

הטענות של הירדן בין ים כנרת לים המלח¹

מאת

יצחק שטר

הקדמה

הירדן, שהוא נהר יחיד במינו בין נהרות־תבל, הזורם בשקע העמוק ביותר שעל פני היבשות, מצטיין בתכונות נדירות נוספות הן מבחינה הדרו־גרפית והן מבחינה פלוביומורפולוגית. תכונות אלו הן תוצאת העובדה, שהירדן יצר את עמקו בתוך משקעי ימה פליסטוקנית, שהשתרעה על־פני עיקר שטחו של הבקיע הגדול בארץ־ישראל. אותם משקעים, הנמנים בחלקם המכריע על סדרת־הלשון הנודעת, שונים בתכלית ממסלעי־אפיקיהם (bedrock) של נהרות אחרים בעלי פיתולים חפשיים. פיתולי הירדן התחתון — הוא קטע הירדן שבין ים־כנרת לים־המלח — הם בעלי אינטנסיביות יתירה ואנומליות רבה, ואפיים זה נקבע בראש ובראשונה על־ידי כמות הטענות הנשאת בנהר וטיבה. הודות לתנאי־האקלים, השוררים בבקעת־הירדן התחתונה, חורגים אף מקורות הטענות ודרכי רכישתה מהמקובל בנהרות אחרים בעולם.

טיב הטענות ומקורותיה

כמות הטענות הנשאת בירדן וטיבה לא שמשו עד כה נושא למחקר שיטתי ומקיף, אך מתוך תצפיות רבות ניתן להסיק, שנפחה הממוצע של טעונת־הירדן עולה באופן ניכר על זה של נהרות אחרים מסדר־גודל דומה.

תמיסות

בעיקר גדולה כמותה של הטעונת הנשאת במים בתמיסה. אפייני הוא לטעונת זו האחוז הגבוה של הקרבונטים, ובמיוחד של הסולפטים, בעקבות

(1) מאמר זה הוא פרק מתוך מחקר על הירדן ופיתוליו, שיופיע בקרוב בדפוס. תמצית הנתונים על עמק הירדן ופיתוליו נמסרה בסקירה, שנתפרסמה ב"דיעות", סרך כ' (תשט"ז), עמ' 145—151.

המחבר מחזיק טובה לגב' ורדה אגמון על עזרתה בניסוחו העברי של המאמר.

שכיחותו הרבה של החומר החוואריי-גבסי בין המרכיבים הבונים את קרקעית בקעת-הירדן (התחתונה²). תכולת הכלור של מי-הנהר עולה בהתמדה כלפי דרום; בקרבת הגבול הישראלי, בסביבות טירת צבי, מגעת היא ל-0.3% וכ-45 ק"מ דרומה מכאן עולה תכולת הכלור במים ל-0.45% ומגיעה עד ל-0.6% בסמוך לגשר-אלנבי³). חשיבות רבה נודעת להמסה בתשלובת התהליכים המביאים להתפתחותו המורפולוגית של עמק-הירדן האלוביאלי, אולם השפעתם הישירה לא נחקרה עד היום. יש לייחס כמה תופעות-נוף אפייניות שבאזור הבתרונות המלווים את הירדן, ובעיקר את נפיצתן הרבה של מחילות תת-קרקעיות וזירות כאן, לתהליכי-ההמסה. צנירים (notches, grooves) בחומר חסון-ביחס בפני שחיקה מתחלפים לסירוגין לאורך הנהר ועל חלקם התחתון של מורדות העמק האלוביאלי בועיר-דרגשים, שאף הם מעידים בעצם מהותם על פעילותם של תהליכי-ההמסה. ואכן, בהתאם להרכבן הכימי של שכבות-הלשון והמינרלים המצויים בהן, טבעי הוא הדבר, שגם ההמסה משמשת כאן כגורם פעיל באספקת הטענות לנהר. הטמפרטורות הגבוהות באזור של בקעת-הירדן וכן עונת-המשקעים הקצרה מסייעים במידה רבה לפעילותן של הריאקציות הכימיות.

(2) המרכיבים השונים של חומר הלשון, לפי שש דוגמות מבקעת-הירדן בסביבות מעוז-כפר רופין, הם:

31.6%	תחמוצת-הסידן
26.4%	תחמוצת-הצורן
18.0%	תחמוצת-הפחמן
7.6%	תחמוצת-הברזל
4.3%	תחמוצת-הגופרית
4.4%	מים
3.7%	תחמוצת-המגנזיום
2.6%	תחמוצת-החמרן
0.5%	תחמוצת-האשלגן
0.4%	תחמוצת-הנתרן
0.1%	תחמוצת-החנקן
0.1%	תחמוצת-הזרחן

מתוך מחקרו של י. אנסי "הבדלגס של ארץ-ישראל" (בכתב-יד), ירושלים 1957, עמ' 70 (בשינוי מסויים).

H. R. J. Davis, *Irrigation in Jordan, Econ. Geog.* 34 (1958), p. 265 (3)

רחופת

חלק ניכר ביותר ממטענו הכללי של הנהר מורכב מחלקיקים הנשאים במים בתרחיף — עובדה, שניתן להסבירה על-פי תפוצתו הרבה של החומר החרסיתי של מסלע-אפיקו של הירדן ויובליו. אחוז החומר החרסיתי הנשא במי-הנהר עולה בהתמדה כלפי דרום: מצפון לשפכו של הירמוק לירדן תופס חומר זה חלק זעיר בלבד בהרכבה של הטענות, לפחות בהרכב טענות הממוצעת של הנהר. העובדה שמצפון לשפכו של הירמוק צלולים הם מי-הירדן כל ימות-השנה פרט לעונות של גשמים, ואילו מדרום לו נעשה הזרם דלוח, ועכירותו הולכת ועולה בכיוון של שפכו — משקפת ומאשרת אף היא את עלייתו של אחוז החומר החרסיתי בהרכב הטענות. אך אין ליחס את עכירות המים החל ממקום זה לשפכו של הירמוק, שהוא משמש גבול מקומי גרידא. הסיבה העיקרית לדליחות מי-הירדן מדרום לשפכו של הירמוק נעוצה בכך, שרק מדרום למקום-השפך מופיעות סדרות של חוואר-הלשון בעובי ניכר והן מתחילות להיות מסגרת רציפה כמעט של אפיק-הנהר. יש לציין, שהחרסית, הידועה באזורים לחים כחומר יציב שאינו פגיע כמעט לחשיפה, היא כאן — באזור הילוכו התחתון של הירדן — פריכה וניתנת לחשיפה בקלות יחסית. יש לראות את הגורם לכך בהתאידות החזקה שבבקעת-הירדן. היובש משפיע במידה רבה על התרופפותו של כוח התאחזה — הן זה שבין חלקיקי-החומר הבודדים והן זה שבין הצרפים (aggregates). עובדה זו מסבירה את סיפוריהם של תיירים רבים מהמאה הקודמת, המתארים את פני ערבות יריחו כמכוסות ב"אפר".

סדקי-התייבשות — החל בזעירים שבהם וכלה באלו שארכם מגיע לכמה דצ"מ — מצויים בכל מקום בשכבות החוואר או החרסית. ההתייבשות מקטינה גם במדה רבה את משקל החלקיקים, ועל-כן עשויים הם להנשא ברוח, להדרדר על פני המורדות ולהגיע בסופם אל הנהר. חלקו של החומר המוסע ע"י הרוח יורד במישורים לאפיקו של הירדן, אך כמות הרבה יותר גדולה מגיעה למטה תוך דרדור, נפילה וגלישה, והיא נערמת לרגלי המורדות ויוצרת "סינוורות" בלית זעירים⁴ לאורך עמקו של הירדן התחתון. בסופו של דבר מגיע גם רובו של חומר זה אל הירדן, וכך מקבל הנהר אספקה מתמדת של טענות.

(4) ראה לוח א', צילום מס. 1.

כמות הרחופת של הירדן — שבדומה לגרופת דקת־הגרגר רבה חשיבותה, כגורם ה"מעודד" את יצירתם של המיאנדרים — גדולה ביותר בתקופות הגאות והשטפונות של הנהר. כעדות לכך משמשות רצועות ארוכות לארכן של גדות הירדן, המורכבות מטיין בעובי רב, וכן ציפוי הטיין העבה, המכסה את גאון־הירדן לאחר השטפונות. הוכחה חשובה אחרת — אמנם עקיפה — לכך היא העובדה, שברצועת המיאנדרים של הירדן (meander belt) אין למצוא בתוך המבוך של התעלות הנטושות אף זרוע מתה אחת (oxbow lake), המכילה מים בהתמדת־מה, מעין אלו המצויות בנהרות מתפתלים אחרים. המים אף אינם מצויים באותם הפיתולים שנפרדו מהילוך הנהר בזמן האחרון. אין להסביר עובדה זו על־ידי ההתאידות החזקה גרידא, או על־ידי התנחה, שמי־התהום אינם מגיעים לאפיקים נטושים אלה מחמת אטימות הקרקע שבה הם חתורים, שהרי לאור הנתונים ההידרולוגיים יש להניח, שכמויות ניכרות של מי־התהום מזינות את הירדן עצמו. לעומת זאת אפייני הדבר, שפיתולים נטושים אלה נעלמים תוך זמן קצר כמעט כליל כצורות נוף שקערוריות, וניתן להבחין בהם בקושי בראייה על־פני השטח וביתר קלות רק מתוך הסתכלות מהאוויר, הודות לרצועות הצמחיה הקונצנטריות הטיפוסיות להם. יש לתלות את סיבת העלמותן המהירה של התעלות העזובות בקצב מילוין המהיר בסחף — על פי רוב דק־גרגירי — באופן שדי בשטפון אחד או שניים, כדי להביא לסתימתן ולטשטוש עקבותיהן של תעלות אלו.

גרופת

החומר החשוב ביותר כמרכיב בגרופת, שיש לו השפעה מכרעת על התהוות הפיתולים, הוא החול. חול, שממדי גרגריו שונים ביותר, הוא השני מבחינת כמותו (אחרי החרסית) בין בוני סדרות־הסלע באזור זה. נוסף לאחוז הגבוה של חומר חולי בחווארים עצמם, מופיעים בתוך סדרות־הלשון רבדים ועדשות, המורכבים כמעט אך ורק מחול, ולעתים בממדים ניכרים למדי. הודות לחוסר ליכודו של חומר זה ולתלילותם היתרה של המדרונות, קיימת הספקה סדירה של גרגרי־חול לתוך קרקעית העמק וקרקעית הערוצים שבאזור הבתרונות. אספקה זו מתאפשרת בעיקרה הודות לתנועות הבלית הגריביטטביות, והיא עולה בכמותה שעה שחלה שטיפה על גבי המדרון. וכך אין הנהר חסר מעולם — ואפילו כשהוא במצב של שפל — כמות ניכרת של טעונת חולית, המשמשת כחומר־לטש יעיל בזכות כוח־זרמו החזק של הירדן.

כמות־הגרופת הגסה, הנשאת על־ידי הירדן, אף היא ניכרת. תופעה זו נראית כנוגדת את: (א) זמינותה הרבה של הטעונת דקת־הגרגר, שצויינה למעלה; וכן (ב) את העובדה שמחמת תנאים טופוגרפיים אין אפילו בכוחם של יובלי הירדן הראשיים לספק לנהר חומר גרגרי גס — ועל כך נרחיב את הדיבור להלן. אך בסדרת־הלשון מהווים פנגלומרטים (fanglomerates) רצנטיים⁵ בלתי־מלוכדים חלק ניכר בהרכב שכבות־הסלע. חומר זה נצבר בעיקרו בתור טעונת על־ידי פעולתו הסחיפתית של הירדן עצמו, ואילו אספקת החומר על־ידי היובלים היא בעלת חשיבות משנית בלבד.

"רכישת" הטעונת

תופעה אפיינית לירדן היא שחלק ניכר ביותר ממטענו הוא ממוצא אוטוכטוני ואוטיגני, כלומר, הוא הובא לנהר מתוך מורדות עמקו ומקרקעיתו האלוביאלית על־ידי פעולות הנהר עצמו. אחוז החומר המובא אל תוך הירדן על־ידי יובליו הוא קטן במידה ניכרת, בהשוואה לנהרות אחרים שממדיהם דומים באיזורים לחים, ואפילו ברוב הנחלים שבאזורים צחיחים וצחיחים־למחצה. הגורמים לכך הם:

א. משטר הזרימה של היובלים

הודות לתנאים האקלימיים השוררים בכל אזור הניקוז של הירדן — ואף באזור בעל האקלים היס־תיכוני — חלים מזמן לזמן שינויים קיצוניים בשיעור ספיקתם של יובליו, ואף של הראשיים שבהם, ואין אלו תנודות עונתיות בלבד. ברוב ימות־השנה מגלה אף זרימתם של יובלי האיתן (ולא כל היובלים הראשיים הם נחלי איתן) ספיקה של "עונה יבשה". פירוש הדברים, שאפילו בעונת הגשם מצויים פרקי־חורב ממושכים, הגורמים לכך, ששפיעת החורף של רוב יובלי־האיתן והיובלים שזרימתם היא פריודית, אינה שונה בממדיה ברוב ימי החורף במידה ניכרת מזרימתם הקייצית, בעיקר בקטע של המורד התחתון ביותר של הנחל. בפרקי־חורב אלו ניזון היובל רק ממי־מעיינות ומפכפוך מית־הזום לאפיקו, וכך גדולים תנודותיה של ספיקתו במשך השנה כולה. באופן כללי ניכרת נטייה במשטר זרימת־היובלים לספיקה מינימלית לקראת ראשיתה של עונת־הגשם, באופן שאין הירדן מקבל כמות מים רבה

(5) ראה לוח א', צילום מס. 2.

מיובליו במשך רוב ימות השנה, פרט לשני יובליו הגדולים: הירמוק והיבוק. במידה רבה אמורים הדברים לגבי אותם מיובלי הירדן, שזרימתם היא פריודית. לפרקים יורדת אספקת מימיהם של אלו לנהר הראשי עד כדי אפס, וכך מצומצמת היא אספקת הטעונת לירדן ברוב ימות השנה, אפילו על ידי יובליו הראשיים, ולמעשה מוגבלת היא לתמיסות ולרחופת. אספקת הטעונת האחרת מרוכות ברובה בתקופה הקצרה של הגאות והשטפונות. בדרך כלל אין שטפונות אלה נמשכים זמן רב, ובין שטפון לשטפון חלות הפסקות של שבועות ואף של חדשים. הדבר תלוי בכמות המשקעים הרבה, היורדת בעצמה ניכרת תוך שעות ספורות ומביאה לאחוז גבוה של נגר עילי בכל גלילניקוזו של הירדן. כל כמות ניכרת ומרוכות של טעונת, המגיעה דרך היובלים לירדן, מוגבלת לפרקי־הגשם בגליל־המים המסוים, ובעיקר אמורים הדברים לגבי אספקת החומר הגס יותר. אולם אפילו בפרקים אלו קיימת הגבלה נוספת בפני הטעונת הגסה בדרכה לנהר, שמקורה בגורמים הטופוגרפיים באזור של עמק־הירדן התחתון.

ב. התנאים הטופוגרפיים

בכל היובלים הראשיים, היורדים בגיאיות עמוקים מאזור הרמות שמשני צדי בקעת הירדן, כשיפוע אפיקם תלול מאוד ובכל יובל־הירדן האחרים, שהילוכם מצומצם לאזור המתלולים שמשני צדדיו, חל שינוי פתאומי בשיפוע עם כניסתם לכיכר הירדן — קרקעיתה הרחבה והשטוחה של בקעת־הירדן. תמורה זו מתרחשת במרחק ניכר מהנהר, והשפעתה הישירה באה על ביטוייה בהרבדה נרחבת של כמעט כל החומר הגס במקום יציאתו של הגיא מאזור ההר. כאן נבנות מניפות־סחף נרחבות שהן אפייניות אף ליובלים בינוניים וקטנים. רק בסמוך ליובלים הגדולים יותר, או במקומות שבהם מתקרב אפיק־הירדן אל אזור־המתלול, משתרעות מניפות אלו עד לעמקו האלוביאלי של הירדן. כמה ממניפות־הסחף קודמות בזמן להיווצרותו של הירדן, וכיום חצויות הן על־ידיהן, כגון מניפות־הסחף של הירמוק והיבוק. מדרונותיהן של מניפות־הסחף הם מתונים ו"בולעים" חלק ניכר מספיקתם ומטעונתם של היובלים הבונים אותן. דגם פזרות (braided pattern) להילוכי היובלים מעליהם אפייני לכמה מהם ובעיקר מעל למניפתו הרחבה של הירמוק. באזור השפך של רוב היובלים לירדן חל שינוי שני בשיפוע אפיקם של היובלים, שמקורו בהפרשי־הגבהים שבין קרקעית־הבקעה וקרקעיתו האלוביאלית של

עמק־הירדן. הבדלי גבהים אלה מגיעים באזור הצפוני ל־15—25 מ' בממוצע, בעוד שבדרום עולים הם לכדי 30—40 מ'. כאן, במיוחד בסמוך ליובלים קטנים יותר, נוצרות מניפות־סחף משניות, ועליהן זורמים מ־היובלים בכמה תעלות — אחת מהן ראשית, ואילו האחרות פעילות בעונות גאות בלבד — וכך משתפכים הם לירדן. במספר מקרים אין למצוא תעלות קבועות ומוג־דרות על־פני חלקן התחתון של המניפות, ובמקומן מצויות מספר תעלות "נודדות", שמקומן אינו קבוע, והן מתבדרות בכיוון אל הירדן⁽⁶⁾. תופעות אלו מעידות על מידה מרובה של הרבדה לפני השתפכותם של היובלים לירדן, ואף היא מונעת אספקת טעונת גסה בעיקר לירדן דרך יובליו. עדות אחרת להשקעה ניכרת של טעונת על־ידי היובלים לפני התחברותם עם הירדן הוא מהלך הפזרות של רוב היובלים, כלומר זרימתם בכמה תעלות, המתפלגות ומתאחדות לסירוגין בהשפעת הטעונת הרבה, המושקעת בשעה שהיובלים חוצים את קרקעית הבקעה השטוחה והיוצרת שרטונות וחוסמת תעלות־זרימה. דגם פזרות בולט ביותר בהילוכו התחתון ביותר של הירמוק, של היבוק, בוואדי עוג'ה, נחל נמרין ובכמה מיובלי הירדן.

ניתן להניח במידה רבה של ודאות, שאי־כשרם של היובלים להעביר את גרופתם לירדן הוא אחד התנאים החשובים המאפשרים לנהר זה ליצור פיתולים. אילו היו מגיעות לנהר הכמויות העצומות של הטעונת הגסה, הנרבדת על־ידי יובליו במניפות־סחף בתוך אפיקיהם ומצטרפות למטענו, הרי אין ספק בדבר שהיו מאלצות את הירדן לזרום זרימת פזרות. נטיות והתחלות לכך מסתמנות בשכיחות־מה בכמה קטעים באפיקו של הירדן, ועדות לכך הם השרטונות הרבים והאיים המאפיינים חלקים רבים של הילוך הנהר. לעומת זה הכמות המכרעת של טעונת דקה־גרגרית המוסעת על־ידי הירדן כשהיא הולכת ונרבדת בגדות הנהר, באפיקו ובשטח קרקעיתו, נעשית בדרך־כלל בלתי־פגיעה על־ידי הסחף. דבר זה הוא גורם נוסף לכך, שפעולת הסחף העיקרית של הנהר מתרחשת בעומק, שעליו מעידות — בין השאר — הגדות הזקופות והגבוהות יחסית, שבהן עובר הירדן ברוב ארכו.

ג. תנאי הזרימה

גורם אחר, שאף הוא מסייע להפחתת המטען המגיע לירדן דרך יובליו,

(6) ראה לוח ב'.

הוא מהירות־הזרם הגדולה של הירדן, בהשוואה למהירות הזרימה ביובלים, בחלק התחתון של הילוכם, על קרקעיתה של בקעת־הירדן. הבדל זה במהירות־הזרימה מביא לכך, שכמויות חומר ניכרות — ואפילו חומר דק־גרגרי — מושקעות בסמוך לשפכם של יובלים רבים, בעיקר באלה מהם, שהילוכם מוגבל לקרקעית הבקעה בלבד. מכאן מסתברת גם צורת־השפך־הנדחה (deferred junction), שהיא אפיינית לכמה מיובליו של הירדן, כגון היבוק, וקטעו התחתון ביותר של נחל פרעה, הוא ואדי ג'זול'ה. צירופם של כל הגורמים הללו — נוסף על זמינותה היתירה של טעונת לירדן מסיבות ליתולוגיות ולאור הפוטנציאל הסחיפתי שלו — מביאים לכך, שחלק גדול מטעונתו של הירדן מקורה בפעולות הנהר עצמו ואינה מובאת אליו דרך יובלים. הנהר "עוקר" חומר זה מקרקעיתו, הודות לתנאים אקלימיים וליתולוגיים מיוחדים, בכמות יותר גדולה מנחלים אחרים ממורדות העמק.

הבתרונות⁷

אזור מיוחד נוסף, המשמש מקור לאספקת חומר לירדן, הוא אזור הבתרונות, המשתרע מעבר למורדות־העמק. הוא אינו מפותח לאורך כל מהלכו התחתון של הירדן. בחלק הצפוני ביותר אין איזור זה קיים, למעשה, וראשיתו ניכרת רק מדרום למקום שפכו של הירמוק. ניתן להסביר עובדה זו על־ידי דקות של הסדרות החוראיות וכן על־ידי שטח השתרעותן המצומצם לאורך עמק־הירדן ועמקי יובליו בקטע הצפוני. כמות המשקעים הגדולה יותר בצפון מונעת אף היא יצירת בתרונות.

בדרום מסתיים אזור הבתרונות סמוך לקדקדו של המישור הדלתאי של הירדן. הסיבה העיקרית להסתיימותו של שטח הבתרונות כאן נעוצה במצב אותו של הטין הכבד, שהושקע על־ידי הנהר שאינו מאפשר אף יצירת פיתולים במישור הדלתאי. בגבולותיו של מישור זה מופיעים בתרונות במקומות שבהם מורכבים עדיין פני־השטח מחומר חורארי, ועובדה זו משמשת הוכחה עקיפה לנאמר למעלה. רק כ־20 ק"מ מדרום למקום־שפכו של הירמוק ניכרת ראשיתו של אזור בתרונות כמעט רצוף לאורך עמק־הירדן. מכאן ואילך בנוי האזור, רובו ככולו, מסדרות־הלשון החוראיות, וכמות המשקעים

(7) תהליכי היווצרותם של הבתרונות וכן אפיים המורפולוגי תוארו בהרחבה על־ידי י. אגסי (שם), והנני מודה על הרשות שניתנה לי להסתייע בכמה מסקנות של מחקרו, שעדיין לא נתפרסם בדפוס.

יורדת בהדרגה כלפי דרום עד לערך האופטימאלי להיווצרות הבתרונות ולהתפתחותם בתנאים הליתולוגיים הקיימים. אזור הבתרונות משני צדי הירדן אינו אחיד מבחינת רחבו במקומות השונים. סמוך לגבולו הצפוני אין רחבו הממוצע עולה על 1 ק"מ; כלפי דרום הולך האזור ומתרחב בהדרגה עד שהוא מגיע לרוחב מכסימאלי של 3 ק"מ. סמוך לשפכו של היבוק במזרח וליד ואדי מלחה (במערב⁸). דרומה מזה הולך אזור הבתרונות ונעשה שוב צר, עד שהוא מסתיים לחלוטין בקדקד המישור הדלתאי של הירדן. במקביל־מה ליצר השדרה (gallery forest) לאורך הירדן ויובליו משתרעות מעבר לו רצועות צרות של בתרונות, שהמונח "בתרונות של שוליים" (fringe-badlands) הולמס יפה. בתרונות־השוליים של עמק־הירדן יוצרים יסוד מורפולוגי ראשי וברור ביותר בתוך בקעת־הירדן. אזור זה מצוין בערבית בשם מיוחד: אל־קטר, כלומר — אזור־הדבשות⁹). האזור מהווה ניגוד חריף לקרקעיתה הרחבה והשטוחה של הבקעה, שהיא גבולו העליון, ועם הטרסה האלוביאלית של הירדן, שהיא גבולו התחתון. שפניה שוב שטוחים וחלקים. אזור הבתרונות מכיל כמעט את כל הצורות האירוזיביות בזעיר־אנפין: דמויות של גבעות "שולחן" (mesa, butte) זעירות, פדימנטים, רכסונים וכו', שכולם הם תוצאות של ביתור חריף בשכבות האפקיות כמעט, הבנויות מחומר אחיד ביחס ונוח לביזור.

תכונה אפיינית אחרת של נוף הבתרונות היא צפיפות רשתם, כלומר, קרבתן ההדדית היתירה של תעלות־הערוצים, התוצאות את כל אזור הבתרונות לרחבו, ונדירותם היחסית של חריצים (rills) בלתי עמוקים על המדרונות הפונים לעמק־הירדן. מתוך תצפיות־שדה ניתן לשער, שמקורה של התכונה האחרונה הוא השטיפה הנמרצת על פני כל שטחו של המדרון (slope wash), המטשטשת את עקבות אזורי הביניים (interfluves) הזעירים — הם השטחים בין הערוצים — וכן בדרדרת ובמפולות השכיחות. הנגרמות על־ידי כרסום בסיסו של המורד. כל אלה מביאים לנסיגתם ולהתחדשותם המתמדת של פני המורדות בעמק־הירדן.

בניגוד לחרצי־אורך שטוחים אלה, חתורים אף הערוצים הבינוניים לעומק ניכר, ואף הם מסועפים במידה ניכרת. למרות התחתרות עמוקה זו יורדים

(8) ראה לוח ג' 1.

Schwoeber Valentin, Der Jordangraben, In: *Zwoelf laenderkund-* (9)

liche Studien, Hettner Festschrift, Breslau, 1921, p. 152

רוב הערוצים אל העמק בשפך דיסקורדנטי "תלוי"; דגם ניקוחם הוא ברובו מטיפוס נוצתי (barbed type)¹⁰). לרוב הערוצים והחריצים שבאזור הבתרונות אפייני תיעול תת־קרקעי נרחב¹¹), שאולי נגרם על־ידי אי־חדרי רותו של החומר הבונה את פני השטח וחסינותו הגדולה בפני סחיפה. הודות לקשיותו, שהיא תוצאה של פעולה נימית, ומביאה להתקרמותן של תמיסות עולות סמוך לפני השטח. נראה הדבר, שגם לתהליכי המסה תת־קרקעיים המתרחשים בשכבות חוואריות עשירות בתכולה גירנית, נודעת חשיבות מרובה בהתפתחותו של תיעול תת־קרקעי זה. לרובן של תעלות אלו צורות של ערוצים קצרים וצרים, ואין הן מתמשכות לכל ארכן מתחת לפני השטח. חלקים מסוימים ממהלכן נמצאים על־פני השטח, והם מתחלפים לסירוגין בחלקים תת־קרקעיים ובקטעי־תעלות, שתקרתן התמוטטה ונפלה. שרידים קטנים של גגות־תעלות יוצרים גשרים זעירים, שהם שכיחים מאד בנוף זה בצד בורות קטנים, שאף הם נתהוו מסיבות דומות¹²).

ככל שמתקרבות הן אל מדרונות עמק־הירדן, כן עולה ארכן של התעלות התת־קרקעיות וכן מתעבה יותר החומר הבונה את גגן. מדרונות העמק מחוררים בהשפעת פתחיהן של תעלות רבות, ברובן בחלקים העליונים של המורדות. עצם צורתו הרבה של אזור הבתרונות לאורך הירדן ויובליו וכן הימצאותם של בתרונות אלה אך ורק לאורך עמקי הנהרות באזור זה מכליטה את התלות והזיקה שבין יצירת הבתרונות ועמקי הנהרות, המשמשים להם כבסיס־אירוויה מקומיים סמוכים. אולם הירדן אינו משפיע על התפתחותו של אזור הבתרונות שמשני עבריו כגורם סביל בלבד; אדרבא, הוא ממלא תפקיד חשוב ופעיל בהתפתחות זו. הקצעתה (scouring) והעמקתה של קרקעית האפיק, כרסום בסיס־מורדות ותהליכים פלוביו־אירוזיביים אחרים מעצבים באופן מתמיד את מורדות עמק, המהווים את חזית־הגבול הראשי והבלעדי של אזור הבתרונות כולו לאורך הנהר. פעילותו הסחיפתית של הנהר גורמת לאי־יציבותם — ובעיקר לנסיגתם — של מורדות העמק, שהיא מזדקרת לציון בכל מקום כמעט מדי שנה בשנה, ובמיוחד מתקופת גשם אחת לתקופת גשם שנייה. תהליכים אלה מתרחשים במשך השנה כולה ומגיעים לשיאם בזמן ההצפות, המשפיעות במידה ניכרת על אזור הבתרונות לכל רחבו. הם הקובעים את שיעור התפשטותו לאחור של אזור־בתרונות לתוך קרקעית בקעת

10) אנסי, עמ' 81.

11) אנסי, עמ' 75.

12) אנסי, עמ' 75.

הירדן, שעדיין אינה מבותרת, וכן את שיעור הביתור ואת הסתעפותם של הערוצונים.

בעקבות פעולות הנהר נמצא אזור הבתרונות בהתמדה במצב של עיצוב והתפתחות. שאינו נפסק אף למשך תקופות קצרות ביותר, בעיקר משום שאין כאן מעטה צמחי, העשוי לשמש כגורם מייצב ומעכב. הודות לתנאים הטופוגרפיים, האקלימיים והליתולוגיים מהירים הם כאן קצב הסחיפה ותנועות הבלית, ועל כן מהיר הוא גם קצב הצטברותה של הבלית. אזור הבתרונות מהווה אפוא אחד המקורות החשובים — ואולי החשוב ביותר — של אספקת טענות לירדן.

לאיזור הבתרונות נודעת חשיבות כספק של טענות לנהר גם מבחינה זו, שאספקת החומר היא מתמידה — בעצם, בלתי פוסקת — במשך השנה כולה, אם כי טבעי הוא הדבר, שכמויות החומר המגיעות לנהר שונות הן לפרקים, בהתאם לתנאי מזג-האוויר ולמצב הנהר. ופירוש הדבר, שאפילו בזמן שנפסקת פעולתו של הנהר העילי מובאות כמויות ניכרות של חומר הזמינות לתובלה אל תוך הנהר על-ידי תנועות הבלית (mass movement), והנהר אף בהיותו במצב של שפל, מקבל טענות מתמדת. לרבות גרופת, המגיעה אליו דרך דרדור — ובעיקר החלק (slipping, sliding) — על פני מדרונותיו התלולים למדי הנתונים לכרסום והיא המאפשרת לו להמשיך במידת-מה בפעולתו הסחיפתית המביאה להרבדה ניכרת.

חשיבות מרובה יותר נודעת לעובדה, שבעקבות תהליכים אלה, הנמשכים בכל ימות השנה, מצטברות כמויות גדולות של חומר בלתי לרגלי המדרונות ועל קרקעית-התעלות, הנגרף אל הנהר בבוא הגשמים, או כשהירדן נמצא במצב של גאות, וזרם מימיו מגיע אל התערמויות-הבלית שנוצרו לרגלי המורדות. כך מקבל הירדן תוך תקופות קצרות-ביחס כמויות גדולות של טענות, שהן גדולות באופן ניכר מאלו של נהרות אחרים מסדר-גודל דומה, שתנאיהם הליתולוגיים והאקלימיים שונים.

התהליכים המתרחשים באזור הבתרונות, ובעיקר בחזיתו — על פני המורדות הפונים אל עמק הירדן, אינם שונים בטיבם מאלה הפועלים על מורדות-עמקיהם של נהרות אחרים, במיוחד אלה של האזור הצחיח והצחיח-למחצה. הגורם המייחד את התהליכים באזור הירדן מאלה שבאזורים אחרים היא העובדה, שכאן מתרחש חלק מהם בעצמת-יתר, ועל כן נודעת להם חשיבות מרובה באספקת הטענות, שאין למצוא דוגמתה בעמקי נהרות אחרים.

תנועות הבלית (mass movement)

הודות לתנאים הליתולוגיים והאקלימיים בבקעת־הירדן ממלאות תנועות־הבלית תפקיד חשוב באספקת הטענות לנהר. בדרך־כלל שלובים תהליכיהן השונים של תנועות־הבלית זה בזה עד שאין אפשרות להפריד ביניהם; ואילו כאן ניתן להבחין ביניהם בקלות יחסית, הודות לעונת הגשם חקצרה — עם ההפסקות שבין הגשמים מרובות — לעצמת־הגשם הניכרת ולכוח מחצו הקצר, אך הנמרץ, על המדרונות החשופים והתלולים. גשמים כאלה אינם גורמים להרטבה ממושכת ולהרוויית פני־המדרון לפרקי־זמן ארוכים, והרטיבות הנא־גרת בתוך המדרונות נעלמת לאחר זמן קצר ביחס. וכך חוזרים ומתחדשים כעבור הפסקה קצרה ביחס התנאים של תקופת היובש, המביאים להצטברות הבלית ולתנועתה הגריבטיבית בלבד. בעקבות שינויים קיצוניים אלה באה מעין חלוקת תפקידים זמנית בין תנועות־הבלית השונות ובין השטיפה על־ידי הגשם; ואפילו כשהתהליכים השונים פועלים במשולב ניתן לעתים קרובות להבחין ביניהם ולקבוע את חלקם ותפקידם של הגורמים האינדיבידואליים בתוך תשלובת־התהליכים. וכך אפשר למיין את כל תנועות־הבלית בעמק הירדן ובאזור־הבתרונות בשלוש קבוצות מוגדרות:

א. תנועת הבלית "היבשה", כלומר, תנועה גריבטיבית של חומר בלתי יבש, ללא תוספת מים. העדר הלחות משמש אף הוא גורם מדרבן וממריץ לתנועות אלו. תהליכי־תנועה מסוג זה פעילים במשך כל השנה, פרט לעונות הגשמים ולתקופה קצרה אחריהם.

ב. תהליכי־המעבר, שבהם קיימת תנועת־בלית יבשה במשך תקופות ארוכות, ותוספת הלחות מהוות, בדרך־כלל, רק את השלב האחרון בתנועה, והיא משמשת גורם מדרבן סופי. תהליכיה של קבוצת־תנועות זו יצוינו כאן יחד עם אלה של קבוצה א.

ג. תנועת הבלית "הלחה", כלומר, תנועה, שהרטבת החומר משמשת תנאי ראשוני לקיומה. לתהליכים אלה של תנועת־הבלית נודעת חשיבות באזור זה, הודות לשפע החומר של טעונת שהם מספקים לירדן. כמותו של חומר זה עולה במידה מרובה על זו המובאת לנהר על־ידי תהליכים אחרים של תנועת־הבלית.

טבע הדברים מחייב, שגם לתהליכי־השטיפה על פני המדרונות התלולים למדי והחשופים מצמחים תהא נודעת חשיבות מרובה באספקת הטענות

לירדן. מיוחדות לירדן תנועות־הבלית הרבות, הנגרמות על־ידי סיבות אינדר־דינמיות, היינו, על־ידי רעידות־האדמה.

א. ב. — תנועות־הבלית "היבשה"

(1) דרדרת. נפילה חפשית וכן דרדרו של חומר בליתי מגדלים שונים שכיחים למדי לאורך עמקו האלוביאלי של הירדן ובתוך מסכת הערר צים שבאיזור הבתרונות. כמות החומר המדרדר ונופל גדולה הודות לטיב המסלע, לשיעור היושב הגבוה באזור ולתלילותם היתרה של המורדות, הן בעמק האלוביאלי והן באזור הבתרונות, שלעתים מאונכים בו המדרונות או אף בעלי שיפוע חור. רוחות־עמק, היינו רוחות המנשבות לאורך הבקעה, וכן הרוחות הנופלות, שהן שכיחות כאן למדי, משמשות לפרקים גורם יעיל בהתנעת החומר, ויש שהן מביאות ל"זרימת" חומר יבש מהחריצים ומפתחיהם של ערוצים "תלויים" (hanging) אל תוך העמק האלוביאלי. הצטברויות בדמות שפיע־בלית זעירים מצויות בכל מקום לרגלי המדרונות התלולים, בעיקר מתחת לפיותיהם של חריצים וערוצים בחלקם הגבוה של המורדות. שפיעים אלו נעלמים כמעט אחת לשנה, על־ידי שטיפה או בעקבות זרימת הנהר בשעת גאות, ועובדה זו מעידה על אספקת חומר בכמות בלתי־מבוטלת לנהר.

השפעתה של נשיבת הרוח ניכרת מתוך העובדה, שבחריצים ובערוצים הפתוחים מצויה במשך תקופה ממושכת כמות מועטת בלבד של חומר העשוי להנשא ברוח, בהשוואה לכמות החומר הגס יותר המצטברת שם.

(2) סידוק לווחי. ראשיתו של תהליך מסובך הרבה יותר, הגורם בסופו לנפילה או לגלש הדרגתי (slumping) של גופי־חומר גדולים, נעוצה בסידוק, המביא ליצירת גושים לווחיים (slab) בגוף המדרונות. על שפת המדרונות התלולים והניצבים וכן בתוך המדרונות עצמם מתפתחים סדקי־מת, המתמשכים בהקבלה, בקירוב, לשפת המדרון העילי, ומרחקם מהשפה אינו עולה, בדרך־כלל, על 1 מ'. הם שונים מסדקי־ההתייבשות שזכרו למעלה — הן מבחינת שטח־השתרעותם הגדול יותר והן מבחינת עמקם הרב, העשוי להגיע לעתים לכמה מטרים. צורת הסדק היא זו של יתד, שבסיסה הרחב מופנה כלפי מעלה. כיוון השתרעותם של פני־השטחים, המגבילים את הסדק, אינו חופף בדיוק את משך הסדק על פני המדרון או מעל פאתו, שכן אין קו־הסדק מתמשך בכיוון אחד רציף, אלא בדרך־כלל מפותל הוא ואף

זוויתי; השטחים הפנימיים הנוצרים בעקבות הסידוק אף הם אינם ישרים. תצפיות־שדה רבות מעידות שחירור (desiccation), המסה, שטיפה, וייטכן אף שאיבת־רוח (blow-out) משפיעים במידה ניכרת על המשך התפתחותם של הסדקים, בהתרחבותם ובהתעמקותם כאחד. בדרך־כלל מתרחבים הסדקים ומתעמקים בהרבה במשך שנה, ולעתים אף תוך שנים מספר. אורך הזמן מותנה בתלילות המדרון ובטיב החומר שבו מתפתח הסידוק, והם נפרדים במידה גוברת והולכת מהמדרון, ביצרים לוחות, שעל־פי רוב עולה גבהם על ארכם⁽¹⁾. בהקבלה להתפתחות זו מתרחשים גם כמה תהליכים אחרים: (א) חלקו העליון של הלוח מתפרק בלא הרף לפסיפס של סדקי־התייבשות מצר לעים זעירים; (ב) חלקו העליון של הלוח סוטה במידה גוברת והולכת מהמאונך ונוטה לכיוון של קרקעית־העמק, כנראה בהשפעת כוח הכובד; (ג) בגוף־הלוח מתפתח סידוק משני, שכיוונו אפקי, בקירוב, והוא מקביל לכיוון הבסיס של הסדקים הראשיים. במרוצת הזמן נעקר חלקו העליון של הלוח. שנפרד זה כבר מגוף הלוח התחתון בעקבות הסידוק האפקי והוא גולש למטה. אולם לפרקים נשבר הלוח בבסיסו והוא גולש לפני התרחשותה של ההתפתחות שתוארה למעלה. הואיל ותהליך זה חל בעיקרו במשך התקופה הלחה, הרי יש להניח, שתוספת המשקל הנגרמת על־ידי ההרטבה מעלה את משקל חלקו העילי של הלוח, והוא כשיר יותר לנפילה, ואילו השטיפה בתחתית הסדק עשויה להוות את הגורם המדרבן הסופי לגלש. תהליך זה הוא משותף אפוא לקבוצות הראשונה והשנייה של תנועות־הבלית. ההרטבה אינה משמשת גורם בלעדי לגלש הדרגתי, שכן ידועים מקרים מרובים של גלש גם בעונת היובש.

התערמויות גדולות של בלית פזורה בריסוק לרגלי מורדות תלולים במרחק לא רב אחד ממשנהו וכן לוחות בשלבי התפתחותם השונים מעידים, שלתהליך זה נודעת חשיבות מרובה כספק של טעונת לנהר. תהליך־הליווח שונה באופן מוגדר מתהליכי־ההחלק על־גבי מדרון תלול, שאף הם שכיחים למדי לארכו של עמק־הירדן. הליווח אינו משאיר "צלקות", ופני המורד, הנחשפים בשעת נפילת הלוחים, אינם חלקים או שונים בצבעם מחלקי מורד סמוכים. כמות החומר הכרוכה בליווח קטנה יותר מזו שבהחלק, והתערמויות הבלית לרגלי המורדות בשטחי־החלק הן גדולות יותר ויציבות במקומן תקופה ממושכת יותר.

(13) ראה לוח ג', 2.

קצב השבירה הלווחית הוא מהיר למדי. חלק גדול מהלווחות הגדולים יותר שנראו וצולמו ליד כפר רופין, מעוז וירדנה בשנת 1957, שוב לא נמצא במקומו בשנה שלאחריה. סדקים רבים, שאשתקד היו עדיין זעירים, התארכו והתעקמו במרוצת-הזמן וכן הופיעו סדקים חדשים, שלא היו בנמצא ב-1957. לא נערכו תצפיות ליווח בחלקו הדרומי יותר של עמק-הירדן, אולם לאור אחידותו הגדולה יותר של המסלע כלפי הדרום, תנאי האקלים הקיצוניים, הביתור החריף יותר של הירדן והתלילות הגדולה ביותר במדרונות, שסיבתה אינטנסיביות גדולה יותר של פיתול בדרום, ניתן להניח, שתופעת הליווח אף שכיחה ונמרצת יותר בדרומה של בקעת-הירדן התחתונה. סידוק וליווח בקנה-מידה קטן יותר מתפתחים גם באזור הבתרונות לאורך הערוצים הגדולים והעמוקים יותר וכן לאורך יובלי הירדן החוצים את קרקעית הבקעה.

(3) צנירים. למרות אחידותו הגדולה ביחס של החומר שבסדרות-הלשון, אין המדרונות הבנויים מחומר זה חלקים כלל ועיקר. על פניהם מצוי מספר רב של בליטות בדמות זיזים דקים, כשמעליהם ומתחתם צנירים זעירים שנוצרו בעקבות ערכיותן המורפולוגית השונה של השכבות בסדרת-הלשון. לזיזים אלה אפיינית היא דקיקותן היחסית, התבלטותן המועטת וכן העובדה שאין הם מאריכים ימים. בעוד שבחלקיהם העליונים של המורדות מייצגים זיזים אלה את השכבות הקשות ביחס שמעל לשכבות החרסית והחול ומתחתן, הרי מופיעים בחלקם התחתון של המדרונות זיזים, שנוצרו, כנראה, בעיקר בתהליכי המסה. זיזים אלה עבים ורחבים מעט יותר מהזיזים העליונים, שצוינו קודם, וכן אין להחליפם בזיזי-ג של צנירים, שהתהוו בהתליך שחיקה על-ידי זרם הנהר. צנירים אלה שמתחת לזיזים הנ"ל ומעליהם לא נוצרו כנראה כתוצאה משחיקה על-ידי פעולתו האירוויבית-מכאנית של הנהר, ועדות לכך משמשות העובדות הבאות: (א) הצנירים שמעל לזיזים אלה ומתחתם מצויים לעתים קרובות בסלע שהוא כשלעצמו עמיד, בדרך-כלל, בפני קוראזיה פלוביאטילית; (ב) פני צנירים אלה אינם חלקים ברובם אלא מחוספסים, ולפרקים יש למצוא בהם חירוט (etching), המעיד בעצם מהותו על פעילותם של תהליכי-המסה כאן. שברי הזיזים יחד עם קטעי-מדרון זעירים שמעליהם, שהזיזים משמשים להם משען ארעי, מוסיפים כמות בלתי מבוטלת של חומר לטענות הזמינה לנהר.

ג. תנועת-הבלית "הלחה"

בהתאם לתנאים האקלימיים והליתולוגיים בחלקה התחתון של בקעת-הירדן, משמשת ההרטבה — בעיקר בצורתה המרוכזת והפתאומית — גורם הרס למדרונות עמק-הירדן ויובליו. עצם שכחותם של רבדי-גבס והשכבות העשירות בתכולה גבסית ואנהדריטית עשויה להביא לידי עיוות השיכוב של הרבדים שמעליהם, בעקבות תפיחתן והתקמטותן של שכבות-הגבס לאחר שרוו מִי־גשמים. במיוחד אמורים הדברים לגבי שכבות-החרסית שהן השכבות בשכבות-הלשון. בשעה שרבדי החרסית נרטבים, ובעיקר כשהם רוויים מים — תהליך המתרחש במהירות גדולה ביחס לאחר ההרטבה — הם נהפכים למעין חומר־סיכה, המביא להחלק של כמויות-חומר ניגרות מעליו⁽¹⁴⁾. ההחלק מסתייע במידה רבה על-ידי כמה גורמים, והם: (1) הנטייה הכללית של השכבות כלפי ציר הבקעה, ואף־על־פי שוויות הנטייה היא, בדרך־כלל, קטנה מאוד, מסייעת היא להחלק; (2) קיימים קטעי מדרון מופרדים מקטעיו האחרים, שבהם גדולה יותר נטיית השכבות. תופעה זו קשורה בגורמים שונים, שהחשובים שבהם הם ההעתקים הקטנים והסדקים הנגרמים על-ידי רעידות אדמה או השתפללות בעקבות דיכוס (subsidence); (3) ההרטבה גורמת, בדרך־כלל, תוספת משקל ניכרת בקטעיהם העליונים של המורדות ועושה אותם פגיעים יותר לתנועה גרביטטיבית, בעיקר כשתשתיתן החרסיתית מתרטבת. נהפכת למעין חומר־סיכה ומשמשת כמשטח־החלקה.

תופעות-ההחלק של כמויות חומר ניכרות חוזרות ונשנות בהתמדה לארכו של עמק-הירדן וכמעט לרגלי כל מדרון תלול יש למצוא התערמויות־בלית גדולות⁽¹⁵⁾. אין לייחס את החלקי־הסלע אך ורק לתהליכי ההרס, המופעלים על-ידי הנהר גופו, וכעדות לכך משמשת שכחותן של תופעות החלק־גושים על המדרונות הנמצאים במרחק־מה מקרקעית־הנהר. נפח החומר הכרוך בהחלקים אלו ובגלישות, גדול לפרקים עד כדי כך, שיש בכוחו אף להפסיק את זרמו של הירדן לשעות מספר, כשתופעות אלו מתרחשות על מדרונותיו של אפיק הנהר.

(14) לדעת פיקרר, משמשות לעתים שכבות בסדרת־הלשון וכן התצורות מתחתה שהן בעלות תכולה רבה של חרסית, אופקים למי־החומר במקרה זה גוברת במידה יתרה ה"נכוניות" לגלישות של החומר שמעל לשכבה האטימה. L. Picard, Zur Geologie des mittleren Jordantales, ZPDV 55 (1932) p. 180

(15) ראה למד' 1.

זחולת (creep). תהליכי שטיפתם של המדרונות בעמק־הירדן עצמו ובאזור הבתרונות הם גורמים ביותר כתוצאה מתלילות־יתר של המדרונות, מחוסר ליכודו (unconsolidated state) של החומר הבונה את פני־השטח, המושפע מתקופות היובש הארוכות מזה, ומעצמת המטר מזה. מצויות עדויות של תנועת זחולת נרחבת, בעיקר לאורך החלק הצפוני של מהלך הנהר שבו קיימים עדיין קרקעות וצמחים. כאן מופיעים שטחי מדרונות ניכרים — ואפילו מדרונות תלולים למדי — שמעליהם מצויים אי־צומח הגדלים על כתמי קרקע כהה, שזחלה או גלשה ונשארה "תקועה" על פני המדרון⁽¹⁶⁾.

רעידות־אדמה. אפייני ומיוחד לירדן הוא חלקן הניכר של רעידות־האדמה בהתפתחות המדרונות ובעיצובם. בקעת־הירדן התחתונה היא אחד האזורים הסייסמיים הפעילים של ארץ־ישראל ואזור ראשי גם במזרח הקרוב בכלל, אף על פי שמבחינת האפיצנטריות נודעת לו חשיבות משנית בלבד⁽¹⁷⁾. בקטלוג של רעידות האדמה⁽¹⁸⁾ מופיעים 24 פריטים לרעידות אדמה, שהתרחשו בעמק־הירדן. פריטים אלה אינם משקפים באופן נאות את שכיחות הרעידות באזור: (א) מסיבת אי־המהימנות וחוסר־הדיוק ברשימות מהמאות הקוד־טות שבהן נזכרו רק רעידות אדמה גדולות והרסניות. לעומת זאת נרשמו באמצע המאה העשרים בלבד 12 רעידות אדמה⁽¹⁹⁾; (ב) הואיל ובקעת הירדן התחתונה לא היתה מיושבת ברובה המכריע בשך תקופות היסטוריות, הרי הידיעות היחידות על רעידות אדמה הן על אלו שפגעו ביריחו או בטבריה (היושבת מחוץ לאזור הנדון), וידיעות אלו מעידות על עצמה גדולה של רעידות.

הרדות לליכוד החלש של החמרים הבונים את בקעת־הירדן התחתונה יש השפעה מורפולוגית אפילו לרעידות קטנות⁽²⁰⁾. ברעידות האדמה יש לראות את הסיבה העיקרית לשכיחות ההעתקים הרבה, שגרמה להפרדת קטעי־המדרון משאר השטח. וטבעי הוא הדבר שהחלקים המופרדים אינם יציבים ועשויים להיפגע בקלות על־ידי החלקה, גלישות וכו', הן כתוצאה מרעידות

(16) ראה לוח ד', 2.

D. H. K. Amiran, A Revised Earthquake Catalogue of Palestine (17

IEJ 2 (1952) p. 56

(18) שם, 1 (1950) עמ' 225—239.

(19) שם, שם.

(20) שם 2. (1952) עמ' 48.

ג. תנועת-הבליית "הלחה"

בהתאם לתנאים האקלימיים והליתולוגיים בחלקה התחתון של בקעת-הירדן, משמשת ההרטבה — בעיקר בצורתה המרוכזת והפתאומית — גורם הרס למדרונות עמק-הירדן ויובליו. עצם שכיחותם של רבדי-גבס והשכבות העשירות בתכולה גבסית ואנהדריטית עשויה להביא לידי עיוות השיכוב של הרבדים שמעליהם, בעקבות תפיחתן והתקמטותן של שכבות-הגבס לאחר שרוו מי-גשמים. במיוחד אמורים הדברים לגבי שכבות-החרסית שהן השכיחות בשכבות-הלשון. בשעה שרבדי החרסית נרטבים, ובעיקר כשהם רוויים מים — תהליך המתרחש במהירות גדולה ביחס לאחר ההרטבה — הם נהפכים למעין חומר-סיכה, המביא להחלק של כמויות-חומר ניגרות מעליו¹⁴). ההחלק מסתייע במידה רבה על-ידי כמה גורמים, והם: (1) הנטייה הכללית של השכבות כלפי ציר הבקעה, ואף-על-פי שזווית הנטייה היא, בדרך-כלל, קטנה מאוד, מסייעת היא להחלק; (2) קיימים קטעי מדרון מופרדים מקטעיו האחרים, שבהם גדולה יותר נטיית השכבות. תופעה זו קשורה בגורמים שונים, שהחשובים שבהם הם ההעתקים הקטנים והסדקים הנגרמים על-ידי רעידות-אדמה או השתפלות בעקבות דיכוס (subsidence); (3) ההרטבה גורמת, בדרך-כלל, תוספת משקל ניכרת בקטעיהם העליונים של המורדות ועושה אותם פגיעים יותר לתנועה גרביטטיבית, בעיקר כשתשתיתן החרסיתית מתרטבת. נהפכת למעין חומר-סיכה ומשמשת כמשטח-ההחלקה.

תופעות-ההחלק של כמויות חומר ניכרות חוזרות ונשנות בהתמדה לארכו של עמק-הירדן וכמעט לרגלי כל מדרון תלול יש למצוא התערמויות-בליית גדולות¹⁵). אין לייחס את החלקי-הסלע אך ורק לתהליכי ההרס, המופעלים על-ידי הנהר גופו, וכעדות לכך משמשת שכיחותן של תופעות החלק-גושים על המדרונות הנמצאים במרחק-מה מקרקעית-הנהר. נפח החומר הכרוך בהחלקים אלו ובגלישות, גדול לפרקים עד כדי כך, שיש בכוחו אף להפסיק את זרמו של הירדן לשעות מספר, כשתופעות אלו מתרחשות על מדרונותיו של אפיק הנהר.

14) לדעת פיקרד, משמשות לעתים שכבות בסדרת-הלשון וכן התצורות מתחתה שהן בעלות תכולה רבה של חרסית, אופקים למי-תהום במקרה זה גוברת במידה יתרה ה"נכוניות" לגלישות של החומר שמעל לשכבה האטימה. L. Picard, Zur Geologie des mittleren Jordantales, ZPDV 55 (1932) p. 180

15) ראה לוח ד', 1.

זחולת (creep). תהליכי שטיפתם של המדרונות בעמק־הירדן עצמו ובאזור הבתרונות הם גמרצים ביותר כתוצאה מתלילות־יתר של המדרונות. מחוסר ליכוד (unconsolidated state) של החומר הבונה את פני־השטח, המושפע מתקופות היושב הארוכות מזה, ומעצמת המטר מזה. מצויות עדויות של תנועת זחולת נרחבת. בעיקר לאורך החלק הצפוני של מהלך הנהר שבו קיימים עדיין קרקעות וצמחים. כאן מופיעים שטחי מדרונות ניכרים — ואפילו מדרונות תלולים למדי — שמעליהם מצויים איי־צומח הגדלים על כתמי קרקע כהה, שזחלה או גלשה ונשארה "תקועה" על פני המדרון⁽¹⁶⁾.

רעידות אדמה. אפייני ומיוחד לירדן הוא חלקן הניכר של רעידות־האדמה בהתפתחות המדרונות ובעיצובם. בקעת־הירדן התחתונה היא אחד האזורים הסייסמיים הפעילים של ארץ־ישראל ואזור ראשי גם במזרח הקרוב בכלל, אף על פי שמבחינת האפיצנטריות נודעת לו חשיבות משנית בלבד⁽¹⁷⁾. בקטלוג של רעידות האדמה⁽¹⁸⁾ מופיעים 24 פריטים לרעידות אדמה, שהתרחשו בעמק־הירדן. פריטים אלה אינם משקפים באופן נאות את שכיחות הרעידות באזור: (א) מסיבת אי־המהימנות וחוסר־הדיוק ברשימות מהמאות הקוד־מות שבהן נזכרו רק רעידות אדמה גדולות והרסניות. לעומת זאת נרשמו באמצע המאה העשרים בלבד 12 רעידות אדמה⁽¹⁹⁾; (ב) הואיל ובקעת הירדן התחתונה לא היתה מיושבת ברובה המכריע בשך תקופות היסטוריות, הרי הידיעות היחידות על רעידות אדמה הן על אלו שפגעו ביריחו או בטבריה (היושבת מחוץ לאזור הגדון), וידיעות אלו מעידות על עצמה גדולה של רעידות.

הדות לליכוד החלש של החמרים הבונים את בקעת־הירדן התחתונה יש השפעה מורפולוגית אפילו לרעידות קטנות⁽²⁰⁾. ברעידות האדמה יש לראות את הסיבה העיקרית לשכיחות ההעתקים הרבה, שגרמה להפרדת קטעי־המדרון משאר השטח. וטבעי הוא הדבר שהחלקים המופרדים אינם יציבים ועשויים להיפגע בקלות על־ידי החלקה, גלישות וכו', הן כתוצאה מרעידות

(16) ראה לוח ד', 2.

D. H. K. Amiran, A Revised Earthquake Catalogue of Palestine (17

IEJ 2 (1952) p. 56

(18) שם, 1 (1950) עמ' 225—239.

(19) שם, שם.

(20) שם 2. (1952) עמ' 48.

האדמה עצמן והן מתוך כל הסיבות האחרות שצויינו למעלה. מסמכים היסטוריים רבים מעידים, שכמויות גדולות מאוד של חומר הוטלו לתוך אפיק הנהר בעקבות רעידות אדמה וסכרו את זרם הנהר לזמן מה. לפי ברסלבסקי⁽²¹⁾, נפסקה זרימת הירדן לרגל חסימת אפיקו בשנים 1267, 1546 (למשך יומיים) 1906 (למשך 10 שעות), 1927 (למשך 20 שעות). לפי עדותם של תושבי כפר רופין, חלה חסימתו האחרונה של הירדן בשנת 1956.

סיכום

בהתאם להשקפות החדישות⁽²²⁾ קיימים שלושה גורמים עיקריים להתהוותם של המיאנדרים ה"תפשיים", כלומר, של הפיתולים "הנודדים" — המעתיקים את מקומם במשך התפתחותם לרחבו ולארכו של עמק הנהר: (א) שיפוע מתון; (ב) הבדלים ניכרים במשטר הזרימה של הנהר, הבאים על ביטויים בהפרשים שבין כמות המים הממוצעת, שהוא מעביר, לבין זו, שהוא מזרים בעונות הגאות והשטפונות; (ג) כמות הטענות, ובעיקר הטענות הדקה גרגרית.

קרקעיתה של בקעת הירדן, שבה עיצב הירדן התחתון את עמקו, היא בעלת מידת שיפוע ניכרת: $1.79^{\circ}/00$ — מידה, שכשלעצמה היתה מקשה, ואפשר אף מונעת את התהוותם של פיתולים. בדרך זו מוכחת כל צרכה השפעתם המכרעת של שני הגורמים האחרים. כן מוכח שאחד הגורמים האלה — הטענות — עשוי לשמש פיצוי מלא לליקוי בגורם אחר, תפקיד זה יכולה למלא הטענות בלבד, שכן לגבי התהוות הפיתולים נודעת לעונות הגאות ולשטפונות הנהר חשיבות כאמצעי לפעולה הסחיפתית הנמרצת, המספקת לנהר את הטענות שאותה הוא מסוגל להעביר רק תוך יצירת פיתולים. אספקת הטענות לירדן התחתון מיוחדת בכך: (א) שהטענות הנרכשת על

(21) ברסלבסקי, הרעש וכריתת הירדן בשנת 1546, "ציון" כרך ג' (תרצ"ח).

עמ' 323—336.

Dury G. H., Contribution to a general theory of meandering (22) valleys. *American Journal of Science*, 252 (1954) pp. 193—224

Mathes G. H. Basic aspects of stream meanders. *American Geophysical Union Transactions*, 1941, pp. 632—636

Russel R. J. Alluvial morphology, *Review of the Geogr. Institute, University of Istanbul*, 1954, pp. 28—49

ידיו אינה חומר אלוביאלי, שהורכב על-ידי הנהר עצמו, כרגיל אצל הנהרות המתפתלים פיתולים חפשיים. החומר ברובו המכריע נרכש ממשקעים אגמיים (lacustrine) קדומים הבונים את קרקעיתה של בקעת-הירדן, והוא בעל טיב ליתולוגי שונה לחלוטין מזה של משקעים פלוביאטיליים רגילים; (ב) הטענות של רובם המכריע של הנהרות באה מאפיקיהם ומפני המורדות של עמקיהם. ליובלי הנהר אין חשיבות יתירה בתחום אספקת הטענות. לגבי הירדן הורחב תחום זה על-ידי אזור הבתרונות המלווה אותו משני צדדיו ברוחב ניכר, שבו התפתחה רשת צפופה של תעלות טבעיות, המתנקזות ישירות אל הירדן ומביאות לו כמויות חומר גדולות למדי, העתידות להחפץ לטענות. ואכן בתרונות אלה הם כעין הרחבה של תחום המדרונות של עמק הנהר, אך הן יעילות יותר לאין שעור כספק של חומר ממורדות העמק הרגילים, הודות לשטחם הרב וביתור היתר שלהם; (ג) גם האופי של רכישת הטענות על-ידי הנהר חורג בהרבה מהמסגרת הרגילה ברוב הנהרות בעולם. לתנועות הגרביטטיביות של הבלית יש חלק גדול באספקת החומר המוסע על-ידי הירדן ועובדה זו מותנית בגורמים הליתולוגיים והאקלימיים המיוחדים השוררים לאורך הילוכו של הירדן התחתון. פיתוליו וכן טיבם הם בעיקרם תוצאה של תנאים מיוחדים אלה.