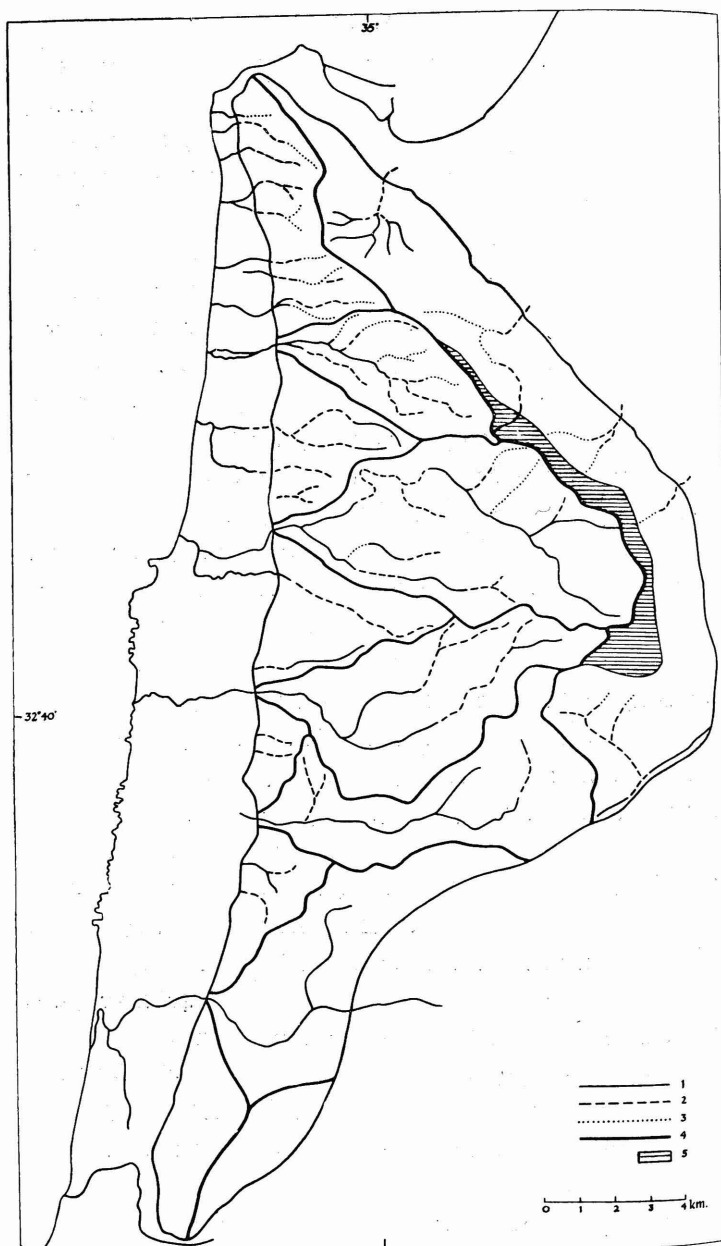
1. אגני הניקוז והרשתות ההידרוגרפיות

רובו של הכרמל מתנקז כלפי מערב; מהשטח הכולל של 232.7 קמ"מ מנוקזים 176.7 קמ"מ לים התיכון, היינו כ-76.5% מהשטח, פרשת המים הראשית, המפרידה בין הניקוז המזרחי והמערבי, מתקדמת כלפי דרום-מערב. לפי הבדיקה בשטח אפשר להיווכח, שלפחות 10 קמ"מ מהאגן המערבי נכבשו ע"י נחלי האגן המזרחי, הפעיל והכובש (מפה מס. 1). התקדמות זו היא פרי מבנהו הטקטוני של הכרמל ומורפולוגיית המדרון הצפון-מזרחי, שהוא מדרון העתק צעיר. יש לראות את כיבושי הנחלים המזרחיים כשלב התחלתי של התקדמות נוספת, שתוסיף לבתר את הרכס העיקרי של הכרמל לשורת כיפות וגבעות בודדות. כבר היום נראות כיפות בודדות כאלו באיזור כיבושיו של נ. נשר (ציור מס. 1).



ציור מס. 1: מבט על איזור הכיבושים של נ. נשר, נ.צ. 1538/2380

באגן המזרחי ניצבים רוב הנחלים לציר של המבנה המורפולוגי, בהיותם נחלים קונסכוונטיים אפייניים, הנוצרים ע"י קווי חולשה ליתולוגיים של המדרון. במידה שמצויים באגן זה נחלים, שאין להם אותו צביון, יש לחפש סיבות טקטוניות לכיוונם המיוחד. כך מוצאים אנו, שני, רושמיה, נ. רקפת (נטיף) ונ. נשר (מקלי) מותנים ע"י העתקים.



מפה מס. 1:
 הרשת ההידרוגרפית של הכרמל. מקרא: 1 — שיפוע של 0%—5%; 2 — 6%—12%; 3 — 13%—25%; 4 — גבול אגן ניקוז; 5 — שטחים, שנכבשו ע"י מערכת הניקוז המזרחית מהמערכת המערבית.

אגן הניקוז המערבי מתחלק למספר אגנים משניים, הניתנים למיון בשתי קבוצות:

(א). אגני ניקוז, שבהם קיים ניקוז מרכזי של נחל (נ. גלים, נ. אורן, נ. המערות, נ. מהר"ל, נ. דליה);

(ב). אגני ניקוז עצמאיים, שבהם אין הנחלים מתלכדים לאגן אחד, אלא כל ערוץ וערוץ מבקיע את דרכו אל מישור החוף. כולם קונסוקוונטיים למבנה הטופוגרפי של מדרונות הכרמל המערביים. הם מרובים ביותר בחלק הצפוני של הכרמל.

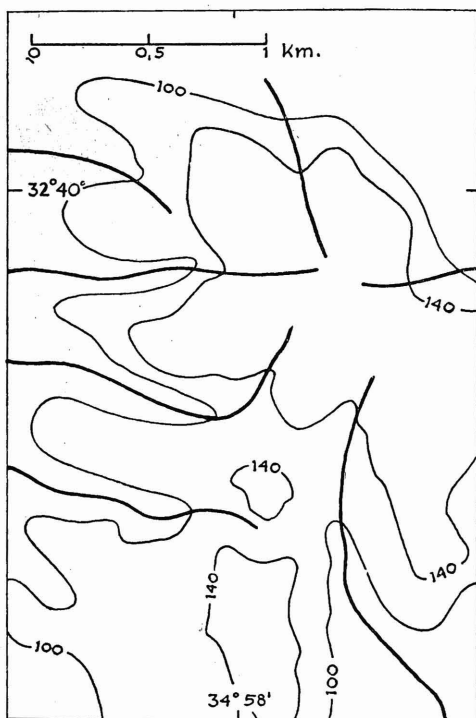
מערכת הניקוז של האגן המזרחי עדיין צעירה היא ובלתי מפותחת. בגלל המרחק הקטן בין פרשת המים לבין רגלי המדרון נתפתחו נחלים קצרים וישרים, המקבילים זה לזה (Parallel Drainage). צורתם היא, בדרך כלל, צורת בתרון (Klamm, gorge) תלול. במידה שהנחלים קולטים יובלים – קיימת התחלה של רשת ניקוז דנדריטית. הבדלים ליתולוגיים יוצרים בערוצים הדרומיים של אגן זה צורות, שאפשר להשוותן לרוז (ruze), היינו ערוץ תלול, המתרחב כלפי מעלה, ביצרו כעין צירק קטן, המוקף קירות תלולים וזקופים. כאן עדות למשטר ארוסיבי צעיר, שבו קובעת עדיין הליתולוגיה את הצורות המורפולוגיות.

באגן הניקוז המערבי יוצרים הנחלים ה"עצמאיים" ניקוז מקביל. צורת ניקוז זו עקיבה למבנה הסטרוקטוראלי: נטיית השכבות היא בהתאם לנטיית המדרונות. גם כאן ראויה לציון צעירותם של הנחלים העצמאיים הללו, שהם בעלי חתך "V" חריף, ההולך ומחריף ליד היציאה מההר. מצויות סטיות ממערכות הנחלים המקובלים, ואלו הן:

1. ניקוז ה"כיפות" (דומים*) של זכרון יעקוב וכרם מהר"ל, היינו מערכת ניקוז רדיאלית (מפות מס. 2, 3).
2. הניקוז של נ. עופר (מדרום מערב לנחל עופר), שהוא מותנה בחלקו העליון ע"י העתק.

בנחלים המרכזיים ישנה מערכת ניקוז דנדריטית, פחות או יותר. באגן הניקוז של נ. גלים עדים אנו לתופעה של ה"עמקים הכפולים" (Doppelt-täler). זו היא תופעה של שני עמקים, הזורמים בכיוון מקביל, שיש להם מוצא אחר למישור החוף, למשל הזוגות נ. גלים ונ. אבואלה מדרום לטירת

(*) דב ניר: "הטקטוניקה של הכרמל" (בכתב יד), 1955.



מפה מס. 2:

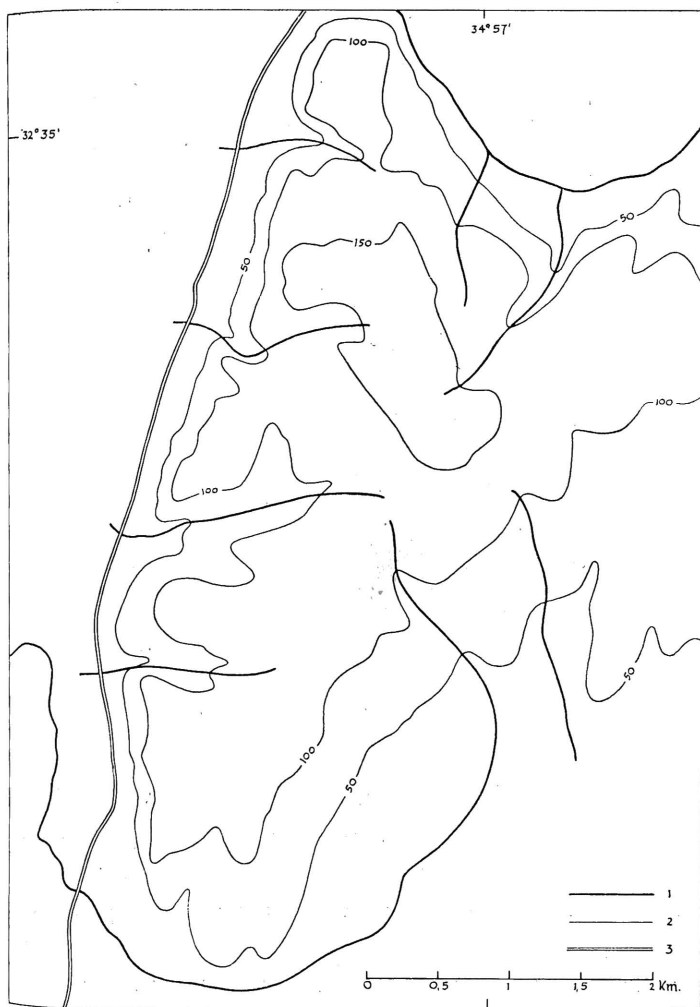
ניקוז רדיאלי של הכפה הטקטונית של כרם מהר"ל.

הכרמל, ונ. עין נזוזט (Nazazat) ונ. עבדאללה מצפון לה. נחלי המשנה מבין השניים — נ. אבואלה ונ. נזוזט — מוצאם במפלס 270—280 מ'; וכפי שנראה בפרק על התפתחותה של מערכת הביתור, אלה הם נחלים, שהיו מנקזים את המפלס הנ"ל במשטר ארוסיבי קדום, לפני שנ. גלים ונ. עבדאללה נהפכו למנקזים הראשיים של האזור.

בנ. אורן אפשר לדבר על רשת ניקוז של טרליס (Trellis), המותנית בסטרוקטורה של עמק נ. אורן, שהוא בחלקו עמק סינקלינלי.

בסיכום רואים אנו רשתות הידרולוגיות רגולאריות בצדן של רשתות בלתי רגולאריות; האחרונות הן תוצאה של מבנה סטרוקטוראלי או של

שינוי במשטר הארוסיבי. הנחלים העצמאיים הם הרבה יותר צעירים (בכיוון, בצורה ובשיפוע) מהאגנים בעלי נחל מרכזי אחד.



מפה מס. 3 :

ניקוז רדיאלי של הכפה הטקטונית של זכרון יעקב ;
מקרא : 1 — נחל ; 2 — קוי גובה ; 3 — כביש.

ההידרוגרפיה של הכרמל

טבלה מס. 1

שטחי אגני הניקוז בכרמל.

הניקוז המזרחי 56 קמ"מ

הניקוז המערבי:

" 58.3 . . . הנחלים העצמאיים:

" 12.5 . . . א. (מצפון לדרום)

" 10.7 . . . ב.

" 10.6 . . . ג.

" 3.0 . . . ד.

" 6.5 . . . ה.

" 15.0 . . . ו.

" 118.4 . הנחלים בעלי הניקוז המרכזי.

" 12.5 נ. הגלים.

" 35.0 נ. אורן.

" 25.5 נ. המערות.

" 21.4 נ. מהר"ל.

" 24.0 נ. דליה.

" 176.7 . . . סה"כ הניקוז המערבי.

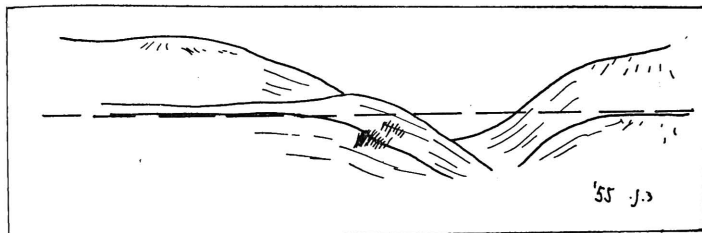
סה"כ ניקוז הכרמל 232.7 קמ"מ

II. התפתחות המדרונות

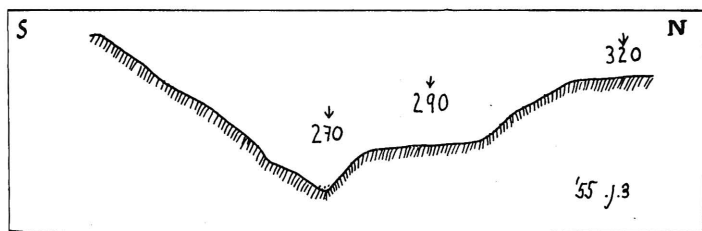
אגני הניקוז של שלשת הנחלים הגדולים באגן המערבי של הכרמל — נ. אורן, נ. גלים, נ. המערות — מראים שינוי יסודי בזווית הנטייה של מדרונותיהם, היינו, שינוי במשטר הארוסיבי של הנחלים.

נ. גלים. יובליו העליונים — נ. כלח, נ. וזיט — הם בעלי המדרונות התלולים ביותר בא.נ. המערבי של הכרמל (25—35 מעלות), אך החל בקו ציון 1515 מראה האגן נטיות מתונות בסדר גדל של כ-4 מעלות. הנחל עצמו נמצא בעמק משנה תלול בעל נטיות של 15—20 מעלות (ציור מס. 2, צילום מס. 1). הוא הדין במעלה נ. כלח (ציור מס. 3). כל האיזור בעל הנטייה הנוחה נמצא בגובה של 270—280 מ'. כאן מתגלה התפתחות ארוסיבית בעלת שתי דרגות; עמק נ. גלים הנו עמק "בעל שתי קומות" ("Two-storey Valley").

גם באגן נ. אורן קיימת התופעה של שבירה קמורה של המדרון, אמנם בגובה שונה (310—320 מ'). הצילום מס. 2 מדגים עובדה זו. אותה תופעה של מדרון נחל מתון בחלקו העליון של המדרון ומשופע בחלקו הנמוך היא כללית; מתגלה היא בנ. בוסתן, בנ. החרובים ובנ. המעינות.



ציור מס. 2: שני מפלסי ארוסיה באגן הניקוז של נ. גלים, מבט לצד מערב



ציור מס. 3: פרופיל בנ. כלח (יובל נ. גלים).

בנחלים העצמאיים אינה קיימת שבירה קמורה של שיפועי המדרונות; במדרונותיהם נמצא רק שינויים, המותנים בהבדלים ליתולוגיים. הנחלים הללו תלולים מאוד, במיוחד בצפון של ההר (עד 40 מעלות).

המסקנות, הנובעות מן הדברים האמורים, הן:

1. בנחלי הכרמל הגדולים, בא. נ. המערבי, יש תבליט בעל שני שיפועים שונים;

2. תופעה זו של שני שיפועים אינה מצויה בנחלים העצמאיים; בהם מופיע האופי התלול בלבד;

3. הנחלים בעלי המדרון הנ"ל עברו שני שלבים ארוסיביים גדולים (שלבי המשנה האפשריים ייבדקו להלן); השלב הקדום יצר את החלק המתון (העליון) של המדרון; המאוחר — את התלול (התחתון);

4. בנחלים העצמאיים יש רק משטר ארוסיבי גדול אחד; הם צעירים מהנחלים בעלי הניקוז המרכזי. מכאן מובנת האינברסיה של התב-ליט של הר הכרמל, שבו החלק העליון הוא מתון וכיפתי-גבעתי, בניגוד לחלקו המבותר, ההררי-קארפטי, של המפלסים הנמוכים יותר.

111. שיפועי הנחלים

יש ורואים בניתוח שיפועי הנחל את המפתח לבדיקת הפעולות המאונכות (הורטיקאליות), שהשפיעו על איזור מסוים. אנו מניחים, שסטיית השיפוע מהאידיאל של אפיק מיושר (Graded Stream) עשויה להסביר את השלב, שאליו הגיע האפיק המסוים, את שינוי בסיסי-הביניים של הסחף ואת הגברתה או האטתה של פעולת הסחף. אך גם כאן צריך להדגיש, שלסטרוקטורה ולליתולוגיה של האיזור יש תפקיד מכריע, במיוחד באיזור צעיר כשלנו.

במפה מס. 1. סומנו שלושה סוגי שיפועים, המדודים על קילומטר של אורך זרימה. השיפועים המתונים ($0.1\% - 6\%$) מהווים את רובם של הנחלים הנחקרים (59.5%); השיפוע הבינוני ($6\% - 13\%$) שולט ב- 31% של הנחלים. השיפועים התלולים (מעל 13%) מופיעים רק ב- 9.5% של הנחלים. השיפוע הממוצע הוא 5.9% . השימוש המלא במספרים הנ"ל יובן מתוך השוואה עם אזורים אחרים בארץ, לפי אותו בסיס חישובי.

תפוצת השיפועים בחבלים השונים של ההר

א. הניקוז המזרחי הוא, מהטעמים שהוזכרו, בעל תפוצת השיפועים התלולים ביותר. התלול ביותר הוא נ. נשר, שתלילותו גרמה לאינ-טנסיביות מאכסימאלית של סחיפה.

ב. באגן המערבי תלולים שיפועי האפיקים העצמאיים יותר מאלה של הנחלים בעלי הניקוז המרכזי. עובדה זו מתאימה להשקפתנו, שאלה הם נחלים צעירים יותר. באותו מרחק מהבסיס הארוסיבי (הים) קיים שוני רב בין שני סוגי הנחלים, הבא על ביטוי במידת השיפוע של אפיקיהם. ככל שמצפינים נעשים השיפועים תלולים יותר; בכרמל התיכון והנמוך לא נמצא שיפוע מעל 13% על ק"מ זרימה.

ניתוח השיפועים מעמיד אותנו על מידת האינטנסיביות של הסחיפה בהר. פעולת הסחיפה הרצנטית חזקה ביותר במדרון הצפון-מזרחי. השוואתם של שני נחלים, שהם ניצבים לקו הרכס העיקרי, אך הזורמים

בכיוונים מנוגדים (נ. נשר ונ. עבדאללה), מבליטה יפה את תלילותו של הרכס המזרחי. שינוי מובהק בשיפועו של הראשון בא בגובה של 90 מ' במפגשו עם נ. עקרה; שינוי דומה נמצא גם בנ. עבדאללה בגובה של 80 מ'. גם המדרון המערבי מראה בצפון פעולת סחף גדולה, עם מפלי מים, מכתשונים, אשדות וכו'. עקומת השיפועים מראה גם בנ. אורן שבירה בתלי לות אפיקו של הנחל בגובה דומה (90—80 מ'); והתופעה חוזרת גם בנ. בוסתן. עובדה זו מעידה על סיבה משותפת לתופעות אלו. ידיעותינו מועטות הן מכדי לקבוע בוודאות, אם זהו גובה הקשור בפעולות הרמה, או שלב מסוים של עליית ה־Knickpunkt כלפי מעלה האפיק.

14. משטרים ארוסיביים קדומים

א. הנחות כלליות. השינויים בכמות המים הזורמים ובנפח מטענם באים על ביטויים בשינויים באפיו ובצורתו של אפיק הנחל. הפחתת המים הזורמים, ללא הקטנת המטען, גורמים להשקעת של המטען. מאידך גיסא גורמת הגברת כמות המים הזורמים, ללא הגדלת נפח המטען, לפעולה של העמקה ונסירה אירוסביית מוגברת.

אם קיים שינוי נגטיבי באקלים (היינו, הקטנת המשקעים), הרי פוחתת כמות המים הזורמים, אך נפחו של מטען הזרם אינו פוחת; להיפך, הוא עלול עוד לגדול בגלל העדר כיסוי צמחי. תוצאתו של שינוי אקלימי כזה תהיה השקעת החומר, העולה על כוח התובלה של הזרימה, לאורך אפיקו של הנחל. לעומת זה אם אחרי משטר אקלימי כזה יבוא שינוי פוזיטיבי באקלים (הגברת המשקעים), ואם שינוי זה יהיה מהיר ביחס, הרי שיש עודף של כוח מניע לגבי הנפח המקורי של המטען, והנחל יתחיל בפעולת הסרה חריפה בתוך המשקעים הפלוביאטיביים של המשטר האקלימי הקודם. נוצרת טראסה פלובאיטיבית. לפיכך המסקנות על עליה אפירוגנטית של איזור, המבוססות רק על מציאות טראסות פלוביאטיביות, בלא להביא בחשבון את השינוי האקלימי האפשרי, נמהרות הן.

בכרמל נמצאים שלושה סוגים של משקעים פלוביאטיביים:

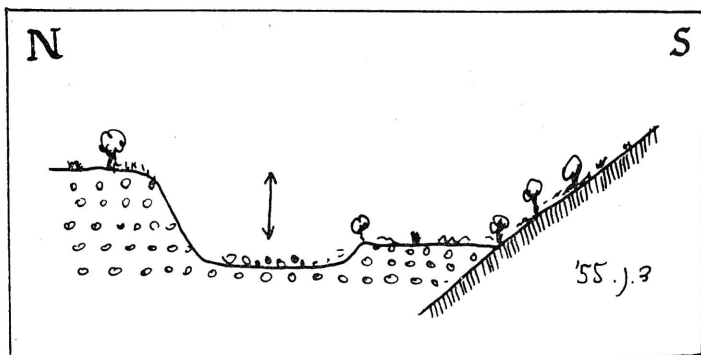
1. הטראסה הפלוביאטיבית הצעירה;
2. הטראסה הפלוביאטיבית העתיקה;
3. מניפות לרגלי ההר.

1. הטראסות הפלוביאטיביות הצעירות נמצאות בכל הנחלים העיקריים (כולן נמצאות, כמובן, בחלק התלול של המדרון).

א. הגובה של פני הטראסה. גובה פני הטראסה עולה מדרום כלפי צפון. אם נבדוק את גבהן במוצא הנחל מההר — נמצא:

גובה פני הטראסה הצעירה במוצא נ. דליה 15—18 מ' מעל פני הים	
נ. מהר"ל 20—25 מ'	"
נ. המערות 28—32 מ'	"
נ. אורן 20—42 מ'	"
נ. גלים 50—55 מ'	"

ביתור הטראסה הפלוביאטיבית הצעירה (= הפרש גובה בין גובה קרקעית הערוץ לבין מפלס הטראסה) גדל אף הוא מדרום לצפון. במדידה באותם המקומות עולה הוא מ' 1 בנ. דליה עד 2,5 מ' בנ. גלים (ציור מס. 4). אותה תופעה של טראסה צעירה קיימת גם באגן המזרחי (נ. נשר, ציור מס. 5).

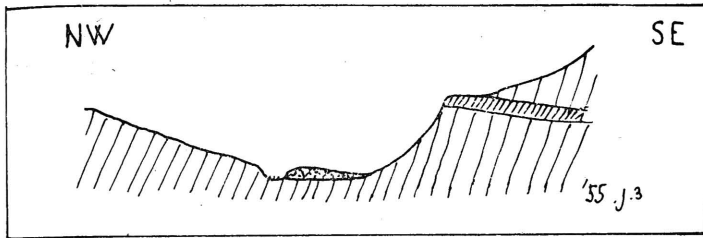


ציור מס. 4: הטראסה הפלוביאטיבית הצעירה, נ. הגלים, ליד טירת הכרמל. החץ מציינן הפרש גובה בין שני מפלסי הטראסה — 3 מ'.

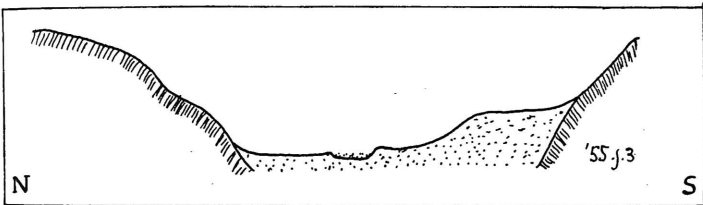
ב. אורך הטראסות הפלוביאטיביות הצעירות.

הטראסות הנ"ל מלוות את אפיקי הנחלים ממישור החוף ועד הרחק לתוך ההר. בנ. דליה קיים ליווי זה לגבי כל אורך הנחל. בנ. המערות נמשכת הטראסה לאורך יובלו הצפוני (נ. ג'מוס) עד נ. צ. 2308/1517. בנ. אורן מופיע סקת הטראסה ע"י החתך החריק של הנחל בצורת "V", אך היא מתחדשת

לרגלי גבעת יערות הכרמל (ציור מס. 6). בנ. בוסתן נמשכת הטראסה עד לכפר דליה; בנ. גלים היא נמשכת עד לק. צ. 1501.



ציור מס. 5: מבט על נ. נשר



ציור מס. 6: הטראסה הצעירה בנ. אורן, מדרום ליערות הכרמל.

ג. המרכיבים של הטראסה הפלוביאטיבית הצעירה. בדרום הכרמל — נ. דליה, נ. מהר"ל — בנויה הטראסה אלוביון דק ורך; בעומק־מה יש אופקי חצץ דקים (נ. דליה, חתך בקיר הנחל ליד פורדיס). לעומת זאת בנויות הטראסות של הנחלים הצפוניים מהם חלוקי־נחל בלתי מלור כדים, מעורבים בטין. גודל חלוקי הנחל אינו עולה על קוטר של 10—15 ס"מ (צילום מס. 3). בטראסה מצויים סלעים גדולים בודדים, פרי מפולות או שטפונות. צבעם של מרכיבי הטראסות הוא לבן־אפור; מידת האוכסידציה — מועטה.

2. הטראסות הפלוביאטיביות העתיקות

בדיקה מפורטת של מדרונות הנחלים מעידה על מציאות טראסה שניה בנחלי הכרמל. אמנם היא נשתמרה רק בצורה של רליקטים, אך זו תופעה

כללית ברוב הנחלים. היא נמצאת מעל לטראסה הצעירה. היסודות לאבחנה בינה לבין הצעירה הם:

א. גודל המרכיבים — החלוקים גדולים ואחידים יותר מאלה של הטראסה הצעירה;

ב. מידת ליכוד החלוקים גדולה מאוד, עד כדי דימוי לקונגלומרט פריך;

ג. אוכסידציה חזקה של המרכיבים, יצירת קרומים חומים-אדומים;

ד. מצב טופוגרפי שונה מזה של הטראסה הצעירה: במקום אחד ובעונה אחת מופיעים זה על גבי זה מפלסי שתי הטראסות;

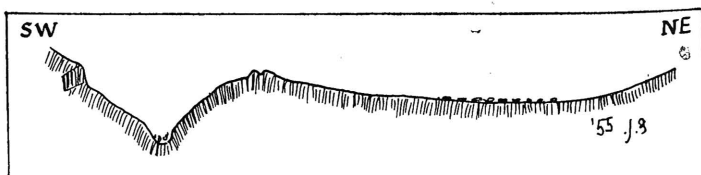
ה. מציאות פרגמנטרית ולא רציפה.

הגורם להריסתה הוא סחיפה ממושכת יותר. בחלקי נחל התחתונים מתקרבות הטראסות זו לזו; ויש להניח, שסמוך למוצא הנחל מההר מתלכדות שתי הטראסות (קידוחי עתלית 1 ו-2). בכמה מקומות נשתמרו הטראסות במפלסים רחבים ויפים ביותר, במיוחד בנ. נשר.

להלן מקומות, שבהם זוהו רליקטים של טראסה זו:

נ. גלים: במפגש בין נ. גלים הצפוני (וויט) ונ. כלח, בנ. צ. 2395/1513. היא נמצאת על סלע-אם; זו היא יותר טראסה סטרטיגרפית מאשר מורפולוגית, מחמת אפיו הצר של האפיק (צילום מס. 4). בנ. צ. 2402/1503, בגובה של 20 מ' מעל לטראסה הצעירה, בגובה של 150 מ' מעל פני הים.

נ. אורן: בחר' זרעה מופיעה הטראסה העתיקה בגובה של 310—300 מ' (צילום מס. 5). גובה הטראסה מעל לטראסה הצעירה הוא כ-20—25 מ'. יש לראות באופן ברור את האפיק הקדום של הנחל מצפון לחר' זרעה (ציור מס' 7). כן נמצאת טראסה זו בנ. צ. 2357/1489; בגובה של כ-15 מ' מעל האפיק, בגובה מוחלט של 90—100 מ'.



ציור מס. 7: שני מפלסי זרימה בנ. אורן; מבט לעבר חר' זרעה.

נ. המערות: (נ.צ. 2308/1513) כאן נמצאת טראסה מהמוגדרות על ידינו כהנ"ל, בגובה של 175 מ', והיא צמודה ממש אל הטרסה הצעירה, בנ. נשר (נ.צ. 2408/1541) נמשכת הטרסה העתיקה כמעט ברציפות לאורך של מאות מטרים.

3. המניפות

המניפות נמצאות לרגלי ההר מנ. המערות וצפונה. הן מתבלטות יפה לעין עם נטיות של 3° — 4° כלפי מערב. הן בנויות מרכיבים בלתי אחידים. המניפות פוסיליות הן ואינן מתחדשות. דעתנו היא, שנתהוו במשטר של שטפונות פתע, שגרפו בנחל הצר את חומר הסחיפה, אך נאלצו להשאיר אותו ביצאם מההר. הנחלים הנוכחיים מוסטים ע"י המניפות כלפי דרום (נ. אורן, נ. גלים).

4. השערות על תקופת התהוותן של הטרסאות

כבר פיקרד (1928, עמ' 64) מזכיר את הטרסאות של נ. קישון. לדעתנו, שתי הטרסאות של הקישון הם שני שלבי משנה של הטרסה הצעירה, כפי שהם מופיעים גם בטרסה הצעירה של נ. אורן. פננשטיל (Pfannenstiel, 1952) בהסתמך על עבודתו של אבנימלך (1936) על שתי טראסות בהר-טוב, זיהה את שתי הטרסאות עם שני אפקי החציץ (Geröllhorizonte), הקבורים במישור החוף. לדעתו, האפיק התחתון של החלוקים (אצלנו — הטרסה העתיקה) הוא מפלוביאל 1 של וירם (Würm); האופק העליון של החלוקים (אצלנו — הטרסה הצעירה) מפלוביאל 2 וירם.

הטרסאות הפלוביאטיביות מעידות בוודאות על ההתפתחות רבת-השלבים של ההידרוגראפיה של הכרמל: שתי תקופות ארוסיביות עיקריות (ביטוי — שני סוגי המדרונות והרליאפים, עמ' 15); בתקופה השנייה, שני שלבי משנה (הטרסה העתיקה, הטרסה הצעירה); חידוש סחיפה, המרמז על הרמה הנוכחית (האפיק הנוכחי).

חיבורים שנזכרו במאמר:

- Avnimelech, M., Etude géologique dans la région de la Shéphela, (1 Grenoble 1936
Pfannenstiel, M., Das Quartär der Levante, Teil, I, Die Küste (2 Palästina-Syriens, 1952
Picard, L., Zur Geologie der Kischon-Ebene, ZDPV, 1928, p. 5-88 (3