

המרכז הלאומי לאקולוגיה אקוטית
מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט - אוניברסיטת תל אביב

סקר ערכיות אקולוגית בנחל הירקון ויובליו, אביב 2023



מוגש למכון דש"א
פברואר 2025

כתיבה ועריכה: ד"ר אורי שגב, נאדין גבריאלי וד"ר ירון הרשקוביץ,
דיגום חסרי חוליות וצילומים: ד"ר אורי שגב, יהונתן ניסים ונאדין גבריאלי
עיבוד נתונים וחישוב צינים: אביטל כ"ץ
דיגום איכות מים: יונתן רז-רשות נחל ירקון
מיפוי: שי שרפברג

סיוע בהגדרה טקסונומית (מוזיאון הטבע): רכיכות- (Mollusca) אלמוג הרשקו; בריומאים
(Ephemeroptera) - ד"ר זהר ינאי; עלוקות (Hirudinea) וסרטנאים (Crustacea) - ד"ר לירון גורן; חיפושיות
(Coleoptera) - דפנה לוז, שפיראים (Odonata) – נילי סגמן.

תמונת שער: דיגום הידרוביולוגי בירקון - מעלה כניסת נחל רבה, אביב 2023

תקציר

בסקר הידרוביולוגי שנערך באביב 2023 נדגמו שישה מקטעים בירקון התיכון וביובליו (נחל קנה ונחל הדס) במטרה להעריך את הערכיות האקולוגית על בסיס הרכב חסרי החוליות האקוויטיים. בסך הכול נדגמו למעלה מ-24,000 פרטים, המשתייכים ל-32 טקסונים מתוך 9 סדרות ו-21 משפחות.

נמצא דמיון בהרכב החברות בשלושת מקטעי הירקון שנדגמו (מעלה ומורד נחל רבה ומעלה כביש 40). מדד הרגישות לזיהום אורגני (ASPT-IL) הצביע על ערכיות אקולוגית גבוהה במורד כניסת נחל רבה, עקב נוכחות טקסונים רגישים כדוגמת שחריר חלק ובריומאים. עם זאת, בהשוואה לניטור 2020, לא חל שיפור במדד זה ואף נצפתה ירידה במגוון הביולוגי (Diversity Index) וביחס החרקים הרגישים (ET%).

בנחל קנה, נראה שיפור בערכיות האקולוגית במקטע מורד נחל סיר (סמוך לאלישמע), ככל הנראה עקב שינויים הידרולוגיים כגון היצרות הערוץ ועלייה במהירות הזרימה. לעומת זאת, מקטע הנחל במעלה לכניסת נחל הדס (סמוך לעדנים) הוגדר כבעל ערכיות נמוכה, בשל דומיננטיות של מינים עמידים לזיהום ומגוון נמוך. בנחל הדס עצמו תועדה ירידה במדד הערכיות המשוקלל, חרף עלייה במספר הטקסונים ביחס ל-2020, וזאת בשל היעדר נציגות לבריומאים ושעירי כנף.

נוכחות מינים פולשים מהווה מדד נוסף לעוצמת ההפרעה האקולוגית. בכל המקטעים נמצאו מינים פולשים, ובשלושת מקטעי הירקון ובנחל הדס נצפתה עלייה בחלקם היחסי בהשוואה לניטורים קודמים. במקטע נחל קנה - מורד כניסת נחל סיר נרשמה צפיפות פולשים הגבוהה ביותר (620 פרטים למ"ר).

ממצאי הסקר מצביעים על השפעה ניכרת של הזרמת מי קולחים על המערכת האקולוגית של הירקון התיכון ויובליו, תוך שינוי בהרכב חברות חסרי החוליות האקוויטיים. למרות המאמצים לשיפור איכות המים, לא חל שיפור מובהק במדדי הבריאות האקולוגית, וחלק מהמקטעים אף הראו ירידה בערכיות האקולוגית בהשוואה לשנים קודמות. נראה כי שינויים הידרולוגיים ומבניים בערוץ משפיעים על תפקוד המערכת האקולוגית לא פחות מאיכות המים עצמה. תופעת המינים הפולשים, ההולכת ומתרחבת, מהווה אינדיקציה נוספת ללחץ האקולוגי הקיים במערכת.

1. רקע

בנחל הירקון זורמים מי מקור מעורבים עם מי קולחים המוזרמים באמצעות יובלי הנחל. היחס הוא כ- 6:4 'לטובת' מי הקולחים. למרות שאיכותם משתפרת בהדרגה לאיכות טיפול שלישוני, הזרמתם משנה את אופי מערכת הנחל האקוויטית. השינויים עקב הזרמת קולחים באים לידי ביטוי בכל הרמות: במדדים פיזיקליים, כימיים ובפגיעה קשה בבעלי החיים והצמחים המרכיבים ותלויים זה בזה. הירידה באיכות מי הנחל עקב הזרמת מי קולחים משנה את הרכב חברת חסרי החוליות הגדולים (חח"ג) כך שמינים עמידים לזיהום הופכים נפוצים בעוד שתפוצת המינים הרגישים מצטמצמת או נעלמת כליל.

במחקר רחב היקף (170 מט"ש) שנערך לאחרונה בגרמניה על ההשפעות של הזרמת מי קולחים נבדק היחס בין מעלה הנחל הנקי מקולחים לעומת המורד המזוהם. הממצאים מעידים כי בעקבות הזרמת מי הקולחים התרחש שינוי של 61% בהרכב החברה המתבטא בעליה בשפע של נציגים מסדרות מסוימות וירידה בשפע של אחרות.

1.1 מקורות המים

נחל הירקון מקבל מים ממקורות שונים: מי מקור מאקוויפר ירקון תנינים (כ- 40%), ומי קולחים באיכות משתנה משלושה מט"ש: כפר סבא הוד השרון (כ- 30%) המזרים את רוב הקולחים השלישוניים דרך מערכת אגנים ירוקים, רמת השרון (כ- 10%) המזרים את רוב הקולחים דרך מאגר תפעולי ודרום שרון מזרח (כ- 20%) שהחל לפעול במתכונת שלישונית חלקית ב- 2019 וביוני, 2022 הושלמה במט"ש בניית שלושה מתקני בטון על תעלות ניקוז העוברות מתחת לחומת הביטחון. מתקנים אלו תופסים עודפי ביוב מקלקיליה ומעבירים אותם בצנרת לטיפול לרמה שלישונית. עודפים אלו היו נשפכים בעבר ישירות אל נחל סיר וממנו אל נחל קנה ולירקון. במקטעים מסוימים בנחלים קנה והדס אשר נדגמו בסקר הנוכחי קיים רצף זרימה במהלך כל השנה שמקורו במי קולחים. נחל הדסים שנמצא יבש בעת הדיגום, מתפקד כנחל אכזב שיטפוני ואין בו זרימה רצופה במהלך השנה.

1.2 יובלי הירקון

יובלי הירקון כוללים מקורות מים ומציגים משטרי זרימה שונים וכולם בעלי אופי שטפוני. חלקם מתפקדים כיום כנחלי איתן שמקור מימיהם הוא קולחים ברמות טיהור שונות המגיעים ממפעלי הטיפול. להלן התייחסות ליובלים הרלוונטיים במסגרת הסקר הנוכחי: רבה, קנה, הדס והדרים.

נחל רבה: מנקז כ- 91 קמ"ר וזורם לאורך כ- 25 ק"מ. נחל שיטפוני ללא נביעות משמעותיות לאורך הערוץ החובר לירקון במורד 'כפר הבפטיסטים'. נחל רבה ונחל סוסי נובעים במורדות המערביים של אריאל וברקן ומתאחדים טרם עוברים דרך ראש העין. בסמוך לכביש 6, חובר לנחל רבה יובל שמקורו בכפר קאסם, וייתכן שהוא מכיל נגר מאזור התעשייה המקומי. הנחל אף מקבל אליו לעיתים גלישות ביוב מתשתיות סמוכות. מקורות זיהום אלו, המגיעים דרכו, עלולים לפגוע ישירות במעלה הירקון, הנחשב כמקטע הנקי והרגיש ביותר. בסקר הנוכחי לא נערך ניטור בנחל רבה עצמו אך נדגמו שני מקטעים בירקון- במעלה ובמורד כניסתו אליו במטרה לבדוק השפעה אפשרית על חברת החח"ג בירקון.

נחל קנה: מיובלו המרכזיים של נחל הירקון. מנקז אגן בשטח של כ- 420 קמ"ר וזורם לאורך כ- 30 ק"מ עד פוגשו את הירקון. מנקז את דרום שכם וזורם מערבה, דרך יער חורשים ושטחים חקלאיים עד כניסתו לירקון,

דרומית להוד השרון. קנה הוא נחל שיטפוני, ללא נביעות לאורך הערוץ. כיום זורמים באפיקו מי קולחים שמקורם ביובלים סיר והדס. מקור מים נוסף של נחל קנה הוא קולחי מט"ש כפר סבא העוברים דרך מערכת אגנים ירוקים בפארק הוד השרון ומוזרמים אליו מדרום לאזור התעשייה נווה נאמן.

נחל סיר (ואדי עווידה): מנקז כ- 126 קמ"ר (כשליש משטח אגן נחל קנה). מט"ש דרום השרון המזרחי מזרים לנחל מי קולחים באזור קלקיליה.

נחל הדס: יובל שיטפוני של נחל קנה. מנקז כ- 21 קמ"ר וזורם לאורך כ- 7 ק"מ דרך היישובים עדנים והוד השרון. קולחי מט"ש כפר סבא מוזרמים אליו.

נחל הדרים: מנקז 7.5 קמ"ר וזורם לאורך כ- 4.5 ק"מ. הנחל שיטפוני ולא זורמים בו מים דרך קבע. מנקז בעיקר את רמת השרון ובמורד, גם שטחים חקלאיים.

2. מטרת ותוצרים

2.1 מטרת

הערכת ערכיות הידרוביולוגית במקטעי הירקון התיכון ויובליו הזורמים על בסיס ניטור הרכב חברות החח"ג ליצירת מדד משוקלל ובסיס נתונים שישמש לאבחון, תכנון ותיעודף קדימויות לפעולות תחזוקה, הסדרה, שיקום, ושימור נחל הירקון ויובליו.

2.2 תוצרי הפרויקט

- מפת אפיון אקולוגי של מקטעי הנחלים שנדגמו על בסיס חברת החח"ג כולל שכבת ממ"ג
- הערכת מצב אקולוגי נוכחי במקטעי הסקר תוך התייחסות לסקרי עבר, בדגש על שינויים בציינים ביולוגיים רלוונטיים
- רשימת טקסונים המוגדרים לרמה הנמוכה ביותר האפשרית (מין, סוג או משפחה)

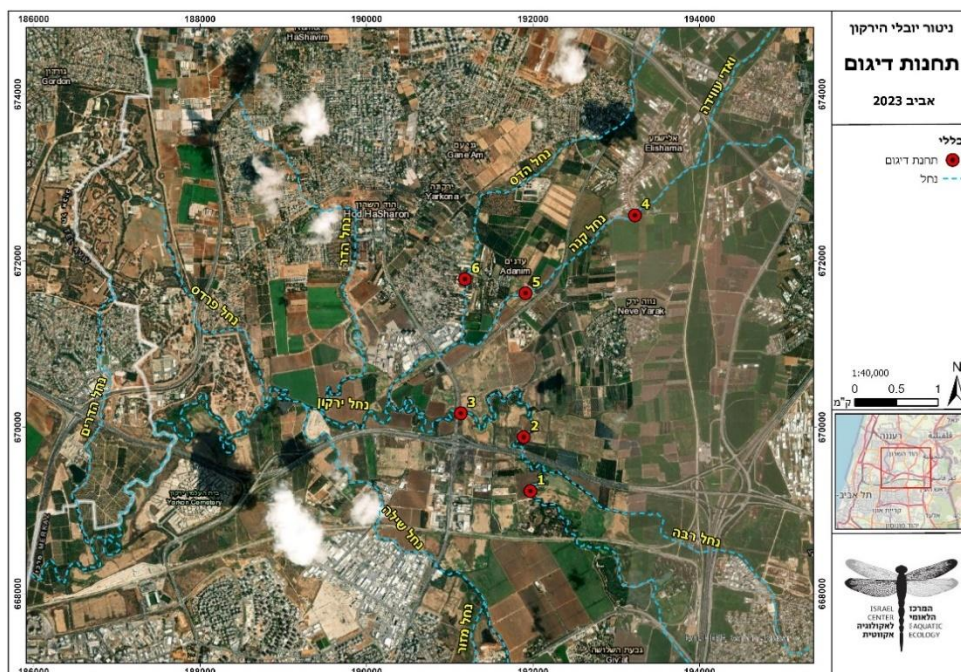
3. שיטות עבודה

3.1 ניטור איכות מים וחסרי חוליות גדולים

הניטור בוצע בין התאריכים 31.5.23 - 31.6.23. במסגרתו נאספו 6 דגימות משלושה נחלים המייצגות בתי גידול לחים אופייניים מ- 6 מקטעי דיגום: 3 מנחל הירקון ומהיובלים- שני מקטעים מנחל קנה ומקטע נוסף מנחל הדס (איור 1, טבלה 1).

בנחלים קנה והדס, יובליו של נחל הירקון, קיים רצף זרימה מלאכותי במהלך כל ימות השנה הניזון מעודפי קולחי מט"ש דרום השרון המתנקזים בהמשך אל הירקון. יובל עונתי נוסף של הירקון, נחל הדרים, נמצא יבש ולא נדגם במסגרת הסקר הנוכחי.

משתנים כימו- פיזיקליים (טמפרטורה, ריכוז חמצן מומס, ערך הגבה ומוליכות חשמלית) נמדדו על ידי צוות המלא"ק במועד הדיגום באמצעות מד אלקטרוני נייד YSI - Professional Plus.



איור 1. מפת מיקום אתרי הדיגום שנכללו בסקר יובלי הירקון, אביב 2023.

טבלה 1. פירוט מקטעי הדיגום כפי שנכללו במסגרת הניטור בנחל הירקון ויובליו. אביב, 2023

מס' דגימה	נחל	שם מקטע	תאריך דיגום	טיפוס נחל	X	Y
1608	ירקון	מעלה כניסת רבה	31/05/2023	נחלים בינוניים במישור החוף א 3.2	34.91325402	32.11619906
1609		מורד כניסת רבה			34.91238389	32.12204665
1610		מעלה בביש 40			34.90436979	32.12460397
1611	קנה	מורד כניסת סיר	01/06/2023	נחלים קטנים במישור החוף א 3.1	34.92646658	32.14610238
1612		מעלה כניסת הדס	31/05/2023		34.91256544	32.1376416
1613		מעלה מפגש קנה			34.90485191	32.13914305
-	*הדרים	הדרים	01/06/2023		34.8555262	32.1141836

*נחל הדרים לא נדגם מאחר ונמצא יבש בתאריך הדיגום.

בנוסף למדדים אלו, נאספו דגימות מים על ידי צוות רשות נחל ירקון בשני תאריכים: 28.06.2023 ו- 07.05.2023. הדגימות הועברו למעבדות בקטוכם לאפיין כימי של איכות המים וסיפקו מידע לגבי משתנים ביוטיים ואביוטיים שונים: צריכת חמצן ביולוגית- צח"ב (BOD), ריכוז ניטראט (NO3), חנקן כללי (TN), זרחן כללי (TP), ועבירות (טבלה 2.2).

3.2 עבודת מעבדה: מיון, ספירה והגדרת חסרי חוליות

חסרי החוליות מיונו, נספרו והוגדרו לרמה הטקסונומית הנמוכה ביותר האפשרית באמצעות ספרות מקצועית ובסיועם של מומחי מוזיאון הטבע. בעלי החיים קוטלגו והופקדו במוזיאון הטבע באוניברסיטת תל אביב. כלל הנתונים האביוטיים והביולוגיים הוזנו לבסיס הנתונים של המרכז הלאומי לאקולוגיה אקוויטית (מלא"ק). נתונים אלו שימשו להערכת מצבם האקולוגי של גופי המים ולחישוב הציינים הביולוגיים הבאים:

- **צפיפות הפרטים** - מספרם פרטים למ"ר.
- **עושר הטקסונים הכללי** - מספר הטקסונים בכל אסופה (taxa richness).
- **מגוון ביולוגי (Shannon-Wiener (H'))** - ציין המשקלל את עושר וצפיפות הטקסונים.
- **ET%** - אחוז הטקסונים השייכים לסדרת הבריומאים (Ephemeroptera) ושעירי כנף (Trichoptera). טקסונים בסדרות אלו בעלי רגישות גבוהה לזיהום בגוף המים.
- **אחוז זחלי ימשושים מהשבט Chironomini** - טקסון זה מוכר כבעל עמידות גבוהה לזיהום. חישוב חלקו היחסי של טקסון זה מכלל אסופת הח"ג יכול לשמש להערכת מצבו האקולוגי של גוף המים.
- **מינים פולשים** - אחוז הפרטים באסופה השייכים למינים פולשי מעידים על הפרה במצבו האקולוגי המקורי של המקטע. ככל שהאחוז גבוה יותר, נצפה לראות הפרה חמורה יותר, כולל השפעה על מגוון המינים ועל חוסן המערכת האקולוגית כתוצאה מאינטראקציות בין המינים הפולשים למקומיים כתחרות, טריפה ודחיקה של מינים מקומיים.
- **ASPT-IL** - מדד רגישות חסרי חוליות לזיהום ממקור אורגני לאחר התאמה למשפחות חסרי החוליות בפאונה הישראלית. ערכי הרגישות של כל משפחה נעים בין 1 ל-10, כאשר ערכים נמוכים מעידים על עמידות גבוהה והרכב מינים היכול להתקיים בתנאי זיהום, בעוד שערכים גבוהים מעידים על הימצאות מינים רגישים, הזקוקים לאיכות מים גבוהה. החלוקה לקטגוריות רגישות להפרעה של חברת חסרי החוליות האקוויטית על סמך ערכי המדד הינה כדלקמן: $2.5 > \text{עמידות גבוהה ביותר} ; 2.51-3.5 = \text{עמידות גבוהה}$; $3.51-4.5 = \text{עמידות/רגישות בינונית}$; $4.51-5.5 = \text{רגישות גבוהה}$; $5.5 < \text{רגישות גבוהה ביותר}$

4. תוצאות

4.1 טיפוס נחלים

השיטה לסיווג מקווי מים יבשתיים המתבססת על מאפיינים הידרו-גיאומורפולוגיים כדוגמת גיאולוגיה, טופוגרפיה, סדר נחל ואקלים. בטיפוסי נחל מסוימים מתקיים עושר ומגוון מינים גבוה יותר לעומת טיפוסים אחרים. הערכת המצב האקולוגי הרצוי בנחלים מתבצעת ע"י השוואה בין נחלים מאותו הטיפוס או תת טיפוסים קרובים. הנחלים שנדגמו במסגרת סקר זה שייכים לטיפוס 'נחלים קטנים במישור החוף' ו'נחלים בינוניים במישור החוף' (טיפוסים א3.1 ו-א3.2, בהתאמה).

4.2 מדדים א-ביוטיים

ערכי המדדים הכימיים - פיזיקליים מוצגים בטבלאות 2.1 ו- 2.2.

חמצן מומס - טווח ריכוז החמצן המומס במים נע בין 5.8 מ"ג/ל במקטע ירקון- מעלה כניסת רבה ל- 8.9 מ"ג/ל בנקטע קנה- מעלה כניסת הדס. טווח ריכוז חמצן במים התומך בקיום מערכת בריאה ומתפקדת הוא בין 6.5 ל- 8 מ"ג/ל. ערכים כאלו נמדדו במקטע אחד בלבד (ירקון- מורד כניסת רבה). מוליכות חשמלית- בשלושת מקטעי הירקון נמדדו ערכים דומים ונמוכים לעומת אלו שנלקחו מהיובלים (קנה והדס). טווח הערכים נע בין 1459 מ"ס במקטעי הירקון- מעלה כניסת רבה ומעלה כביש 40 ל- 2258 מ"ס במקטע הדס- מעלה מפגש קנה. ערכי המוליכות הנמוכים בירקון מקורם, ככל הנראה, במיהול של מי מקור בעלי מוליכות נמוכה עם מים מטופלים (קולחים שלישוניים) בעלי מוליכות גבוהה יותר המגיעים ממט"ש כפר סבא דרך נחל הדס ואחריו בנחל קנה (טבלה 2.1).

טבלה 2.1. מדדים אביוטיים כפי שנדגמו במסגרת הניטור במקטעי נחל הירקון ויובליו, אביב 2023

נחל	שם המקטע	טמפרטורה (°C)	% רוויית חמצן	חמצן מומס (מג"ל)	מוליכות חשמלית (מ"ס)	ערך הגבה (pH)	מהירות זרימה (סמ"ש)	רוחב אפיק (מ')	עומק ממוצע (ס"מ)
ירקון	מעלה כניסת רבה	23.7	69	5.8	1459	8.7	0-15	5	100
	מורד כניסת רבה	21.5	78	6.5	1458	8.4	5-15	6	100
	מעלה כביש 40	24.5	73	6	1459	8.7	5-15	3	100
קנה	מורד כניסת סיר	21.3	95	8.4	2185	8.5	15-30	3	30
	מעלה כניסת הדס	24	107	8.9	2170	8.6	0-15	4	30
הדס	מעלה מפגש קנה	25.2	78	6.4	2258	8.1	0-15	3	30

טבלה 2.2. מדדים כימיים כפי שנדגמו במסגרת הניטור במקטעי נחל הירקון ויובליו, אביב 2023 (רשות נחל הירקון, אנליזה מעבדות בקטובם).

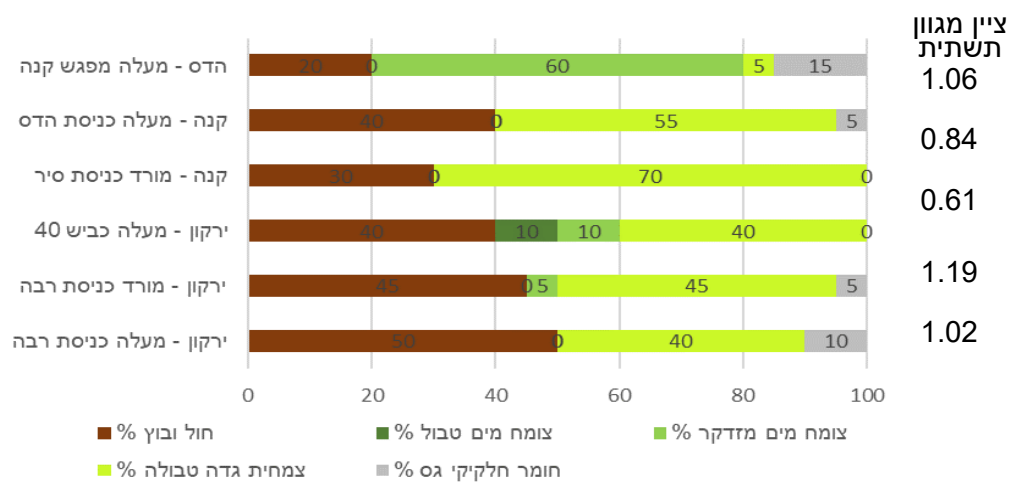
ירקון תיכון	מועד דיגום	BODt	NO3	NO2	Total N	זרחן	עכירות
מעלה מפגש קנה	07/05/23	1	3.79	0.001	9.12	1.25	36.2
מורד מפגש הדר		1.5	3.21	0.001	7.53	0.96	60.6
מעלה	28/06/23	0.89	4.44	0.01	7.02	0.49	22
מרכז		0.89	3.43	0.015	6.59	0.57	38.4

דגימות המים שנלקחו בסמוך לניטור הביולוגי מעידות על מים באיכות טובה יחסית. טווח הצח"ב, חנקות וזרחות תקין.

טווח ערכי החנקן הכללי באתרי הדיגום מעט גבוה ומעיד על העשרת יתר כתוצאה מפעילות חקלאית אינטנסיבית באזור, ריכוז החנקן מוביל לעלייה בעכירות וכן, מתבטא בירידה בריכוז החמצן במים כפי שניתן להבחין במקטעי הירקון (טבלה 2.1). השפעה נוספת היא בהגבלת חדירות האור לעמודת המים ומקשה על בעלי החיים והצמחים בתהליכי סינון וחילוף חומרים.

4.3 הרכב תשתית

המקטעים שנדגמו בסקר מאופיינים בהטרוגניות מבנית נמוכה יחסית בעלי 2-4 סוגי תשתית בלבד. שילוב של מגוון טיפוסים מצע נמוך איכות מים ירודה עקב זרימת מי קולחים פוגע בבריאות המערכת האקולוגית. ערכי ציין מגוון הרכב בתי הגידול במקטעי הדיגום נע בין ערך מינימום של 0.61 במקטע קנה- מורד כניסת סיר לערך מקסימום של 1.19 במקטע ירקון- מעלה כביש 40. טיפוסים התשתית הנפוצים ביותר היו חול ובוצ וצמחיית גדה טבולה שתועדו בכל מקטעי הדגימה ותפסו בממוצע כ-37% ו-42% בהתאמה מכלל טיפוסים התשתית. נתון זה עומד בהלימה עם שיוכם לטיפוסי נחלים במישור החוף. המקטע שנדגם בנחל הדס בולט לעומת מקטעים אחרים בדומיננטיות של צומח מים מזדקר (60%). צומח מים טבול תועד רק במקטע מעלה כביש 40 בירקון (איור 2, תמונה 1.3).



איור 2. התפלגות הרכב התשתית במקטעי הירקון ויובליו כפי שנדגמו במסגרת הסקר באביב, 2023.

4.4 אפיון הפרעות

כל מקטעי הירקון ויובליו שנדגמו במסגרת הסקר הנוכחי עברו הפרה/הסדרה ושינוי מבני ברמה זו או אחרת. ההתערבות האנטרופוגנית כוללת בין היתר: שינוי תוואי זרימה, יישור תוואי אפיק, שינוי שיפוע גדות, ביטון תשתית, קיטוע - מעברים איריים, כיסוח גדות עונתי ונטיעות בתחום רצועת הנחל.

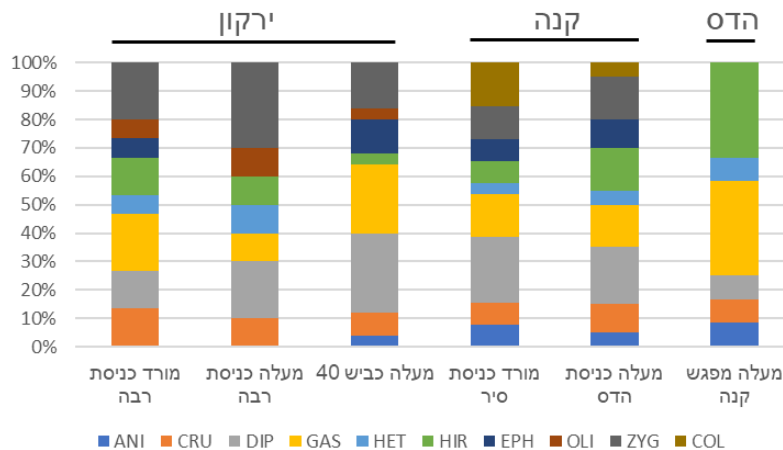
טבלה 3. אפיון מקטעי דיגום והפרעות

נחל	שם המקטע	אפיון צומח	רציפות צומח	שימושי קרקע	הפרעות לזרימה	פעילות אדם
ירקון	מעלה כניסת רבה	פטל, קנה מינים זרים מעוצים	רציף לאורך שתי הגדות	גן לאומי	אין	ערוץ טבעי, נופש ופנאי
	מורד כניסת רבה	פטל, קנה מעוצה טבעי ועצי פקאן		שדות מעובדים	אין	ערוץ משוקם, קולחים מנחל רבה
	מעלה כביש 40	פטל, קנה מינים זרים מעוצים		גן לאומי	סיכונים	ערוץ משוקם, נופש ופנאי
קנה	מורד כניסת סיר	עומדי קנה וחד שנתיים		שדות מעובדים	דרכים חקלאיות (גשר אירי)	גדות מסלע מדורגות, תשתית מבוטנת, ערוץ מיושר ומוסדר
	מעלה כניסת הדס	פטל, קנה, חד שנתיים		שדות מעובדים	אין	ערוץ מיושר ומוסדר
הדס	מעלה מפגש קנה	פטל, קנה, מעט עצים	רציף בגדה אחת	סביבה בנויה, שדות מעובדים	אין	מבנים סמוכים לנחל, ערוץ מיושר ומוסדר

4.5 ביולוגיה

במסגרת הסקר נאספו בששת המקטעים שנדגמו בירקון, בנחל קנה ובנחל הדס 24,503 פרטים של חסרי חוליות גדולים (>500 מיקרון). אלו משתייכים ל- 32 טקסונים, מתוך 21 משפחות ו- 9 סדרות (מס' טקסונים מכל קבוצה בסוגריים סמוכים); חרקי המים: חיפושיות, COL (2), בריומאים, EPH (1), שפיראים- שפיריות, ANI (3) ושפיריות, ZYG (4), פשפשאים, HET (1) **וזובאים, DIP (7)**. יתר הקבוצות כללי את סדרת העלוקות, HIR (4), **חלזונות, GAS (9)** וסרטנאים, CRU (1).

הסדרות בעלות העושר הרב ביותר היו חלזונות וזובאים אשר יחדיו היוו כ- 40% מכלל הטקסונים שנמצאו בכל מקטעי הדיגום. בבחינת התפלגות הסדרות בפילוח לפי מקטעי הדיגום (איור 3) בולטת בהיעדרה סדרת השפיראים (ANI) במקטעי מעלה ומורד כניסת נחל רבה. בנחל קנה מסתמן דמיון במגוון הסדרות בין שני מקטעיו. במקטע שנדגם בנחל הדס ניכר מגוון יחסי נמוך של סדרות חח"ג לעומת המקטעים האחרים והיעדרן של תת-סדרת השפיראים (ZYG), שפיראים (ANI) וחיפושיות (COL). הסדרות הדומיננטיות שנדגמו בנחל הדס הינן חלזונות (GAS) ועלוקות (HIR)



איור 3. התפלגות סדרות החח"ג כפי שנדגמו במסגרת סקר הירקון ויובליו בחלוקה למקטעי דיגום.

4.5.1 מאפייני חברה ביולוגיים

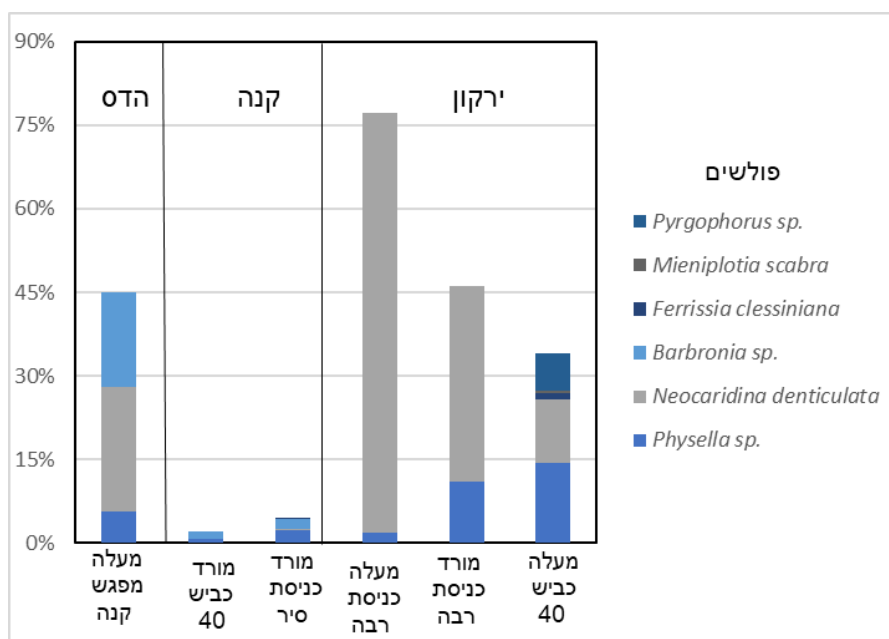
מינים פולשים: כאשר מתרחשת התבססות של מין זר במערכת אקולוגית מופרת, מתערב המין הפולש ביחסי הגומלין הקיימים באמצעות אינטראקציות טריפה או תחרות על משאבים עם המינים המקומיים. בדרך כלל, המינים המקומיים "מפסידים" בהתמודדות מול מינים פולשים. השימוש במודלים לחיזוי התפשטות מינים פולשים והשפעתם על מינים מקומיים במערכות אקוויטיות ויבשתיות מוגבל ביכולותיו. זאת, לאור מורכבות השפעות אנטרופוגניות בסקאלות מרחב-זמן שונות כולל למשל, השפעות שינויי אקלים (ינאי, 2022). בכל ששת מקטעי הנחל שנדגמו במסגרת הסקר הנוכחי נמצאו טקסונים פולשים ידועים של חח"ג המשתייכים לשלוש סדרות: ארבעה חלזונות; פנכית נטויה *Ferrissia clessiniana*, *Mieniplotia scabra*, *Physella sp.* ו- *Pyrgophorus sp.* מין בודד של סרטן; החסילון *denticulata Neocaridina* וטקסון נוסף מסדרת העלוקות מהסוג *Barbronia* (איור 4).

החסילון הפולש (*Neocaridina denticulata*) - מין טרופי שפלש לנחלי החוף ובאגן הירדן ומציג תפוצה רחבה באגן הירקון, מהווה מתחרה פוטנציאלי של הסרטן המקומי קפיצון הנחלים, *Atyaephyra orientalis* (Levitt- Barmats et al. 2019). מין זה נמצא בכל ששת המקטעים כאשר במקטעי הירקון הופיע באחוזים הגבוהים ביותר מכלל הטקסונים באסופות ובשני מקטעי נחל קנה, באחוזים הנמוכים ביותר. נתון זה אינו מעיד בהכרח על 'בריאות' המערכת האקולוגית במקטע שכן, בשני מקטעי נחל קנה תועדו צפיפויות של **אלפי פרטים** למ"ר של **זחלי ימשושים מהשבט Chironomini gen. sp.** המשגשג בתנאים של עומס אורגני, היפוקסיה וזיהום ותורם לירידה הנצפית בחלקם היחסי של הפולשים מכלל הפרטים באסופה.

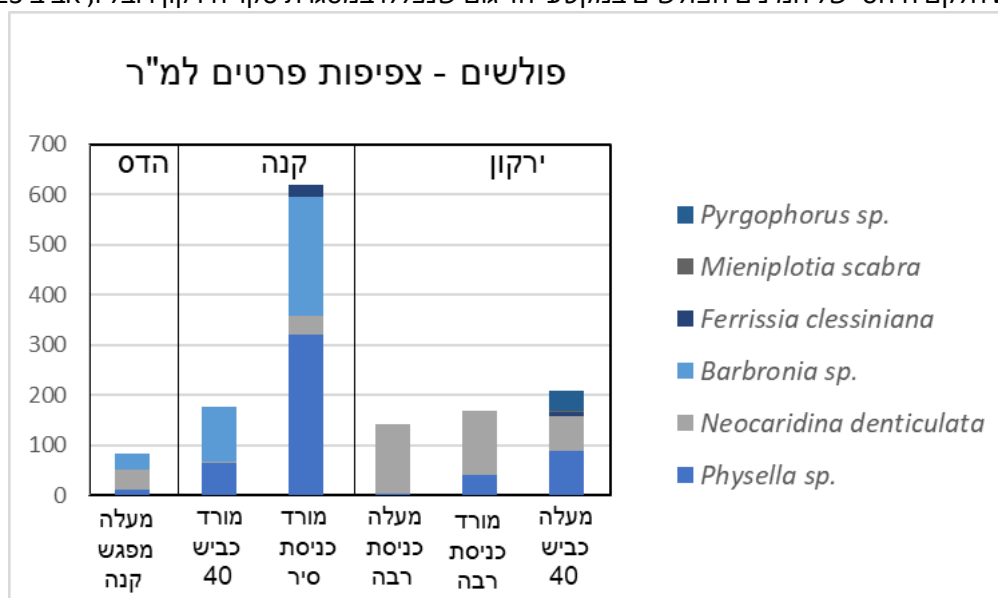
העלוקה הפולשת מהסוג *Barbronia* היא טורף ממקור אסייתי, הניזון מחסרי חוליות שהתפשט לאוסטרליה ולאירופה. העלוקה משתמשת בצמחי מים כתשתית ולכן תעדיף תנאי בית גידול תואמים. קיים חשש להפצה של עלוקות ומינים זרים אחרים למערכת הירקון דרך נחל הדר באמצעות צמחי מים מאולחים שהובאו לאגם הפארק האקולוגי בהוד השרון.

התעמקות בצפיפות הפולשים מעלה כי במקטע קנה- מורד כניסת סיר תועדה הצפיפות הגבוהה ביותר מכל מקטעי הסקר (איור 5). העלוקה *Barbronia* נדגמה רק ביובלים (קנה והדס), אך לא בירקון עצמו. לעומת זאת,

בירקון נמצאו ארבעה מינים של חלזונות פולשים, בהם החילזון בוענית (*Physella*), שנדגם גם ביתר המקטעים (איורים 4, 5).



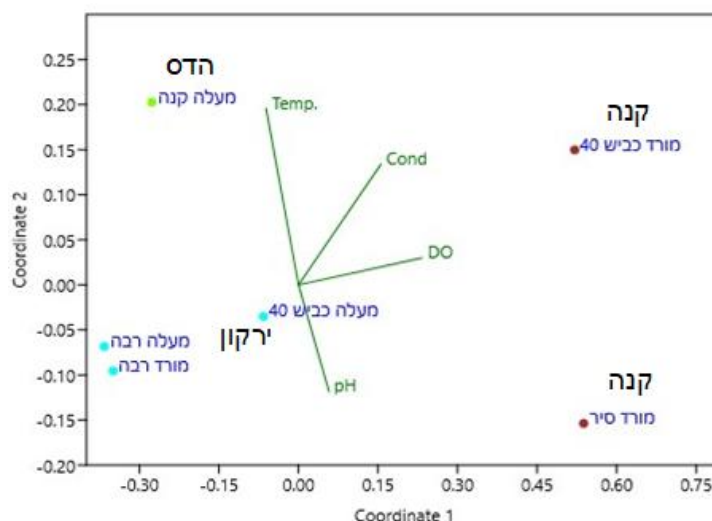
איור 4. חלקם היחסי של המינים הפולשים במקטעי הדיגום שנכללו במסגרת סקר הירקון ויובליו, אביב 2023.



איור 5. התפלגות צפיפות המינים הפולשים (פרטים למ"ר) לפי מקטעי הדיגום, כפי שנכללו במסגרת סקר הירקון ויובליו, אביב 2023.

הדמיון בהרכב החברות בין מקטעי הדיגום עולה ככל שהמרחק בין הנקודות במרחב הצירים, קטן. בבחינת היחסים בין ששת מקטעי הדגימה ע"פ הרכב חברת החח"ג נראה דמיון גבוה בין שני מקטעי הירקון, מעלה ומורד נחל רבה. דמיון זה יכול לרמז על היעדר השפעה ביולוגית של כניסת מי נחל רבה במקטע הממוקם במורד הזרם אליו. חשוב לזכור כי **במועד הדיגום היה נחל רבה יבש**. מדד עמידות/רגישות החח"ג לזיהום ממקור אורגני המשוקלל ASPT-IL מורה על ערכיות גבוהה יותר במקטע הירקון- מורד כניסת רבה עקב

נוכחות מינים רגישים כדוגמת החילזון שחריר חלק ובריומאים והיעדרם מהמקטע שבמעלה לכניסת רבה (נספח א').



איור 6. אורדינציית סילום רב-ממדית (Non-Metric Multi-Dimensional Scaling - NMDS). המציגה את היחסים בין ששת מקטעי הדגימה במרחב מצומצם של שני צירים ע"פ הדמיון בהרכב חברת חסרי החוליות האקוויטים.

כמו כן, מסתמנים הבדלים בהרכב חברת הח"ג בין שני מקטעי נחל קנה, העליון 'מורד כניסת סיר' והתחתון 'מעלה מפגש הדס', המתבטאים בעיקר במגוון הטקסונים ובייצוג מינים השייכים לסדרות רגישות (14% מדד ET) במקטע העליון ובייצוג של מינים עמידים לזיהום במקטע התחתון (83% זחלי ימשושים מהשבט Chironomini). מאחר ולא זוהתה כניסת מקור זיהום בנחל בין שני המקטעים, ככל הנראה, ניתן לייחס את העלייה בערכיות למאפיינים מבניים והידרולוגיים המשפיעים על הרכב האסופה, למשל: עליה בשיפוע האורכי, מהירות זרימה גבוהה, ערוץ צר ושפע צומח טבול.

במקטע נחל הדס לפני כניסתו לנחל קנה, נראה הרכב חברת ח"ג הנבדל מכל יתר המקטעים. החברה בעלת ייצוג יחסי של כ- 30% חרקים וצפיפות כללית נמוכה של ח"ג (183 פרטים למ"ר). נתון זה מצוי בסתירה למדד מגוון התשתית הגבוה יחסית שחושב עבור מקטע זה (איור 3).

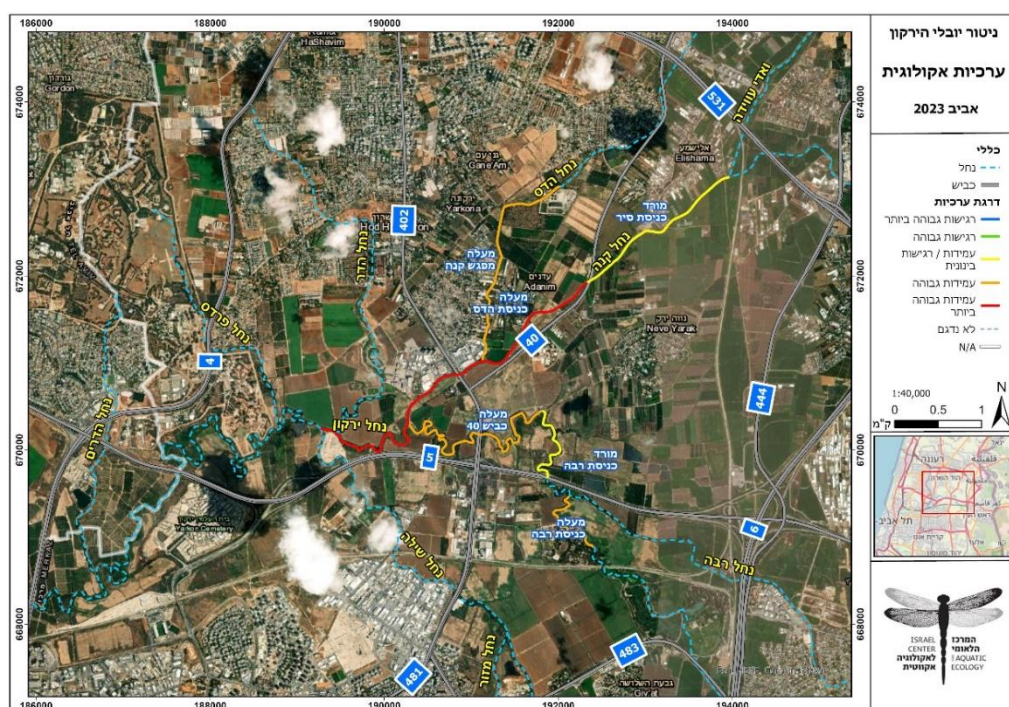
4.6 שינויים לאורך זמן בהרכב חברת חסרי החוליות בירקון ויובליו

אחד היתרונות בסטנדרטיזציה של שיטת הדיגום הוא היכולת להשוות בין ניטורים לצורך זיהוי שינויים לאורך זמן במצב הנחלים או במקטעים מסוימים מתוכם. כך למשל, ניתן לבחון ספציפית את ההשפעה של שיפור, לכאורה, באיכות המים בנחל קנה על הרכב חברת הח"ג, המהווה אינדיקטור למצב המערכת האקולוגית. ביובלו של נחל קנה, נחל סיר (ואדי עווידה), זרמו במשך תקופה ארוכה עודפי שפכים מקלקיליה שעברו לנחל קנה וממנו לירקון. ביוני, 2022 הושלם מיזם לתפיסת ביוב קלקיליה והעברתו בצנרת למט"ש דרום השרון המזרחי לצורך טיפול ברמה שלישונית.

טבלה 4. ציינים ביולוגיים נבחרים להערכת מצב אקולוגי (על פי מדד EQR) של מקטעי הירקון ויובליו בשנים: 2017-2023, (נתוני 2023 נאספו בסקר הנוכחי). מפתח הערכה (מדד ASPT-IL): >2.5 = עמידות גבוהה ביותר; $2.51-3.5$ = עמידות גבוהה; $3.51-4.5$ = עמידות/רגישות בינונית; $4.51-5.5$ = רגישות גבוהה; <5.5 = רגישות גבוהה ביותר

נחל	טיפולוגיה	שם מקטע	שנה	מדד מגוון H' (Shannon)	ET %	% פולשים	ASPT-IL
ירקון	נחלים בינוניים במישור החוף א.2.3	מעלה כניסת רבה	2017	1.48	0	37.24	3.02
			2019	1.93	0.93	21.76	3.12
			2020	1.98	0.33	30.59	3.17
			2023	0.97	0	77.19	2.53
		מורד כניסת רבה	2019	1.8	1.71	13.17	2.92
			2020	2.07	2.03	11.84	3.81
			2023	1.52	0.22	46.09	3.82
		ריפל כביש 40	2019	1.91	4.88	42.07	2.71
			2020	2.09	2.53	31.65	3.38
		מעלה כביש 40	2023	2.38	2.59	33.94	3.28
קנה	נחלים קטנים במישור החוף א.3.1	מורד כניסת סיר	2019	0.62	0	0	1.25
			2020	1.16	0	19.9	2.84
			2023	1.68	14.87	4.3	4.19
		מעלה כניסת הדס	2023	0.78	2.91	1.97	2.29
		מעלה מפגש ירקון	2017	0.01	0	0	2.00
			2019	0.82	0	2.89	1.99
			2020	1.96	0	1.36	2.54
		מורד מט"ש כ"ס הוד השרון	2019	1.99	2.11	37.92	3.31
		מעלה מפגש קנה	2020	1.68	0.04	6.42	3.66
			2023	2.12	0	44.98	3.08
הדס							

5. סיכום



איור 8: מפת מקטעי הנחלים שנדגמו במסגרת הסקר בחלוקה ע"פ ערכיות אקולוגית כפי שבאה לידי ביטוי במדד ASPT-IL.

ירקון - במקטעי הירקון שנדגמו במסגרת הסקר הנוכחי **לא נראה שיפור במצב הנחל** כפי שמשתקף בהרכב חברת הח"ג. במקטע 'מעלה כניסת רבה' נדגמו טקסונים בעלי עמידות גבוהה לזיהום בדומה לניטורי עבר שנערכו בשנים: 2017, 2019, 2020 במקטע זה. מתוך ההשוואה עולה כי חלה ירידה בציון המגוון ועליה באחוז המינים הפולשים. במקטע 'מורד כניסת רבה' לא ניכר שיפור ביחס לדיגום האחרון ב- 2020 וגם במקרה זה זוהתה ירידה בציון המגוון ועליה באחוז המינים הפולשים לעומת 2019 ו- 2020.

קנה - בשני מקטעי הדיגום בנחל ניכר הבדל משמעותי בהרכב חברת הח"ג. במקטע 'מורד כניסת סיר' נמצא ייצוג למינים בעלי עמידות/רגישות בינונית לזיהום ושיפור לעומת הרכב החברה שנדגם ב- 2019 ו- 2020, המתבטא גם בעליה במגוון, בציון ET% ובירידה בחלקם היחסי של המינים הפולשים.

כ- 2.5 ק"מ במורד נחל קנה, במקטע 'מעלה כניסת הדס' הרכב המינים בחברת הח"ג כולל ייצוג של **מינים עמידים ביותר לזיהום** (83% זחלי ימשושים בשבט Chironomini) והיעדר ייצוג למינים בעלי רגישות בינונית/גבוהה לתנאי סביבה. בהינתן כניסת מקור זיהום בין שני המקטעים, לא ניתן לשייך את ההבדל בערכיות בין המקטע העליון לתחתון, אלא למאפיינים מבניים והידרולוגיים המשפיעים על מבנה האסופה כדוגמת, עליה בשיפוע האורכי, מהירות זרימה גבוהה, ערוץ צר, תשתית קשה ושפע צמחיית גדה טבולה.

הדס - במקטע 'מעלה מפגש קנה' נדגמו בסקר מינים בעלי עמידות גבוהה לזיהום ובהשוואה לניטור 2020 **חלה התדרדרות** עם היעלמותם של מינים בעלי עמידות/רגישות בינונית (ET% אפסי). במקביל, חלה עליה בחלקם היחסי של מינים פולשים באסופה.

מי קולחים, גם באיכות שלישונית, משנים את אופי המערכת האקולוגית ופוגעים במגוון הביולוגי. בירקון ניכרת השפעה עונתית על איכות המים כאשר היחס בין מי הקולחים למי מקור מאקוויפר תנינים מוטה עוד יותר 'לטובת' מי הקולחים במהלך החורף. באופן כללי, כמויות מי הקולחים המטופלים המיוצרים במט"שים גדולות עשרות מונים מהכמויות הנצרכות להשקיה. ההשלכות של הזרמת קולחים בערוצי הנחלים באות לידי ביטוי בכל אחד מרכיבי המערכת: בפרמטרים פיזיקליים, כימיים ובפגיעה במיקרואורגניזמים ובאורגניזמים אקוויטיים ויבשתיים. בין היתר, הזרמת מי קולחים במערכת גורמת לעקת חמצן מומס, בעיקר בירקון שהוא נחל רחב אפיק, בעל זרימה איטית וספיקה מצומצמת לעומת ספיקות היסטוריות. נתונים מתחנת מדידה המבצעת ניטור רציף של איכות מים בירקון מאז 2019 מעידים כי הנחל נמצא במצב של רמות חמצן נמוכות במשך פרקי זמן מצטבר משמעותיים. למשל: במהלך 50% מהזמן הכולל בחורף, 2022 נמדד ריכוז חמצן נמוך מ- 2.9 מג"ל ובמהלך 25% מהזמן הכולל בקיץ, 2022 ריכוז החמצן היה נמוך מ- 2.1 מג"ל (ארנון, 2022).

הזרמת קולחים לנחל גוררת שינוי בלתי נמנע בהרכב חברת הח"ג כך שמינים נפוצים ואלו המופיעים בשפע הינם טולרנטיים לעקות ולגורמי זיהום שונים בעוד שמינים רגישים מצטמצמים בתפוצה ובשפע או נעלמים כליל. שינוי משטר הזרימה והזרמת מי קולחים ביובלי הירקון שבמקורם הם נחלי אכזב שיטפוניים או עונתיים והפיכתם לנחלי איתן הזורמים כל השנה משנה את הרכב האסופה אף מעבר להשלכות של איכות המים עקב היעלמות טקסונים בעלי התאמות למחזורי התייבשות והרטבה הכוללות: עמידות (resilience) - מנגנוני הישרדות לתקופות בהן המים בנחל או מקטעים בו מתייבשים; והתאוששות (resistance) - יכולות אכלוס מחדש כאשר המים חוזרים לזרום בנחל (Hershkovitz et al., 2013).

מציאת פתרון חלופי להזרמה רציפה של עודפי קולחים לאפיקי הנחלים דורשת יישום מערכתי ארוך טווח בעיקר לאור תחזיות לעליה בנפח הקולחים עם גידול האוכלוסייה והעיור בישראל. אחד הפתרונות שהועלו הינו "הגלשה חורפית" הכולל הקמת מערך מאגרים לאיגום עודפי הקולחים בעונה היבשה ואפשרות שחרור מהיר שלהם לאפיקי נחלי החוף ויובליהם בטווח של שעות במהלך אירועים שיטפוניים המתרחשים בסערות החורף.

6. מקורות

ארנון, ש. וחובריו (2022). מדידות רציפות של זרימה ואיכות מים בירקון - דו"ח סופי- מוגש לרשות נחל הירקון הרשקוביץ, י. וחובריו (2022). סקר אקולוגי של נחלי אגן הירקון: המלצות לשיפור תפקוד הנחל ושיקום אקולוגי ינאי, ז. (2022). השפעת שינוי אקלים על המערכות הנחליות. דו"ח מספר 3. מתוך: נחלים תחת שינוי אקלים. מכון דש"א

. Flushing away the future: (2023)Enns, D., Cunze, S., Baker, N. J., Oehlmann, J., Jourdan, J. Vol. The effects of wastewater treatment plants on aquatic invertebrates. *Water Research*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120388>

Hershkovitz, Y., Gasith, A. (2013). Resistance, resilience, and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia* 719, 59–75 <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1387-3>

Levitt-Barmats, Y., Yanai Z., Magory Cohen, T., and Shenkar, N. (2019). Life-history traits and ecological characteristics of the ornamental shrimp *Neocaridina denticulata* (De Haan, 1844), recently introduced into the freshwater systems of Israel. *Aquatic Invasions*, 14: 4, 684-702.

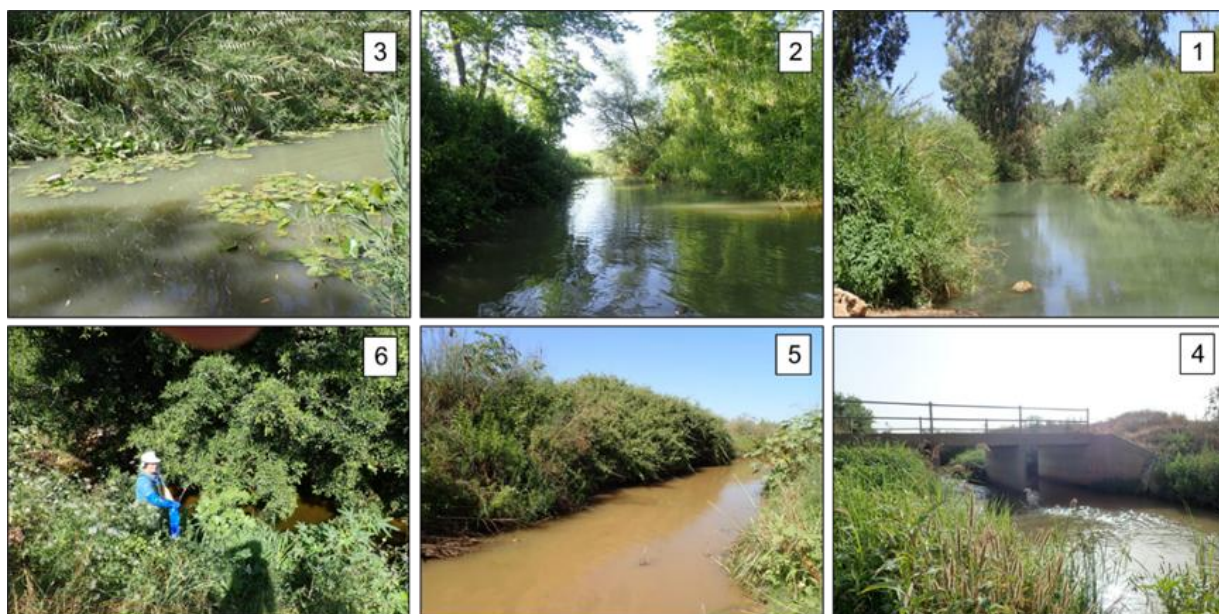
7. נספחים

נספח א': רשימה טקסונומית של המינים שתועדו במקטעי הסקר בנחל הירקון ויובליו, אביב 2023.

(מינים המסומנים ב- * מוכרים כפולשים)

סדרה	משפחה	טקסון	1608 ירקון מעלה כניסת רבה 31/05/2023	1609 ירקון מורד כניסת רבה 31/05/2023	1610 ירקון מעלה כביש 40 31/05/2023	1611 קנה מורד כניסת סיר 01/06/2023	1612 קנה מעלה כניסת הדס 31/05/2023	1613 הדס מעלה מפגש קנה 31/05/2023
HIR	Glossiphoniidae	Batracobdelloides tricarinatus						2
		Helobdella conifera		1		45	16	10
		Helobdella stagnalis	2	1	5		3	18
	Salifidae	*Barbronia sp.				237	109	31
GAS	Melanopsidae	Melanopsis buccinoidea			42			
		Melanopsis costata		136				
	Cochliopidae	*Pyrgophorus sp.			42			
	Thiaridae	Melanoides tuberculata						4
		*Mieniplotia scabra			2			
	Lymnaeidae	Galba sp.				32	45	5
	Succineidae	Oxyloma elegans		1	5	19	6	7
	Physidae	*Physella sp.	3	41	88	320	64	10
	Planorbidae	Ferrissia clessiniana			8	26		
CRU	Atyidae	*Neocaridina denticulata	138	129	70	38	3	41
EPH	Baetidae	Cloeon sp.		1	16	2125	259	
ZYG	Coenagrionidae	Coenagrionidae Gen. sp.			5	6	3	
		Ischnura elegans	13	3	14	416	86	45
		Pseudagrion sp.	2	7	8			
	Platycnemididae	Platycnemis sp.	16	37	54	45	19	2
ANI	Libellulidae	Libellulidae Gen. sp.			3			1
		Orthetrum chrysostigma				34	1	
		Trithemis annulata				3		
HET	Corixidae	Micronecta sp.	2	1		26	182	2
DIP	Ephydriidae	Setacera sp.			10		1	
	Muscidae	Lispe sp.				32		
	Chironomidae	Chironomini Gen. sp.	6	6	147	2080	7450	5
		Orthoclaadiinae/Diamesinae Gen. sp.			10	691	166	
		Tanypodinae Gen. sp.	2	6	85	576	461	
		Tanytarsini Gen. sp.			3	7507		
	Simuliidae	Simuliidae Gen. sp.			2			
COL	Dytiscidae	Hydroglyphus sp.				12		
	Spercheidae	Spercheus sp.				3		

נספח ב': תמונות מייצגות מאתרי הדיגום שנכללו במסגרת סקר הירקון ויובליו, אביב 2023



1. ירקון - מעלה כניסת רבה; 2. ירקון - מורד כניסת רבה; 3. ירקון - מעלה כביש 40; 4. קנה - מורד כניסת סיר; 5. קנה - מעלה כניסת הדס; 6. הדס - מעלה מפגש קנה.