



דוח מחקר מוגש לנקודת ח"ן: הקרן לקידום ערכי נוף וסביבה באזורים
חקלאיים בישראל
מרס 2006.

"ארץ תעלות המים" - שימוש משולב בתעלות הניקוז של

עמק החולה הצפוני - חקלאי - סביבתי - תיירותי.

דידי קפלן - רשות הטבע והגנים, עתיקות מגידו, מגידו 19230,
didi.kaplan@npa.org.il

אבישי בן-פורת- המעבדה לחקלאות סביבתית מיג"ל,

אביטל גזית- המכון לשמירת הטבע באוניברסיטת תל-אביב.



נופר צהוב. צילם: דידי קפלן

1. רקע:

בעמק החולה הצפוני קיימות 2 מערכות של תעלות:

1. מערכת דרומית של "תעלות לשמירת מפלס" באדמות כבול, נחפרה ב- 1993-94.
2. מערכת התעלות הניקוז שמצפון לה, נחפרה בשנות ה- 50'.

המערכת הדרומית, של תעלות שטוחות, יחסית, נבנתה כך שתשמור על מפלס גבוה של מי תהום. אורכה הכולל כ- 80 ק"מ של תעלות שעומקן 2 מטר ורוחבן בסיסן כ- 2 מטר.

המערכת הצפונית, תוכננה להוריד את מפלס מי התהום מתחת ל- 2 מטר. התעלות עמוקות (3-4 מטר מפני הקרקע), בעלות שיפועי דפנות תלולים (1.2 : 1 עד 3 : 1), וללא אפשרות של בקרת מפלס. ברובן זורמים מים כל השנה, והם מתחלקות לתעלות ראשיות בכיוון השיפוע הטבעי (צפון-דרום) ולתעלות משנה בכיוון מזרח-מערב. בזמנו, נחפרו כ- 200 ק"מ תעלות, וכיום נשארו 120 ק"מ של תעלות פתוחות (השאר כוסו והונחו בהן צינורות ניקוז תת-קרקעיים). הרוחב הסטטוטורי המוכרז שלהן הוא 26 מטר בממוצע (14 מטר מיפסק עליון ועוד 6 מטר דרך תפעולית מכל צד של "כתפי התעלה"), והן תופסות שטח של 3,100 ד' שמהווה כ- 3.3% משטח העמק שמצפון לאדמות הכבול (90,000 ד').

תמצית הרעיון של "ארץ תעלות המים" היא להפוך את רשת התעלות הללו לרשת של "חייצים אקולוגיים", בדומה לרשת המשוכות הצמחיות (Hedgerows) של בריטניה, שמהווה גומחה אקולוגית בפני עצמה, ומקיימת מיגוון מינים גדול.

בתנאי צפון עמק החולה יש ל"חייץ אקולוגי" כזה מספר תפקידים:

1. קשר אקולוגי רציף בין שמורות הטבע שבצפון (שלושת מקורות הירדן) לבין גופי המים של מרכז עמק החולה (שמורת החולה ואגם אגמון).
2. אתר מקלט לאורגניזמים מועילים לחקלאות, הצמוד למטעים ולשדות.
3. רשת של דרכים בטבע לשימושים תיירותיים (מסלולי הליכה ורכיבה על אופניים, סוסים, וטרקטורונים) הנשענת על תעלות ניקוז ובהם מים זורמים, כתמי צל, מפלוני מים ופינות דייג.

בשנים 1994 - 1997 ביצענו מחקר מטעם משרד המדע: "שימוש אפשרי בתעלות הניקוז של צפון עמק החולה למטרות משולבות של טבע - תיירות - חקלאות". מחקר זה בוצע במערכת מודל של 2 תעלות ניקוז: תעלה א"מ- 2 (באורך 900 מטר) וקטע של התעלה המערבית (באורך 600 מטר). מרבית התקציב הוקדש להקמה פיזית של מערכת המודל. במסגרת זו, ביצעה קק"ל עבודות עפר (מיתון הדפנות של תעלת הניקוז ל- 3 "טיפולים": שיפוע מתון - 1:4, שיפוע בינוני - 1:2.5, ושיפוע תלול - 1:1.2 שהוא המצב הקיים). בסקר של מיגוון המינים, נמצא קשר הדוק בין תכיפות וסוג התחזוקה של התעלה לבין מיגוון הצומח. אחת ממסקנות המחקר הוא מיושמת כיום בהצלחה ע"י רשות ניקוז כנרת - ששינתה את שיטת התחזוקה לקצירים תכופים (במקום הגלגלת). קצירים אלו (2-4 פעמים בשנה) מעודדים תפוצה והתפתחות של מיני צמחים שרועים, ומאפשרים חדירות אור רבה יותר לנישה המימית שבתחתית התעלה. הם גם מהווים פוטנציאל להתבססות של מינים טבעיים של צמחי גדות, צמחים טבולים, חסרי חוליות במים ועופות.

עבודות שיקום התעלה המערבית, ממינחת קרית שמונה בצפון - ועד למפגש התעלות (מזרחית ומערבית) ולתעלת הירדן המשוחזר מנאות מרדכי עד האגמון, בוצעו בשנת 2002 ויכולות להוות גורם מניע ליישום תוצאות מחקר זה בדרך של פעילות תיירותית ייחודית לאורך התעלות. בשונה מהמחקר הקודם (1994-1997), שעסק בעיקר בבניית מערכת מודל (ביצוע הנדסי של שיפועים מתוכננים - הטיפולים בניסוי), הפעם מסתמך המחקר על מערכת אמיתית ויורחב לעמק החולה כולו.

2. מטרות:

מטרת על: הפיכת תעלות הניקוז לחייצים אקולוגיים יעילים.

מטרות משנה:

1. יצירת מסד נתונים של מערכת תעלות הניקוז הקיימת: שיפועים, רוחב, כמות מים בספיקות שיא ובקייץ ממוצע, איכות מים, סקר צומח ובעלי-חיים.
2. קביעת סדרי עדיפויות, במסגרת תקציב שנתי נתון לשיקום תעלות הניקוז של צפון עמק החולה. השיקולים הם: הנדסיים, אקולוגיים ותיירותיים.
3. לבדוק את השפעת אופן תחזוקת התעלות (בידי רשות הניקוז) על מצב המערכת האקולוגית של התעלות, ובפרט – על המגוון הביולוגי, ו (2) להציע מימשק תעלות לאופטימיזציה של איכויות אקולוגיות, תיירותיות והנדסיות, תוך בדיקת תעלות מטיפוסים שונים ובמשטרי טיפול שונים.

שאלות המחקר הן: באיזו מידה מסוגלת רשת "גומחות אקולוגיות" צרות וארוכות להוות מסדרון אקולוגי יעיל?

האם הסביבה השכנה לתעלה משפיעה על איכות בית הגידול בתעלה?

3. שיטות:

3.1 שיטות כלליות:

1. יצירת מסד נתונים של התעלות בעמק החולה נתמך GIS. איפיון התעלות מהבחינות הפיסית והביולוגית וסיווגן.
 2. חלוקת התעלות ליחידות משנה אקולוגיות, מבחינת אופי התעלה וסוג הפעילות החקלאית בסמוך לה.
- הושם דגש על קטעים בהם יש לתעלה שיפוע אורכי מספיק לשם יצירת מפלונים של עשרות ס"מ, בצמוד לפינות צל ודייג. עיקר הפוטנציאל התיירותי של הפרוייקט הוא בקטעים אלה. ביחידות הדרומיות זורמות התעלות בשיפוע מתון מאד, עם גדות נמוכות ובשכנות לגידולי-שדה בלבד. לתעלת הירדן המשוחזר, הנושאת אופי טבעי יותר ועוברת בסמוך לשטחי חקלאות, תהווה שילוב של בחינת פוטנציאל תיירותי עם שכנות חקלאית.

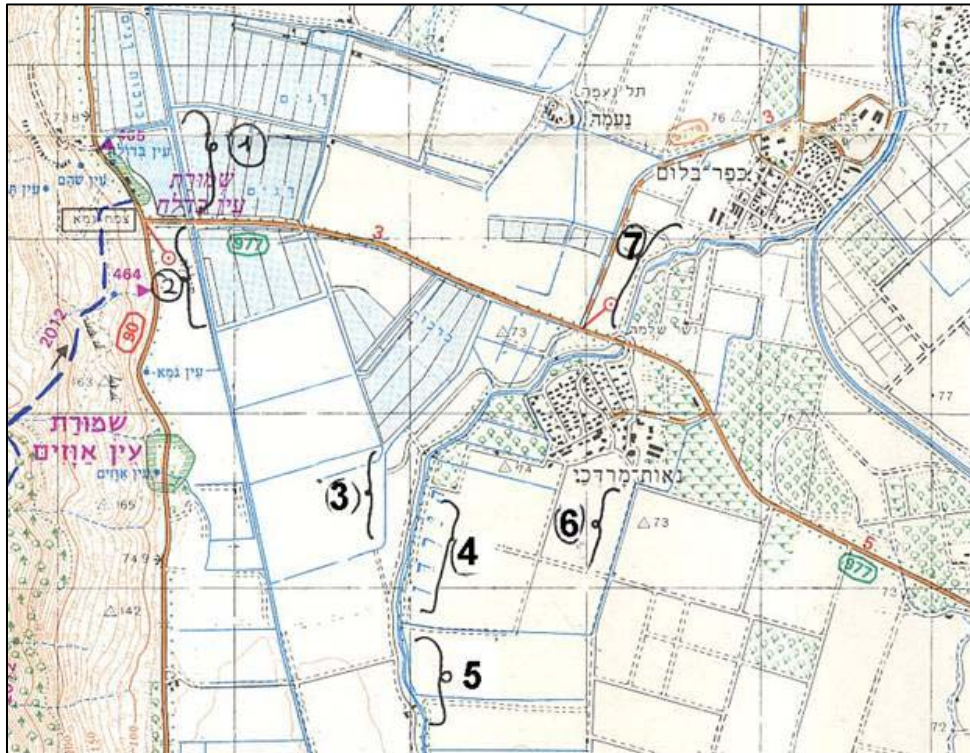
3. ניטור פלורה ופאונה.

- נבחרו 8 קטעים מייצגים שמהווים יחידות ניטור עצמאיות. בוצע ניטור פעמים בשנה שכלל:
- מים – מדדים פיסיים וכימיים.
 - חסרי חוליות – דיגום הידרוביולוגי.
 - צומח (טבול, גדות ושולי שדות ומטעים) – חיגור, כיסוי ומגוון.
 - עופות ויונקים – חיגור ומגוון אורכי.

3.2 פרוט השיטות:

- המחקר בוצע בשיתוף פעולה עם שלש קבוצות מחקר נוספות שפועלות באיזור החולה, במאמץ משותף ללמוד את מאפייני המגוון הביולוגי בתעלות האיזור:
1. ד"ר זאב לבינגר, דן אלון, מרכז הצפרות.
 2. עמית דולב, יוסי יובל, מרכז-מידע יונקים של החלה"ט.
 3. אורי שביט, אורי להב, יוחאי כרמל, המסלול להנדסה חקלאית, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל ואלעזר במברגר, רשות ניקוז כינרת.

במסגרת המחקר, לאחר סיורים בשטח, בחרנו לבדוק שמונה קטעי תעלה (איור 1 וטבלה 1). בכל אחד מקטעי התעלות נמדדו פרמטרים פיזיים של התעלה, ומאפיינים כימיים של המים בתעלה. המגוון הביולוגי נמדד בחמש קבוצות סיסטמטיות: צמחים, חסרי חוליות, עופות, יונקים יבשתיים ועטלפים. חלק זה של הדו"ח מתאר את שיטות דיגום המגוון הביולוגי בתעלות, שלבי ביצוע העבודה בפועל, תוצאות חלקיות, ומסקנות ראשוניות.



איור 1: מפת אתרי הדיגום בתעלות הניקוז בעמק החולה. תחנה 1 - תעלה מערבית - צפון; תחנה 2 - תעלה מערבית - דרום; תחנה 3 - תעלה מרכזית; תחנה 4 - ירדן ישן - דרום א'; תחנה 5 - ירדן ישן - דרום ב'; תחנה 6 - תעלת נאות; תחנה 7 - ירדן ישן - צפון; תחנה 8 דרומית ואיננה מצוינת במפה.

טבלה 1 : תעלות הדיגום.

| מספר | שם | מיקום (ראה מפה מצורפת) | תיאור |
|------|---------------------------|---|--|
| 1 | תעלה מערבית צפון | כמאה מ' מצפון לצומת הגומא, מול שוחה שניה מהצומת | תעלה רחבה, אקליפטוסים, צומח עשבוני |
| 2 | תעלה מערבית דרום | כמאה מ' מדרום לצומת הגומא, מול גרוטאה | תעלה רחבה, אקליפטוסים, צומח עשבוני |
| 3 | תעלה מרכזית ירדן ישן דרום | דרומית לסילו של ברעם, מול עמוד חשמל | תעלה צרה, קנים צפופים בגובה כ-1.5 מ' |
| 4 | ירדן ישן דרום | ירדן ישן מדרום לכביש נאות מרדכי | תעלה רחבה, קנים, עשבוני, עצי ערבה |
| 5 | ירדן ישן דרום | דרומה לנקודה 4 דרום לקיבוץ נאות מרדכי, גדה ימנית מול צומת T | תעלה רחבה, קנים, עשבוני תעלה צרה, קנים צפופים בגובה כ-3 מ' |
| 6 | תעלת נאות | ירדן ישן 100 מ' מצפון לכביש נאות מרדכי | תעלת ה'קלימקס', מגוון עצים, מטפסים, עשבוני |
| 7 | ירדן ישן צפון | תעלת הניסוי ליד עינות נוטרה. | תעלה צרה, צומח עשבוני, גומא נמוך |
| 8 | תעלת נוטרה | | |

3.2.1. סיווג התעלות

התעלות שנבחרו למחקר האקולוגי שונות זו מזו בלפחות ארבעה פרמטרים עיקריים, המשפיעים על האקולוגיה של התעלה: המבנה הפיסי (בעיקר רוחב התעלה), איכות המים, כיסוי הצומח, ומשטר הטיפול בתעלה.

מבחינת משטר הטיפול ואופי הצומח, קטעי תעלה אלה משתייכים לארבעה טיפוסים שונים (טבלה 1 וטבלה 2): (א) כיסוי עשבוני בעיקר (לעיתים בשילוב של כיסוי גומא או קנה נמוך), כיסוח יסודי מספר פעמים בשנה (תעלות 1, 2, 8). (ב) כיסוי קנה צפוף וגבוה, כיסוח פעם או פעמיים בשנה (תעלות 3, 6). (ג) כיסוי מגוון הכולל איזורים עם כיסוי עשבוני, קטעי קנה וגומא, וקטעים עם עצים מפותחים בגובה רב, טיפול בעשבוני והקנה – פעם עד פעמיים בשנה, וטיפול העצים (תעלות 4, 5) או ללא טיפול כלל (תעלה 7). מבחינת משטר המים ואיכותם, קטעי התעלה משתייכים לשתי קבוצות שונות, (א) תעלות עם זרימה קבועה ומשמעותית, ואיכות מים גבוהה (תעלות 1,2,4,5,7,8). (ב) תעלות עם זרימה דלה, בלתי סדירה, ואיכות מים נמוכה (3,6). מבחינה פיזית ניתן למיין את התעלות לרחבות (1,2,4,5,7) וצרות (3,6,8).

פרמטרים אלה אינם בלתי תלויים זה בזה, ועל כן סיווג התעלות לקבוצות שונות אינו טריוויאלי, וניתן להיעשות ביותר מדרך אחת. במחקר הנוכחי, העניין המרכזי שלנו הוא בהשפעת הטיפוליים שמבצעת רשות הניקוז על מגוון המינים, והצומח המתפתח בתעלה כתוצאה מכך. על כן, סיווגנו את התעלות בעיקר על פי טיפוס הצומח ומשטר הטיפוליים. הסיווג כולל ארבעה טיפוסים צומח. בשל ההבדל הגדול באופי התעלות העשבוניות בין התעלות הרחבות (1,2) לבין התעלה הצרה (8) הבדלנו ביניהן, וקיבלנו חמשה טיפוסים תעלה (טבלה 2).

טבלה 2: סיווג התעלות לטיפוסים על פי פרמטרים שונים.

| טיפוס התעלה | א | ב | ג | ד | ה |
|---------------|------------------|-------------------|---------|---------------------------|------------|
| צומח | עשבוני, תעלה צרה | עשבוני, תעלה רחבה | קנה | מגוון, כולל את כל התצורות | בעיקר עצים |
| רוחב | צרה | רחבה | צרה | רחבה | רחבה |
| תכיפות הטיפול | רבה | רבה | בינונית | רבה | ללא טיפול |
| איכות מים | גבוהה | גבוהה | נמוכה | גבוהה | גבוהה |
| מספרי התעלות | 8 | 1, 2 | 3, 6 | 4, 5 | 7 |

3.2.2. מדידות א-ביוטיות: פרמטרים פיזיים של התעלה ופרמטרים כימיים של המים

חלק זה של המחקר בוצע על-ידי צוות המעבדה לאקולוגיית נחלים באוניברסיטת ת"א. בכל תחנות הדיגום בוצע אפיון פיזי חלקי אשר כלל מדידת מידות התעלה (רוחב מגדה לגדה ושיפוע הגדות), אפיון התשתית והערכת עוצמת הזרימה. נבדקו המשתנים הלימנולוגיים הבאים: טמפרטורת המים, מוליכות חשמלית, ריכוז חמצן מומס ואחוז הרוויה בחמצן (בעזרת מד חמצן-מוליכות-מליחות אלקטרוני נייד). בנוסף נלקחו דגימות מים לבדיקות במעבדה של ריכוז האמוניה הכללית והגבה כימית - pH (באמצעות מד אמוניה סלקטיבי) ומדידת ריכוז החומר האורגני (צח"ב) בשיטה סטנדרטית (BOD5,20).

3.2.3. מדידות ביוטיות – העושר והשפעה של מינים מחמש קבוצות סיסטמטיות:

צומח:

עושר מיני הצומח נמדד בעזרת חתכי-צומח שנערכו לרוחב התעלות, בשש-עשרה נקודות שונות לאורך שמונת קטעי התעלה (פירוט בטבלה 3). חלק זה בוצע על ידי הבוטנאית תירצה ניב בשיתוף עם דידי קפלן מרשות הטבע והגנים. כל החתכים התבצעו באביב (בין ה-25 לאפריל לבין החמישי למאי 2003) ושוב בקיץ (בין ה-13 ליולי לשלישי באוגוסט 2003) באותן נקודות. בכל תעלה נערכו 1-3 חתכים (בתעלות עם צומח הטרוגני נערכו חתכים רבים יותר). מרכז התעלה סומן כנקודת ה-אפס, וממנו לכל כיוון נבדק הצומח בשבע רצועות נפרדות: רצועת המים, מדרון לח (X2), מדרון יבש

(X2), מישור יבש (X2). רוחבה של כל רצועה נמדד בעזרת סרט מדידה. כמו כן תועדו הפרטים הבאים:

1. רשימת המינים בפס שרוחבו 2 מ', אומדן אחוז הכיסוי של כל מין והפנולוגיה שלו.
2. גובה ממוצע של הצומח בכל רצועה + טווח הגבהים (בעזרת מוט טלסקופי משונת).
3. רשימת מינים אחרים המצויים מחוץ לאיזור החתך, אך בקרבתו.
4. פרטים נוספים (אינדיקציה לריסוס, כיסוח וכו').

טבלה 3: חתכי-צומח לדיגום בתעלות השונות (7 רצועות דיגום בכל חתך).

| תעלה # | תעלה 1 | תעלה 2 | תעלה 3 | תעלה 4 | תעלה 5 | תעלה 6 | תעלה 7 | תעלה 8 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| חתכים | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 |

לצורך ההשוואה בין טיפוס תעלה שונים יש הכרח שהנתונים ישקפו מאמץ דיגום זהה (כלומר, מספר חתכים קבוע) בכל טיפוס תעלה. לצורך זה, קיבצנו יחד את נתוני החתכים של כל תעלה. שיקללנו את תעלות 1+2 לתעלה יחידה (זהו, למעשה המצב לאמיתו, ראה איור 1). מתחנה 4 ותחנה 8 נערכו שלשה חתכים, על כן לא השתמשנו בנתוני החתכים 4 וכן 8. כן, כל אחד מחמשת טיפוס תעלה כולל תוצאות של שני חתכים.

חסרי חוליות:

חלק זה של המחקר בוצע על-ידי צוות המעבדה לאקולוגיית נחלים (המכון לחקר שמירת הטבע, אוניברסיטת ת"א) בהנחיית פרופ' אביטל גזית, והשתתפו בו ירון הרשקוביץ ודנה מילשטיין (מוסמכים למדעים בחקר נחלים), ואלעד בן דוד (תלמיד לתואר מוסמך). מגוון המינים של חסרי החוליות נמדד באמצעות רשת פלנקטון (גודל נקבים 420 מיקרומטר) בשיטה סטנדרטית, חצי-כמותית. האורגניזמים הנאספים בשיטה זו משתייכים לקטגוריה של "חסרי-חוליות גדולים" (חח"ג). הדיגום כלל סביבות צמחיית גדות או ענפים השקועים במים. בנוסף לאלו נלכדים ברשת חסרי-חוליות השוחים חופשית במים (כגון זחלי יתושים) וכן בעלי חוליות קטנים כגון ראשנים ודגיגים. חסרי החוליות הגדולים שנדגמו בבתי הגידול השונים בתחנה נתונה אוחדו לאסופה אחת. דגימות החח"ג נבדקו תחילה בשטח, כאשר היצורים עדין חיים, ונערך רישום ראשוני של עושר הטקסונים (תמונה 2). לאחר מכן שומרו הדגימות באתנול (70%) והועברו למעבדה למיון, הגדרה וספירת הפרטים. הגדרת מיני הרכיכות נעשתה בעזרתו של מר הנק מיניס והגדרת מיני החיפושיות בעזרתו של פרופ' ר' צ'קטונוב מהמחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב. הגדרת יתר חסרי החוליות בוצעה ע"י צוות המחקר. הגדרת הדגים נבדקה ע"י ד"ר מנחם גורן מהמחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב, לכולם תודתנו.

עופות:

חלק זה של העבודה התבצע על ידי הצפרים זאב לבינגר וברק גרניט. עושר מיני העופות נמדד בחתכים שנערכו לאורך קטעי התעלה השונים. החתכים התבצעו פעמיים, פעם באביב (05-02) למאי (2003) ופעם בסתיו. כל דיגום בוצע לאורך חתך של 100 מ' – בצעידה לצד התעלה, תוך רישום כל מיני העופות הנשמעים. הדיגום בוצע בשעות הבוקר המוקדמות. כל דיגום בוצע לאורך חתך של 100 מ' – בצעידה לצד התעלה, תוך רישום כל מיני העופות הנשמעים ברדיוס 25 מ'.

יונקי יבשה:

חלק זה של העבודה בוצע על ידי עמית דולב מאוניברסיטת באר-שבע, מנהל מרכז-מידע יונקים של החברה להגנת הטבע ויוסי יובל מאוניברסיטת תל-אביב. עושר מיני היונקים נמדד בעזרת פסי חול שנפרשו לקראת ערב לרוחב דרכי העפר שלצד קטעי התעלה הרלוונטים ובדיקת עקבות. בכל תעלה הוגדר מקטע של 600 מ'. פסי חול מוקמו בשלש נקודות לאורך המקטע, על הדרך הצמודה לתעלה. רוחב כל פס 0.7 מ', אורכו כרוחב הדרך ועוביו כשלשה ס"מ. הפסים מוקמו והורטבו בשעות אחה"צ. בבוקר שלמחרת נבדקו הפסים לרישום עקבות, ונערך סיור לגילוי סימני פעילות מזדמנים לאורך התעלה. החתכים התבצעו פעמיים, באביב ובסוף הקיץ.

עטלפים:

חלק זה של העבודה בוצע אף הוא על ידי עמית דולב, ויוסי יובל. מגוון מיני העטלפים ועוצמת פעילותם נמדדו בעזרת גלאים אולטרה-סונים. נעשה שימוש בגלאים מדגם אנאבט, המאפשרים רישום סונוגרמה של הקול וזיהוי מאוחר יותר של המין מתוך הסונוגרמה. שלשה גלאים כאלה מוקמו באותו לילה בשלש תעלות שונות (אך באחד מהם לא נרשמה פעילות בשל תקלה במכשיר). הגלאים פעלו במשך שלש שעות מפתחת הלילה (מועד פעילות השיא). נתוני הפעילות במהלך פרק

זמן זה פוענחו ושמשו בסיס לניתוח של מגוון המינים ועוצמת הפעילות, בין שתי תעלות, תעלה 4 ותעלה 7.

3.2.4. חישוב פרמטרים של המגוון הביולוגי:

המגוון הביולוגי נחשב כיום לאחד האינדקטורים החשובים ביותר למצבה של מערכת אקולוגית. המושג 'מגוון ביולוגי' (biodiversity) הוא רב פנים ומשמעות, וקיימים מדדים רבים לכמת אותו. הרכב המינים במערכת אקולוגית הוא אחד ההיבטים של המגוון הביולוגי. במחקר זה בחרנו בשלושה מדדים שונים המתארים את הרכב המינים: עושר המינים (= מספר המינים), מדד Shannon למגוון המינים (מדד המשקלל את השפעה היחסית של כל מין), ומדד ייחודיות בית הגידול (uniqueness index).

מדד עושר המינים. מדד זה מחושב בפשטות כמספר המינים מקבוצה סיסטמטית מסוימת, שנמצאו בשטח שנדגם (או לאורך החתך שנדגם). על מנת להשוות תוצאות של דיגום בבתי גידול שונים יש הכרח שגודל יחידת הדיגום ומספר יחידות הדיגום יהיו זהים בכל בתי הגידול.

מדד מגוון המינים של שאנון (Shannon Diversity Index). מדד זה בוחן את מגוון המינים ביחידת הדיגום ע"פ השפעה היחסית של כל מין:

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i * \ln(p_i)$$

כאשר i מציינ את המין הנדגם, p_i הוא מדד כמותי של שכיחות המין, כאן זה כיסוי המין i , לעומת כיסוי כלל המינים שנמצאו ביחידת הדיגום. ערכיו של מדד שאנון נעים מ-0 (מין יחיד באסופה) ועד אינסוף. בהשוואה למדד הקודם, עושר המינים, נותן מדד שאנון תמונה מלאה יותר, המשקללת גם את מידת הדומיננטיות של כל מין בשטח הנדגם. כך, למשל, בשני בתי גידול, המכילים בדיוק את אותו מספר מינים, באחד מהם הקנה מכסה 90% מהשטח ומדד המגוון נמוך, ובאחר הקנה רק 5% ויתר המינים תופסים שטחים דומים, ומדד המגוון גבוה. ככל שהתנאים בבית הגידול טובים יותר לקבוצה הנדונה, כך צפוי קיומה של חברה מגוונת ועשירה יותר במינים, ומכאן, ערכי מדד שאנון גבוהים יותר לאותה קבוצת מינים.

מספר המינים הייחודיים. מין ייחודי הוא מין שנמצא אך ורק ביחידות הדיגום של קטע תעלה מסוים ולא בשום קטע אחר. מספר המינים הייחודיים בתעלות מטיפוס צומח מסוים או משטר טיפולים מסוים משקף את ערכו האקולוגי של טיפוס תעלה זה בהשוואה לטיפוסים אחרים.

מדד ייחודיות בית הגידול (uniqueness index). מדד זה מוכר פחות בספרות האקולוגית. חשיבותו רבה במיוחד על מנת להעריך בצורה מלאה ומדויקת יותר את ערכו של בית גידול מסוים יחסית לבתי גידול אחרים באותה מערכת אקולוגית (במקרה שלנו, להעריך את ערכו האקולוגי של משטר טיפולים מסוים לתעלה בהשוואה למימשקי טיפולים אחרים). בהשוואה למספר המינים הייחודיים, הכולל רק מינים שהופיעו בטיפוס תעלה אחד ויחיד, מדד זה מביא בחשבון גם מינים ייחודיים פחות, כאלה שהופיעו ביותר מטיפוס-תעלה אחד. בבית גידול ספציפי k , מדד הייחודיות U_k ניתן ע"י:

$$U_k = \sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i}$$

כאשר n הוא מספר המינים בבית הגידול k , ו f_i הוא מספר בתי הגידול בהם המין i הופיע.

הרכב המינים של כל קבוצה סיסטמטית בבית הגידול נקבע במידה רבה על ידי תנאי בית הגידול. כל קבוצה מושפעת במידה שונה מפרמטרים שונים. כך, למשל, הבדלים בזרימה ובאיכות המים משפיעים מאד על הרכב המינים של חסרי חוליות במים, אך רק מעט על הרכב מיני הציפרים סביב התעלה. על כן, ייתכן שהמדדים הביולוגיים שחושבו לכל תעלה יגלו תמונה שונה לגבי קבוצות סיסטמטיות שונות (למשל, תעלה מסוימת עשויה להיות עשירה במיוחד במינים של חסרי חוליות ועניה מהרגיל במיני צפרים). על כן חושבו המדדים הביולוגיים עבור כל קבוצה בנפרד. מטרת המחקר היא לאפיין את מצב המערכת האקולוגית בכללותה, ועל כן נעשה מאמץ מיוחד לדיגום מספר רב של קבוצות סיסטמטיות, יותר מהמקובל במחקרים מסוג זה.

3.2.5. סקר תעלות עמק החולה הצפוני:

3.2.5.1 בוצע סקר שדה של מדגם נרחב של התעלות, איפיון הפיזי, סיווגן, ערכיות אקולוגית שלהן ומיפויין בממ"ג. מתוך 700 קטעי תעלה שמופו בעמק החולה (GIS ק"ל), נסקרו 135 קטעי תעלה (איור 3) ואופיינו בתכונות הפיסיות שלהן ובצומח, בתוכן ובשדות הגובלים.

האיפיון נעשה ע"י מעבר לאורך התעלות ורישום של המדדים הבאים: מספר, שם, אורך (חושב ב-GIS), צומח שולט בגדה ימנית, בגדה שמאלית ובקרקעית התעלה, איפיון הגידול החקלאי, בשדה מימין, בשדה משמאל, עומק, שיפוע ותיאור מצב המים בתעלה (יבש, זורם; ימין-שמאל נקבע, כמקובל, במבט עם כוון הזרימה).

3.2.5.2 ראיונות עם אנשי מפתח בתחזוקת התעלות (משה ענווים ואיתן סט, רשות ניקוז כנרת) ובתכנון שלהן (אינג' נחום מינצקר).

3.2.5.3 תצפיות באירועים שטפוניים (גלי גאות בנחלים ובתעלות בעמק החולה והשלכותיהם).

3.2.5.4 מדידות גובה המים ב- 7 קטעי תעלות מדגמיות, בהם בוצע ניטור של פלורה ופאונה.

4. תוצאות:

התוצאות המפורטות להלן מסכמות את הנתונים האביוטיים, ואת הנתונים הביזויים שנאספו בדיגומי האביב, בכל אחת מחמש הקבוצות הסיסטמטיות. אנו עוסקים עדיין בניתוח הנתונים שנאספו בקיץ ובסתיו, ובבניית מבחנים סטטיסטיים למובהקות ההבדלים בין טיפוסי התעלות השונים.

4.1 נתונים א-ביוטיים: איפיונים פיזיים וכימיים-פיזיקליים של תעלות המחקר: פרופ' אביטל גזית וירון הרשקוביץ.

האיפיון הלימנולוגי ונתוני איכות המים מרוכזים להלן בטבלה 4. בנספח 1 מובא פירוט של תוצאות הבדיקות הא-ביוטיות בכל אחת מהתעלות.

טבלה 4: איפיון לימנולוגי ואיכות מים בתחנות הדיגום בתעלות החולה, 15.5.03.

| Variable / Site | St. 1 | St. 2 | St. 3 | St. 4 | St. 5 | St. 6 | St. 7 | St. 8 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Time of sampling | 08:30 | 09:15 | 10:00 | 10:30 | 11:30 | 12:30 | 13:00 | 14:20 |
| Saturation (%) | 80 | 90 | 54 | 94 | 109 | 14.8 | 103 | 91 |
| DO (mg/l) | 7.5 | 8.4 | 4.8 | 8.9 | 9.7 | 1.4 | 9.7 | 7.3 |
| Temperature (C°) | 18.1 | 18.7 | 21 | 17.8 | 18.5 | 18.4 | 17.7 | 24 |
| EC (µmhos @ 25°C) | 498 | 514 | 1000 | 378 | 379 | 2499 | 362 | 375 |
| Salinity (ppt) | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 1.3 | 0.2 | 0.2 |
| pH | 7.75 | 7.82 | 7.55 | 8.01 | 7.97 | 6.99 | 8.14 | 7.84 |
| Total Ammonia (mg/l) | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 | <0.02 |
| BOD_{5,20} (mg/l) | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1 | 3.6 | 1.5 | 2.9 |
| Turbidity (NTU) | 30 | 28 | 1.3 | 20 | 20 | - | 20 | 69 |

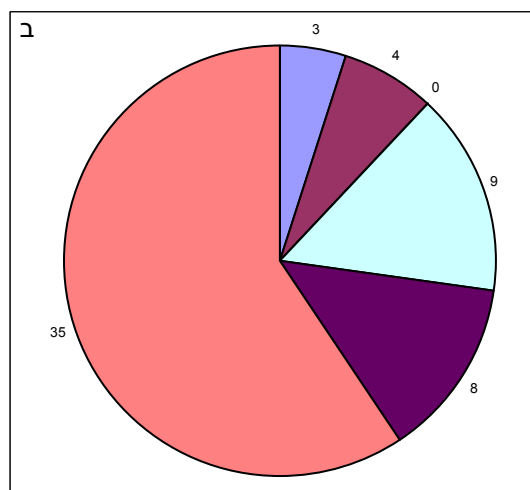
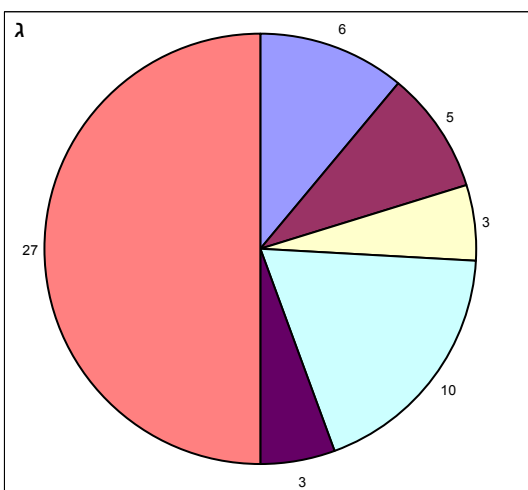
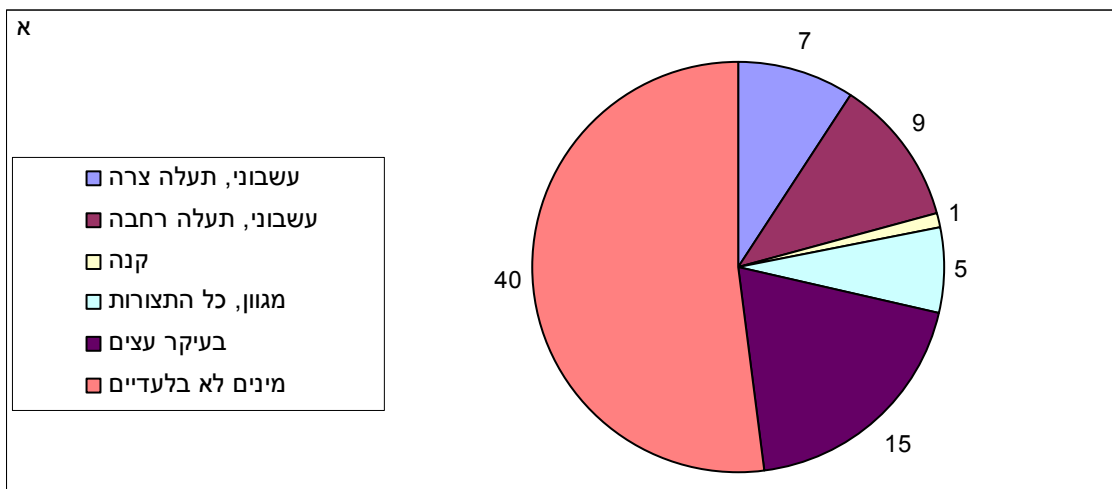
4.2 נתונים בינטיים: המגוון הביולוגי בטיפוסי תעלות שונים:
 ניתוח ע"י יוחאי כרמל, הטכניון, חיפה

בחמשה-עשר החתכים שנערכו בתחנות השונות נמצאו בסך הכל 77 מיני צמחים, 53 טקסונים של חסרי חוליות, 59 מיני עופות (מתוכם 4 מינים מחוץ לתעלות), 9 מיני יונקים יבשתיים ו 9 מיני עטלפים. נתונים על עושר המינים הכולל בכל קטע תעלה, ועל הייחודיות של כל טיפוס תעלה מובאים בטבלה 5. איור 2 מתאר את חלקם של המינים הבלעדיים (מינים שנמצאו רק בטיפוס תעלה מסוים) מתוך כלל המינים. ניכר מאיור זה שבכל אחד מטיפוסי התעלה שנבדקו קיימים מינים ייחודיים שאינם מופיעים בשום טיפוס תעלה אחר (פרט לעופות בתעלות הקנים, שם לא נמצא שום מין בלעדי). טבלאות 6 – 10 מסכמות בתמציתיות את הנתונים הבינטיים, וכוללות את רשימת המינים שנמצאו בכל קבוצה סיסטמטית. בטבלאות אלה מופיע לצד כל מין מספר התחנות, מתוך השמונה שנבדקו, שבהן נמצא המין (בצמחים, שבע תחנות).

טבלה 5: המגוון הביולוגי בתעלות המחקר בעמק החולה.

| ה | ד | | ג | | ב | | א | טיפוס התעלה | |
|------------|---------------------------|-----|-----|----|-------------------|----|-------------|------------------------------|----------------|
| בעיקר עצים | מגוון, כולל את כל התצורות | | קנה | | עשבוני, תעלה רחבה | | עשבוני, צרה | צומח | |
| 7 | 5 | 4 | 6 | 3 | 2 | 1 | 8 | מספרי התעלות | |
| 29 | 26 | 15 | 21 | 18 | 31 | | 27 | עושר המינים | צמחים |
| 146 | 118 | 62 | 81 | 62 | 146 | | 122 | ייחודיות בית הגידול | |
| 15 | 5 | 0 | 1 | 0 | 9 | | 7 | # מינים ייחודיים לבית הגידול | |
| 31 | 27 | 12 | 13 | 14 | 13 | 18 | 9 | עושר המינים | עופות |
| 177 | 151 | 53 | 54 | 60 | 58 | 92 | 57 | ייחודיות בית הגידול | |
| 8 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | # מינים ייחודיים לבית הגידול | |
| 14 | 19 | 27 | 9 | 13 | 12 | 13 | 15 | עושר המינים | חסרי חוליות |
| 78 | 110 | 166 | 46 | 66 | 64 | 72 | 94 | ייחודיות בית הגידול | |
| 3 | 2 | 8 | 1 | 2 | 2 | 3 | 6 | # מינים ייחודיים לבית הגידול | |
| 4 | 7 | 4 | 6 | 6 | 7 | 2 | 6 | עושר המינים | יונקים יבשתיים |
| 14 | 23 | 8 | 19 | 17 | 26 | 2 | 17 | ייחודיות בית הגידול | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | # מינים ייחודיים לבית הגידול | |

איור 2: פרופורציית המינים הבלעדיים בכל אחד מטיפוסי התעלות שנבדקו, לגבי (א) צמחים, (ב) עופות, (ג) חסרי חוליות. מינים לא בלעדיים הם מינים שהופיעו ביותר מטיפוס אחד של תעלה. מפתח השיוך של קטעי התעלה לטיפוסים השונים מופיע בטבלה 2 ובטבלה 5.



טבלה 6: מיני הצומח בתעלות החולה. המספרים משמאל מציינים את מספר קטעי התעלות בהם הופיע כל מין. המספר 0 מציינ מין שהופיע באחד משני החתכים שלא נכללו בניתוח זה, ולא הופיע בשום חתך אחר.

| תפוצה | שם המין | תפוצה | שם המין |
|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 2 | ירבוז sp | 1 | אזדרכת מצויה |
| 1 | כף זאב אירופית | 1 | אזנב מצוי |
| 2 | כתלית יהודה | 0 | אצה חוטית sp |
| 1 | לוף ירוק | 7 | ארכובית הכתמים |
| 1 | לחך גדול | 1 | אשחר רחב עלים |
| 1 | מיש דרומי | 3 | ברומית sp. |
| 1 | מליסה רפואית | 1 | ברומית אזמלנית |
| 1 | מרגנית השדה | 1 | ברומית הגנות |
| 7 | מרור גינות | 2 | ברומית זנב שועל |
| 2 | מרקולית מצויה | 5 | ברומית ספרדית |
| 0 | נהרונית צפה | 2 | ברומית עקרה |
| 2 | נופר צהוב | 2 | ברוניקת המים |
| 2 | נורית ארסית | 1 | ברקן סורי |
| 3 | נענה משבלת | 5 | גדילן מצוי |
| 1 | סולנום שחור | 1 | גומא צפוף |
| 4 | עבדקן מצוי | 1 | גמא פפירוס |
| 3 | עדשת המים | 1 | גרגיר נחלים |
| 2 | ערבה מחודדת | 1 | גרניון גזור |
| 4 | ערברבה שעירה | 3 | גרניון הארגמן |
| 7 | פטל קדוש | 2 | גרניון רך |
| 1 | פעמונית זיפנית | 6 | דבקה זיפנית |
| 1 | פעמונית משננת | 1 | דבשה חרוצה |
| 3 | פרג ארם צובא | 2 | דגן sp |
| 1 | פרג סורי | 1 | דרדר מצוי |
| 2 | זיפנוצה חבויה (קוקויה) | 1 | זנב שועל ארוך |
| 7 | קנה מצוי | 2 | חבלבל השדה |
| 1 | קנה סוכר מצרי | 3 | חבלבלן המשוכות |
| 2 | קקיון מצוי | 1 | חוחן הקנרס |
| 3 | קרדה מכסיפה | 1 | חומעה מגובבת |
| 1 | קרדומית השדה | 1 | חלמית גדולה |
| 3 | שבולת שועל sp. | 5 | חנק מחודד |
| 5 | שבולת שועל נפוצה | 4 | חסת המצפן |
| 1 | שומר פשוט | 2 | חרדל השדה |
| 1 | שלמון יפואי | 5 | חרדל לבן |
| 1 | שנית גדולה | 5 | יבלית מצויה |
| 1 | שעורה מכחילה | 0 | ילקוט הרועים |
| | | 1 | ינבוט השדה |

טבלה 7: טקסונים של חסרי חוליות בתעלות החולה. המספרים משמאל מציינים את מספר קטעי התעלות בהם הופיע כל מין.

| | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Hydrometridae | 1 | TAXA / Site | |
| Veliidae | 3 | <i>Dina lineata</i> | 1 |
| <i>Sphaerodema urinator</i> | 2 | <i>Batracobdelloides</i> | |
| Coleoptera | 1 | <i>tricarinatus</i> | 1 |
| Helophoridae | 0 | <i>Helobdella conifera</i> | 1 |
| <i>Helophorus brevipalpis</i> | 4 | Hydracarina | 1 |
| <i>Helophorus lewisi</i> | 2 | Ostracoda | 1 |
| <i>Helophorus syriacus</i> | 2 | <i>Potamon potamios</i> | 2 |
| <i>Hydroporus pubescens</i> | 3 | <i>Asellus</i> sp. | 4 |
| <i>Laccobius syriacus</i> | 3 | <i>Gammarus</i> sp. | 2 |
| <i>Hydroglyphus geminatus</i> | 4 | <i>Heleobia contempta</i> | 1 |
| <i>Enochrus ater</i> | 3 | <i>Bithynia phialensis</i> | 6 |
| <i>Laccophilus minutus</i> | 1 | Planorbidae | 3 |
| <i>Anacaena jordanensis</i> | 1 | <i>Planorbis planorbis</i> | |
| <i>Rhantus includens</i> | 1 | <i>antiochianus</i> | 2 |
| <i>Agabus bigttatus</i> | 1 | <i>Melanopsis buccinoidea</i> | 1 |
| <i>Hygrotus inaequallis</i> | 1 | <i>Melanopsis costata</i> | 3 |
| <i>Paracymus relaxus</i> | 2 | <i>Theodoxus jordani</i> | 3 |
| <i>Hygrolyphus signatellus</i> | 1 | <i>Physella acuta</i> | 4 |
| <i>Haliplus lineatocollis</i> | 1 | Heptageniidae | 1 |
| <i>Hygrolyphus pussilus</i> | 1 | Baetidae | 5 |
| Dryopidae | 1 | <i>Caenis</i> sp. | 5 |
| Chironomidae other | 6 | Zygoptera | 6 |
| Chironominae | 2 | <i>Calopteryx syriaca</i> | 1 |
| Tanypodinae | 5 | Anisoptera | 1 |
| Simullidae | 4 | Libellulidae | 1 |
| <i>Anopheles algeriensis</i> | 1 | Gomphidae | 1 |
| Ceratopogonidae | 1 | <i>Sigara</i> sp. | 1 |
| <i>Hydropsyche</i> sp. | 1 | <i>Corixa</i> | 4 |
| | | <i>Notonecta</i> sp. | 1 |

טבלה 8: מיני העופות בתעלות החולה. המספרים משמאל מציינים את מספר קטעי התעלות בהם הופיע כל מין. המספר 0 מציין מין שנצפה במהלך הסקר מחוץ לאיזור התעלות.

| שם המין | תפוצה | שם המין | תפוצה |
|--------------|-------|-------------|-------|
| איית צרעים | 1 | עקב מזרחי | 1 |
| אנפה | | עקב עיטי | 2 |
| ארגמנית | 1 | פפיון אדום | |
| אנפת בקר | 0 | גרון | 1 |
| אנפת לילה | 2 | פרנקולין | 4 |
| בולבול | 6 | פרפור | 1 |
| בז מצוי | 2 | פשוש | 8 |
| בז מצוי | 0 | צופית | 1 |
| ברכיה | 1 | צוצלת | 1 |
| דררה | 1 | צטיה | 4 |
| גבתון שחור | | קנית | |
| ראש | 1 | אירופית | 1 |
| גירנית קטנה | 1 | קנית קטנה | 6 |
| דיה שחורה | 3 | שבכנית | |
| דרור בית | 6 | גדולה | 1 |
| דרור ספרדי | 1 | שחרור | 2 |
| זמיר מנומר | 1 | שיחנית זית | 1 |
| זרון סוף | 2 | שיחנית | |
| חוחית | 3 | קטנה | 3 |
| חוחית | 2 | שלו | 1 |
| חטפית | | שרקרק מצוי | 1 |
| אפורה | 1 | תור מצוי | 6 |
| חכלילית | | תור צווארון | 4 |
| עצים | 1 | | |
| חנקן אדום | | | |
| גב | 6 | | |
| חנקן שחור | | | |
| מצח | 4 | | |
| חסידה לבנה | 2 | | |
| ירגזי | 1 | | |
| ירקון | 4 | | |
| כוכית גדות | 3 | | |
| לבן חזה | 2 | | |
| לבנית קטנה | 0 | | |
| נץ מצוי | 0 | | |
| נקר סורי | 2 | | |
| סבכי אפור | 2 | | |
| סבכי טוחנים | 1 | | |
| סבכי שחור | | | |
| כיפה | 7 | | |
| סיקסק | 2 | | |
| סנונית | | | |
| מערות | 1 | | |
| סנונית | | | |
| רפתות | 5 | | |
| עורב אפור | 3 | | |
| עורבני | 1 | | |
| עלוית אפורה | 2 | | |
| עפרוני מצויץ | 4 | | |

טבלה 9: מיני יונקים יבשתיים בתעלות החולה. המספרים משמאל מציינים את מספר קטעי התעלות בהם הופיע כל מין.

| שם המין | תפוצה |
|------------|-------|
| דרבן | 1 |
| חולד | 1 |
| חזיר בר | 4 |
| חתול ביצה | 6 |
| לוטרה | 6 |
| מכרסם sp. | 8 |
| צבי ישראלי | 3 |
| שועל מצוי | 5 |
| תן | 8 |

טבלה 10: מיני עטלפים בתעלות החולה. עד כה, הבדיקות נערכו בשתי תעלות בלבד.

| שם המין | תפוצה |
|-------------------|-------|
| אפלול מצוי | 1 |
| אשף אירופי | 2 |
| יזנוב sp | 1 |
| נשפון sp | 2 |
| עטלפון אירופי | 1 |
| עטלפון לבן שוליים | 2 |
| עטלפון סאבי | 1 |
| רמשן מצוי | 2 |
| אשמן | 1 |

4.3 סקר תעלות.

פרק זה נערך ע"י דידי קפלן ואבישי בן-פורת.

4.3.1 איפיון והערכה אקולוגית של התעלות:

פיתוח המתודולוגיה להערכת התעלות הוא חלק מתוצרי המחקר, לפיכך הוא מפורט בפרק זה. ניתוח מאפייני התעלות מוצג במפות הבאות ו**בנספח מספר 3**, ותנוחתן- **באיור 3** (איורים 3-9 אחרי עמ' 15).

איור 4: נוכחות מים בתעלות באוגוסט.

איור 5: עומק התעלות. העומק נמדד כמשתנה רציף, אך חולק ל- 4 יחידות עומק מאפיינות (2-1, 3-2, 3-1, 4-3, 4-1-5 מטר).

איור 6: שיפוע הדפנות. השיפוע הוערך ב- 5 קטגוריות 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:3, 1:4 שהן היחס בין מרחק אנכי למרחק אופקי של דופן התעלה.

איור 7: מפת צומח גדות, כאשר המאפיינים הם המינים השולטים בגדה ימנית, גדה שמאלית, ערוץ התעלה, שטח חקלאי מימין ומשמאל. כל תעלה מיוצגת, אפוא, ע"י 5 קווים מקבילים.

מרכיבי הצומח הוכללו ליחידות מאפיינות עפ"י זיקתם למים:

| שם היחידה | בית הגידול | מינים אופייניים |
|------------------|------------------|---|
| שמורה בריכת דגים | שטח גובל | שמורת טבע או בריכת דגים |
| מטעים | שטח גובל | משמש, זית, אפרסמון, שזיף |
| גידולי שדה | שטח גובל | כותנה, תירס, תפוח אדמה, בוטנים, שלף |
| רודרלי-סגטלי | שטח גובל או תעלה | ארכובית שבטבטית, גדילן מצוי, דורת ארם-צובא |
| קנה יבליית | שטח גובל או תעלה | קנה מצוי, יבליית מצויה |
| גדות לח | תעלה | סוף מצוי, גומא (מינים אחדים), שנית גדולה, פטל קדוש |
| גדות לח ערבה | תעלה | סוף מצוי, גומא (מינים אחדים), שנית גדולה, פטל קדוש, ערבה מחודדת |
| לח טבול | תעלה | קרנן טבוע, עדשת המים הגיבנת, נופר צהוב |

מתודולוגיה להערכת איכות התעלות

המרכיבים הפיסיים, האקוואטיים והצמחיים של התעלות, הוערכו איכותית בדרוג עולה מ-1 עד 5. **שיפוע:** ככל שהשיפוע מתון יותר, כך העושר הביולוגי הצפוי גבוה יותר והערך הויזואלי גבוה יותר.

מים: נוכחות מים בתעלה מעלה את ערכה הנופי והאקולוגי. תעלה עם מים קיבלה ערך 5 ותעלה יבשה קיבלה ערך 3. לא ניתן במקרה זה ערך 1, שכן בכל תעלה יש נוכחות מים בחלק מהשנה והסקר, שנערך באוגוסט, שיקף למעשה את העונה בה המים מצויים בחסר.

צומח: תעלה בערכיות גבוהה נחשבה כזו שבה הזיקה לצומח לח הייתה גבוהה יותר. ככל שהצומח יבשתי, או רודרלי-סגטלי יותר, ערך התעלה ירד. הנחות הבסיס היו כי תעלה עם צומח טבול, וואו עם עצים, ערכית יותר מתעלה עם אחו לח, וזו, ערכית יותר מתעלה עם חישות קנה ופטל. בהתאם לכך, דורגה כל תעלה על-פי ערכיות הצומח, מערך 5, הגבוה ביותר, ל- 1 – הנמוך ביותר (**איור 8 ונספח 3**).

ערך איכות התעלה: הערך הממוצע של ערכי הערכיות של השיפוע, נוכחות מים וצומח חושב כערך איכות התעלה מהיבט ויזואלי ואקולוגי. הערכים מובאים בנספח 3, וביטויים הגרפי- **באיור 9**. ערכי האיכות עוגלו במפה לצורך הצגה גרפית. מפתח העיגול מצויין במקרא המפה.

4.3.2 סיכום תצפיות ב'גלישת מים מהבניאס לתעלת ניקוז סמוכה':

בגאוויות של פברואר ודצמבר 2003 (ב-2 עונות גשמים שונות!), נמצא שפשט ההצפה של הבניאס בסמוך למתקן ההטיה הנטוש של מפעל הבניאס (מצפון-מערב לפרדס כפר-סאלד) מעביר כמות של כ-20 מ"ק/שניה למערכת תעלות הניקוז הסמוכות ודרכה לתעלת הקליל שנשפכת אל התעלה המזרחית. זרימות אלה התרחשו בתנאי פשט הצפה מלא. סימני הצופת שנשארו לאחר הגאוויות מצביעים על כך שמתקיימת מערכת של 'כלים שלובים' בין גובה המים בפשט ההצפה לגובה המים בתעלה הסמוכה (לא נצפתה גלישת מים ישירה דרך פירצה בסוללה).

4.3.3 מדידות של מקטעים מייצגים במערכת הצפונית של תעלות ניקוז:

| שם התעלה | מס' נקודות דיגום | רוחב קרקעית (מ') | רוחב מפסק (מ') | עומק (מ') | גובה מים באפריל 2003 (מ') | גובה מים באוקטובר 2003 (מ') | גובה מים באפריל 2004 (מ') |
|----------------|------------------|------------------|----------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| מערבית צפון | 1 | 3.5 | 23 | 4.9 | 0.4 | 0.2 | 0.5 |
| מערבית דרום | 2 | 4.0 | 22 | 4.6 | 0.3 | 0.2 | 0.4 |
| מרכזית אסם | 3 | 3.0 | 14 | 4.0 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |
| ירדן נאות | 4 | 2.5 | 26 | 4.0 | 0.5 | 0.4 | 0.6 |
| ירדן תע. מחברת | 5 | 2.5 | 22 | 3.5 | 0.4 | 0.3 | 0.6 |
| תעלת נאות | 6 | 3.0 | 10 | 3.0 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| ירדן כפר-בלום | 7 | 10.5 | 18 | 4.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |

הערות:

- כל התעלות שנדגמו הן תעלות ראשיות (בכיוון צפון-דרום) ולהן שיפוע אורכי המאפשר זרימה מתונה גם כאשר עומק המים הוא 10 ס"מ מהקרקעית. בתעלות המשניות (בכיוון מזרח-מערב) השיפוע האורכי הוא מתון יותר. בחלקן נפסקת הזרימה בסוף הקיץ כאשר עומק המים הוא רדוד.
- משטר המים של התעלות בקיץ מושפע מאד מכמות שטחי השלחין בעמק. בשנת 2003 עדיין נמשך הקיצוץ במכסות המים להשקיית שלחין (שנה שלישית ברציפות).
- בדיקות שונות של איכות המים ושל המיגוון הביולוגי (חתכי צומח וחסרי חוליות) הראו שיש תנאים ביוטיים טובים (שיעור חמצן מומס גבוה מ-80%) ויציבים. תנאים אלו מאפיינים את התעלות הראשיות, ובפרט אלו שניזונות מאספקת מי ירדן המוזרמים דרומה לשם בקרת מפלס ב'פרוייקט החולה'. בתעלות המשניות, ובתעלות אורך ששוכנות בסמוך לגושי שדות שאינם מושקים בקיץ, תנאי הגידול הולכים ונעשים קשים לקראת סוף הקיץ.

4.3.4 סיכום תמציתי של ראיונות עם אנשי מפתח:

שיטת תחזוקת התעלות הקיימת כיום:

בשנים האחרונות (מאז 1998) עברו ל'תחזוקת כיסוח'. בעזרת כלים ייעודיים (מכסחות שרשרת הנישאות על זרוע הידראולית) מקצצים את הצומח לחתיכות קטנות 2-3 פעמים בעונה. הכיסוח הראשון נעשה בסוף מאי, והאחרון בנובמבר (בסמוך לעונת הגשמים). נסיונות של הקדמת הקציר הראשון לאפריל, הראו שהצימוח החוזר היה מהיר (שילוב של כמה גורמים: קרקע לחה בגדות התעלה, פני מים גבוהים בתעלה, וצמחים חד-שנתיים לפני שלב הפריחה).

שימושים נוספים למערכת התעלות העמוקות:

מלבד השימוש הרגיל, של ניקוז מי התהום משטחים חקלאיים, אובחנו 3 שימושים נוספים במשך מספר ימים, או אף שבועות, בשנה:

א. מערכת קולטת ומווסתת של גלי גאות בנהרות עמק החולה הצפוני. בזמן גאותות בבניאס ובנחל עיון, מתקיימת זרימה ניכרת בתעלות ניקוז סמוכות (חתך מלא). תופעה זו מחייבת תכנון מחדש של קטעים מוגדרים במספר תעלות.

ב. מערכת מוסתת לעוצמת הזרימה הקייצית בחצבאני: באפריל 2004, לאחר תאונת טביעה בשייט של קיאקים בחצבאני, הופעלה מחדש (לאחר 20 שנה!) תעלת ההטיה של מפעל חצבאני-דן. בתעלה זו שסיפקה מי השקיה לצידו המערבי של עמק החולה, הופסק השימוש עם הפעלת קו הדין המערבי (1984). באמצעות הזרמת 2 מ"ק/שנה, בתעלת-חצבאני דן (ודרכה לתעלה המערבית) הופחתה עוצמת הזרימה באפיק המצבאני ב- 20% (הנתונים – הערכה בלבד).

ג. אגירת מי-תהום בעמק החולה. וויסות גובה המים בתעלות עמק החולה הצפוני, תאפשר אגירה ושיחרור איטי שלהם דרומה לכנרת - בחודשי הקיץ. זוהי המערכת הטבעית של אגירת 'מי חורף' בעמק החולה, שהתקיימה עד אמצע שנות ה-70. גם לאחר ייבוש החולה, עדיין התקיימו כתמי 'אדמות ביצה' לא מנוקזות – ששיחררו מים רבים דרומה בחודשי הקיץ. סקר של חברת תה"ל משנת 1961, העריך את השטח הכולל של 'אדמות רטובות' ב- 6,000 ד'. בנוסף להן התקיימו בשנות ה-60 גם בריכות דגים, ששיטחן הלך והצטמצם מ- 15,000 ל- 10,800 ד'. המפלס הקיצי של מי התהום בעמק החולה שמצפון לאדמות הכבול, היה אז בטווח של 1 - 2 מ' מתחת לפני הקרקע. כיום ירד מפלס מי התהום הקיצי במטר עד מטר וחצי. הרמת מפלס מי התהום בתעלות הניקוז בטווח של 30 - 50 ס"מ מקרקעיתן תיצור אגירה קיצית של עשרות אלפי מ"ק. אגירה זו ניתנת לשחרר דרומה בצורה הדרגתית, יחד עם מי נקז של שדות ומטעים סמוכים.

דוגמת חישוב: תעלת ניקוז אופיינית למערכת הצפונית מכילה בקיץ נפח מים של 0.4 מ"ק למטר-אורך (רוחב התחתית שלה הוא 2 מ' ויש בה זרימה איטית של מים בגובה של 20 ס"מ). באומדן גס, יש במערכת של 120 ק"מ תעלות ניקוז, נפח מים של 48,000 מ"ק. הרמת מפלס המים בתעלות הניקוז ב- 30 ס"מ (בעזרת מערכת מפלונים על תעלות הניקוז הראשיות) תאגום נפח מים של 120,000 מ"ק לפחות.

בבדיקת אפשרויות שיקום מערכות הניקוז של נחל עיון והתעלה המערבית, שנערכה בינואר 2004 ע"י חברת תה"ל ואינג' נחום מינצקר, הומלץ לבחון יצירת 1-2 אזורים של פשט הצפה במעלה התעלה המערבית (משדה-התעופה של קרית-שמונה ועד לבריכות הדגים הנטושות של רמות-נפתלי). אתרים אלו ישמשו לגלישת מים מהתעלה, כאשר יזרמו בה שטפונות בעוצמה שמעל 25 מ"ק/שנה (זו ספיקת התכן בהסתברות של פעם ב- 10 שנים). גלישות אלה לפשט הצפה מתוכנן שיבנה בדופן השמאלית (מזרחית) של התעלה - באזורי חקלאות אכסטנסיבית, יביאו להקטנת הספיקות במורד הזרם של התעלה המערבית ויפחיתו את סכנת הצפתם של שטחי 'פרוייקט החולה' הנמצאים שם.

בנוסף ליצירת אזורי פשט הצפה בדופן המזרחית של התעלה המערבית (למשל בשטחי הגד"ש של חוות הנסיונות ובבריכות הדגים הנטושות של רמות נפתלי) ממליץ הדו"ח למתן את מהירויות הזרימה הגבוהות במעלה התעלה המערבית.

בזרימות שטפוניות של 25 מ"ק/שנה ומעלה צפויות מהירויות זרימה בטווח של 1.0 – 2.5 מ' ושינה. כדי להגן על אפיק התעלה מארוזיה יש להקטין את מהירויות הזרימה הללו באמצעות יצירת מפלונים והקטנת שיפועי הגדות.

שתי המטרות הללו, שעומדות לקראת תכנון מפורט: יצירת שטחי פשט הצפה, והגנת האפיק של מעלה התעלה המערבית – משתלבות היטב ברעיון של 'ארץ תעלות המים'. בהגדרת מטרות התכנון, יש לפרט גם אלמנטים של 'חייצים אקולוגיים'. באופן דומה, שולבו בתכנון של שיקום אדמות הכבול בחולה אלמנטים של 'תיירות אקולוגית' – וכך נוצר 'אגמון החולה'.

5. דיון ומסקנות:

5.1. מסקנות כלליות:

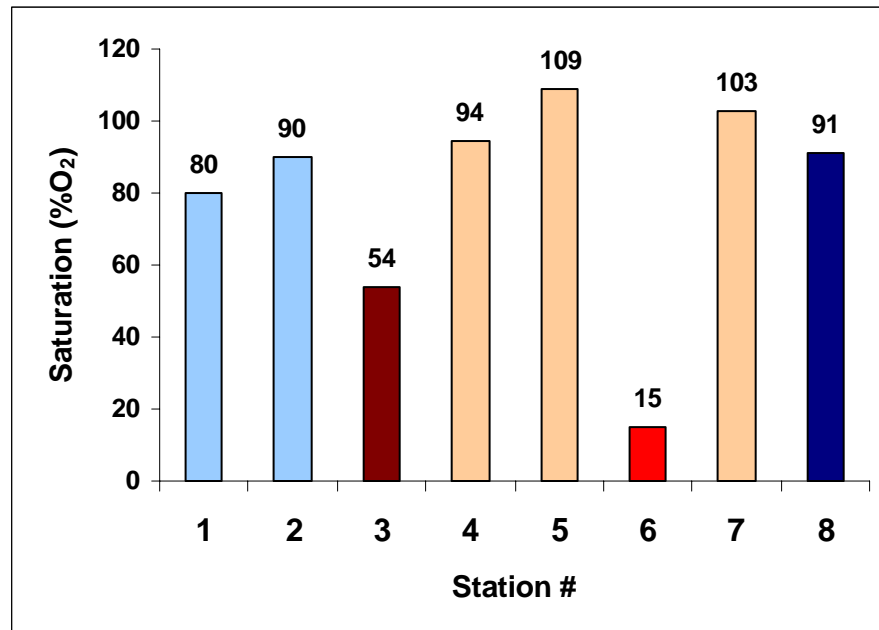
1. התמונה של המגוון הביולוגי בתעלות החולה מורכבת יותר משצפינו. קבוצות סיסטמטיות שונות מגלות דגמי מגוון שונים זה מזה, והכללות פשוטות אינן תקפות. כך, לדוגמא, השערת העבודה שלנו, שהמגוון צפוי לעלות עם הזמן מאז הטיפול בצומח הגדות, ועם העליה בכיסוי הצומח, נכונה רק חלקית. כאשר התעלה מתכסית קנה צפוף, המגוון בדרך כלל יורד דווקא, לעומת תעלה עם כיסוי צומח עשבוני ברובו.
2. תעלה שלא טופלה משך שנים רבות ומכוסה עצים גדולים, מאפשרת מגוון גדול של מינים, מכל קבוצה סיסטמטית שנבדקה (תעלה 7, הירדן הישן מצפון לנאות מרדכי). אולם, מגוון רב יותר, למעשה המגוון הגדול ביותר, נמצא דווקא בתעלות המטופלות על ידי רשות הניקוז באופן קבוע, אך כוללות בתוכן את כל טיפוסים הצומח, עצים, קנים ועשבוניים (תעלות 4-5).
3. כל אחד מטיפוסי התעלות שנבדקו כלל בתוכו מינים בלעדיים לו, שלא נמצאו בטיפוסי תעלות אחרים. תופעה זו חזרה על עצמה בכל הקבוצות הסיסטמטיות פרט ליונקים. על כן, ניהול אופטימלי של תעלות לצורך הגדלת המגוון הביולוגי במרחב לא יכלול המלצות טיפול אחידות לכלל התעלות באיזור נתון, אלא המלצות לשלשה או ארבעה 'מסלולי טיפול' לתעלות, כאשר כל מסלול טיפול כזה ייושם על חלק מסוים מתוך כלל התעלות באיזור.

5.2. התנאים האביוטיים: אפיון לימנולוגי ואיכות מים

פרק זה נכתב ע"י ירון הרשקוביץ ופרופ' אביטל גזית, המעבדה לאקולוגית נחלים באוניברסיטת ת"א.

אחוז הרוויה בחמצן

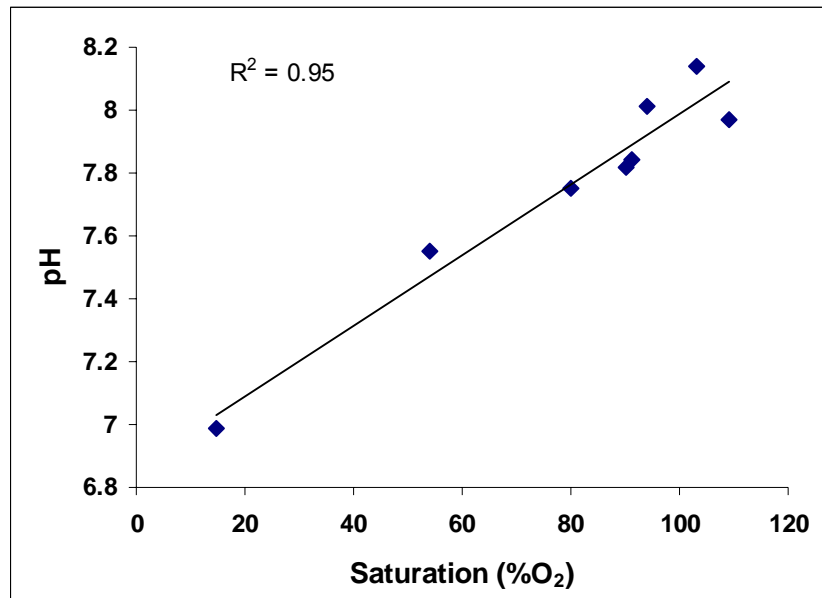
ריכוז החמצן המומס במים מהווה גורם מגביל לקיומם של אורגניזמים אקוואטיים רבים. כך למשל ריכוז חמצן נמוך מ-3 מ"ג/ל עלול לפגוע בבעלי חיים אירוביים הנושמים בדיפוזיה מהמים כדוגמת דגים וחסרי חוליות. במרבית התחנות נמדדו ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (>80%). ריכוזי חמצן נמוכים יחסית (15%, 54%) נמדדו ב"תעלה המרכזית" (תחנה 3) וב"תעלת נאות" (תחנה 6), (איור 9).



איור 9: אחוז רווייה בחמצן בתחנות הדיגום, תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

האתרים האחרונים מאופיינים באפיק צר, זרימת מים איטית וצפיפות גבוהה של צומח בתוך אפיק התעלה. באפיקים אלה קיימת הצטברות של חומר צמחי נרקב (דטריטוס). הצללה ע"י סבך הצומח המונע פעילות הטמעה משמעותית במים, בשילוב פירוק הדטריטוס ע"י מיקרואורגניזמים וחילוף מים

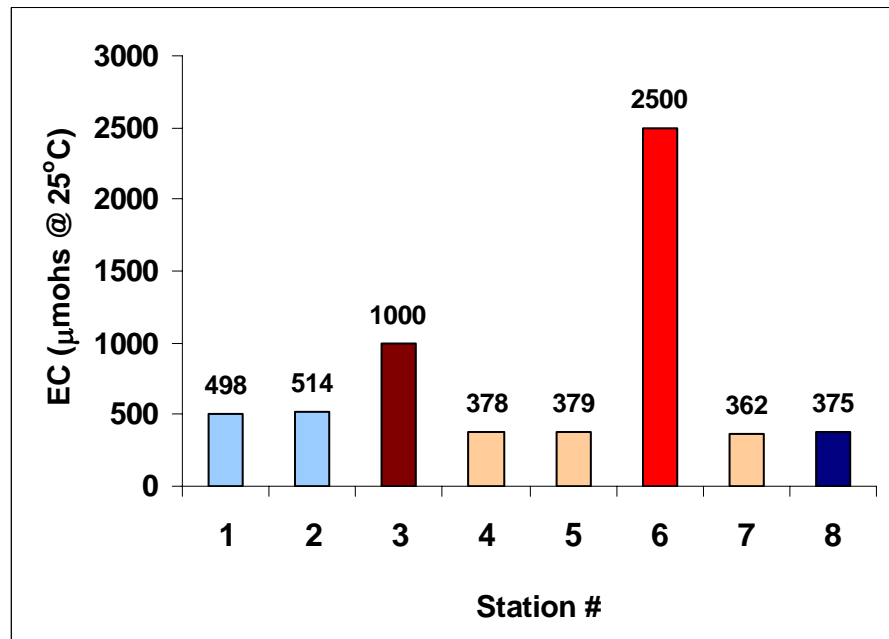
איטי מביאים לירידה בריכוז החמצן המומס באתרים הנ"ל. כצפוי, נמצא קשר חיובי מובהק ($R^2 = 0.95$) בין ריכוז החמצן המומס וההגבה (pH, איור 10). בתעלה צרה בה קיימת זרימת מים משמעותית כדוגמת תעלת נוטרה תנאי החמצן המומס דומים לאלו שבתעלות הרחבות.



איור 10: מתאם בין אחוז רוויה בחמצן וערך ההגבה בתחנות הדיגום, תעלות החולה 15.5.03.

מוליכות חשמלית

המוליכות החשמלית מבטאת את ריכוז והרכב היונים במים. המוליכות החשמלית במרבית תחנות הדיגום (להוציא "תעלה מרכזית"- תחנה 3 ו"תעלת נאות" - תחנה 6), הייתה נמוכה יחסית ואופיינית למים מתוקים בארץ ונעה בין 360 ל- 514 מיקרומוס לס"מ ב 25 מעלות (איור 11).

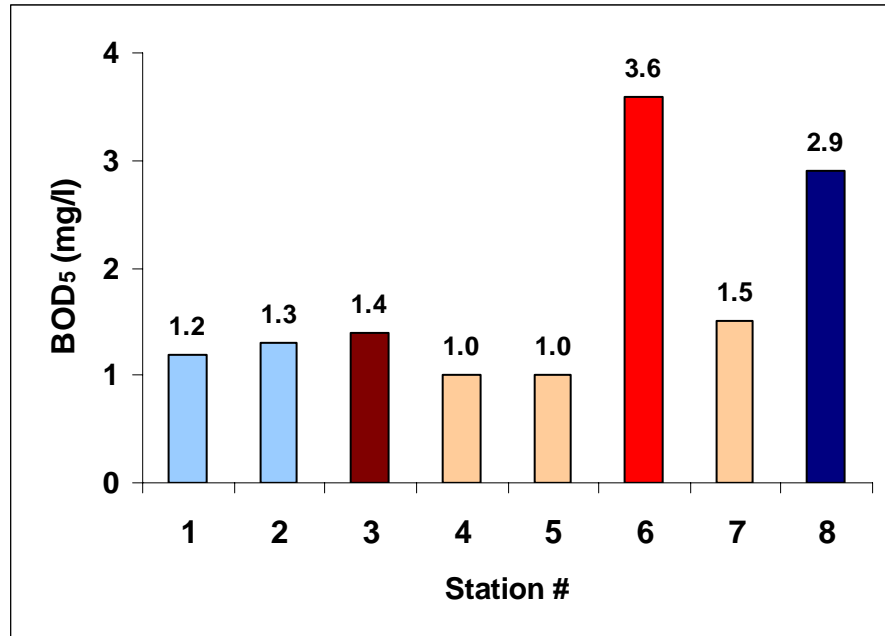


איור 11: ערכי מוליכות חשמלית בתחנות הדיגום, תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

מוליכות חשמלית גבוהה כפי 2-3 נמדדה ב"תעלה המרכזית" (תחנה 3, 1000 מיקרומוס) וכפי 5-6 בתעלת "נאות" (תחנה 6, 2500 מיקרומוס). הסיבה לשוני במוליכות החשמלית אינה ברורה עדין. העדר חילוף מים משמעותי, איבוד מים ע"י התאדות (כולל אבפורנספירציה) ו/או כניסת מקורות מליחים יחסית, כדוגמת נגר חקלאי, יכולים להסביר ההבדלים הנ"ל במוליכות החשמלית. ראוי לציין שהמוליכות הגבוהה ביותר אכן נמדדה בתעלות בהן חילוף המים היה הנמוך ביותר.

3. ריכוז חומר אורגאני זמין (צח"ב) ואמוניה

הצח"ב הוא מדד לכמות החומר האורגאני הזמין לפירוק ע"י מיקרואורגניזמים. במקווי מים טבעיים הצח"ב בדרך כלל נמוך מ- 5 מג"ל. בכל התחנות שנבדקו ריכוז החומר האורגאני הזמין היה נמוך מ- 4 מג"ל (איור 12), המעיד על כך שמקווי מים אלו חופשיים מזיהום אורגני. חיזוק לכך מתקבל מהעדר אמוניה.



איור 12: ריכוז חומר אורגאני זמין (צח"ב) אשר נמדד בתחנות הדיגום לאורך תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

הפירוק האיטי יחסית של חומר צמחי (מרביתו תאית וליגנין קשי פירוק) יכולים להסביר ריכוז צח"ב נמוך בתנאים של הצטברות נשורת נרקבת.

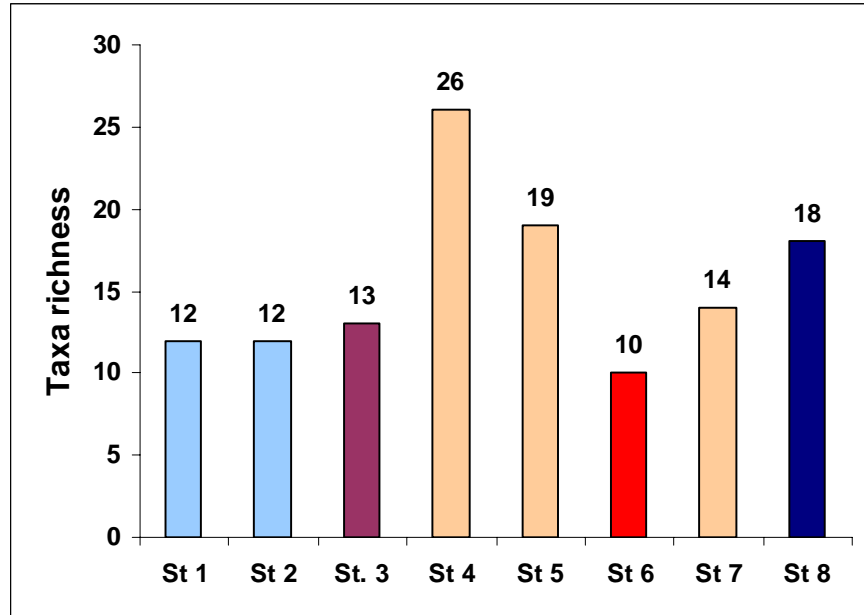
5.3. חסרי חוליות:

פרק זה נכתב ע"י ירון הרשקוביץ ופרופ' אביטל גזית, המעבדה לאקולוגית נחלים באוניברסיטת ת"א.

עושר טקסונים

בסקר הנוכחי של תעלות החולה, נמצאו 53 טקסונים של חסרי חוליות (נספח 1). מרביתם (כ- 70%) חרקים (תמונות 3, 4), מתוכם כמחצית חיפושיות (Coleoptera). חסרי החוליות האחרים כללו 9 טקסונים ממחלקת החלזונות (Gastropoda), 4 מתת מערכת הסרטנים (Crustacea), 3 טקסונים ממחלקת העלוקות (Hirudinea) וטקסון יחיד ממחלקת אקריות המים (Acari). כצפוי במקווי מים מתוקים טקסוני החרקים שולטים.

כללית, עושר הטקסונים מהווה אמת מידה למצב בית הגידול - ככל שבית הגידול מורכב ומגוון פיזית והתנאים הסביבתיים מתאימים כך גדל עושר מאכלסי המים. עושר הטקסונים היה נמוך ביותר (10) בתעלת נאות (תחנה 6) ומירבי (26) בירדן הישן (תחנה 4, איור 13).

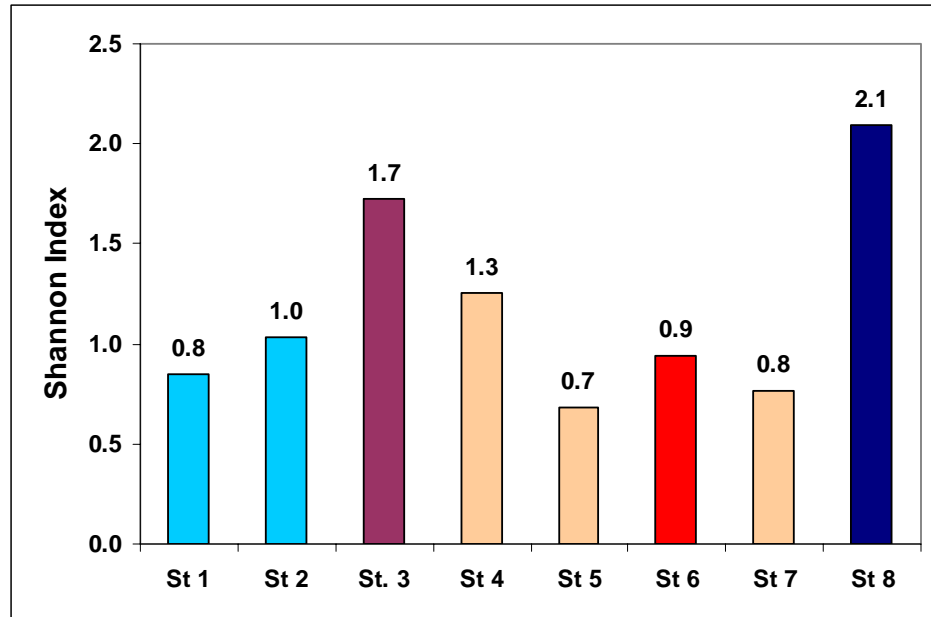


איור 13: עושר הטקסונים של חסרי חוליות בתחנות הדיגום, תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

הממצאים הנ"ל מתאימים לצפוי על פי מגוון בתי הגידול ואיכות המים באתרים שנבדקו. בתחנה 4 (ירדן הישן), בה היה עושר הטקסונים הגבוה ביותר ומספר הטקסונים הבלעדיים הרב ביותר (8), האפיק רחב יחסית ופתוח, מגוון רב של בתי גידול בהם צמחיית מים מזדקרת וטבולה (כגון קנה מצוי, נופר צהוב ונהרונית צפה) וכן אזורים מוצלים ע"י עצי ערבה. לעומת זאת, תעלה צרה כדוגמת תעלת נאות הייתה הענייה ביותר בטקסונים ובה מין ייחודי אחד בלבד (עלוקה - Dina). התעלה הנ"ל הייתה חסומה בצמחיית צפופה ביותר של קנה מצוי וריכוז החמצן וערך ההגבה בה היו הנמוכים ביותר (1.4 מג"ל ו- pH=7, בהתאמה). תנאים אלו מהווים גורם מגביל לקיומה של חברה מגוונת של חסרי חוליות.

שפיעות פרטים ומגוון המינים

חלקם היחסי של הטקסונים של חרקי המים מכלל הטקסונים באסופה נע בין כ - 55% (תחנות 1 ו 6) ל - 83% (תחנה 2). מבחינת שפיעות פרטים, להוציא תעלת נוטרה בה לא היה טקסון שולט מובהק, בשאר התחנות שפיעות הפרטים נשלטה ע"י מין אחד או לכל היותר שניים. מצב זה מתאים למערכת אקולוגית מופרעת יחסית, ובא לידי ביטוי בציון מגוון מינים נמוך (איור 14). כך למשל, בתחנות 1, 2 ו 4 - שלטו זחלי בריומאים וזחלי ימשושים (יחד מעל 90% מהפרטים באסופה).



איור 14: ערכי ציין מגוון המינים בתחנות הדיגום, תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

בתחנות 5 ו- 6 שלטו בלעדית חלזונות (שחריר וביטיניה, בהתאמה). בתחנה 7 שלטו זחלי הימשושים. בכלום ציין מגוון המינים אינו עולה על 1.3. לעומת זאת בתחנות 3 ו-8 בהם התפלגות הפרטים בין הטקסונים השונים היתה יותר מאוזנת מגוון המינים היה גבוה יחסית (1.7 ו-2.1, בהתאמה).

חולייתנים אקוואטים שנאספו בדגימות כללו דגים - נאוית כחולה (*Aphanius mento*), גמבוזיה (*Gambusia affinis*) ולבנון ליסנר (*Acanthobrama lissneri*) וכן מספר פרטים של צפרדע נחלים (*Rana ridibunda*).

טיפוסי תעלה והרכב אסופות

אסופות החח"ג מתמיינות לטיפוסי התעלות השונים. בתעלות "הרחבות" עם זרימת מים ומליחות נמוכה (תעלה מערבית - תחנות 1 ו-2 ; ירדן ישן - תחנה 4), בלטו בריומאים (*Baetidae*) וזחלי ימשושים (תת משפחות *Tanypodinae*, *Orthocladiinae*), המאפיינים מים זורמים באיכות גבוהה. בתעלות "רחבות" בהם התנאים היו שונים מהנ"ל עם בתי גידול בעלי אופי ברכתי יותר (תחנה 5 ותחנה 7, לאורך אפיק הירדן הישן), בלטו חלזונות מהמין שחריר הנחלים וימשושים, בהתאמה. הסיבה להבדל בהרכב האסופות בין התעלות הרחבות נעוצה בתנאי בית גידול שונים (נושא המחייב בדיקה מפורטת).

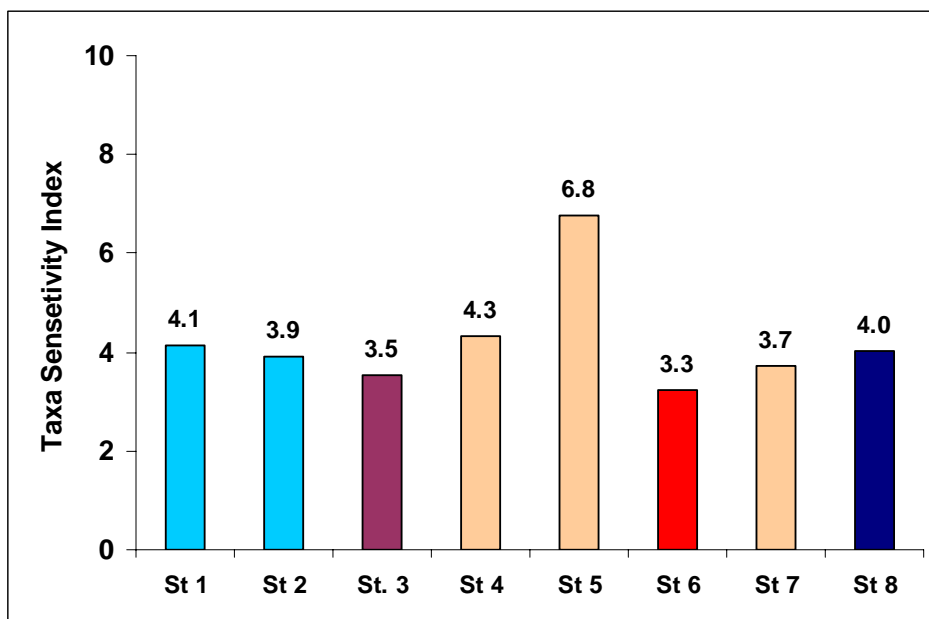
בתעלות "צרות" (תעלה מרכזית ותעלת נאות) המאופיינות בזרימה איטית וצומח צפוף, האסופה נשלטת בעיקר ע"י חלזונות מהמינים ביטיניה זעירה ופלנורבית קרינית. ידוע כי שני המינים הנ"ל מאכלסים לרוב מקווי מים עם זרימה איטית וניזונים בין השאר מגירוד חומר צמחי נרקב (הלר, 1993).

המליחות הגבוהה יחסית (>1000 micromohs), ריכוז החמצן הנמוך והיעדר זרימה, אשר אפינו תעלות אלו, יכולים להסביר העדרם של זחלי הבריומאים (*Baetidae*) הנחשבים כרגישים לתנאי סביבה קיצוניים.

מבין התעלות שנבדקו תעלת נוטרה יוצאת דופן בכך שלמרות ממדיה הצרים וצפיפות גבוהה של צומח מזדקר, המשתנים הלימנולוגיים והזרימה בה דומים לאלו שנמדדו בתעלות הרחבות. צרוף התנאים הנ"ל יוצר מגוון בתי גידול גבוה התומך בעושר טקסונים גבוה ושפיעות פרטים מאוזנת הבאים לידי ביטוי בערך ציין מגוון מינים גבוה. תעלת נוטרה דומה באופייה לנחלים צרים זורמים עשירי צומח מזדקר בשפלת החוף כדוגמת יובלי נחל התנינים (אזור מושב אביאל ונחל ברקן), נחל השופט ונחל תות (אזור רמות מנשה). בדומה לנחלים הנ"ל גם בנוטרה מופיע בשפיעות גבוהה *Caenis*, סוג בריומאי המאפיין זרימות רדודות ותשתית רכה יחסית.

ציון רגישות הטקסונים (Taxa Sensitivity Index)

ערכי ציון רגישות הטקסונים מייצגים דרגות שונות של הפרעה סביבתית (>6 בילתי מופרע; $5-6 =$ הפרעה קלה; $4-5 =$ הפרעה בינונית; <4 הפרעה גבוהה). בתחנה אחת בלבד, (תחנה 5 - ירדן ישן דרום ב'), היה ערך ציון רגישות טקסונים - TSI גבוה (6.8) ומעיד על תנאים ללא הפרעה. ערך זה היה חריג בהשוואה לשאר התחנות בהם הערך הנ"ל נע בין 3.3 ל- 4.3 (איור 15) ומצביע על הפרעה גבוהה עד בינונית.

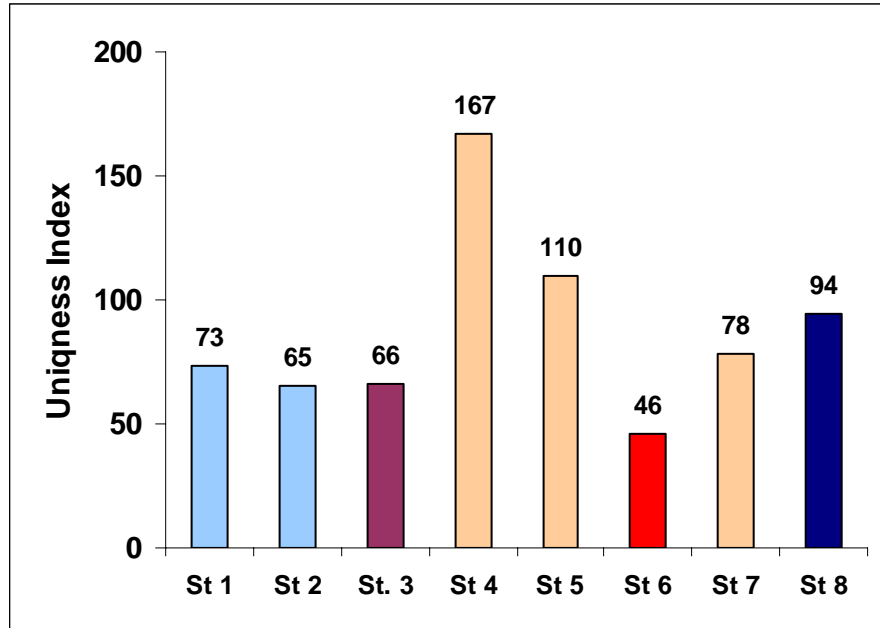


איור 15: ערכי ציון רגישות הטקסונים בתחנות הדיגום לאורך תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

לא ברור לנו עדין מקור ההבדל בציון רגישות הטקסונים בתחנות השונות. השפיעות היחסית הגבוהה (86%) של החילזון שחריר מצולע, מין רגיש יחסית (ערך רגישות 7), היא ההסבר לערך הגבוה של ציון הרגישות בתחנה 5. התחנה אופיינה באפיק רחב, זרימת מים וככל הנראה תנאים מועדפים לקיום החלזונות. בשאר התחנות הערך נמוך יחסית אך אינו משקף בהכרח איכות מים ירודה. בתעלות הרחבות הערך הציון הנמוך נובע משפיעות גבוהה יחסית של טקסונים בעלי רגישות בינונית ומטה (כדוגמת ימשושים ובריומאים). בתעלות הצרות (להוציא תעלת נוטרה) בהן התנאים היו קיצוניים יותר הערך הנמוך של ציון הרגישות משקף שליטה של טקסונים עמידים יחסית.

ציון הייחודיות (Uniqueness Index)

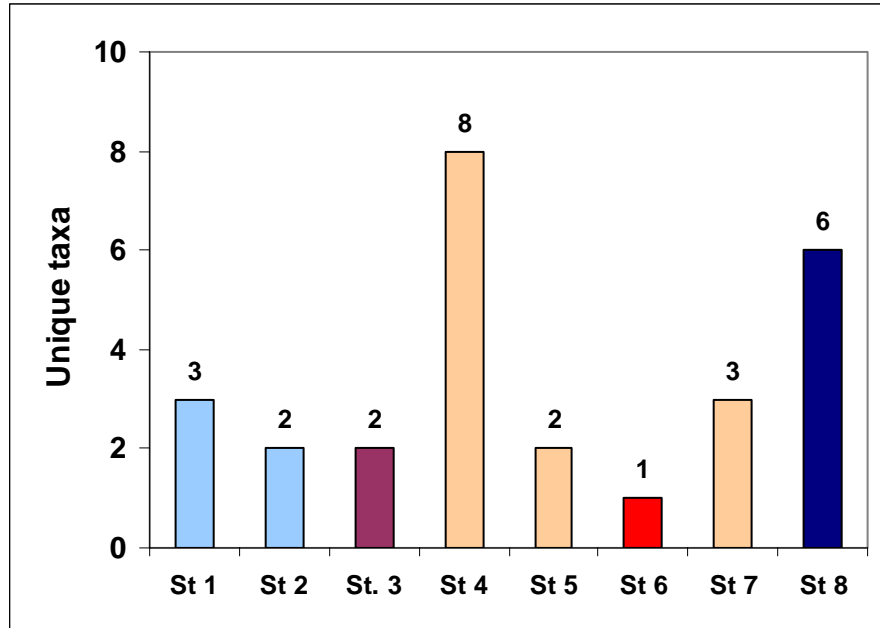
ציון זה מבטא נוכחות של טקסונים במספר מצומצם של אתרים. בתחנות 4, 5 ו- 8 חושב ערך ציון הייחודיות הגבוה ביותר (167, 110 ו- 94, בהתאמה, איור 16).



איור 16: ערכי ציין הייחודיות בתחנות הדיגום לאורך תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.

המספר הגבוה ביותר של טקסונים בלעדיים (נוכחות בתחנה אחת בלבד) נמצא בתחנה 4 - ירדן ישן דרומי (8 טקסונים בלעדיים) ובתחנה 8 - תעלת נוטרה, (6 טקסונים בלעדיים, איור 17). בין המינים הבלעדיים בתחנת הירדן הישן היו בעיקר חיפושיות, אקריות מים, ופשפש מים שטגב. המינים הבלעדיים בתעלת נוטרה כללו סרטני צידפוניות, החלזונות שחריר חלק והלוביה, זחלי שפיריות, זחלי יבחושים וזחלי יתוש האנופלס (נספח 1).

אחד המינים הנדירים הראוי לציון מיוחד מנקודת ראות של שמירת טבע הוא פשפש מים גדול יחסית, ספרודמה (Sphaerodema urinator) שנמצא בתחנות הירדן הישן בלבד (תחנות 4 ו-5). בעת הדיגום נמצאו פרטים רבייה (במין זה מדביקה הנקבה את ביציה על גבו של הזכר, אשר נושא את הביצים עד לבקיעת הצעירים, תמונה 11). השפירית מהסוג Gomphus אף היא נדירה יחסית וזחל בודד של סוג זה נמצאו בתחנת ירדן - ירדן צפון (תחנה 7). בוגר של מין זה נתפס באזור ירדן-ישן דרום (תמונה 12).



איור 17: מספר המינים האנדמיים בתחנות הדיגום לאורך תעלות החולה, 15.5.03. תכלת - תעלה מערבית, חום - תעלה מרכזית, צהוב - ירדן ישן, אדום - תעלת נאות, כחול - תעלת נוטרה.



תמונה 11: פשפש מים ספרודמה (*Sphaerodema urinator*) זכר נושא ביצים על גבו. נמצא בחלקו הדרומי של הירדן הישן (תחנות 4 ו-5). (צילום ע. שוב וא. גזית).



תמונה 12: שפירית בוגרת מהסוג Gomphus, אשר נמצא בסמוך לאפיק הירדן הישן (תחנה 4) בעמק החולה 15.5.03. (צילום: א. גזית)

לסיכום, אחד הגורמים המרכזיים המשפיעים על שונות בתי הגידול היא המורכבות המבנית שמקורה בתשתית הפיזית ובזרימה. התשתית מספקת בין השאר מצע להתיישבות, מסתור, מצע לרבייה ומקור מזון. התשתית הפיזית כוללת מרכיבים אביוטים (כדוגמת תשתית אבנית) ומרכיבים ביוטים (כדוגמת צמחי מים). האחרונים, מציגים בדרך כלל דינמיקה עונתית. נוכחותם התקופתית במערכת מזמנת "חלון הזדמנויות" למאכלסי המים התלויים במורכבות זו. פרט להיותם מקור מזון (חברת ה-epiphyton, חומר אורגני נרקב), מספקים הצמחים מצע לאורגניזמים שונים בזמן התפתחותם (למשל, מצע להטלת ביצים, מצע להאחזות וטיפוס אל פני המים לגיחה אצל חלק מהחרקים), הצמחייה ממתנת את הזרימה ומספקת מסתור לטורפים ונטרפים.

כללית, קיים מתאם חיובי בין גודל השטח לבין מספר המינים המתקיימים בו כתוצאה מעלייה בכמות המשאבים והנישות האקולוגיות (Douglas and Lake, 1994). ככל שהמורכבות המבנית גדולה יותר, פני שטח בית הגידול גדולים יותר וזמינות המשאבים גדלה. טקסטורת המצע מעלה את שונות מקורות המזון ואת שונות הנישות האקולוגיות (Robson and Chester, 1999). עם זאת, עלייה בביומסת הצומח, מעבר לסף מסוים, עלולה להוות גורם מגביל בהתפתחות החי בנחל. צפיפות גבוהה של צומח מים, תבטא בהפחתה משמעותית של מהירות הזרימה, עד לעשירית ממהירות הזרימה באזורים פתוחים (Miller et al, 1989). בתנאים בהם מהירות הזרימה איטית ביותר (מים מתחלפים) ובית הגידול עשיר בחומר אורגני נרקב צפויים שינויים קיצוניים במשטר החמצן המומס ובערך ההגבה ותיתכן התפתחות של מטבוליטים רעילים כגון מימן גופרתי ואמוניה. בנוסף, עומדי הצומח מהווים מלכודת לחלקיקים ומגבירים השקיעה והצטברות סדימנט וחומרים אורגניים שמקורם במעלה הנחל. על מנת להימנע מהתופעות הנ"ל מומלץ שאחוז הכיסוי ע"י צומח המים לא יעלה על 20% - 30% משטח פני המים (Miller et al, 1989). המסקנות הנ"ל תואמות את ממצאי הסקר הנוכחי המבחין בין "תעלות רחבות" - דלילות צמחייה ו"תעלות צרות" - צפופות צמחייה באפיק התעלה.

5.4. צומח.

מינים בלעדיים: כמחצית ממיני הצומח נמצאו בלעדיים לתעלות מסוימות ואילו היתר משותפים לטיפוסי תעלות אחדים. בולטת במיוחד בלעדיות המינים של תעלה עם עצים (15 מינים המהווים כ- 20% מן המינים). הדבר מעיד על איכות אקולוגית גבוהה של תעלה ותיקה עם מעט טיפולים אגרוטכניים, אם בכלל. תעלה רחבה, עם כ-12% מינים ייחודיים, מראה על חשיבותם האקולוגית של אלו לעומת תעלה קנה, שהיא דלה יחסית במינים ייחודיים. מדד ייחודיות בית הגידול מראה גם הוא דגם דומה, עם ערכים גבוהים יחסית לתעלות הרחבות והעמוקות ואחריהן – לתעלות הרחבות והרדודות. התעלות הצרות מראות בכל המדדים איכות אקולוגית נמוכה יותר לגבי מיני הצמחים. מבחינת עושר המינים, תעלות רחבות הראו עושר גבוה יחסית ללא תלות בטיפול אגרוטכני. תעלות מטיפוס ב' (1 ו-2, תעלה מערבית) עברו טיפול גדות זמן קצר לפני הדיגום, אך בשל עומקה הרב לא נפגעו התשתית והדפנות. לעומתן, תעלה מטיפוס ה' (תעלה 7, ירדן ישן צפון) לא עוברת טיפולים כלל. כאשר בוחנים את התעלות כמייצגות בתי גידול לחים ועורכים את ניתוח עושר המינים רק לגבי מינים אלה, מתקבלת תמונה שונה. שתי התעלות בעלות עושר מינים של בתי גידול לחים הן תעלות הירדן ישן דרום, תעלות מטיפוס ד', דהיינו, רחבות ורדודות עם טיפול אגרוטכני בצד אחד, אף שהן לא הראו מדד בלעדיות גבוה. זהו המקום היחיד בו הופיעו נורית ארסית ונופר צהוב, מינים מאד ייחודיים לבתי הגידול הלחים ונדירים יחסית.

5.5 סקר תעלות

ניתוח של 135 קטעי תעלה, מתוך 700, בעמק החולה, נתן תמונה כללית של התעלות, חרף הוריאביליות הרבה של מצרף מים – שיפוע – צומח. בעבודה זו נעשה ניסיון לתת ערך לתעלות מהיבט חזותי ואקולוגי. אף שאומדן זה הוא סובייקטיבי ובלתי כמותי, נראה לנו כי הוא מבטא את ערכיות התעלה בעיניו של המבקר בין אם הוא נופש, חובב טבע או מדען. אין בניתוח ראשוני זה כדי לתת בסיס לתכנון, אך יש בו שיטה מותאמת לעמק החולה, שאפשר להופכה לכלי תכנוני מפורט של "ארץ התעלות" בעמק החולה והיא ברת יישום גם למערכות דומות אחרות.

מסקנות לשיפור תחזוקת התעלות על בסיס מדדי הערכיות, הסקר הפיזי והמדידות הביוטיות:

השוואת 3 חתכי צומח וסקר חסרי חוליות לאורך אפיק הירדן מצביעה על כיוון מעניין. תחנות דיגום 4, 7 ו-5 נמצאות לאורך אפיק הירדן הישן (מצפון לדרום – כיוון זרימת המים). נתוני האיפיון הלימנולוגי שלהם הם ממש זהים (פרט להבדלים קלים בערכי ה-BOD, שקשורים כנראה לתכולת חומר אורגני בקרקעית). תחנה 7 היא בחתך הנהר המקורי בצורת U שמעולם לא הופר בחפירות ניקוזיות. שתי התחנות שמדרום לנאות-מרדכי (4 ו-5) עברו חישוף מהותי בשנת 1993. באמצעות מחפר גדול נוצר אפיק טרפזי שבו הושארו עצי ערבה מפותחים. כל הצומח האנכי (בעיקר פטל, קנה וצומח חד-שנתי) נחשף ומאז הוא מכוסח 2-3 פעמים בשנה. לאחר עשור של 'תחזוקת כיסוח' הולכים ומשתלטים צמחים שרועים על גדות הנהר (בפרט יבלית ומיני ירבוז). למרות העבר המשותף עד לשינוי של 1993, משטרי תחזוקה ותאורה שונים יצרו נישות ביולוגיות שונות. בניגוד להנחה הפשטנית שבאתר בלתי-מופר ימצא עושר המינים הגבוה, נמצא שתחנות 4-5 הן בעלות מיגוון רב יותר של חסרי-חוליות בהשוואה לתחנה 7.

במחקר שביצענו מטעם משרד המדע בשנים 1994 – 1997 נמצא קשר הדוק בין תכיפות וסוג התחזוקה של התעלה לבין מיגוון הצומח. אחת ממסקנות המחקר ההוא מיושמת כיום בהצלחה ע"י רשות ניקוז כנרת – ששינתה את שיטת תחזוקת התעלות, ממעבר לגלגל משוננת אחת לשנה - לקצירים תכופים. קצירים אלו מעודדים תפוצה והתפתחות של מיני צמחים שרועים, ידידותיים יותר למבקר.

במימשק התחזוקה הקודם (ניקוי חד-שנתי של הסבך הצמחי בעזרת מעבר גלגל) השתלטו צמחי קנה ופטל (בעלי גדילה אנכית) על רצועת הצומח של גדות התעלות. דיכויים של 'צמחים אנכיים' אלו בעזרת קצירים תכופים, משפר חדירת אור לנישה המימית שבתחתית התעלה, מגדיל את כושר התחרות של מינים שרועיים (יבלית, מיני קטניות ודגניים רב-שנתיים) ומגביר את מיגוון מיני הצומח

בנישות השונות של סביבת התעלה (צומח טבול, צומח גדות). פלורה מגוונת זו, מהווה פוטנציאל להתבססות של חסרי חוליות ודגים במים ושל מינים ניידיים (עופות ויונקים) בסביבת התעלה.

הטיפול הניקוזי שנעשה לאפיק הירדן הישן בשנת 1993 היה 'פולשני בהרבה' מאשר מיתון השיפוע של דופן אחת שבוצע בתעלות הניקוז. למרות זאת, לאחר 10 שנות תחזוקה הוא הניב תוצאות דומות, ואולי אף טובות יותר, מבחינת שיפור מיגוון המינים וה'דידיות' של התעלה למשתמשיה.

לשיפור תחזוקת התעלות יש למתן שיפועי דופן ולשפר את חדירות האור לתחתית התעלה. ניתן להשיג זאת בשתי שיטות שונות במקביל:

א. תחזוקה שנתית, של 2 קצירים בדפנות התעלה. מועדי קציר אופטימלים הם ביוני ובנובמבר. כאשר מתחילים לכסח באפריל – חל צימוח מהיר שגורם שוב להצללה. לכיסוח של נובמבר יש חשיבות ניקוזית ('החלקת הדפנות' לקראת שיטפון).

ב. שיפור תעלות ראשיות – משימה רב-שנתית. באמצעים זולים יחסית, ניתן לתכנן שיפורים בתעלות הראשיות שיאפשרו בהן כיתמיות. כתמיות כזו יכולה להיות במיגוון שיטות (מיתון שיפועי גדות, יצירת מפלונים, נטיעת עצים).

6. תודות:

תודות לשותפים ממחקר עמית, שיחד השכלנו לאחד משאבים וכוחות ולהעמיד מחקר בהיקף ובעומק גדול מהמתוכנן: זאב לבינגר, דן אלון, ממרכז הצפרות של החברה להגנת הטבע, עמית דולב, יוסי יובל, ממרכז המידע יונקים של החברה להגנת הטבע, אורי שביט, אורי להב, יוחאי כרמל, מהמסלול להנדסה חקלאית, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון, ואלעזר במברגר, מרשות ניקוז כינרת.

תודה לאברי קדמון, מיחידת ה-GIS בקק"ל, על העברת שכבת המיפוי של התעלות והאישור להשתמש בה לצורך סקר זה, ולסוזנה קויפמן, על ניתוח וביטוי גרפי ב-GIS.

נספח 1: נתונים א-ביוטיים לתעלות המחקר: איפיונים פיזיים וכימיים-פיזיקליים
חלק זה של המחקר בוצע על-ידי צוות המעבדה לאקולוגיית נחלים באוניברסיטת ת"א.

תעלה מערבית - צפון (תחנה מס. 1)

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת כ- 100 מ' צפונית לצומת הגומא.
מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ- 5 מ', עומק מים מרבי כ- 50 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה) כ- 5.5 מ' וגובהה כ- 3.7 מ'.
ביום הדיגום נצפתה בתעלה זרימה קלה. הגדה המערבית עברה כיסוח וניכרה צמיחה מחודשת של קנה בגדות (גובה הקנה 1 - 1.5 מ') וכן בתוך המים (תמונה 3). בשולי האפיק הקרקעית עשויה חימר ובמרכזה חומר רך (עומק כ- 50 ס"מ). רמת כיסוי הצומח המזדקר - דליל.

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 3)

ביום הדיגום נמדדו בתחנה זו ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (7.5 מג"ל חמצן, 80% רוויה), מוליכות חשמלית נמוכה יחסית (כ- 500 מיקרומוס) וריכוז החומר האורגני הזמין (BOD) לא עלה על 1.5 מג"ל. ערך ההגבה מעט אלקאלי (pH=7.8). המים היו מעט עכורים (NTU=30) ולא נמצאה אמוניה.



תמונה 3: תעלה מערבית - צפון (תחנה מס. 1). תעלה זורמת רחבה (ימין) 15.5.03. ניכרת התפתחות עומדי קנה מצוי לאורך הגדות. צילום א. גזית

תחנה 2: תעלה מערבית - דרום

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת כ- 100 מ' מדרום לצומת הגומא (כ- 200 מ' דרומה לתחנה 1). מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ- 5 מ', עומק מים מרבי כ- 70 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה) כ- 7 מ' וגובהה כ- 6.5 מ'. כללית, תחנה זו דומה במאפייניה לתחנה מס. 1. צומח הגדות בצידה המערבי של התעלה כוסח בצידה המזרחי קנה מצוי מפותח (תמונה 4). רמת כיסוי הצומח המזדקר באפיק – דליל.



תמונה 4: תעלה מערבית - דרום (תחנה מס. 2). כ- 200 מ' דרומית לתחנה 1. ניכרת התפתחות עומדי קנה מצוי לאורך הגדות. (צילום א. גזית, מבט לדרום)

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

ביום הדיגום נמדדו בתחנה מס. 2 ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (8.4 מג"ל חמצן, 90% רוויה), מוליכות חשמלית נמוכה יחסית (כ- 500 מיקרומוס) וריכוז נמוך של חומר אורגני זמין (צח"ב) (כ- 1.5 מג"ל). ערך ההגבה מעט אלקאלי (pH=7.8). המים היו מעט עכורים (NTU=28) ולא נמצאה אמוניה.

תחנה 3: תעלה מרכזית

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת בסמוך ל"סילו ברעם" כקילומטר דרומית לצומת הגומא. מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ- 2.5 מ', עומק מים מרבי כ- 50 ס"מ, רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה) כ- 3 מ'. באפיק התעלה סבך צפוף של קנה מצוי גבוה (כ- 2 מ') וארכובית הכתמים (תמונה 5). בפני המים אוכלוסיה צפופה של "עדשת המים" (*Lemna*). המים צלולים וניכרת זרימה חלשה ביותר (מים "מתחלפים"). רמת כיסוי הצומח המזדקר - צפוף.



תמונה 5: תעלה מערבית-דרום (תחנה מס. 2). תעלה צרה ורדודה בסמוך ל"סילו ברעם". באפיק ובגדות צמחייה צפופה (צילום א. גזית).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

תחנה מס. 3 אופיינה בריכוז חמצן נמוך יחסית (4.8 מג"ל חמצן, 54% רוויה) ומוליכות חשמלית גבוהה יחסית (כ- 1000 מיקרומוס). לעומת זאת, ריכוז החומר האורגני הזמין (BOD) לא עלה על 1.5 מג"ל ולא נמצאו עדויות לנוכחות אמוניה. צלילות המים הייתה גבוהה ביותר (NTU=1.3). ערך ההגבה נמוך יחסית (pH=7.5) ותואם לצפוי בריכוזי חמצן נמוכים.

תחנה 4: ירדן "ישן", דרום-א'

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת באפיק הירדן הישן, דרומית לקיבוץ נאות מרדכי. מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ- 12 מ', עומק מים מרבי כ- 150 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה) כ- 4.5 מ' וגובהה כ- 1.5 מ'. התשתית רכה ועשירה בחומר צמחי נרקב. תחנה זו מאופיינת באפיק פתוח, זרימת מים ומגוון של צומח בהם בולטים: צומח טבול נהרונית צפה (*Potamongeton*), וגושי נופר צהוב (*Nuphar luteum*) ומזדקר קנה מצוי (*Phragmites*) וקני סוכר (*Saccharum*). בגדות עצי ערבה (*Salix*) מפותחים (תמונה 6).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

בתחנה זו נמדדו ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (8.9 מג"ל חמצן, 94% רוויה). המוליכות החשמלית נמוכה יחסית (כ- 380 מיקרומוס) וכך גם ריכוז החומר האורגני הזמין (BOD) אשר לא עלה על 1.5 מג"ל (טבלה 4). כמו כן אין עדות לנוכחות אמוניה בריכוז משמעותי. ערך ההגבה מעט אלקאלי (pH=8) והעכירות מעט גבוהה (NTU=20).



תמונה 6: ירדן ישן – דרום א' (תחנה מס. 3). אפיק רחב, מים עמוקים ושפע בתי גידול של צמחיית מים וגדות. תמונה מימין – צילום ממזרח למערב: במים גוש נהרונית צפה בגדה המזרחית עצי ערבה ובמערבית קנה סוכר. משמאל – צילום ממערב למזרח: במים גוש נופר צהוב ובגדה קנה מצוי (צילום א. גזית).

תחנה 5: ירדן "ישן", דרום ב'

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת באפיק הירדן הישן, דרומית לתחנה 4. מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ- 5 מ', עומק מים מרבי כ- 50 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה), כ- 6 מ' וגובהה כ- 2.5 מ'. באתר שני עצי ערבה גדולים (כ- 15 מ' ביניהם) המצילים על המים (תמונה 7). הגדה המערבית חשופה יחסית מצמחייה. קרקעית האפיק קשה יחסית ועשירה בחומר צמחי נרקב (בעיקר ענפים ועלים של ערבה). רמת כיסוי הצומח הטבול במים - דליל.



תמונה 7: ירדן ישן דרום ב' (תחנה מס. 5). זרימת מים איטית באפיק רחב. 15.5.03 (צילום א. גזית).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

בתחנה זו נמדדו ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (9.7 מג"ל חמצן, 109% רוויה). המוליכות החשמלית נמוכה יחסית (כ- 380 מיקרומוס) וכך גם ריכוז החומר האורגני הזמין (BOD), אשר לא עלה על 1.5 מג"ל. כמו כן לא נמצאו עדויות לנוכחות אמוניה. ערך ההגבה מעט אלקאלי (pH=8) והעכירות מעט גבוהה (NTU=20).

תחנה 6: תעלת נאות

א. אפיון פיזי

התעלה ממוקמת דרומית לקיבוץ נאות מרדכי. מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ - 2 מ', עומק מים מרבי כ - 60 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה), כ - 6 מ' וגובהה כ - 3.4 מ'. אפיק התעלה מלא בקנה מצוי גבוה (כ - 4 מ', תמונה 8), בפני המים התפתחות מסיבית של עדשת מים (*Lemna sp.*). בשולי התעלה התפתח דשא תרבותי - קוקוייה. בגדה שיחי פטל. הקרקעית עשירה בחומר אורגני נרקב (דטריטוס). לא ניכרה זרימה (מים מתחלפים). רמת כיסוי הצומח המזדקר - צפוף ביותר.



תמונה 8: תעלת נאות (תחנה מס. 6), 15.5.03. תעלה צרה ורדודה מלאה בקנה מצוי (צילום א. גזית).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

ביום הדיגום, נמדדו בתחנה מס. 6 ריכוזי חמצן הנמוכים ביותר מבין התחנות שנסקרו (1.4 מג"ל חמצן, 15% רוויה). בהתאם נמדד גם ערך הגבה הנמוך ביותר מבין כל תחנות הדיגום (pH=7.0). כמו כן בתחנה זו נמדדו ערכי מוליכות חשמלית הגבוהים ביותר מבין כל התחנות (כ - 2500 מיקרומוס) וכך גם ריכוז החומר האורגני הזמין (BOD= 4 mg/l). לא נמצאו עדויות לנוכחות אמוניה.

תחנה 7: ירדן ישן - צפון

א. אפיון פיזי

התחנה ממוקמת כ- 100 מ' צפונית לכביש 977, בסמוך לקיבוץ נאות מרדכי. מידות התעלה: רוחבה כ- 8 מ' ועומק המים המרבי כ- 120 ס"מ. (נתוני הגדה לא נמדדו). בקטע שנדגם האפיק מוצל כולו ע"י סבך צמחייה (בעיקר ערבה, תמונה 9). הקרקעית טינית. המים צלולים ועמוקים הזרימה קלה. רמת כיסוי הצומח הכולל צמחייה בשולי האפיק (פטל וערבה) וענפי העצים המכסים את האפיק – בינוני.



תמונה 9: ירדן ישן צפון (תחנה 7), 15.5.03. אפיק רחב מוצל בסבך צפוף של עצי ערבה (צילום א. גזית).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

ביום הדיגום, נמדדו בתחנה מס. 7 ריכוזי חמצן גבוהים יחסית (9.7 מג"ל חמצן, 103% רוויה). המוליכות החשמלית נמוכה יחסית (כ- 360 מיקרומוס) וכך גם ריכוז החומר האורגני הזמין (BOD=1.5). ערך ההגבה היה מעט אלקאלי (pH=8.14) ועכירות המים קלה (NTU=20). לא נמצאו עדויות לנוכחות אמוניה.

תחנה 8: תעלת נוטרה

א. אפיון פיזי

תעלת ניקוז בסמוך לעיינות נוטרה. מידות התעלה: רוחב האפיק הרטוב כ - 3 מ', עומק מים מרבי כ - 30 ס"מ. רוחב הגדה (משולי האפיק הרטוב עד לכתפי התעלה), כ - 3.6 מ' וגובהה כ - 1.7 מ'. באפיק התעלה צמחייה צפופה של קנה מצוי וארכובית הכתמים. רמת כיסוי הצומח המזדקר – צפוף ביותר (תמונה 10).

ב. אפיון כימי פיזיקלי (טבלה 4)

בתעלת נוטרה נמדד ריכוז חמצן גבוה יחסית (7.3 מג"ל חמצן, 91% רוויה), מוליכות חשמלית נמוכה (כ - 375 מיקרומוס) וערך הגבה מעט אלקאלי (pH=7.8). עכירות המים הייתה הגבוהה ביותר מבין כל התחנות שנבחנו (כ - 70 NTU) וריכוז החומר האורגאני הזמין (BOD) היה כ - 3 מג"ל. לא הייתה עדות לנוכחות אמוניה.



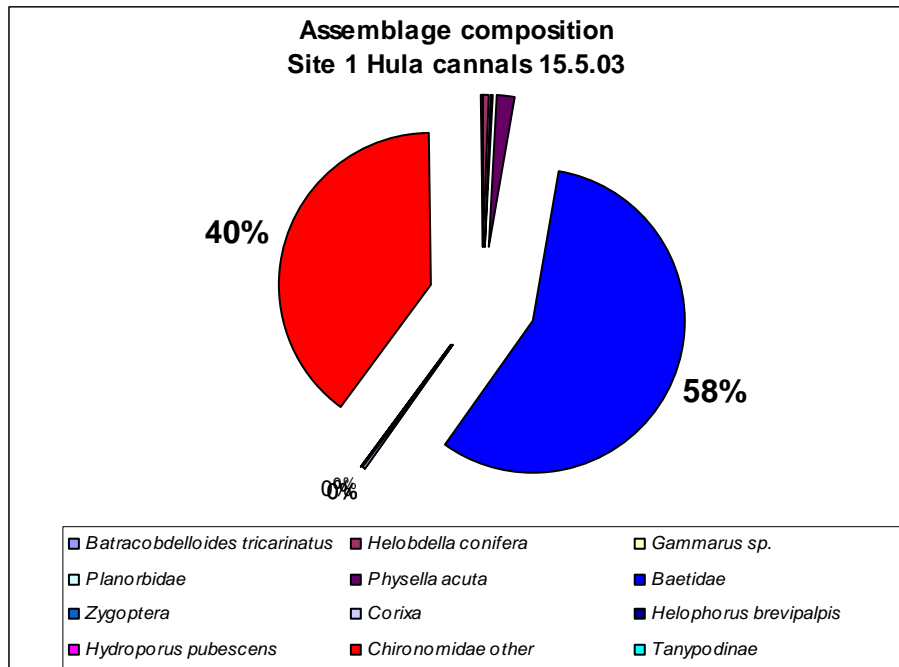
תמונה 10: תעלת נוטרה (תחנה 8), 15.5.03. התעלה צרה ורדודה ועשירה בצמחייה צפופה בעיקר קנה מצוי (צילום א. גזית).

נספח 2 : חסרי חוליות בתעלות המחקר.

חלק זה של המחקר בוצע על-ידי צוות המעבדה לאקולוגיית נחלים באוניברסיטת ת"א.

תעלה מערבית - צפון (תחנה מס. 1)

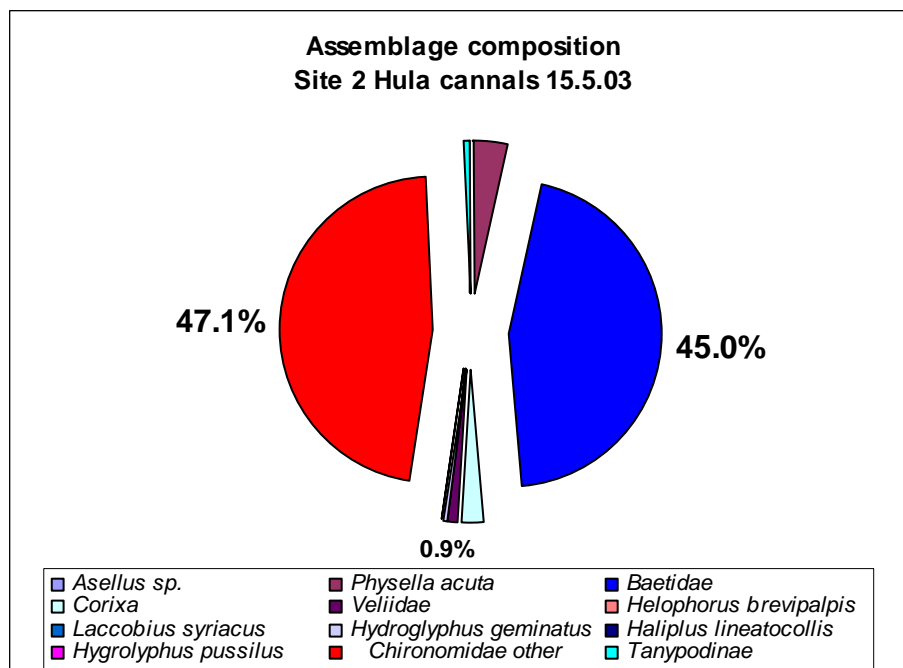
בתחנה זו, נמצאו בדיגום הנוכחי 13 טקסונים של חסרי חוליות גדולים (נספח 1). מחציתם (53%) מבין הטקסונים משתייכים למחלקת החרקים (בריומאים, שפיריות, פשפשאים, ימשושים וחיפושיות) והיתר חסרי חוליות שאינם חרקים (עלוקות, חלזונות וסרטנים). מרבית הפרטים באסופה השתייכו לבריומאים ממשפחת ה-Baetidae (58%) ולימשושים (Chironomidae, 40%) (איור 2.1). השפיעות היחסית הגבוהה של שתי המשפחות הנ"ל, התבטאו בערך ציין מגוון המינים (Shannon Index) נמוך יחסית ($H' = 0.85$).



איור 2.1: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות שנדגמו בתחנה מס. 1 (תעלה מערבית - צפון) 15.3.03.

תחנה 2: תעלה מערבית – דרום – ג.

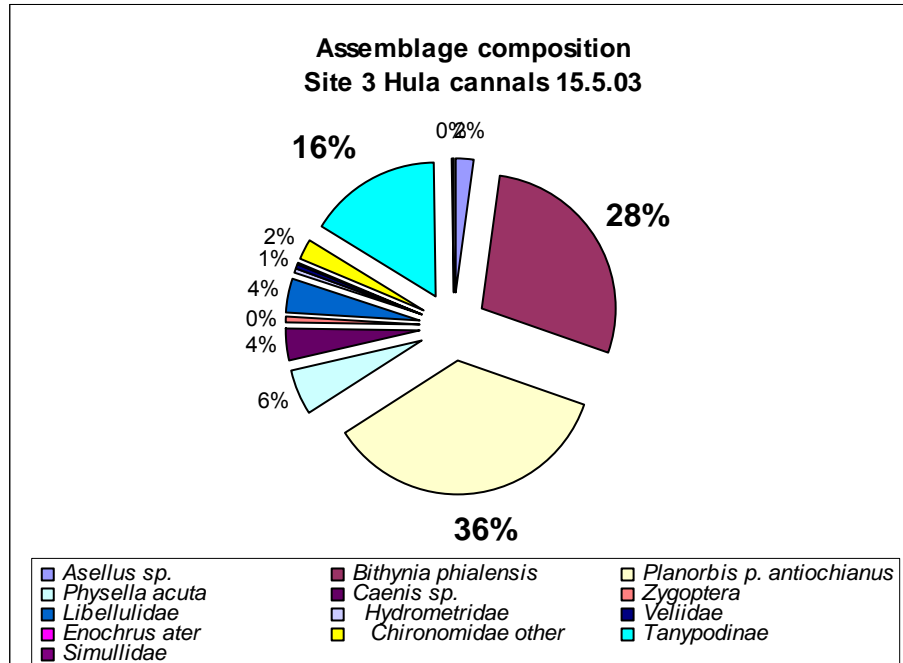
בתחנה זו נמצאו 12 טקסונים של חסרי חוליות גדולים (נספח 1). מרבית הטקסונים (83%) משתייכים למחלקת החרקים (בריומאים, שפיריות, פשפשאים, ימוששים וחיפושיות) והיתר חלזונות וסרטנים. בדומה לתחנה 1, מרבית הטקסונים באסופה השתייכו לבריומאים ממשפחת ה-Baetidae (45%) והימוששים (Chironomidae, 47%), (איור 2.2). גם בתחנה זו שפיעות היחסית הגבוהה של נציגים בודדים התבטאה בערך ציין מגוון מינים נמוך ($H' = 1$)



איור 2.2: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות שנדגמו בתחנה מס. 2 (תעלה מערבית - דרום) 15.5.03.

תחנה 3: תעלה מרכזית --

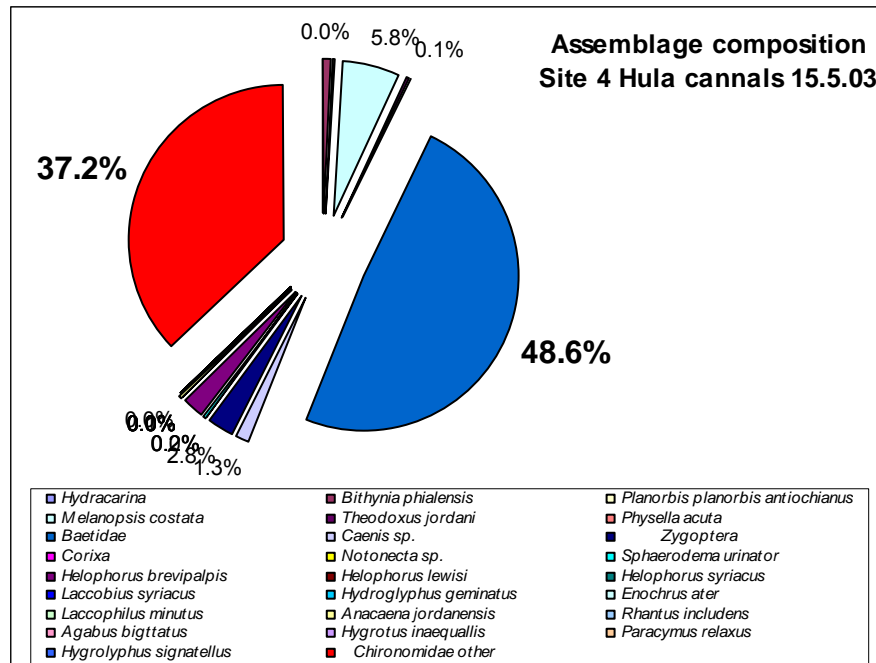
בתחנה זו נמצאו 13 טקסונים של חסרי חוליות גדולים (נספח 1). מרבית הטקסונים (70%) משתייכים למחלקת החרקים (בריומאים, שפיריות, פשפשאים, ימושאים, ישחורים וחיפושיות) והיתר חלזונות וסרטנים. מרבית הפרטים באסופה (כ- 70%) השתייכו לשלושה מיני חלזונות: פלנורבית קרינית (*Planorbis p. antiochianus*, 28%), ביתינה זעירה (*Bithynia phialensis*, 28%), ובוטונית חדה (*Physella acuta*, 16%), (איור 2.3). ערך ציין מגוון המינים (Shannon Index) בתחנה זו היה גבוה יחסית ($H' = 1.72$).



איור 2.3: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 3 (תעלה מערבית - דרום) 15.5.03.

תחנה 4: ירדן "ישן", דרום-א'

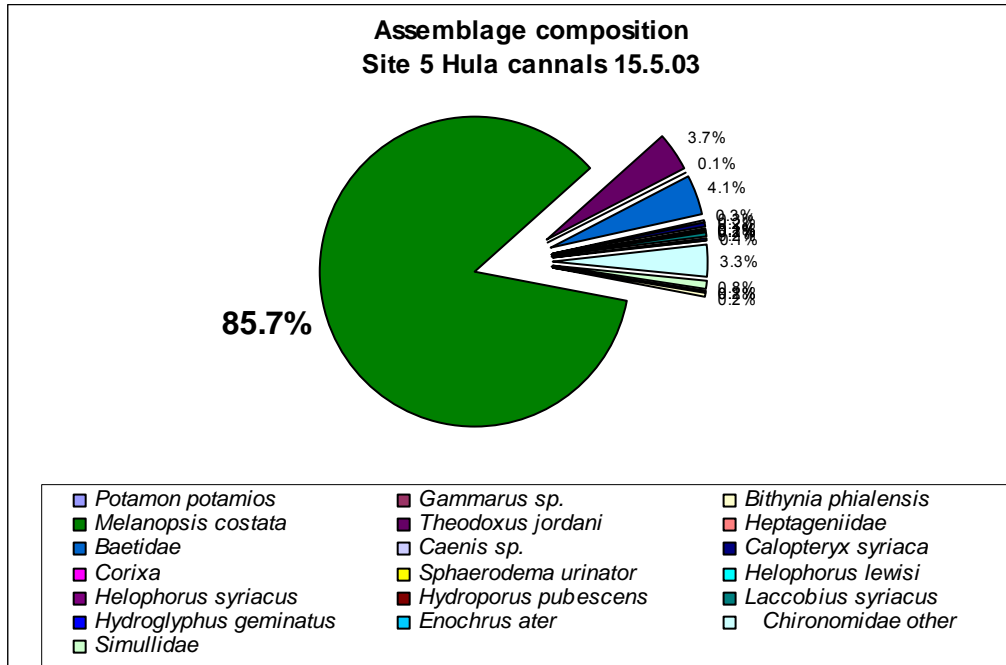
תחנה זו נמצאה כעשירה ביותר (26 טקסונים) מבין כל התחנות שנסקרו (נספח 1). מרבית הטקסונים (כ- 77%) הינם חרקים (כמחציתם מינים מסדרת החיפושיות) והיתר חלזונות. מבין החרקים בלטה שפיעותם היחסית הגבוהה של הבריומאים (כ- 50%) והימשושים (37%), (איור 2.4). למרות עושר המינים הגבוה, ציין מגוון מינים נמוך יחסית ($H' = 1.25$), זאת קרוב לודאי בשל השפיעות היחסית הגבוהה של שני הנציגים הנ"ל בלבד.



איור 2.4: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 4 (ירדן ישן - דרום א').
15.5.03.

תחנה 5: ירדן "ישן", דרום ב'

בתחנה זו נמצאו 19 טקסונים של חסרי חוליות (נספח 1). מרביתם (כ- 79%) משתייכים למחלקת החרקים (בריומאים, שפיריות, פישפשאים, חיפושיות, ימשושים וישחורים) והיתר סרטנים וחלזונות. בלטה שפיעות יחסית גבוהה של חלזונות מהמין שחריר מצולע (כ- 86%) (איור 2.5). שפיעות יחסית גבוהה של מין בודד תרמה לערך נמוך של ציין מגוון מינים ($H' = 0.69$).

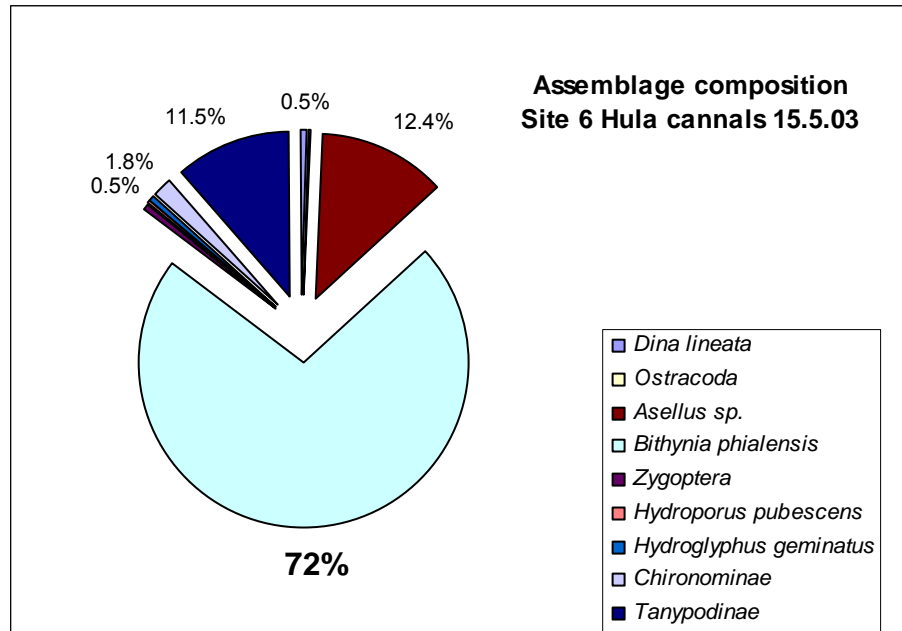


איור 2.5: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 5 (ירדן ישן - דרום ב').

תחנה 6: תעלת נאות

בתחנה זו נמצא עושר הטקסונים הנמוך ביותר מבין כל התחנות שנבדקו (9 טקסונים, נספח 1): חמישה טקסונים ממחלקת החרקים (שפיריות, חיפושיות וימשושים, 55%) והיתר סרטנים וחלזונות. בלטה שפיעותם היחסית הגבוהה של חלזונות מהמין ביטיניה זעירה (כ- 72%) וסרטנים שווי רגליים (*Asellus sp.*) - 12.5%, (איור 2.6).

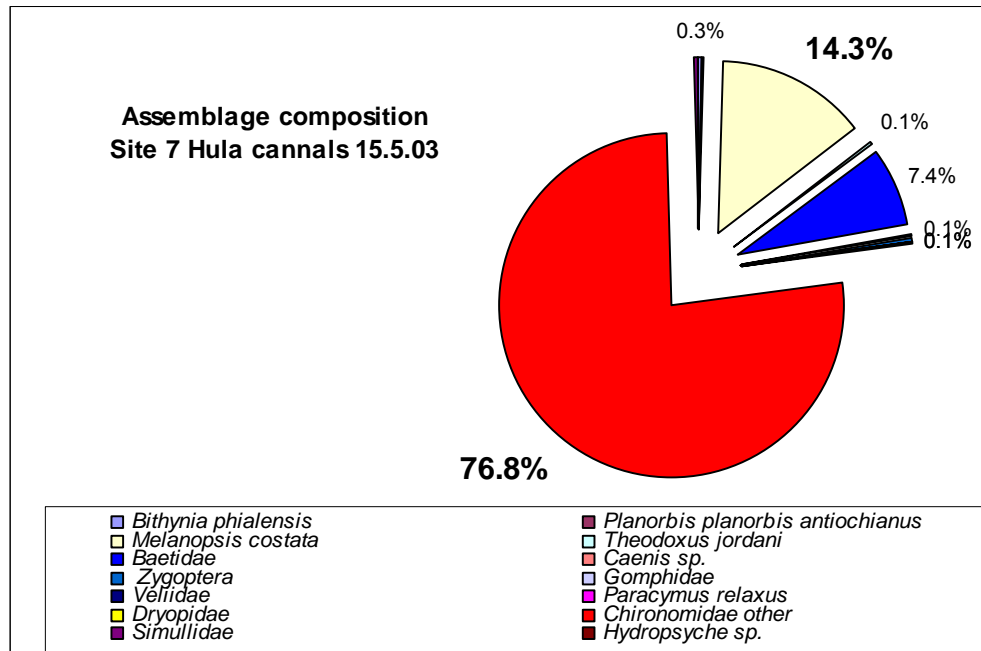
יש לציין כי בתחנה זו בלבד נעדרו הבריומאים מהאסופה. הסבר אפשרי לעובדה זו היא רגישותם הגבוהה יחסית של הבריומאים לריכוזי החמצן הנמוכים או למליחות המים הגבוהה. עושר המינים הנמוך יחסית והשפיעות היחסית הגבוהה של חלזון הביטיניה (72%), באה לידי ביטוי בערך ציין מגוון מינים נמוך יחסית ($H' = 0.94$).



איור 2.6: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 6 (תעלת נאות), 15.5.03

תחנה 7: ירדן ישן – צפון

בתחנה 7 נמצאו בדיגום הנוכחי 14 טקסונים מרביתם (כ- 71%) ממחלקת החרקים והיתר ממחלקת החלזונות (נספח 1). שלושה ממיני החרקים (שפירית ממשפחת ה-Gomphidae, חיפושית ממשפחת ה-Dryopidae ושעיר כנף ממשפחת ה-Hydropsychidae), נמצאו בתחנה זו בלבד. כ- 90% מהשפיעות של הפרטים באסופה נתרמה ע"י החלזון שחריר מצולע (כ- 14%) והימשושים (כ- 77%), (איור 2.7).

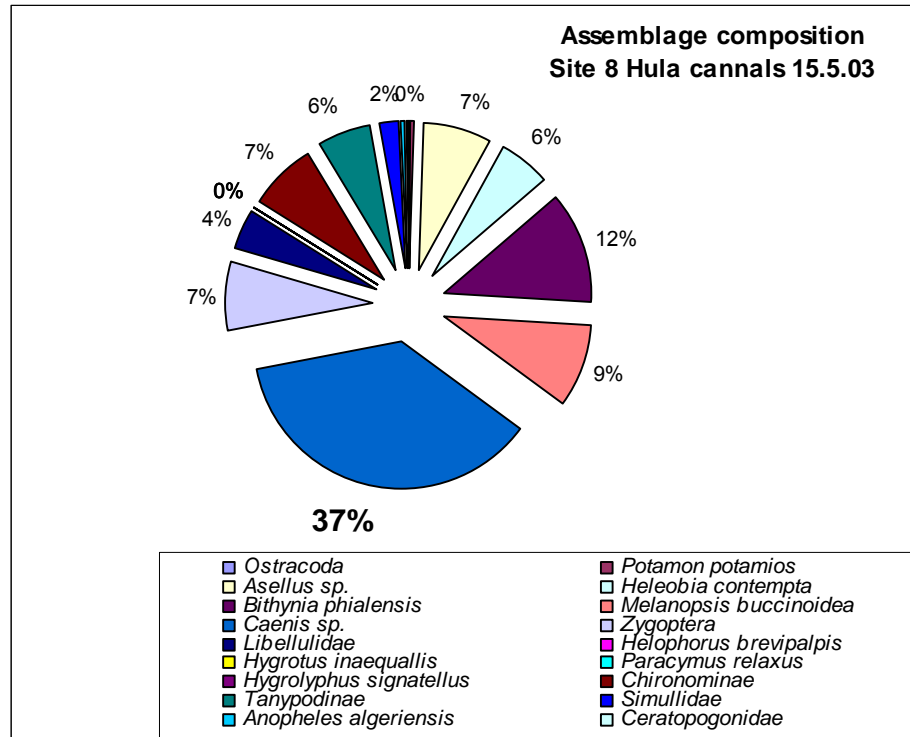


איור 2.7: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 7 (ירדן ישן-צפון), 15.5.03

הערך הנמוך של ציין מגוון המינים ($H' = 0.76$) מוסבר בשליטה של הימשושים באסופה.

תחנה 8: תעלת נוטרה

בתחנה זו נמצאו 18 טקסונים של חסרי חוליות, מהם כ- 67% ממחלקת החרקים (בריומאים, שפיריות, חיפושיות, ימשושים, ישחורים ויתושים) והיתר חלזונות וסרטנים. באסופה זו תרמו הבריומאים מהסוג *Caenis* כשליש מהפרטים וחלזונות בטיניה כ- 12%. שאר המינים היוו בין 4 ל- 9% מהפרטים באסופה (איור 2.8). חלוקת השפיעות באופן מאוזן יותר בין הפרטים של הטקסונים השונים באה לידי ביטוי בערך גבוה יחסית של ציין מגוון מינים ($H'=2.1$). בתחנה זו בלבד נמצאו פרטים של החלזון שחירי חלק (*Melanopsis buccinoidea*) אשר מקורם ככל הנראה במעיינות עין נוטרה הסמוכים ומין של יתוש מהסוג אנופלס (*Anopheles algeriensis*), הוגדר במעבדה האנטמולוגית של משרד הבריאות, ד"ר חדווה פנר).



איור 2.8: הרכב ושפיעות יחסית של אסופת חסרי החוליות בתחנה מס. 8 (תעלת נוטרה), 15.5.03.

נספח 3: איפיון וערכיות התעלות בעמק החולה (קובץ XLS)

נספח 4: תקליטור הכולל: דוח מלא עם נספחים 1-2.

נספח 3 קובץ XLS

מפות כקבצי JPG

מפות כקבצי SHP מותאמים לתוכנת ArcView