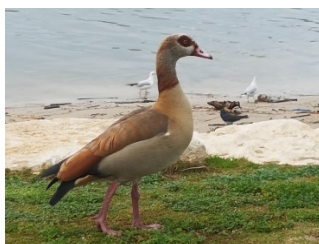


דוח מצב הירקון 2018

יונתן רז – רשות נחל הירקון



יאורית



אנפה אפורה וקרפיון באגם הפארק האקולוגי בהוד השרון צילום: שמואל אנגל

2	דוח ממשק ותחזוקה בסביבת נחל הירקון 2018
12	סיכום עלויות ביצוע עבודות תחזוקה בירקון 2017
14	סיכום פעילות רשות נחל הירקון 2018
15	כמות ואיכות מים 2018
21	שיטפון הירקון
23	איכות הקולחים שהוזרמו לירקון בשנת 2018
26	אפיון איכות הקולחים שזרמו בנחל קנה לירקון ב-2018
28	הפעלת מט"ש דר' שרון מז' החדש
28	ניטור איכות המים בנחל הירקון 2018
30	עומס אורגני
30	נוטריינטים לאורך הירקון
32	מדדי איכות מים לאחר גשם ראשון בהשוואה למצב רגיל
33	פרופיל חיידקים לאורך הירקון
35	דיגום בקטריולוגי לצרכי שיט בקטע מלוח
38	ניטור איכות המים באגנים הירוקים 2018
41	עומסים אורגנים באגנים הירוקים
42	הרחקת נוטריינטים באגנים הירוקים
44	ניתור איכות המים באגם ונחל הדר פארק אקולוגי הוד השרון
46	סיכום מצב כמות ואיכות המים בנחל הירקון
47	מחקרים וסקרים בנחל הירקון
48	סקר נאוויט כחולה במעלה הירקון
52	הכנת תשתית מדעית לביצוע ניטור שוטף ארוך טווח בנחל הירקון

דוח ממשק ותחזוקה בסביבת נחל הירקון 2018
ממשק עבודות הניקיון ותחזוקת מרחב הירקון מבוצע במהלך כל השנה ומשתנה על פי עונות השנה והצרכים בשטח. רשות נחל הירקון עוסקת במהלך השנה בעבודות ניקיון פסולת מטיילים, עבודות תחזוקת דרכים ושבילים, עבודות הדברה וכיסוח של מיני צמחים גרים, עבודות גיזום עצים, עבודות כיסוח מחיית צדי שבילים ודרכים, עבודות ניקוי והוצאת פסולת מתוך אפיק הנחל, הוצאת סחף קרקע מתוך האפיק, ניקוי הפסולת המצטברת בשפך הירקון לים. נטיעה והשקיית עצים וצמחי גדה, תחזוקת מתקני שאיבה ומערכות מים. פינוי גרוטאות מסביבת הנחל ומתוך האפיק וכן ניטור מקורות זיהום.



איסוף ופינוי פסולת בשפך הירקון לים



ניקוי תדיר של גדות הנחל ושבילי המטיילים



ניקוי פסולת מאפיק הנחל



ניקוז ותיקון דרכים ושבילים לאורך הגדות



כיסוח צדי דרכים - הכיסוח מתבצע עם תום עונת הגשמים בכדי להכשיר את השבילים והדרכים לרוכבים והמטיילים



ניטור זחלי יתושים ביובלי הירקון ובירקון



ניקוי ופינוי פסולת וסחף מאפיק הירקון



אחד ממקורות הפסולת לירקון - גדת נחל קנה באזור ג'לג'וליה



גדת נחל קנה באזור ג'לג'וליה



פסולת בנחל קנה באזור גילג'וליה



פסולת בנחל שלה באזור פתח תקווה

מעורבות קהילתית

נטיעות ט"ו בשבט עם ילדי המועצה האזורית דר' השרון



נטיעות ט"ו בשבט ע"י תלמידי ביה"ס



פינוי ענפי אקליפטוס שקרסו



פעולות לפינוי עפר שהוכנס לנחל שלה על ידי חקלאי



ניטור ומניעת זיהום הירקון בשפכים



איתור וטיפול לתיקון תקלות במערכות שפכים ביובלי הירקון

בשנת 2018 הוכשרו בנחל הירקון ובמימון רשות ניקוז ירקון, שני מעברי מים באמצעות אבן מסלעה – באפיק הירקון בסמוך לכביש 5 ובנחל הדר בסמוך לאגנים הירוקים



הכשרת מעבר אירי בירקון סמוך לכביש 5



הכשרת מעבר אירי וסולם דגים בנחל הדר בהוד השרון

הכשרת דרכים ושבילים לאורך הירקון
במהלך כל השנה נערכים סיורים רגליים רבים לאורך הירקון. ולכן יש חשיבות רבה להכשרה
ותחזוקה של הדרכים והשבילים בכדי להבטיח תנועת מטיילים מהנה ובטוחה.



טיולים רבי משתתפים בשבילי הירקון



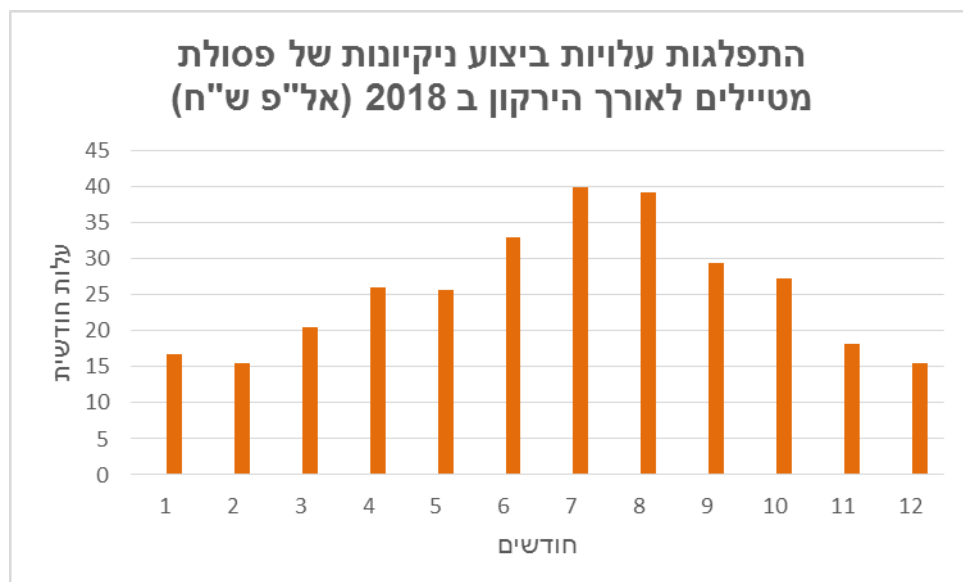
הכשרת מעברים יבשים מתחת לגשרי כבישים – טיול של כ 3500 בני נוער



ניקוי ותחזוקת אתרי מבקרים ומתרחצים – יום חג ישראל בירקון

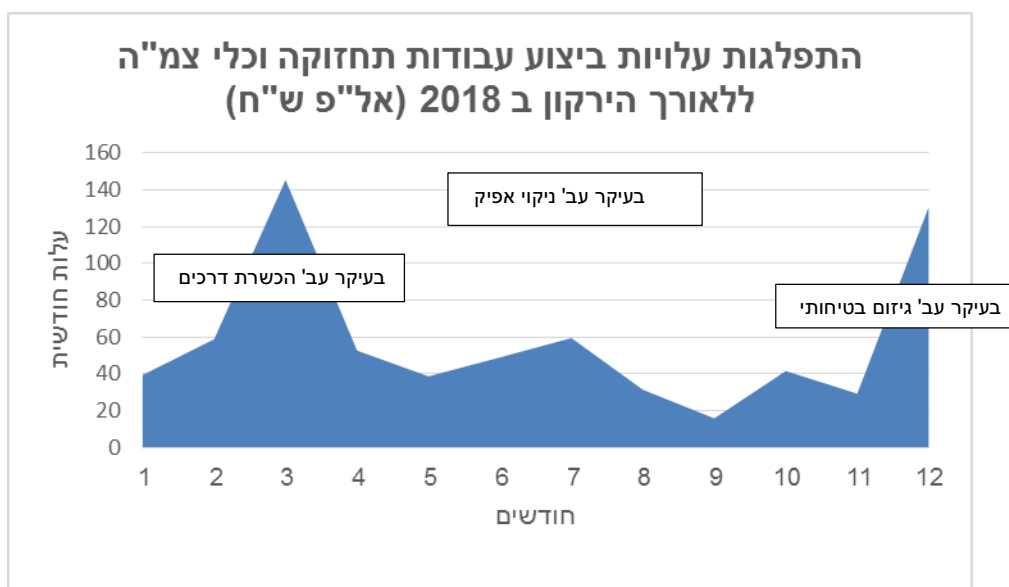
סיכום עלויות ביצוע עבודות תחזוקה בירקון 2017

פעולות הניקיון של פסולת המטיילים והפסולת הנסחפת אל אפיק הירקון וסביבתו מתפרסות על פני שנים עשר חודשי השנה, נפח פעולות הניקיון והעלות הנגזרת, משתנה על פי עונות השנה. העלות החודשים של פעולות הניקיון למעשה מוכפלת במהלך חודשי הקיץ בהשוואה לחודשי החורף (כ-40 לעומת 15 אלף ש"ח/חודש בהתאמה). נפח ותדירות פעולות הניקיון במהלך חודשי הקיץ מגיעה לתדירות של 5-6 ימים בשבוע ובמהלך כל יום העבודה המוקדש כולו לביצוע הניקיון על ידי צוות ייעודי לניקיון (איור מס' 1).



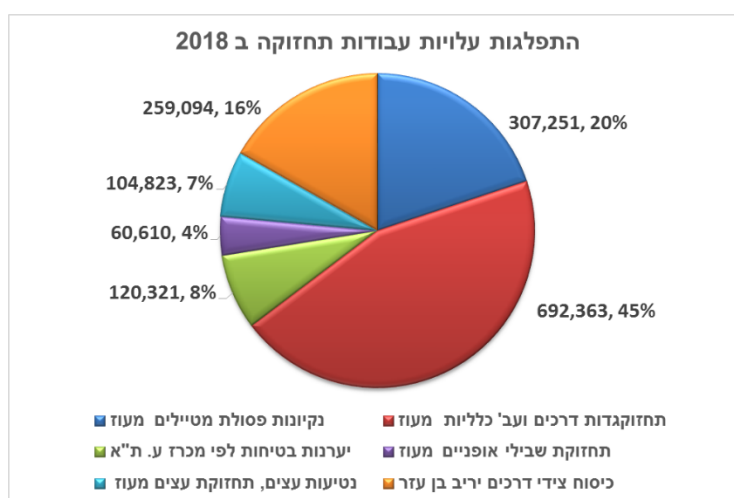
איור מס' 1 - התפלגות עלויות ביצוע ניקיונות פסולת מטיילים לאורך הירקון ב 2018

עבודות תחזוקת האפיק, הכוללות את הגדות, שבילי הירקון והטיפול בעצים מתמקדות בעיקר החודשי האביב והקיץ. באביב העבודות העיקריות הן עבודות הקשורות בפעולות ניקוי ופינוי פסולת מהאפיק והכשרת הדרכים. בסתיו מבוצעות בעיקר עבודות גיזום עצים וניקוז כהכנות לחורף (איור מס' 2).



איור 2 – פרופיל התפלגות חודשית של עלויות ביצוע עב' תחזוקה בירקון 2018

התפלגות עלויות בצוע עבודות התחזוקה והממשק מראה כי עיקר עלויות התחזוקה הוצאו ב 2018 על עבודות תחזוקת דרכים ואפיק (45%). ב 2018 היה צורך לבצע ניקוי ופינוי סחף שסתם את אפיק הנחל במורד כניסת נחל רבה לירקון. הסחף הגיע מעבודות הכשרה ובניה באזור ראש העין. כמו כן היה צורך לבצע עבודות של הוצאת פסולת מאפיק ומגדות הנחל בעיקר בקטע התיכון של הירקון (איור מס' 3).



איור 3 – עלויות תחזוקה 2018 – התפלגות עלויות לפי תחומי פעילות (ש) וב%

טבלה 1 – עלויות תחזוקה 2018

ריכוז עלויות תחזוקת נחל הירקון על פי התפלגות תחום ביצוע ועונתיות ל-2018							
חודש	נקיונות פסולת מטיילים מעוז	תחזוקת דרכים ועב' כלליות מעוז	יערנות בטיחות לפי מכרז ע. ת"א	תחזוקת שבילי אופניים מעוז	נטיעות עצים, תחזוקת עצים מעוז	כיסוח צידי דרכים יריב בן עזר	סה"כ לחודש
1	16,848	39,449			11,200		67,497
2	15,444	58,817			4,122		78,383
3	20,444	145,365		4,500	14,450	122,000	306,759
4	25,974	52,675		9,500			88,149
5	25,663	38,722		8,500	43,300		116,185
6	32,994	48,994		9,000	4,300		95,288
7	40,014	59,480		8,728	4,350		112,572
8	39,312	31,456		5,487	7,108	137,094	220,457
9	29,484	15,887		3,136	7,108		55,615
10	27,378	41,599		5,487	8,885		83,349
11	18,252	29,299	120,321	6,271			174,143
12	15,444	130,622					146,066
סה"כ	307,251	692,363	120,321	60,610	104,823	259,094	1,544,462
						סה"כ ב-2018	1,544,462

סיכום פעילות רשות נחל הירקון 2018

פעילות התחזוקה והפיתוח שביצעה רשות נחל הירקון במהלך 2018 נועדה לניקוי הפסולת המוצקה הרבה המגיעה מיובלי הירקון אל אפיק הנחל ומפסולת המושלכת בסביבת האפיק. זיהום הירקון בפסולת מוצקה מוזרם אל הירקון בדרך כלל עם קולחים ברמות טיהור שונות כפי שמדווח בפרק איכות המים. סביבת הנחל מהווה מוקד לפעילות פנאי ונופש. עומס המבקרים מביא את הצורך לביצוע מאמץ פיזי וכלכלי גדול של פעולות איסוף פסולת ושמירה נאותה של המרחב הציבורי הרציף לאורך הנחל.

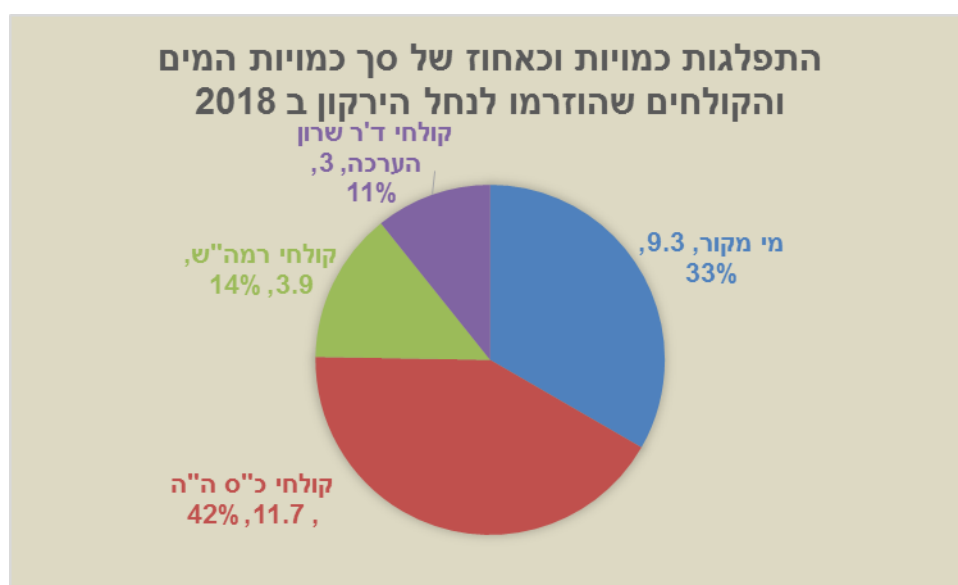
כחלק מהכשרת סביבת הנחל לקליטת קהל ולפעילות פנאי ונופש, במהלך השנה בוצעו פעולות של תחזוקת הדרכים ושבילי המטיילים. לאורך הנחל הוכשרו ומתוחזקים כ-40 ק"מ של דרכי עפר ודרכים סלולות וכ-10 ק"מ של שבילי אופניים מיוצבים. על שבילים ודרכים אלו מתקיימים גם צעדות וטיולים בהשתתפות מאות בני נוער ותלמידים. בתחום הייעור עסקה רשות נחל בפעולות גיזום בטיחותי של עצים לאורך הנחל והשבילים וכן בפעולות של נטיעת עצי ארץ ישראל. נטיעות העצים נערכו בשיתוף בני נוער באירוע ט"ו בשבט. במהלך השנה ובשנים עוקבות, מבוצע טיפול והשקיה של הנטיעות החדשות לצורך הבטחת קליטת הנטיעות.

במהלך 2018 בוצעו עבודות חפירה ופינוי משקעים שנסחפו וסתמו את אפיק הנחל באזור הקטע הנקי במעלה הירקון. עבודות אלו הביאו להורדת מפלס המים באפיק הנחל בכ-0.4 מטר.

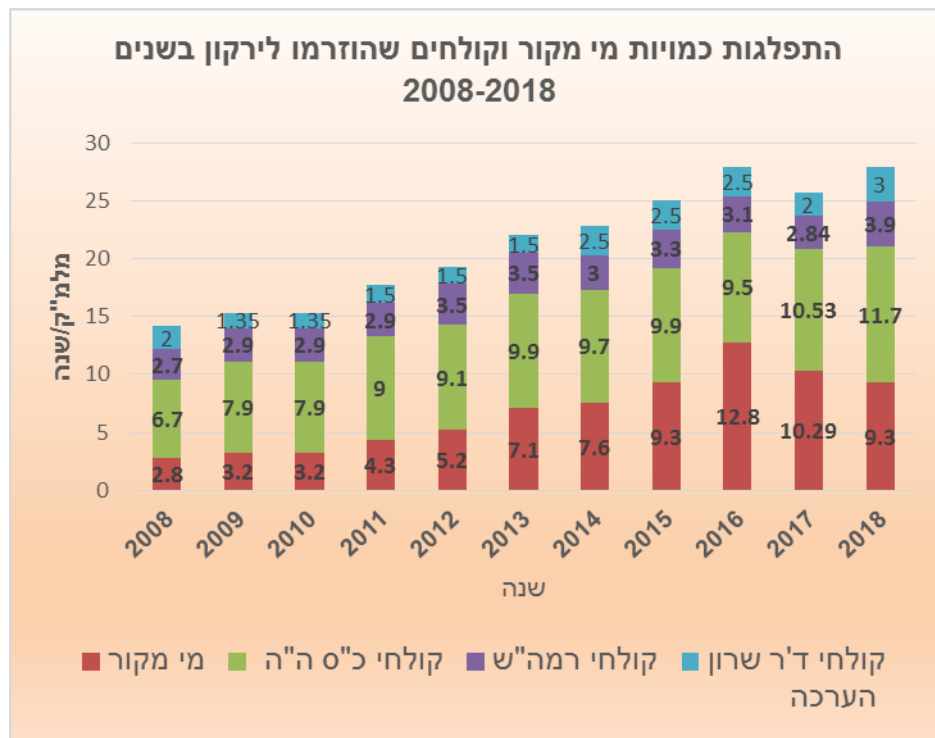
ב-2018 בוצעה הכשרה ובניה של שני מעברים אירים לצורך חציית אפיק נחל הירקון ואפיק נחל הדר. מעברים אלו נבנו באמצעות אבני מסלעה ללא שימוש בבטון, זאת על פי העדפה שלא להשתמש בבטון בבניית מתקנים באפיק הנחל.

כמות ואיכות מים 2018

אל נחל הירקון הוזרמו ב-2018 סה"כ כ- 28 מלמ"ק שאת הבשוואה לכ 25.6 מלמ"ק מים שפירים ומי קולחים ב-2017 והשוואה ל 28 מלמ"ק מים וקולחים בשנת 2016. מתוך כלל כמות המים, כ- 9.3 מלמ"ק מי מקור מאקוויפר ירקון תנינים שהם 33% מסה"כ הכמות הכללית שהוזרמה. ממט"ש כ"ס ה"ה הוזרמו לירקון כ- 11.7 מלמ"ק מי קולחים, שהם 42% מסה"כ המים לירקון. ממט"ש רמה"ש הוזרמו לירקון כ- 3.9 מלמ"ק מי קולחים, שהם 14% מסה"כ כמות המים לירקון. כמות הקולחים/שפכים שהוזרמו לירקון ממט"ש דר' שרון מז' איננה ידוע במדויק. על פי תכנית ההזרמה שהוגשה לצורך קבלת צו הרשאה, הוזרמו לירקון כ- 3 מלמ"ק באיכות גרועה (איור 4, 5). יתכן שהכמויות שהוזרמו גדולות יותר.



איור 4 - התפלגות כמות המים שהוזרמה לירקון ב-2018

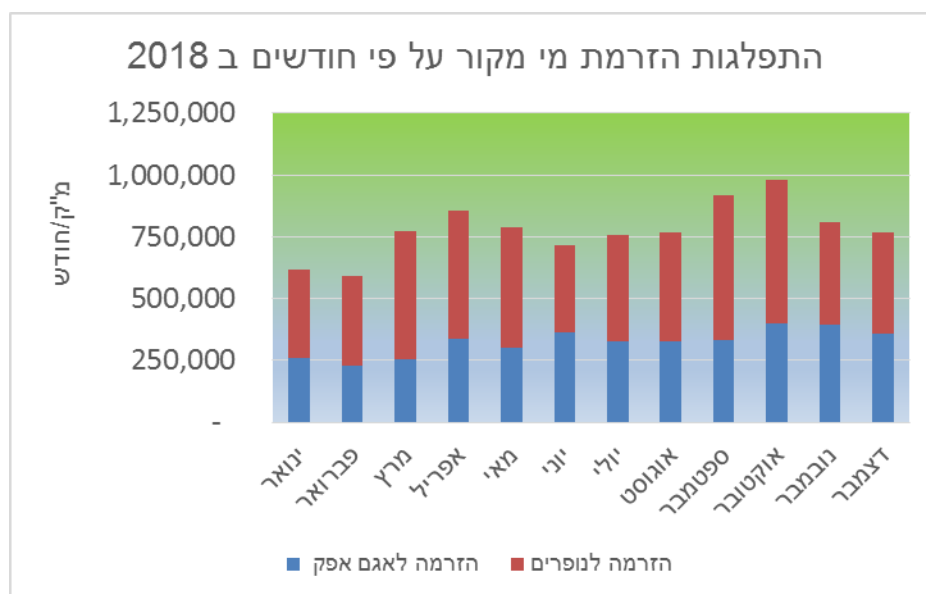


איור 5 – כמויות שנתיות של סה"כ הזרמת מי מקור וקולחים לירקון 2018

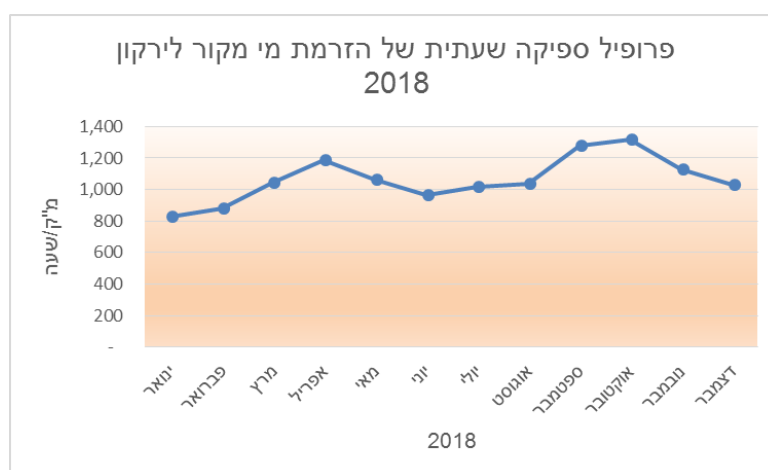
מי מקור – מים שפירים

הזרמת מי מקור מאקוויפר ירקון תנינים - הקצאת המים השפירים לירקון עלתה באוגוסט 2015 מ כ-850 מק"ש ל כ-1,350 מק"ש. סה"כ הוזרמו לירקון בשנת 2018 כ 9.3 מלמ"ק בהשוואה לכ 10.3 מלמ"ק ב-2017 ובהשוואה ל 12.8 מלמ"ק בשנת 2016. ממוצע ספיקת מי המקור בפועל לירקון הייתה כ 1,064 מ"ק/שעה. הקצאת המים המיועדת לירקון מחולקת בין שתי נקודות הזרמה שונות במיקומן. ספיקה של כ – 622 מק"ש מוזרמת ישירות לברכת הנופרים דרך מוצא צינור בתעלת גבעת השלושה ובמרחק של כ – 100 מטר מברכת הנופרים. נקודת הזרמה שניה בספיקה של כ – 420 מק"ש מוזרמת לאגם אקולוגי הנמצא בתחום גן לאומי אפק וממנו דרך נחל עינת לברכת נופרים (איור 6).

איור מס' 7 מציג את ממוצעי הספיקה השעתית על פי חודשים, שהוזרמה במהלך 2018.



איור 6 התפלגות הזרמת מי מקור על פי חודשים ב 2018



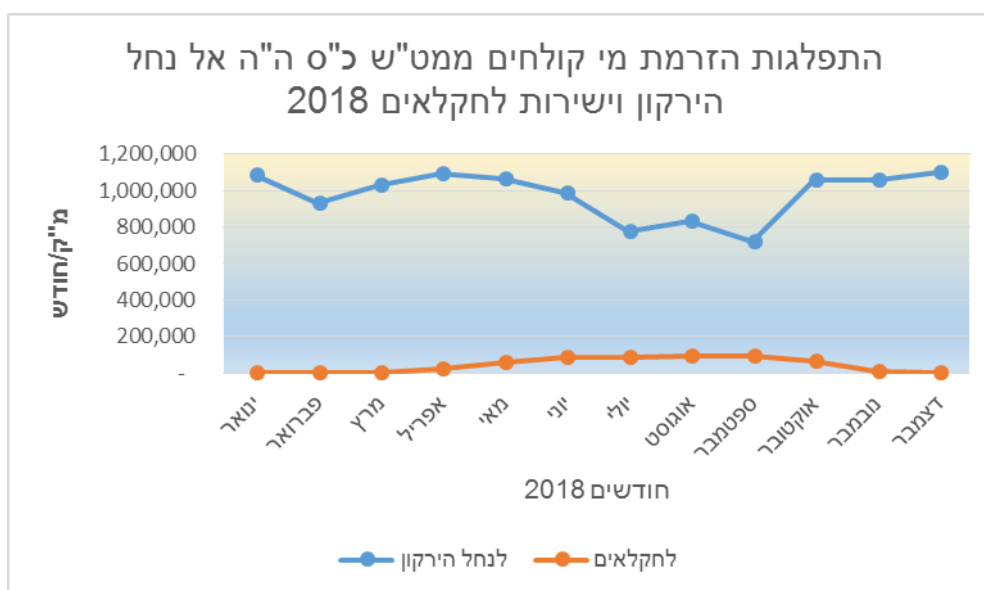
איור 7 – ספיקה שעתית של מים שפירים, ממוצע חודשי של הספיקה השעתית 2018

מקורות מי קולחים – במהלך 2018 הוזרמו לירקון קולחים משלושה מקורות שונים (איור 4). שני מקורות קולחים באיכות שלישונית – מט"ש כפר סבא הוד השרון ומט"ש רמת השרון. מט"ש דרום שרון מזרחי באיכויות משתנות והכולל גם את הקולחים שהוזרמו לסירוגין ממאגר רמת הכובש ומאגר ניר אליהו. כמו כן, אל הקטע המלוח של הירקון הוזרמו גם קולחים ממט"ש איילון דרך נחל אילון. אין לרשות הנחל נתוני איכות ואז כמות של הקולחים שהוזרמו אל נחל איילון.

מט"ש כ"ס ה"ה טיהר והפיק בשנת 2018 סה"כ 12.2 מלמ"ק 2017 זאת בהשוואה ל 10.5 מלמ"ק ב 2017. כ 0.5 מלמ"ק סופקו לצרכי חקלאות ישירות

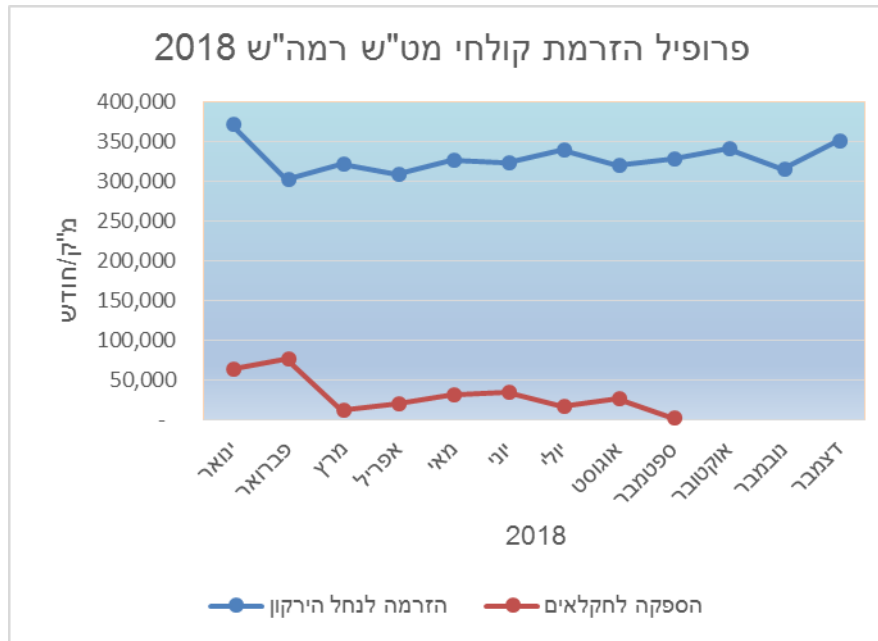
מהמט"ש וכלל לא הגיעו את הירקון. 11.7 מלמ"ק הוזרמו אל הירקון בשתי דרכים. כ 10 מלמ"ק הוזרמו אל הירקון דרך האגנים הירוקים. כ 1.7 מלמ"ק הוזרמו מהמט"ש לנחל הדס ומשם זרמו הקולים לנחל קנה ואל הירקון.

אחת הסיבות לעליה כמות הקולחים שטופלה המט"ש כ"ס ה"ה ב 2018 היא הפניית חלק מהשפכים המיועדים למט"ש דר' שרון מז', אל מט"ש כ"ס ה"ה. זאת מהסיבה שמט"ש דר' שרון מז' עדיין לא יחל לקלוט ולטפל בכל כמות השפכים. איור מס' 8 מציג את ההתפלגות החודשית של הזרמת הקולחים שהוזרמו ממט"ש כ"ס ה"ה במהלך 2018.



איור 8 – כמויות קולחים שהוזרמו לירקון ולחקלאים ממט"ש כ"ס ה"ה 2018

מט"ש רמה"ש טיפל והפיק בשנת 2018 בכ 4.2 מלמ"ק קולחים. זאת בהשוואה ל 3.6 מלמ"ק ב 2017. ב 2018 כ 3.9 מלמ"ק הוזרמו לירקון בהשוואה ל 2.8 ב 2017 וכ 0.27 מלמ"ק סופקו ב 2018 ישירות לחקלאות, זאת בהשוואה ל 0.8 מלמ"ק קולחים סופקו לחקלאות ישירו מהמט"ש ב 2017. הספיקה השעתית הממוצעת של קולחים שהוזרמו לירקון ממט"ש רמה"ש הייתה כ 350 מק"ש (איור 9).

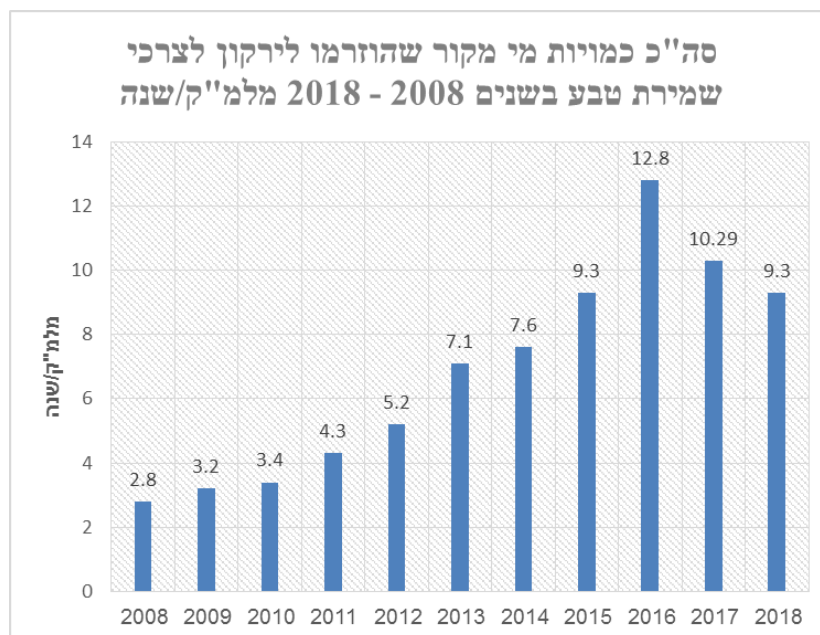


איור 9 - כמויות הקולחים שהוזרמו לירקון ולחקלאים ממט"ש רמה"ש 2018
(נתוני דוח המט"ש)

טבלה 2 - סיכום כמויות המים שהוזרמו לירקון ונשאבו ממנו בשנת 2018

מקור מים	איכות	ספיקה שעתית ממוצעת (מ"ק/שעה)	כמות שנתית לירקון (מלמ"ק)	הערות
קידוחי ראש העין	שפירים	800-1,300	9.3	500-600 מק"ש דרך אגם ג.ל אפק 800-1,000 מק"ש ישירות לברכת הנופרים
מט"ש דר' שרון מזרחי	קולחים שניוניים, עכירות גבוהה		3.0	לסירוגין במשך כל השנה ובאיכות ירודה (הערכה)
מט"ש כפר-סבא/הוד השרון	קולחים שלישוניים	700-1,300	11.7	כ 900 מק"ש דרך האגנים הירוקים השאר בגלישה לנחל הדס דרך נחל קנה לירקון.
מט"ש רמת השרון	קולחים שלישוניים	280-350	3.9	כניסה לירקון באמצע הקטע התיכון
שאיבת חקלאים	ישירות מהמט"שים		1.3	מט"ש כ"ס ה"ה אפר' - נוב, רמה"ש פבר' - דצ' קולחים שלא מגיעים לירקון
סה"כ הזרמה לירקון			27.9	22 ב-2015, 24 ב-2014
שאיבת חקלאים	ישירות מהנחל		1.3	הערכה
סה"כ נותר בנחל			26.6	20.5 ב-2015, 22.6 ב-2014

סיכום סה"כ כמויות המים והקולחים שהוזרמו לירקון במהלך השנים 2008 – 2018 (איור 10) מראה על עליה מתמדת של סה"כ הכמויות שהוזרמו בשנים 2008 עד 2016. עיקר העלייה בכמויות נובעת מעליה שחלה בהזרמת מי המקור לירקון מ 2.8 מלמ"ק בשנת 2008 ל 12.8 מלמ"ק בשנת 2016. בשנים 2017/18 חלה הפחתה של כ 2.5 – 3.0 מלמ"ק בכמות המים השפירים שסופקו לירקון ועליה של כ 1.0 – 2.0 מלמ"ק בכמות קולחי מט"ש כ"ס ה"ה שהוזרמו לירקון. עליה זו נובעת מהעברת שפכים ממט"ש דר' שרון מז' למט"ש כ"ס ה"ה.

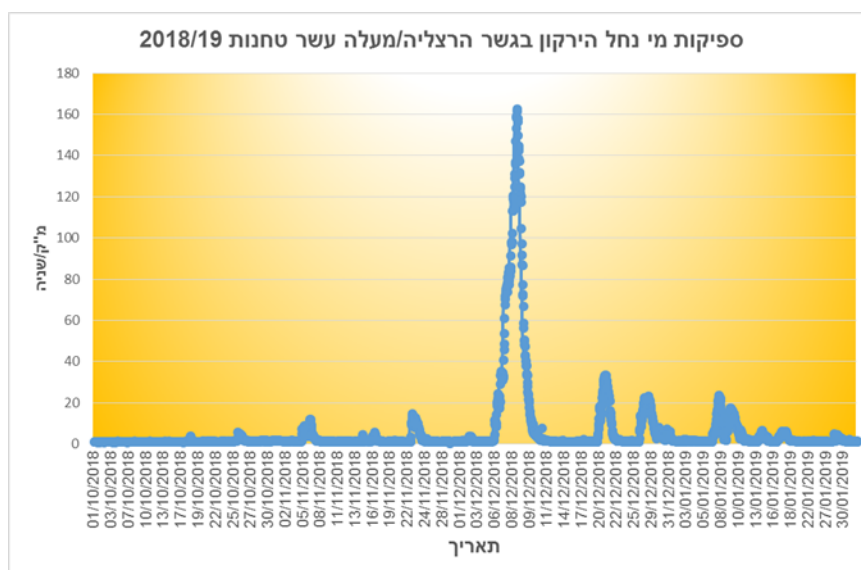


איור מס' 10 – סה"כ כמויות מי מקור שהוזרמו לירקון לצרכי שמירת טבע בשנים 2008 - 2018

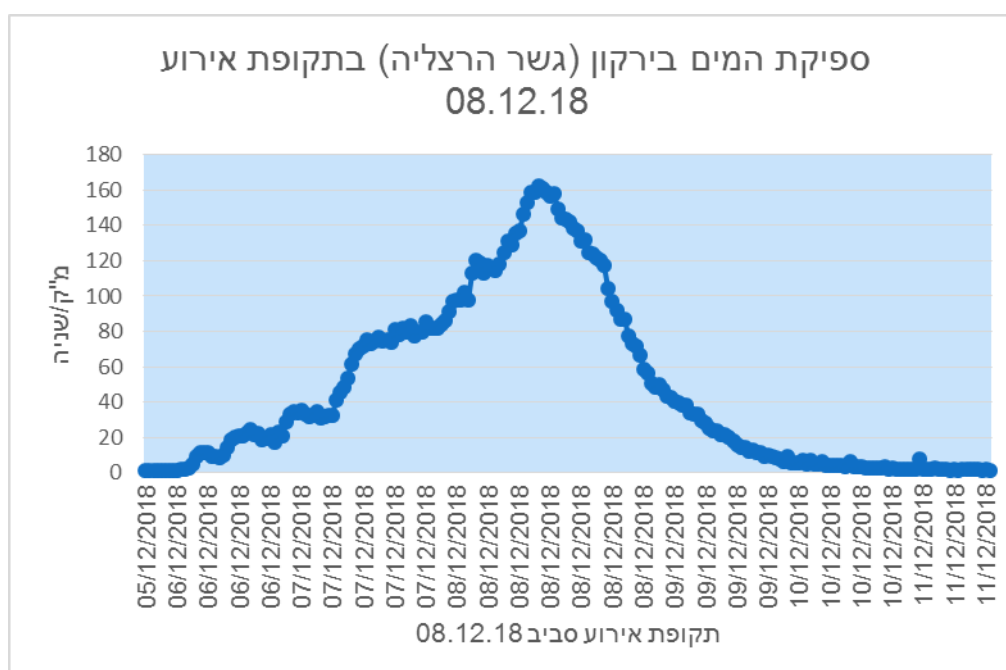
מלבד ספיקות המים והקולחים המוזרמות לירקון באופן קבוע ויזום, אל נחל הירקון מוזרמים כמויות מים נוספות ובספיקות משתנות. אל הירקון מוזרמים מי השפלה של מיזמי בניה מאתרים שונים לאורך הירקון, בעיקר מאזור פתח תקווה, בני ברק, רמת גן ותל אביב. להערכתנו, סך ספיקות אלו מגיע לעיתים לכמה מאות מ"ק/שעה. חלק מספיקות ההשפלה וכן מי קולחים בכמות לא ידועה, מוזרמות אל אפיק נחל איילון וממנו אל הקטע המלוח של הירקון.

שיטפון הירקון

בחורף 2018/19 אירוע בנחל הירקון אירוע שיטפוני אחד משמעותי. אירוע השיטפון בירקון אירוע בתאריך 08.12.18. אירוע השיטפון בירקון אירוע יום אחר לאחר אירוע שיטפון באגן נחל איילון. באירוע בירקון נמדדה ספיקת שיא של כ 160 מ"ק/שניה (איור 11) בתחנה ההידרומטרית הנמצאת במעלה עשר טחנות, בקילומטר ה-12 של הקטע התיכון וכ 8 ק"מ מרחק מהים. אירוע השיטפון נמשך למעשה מתאריך ה-06.12.18 ועד לתאריך ה-10.12.18 (איור 12) סה"כ באירוע זה זרמו בירקון כ 37 מלמ"ק במשך חמישה ימים מתוך סה"כ כ 70 מלמ"ק בכל החורף, שהם כ 53% מסך כמות המים באותו חורף. באירוע שיטפון זורמים בירקון בעיקר מי נגר גשם אך אל מי הנגר משטחים חקלאיים, נגר עירוני מזוהם וכן מתווספים שפכים ממקורות שונים ביניהם מערכות הולכת שפכים, מט"שים ושפכים ממקורות תעשייתיים.



איור מס' 11 – ספיקות מי נחל הירקון בגשר הרצליה/ מעלה עשר טחנות 2018/19



איור 12 - עקומת שטיפון בירקון סה"כ זרמו כ 20 מלמ"ק באירוע זה דרך הירקון לים (לא כולל את נחל איילון)

איכות הקולחים שהוזרמו לירקון בשנת 2018

אל נחל הירקון מוזרמים בדרך כלל קולחים באיכות שלישונית משני מט"שים. מט"ש כ"ס ה"ה מזרים את רוב הקולחים השלישוניים לירקון דרך מערכת האגנים הירוקים. מט"ש רמה"ש מזרים את רוב הקולחים דרך מאגר תפעולי במט"ש.

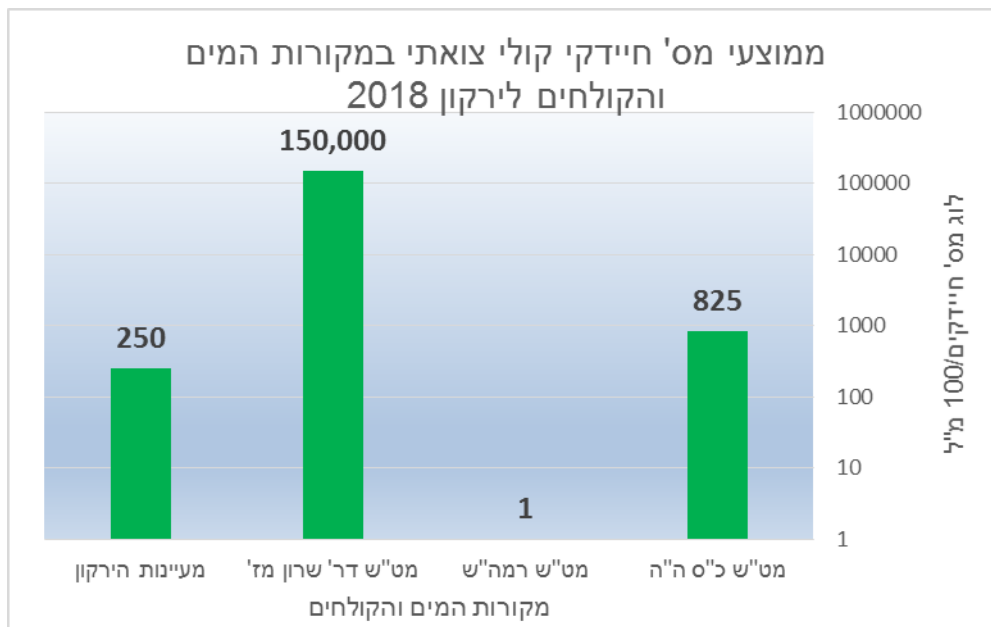
כמו בשנת 2014-7, גם ב-2018 הוזרמו כמויות חריגות של קולחים באיכות ירודה ממט"ש דר' שרון מזרחי ושפכים מיובלי נחל קנה. באמצע שנת 2018 החל לפעול במט"ש דר' שרון מז' המט"ש החדש שהפיק קולחים באיכות שניונית.

במט"ש כ"ס ה"ה נמדדו חריגות בסדר גודל אחד במדד של קולי צואתי. וממוצע מס' החיידקים חרג בכ 400% מן התקן (825 לעומת CFU 200)

במט"ש רמה"ש ריכוז החיידקים נמדד ביציאה ממערכת החיטוי בUV. מס' החיידקים עולה במעט במי האגם אך הריכוז בכניסה לירקון תקין.

ממט"ש דרום שרון מזרחי הוזרמו לירקון במהלך 2018 עודפי קולחים באיכות ירודה במשך החורף ובעונות השוליים. אל הירקון מגיעה גם שפכים מתקלות במערכת הולכת השפכים בקלקיליה. שפכי קלקיליה אמורים להגיע למט"ש דר' שרון מז'.

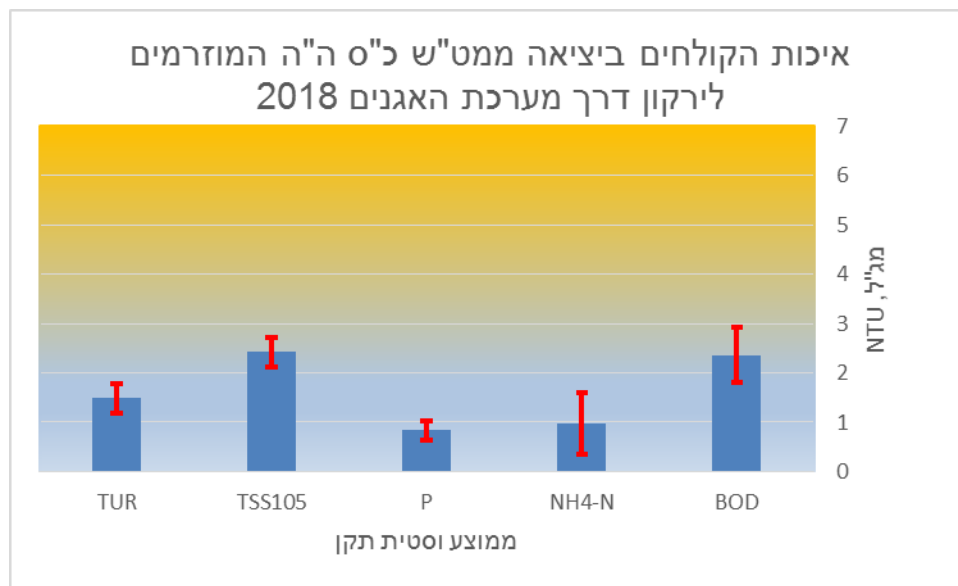
ריכוז החיידקים במקורות המים והקולחים לירקון נמדד במהלך השנה (איור 13). ריכוז החיידקים השתנה במהלך השנה ונע בסדר גודל של מאות בקרוב למעיינות הירקון ועד לסדרי גודל של מאות אלפים ואף מליונים CFU במט"ש דר' שרון מז'. בקולי מט"ש דר' שרון מז' נמדדו חריגות מתקן ענבר הזרמה לנחלים, בכל התקופה.



איור 13 – ממוצעי ריכוזי מס' חיידקי קולי צואתי (ציר לוגריתמי) במקורות המים והקולחים לירקון 2018

מט"ש כ"ס ה"ה

באזור 14 מוצגים ממוצעים וסטיות תקן למדדי איכות המים של קולחי מט"ש כ"ס ה"ה. תקן ריכוז צריכת החמצן הביוכימית (BOD) הנדרש על פי ועדת ענבר הוא 10 מג"ל. הממוצע השנתי של המט"ש היה ב 2018 כ 2 מג"ל עם סטיית תקן של פחות מ 1 מג"ל. ריכוז האמוניה (NH_4) הנדרש על פי ועדת ענבר הוא 1.5 מג"ל הממוצע השנתי היה נמוך מ 1 מג"ל עם סטיית תקן קטנה מ 1 מג"ל. ריכוז הזרחן הכללי (TP) המותר על פי ועדת ענבר בקולחים המיועדים להזרמה לנחלים הוא 1 מג"ל. ממוצע הריכוז במט"ש כ"ס ה"ה היה קטן מ 1 ועם סטיית תקן קטנה מ 0.2 מג"ל. בריכוז הזרחן הכללי ב 2018 חל שיפור לעומת שנים קודמות. ריכוז המוצקים המרחפים (TSS) המותר על פי ועדת ענבר להזרמה לנחלים הוא 10 מג"ל ממוצע הריכוז במט"ש היה נמוך מ 3 מג"ל ועם סטיית תקן של כ 1 מג"ל. ערך העכירות הממוצע היה נמוך מ 2 NTU ומצביע גם הוא על איכות קולחים טובה. ערך העכירות הממוצע היה נמוך מ 2 NTU, עם סטיית תקן נמוכה מ 1 ומצביע גם הוא על איכות קולחים טובה.

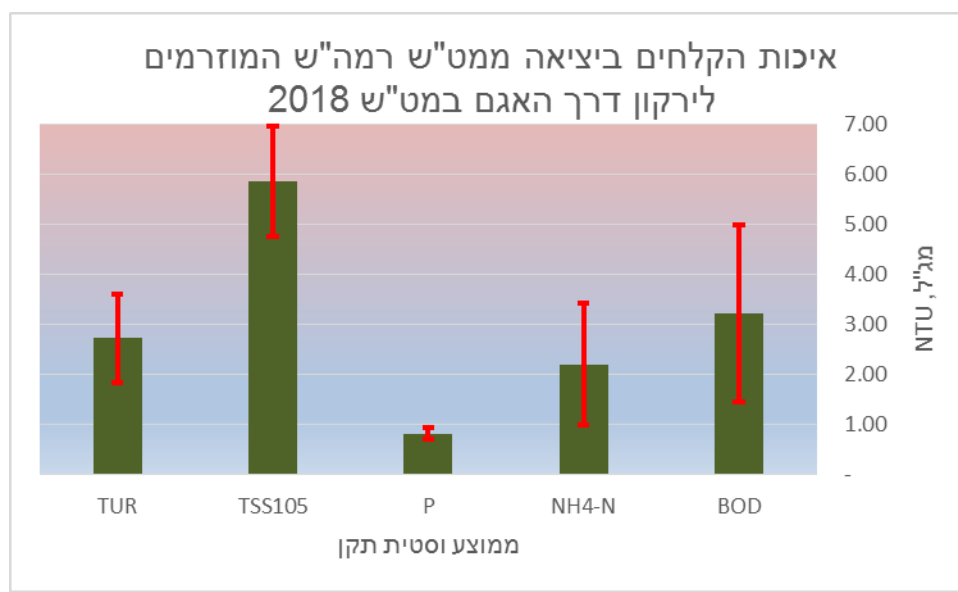


איור 14 – איכות הקולחים במט"ש כ"ס ה"ה ב 2018

מט"ש רמה"ש

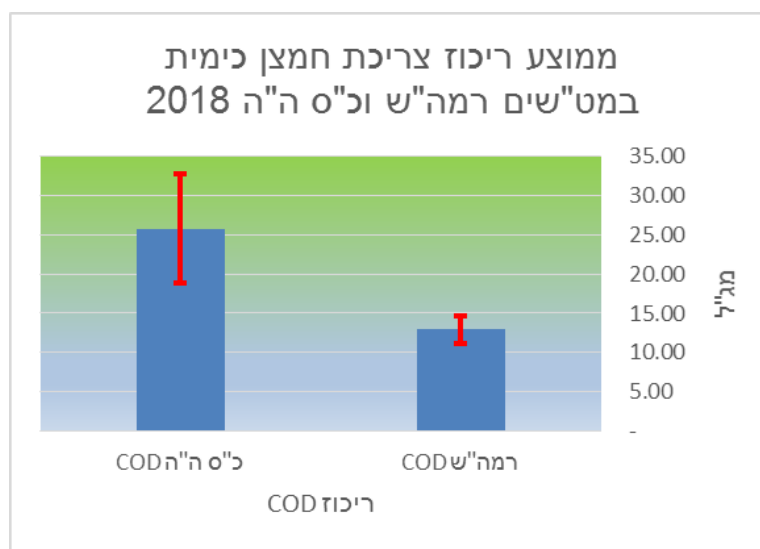
באזור 15 מוצגים ממוצעים וסטיות תקן למדדי איכות המים של קולחי מט"ש רמה"ש. תקן ריכוז צריכת החמצן הביוכימית (BOD) הנדרש על פי ועדת ענבר הוא 10 מג"ל. הממוצע השנתי של המט"ש היה ב 2018 נמוך מ 3 מג"ל עם סטיית תקן של מ 2 מג"ל. ריכוז האמוניה (NH_4) הנדרש על פי ועדת ענבר הוא 1.5 מג"ל הממוצע השנתי היה של קצת גבוה מ 2 מג"ל עם סטיית תקן של 1 מג"ל. ריכוז הזרחן הכללי (TP) המותר על פי ועדת ענבר בקולחים המיועדים להזרמה לנחלים הוא 1 מג"ל. ממוצע הריכוז במט"ש כ"ס ה"ה היה קטן מ 1 ועם

סטיית תקן קטנה מ-0.1 מג"ל. ריכוז המוצקים המרחפים (TSS) המותר על פי ועדת ענבר להזרמה לנחלים הוא 10 מג"ל ממוצע הריכוז במט"ש היה נמוך מ-6 מג"ל ועם סטיית תקן של כ-1 מג"ל. ערך העכירות הממוצע היה נמוך מ-3 NTU, עם סטיית תקן של 1 NTU.



איור 15 – איכות הקולחים במט"ש רמה"ש ב-2018

איור 16 מראה השוואה של ממוצע ריכוז צריכת החמצן הכימית (צח"כ) בין מט"ש כ"ס ה"ה ומט"ש רמה"ש. ממוצע ריכוז הצח"כ במט"ש כ"ס ה"ה היה ב-2018 גבוה פי שנים בהשוואה לערכו במט"ש רמה"ש, 25 לעומת 12 מג"ל בהתאמה. סטית התקן במט"ש כ"ס ה"ה גדולה מ-5 וכן גדולה מסטית התקן במט"ש רמה"ש שהיתה כ-7.5 לעומת כ-2 מג"ל בהתאמה.



איור מס' 16 – ממוצע ריכוז צריכת חמצן כימית במט"ש כ"ס ה"ה ומט"ש רמה"ש

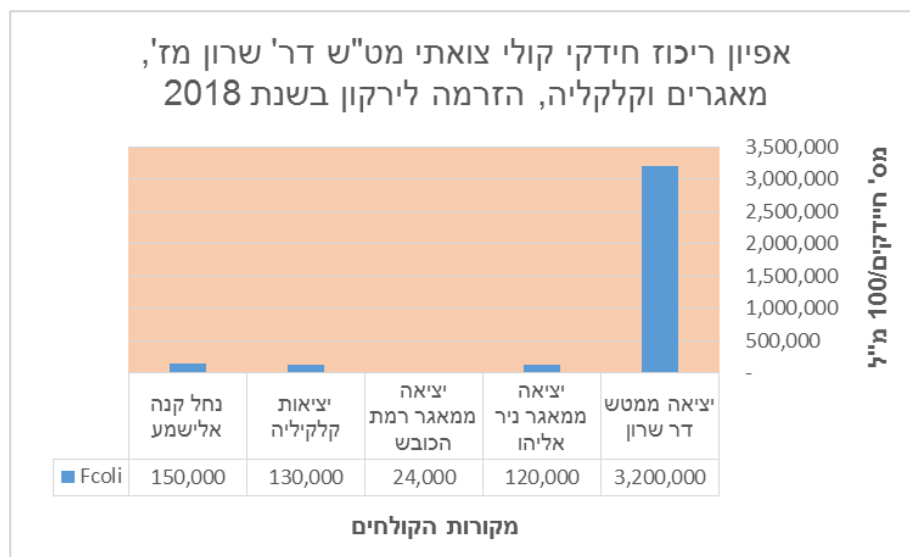
אפיון איכות הקולחים שזרמו בנחל קנה לירקון ב-2018

בנחל קנה זרמו אל הירקון ב-2018 קולחים באיכויות משתנות וממספר מקורות קולחים. טבלה 3. מראה את איכויות הקולחים ביציאה ממספר מקורות קולחים לפני איחוד הזרמים לזרם אחד שזרם אל הירקון.

טבלה מס' 3

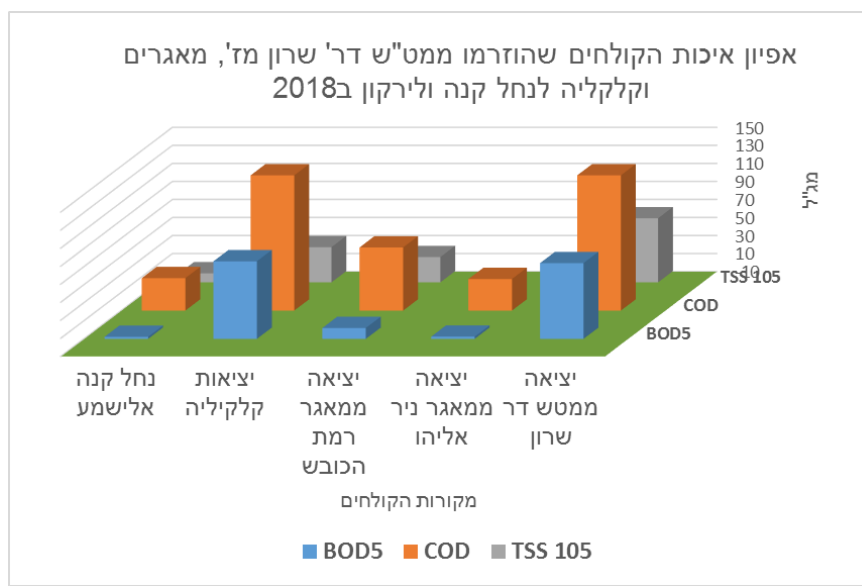
אפיון קולחי מט"ש דר' שרון מז', מאגרים, וקלקליה הזרמה לירקון בשנת 2018							
5	4	3	2	1			
נחל קנה אלישמע	יציאות קלקליה	יציאה ממאגר רמת הכובש	יציאה ממאגר ניר אליהו	יציאה ממט"ש דר שרון	בדיקה	י"ח	מס'
150,000	130,000	24,000	120,000	3,200,000	Fcoli	no/ 100m"l	1
2.2	86	12	2.4	84	BOD ₅	m"g/l	10
36	310	70	35	175	COD	m"g/l	11
10	39	28		71	TSS 105	m"g/l	13
					TSS 550	m"g/l	14
0.05	0.5	0.07	0.05	0.25	דטרגנטים MBAS	m"g/l	27.6

איור 17 מציג את ריכוז חיידקי הקולי צואתי במקורות הקולחים של נחל קנה. ניתן לראות את הריכוז הגבוה במיוחד של חיידקי הקולי שמקורם במט"ש דר' שרון מז'. יש לציין כי המט"ש החל לפעול לאיכות שניונית במהלך 2018 ואמור להיות שלישוני בעתיד.



איור מס' 17 – אפיון ריכוז חיידקי קולי צואתי במט"ש דר' שרון מז', מאגרים וקלקיליה הזרמה לירקון בשנת 2018

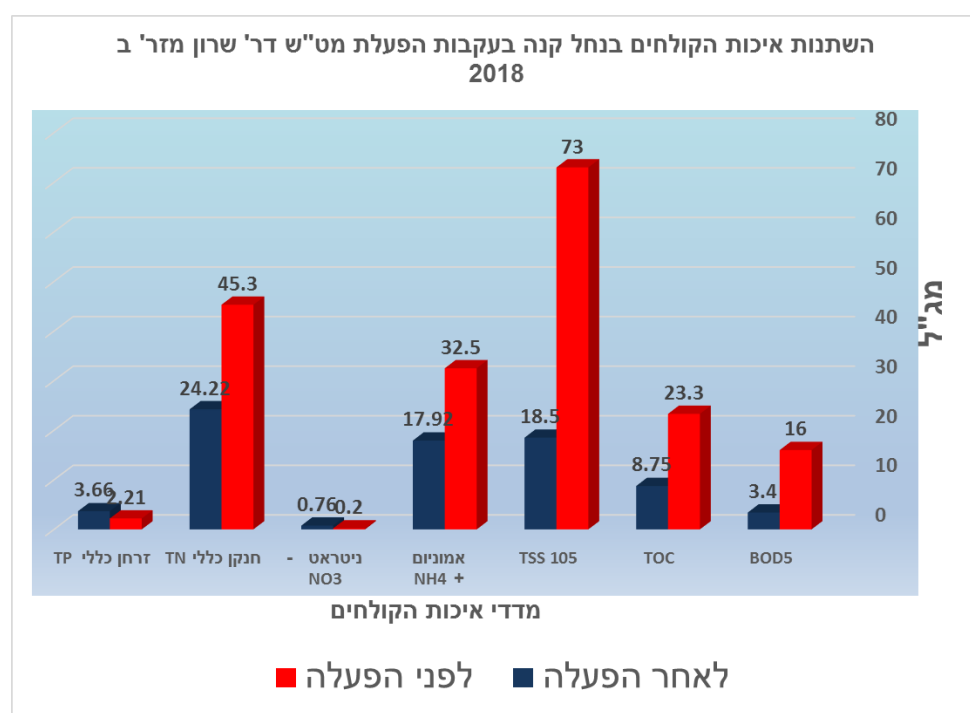
איור 18 מציג את ההבדלים בעומסים האורגניים בין מקורות הקולחים לנחל קנה. יש לציין את הריכוזים הגבוהים של מט"ש דר' שרון מז' והעיר קלקיליה בהשוואה לריכוזים של העומסים האורגניים במאגרים.



איור מס' 18 – אפיון איכות הקולחים שהוזרמו ממט"ש דר' שרון מז', מאגרים וקלקיליה לנחל קנה ולירקון ב-2018.

הפעלת מט"ש דר' שרון מז' החדש

במהלך שנת 2018 ובאופן הדרגתי החל לפעול המט"ש החדש דר' שרון מז'. עם הפעלתו בטיפול בשפכים לאיכות שנונית, חל שיפור באיכות הקולחים שהוזמו לנחל קנה ולירקון. איור 19 מראה ירידה של מאות אחוזים במדדי איכות הקולחים ביציאה מהמט"ש החדש בהשוואה לאותם מדדים של הקולחים שיצאו מהמט"ש כאשר הופעל במתכונתו הישנה. יש לציין שלב הפעלת המט"ש הישן, איכות הקולחים היתה של תמהיל קולחי המט"ש ושפכים שהוזרמו ללא טיפול כלל. כמצופה ממט"ש שניוני, בשני מדדים לא נמדד הבדל מובהק כלומר שיפור באיכות בקולחים, בניטראט ובזרחן הכללי.

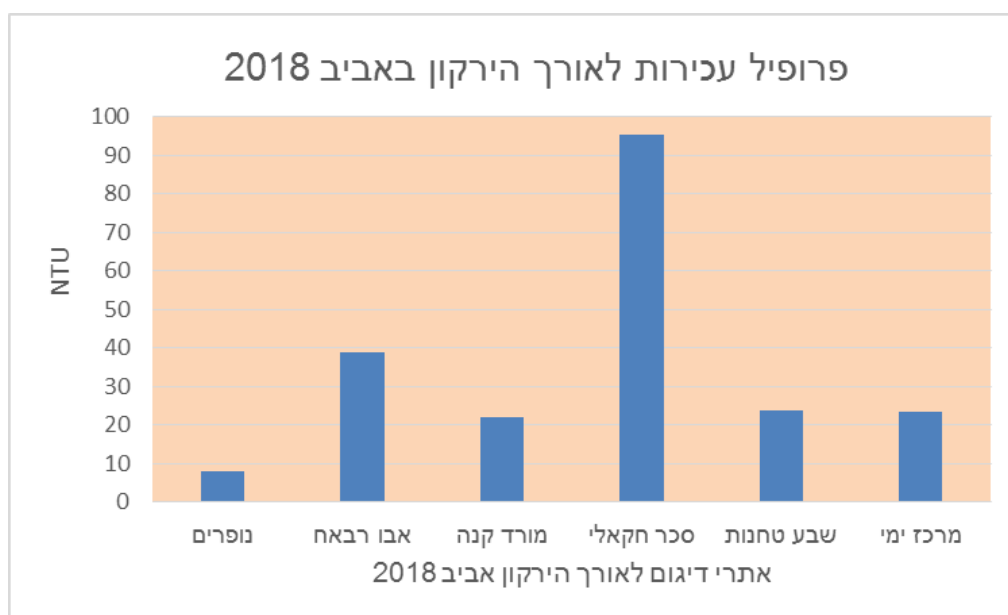


איור מס' 19 – השתנות איכות הקולחים בנחל קנה בעקבות הפעלת מט"ש דר' שרון מז' ב 2018

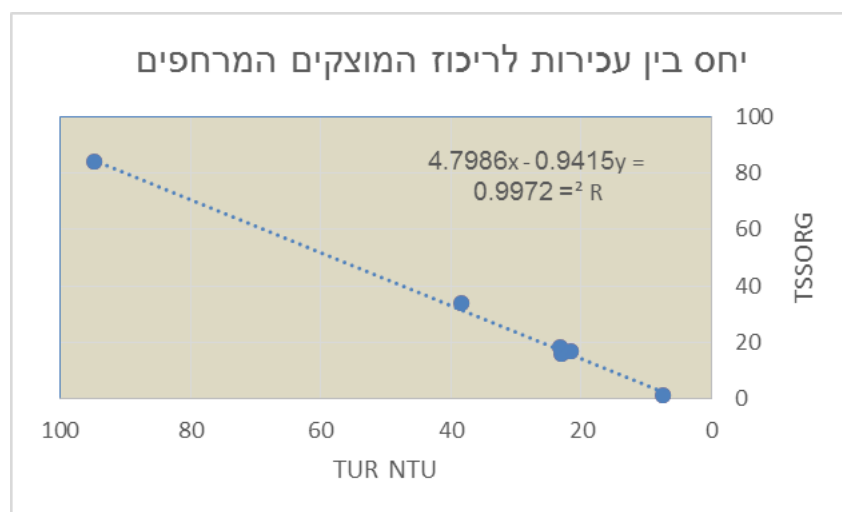
ניטור איכות המים בנחל הירקון 2018
העכירות (Turbidity) המבטאת את צפיפות החלקיקים במים. העכירות גדלה ככל שצפיפות החלקיקים עולה. המידה במכשיר כזה נקראת NTU, ראשי תיבות של Nephelometric Turbidity Unit. העכירות במי הנחל יכולה להיגרם גם על ידי פיטופלנקטון. במי הקולחים, הפעילויות האנושיות הם הגורמות לעכירות כתוצאה מריכוז גבוהה של חומר אורגני לא טבעי במים. גם אזורים מיושבים תורמים כמות גדולה של עכירות למי הנגר, כתוצאה מזיהום הנסחף על ידי מי גשמים ממשטחים בנויים וסלולים. תעשיות, מחצבות ועבודות עפר עלולות לגרום רמות גבוהות של עכירות כתוצאה מרחף הנסחף אל הנחל. מפעלי טיהור השפכים שלישוניים מרחיקים ממי הקולחים את מרבית החלקיקים הגורמים לעכירות והקולחים.

להזרמת מי הקולחים המזוהמים לירקון השפעה על מדד עכירות המים לאורך הירקון. באיור 20 נראה כי עכירות מי הנחל במורד הקטע הנקי (אבו רבאח) גבוהה בהשוואה לעכירות במעלה הקטע הנקי שבמעלה הקטע בו מסוחררים המים באותו קטע. לתופעה זו חשיבות בהתייחסות אל איכות המים בהקשר של סחרור המים בקטע הנקי של הירקון.

ובמעלה הקטע התיכון של הירקון (מורד קנה) נמדדו השנה כרכי עכירות נמוכים בהשוואה לשנים קודמות ובהשוואה לערכים שנמדדו במרכז הקטע התיכון (סכר חקלאי). הסיבה להבדלים אלו נובעת מהמצאות חומר אורגני בריכוז גבוה במיוחד, כתוצאה מפריחת אצות, באזור הסכר החקלאי בהשוואה לאזור מפגש קנה שבמעלה הקטע התיכון באותה תקופה. איור 21 מציג קשר ישיר עם מתאם גבוה בין ערכי העכירות לערכי המוצקים המרחפים האורגנים לאורך הירקון ב 2018



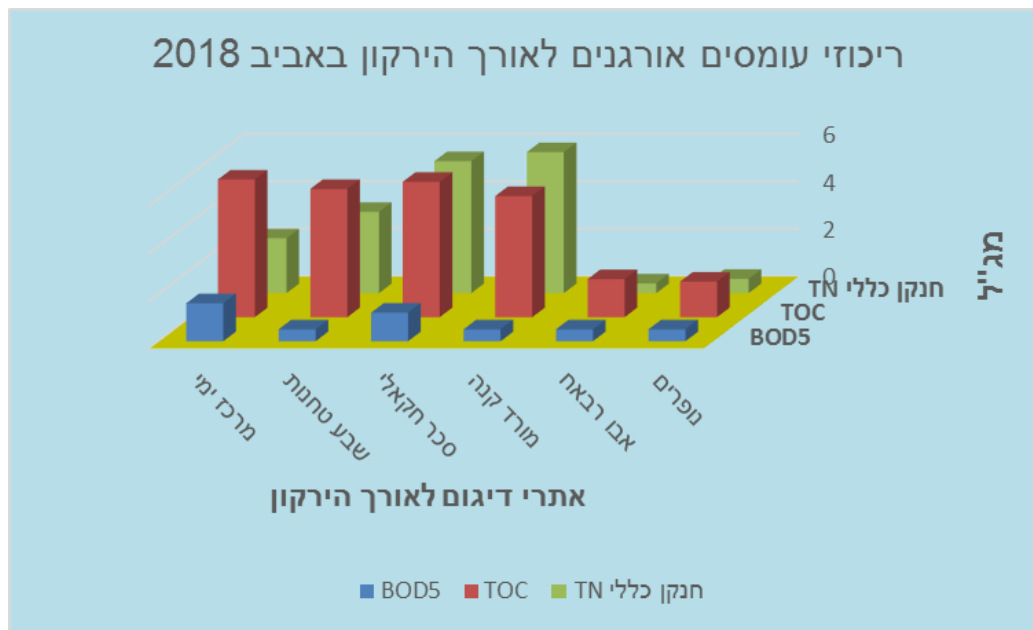
איור 20 – פרופיל עכירות (NTU) לאורך הירקון 2018



איור מס' 21 – יחס בין עכירות לריכוז המוצקים המרחפים לאורך הירקון האורגנים

עומס אורגני לאורך נחל הירקון

ריכוזי העומסים האורגנים (BOD, TN, TOC) לאורך אפיק נחל הירקון מוצגים באיור 22. הריכוזים שנמדדו בשנת 2018 מראים את השיפור שחל באיכות המים בירקון לאחר הפעלת המט"ש החדש בדר' שרון מז'. השיפור חל בעיקר בערכי צריכת החמצן הביוכימית BOD. ריכוז הפחמן האורגני הכללי (TOC) עולה במורד כניסת הקולחים ונותר קבוע לאורך הנחל. גם בריכוז החנקן הכללי (TN) חלה עליה עם כניסת הקולחים לירקון אך הערכים באופן כללי נמוכים. כמו כן חלה ירידה בריכוז החנקן הכללי לאורך הנחל.



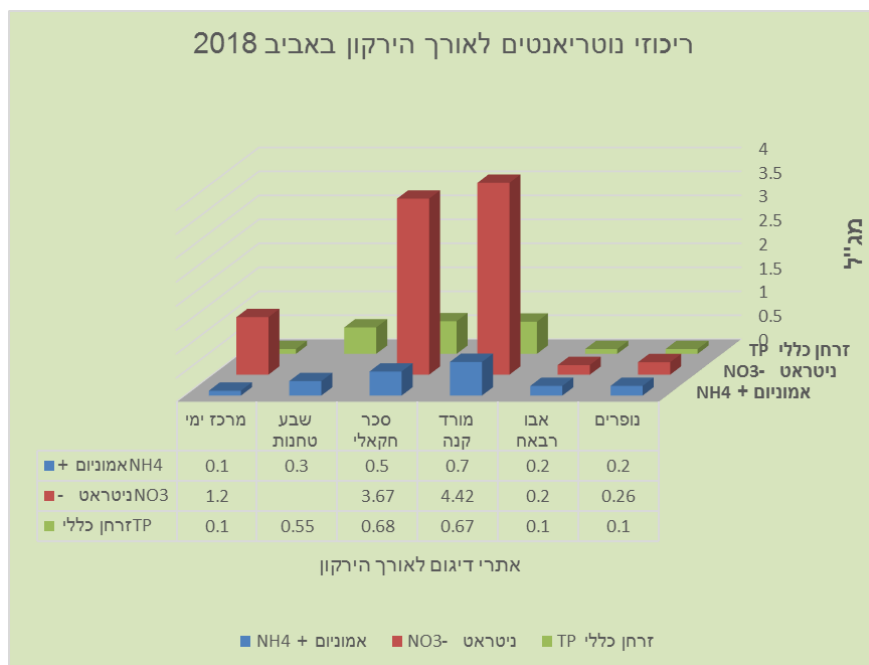
איור 22 – פרופיל עומסים אורגנים לאורך הירקון קיץ 2017

פחמן האורגני הכללי (TOC) (איור 22) לא נכלל בתקן ענבר אך משמש כמדד נוסף של הערכת העומס האורגני במי הנחל. ריכוז ה-TOC הרצוי במי הקולחים המוזרמים לירקון הוא נמוך מ-10 מג"ל. הריכוז הממוצע שנמדד בשני המט"שים ב-2018. במט"ש דר' שרון מז' ירד ריכוז ה-TOC מ-23 ל-8.7 מג"ל. במט"ש כ"ס ה"ה 5.8 מג"ל ריכוז ה-TOC בקטע התיכון של הנחל ב-2018 היה אמנם גבוה פי ארבע מערך הריכוז בקטע העליון והנקי, אך הערך היה נמוך בהשוואה לשנים קודמות ולמעשה מתאים לאיכות מים בנחל. ריכוז ה-TOC בקטע התיכון של הירקון (מורד קנה עד שבע טחנות) לא חרג מ-10 מג"ל. יתכן וריכוזים נמוכים אלו נבעו הודות לשיפור שלחל ב-2018 באיכות הקולחים הנכנסים לירקון דרך נחל קנה.

נוטריינטים לאורך הירקון

ריכוזי האמוניה והזרחן בקולחים שהוזרמו לירקון ממט"ש דר' שרון מז' ב-2018 היו גבוהים במיוחד ובהשוואה לריכוזים של מקורות הקולחים האחרים (איור 23). 32 ו-18 לפני ואחרי הפעלת המט"ש החדש.

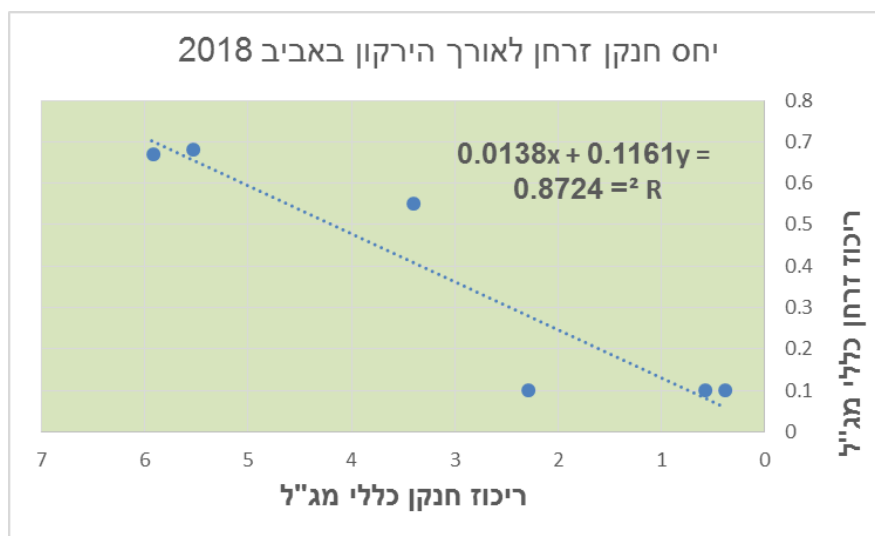
הירידה בריכוז האמוניה בקולחי מט"ש דר' שרון מז' הביאה לירידה כללית בריכוז האמוניה (מוצג כיון אמוניום) בקטע התיכון של הירקון לריכוזים בדומים לריכוז בקטע הנקי של הנחל. זאת לעומת ריכוזים רגילים ופרופיל רגיל של ניטראט לאורך הקטע התיכון. לא נמדדה ירידה בריכוזי האמוניה ובמקביל, עליה בריכוזי הניטראט לאורך הירקון. תופעה זו מעידה על העדר אפשרי של תהליך רצוי של ניטריפיקציה לאורך הקטע התיכון של הירקון (איור 23).



איור 23 – פרופיל ריכוזי נוטריינטים לאורך הירקון בקיץ 2016

יחס חנקן זרחן בנחל

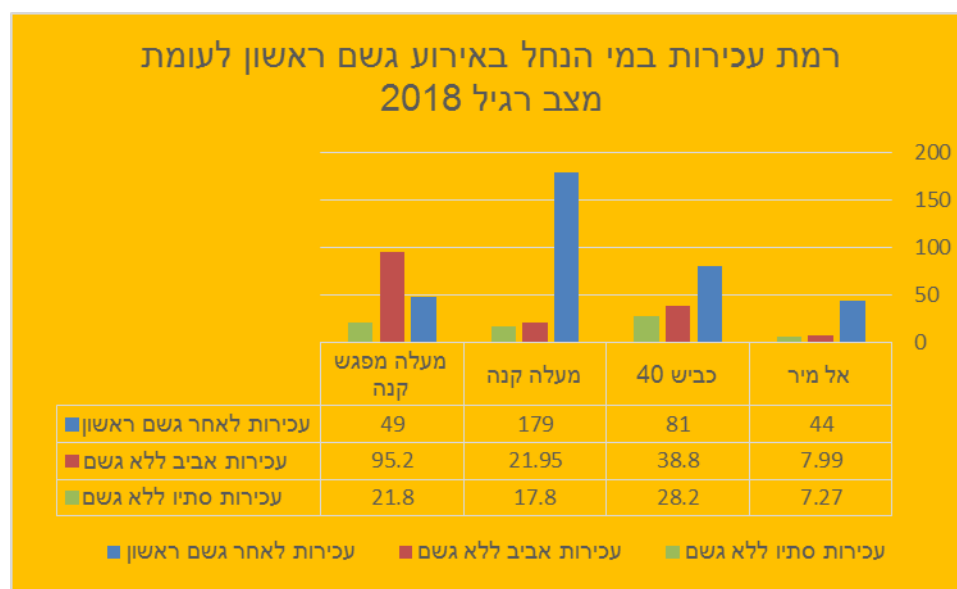
היחס הרצוי בין חנקן לזרחן בנחל הוא של 1:16. בתקופת המדידה בקיץ 2018 נמדד יחס זרחן לחנקן של קרוב ל 1:16 בדומה לשנת 2017 וזאת לעומת יחס של 1:5 שנמדד ב 2016 (איור 24).



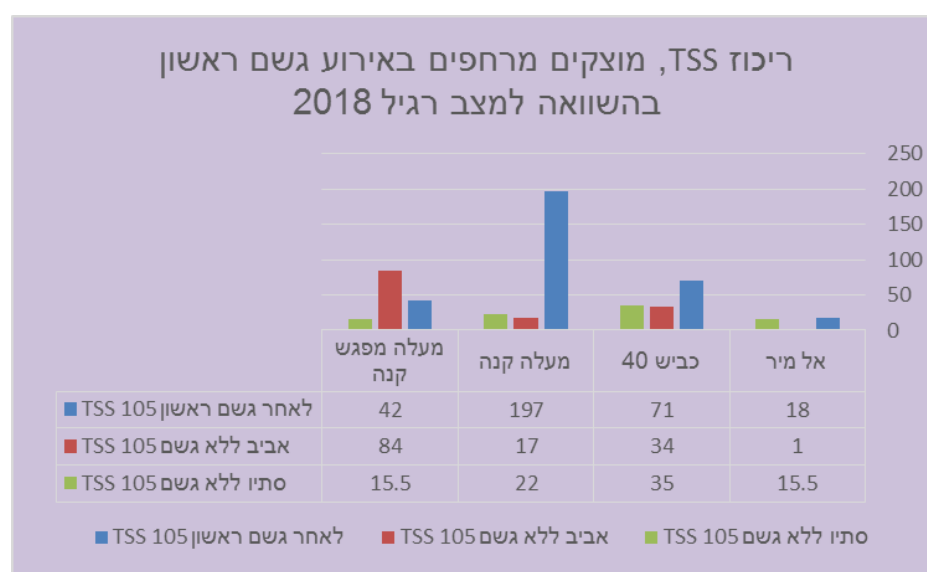
איור 24 - יחס חנקן : זרחן בדגימות באתרים שונים בשלושת חלקי הנחל לאורך הירקון 2018

מדדי איכות מים לאחר גשם ראשון בהשוואה למצב רגיל

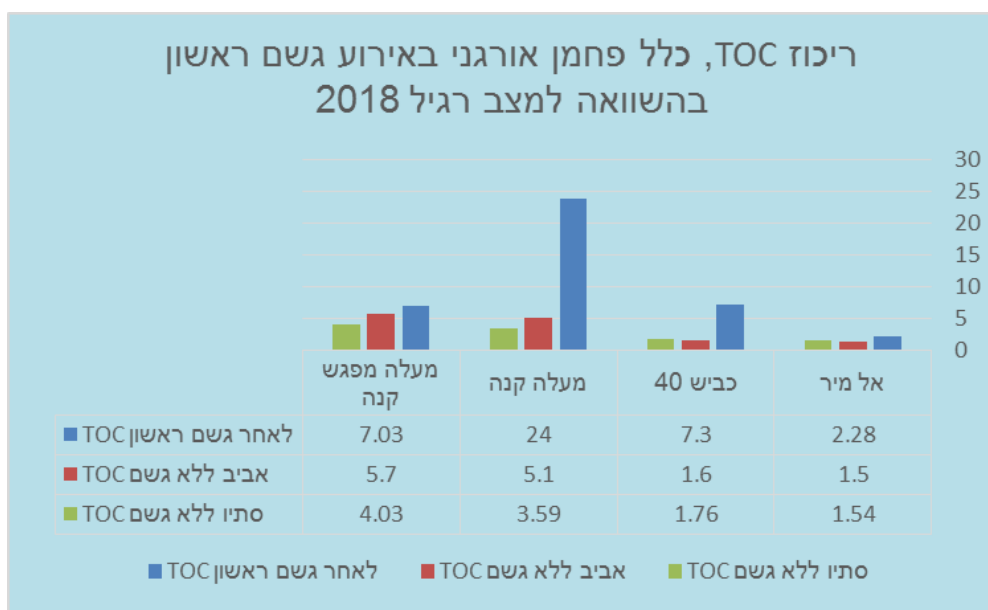
אירועי גשם בכלל ואירוע גשם ראשון בפרט, מסיעים אל הירקון מזהמים וסחף קרקע מאגן ההיקוות, ממערכות הניקוז וממערכות הביוב. אירועי 26,25 ו-27 מציגים את העליה בערכי העכירות, המוצקים המרחפים והפחמן האורגני הכללי לאחר אירוע הגשם הראשון בסתיו 2018, בהשוואה לערכי אותם מדדים באביב ובסתיו ללא השפעת הגשם. בחינת היחס בין ערכי העכירות לערכי המוצקים המרחפים מראה על קשר ישיר ומובהק המצביע על כך שעיקר החומר הגורם לעכירות הוא חומר אורגני (איור 28)



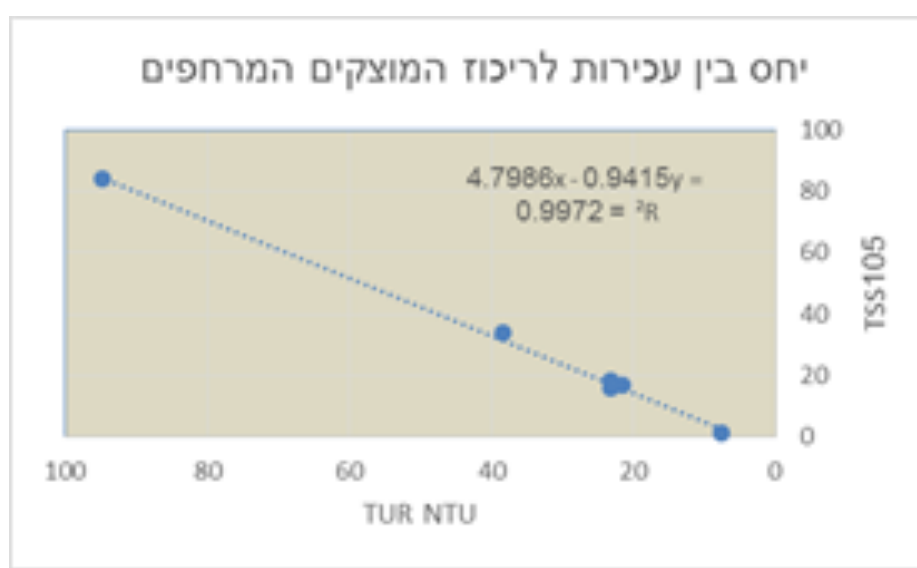
איור מס' 25 – רמת עכירות במי הנחל באירוע גשם ראשון לעומת מצב רגיל 2018



איור מס' 26 – ריכוז מוצקים מרחפים באירוע גשם ראשון בהשוואה למצב רגיל 2018



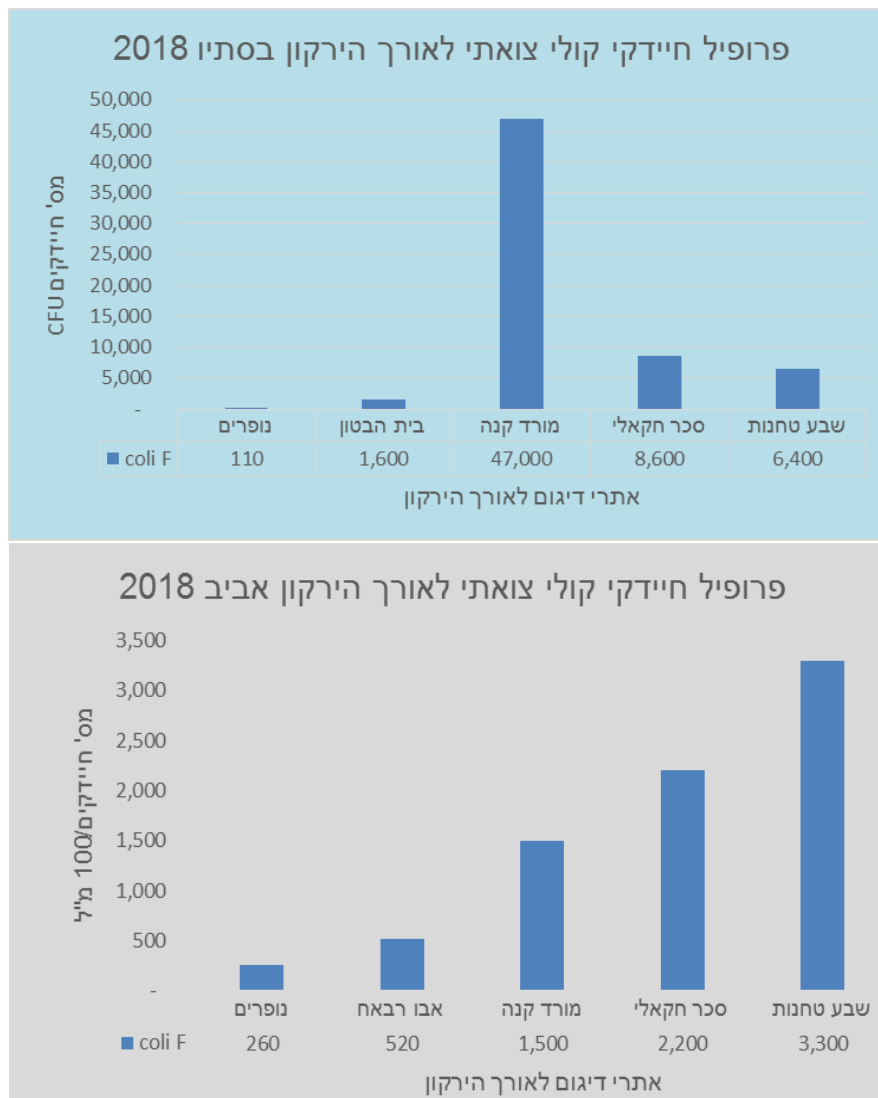
איור 27 – ריכוז כלל הפחמן האורגני באירוע גשם ראשון בהשוואה למצב רגיל 2018



איור 28 – יחס בין עכירות לריכוז המוצקים המרחפים באירוע גשם ראשון 2018

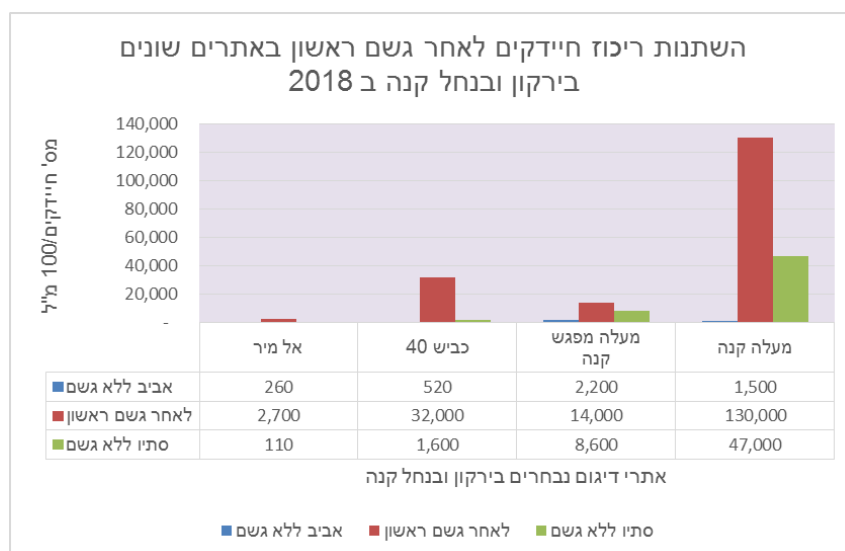
פרופיל חיידקים לאורך הירקון

ריכוז חיידקי הקולי הצואתי לאורך הירקון הושפע לרעה ב 2018 במידה רבה מהזרמת קולחים ירודים לירוקן מנחל קנה/מט"ש דר' שרון מז' (איורים 29,30). פרופיל החיידקים לאורך הירקון מיוצג על ידי תוצאת מספר חיידקי הקולי הצואתי שנדגמו לאורך הירקון במספר מחזורי דיגום במהלך 2018. בקטע הנקי, המיוצג על ידי נק' דיגום נופרים ואבו רבאח, נמדדו גם בקיץ וגם בסתיו (לאחר גשם ראשון) ערכים נמוכים של חיידקי קולי צואתי, כאלה הדומים ואופייניים למים עיליים נקיים. בקטע התיכון באזור מורד קנה נמדדו בסתיו 2018 (איור 30) ריכוזים הגבוהים עד שלושה סדרי גודל, זאת בהשוואה לשישה סדרי גודל בשנת 2016/7,



איורים 29-30 – פרופיל חיידקים לאורך הירקון באביב וסתיו 2018

איור 30 מציג את העליה בריכוז החיידקים בירקון בעקבות אירוע גשם ראשון בהשוואה לתקופה באביב ובסתיו ללא גשם. ניתן לראות שנחל קנה גורם לעליה של שלושה סדרי גודל במס' חיידקי קולי צואתי. זאת למרות המיהול במי הגשם. דבר זה מצביע על הזרמת שפכים גולמיים לירקון בזמן אירוע גשם.



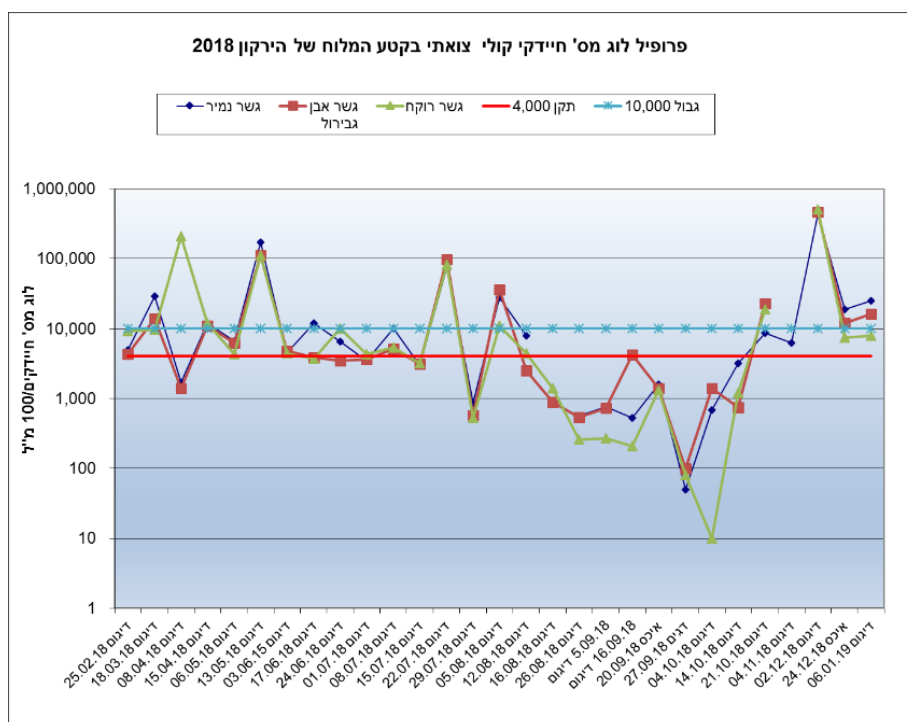
איור- 31 השתנות ריכוז חיידקים לאחר גשם ראשון באתרים שונים בירקון ובנחל קנה ב 2018

דיגום בקטריולוגי לצרכי שיט בקטע מלוח

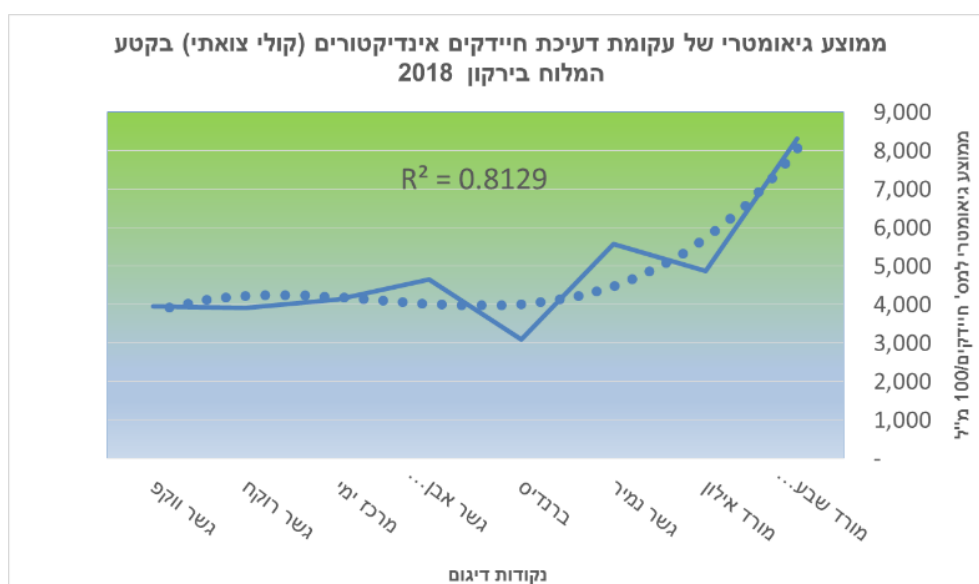
בשנת 2018 כמו גם בשנים 2016/7, איכות מי הנחל בקטע המלוח בו מתקיימת פעילות שייט, התאימה לשיט על פי רמות סף שנקבעו במשך כ- 2 חודשים בלבד, זאת בהשוואה ל2014 בה האיכות הייתה מתאימה לשיט במשך 12 חודשים ברציפות (איור 32).

ניטור הקטע המלוח של הירקון מבוצע בתדירות של אחת לשבוע בעונה היבשה ואחת לחודש בתקופת הגשמים. במהלך תקופת הניטור בשנת 2018 בוצעו סה"כ 150 דגימות ב- 28 מחזורי דגימה.

איורים 33 ו 35 מראה כי הגורם העיקרי לעליה במס' החיידקים בקטע המלוח הוא מהקטע התיכון שבמעלה הירקון. במעלה שבע טחנות היה חציון מס' חיידקים גבוה בהשוואה לכל שנה קודמת.



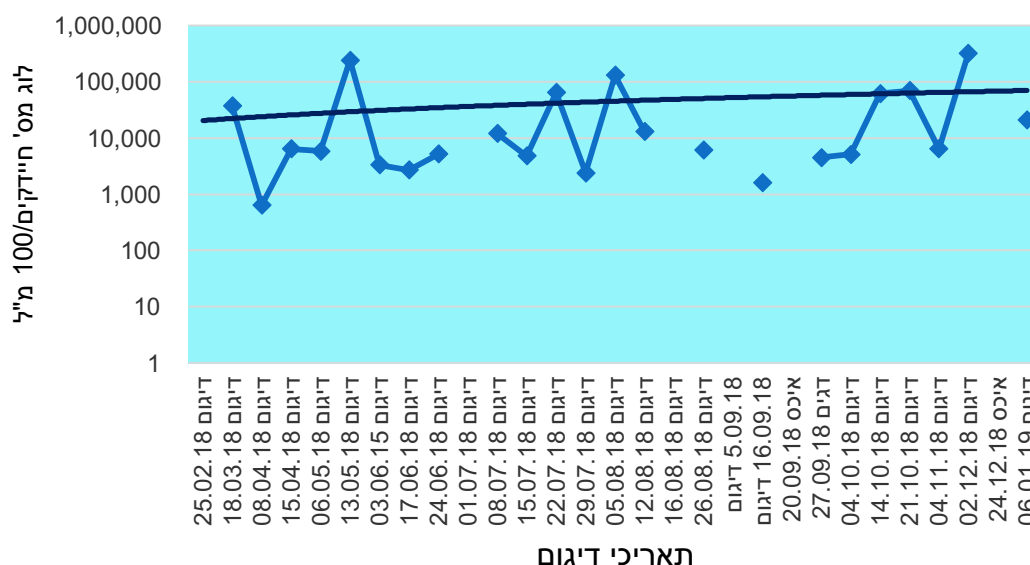
איור 32 – פרופיל ממוצע נע של מס' חיידקי קולי צואתי במהלך 2016/17 בשלושה אתרי דיגום בקטע המלוח בהשוואה לתקן



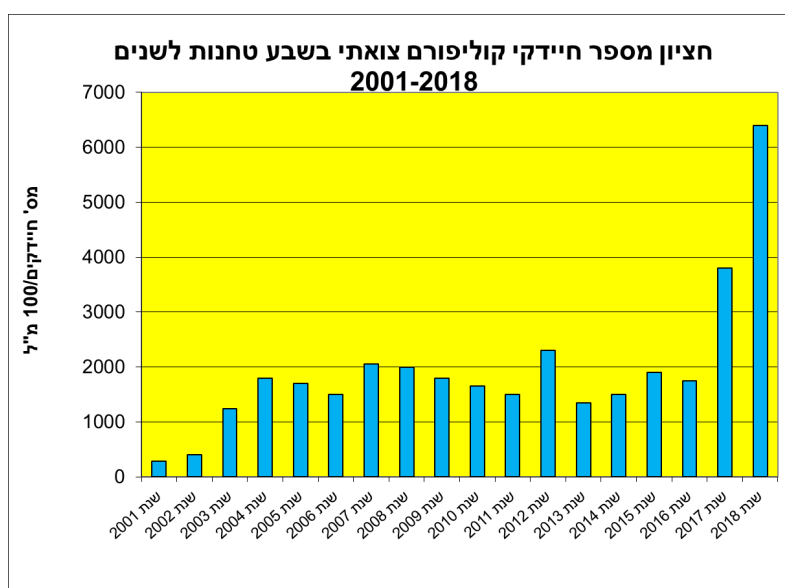
איור 33 – ממוצע גיאומטרי של עקומת דעיכת חיידקים אינדיקטורים (קולי צואתי) בקטע המלוח בירקון 2018

עיון פרטני על פי תאריכי דיגום של מס' החיידקים במעלה שבע טחנות מראה כי במהלך רוב ימות השנה היה מס' החיידקים במעלה שבע טחנות (קצה הקטע התיכון בירקון) גבוה מ-10,000 חיידקים/100 מ"ל (איור 34). דבר זה חייב להכריז על בקטע המלוח בירקון במים שלא מתאימים לשיט עם מגע אקראי.

פרופיל לוגריתמי של ריכוז חיידקי קולי צואתי במעלה שבע טחנות 2018

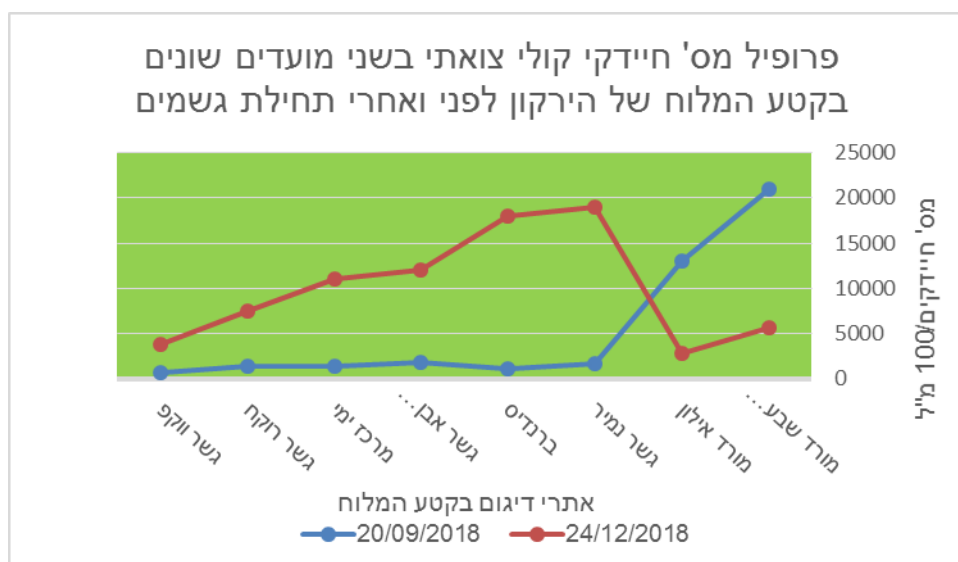


איור 34 - פרופיל השתנות מספר חיידקי קולי צואתי במעלה שבע טחנות ובקטע המלוח מהלך 2018



איור – חציון מספר חיידקי קוליפורם צואתי בשבע טחנות לשנים 2008 - 2018

איור 36 מציג את השינוי שחל בפרופיל החיידקים בקטע המלוח. לפני תחילת הגשמים ריכוז החיידקים הגבוה מגיע ממעלה הירקון דו"ר ממורד שבע טחנות לכוון הים (קו כחול). עם תחילת עונת הגשמים עיקר ריכוז החיידקים נכנס אל הירקון המלוח מאזור נחל אילון וגלישות שפכים ממערכת השפכים העירונית (קו אדום).



איור 36 – פרופיל מס' חיידקי קולי צואתי בשני מועדים שונים בקטע המלוח של הירקון לפני ואחרי תחילת הגשמים

איכות המים במהלך 2018 כמו גם במהלך 2017, לא התאימה לשייט במהלך רוב השנה בגלל כניסת מים מזוהמים וחריגה מהקריטריון לקטע המלוח במהלך רוב השנה למעט במספר מחזורי דיגום.

ניטור איכות המים באגנים הירוקים 2018

רקע:

מערכת האגנים של הירקון היא מסוג subsurface flow (SSF), שבה מתקיימת זרימה אנכית בתווך מצע אבני. האגנים הירוקים משמשים להגנה על הנחל מתנודות צפויות באיכות הקולחים המוזרמים לנחל וכן לסייע בהרחקת חומרים שאינם מורחקים במט"ש כמו שאריות חומרי הדברה, חומרים ממוצא תרופתי והורמונים. האגנים מהווים בית גידול לח שמדמה באופן חלקי חלק מבתי הגידול שהיו בעבר באזור הנחל.



צלמי טבע באגם פארק אקולוגי הוד השרון, עדות חיה לתפקוד המערכת האקולוגית

החלק העיקרי של נפח באגנים הירוקים מלא במצע אבני ובשורשי הצמחים המאכלסים את האגנים. זרימת המילוי של המים באגנים היא אנכית ומתבצעת לסירוגין בין שלושה אגנים נפרדים. שיטה זו מאפשרת כניסת אויר אטמוספרי לחללים במצע, זאת כדי לשמור שהתהליכים המיקרוביאליים יהיו אירוביים. המערכת החלה לפעול ב- 2011, אם כי הזרמת קולחים באופן לא סדיר החלה מספר חודשים קודם לכן. באגנים נשתלו 12 מיני צמחים ששייכים למערכת הירקון. לצמחייה תפקיד שולי בהרחקת מזהמים מן המים אולם היא צורכת ומרחיקה נוטריאנטים מן המים בעיקר בעונת הצימוח.

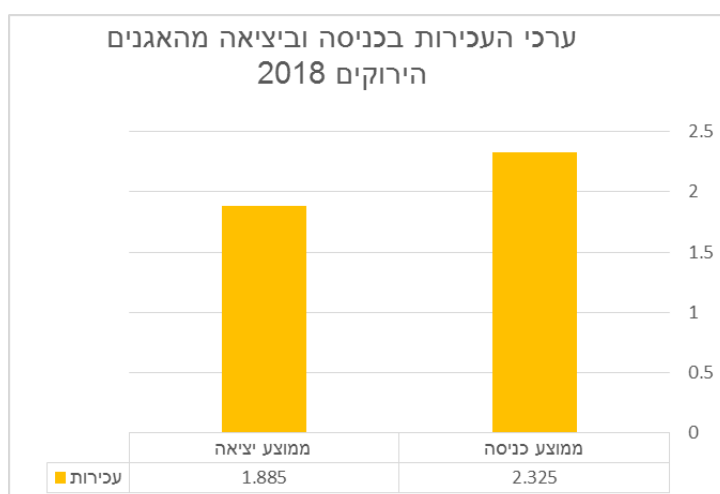
במהלך 2018 בוצעו שלושה מחזורי דיגום שונים בשיטת "חטף" באגנים הירוקים.



אנפה אפורה וקרפיון צילום: שמואל אנגל

עכירות

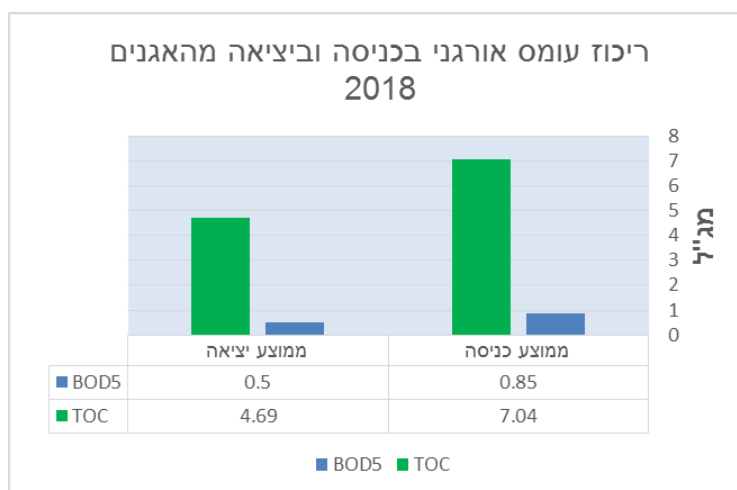
בערכי העכירות של הקולחים ב 2018 נמדדה ירידה לא מובהקת 2.3 ו1.9 בהתאמה, זאת לעומת ירידה בערכי העכירות של כ-50% ב2017 בין הכניסה ליציאה מהאגנים, 6.1 בכניסה לעומת 3.4 ביציאה (איור 37). ערכי העכירות בכניסה וביציאה מהאגנים ב 2018 היו נמוכים בהשוואה לערים ב2017 עלו משמעותית בהשוואה לשנים קודמות. זאת למרות שמט"ש כ"ס ה"ה פעל בעומס גבוה גם במהלך 2018 כמו גם ב 2017 בגלל תוספת השפכים ממט"ש דר' שרון מז'.



איור מס' 37 - ממוצע גיאומטרי לריכוז חמצן מומס ורמת ההגבה בכניסה וביציאה מהאגנים
הירוקים 2016

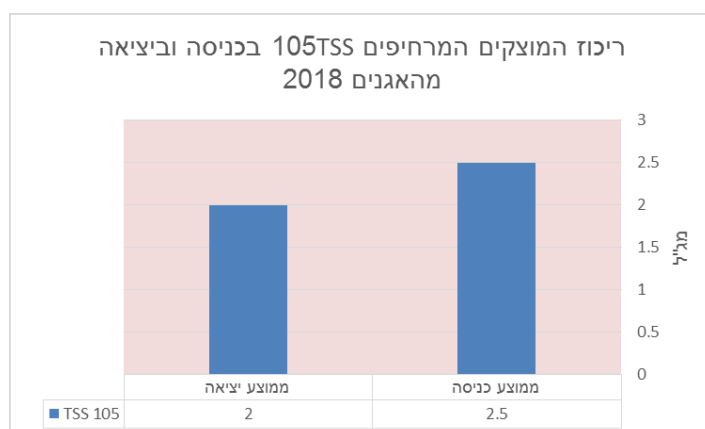
עומסים אורגניים באגנים הירוקים

ריכוז העומסים האורגניים המיוצגים בערכי המדדים BOD ו-TOC ב-2018 שנמדדו בכניסה לאגנים היו נמוכים מערכי תקן ועדת ענבר להזרמה לנחלים (איור 38). ביציאה מהאגנים לירקון נמדדה ירידה מובהקת בערכי ה-TOC מ-7.0 ל-4.7 מג"ל בהתאמה. לעומת זאת, בערכי ה-BOD לא נמדד הבדל מובהק בין הכניסה והיציאה מהאגנים, 0.85 לעומת 0.5 מג"ל בין הכניסה ליציאה בהתאמה.



איור 38 - ממוצע גיאומטרי לריכוז העומס האורגני בכניסה וביציאה מהאגנים הירוקים 2018

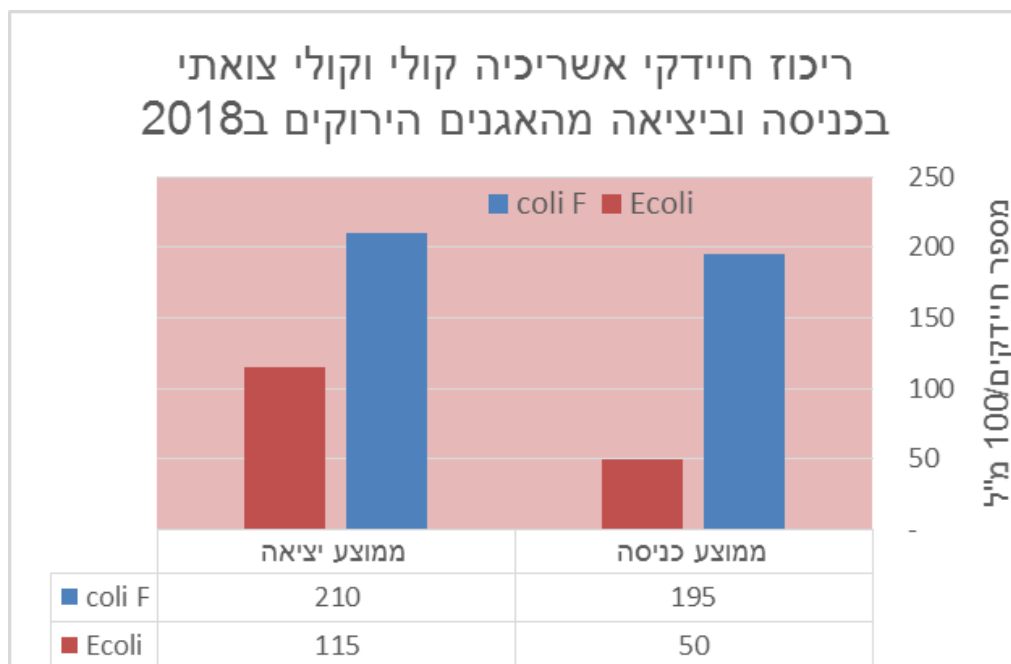
מוצקים מרחפים באגנים הירוקים
ריכוז המוצקים המרחפים (TSS_{105}) המותר להזרמה לנחלים הוא נמוך מ-10 מג"ל. אחד התפקידים המרכזיים של מערכת האגנים הירוקים הוא סינון והרחקת מוצקים מהקולחים. ריכוז המוצקים המרחפים שהוזרם ממת"ש כ"ס/ה"ה ב-2018 היה בממוצע 2.5 מג"ל בכניסה לאגנים ו-2 מג"ל ביציאה מהאגנים (איור 39). הערכים אלו דומים לערכים שנמדדו ב-2017 שהיו בממוצע של 2.9 מג"ל בכניסה וביציאה מהאגנים.



איור 39 – ריכוז המוצקים המרחפים בכניסה וביציאה מהאגנים 2018

חיידקים באגנים הירוקים

ממוצעי מס' החיידקים שנמדדו בכניסה וביציאה מהאגנים היו זהים, 195 ו-210 CFU בהתאמה (איור 40). מס' חיידקי האשריכיה קולי הוכפל ביציאה מהאגנים בהשוואה למס' בכניסה, 50 לעומת 115, אך לא ניתן לקבוע מובהקות בהבדל בגלל מעוט הדגימות ב-2018. ככלל, כאשר מספר החיידקים בקולחים המגיעים ממט"ש כ"ס/ה"ה נמוך הודות לחיטוי יעיל המבוצע ב-UV, מספר החיידקים ביציאה מהאגנים אמור להיות גבוה ממספר החיידקים בכניסה לאגנים. וכך היה בד"כ בשנים קודמות. היות והאגנים "מחזירים" חיים למים המחוטאים כלומר חלה התפתחות טבעית של חיידקים ממקורות טבעיים ולא ממקורות אנטרופוגנים. כאשר לא מבוצע חיטוי תקין במט"ש, או כאשר יש ריבוי חיידקים בקו המוליך מהמט"ש לאגנים, מספר החיידקים בקולחים בכניסה לאגנים, יהיה גבוה ואז יתקיים מצב בו האגנים מפחיתים את מספר החיידקים.



איור 40 - ממוצע גיאומטרי של חיידקי קולי צואתי ואשריכיה קולי בכניסה וביציאה מהאגנים
2018

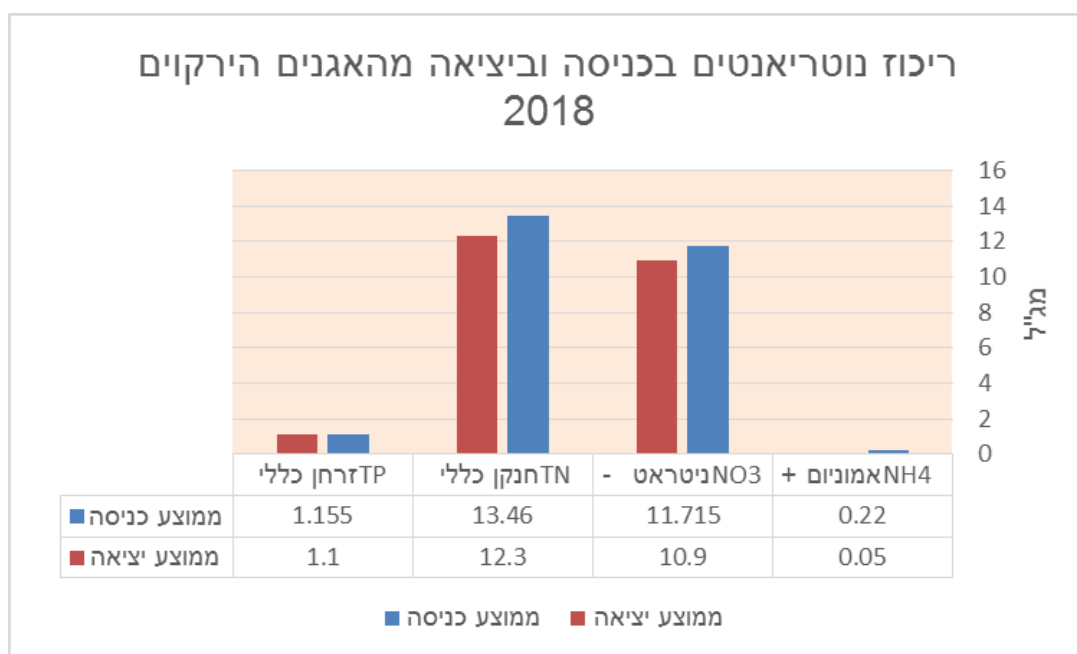
הרחקת נוטריינטים באגנים הירוקים

אמוניה: על פי נתוני בתכנון של האגנים הירוקים, האגנים אמורים להוריד את הריכוז האמוניה ביציאה לערך נמוך מ-1 מג"ל. זאת כאשר ריכוז אמוניה בכניסה לאגנים נמוך או שווה ל-5 מג"ל. ריכוז האמוניה הנדרש על פי תקן ענבר להזרמה לנחלים הוא נמוך מ-1.5 מג"ל. מט"ש כ"ס/ה"ה הינו מט"ש שלישוני. ריכוז האמוניה בקולחים היוצאים מהמט"ש ובכניסה לאגנים הוא בכ"כ נמוך אף מ-0.5 מג"ל ברוב תקופת הניטור ובפועל לא נמדד הבדל בין הריכוז בכניסה

וביציאה. ב 2018 ממוצעים בכניסה וביציאה מהאגנים היו 0.22 ו0.05 מג"ל בהתאמה (איור 41).

ניטראט: מדיניות רשות הנחל קובעת את הכלל כי אין להזרים לירקון מים עם ריכוז ניטראט ($\text{NO}_3\text{-N}$) גבוה מ- 5 מג"ל. על פי נתוני איכות המים בכניסה וביציאה מהאגנים ב2018 היו 12 ו 11 מג"ל בהתאמה.

חנקן כללי: על פי נתוני ועדת ענבר הריכוז הממוצע של חנקן הכללי המותר להזרמה לנחלים הוא 10 מג"ל. ריכוז החנקן הכללי בכניסה וביציאה מהאגנים ב 2018 היה כ13 ו כ 12 מג"ל. זרחן: האגנים הירוקים לא מתוכננים להרחיק זרחן. ריכוז הזרחן הכללי המותר להזרמה לנחלים, על פי תקן ענבר, הוא 1.0 מג"ל. ריכוזי הזרחן הכללי בקולחים שהוזרמו לירקון ב 2018 ממט"ש כ"ס/ה"ה היה במוצע 1.1 ו- 1.1 בכניסה והיציאה מהאגנים בהתאמה.



איור 41 - ריכוז הנוטריינטים בכניסה וביציאה מהאגנים הירוקים 2017

ניתור איכות המים באגם ונחל הדר פארק אקולוגי הוד השרון



קורמורן על אי צף האגם הפארק

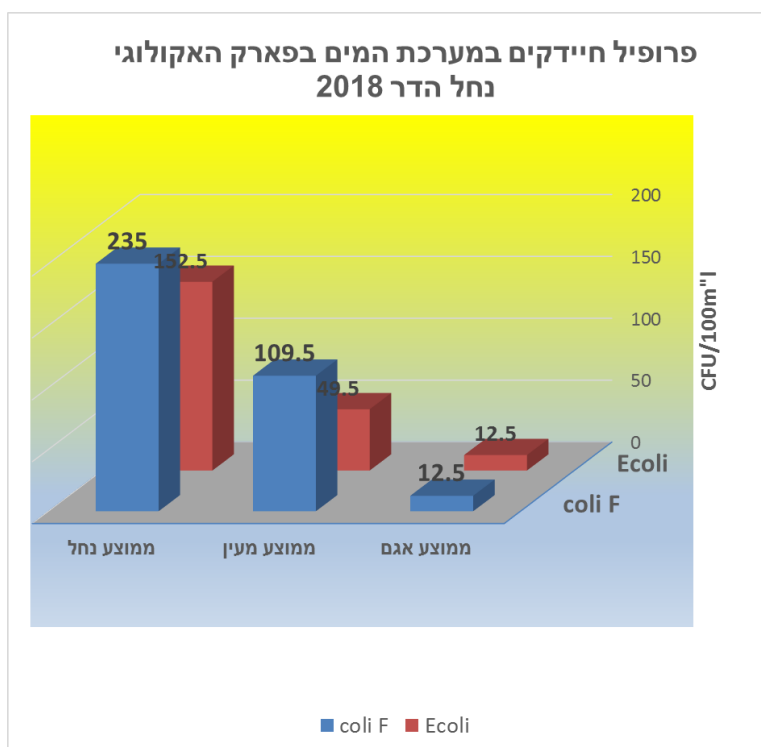
רקע

ליבת הפארק האקולוגי בהוד השרון היא מערכת אקוויטית של אגם מים וקטע נחל זורם. האגם ניזון במי קולחים הנשאבים אליו מקו הזרמת הקולחים המוזרמים מהאגנים הירוקים לירקון. ספיקת הקולחים הנשאבים לאגם היא כ 200 מ"ק/שעה. שטח פני המים באגם הוא כ 27 דונם. עומק המים הממוצע באגם הוא כ 1 מטר. נפח המים באגם הוא כ 27,000 מ"ק. מהאגם נשאבים מי קולחים אל ראש מעיין מלאכותי באפיק נחל הדר והמים זורמים בקטע הנחל באורך של כ 2.5 ק"מ בספיקה של כ 200 מ"ק"ש עד לנחל הירקון. אגם המים הוכשר ומלא במי קולחים אלו מאז שנת 2015 באגם ובנחל התפתחה ומתקיימת אוכלוסיית חסרי חוליות ודגים. כחלק מהמערכת האקולוגית שנוצרה באגם חיים ומבקרים מגוון עופות מים, צבים רכים, צבי ביצה, נטריות, תנים ושואלים.

ניתור איכות המים

מספר פעמים בשנה מבוצע דיגום של איכות מי הקולחים במערכת האגם והנחל. איור 42 מציג את פרופיל חיידקי הקולי הצואתי וחיידקי האשריכיה קולי באגם, במעיין בנחל בדר ובאפיק נחל הדר

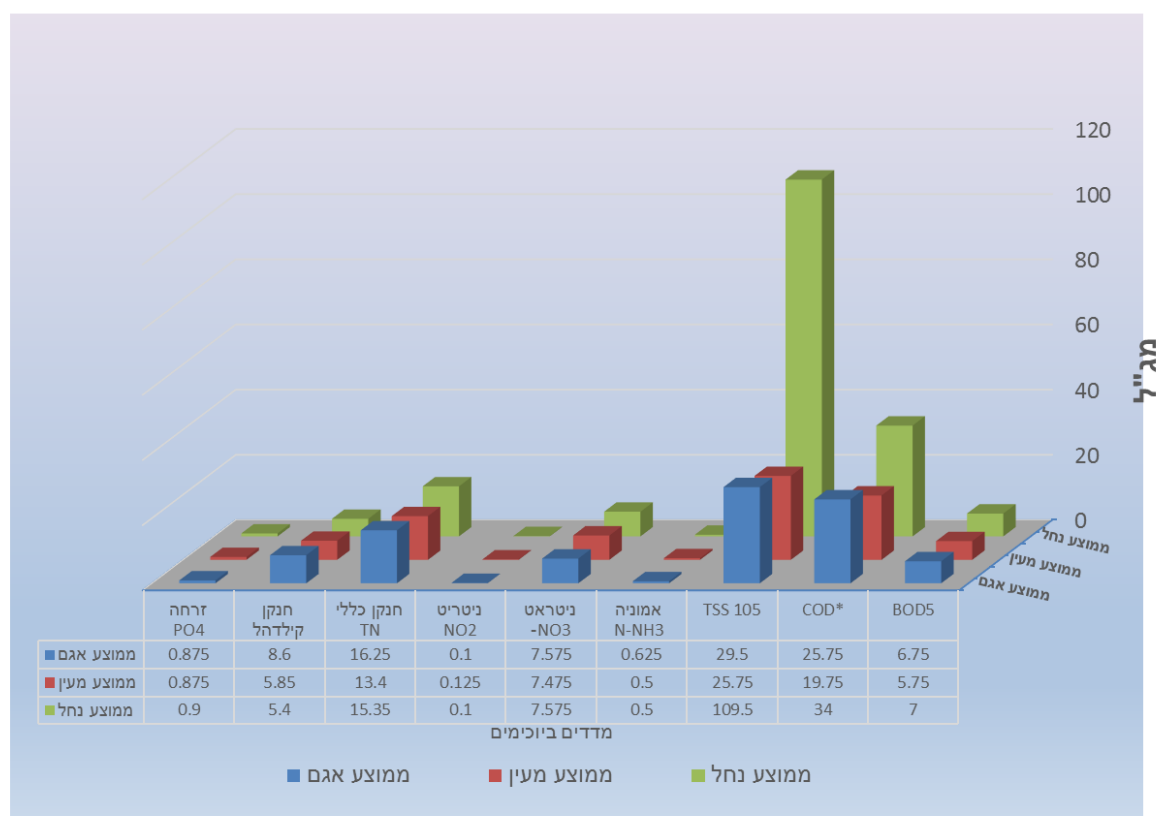
על פי ממוצעי הדגימות שבוצעו ב 2018 נראה כי מתקיימת עקומת התרבות של חיידקים אלו במסלול המים במערכת. התרבות זו צפויה ואופיינית במורד זרימת מים במערכות מים טבעיות.



איור 42 – פרופיל חיידקים במערכת המים בפארק האקולוגי נחל הדר

איור 43 מציג את ריכוז מדדי איכות המים כפי שנמדדו בשלושה מועדים שונים במהלך 2018. ריכוז צריכת החמצן הביוכימית במערכת הפארק עלתה מפחות מ 1.0 ל 6 כ 7 מג"ל בהתאמה. ככל הנראה כתוצאה מפריחת האצות במערכת הפארק. ריכוז המוצקים המרחפים עלה גם הוא בשני סדרי גודל במערכת הפארק בהשוואה למערכת האגנים. בתרכובות החנקן לא נמדד שינוי בין מערכת האגנים למערכת הפארק.

פרופיל איכות המים בפארק האקולוגי נחל הדר 2018



איור 43 – פרופיל איכות המים בפארק האקולוגי נחל הדר 2018

סיכום מצב כמות ואיכות המים בנחל הירקון

כמויות המים - מצב איכות המים בירקון מושפע מכמויות המים והקולחים המוזרמים לירקון לאורך הזמן, באיכויות המים והקולחים המוזרמים לירקון וביחסי המיהול בין המים והקולחים. אל הירקון מוזרמים גם מים באיכויות גרועות וללא היתרי הזרמה, תופעה זו גורמת להרעה באיכות הכללית של המים בירקון וגורמת לכך שניתור איכות המים המבוצע בשיטת חטף, במספר מחזורים בשנה, אינו משקף את האיכות האמתית של מצב המים בנחל. יחד עם זאת, ניתור איכות הקולחים המוזרמים ממפעלי טיהור השפכים (מט"שים) מבוצע בתדירות יום יומית ומאפשר לקבל תמונה אמינה של איכות הקולחים המוזרמים לירקון מהמט"שים. בשנת 2018 בחל לפעול באופן חלקי מט"ש חדש של קולחי דרום שרון מזרחי. המט"ש החל להפיק ולהזרים לירקון קולחים באיכות שניונית. שיפור זה הביא לשיפור מסוים באיכות המים בקטע התיכון של הירקון, החל מחודש מאי בשנה זו. יחד עם זאת, נצפו הזרמות מים לא מתאימים לנחל מכמה מוקדים. מנחל רבה הוזרמו אל הקטע הנקי של הירקון מי נגר מזהמים מאזור תעשייה בתחום כפר קסם. מים אלו סוחררו אל מעלה הירקון במערכת הסחרור של מים בקטע הנקי של הירקון. מאזור פתח תקווה הוזרמו מי נגר עירוניים ביחד עם שפכי תעשייה המכילים ריכוז גבוה של בוץ מינרלי מעבודות הבניה של מנהרות הרכבת הקלה. מאזור רמת גן/בני ברק הוזרמו לעיתים קולחים דרך מערכת הניקוז העירונית. דרך נחל איילון הוזרמו מי השפלת מאתרי בניה ומי קולחים ממעלה נחל איילון. הזרמות אלו גרמו להרעה באיכות המים בקטע התיכון של הירקון ולמעשה פגעו לאורך כל השנה בהתאמת איכות המים בקטע המלוח של הירקון לצרכי שיט עם מגע אקראי.

רוב קולחי מט"ש כ"ס ה"ה מוזרמים אל הירקון לאחר שעברו טיפול נוסף במערכת האגנים הירוקים, חלק מהקולחים היוצאים ממערכת האגנים הירוקים מוזרמים לאגם ולנחל הדר בפארק האקולוגי

בהוד השרון. הקולחים המוזרמים מקיימים מערכת אקולוגית יציבה אשר מהווה מוקד משיכה לחובבי טבע, צפרים ונופשים. כמות קטנה של כ 150 מ"ק/שעה קולחים, מוזרמים ישירות מהמט"ש אל נחל הדס הזרמה זו הביאה להתפתחות מערכת אקוטית התומכת בצמחיית מים, דגה ועופות מים בקטע זה של נחל הדס.

מחקרים וסקרים בנחל הירקון



דגי לבנון הירקון – הושבו לנחל הירקון ב 2006



נאוית כחולה (זכר) – המין הושב לנחל הירקון ב 2015

18 נובמבר 2018

סקר נאווית כחולה במעלה הירקון **מבוא**

- בשנים 2016-2017 שוחררו במעלה הירקון קרוב ל-2,600 פרטים של נאווית כחולה מבריכת האקלום. הפרטים שוחררו באתרים הבאים: 1. במעלה סכר אל מיר (כ-1500 פרטים), 2. בריכת הנופרים ותעלת עינת כ-100 מ' במעלה החיבור לבריכת הנופרים (כ-400 פרטים), 3. האגם המלאכותי מצפון למבצר אנטיפטריס (כ-700 פרטים). פרויקט השבת הנאווית לירקון הסתיים באוקטובר 2017.
- בסוף יולי 2017, כשנה לאחר השחרור הראשון, בוצע דיגום במעלה סכר אל מיר (אתר השחרור הראשי בירקון) כדי לבחון האם התבססה בנחל אוכלוסייה של הנאווית. נלכדו 10 פרטים הכוללים 8 זכרים ו-2 נקבות. הפרטים היו בגדלי ביניים (20-29 מ"מ).
- ביוני 2018 בריכת האקלום של הנאווית הכחולה בגן לאומי ירקון התייבשה למשך כשלושה ימים עקב תקלה. אוכלוסיית הנאווית בבריכה לא שרדה.

ביצוע הסקר - תוצאות

ב-14.11.18 בוצע סקר נאווית כחולה בתחנות במעלה ירקון ובבריכת האקלום ע"י אלדד אלרון וגל הירשלנד כדי לבחון את שרידות האוכלוסייה בנחל. הדיגום נערך באמצעות רשתות יד עם פתח רחב משני סוגים שונים לגריפה של הדגים.

מעלה סכר אל מיר – התחנה הראשונה שנדגמה הייתה מול רציף העץ בשטחים המכוסים ע"י קרנן טבוע סמוך לגדה השמאלית (תמונה 1). עומק עמודת המים בנחל נע בין 0.6 - 0.7

מ' ותשתית הקרקע הכילה בוצ' עמוק ורך וענפי אקליפטוס שהקשו על עבודת הדיגום. סה"כ נלכדו 19 פרטים של נאוויית כחולה הכוללים 6 זכרים 9 נקבות ו-4 צעירים (תמונה 2). הפרטים היו בגדלי ביניים או קטנים (13-32 מ"מ). זכרים ונקבות בגדלים 27-32 מ"מ היו עם סימני היכר זוויגיים בולטים. כל הפרטים שנלכדו הועברו לבריכת האקלום.

תחנה שנייה שנבדקה באל מיר הייתה כ-100 מ' במעלה התחנה הראשונה. צמחיית המים כללה נופר צהוב בלבד ללא קרנן טבוע. לא נתפסו פרטים של נאוויית כחולה.

במעלה סכר אל מיר נתפסו במקביל גם מיני דגים אחרים: לבנון הירקון, אמנון מצוי וגמבוזיה. בנוסף, נצפו פרטים גדולים של שפמנון מצוי. מעניין לציין את הכמויות הגדולות של הסרטן *Neocaridina sp.* שנתפסו ברשתות באזור זה.

בריכת הנופרים ומורד תעלת עינת – נעשה דיגום בשטח רחב של בריכת הנופרים לאורך שתי הגדות וביניהם (תמונה 3). עומק עמודת המים בבריכה נע בין 0.5 - 0.9 מ' ותשתית הקרקע הייתה נוקשה יחסית. צמחיית המים כללה נופר צהוב בצפיפות גבוהה בשלבי התפתחות שונים ולאורך הגדות בעיקר פטל קדוש וקנה מצוי. דיגום נוסף התבצע בתעלת עינת ליד הגשרון כ-100 מ' במעלה החיבור לבריכת הנופרים (תמונה 4). **בשני האתרים לא נתפסו פרטים של נאוויית כחולה.**

בדומה למעלה סכר אל מיר, גם בבריכת הנופרים נלכדו מיני הדגים הבאים: לבנון הירקון, אמנון מצוי, גמבוזיה ושפמנון מצוי (בראייה בלבד). חשוב לציין את כמות הפרטים הגדולה של גמבוזיה שנלכדה באתר זה. בניגוד לאזור אל מיר, בבריכת הנופרים כמות הפרטים של הסרטן *Neocaridina sp.* הייתה נמוכה מאד.

בריכת האקלום – חלק גדול משטח הבריכה מכוסה בנימפיאה לבנה. כמעט ולא נראו פרטים של קרנן טבוע. רוב שטח הגדות מסביב סגור בסוף מצוי. נעשה דיגום ולא נמצאו פרטים של נאוויית כחולה. נתפס פרט יחיד של גמבוזיה. לאחר מכן, שוחררו בבריכה 19 הפרטים שנלכדו בירקון.

מסקנות והמלצות

1. הממצאים במעלה סכר אל מיר מצביעים על המשך התבססות של אוכלוסיית הנאוויית הכחולה באתר זה כחלק מחברת הדגים בנחל כשנה לאחר סיום פרויקט ההשבה.
2. בבריכת הנופרים ומורד תעלת עינת לא נתפסו פרטים של נאוויית כחולה. זהו סימן מדאיג, אך לא ניתן לקבוע שהפרטים ששוחררו לא שרדו. יתכן ובית הגידול אינו מתאים להם והם עברו לאזורים אחרים במעלה הנחל.
3. הממצאים לאורך הפרויקט בבריכת תמסח בתנינים, בבריכת האקלום ובנחל הירקון מצביעים על קשר חשוב בין נוכחות קרנן טבוע לנאוויית הכחולה. הקרנן יוצר סבך של

צמחייה טבולה בגוף המים עם מורכבות מבנית גדולה. סבך זה משמש בית גידול מיטבי לנאווית - שטחים אופטימליים לתחימת טריטוריה ע"י הזכרים, מקום להטלת הביצים ע"י לנקבות ואתר מקלט מטורפים בדגש על הדגיגים לאחר הבקיעה. אין בנחל הירקון צמח טבול או אצה חוטית שיכולים להחליף את הקרנן הטבוע ביצירת בית גידול דומה.

4. כיום המקומות היחידים בירקון בהם מתקיים הקרנן הטבוע הוא במעלה סכר אל מיר (צפיפות גבוהה של פרטים בשטח מצומצם) ונקודה נוספת כ-400 מ' במורד אל מיר (יונתן רז – מידע בע"פ). פרטים של הקרנן הועברו בסוף הפרויקט גם אל האגם מצפון למבצר אנטיפטריס כדי לייצר בתי גידול איכותיים נוספים עבור הנאווית (לא ידוע עם התפתחו שם).

5. מומלץ לבצע בהקדם פרויקט הפצה של הקרנן הטבוע למקומות נוספים במעלה הירקון בשטחי הגן הלאומי. בשלב הראשון – מאזור בריכת הנופרים ועד מאות מטרים במורד סכר אל מיר. כמו כן, חשוב במקביל להעבירו גם לבריכת האקלום ולאגם ליד למבצר אנטיפטריס. ההעתקה של הצמח פשוטה ואפשר מהגדה או באמצעות סירה לאסוף בעזרת מגרפה או ביד ביומסה צמחית גדולה למכלים.

6. כאמור, הועברה כמות פרטים קטנה של נאווית כחולה לבריכת האקלום. מומלץ בקיץ 2019 לדגום את הבריכה כדי לבדוק האם הפרטים שרדו, הגיעו לרבייה ומספרם גדל. זאת ועוד, כדי להגדיל את האוכלוסייה בבריכה ניתן לבצע דיגום נוסף בנקודת התפיסה בירקון ולהביא לבריכה פרטים נוספים.

7. אישוש אוכלוסיית הנאווית בבריכת האקלום תאפשר בעתיד לחזור ולהעתיק פרטים בקלות יחסית לאזורים שונים בנחל הירקון.



תמונה 1. מעלה סכר אל מיר מול רציף העץ. ניתן לראות בצילום חלק מגושי הקרנן הטבוע בנחל. משמאל למעלה עומדים של נופר צהוב. בתחנה זו נלכדו פרטים של נאווית כחולה (14.11.18).



תמונה 2. פרטים של נאוית כחולה שנתפסו במעלה הירקון. למעלה – זכר, למטה – נקבה
(14.11.18).



תמונה 3. ברכת הנופרים



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ ISRAEL OCEANOGRAPHIC & LIMNOLOGICAL RESEARCH LTD.
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון THE YIGAL ALLON KINNERET LIMNOLOGICAL LABORATORY
ת.ד. 447 מגדל 14950, ישראל טלפון: 04-6721444; פקס: 04-6724627 E-mail: kil@ocean.org.il P.O.B. 447, MIGDAL 14950, ISRAEL

**הכנת תשתית מדעית לביצוע ניטור שוטף ארוך טווח בנחל הירקון
דו"ח ביניים - מוגש לרשות הירקון באוגוסט 2018**

במימון משותף של "רשות הירקון" ו"המכון לחקר ימים ואגמים לישראל".

T14/2018

אוגוסט 2018

ריכוז הדו"ח : דר' עמי נשרי

משתתפים: אלה אלסטר, ניר קורן, בני סולימני, אדית ליבוביץ, מיקי שליכטר, ריקי פנקס,
דיתי וינר-מוציני, חמי מלינסקי-רושנסקי, שירה ניניו, גדעון גל, ירון בארי-שלווין ופלג אסטרון

תקציר

נחל הירקון שזורם מערבה לכיוון הים התיכון עשוי שלוש קטעים שהם שונים באפיים ובסוג המים בהם. מעלה הנחל במזרח מקבל את מימיו משאיבת מים מתוקים מהאקוויפר הטורוני, למרכז הנחל מתווספים קולחים בספיקה משמעותית ואילו מערב הנחל, שהוא החלק האסטוארי שלו, מושפע גם מכניסות ממערב של מי ים תיכון. מטרת הסקר הנוכחי היא לימוד אספקטים שונים באקולוגיה של מערכת זו שמושפעת מכניסות הקולחים וזאת על מנת להביא לתכנון מושכל של ניטור ארוך טווח של איכות המים בנחל. בתקופות גשם ניקוז אגן ההיקוות מביא לספיקות מוגדלות של המים בנחל וכאשר כמות המשקעים עוברת סף מסוים האסטואר מתמלא במים מתוקים שדוחקים החוצה את מי הים. בהמשך כאשר כניסת המים "המתוקים" לאסטואר קטנה ונעשת כמעט קבועה (כ- 30.000 קו"ב ליממה) מתפתח באסטואר שכוב הליני. לאורך מרבית השנה ולאורך כל החלק האסטוארי של הנחל מובחנות 3 שכבות עיקריות: שכבה עליונה "מתוקה" שמצויה בין פני המים לעומק של בערך 0.6 מ' ומכילה בין 5 ל- 30% מי ים, שכבה אמצעית (שכבת ההלוקלינה שמצויה בערך בין 0.6 ל-1.2 מ') שמתאפיינת בגרדיאנט מליחות חריף עם עליה במליחות ובצפיפות כלפי מטה. גרדיאנט זה מבטא פרופורציות משתנות של מי ים ומים מתוקים. שכבה תחתונה (מתחת לבערך- 1.2 מטר) שכולה או רובה מכילה מי ים (בין 95 ל-100%). כניסת מי הים לשכבה התחתונה נובעת מגאות הים ואילו מקור עיקרי של מי הים בשכבת ההלוקלינה הוא כפי הנראה פעילות גלים. באזור המפגש בין הים לאסטואר הגלים שמוסעים מזרחה גורמים לערבוב לוקלי של מי ים עם מי השכבה העליונה שמוסעים בכיוון הפוך. בהמשך התערובת שנוצרת מוסעת מזרחה עם הגלים ומתמקמת באסטואר בעומק עמודת המים שתואם את הצפיפות שלה. עומק זה מצוי לרוב בתוך ההלוקלינה. באסטואר, מעבר להסעה אופקית זו, מתרחשים גם תהליכי ערבוב אנכיים שנובעים מחיכוך בין שכבות שנעות במהירויות שונות ולעיתים גם בכיוונים שונים. כך לדוגמא אנו סבורים שמעט המים המתוקים שמצויים בחלק העליון של השכבה התחתונה הם תוצר של חיכוך וערבוב בין בסיס ההלוקלינה לבין השכבה שמכילה אך ורק מי ים שמתחתיה. ריכוזי החמצן בשכבה התחתונה מוכתבים ע"י המאזן שבין כניסות חמצן במי ים רוויי חמצן מהמערב לבין צריכת חמצן מקומית כתוצאה מרספירציה של חמרים אורגניים בקרבת הקרקעית. מצאנו שמאזן זה משתנה לאורך האסטואר, באזור שליד הים ריכוזי החמצן בשכבה זו קרובים יותר לרוויה ואילו מזרחה בעומק האסטואר הריכוזים נמוכים יותר ותתכן שם גם אנוקסיה. ממצא זה תואם את הרעיון שהחמצן שבמי הים שנכנסים לשכבה התחתונה מתכלה בחלקו כתוצאה מאינטראקציה עם הקרקעית העמוקה תוך כדי הזרימה מזרחה. אבל יתכן שהוא נובע גם מעדיפות בשיקוע החמרים האורגניים באזור המפגש שבין "הנחל" לאסטואר. המפתח להבנה טובה של הפיסיקה של האסטואר ומכאן לתהליכים כגון צריכת חמצן ע"י הקרקעית או בגוף המים או גורל החיידקים הנכנסים ממזרח הוא מדידת מהירות וכיוון התנועה של שכבות המים השונות.

מקורות הזיהום במעלה הנחל מחדירים אליו הן חלקיקים אורגניים שאל חלקם קשורים חיידקים פקלקוליים והן נוטריאנטים מומסים. במשטר התפעול הנוכחי של הירקון קיימת במשך השנה וריאביליות של כ-4 סדרי גודל בריכוזי האינדיקטורים לחיידקים פקלקוליים. בחלק ניכר של השנה ריכוזי האינדיקטורים הם בסדר גודל של אלפים ועשרות אלפים (ל-100 מ"ל מים) ומאידך בתקופות גשומות

שמתאפיינות בניקוז עירוני וחקלאי מסיביים ולעיתים גם בהצפה של מתקני הטיפול בקולחים רכוזי האינדיקטורים עולים לסדר גודל של מאות אלפים ולעיתים אף מיליונים. לדוגמא לאחר גשם (30 מ"מ) שירד ב-24-25 לדצמבר 2017 על אגן ההיקוות מספרי הפקלקולים בתחנות שבמרכז הנחל הגיעו לריכוז של כ-2 מיליון (ל-100 מ"ל). הפירוס העיתי והמרחבי של האינדיקטורים מצביע על האפשרות שבחורף חלקם הגדול שוקע לקרקעית עם היכנסם לחלק האסטוארי של הנחל. גורל האינדיקטורים בתקופת השכוב הוא פחות ברור.

במעלה הנחל מגוון קטן יחסית של מיני פיטופלנקטון ומאידך באסטואר, בעיקר בקרבת הים, המגוון גדול בהרבה. באסטואר נמצאות גם אצות ימיות, בעיקר בשכבה התחתונה, אולם איננו יודעים מהי מידת פעילותן במערכת הסמי מתוקה שמאפיינת את השכבה העליונה הפוטית. הפעילות של פיטופלנקטון בנחל היא מירבית באביב ובתחילת הקיץ (כנראה אפקט תרמי) וכללית היא והולכת ומתגברת לכיוון מערב. ניתן להוכיח שפעילות זו נתמכת בעיקר ע"י נוטריאנטים מומסים שמגיעים מהמקורות שבמעלה הנחל. עד לכניסה לים התיכון חלק ניכר מהניטרט והזרחן המומס שמוחדרים מאתרי הקולחים לשכבה העליונה נצרך ע"י פיטופלנקטון. לייצור ראשוני זה השפעה ברורה על ריכוז החמצן (ועל רמות ההגבה) בשכבה זו שהוא לעיתים גבוה מ-100% רוויה. אבל לעיתים כאשר ריכוזי החמרים האורגניים החלקיקיים והמומסים ממקור אלוטוני (= ממקורות הקולחים) היו גבוהים במיוחד מצאנו גם עדויות לריכוזי חמצן נמוכים וליצור מוגבר של CO₂ (ערכי pH נמוכים) בשכבה זו. זאת כפי הנראה תוצאה של הרחפה מחדש של חומרים אורגניים מהקרקעית הרדודה. האפקטים של ההרחפה על השכבה התחתונה באסטואר עוד יוחר חריפים ובחלקו המזרחי גורמים לעיתים לאנוקסיה. איננו יודעים כרגע מהם התנאים הפיזיקליים שבהם מתרחשת ההרחפה.

מטרת העבודה

המטרה העיקרית של עבודה זו הייתה לאסוף מידע בתדירות חודשית למשך שנה שיהווה בסיס לתכנון מושכל של ניטור שוטף ביולוגי-כימי ופיזיקלי ארוך טווח של הירקון. מידע זה אמור לזרוע אור על מנגנונים אקולוגיים שונים בנחל שאליהם צריך להתייחס בתכנון ניטור יעיל. למנגנונים אלה השפעה על גורלם של חידקים פקלקוליים שמוחדרים לנחל עקב כניסת קולחים, על התפתחות אצות בנחל וכמוכן על משטר החמצן בשכבה התחתונה של האסטואר. אלה הם הבטים קריטיים לאיכות המים בנחל והבנה טובה שלהם דורשת גישה הוליסטית ביולוגית-כימית סדימנטולוגית ופיזיקלית.

הקדמה

כיום מקור המים לירקון הוא תערובת של 3 מקורות: 1. מים מתוקים שנשאבים מהאקוויפר הטורוני באזור ראש העין (אזור A) שהספיקה שלהם בסדר גודל של בין 1000 ל-1500 קו"ב שעה, 2. קולחים שרמת הטיפול הרצנטית בהם איננה מספקת והם מוחדרים לנחל בחלקו האמצעי (אזור B) ושהספיקה הטיפוסית שלהם דומה לזו של המים המתוקים שבמעלה, ו- 3. מי ים תיכון שחודרים לנחל ממערב לאסטואר (אזור C) ושהספיקה שלהם איננה ידועה

ומכאן גם שזמן השהות שלהם איננו ידוע. מקורות הזיהום מביאים לנחל חיידקים פקלקולים, חלקיקים אורגניים ונוטריאנטים מומסים. אלה מהווים ישירות או בעקיפין מפגעים פוטנציאליים לאוכלוסיה שגרה בשכנות או משתמשת בנחל או בחוף הים התיכון לצרכים שונים.

החלק האסטוארי של הנחל הוא אותו אזור שמתפרש בין חוף הים התיכון לבין המקום שקרוי שבע הטחנות (תחנה B7) ואורכו כ-4.5 ק"מ האסטואר מושפע מכניסות ויציאות של מי ים ומאופיין בשכוב מליחות ואי לכן של צפיפות. גורלם של מרכיבי הקולחים באזור זה של הנחל איננו ידוע. לדוגמא החיידקים הפקלקוליים עשויים להיות מוסעים מערבה לים התיכון, להטריף ע"י יצרנים משניים, לשקוע תוך סדימנטציה לקרקעית, ו/או להכחד עקב אי התאמה לתנאי המליחות ו/או לטמפרטורה שבאסטואר. לפאזות החלקיקיות המובאות מהמעלה סיכוי טוב לשקוע לקרקעית האסטואר בגלל הפחיתה האינרנטית במהירות הזרם בשכבה העליונה כתוצאה מהגידול בשטח חתך הנחל שבניצב לכיוון הזרימה. לשיקוע זה עשויות להיות השלכות על מאזן החמצן בשכבה התחתונה של האסטואר. מאידך נוטריאנטים שמקורם במעלה הנחל ו/או בקולחים עשויים להוות מצע גידול לאצות בפני המים או להפלט ישירות לים התיכון. בסקר הנוכחי בדקנו מספר רב של פרמטרים שהם רלוונטיים להבנת המערכת אקולוגית זו ברמת פירוט שאנחנו מקוים שתהווה בסיס מוצק לניטור ארוך טווח שלה.

שיטות דגום ואנליזה

העבודה הנוכחית החלה בשלהי אוקטובר 2017 ועד עתה היא בוצעה במתכונת של ניטור חודשי של פרמטרים שונים לאורך תוואי הנחל ובעיקר בחלק האסטוארי שלו. הניטור כלל:

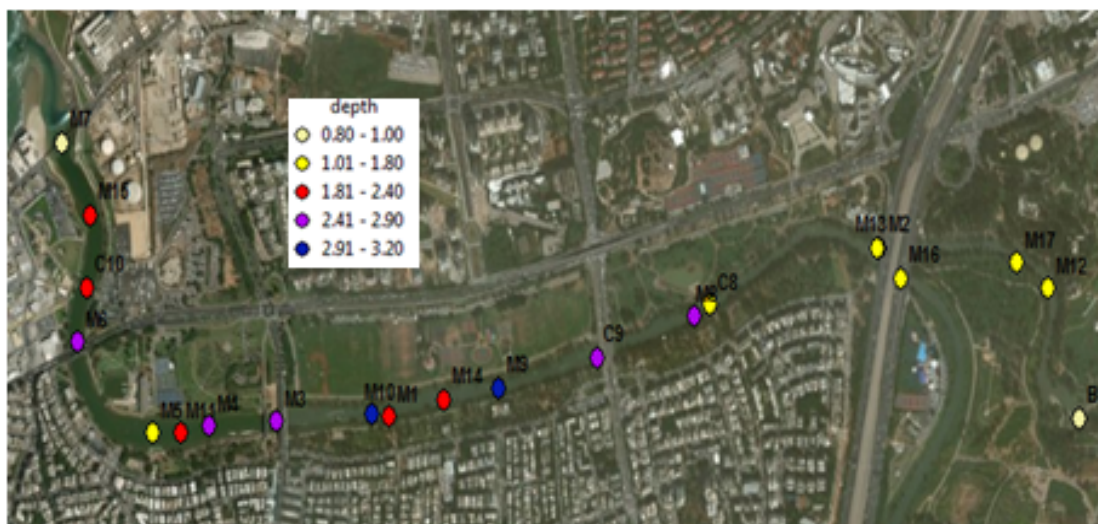
פרמטרים ביולוגיים: כלורופיל, פיטופלנקטון, סמנים לזיהום חיידקי ממקור פקלי.

פרמטרים כימיים: יונים עיקריים (major ions), נוטריאנטים ובהם צורנים חלקיקיים ומומסים של חנקן וזרחן וכמו כן חמצן ו-pH.

דיגום פיזיקלי: טמפרטורה ומוליכות חשמלית שמהם חושבה הצפיפות הסגולית של המים. המכשיר שבו אנו משתמשים לניטור in-situ של פרמטרים אלקטרוניים הוא ה-MANTA מודל SUB3 מתוצרת Eureka. מכשיר זה עשוי אגד של סנסורים שמאפשרים מדידה של פרופילי עומק במים תוך קבלת אינפורמציה מידית ביחס לפרמטרים הבאים: מוליכות חשמלית (דהיינו מליחות), טמפרטורה, אחוז רוויה של חמצן (שמתוכו מתקבל ריכוז החמצן במג"ל בהנחה שאלו מים מתוקים!) רמת הגבה (pH) ועכירות. מתוך האינפורמציה לגבי המליחות והטמפרטורה חישבנו בהמשך את הצפיפות הסגולית. באסטואר נמדדו פרופילים אנכיים של פרמטרים אלו באינקרמנטים אנכיים של 20 ס"מ מתוך סירה שעצרה בתחנות שונות במרכז הערוץ. כך לדוגמא בתחנת אסטואר שעומק עמודת מים בה הוא 220 ס"מ נלקחו 11 דגימות MANTA ואילו באזורי A ו-B נדגמו רק מי שטח.

הדיגום לפרמטרים המעבדתיים, הכימיים והביולוגיים כלל מי שטח ובאסטואר גם מי עומק (בקרב הקרקעית). האנליזות בוצעו במעבדה לחקר הכינרת בטכניקות סטנדרטיות (Standard methods). לאורך הנחל נקבעו 10 תחנות ראשיות שבהן: 2 במעלה הנחל – באזור A, מעיינות ראש העין כולל שאיבה מהטורון (A1) ותחנת נווה ירק (A2): 5 במרכז הגאוגרפי של הנחל באזור B שחלקו מושפע מכניסות קולחים (מודגשות): B3- גשר פרוחיה, B4 כניסת רמת השרון, **B5-** גשר גהה מערב, **B6-** תחנת 10 הטחנות ו-B7 תחנת שבע הטחנות: באזור האסטואר (ראה איור 1) עוד 3 תחנות: C8 גשר בבלי, C9 גשר נמיר ו-C10 גשר התערוכה. במהלך הדיגום התקבל מידע ממכשיר ה-MANTA והתברר לעיתים צורך בהגברת רזולוציית הדיגום באסטואר תוך הוספת תחנות ביניים שקיבלו את הקידומת M. בדיגום הראשון של אוקטובר 2017 נדגמה B7 מעל ל"מדרגה" דהיינו בקצה המערבי של אזור B שהמים בו רדודים יחסית אולם בדיגומים שבאו לאחר מכן היא נדגמה מתחת ל"מדרגה" (מרחק של כ-10 מטר)- דהיינו בקצהו המזרחי של האסטואר (אזור C) אבל היא נשארה מסומנת כ-B7. הדיגום לחיידקים פקלקוליים הצריך מאמץ לוגיסטי מיוחד מכיוון שהדוגמאות הובאו למעבדה לטיפול ראשוני עוד ביום הדיגום.

הדיגום לפיטופלנקטון וכלורופיל וכמוכן האנליזות שקשורות בהם בוצע בטכניקות לימנולוגיות סטנדרטיות אולם מפאת כמות העבודה הגדולה הנדרשת לאנליזה כמותית של פיטופלנקטון הסתפקנו רק בזיהוי חצי-כמותי של ריכוזי האצות בהתאם למפתח הבא: 1. תאים בודדים, 2. נדיר, 3. נפוץ, 4. תכוף, 5. תכוף מאוד, 6. פריחה.



איור 1: צילום מיקום תחנות הדיגום באסטואר (באיור זה לא מופיעות התחנות שבאזורי מעלה הנחל). אזור כניסת מי הקרור מרדינג מצוי בקצה השמאלי העליון של הצילום, מעל לגשר ווקוף (M7). סקלת הצבעים המצורפת מספקת אינפורמציה כללית בלבד לגבי העומק של מרכז הערוץ (במטר).

אצות וכלורופיל בירקון

דוגמאות שריכוזי האצות בהם דורגו 3, 4, ו-5 מופיעים בטבלה 1, שמסכמת את שכיחותם, והם סומנו בצבעים: צהוב (אצות של מים מתוקים) ירוק (אצות ימיות). אצות ימיות מהסוגים *Pseudo-nitzschia* sp ו- *Gyrodinium* sp נמצאו רק בחלק האסטוארי של הנחל ושם בעיקר בשכבה התחתונה (d) שרמת המליחות בה היא של מי ים או קרובה לכך. אולם ב-2 מקרים הם נמצאו גם בשכבה העליונה (u) שעשויה מתערובות של מי נחל עם מי ים. הפרוט של כלל האצות שזוהו בנחל, כולל אלה שדורגו בשכיחות נמוכה 1 ו-2 מצוי בנספח 1 לדו"ח זה.

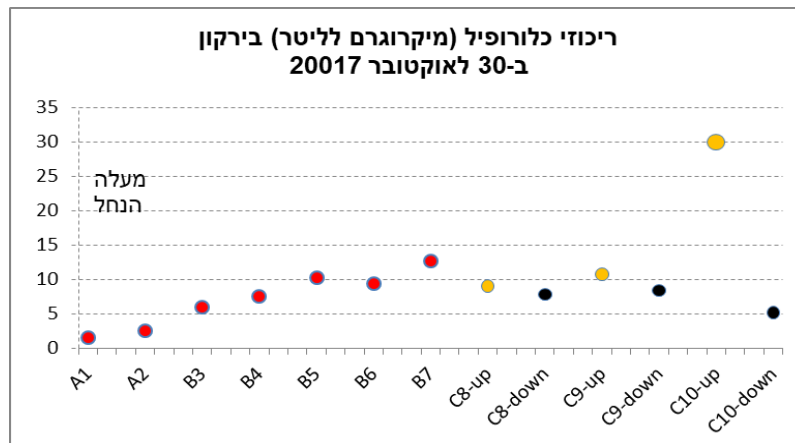
טבלה 1: אצות נפוצות בירקון. בטבלה זו נכללים רק מינים ששכיחותם שווה או גדולה מדרוג 3 (להוציא את המקרה של *Pseudo-nitzschia* sp. בתחנה C8u). בצהוב אצות של מים מתוקים בירוק אצות ימיות.

Date	Station	Species	Division	Grade	מופץ
30/10/2017	B4	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	4	אצה ירוקית מים מתוקים
30/10/2017	B6	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
30/10/2017	B7	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8u	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Diatoms	3	מים מתוקים
31/10/2017	C8u	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Diatoms	2	אצה ימית
31/10/2017	C8u	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8u	<i>Cryptomonas</i>	Cryptophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8d	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Diatoms	5	אצה ימית
31/10/2017	C8d	<i>Cryptomonas</i>	Cryptophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8d	<i>Gyrodinium</i> sp.	Dinoflagellata	3	אצה ימית
31/10/2017	C9u	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C9d	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Diatoms	3	אצה ימית
31/10/2017	C10u	<i>Chroococcus</i> sp.	Cyanophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10u	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Diatoms	3	אצה ימית
31/10/2017	C10u	<i>Ankyra</i>	Chlorophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10u	<i>Chlamydomonas</i>	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10u	<i>Crucigenia fenestrata</i>	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10u	<i>Monoraphidium contortum</i>	Chlorophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10u	<i>Cryptomonas</i>	Cryptophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C10d	<i>Chaetoceros</i> sp.	Diatoms	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10d	<i>Nitzschia closterium</i>	Diatoms	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10d	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	Diatoms	4	אצה ימית
12/02/2018	M16	<i>Actinastrum aciculare</i>	Chlorophyta	5	ירוקית מים מתוקים
12/02/2018	B7u	<i>Euglena proxima</i>	Euglenophyta	4	מים מתוקים

באזור B שבמעלה הנחל בלטה בשכיחות גבוהה יחסית כלורופיטה מסוג *Crucigenia fenestrata*. אצה ירוקית זו הייתה גם שכיחה בשכבה העליונה של האסטואר. כללית האסטואר הכיל מגוון גדול יותר של אצות, כולל אלה של מים מתוקים ואצות ימיות. התחנה שהיא קרובה יחסית לחוף הים (C10) מתאפיינת בשכיחות גבוהה במיוחד של כלורופיטה, דיאטומיאות, ואאגלונופיטה, הן ממוצא ימי והן של מים מתוקים.

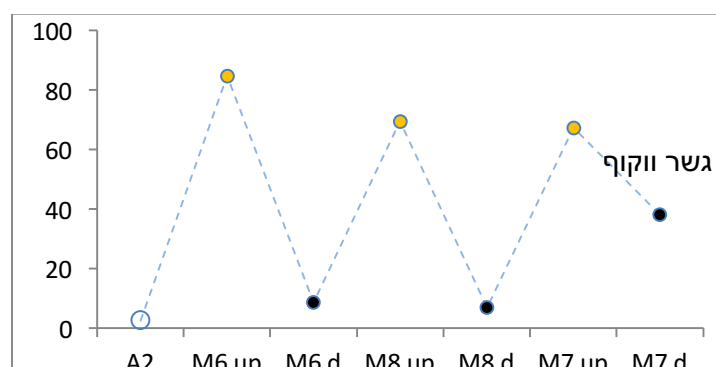
רכוזי כלורופיל

בסתיו (30 לאוקטובר 2017) ריכוזי הכלורופיל במעלה הנחל, בתחנות ראש העין (A1) ונווה ירק (A2) היו נמוכים במיוחד (איור 2) ואילו בשאר אזורי הנחל הם היו בינוניים ובסדר גודל של 10 מיקרוגרם לליטר. רק בפני המים בתחנה גשר גשר התערוכה (C10) הקרובה לים, נמצאו רמות כלורופיל גבוהות יחסית. בתקופה זו ריכוזי הכלורופיל בשכבה התחתונה של האסטואר היו נמוכות מאלו שבשכבה העליונה.



איור 2: ריכוזי כלורופיל בסתיו (30 לאוקטובר 2017) במעלה הנחל ובאמצעו (אדום), בפני המים באסטואר (כתום) ובקרקעית האסטואר (שחור).

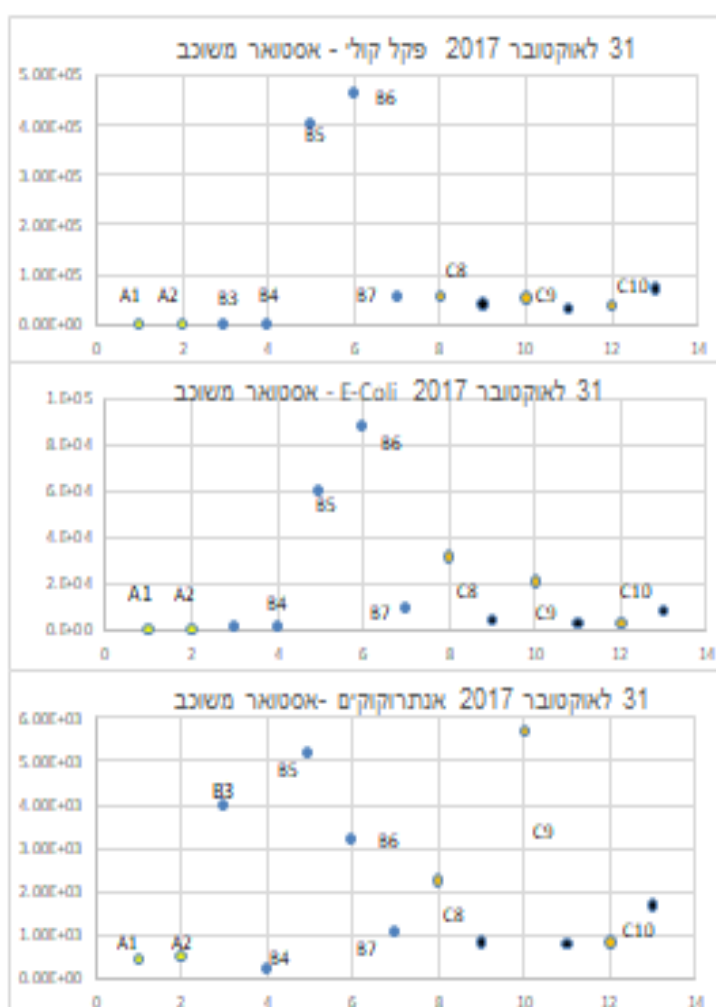
באביב מאידך ריכוזי הכלורופיל (איור 3) במי השכבה העליונה בתחנות M6 ו-M8 ו-M7 היו גבוהים, בסדר גודל של 60-80 מיקרוגרם לליטר. M6 סמוכה לגשר איילון, M8 מול מרפסת "ארץ ישראל יפה" ואילו M7 היא תחנת גשר ווקוף. להוציא את M7 ריכוזי הכלורופיל בשכבה התחתונה היו נמוכים במיוחד.



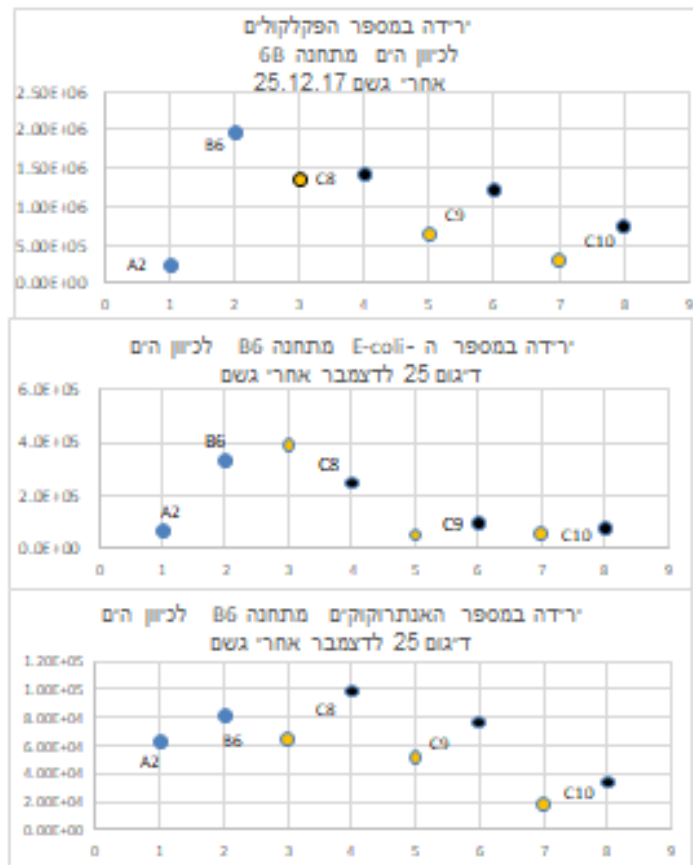
איור 3: ריכוזי כלורופיל (מיקרוגרם לליטר) לאורך הנחל ב-23 לאפריל 2018: עגול ריק מעלה הנחל, כתומים מי שטח באסטואר, שחורים מי קרקעית.

אינדיקטורים לחיידקים פקלקוליים

B5 ו- B6 הם התחנות שבהן זוהה זיהום בקטריאלי וכימי ניכר (טבלה בנספח 2 לדו"ח). מספרי האינדיקטורים לחיידקים צואתיים משתנים ותלויים כנראה בעיקר בספיקות הקולחים הבלתי מטופלים. בתקופת השכוב מספרי האינדיקטורים במרבית חלקי הנחל הם בסדר גודל של אלפים ועשרות אלפים. אולם מיד לאחר הגשם של 24-25 לדצמבר 2017, שבו ירדו באגן ההיקוות בערך 30 מ"מ גשם, נמצאו מספרי אינדיקטורים גבוהים ביותר שהגיעו בתחנות B5 ו-B6 לס.ג. של מיליונים. גם בתחנות מעלה הנחל (אזור A), שם לא צפויה כניסה ישירה של קולחים ממקור אנושי נמצאו בזמן הגשם מספרי אינדיקטורים בסדרי גודל של מאות אלפים, מקורם אולי בצואת בעלי חיים שמפוזרת על פני שטחים חקלאיים ונסחפת לנחל בזרימות מי שטח ואולי גם חלחול מטה למי תהום טורוניים של מי גשם באזורים חקלאיים ועירוניים.



איור 4 : ריכוזי פקלקוליים (ל-100 מ"ל) באוקטובר 2017 לאורך הנחל. הסיבה לירידה שנצפתה ב-B4 איננה ברורה. באסטואר מי שטח עגולים כתומים ואילו מי שכבה תחתונה עיגולים שחורים.



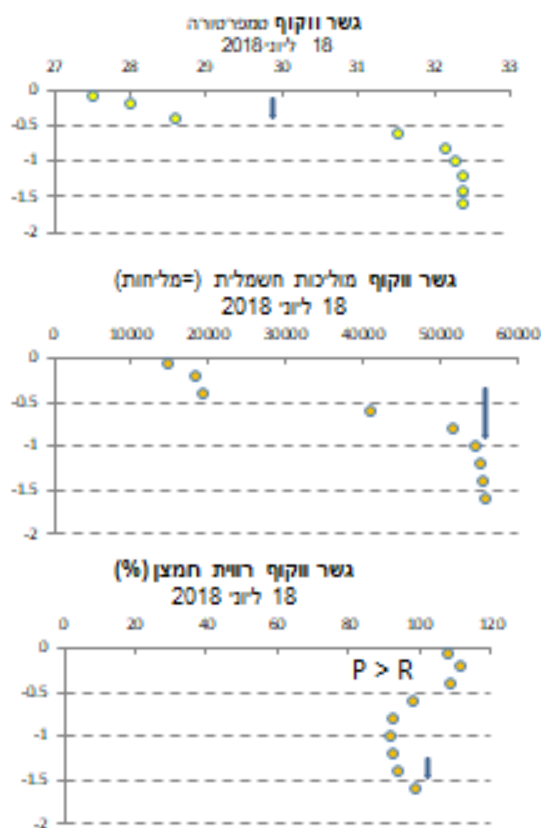
איור 5: תפוצת הפקלקולים (ל-100 מ"ל) לאורך הנחל מיד לאחר גשם חזק באזור אגן ההיקוות (כ-30 מ"מ) ב 24-25 לדצמבר 2017 כאשר האסטואר מלא במים מתוקים ואיננו משוכב. עגולים כתומים שכבת פני האסטואר ושחורים בקרבת הקרקעית. החלק הלא אסטוארי של הנחל מסומן בעגולים כחולים.

בתקופת הגשמים יש יותר חיידקים פקלקוליים בקרבת הקרקעית של האסטואר מאשר בשכבה העליונה וכללית תפוצתם (בעקר באסטואר) קטנה לכיוון הים (איור 5). באוקטובר בתקופת השכוב הסתוית מספרי הפקלקוליים גבוהים בתחנות B5 ו-B6 ונמוכים יחסית בשתי השכבות של האסטואר.

MANTA ב- המדידות

בדוח הביניים הנוכחי בחרנו להציג פרופילים של תוצאות מדידות אלה במספר מצומצם של תחנות. תחנה מסקרנת במיוחד היא תחנת גשר ווקוף (M7) שמצויה קרוב לכניסה הימית לאסטואר (איור 1) ואילו תחנה טיפוסית למרכז האסטואר היא תחנת גשר נמיר

(C9 באיור 1). הפרמטרים שמוצגים באיור 6 הם המוליכות החשמלית שמסמלת את המליחות, הטמפרטורה, הרוויה בחמצן, רמת ההגבה (pH) והצפיפות המחושבת מתוך נתוני הטמפרטורה והמליחות.

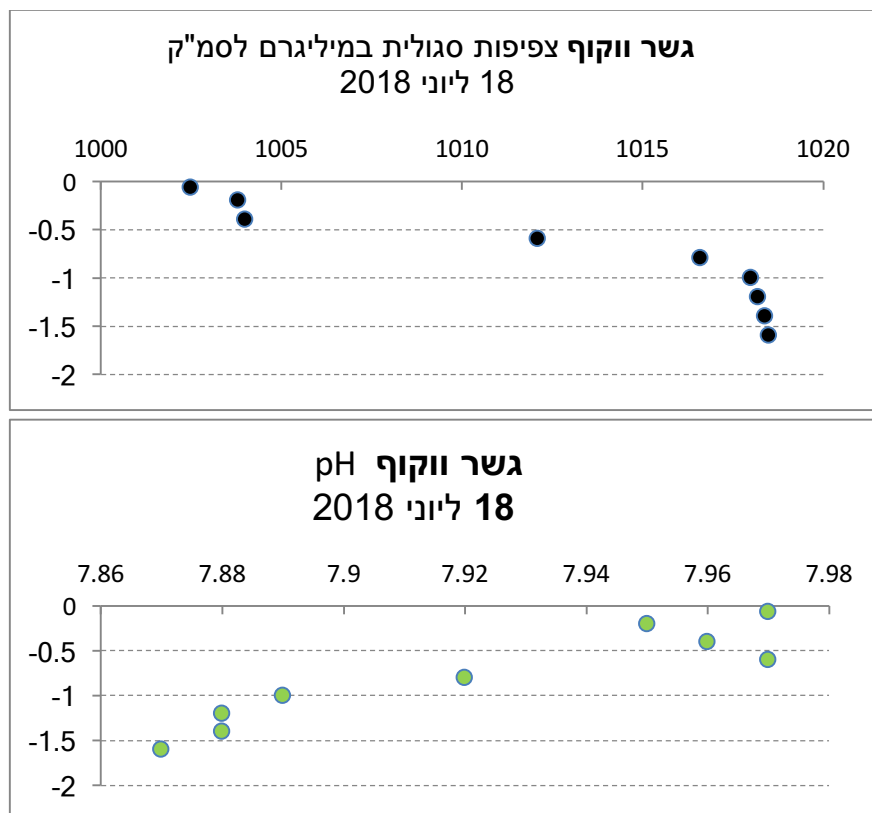


איור 6: פרופילי MANTA של טמפרטורה מוליכות חשמלית ורוויה לחמצן בגשר ווקוף ב- 18 ליוני 2018

הטמפרטורת הטיפוסית של פני מי הים התיכון ביוני היא בסביבות 26 מעלות צלסיוס (ראה איור 12 שבנספח המצ"ב). טמפרטורת מי הים בשכבה התחתונה בכניסה לאסטואר (איור 6) היא 32.5°C גבוהה מטמפרטורת הים התיכון בשעור ניכר וכמוכן היא גבוהה גם משל מי השטח בנחל (איור 6), שהטמפרטורה בהם מוכתבת ע"י טמפרטורת האוויר. תופעה זו נובעת מכך שתחנת הכוח רדינג שואבת מי ים תיכון מאזור קו החוף שממערב לה, "משתמשת" במים אלו לקירור הטורבינות (תוך חימום) ולאחר מכן מפנה את מי הים המחוממים משהו (אינקרמנט של כמה מעלות) דרומה לאזור שמצוי בקצה האסטואר בין גשר ווקוף לבין חוף הים. להפרש הטמפרטורה שבין מי הים המחוממים ברדינג לבין מי ים "רגילים" ו/או מי הנחל אנו מתייחסים כ "חום עודף" Excess heat. בכדי לאתר מסלולי זרימה של מי ים בתוך האסטואר בעבודה הנוכחית השתמשנו בתכונה זו, יחד עם נתונים שאספנו במקביל לגבי ריכוזי החמצן והמוליכות החשמלית.

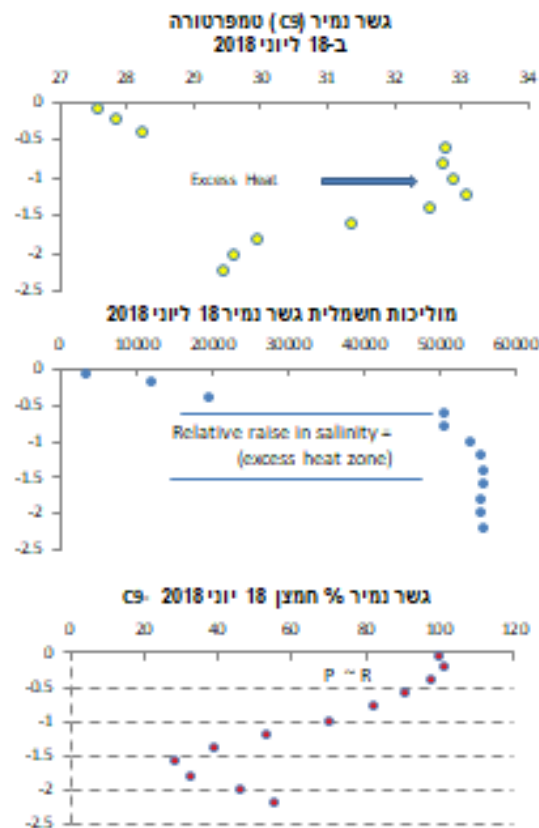
מהפרופיל התרמי (איור 6) ברור שבגשר ווקוף החום העודף מתרכז בשכבה התחתונה אולם הוא מצוי גם בשכבה העליונה. מליחות השכבה התחתונה היא של מי ים (או בקרבתה) וריכוז החמצן בה קרוב לרוויה ואלה הן תכונות שניתן לצפות להם ממי ים שזה מקרוב נפלטו כמי קירור. בשכבה מעל (0.6 מטר העליונים) שבה 70% מהמים הם מי נחל "מתוקים" ו-30% מי ים הטמפרטורה אמנם נמוכה יותר אולם היא עדיין מעידה על Excess heat, וריכוז החמצן בה הוא בעל רוויה. אלה הן תכונות של תערובות שמכילות מי קרור עם מי נחל ושהפעילות הפוטוסינתטית בהם נמרצת ביחס לנשימה ($P > R$).

פרופיל הצפיפות הסגולית המחושבת (איור 7) מצביע על גידול בצפיפות עם העומק דהיינו אינדיקציה לעמודת מים יציבה שאיננה נוטה להתערבב. פרופיל רמת ההגבה (pH) מתפרש אמנם רק על 0.12 יחידות pH כאשר במי השטח הרמה גבוהה יותר וגם זה מהווה אינדיקציה לפעילות ביולוגית נמרצת בפני המים.



איור 7: צפיפות מחושבת ורמת הגבה בגשר ווקוף ב-18 יוני 2018

הדוגמא השניה לתוצאות המדידות ב- MANTA שמובאת כאן היא מגשר נמיר (איור 8)



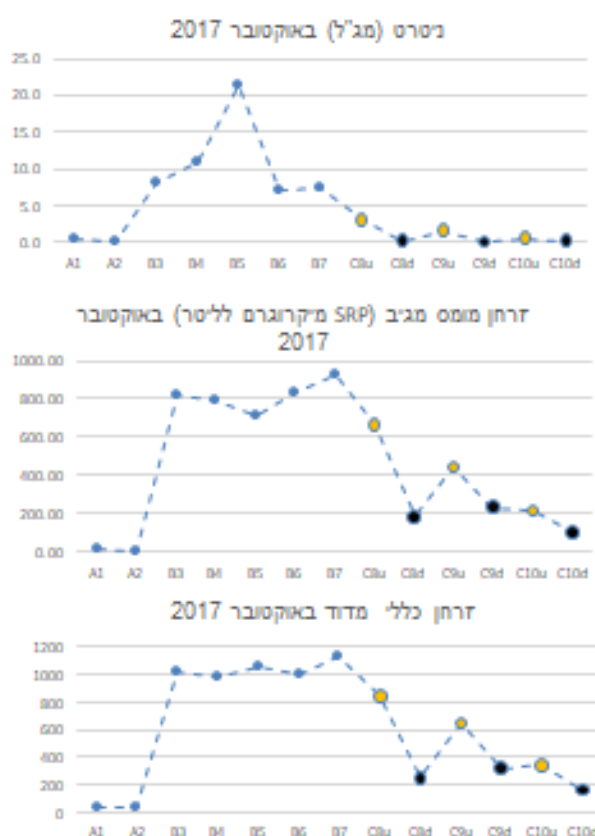
איור 8: פרופילי טמפרטורה (למעלה), מוליכות חשמלית (אמצע) וחמצן מומס (למטה) בגשר נמיר ב-18 יוני 2018. P=primary productivity, R=community respiration.

פרופיל המוליכות החשמלית (איור 8) מצביע על כך שבעומק גדול מ-1.2 המים בתחנה זו המים הם בעיקרם מי ים (מוליכות חשמלית של 56,000 מיקרוסימנס לס"מ): בין 0.6 ל-1.2 מטר מצויה תערובות שהיא בעיקרה מי ים עם מעט מי נחל ואילו ב-0.6 מטרים העליונים קיים גרדיאנט מליחות חריף שמתכנס לערכים של כמעט מים מתוקים בפני הנחל (עומק 0.07 מטר). הפרופיל התרמי המקביל מצביע על כך שכמעט כל עמודת המים חמה יותר ממי ים ובעיקר השכבה שמצויה בין 0.6 ל-1.2 מטר שבה הטמפרטורה $< 32.5^{\circ}\text{C}$. גם שכבת הקרקעית שמורכבת ממי ים מצויה בטמפרטורה ($< 29^{\circ}\text{C}$) גבוהה מזו של מי ים תיכון. דהיינו בתחנה זו שמצויה באמצע האסטואר "עודפי חום" מצויים הן בשכבה התחתונה והן (בעקרון) בבסיס ההלוקלינה. אחוז הרוויה לחמצן בפני המים < 100 עובדה שמצביעה על פעילות פוטוסינתטית נמרצת. לאורך עמודת המים המינימה בחמצן (28%) מצויה בעומק של 1.6 מטר ומשם ומטה לכיוון הקרקעית נצפית עליה בחמצן (55%). המינימה בעומק של 1.6 מטר מצביעה על קיום מבלע (sink) שגורם לדיפוזיה אנכית של חמצן לעומק זה מהשכבות השכנות ואילו העליה בריכוז החמצן לכיוון הקרקעית מעידה על כניסה די רצנטית של מי ים חמים שאחוז הרוויה

הפרימרי (זה שבים התיכון) הצפוי בהם הוא קרוב ל 100%. אחוז הרוויה הסופי לחמצן תלוי אם כך ב"היסטוריה" של המים המלוחים תוך מסעם האופקי לפנים האסטואר. דהיינו בעצמת תהליכי הרספירציה ובמהירות ההסעה של מי הים תוך כדי כניסת מי הים אל תוך האסטואר. ככל שמהירות ההסעה פנימה גבוהה יותר וככל שהרספירציה נמוכה יותר ניתן לצפות לריכוז חמצן שאריתי גבוה יותר ולהפך.

כימיה

היקף הדטה הכימי שאספנו גדול במיוחד ובחרנו כאן להציג מקרה יחיד (איור 9) של ריכוזי נוטריאנטים לאורך הנחל בתקופה שבה האסטואר משוכב (30 לאוקטובר 2017).

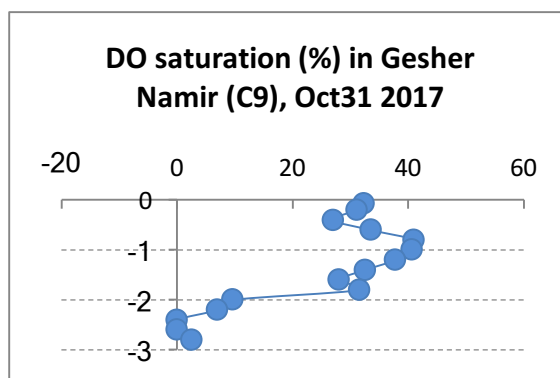
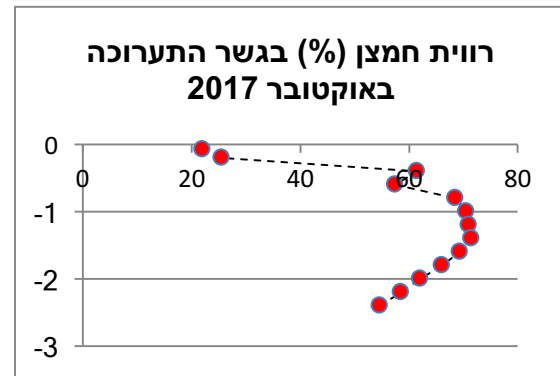
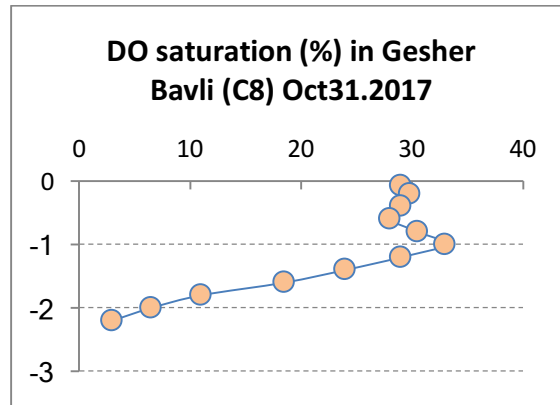


איור 9: ניטראט, זרחן מומס מגיב וזרחן כללי בתחנות השונות באוקטובר 2017, ריכוזים במיקרוגרם לליטר. במעלה הנחל עגולים כחולים, באסטואר: בכתום מי שטח, בשחור שכבה תחתונה.

מסיבות שונות וביניהן אפקטים נפחיים שמשתנים במעבר ממעלה הנחל לאסטואר קשה להשוות בין ריכוזים של פרמטרים לאורך כל הנחל. דיון מפורט בנושא זה יבוא בדו"ח השנתי. אפקטים אלה כוללים את הגידול בשטח החתך שמצוי בניצב לכיוון הזרימה עם הכניסה לאסטואר וכמוכן mixing (תערובות) שמתחולל עם כניסת מי מעלה הנחל (אזורים B-IA) לאסטואר. מאידך בגלל היצובות היחסית של עובי השכבות השונות באסטואר ניתן בכל זאת

להשוות בין ריכוזים של פרמטרים אלה (בעקרון המומסים) אולם רק בין התחנות השונות של האסטואר עצמו. השוואה לדוגמא היא ב- 31 אוקטובר 2017, כאשר האסטואר היה משוכב ריכוז הניטרט יורד מ-3.2 מג"ל (כחנקן) בתחנה C8 (גשר בבלי הפנים אסטוארי) ל-0.6 מג"ל בתחנה C10 שמצויה ליד הים (כמה מאות מטרים ממנו) (איור 9). הירידה המקבילה בריכוז הזרחן המומס היא מ-670 ל-215 מיקרוגרם לליטר ושל הזרחן הכללי מ-800 לבערך 200 מיקרוגרם לליטר (ריכוזי הניטרט בשכבה התחתונה זניחים). אם כך בשכבה העליונה היחס המולרי שבין הירידה (Δ) בחנקן ניטרטי בין C8 לבין C10 (קרוב ל-3 ק"מ) לבין הירידה בזרחן (מומס וכללי) $[\Delta N(NO_3)/\Delta P(PO_4)]$ שווה ל-13 עד 16. זהו פחות או יותר היחס הסטוכיומטרי (N/P) שמאפיין אצות ולכן אנחנו מציעים שירידה סימולטנית זו נובעת בעקרון מהתפתחות אצות על חשבון צריכת נוטריאנטים שהוסעו לאסטואר ממעלה הנחל. תימוכין לסצנריו זה מהווים פרופילי הכלורופיל ופירוש האצות שגם הם מצביעים על עליה בתחנות שבכיוון הים.

אולם קיים גם מקור פוטנציאלי אחר לנוטריאנטים שעשויים להצרך ע"י אצות ואלה הם נוטריאנטים שמשתחררים למים בתהליכי מינרליזציה של חמרים אורגניים אלוטונויים (אלה שמובאי ממעלה הנחל, בעקרון מהקולחים). אולם כפי הנראה ניתן לשלול מקור זה, לפחות לגבי 31 אוקטובר 2017. באופן כללי ריכוזי החנקן האורגני (מומס+חלקיקי) בשכבה העליונה של האסטואר בתאריך זה (איור 9) גבוהים בהרבה ממה מהנפילות שהתחוללו בזרחן ובניטרט בין תחנות C8 ל-C10. בשכבה העליונה בקטע זה של האסטואר ריכוז החנקן האורגני עולה בערך ב-1 מילימול זוהי עליה שהיא גבוהה בערך פי 5 מהירידה המקבילה בניטרט שנידונה בקטע שלמעלה. מכאן שמקור רוב החנקן האורגני בשכבה זו ובקטע נחל זה איננו יכול להיות מוסבר בפוטוסינתזה תוך צריכת חנקן ניטרטי ע"י האצות לצורכי ייצור חומר אורגני אוטונוני. להערכתנו מקור 80% מהחנקן האורגני מצוי בשכבה העליונה בתחנה C10 איננו אוטונוני אלא הוא אלוטונוני (דהיינו הגיע ממעלה הנחל) ו/או הוא הורחף מקרקעית הנחל עקב אירוע פיזיקלי כלשהו. הוכחה לקיום מנגנון דומה ניתן להסיק גם מהשכבה התחתונה שם מסיבות של מחסור באור אין כנראה פעילות פוטוסינטטית. ריכוזי החנקן האורגני בשכבה התחתונה גם הם גבוהים במיוחד (איור 9) ובסדר גודל של 20 מג"ל (~1.5 מילי-מול). פרופיל המליחות (במקרה זה ריכוז הכלוריד) מצביע על כך שהשכבה התחתונה בכל התחנות מכילה קרוב ל-100% מי ים וידוע שבמי ים מקוריים ריכוז החנקן האורגני קטן ב-3 סדרי גודל מאלה שנמצאו כאן. כך חדירת מי ים מערבה איננה יכולה לספק הסבר לתופעה ולכן המקור לריכוזים הגבוהי של חנקן אורגני בשכבה זו חייב להיות הרחפה מהקרקעית. גם בשכבה זו המקור היחיד האפשרי לריכוזים הגבוהים של חנקן אורגני חייבת להיות הרחפה של חלקיקים אורגניים מהקרקעית. מסיבות פיזיקליות שלא ידונו כאן ההרחפה חייבת להתבצע הן בשכבת הקרקעית העמוקה והן מהקרקעית הרדודה יחסית שגובלת בפני המים.

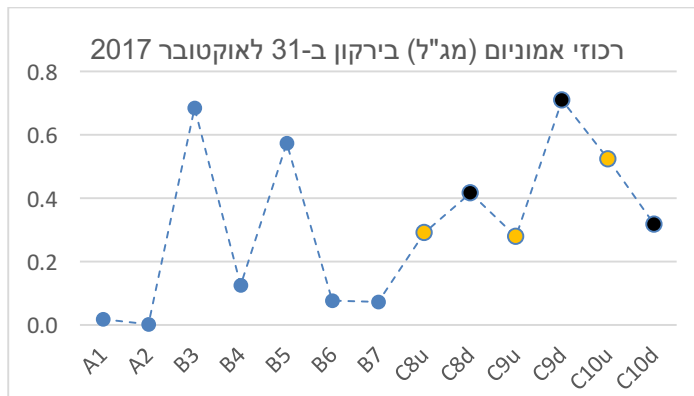


איור 10: פרופילים של רווית חמצן בתחנות שונות באוקטובר 2017.

פרופיל ריכוזי החמצן (איור 10) תואם מסקנות אלו, במי שטח של תחנה C10 שהיא די קרובה לים ריכוז החמצן הוא בערך 50% מרוויה, דהיינו בתוך כמה מאות מטרים שמפרידים בין תחנה זו לבין הים (עם ריכוז חמצן משוער של 100%) מתחוללת צריכה של כמחצית מהחמצן הפרימרי שבמי הים. תהליך זה חייב להתבצע באמצעות רספירציה אינטנסיבית על חשבון חמרים אורגניים שמכילים בין השאר חנקן אורגני, שמצויים במי האסטואר. בשכבה התחתונה שמצויה בתחנות C8 ו-C9 (שמצויות בחלקים היותר יבשתיים של האסטואר) התמונה עוד יותר ברורה. ריכוז החמצן במי תחנות אלה הוא אפסי (איור 10), ולמעשה בתחנות אלו השכבה התחתונה אנוקסית וזה קרוב לוודאי נובע מצריכה של החמצן תוך רספירציה של חמרים אורגניים לביליים. כאן המקום לציין שזהו סצנריו שיתכן שהוא אופיני רק לחודש אוקטובר ו/או לאירוע של הרחפה מחדש של הקרקעית. גם רמת החמצן הנמוכה שמצויה בשכבה העליונה

מסתדרת היטב עם הטיעון הזה. בשכבה זו בכל האסטואר רכוזי החמצן שנמצאו בחודש זה הם בסביבות 2.2 מג"ל (או בערך 30% רוויה). מכיון ששכבה זו מצויה באינטראקציה עם האויר שמעל ומכיוון שיש בה פעילות פוטוסינתטית המשמעות של ממצא זה היא שבשכבה זו עוצמת הרספירציה גדולה באופן ניכר מעצמת הפוטוסינתזה (= ייצור חמצן) וזוהי תכונה שמאפיינת גופי מים שמושפעים מתרומה אלוטונית ניכרת.

ב-31 לאוקטובר 2017 ריכוזי יון האמוניום באסטואר היו גבוהים למדי (איור 11) בעקר בשכבה התחתונה. העלייה בריכוזיו נובעת מתהליכים רספירטורים שבהם האמוניום מהווה את התוצר החנקני המסיס המידי של תהליכים אלו. בשכבה העליונה ריכוזיו נעים בין 0.3 ל-0.5 מג"ל (חנקן), דהיינו בערך 30 מיקרומול ומאידך כפי שצינו לעיל הדעיכה בחמצן (O_2) בשכבה זו שווה לבערך 200 מיקרומול. מכאן היחס המולרי בין צריכת חמצן לעומת ייצור אמוניום הוא בערך 1:6.5. ניתן גם לחשב יחס זה מתוך הנתונים המקבילים בשכבה התחתונה שבה יש קצת יותר אמוניום (בערך 560 מיקרוגרם חנקן לליטר = 40 מיקרומול: איור 11) וכאמור אין בה בכלל חמצן (דהיינו התרחשה גריעה של ~250 מיקרומול ובה אין לחשוש מתהליכי ניטריפיקציה). היחס שמתקבל בשכבה התחתונה הוא 1:6.25 ומכאן אנחנו מסיקים שהיחס המולרי שמאפיין חלקיים אורגניים אלוטוניים (שלא נוצרו בנחל אלא כנראה באזורי קולחים) בנחל הירקון הוא בערך 1:6.5.



איור 11: ריכוזי אמוניום באסטואר באוקטובר 2017: עגולים כחולים מעלה הנחל, כתומים פני המים, שחורים שכבה תחתונה.

מסקנות ביניים:

1. בעיצומם של הגשמים (דצמבר 2017) האסטואר מתמלא במי גשם ובקולחים ואין בו כמעט מי ים. לאחר תקופה זו מתחיל להיווצר שכוב באסטואר. קצב ההיווצרות של שיכוב זה לא נחקר אבל ניתן להניח שהוא מבטא פשרה בין ספיקות הזרימות של המים המתוקים ממעלה הנחל לבין ספיקות הכניסה של מי ים ממערב. בתקופת השכוב שבאה לאחר מכן מובחנים 3 שכבות א. שכבה עליונה שמורכבת מתערובות של מי ים ומים

"מתוקים" ביחס של בערך 70:30: II. שכבת ההלוקלינה זוהי השכבה שבה מצוי גרדיאנט המליחות העיקרי שלאורך עמודת המים. באופן טיפוסי (במשטר ההידרולוגי ששרר בתקופת המחקר) שכבה זו מצויה בין 0.6 לבין כ-1.1 מטר עומק בשכבה זו הפרופורציה של המרכיב המלוח הולכת וגדלה עם העומק, III. שכבה תחתונה שבה גרדיאנט מליחות מתון מאוד, אם בכלל, והיא מורכבת בעיקר ממי ים לעיתים בתערובת עם אחוזים ספורים של מים "מתוקים". השכוב מצוי אז לאורך כל האסטואר, החל מגשר ווקוף ועד ל-7 הטחנות.

2. מצאנו שחדירת מי ים לאסטואר (ויציאתם): מתבצעת באמצעות 2 מנגנונים:

א. **גאות ושפל** שבהם נוצרים הפרשים בעומד ההידראולי (ΔH) בין מי הים לבין מי הנחל. בגאות למשל העומד בים גבוה יותר ($H = p/\rho + Z$) וכתוצאה מכך קימת כניסה של מי ים לכיוון היבשת ולהפך בשפל (Z - גובה מעל לפני הים, $P =$ לחץ הידרוסטטי + אטמוספרי, ρ צפיפות סגולית). בגלל צפיפותם הגבוהה יחסית מי הים נעים על גבי קרקעית הערוץ (באנלוגיה לחדירת הפאן הביני לאקוויפר החוף).

ב. **פעילות גלים** שבהם באזור המפגש בין 2 גופי המים מתחולל ערבוב בין מי שטח מהנחל שהם תערובת של מים מתוקים ומלוחים, שמגיעים למקום זה כתוצאה מתנועה מערבה של שכבת מים זו לבין מי ים (שבמקרה הפרטי של הירקון מסומנים ע"י עודפי חום). תערובות אלו מאופיינות בצפיפות ביניים שהיא נמוכה מזו של מי ים אך גבוהה מזו של מים "מתוקים". אי לכך בחדירה לכיוון היבשת תערובות אלו מתמקמות באמצע עמודת המים בהתאם לצפיפותן. ההלוקלינה שהיא השכבה שבה מצוי הגרדיאנט ההליני העיקרי בעמודת המים ולכן ההסתברות הגבוהה ביותר להתמקמות של תערובות כלשהי היא בשכבת ביניים זו. לסכום אנו מציעים שכניסת מי ים לאסטואר מתחוללת ב-2 שכבות שונות, בשכבת הקרקעית כתוצאה מגאות בים התיכון ובשכבה גבוהה יותר בעמודת המים (לרוב בהלוקלינה) כתוצאה מכניסת גלים שבשלב ההתחלתי גורמים לערבוב מי ים עם "מים מתוקים" יחסית. כמוכן אנחנו מניחים כרגע שמקורם של האחוזים הספורים של מים מתוקים שנמצאו בשכבה התחתונה של עמודת המים באסטואר הוא ערבוב אנכי שנוצר כתוצאה מחיכוך בין שכבה זו לשכבת ההלוקלינה עקב התנועה האופקית הלא תואמת של שכבות אלו. ברור לנו שמעבר למדידות מהירות תנועת מים נדרש פה גם מודל פיזיקלי קוהרנטי. את האינפורמציה שקשורה למנגנוני הכניסה השגנו מתוך פרופילים של טמפרטורה, חמצן ומוליכות חשמלית,

3. **פעילות פוטוסינטטית** מתרחשת בעקר באביב-תחילת הקיץ ובאסטואר הפעילות גדלה לכיוון מערב. האסטואר מכיל גם אצות של מים מתוקים וגם אצות ימיות. האצות הימיות מצויות בעיקר בשכבה התחתונה שהיא ברובה מי ים ולא ברור האם הן פעילות או רק מהוות ביטוי לכניסת מי ים לאסטואר.

4. **מספרי האינדיקטורים לחיידקים פקליים** מקור הזיהום העיקרי הוא באזור שמזין את תחנות B5 ו-B6 לשם נפליים קולחים מטופלים חלקית אולם גם שטחים חקלאיים ועירוניים עשויים לתרום לזיהום זה. ריכוזי הפקלקולים משתנים עונתית באופן קיצוני מסדר גודל של כמה מיליונים לאחר הגשמים לאלפים בודדים בתקופות שמתאפיינות בשכוב באסטואר ושבהן ספיקת הקולחים הלא מטופלים היא אולי נמוכה יחסית. בתקופת הגשמים באסטואר ישנה ירידה עקבית בריכוזי האינדיקטורים לכיוון הים התיכון. חלק יחסית גדול של האינדיקטורים מצוי אז בקרבת הקרקעית וזאת כנראה כתוצאה משיקוע של חלקיקים שאליהם האינדיקטורים קשורים. בתקופת השיכוב גם חלה ירידה במספרי האינדיקטורים לכיוון מערב אבל באסטואר האינדיקטורים שכיחים יותר בשכבה העליונה.

5. **הרכב הכימי של הנחל** קשה לבצע השוואה בין ההרכב הכימי של הנחל לכל אורכו מכיוון שבכניסה לאסטואר מתרחש "מיהול" של המים ה"מתוקים" הבאים ממעלה הנחל במים שהם גוף מים גדול בהרבה. לדוגמה קשה מסיבות אלה לבחון האם חמרים אורגניים שבאים ממקורות הזיהום צונחים מיד לקרקעית בכניסתם לאסטואר. השוואה כזו יכולה להתבצע באם הייתה לנו אינפורמציה מהימנה לגבי זמן השהות של שכבות המים השונות באסטואר. אולם ניתן לבצע השוואת ריכוזים לאורך אפיק הנחל שמצוי באסטואר עצמו מכיון שבקרוב ראשון שכבת המים העליונה משמרת עובי די קבוע (בערך 0.6 מטר) לאורך כל האסטואר. אין לנו כרגע מושג מהי מהירויות התחלופה של המים בשכבות השונות אולם לגבי השכבה העליונה ניתן לבצע הערכה גסה. בהנחה ששטח פני האסטואר 80.000 מ"ר הנפח הכללי של שכבה זו (עובי 0.6 מטר) הוא 48.000 קו"ב שמתוכם בערך שני שליש (31.000 קו"ב) הם מים "מתוקים" שמקורם במעלה הנחל. הספיקה היממתית המוערכת של מעלה הנחל, (כולל הקולחים פלוס ראש העיין היא בערך 60.000 קו"ב ~ 2500 קו"ב שעה). דהיינו היא גדולה פי שניים לערך מנפח המים המתוקים שמצויים בשכבת פני השטח של האסטואר (0.6 מ' עומק) ומכאן ששכבה זו מתחלפת פעם ב-12 שעות לערך. לכן מהירות הזרימה המחושבת בה (אורכה ~ 4500 מטר) היא כ- 10 ס"מ לשניה.

6. **שכבת הקרקעית באסטואר** הרמז היחיד שמצוי כרגע ברשותינו לגבי קצב התחלופה שלה הוא שעור החום העודף שנשמר בה בתחנות שבאסטואר. חום עודף מתבטא בגרדאינטים תרמיים אנכיים לשכבות הסמוכות ולכן הוא אמור להתבטא בדיפוזיה של חום לשכבות אלו. שמירת חום עודף (או חלק ממנו) מתאפשרת רק אם זמן השהות של המים בשכבה זו קצר במיוחד. למשל החום העודף שמצוי בשכבה שבין 0.6 לבין 1.2 מטר בגשר נמיר ב-18 ביוני 2018 מצביע על אירוע רצנטי של חדירת מים שהתחממו קודם לכן ברדינג. בשלב הנוכחי איננו יודעים לנסח מהו הקצב הצפוי של מעבר החום לשכבות השונות. האינפורמציה שבידינו איננה מספקת לניתוח מהימן של הדטה

הביולוגי והכימי ובעקר הדברים אמורים לגבי קצב צריכת החמצן בקרקעית הנחל בתחנות השונות. לכך יש צורך במדידות פרופילי מהירויות זרימה לאורך עמודת המים בנחל בתקופות שונות.

7. **נוטריאנטים** מצאנו שהנוטריאנטים המומסים (חנקן ניטרי וזרחן מומס) שבאים ממקורות הזיהום שבמעלה הנחל "תומכים" בפעילות של פיטופלנקטון באסטואר. אבל הרספירציה בעמודת המים שבאסטואר היא גם פונקציה של עומס החומרים האורגניים החלקיקיים שמובאים ממקורות הזיהום ו/או מורחפים מהקרקעית. לעיתים כאשר מסיבות פיזיקליות שונות מתרחשת הרחפה עוצמתית מהקרקעית. רספירציה של חלקיקים אלה עשויה להיות גדולה יותר מזו של חמרים אוטוכטוניים (דהיינו שנוצרו בתוך האסטואר בתהליכים פוטוסינתטיים). היחס המולרי האופיני בין החמצן שנוצר לבין אמוניום שנוצר ברספירציה של חמרים האלוטוכטוניים האלה הוא בערך 6.5.
8. **השכבה התחתונה באסטואר** עשויה לעיתים להגיע לאנוקסיה ועדיין לא קבענו את חוקי המשחק שקובעים את העיתוי והמיקום של אנוקסיה זו.

נספח 1

טבלה 1: סוגי אצות ושכיחותן כולל כל הספירות שבוצעו

Date	Station	Species	Division	Grade	
30/10/2017	A1	Discostella	Diatoms	1	
30/10/2017	A1	Nitzschia sp.	Diatoms	2	
30/10/2017	A1	Ankyra	Chlorophyta	1	
30/10/2017	A1	Euglena deses	Euglenophyta	1	
30/10/2017	A1	Cryptomonas	Cryptophyta	1	
30/10/2017	A2	Phormidium sp	Cyanophyta	1	
30/10/2017	A2	Caloneis sp	Diatoms	1	
30/10/2017	A2	Navicula cf decussis	Diatoms	1	
30/10/2017	A2	Ankyra	Chlorophyta	1	
30/10/2017	A2	Cryptomonas	Cryptophyta	1	
30/10/2017	B3	Merismopedia minima	Cyanophyta	1	
30/10/2017	B3	Merismopedia sp	Cyanophyta	1	
30/10/2017	B3	Oscillatoria sp	Cyanophyta	1	
30/10/2017	B3	Phormidium sp	Cyanophyta	2	
30/10/2017	B3	Raphidiopsis sp	Cyanophyta	1	
30/10/2017	B3	Achnanthes sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B3	Caloneis sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B3	Melosira sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B3	Navicula cf decussis	Diatoms	1	
30/10/2017	B3	Nitzschia sp.	Diatoms	2	
30/10/2017	B3	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B3	Crucigenia tetrapedia	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B3	Euglena acus	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B3	Euglena agilis	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B3	Euglena deses	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B3	Trachelomonas sp	Euglenophyta	2	
30/10/2017	B3	Cryptomonas	Cryptophyta	2	
30/10/2017	B4	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
30/10/2017	B4	Navicula cf decussis	Diatoms	2	
30/10/2017	B4	Nitzschia sp.	Diatoms	2	
30/10/2017	B4	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	4	מים מתוקים ירוקית
30/10/2017	B4	Coelastrum microporum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B4	Cryptomonas	Cryptophyta	2	
30/10/2017	B5	Caloneis sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B5	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
30/10/2017	B5	Gyrosigma sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B5	Navicula cf decussis	Diatoms	2	
30/10/2017	B5	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	3	
30/10/2017	B5	Coelastrum microporum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B5	Cryptoglana sp	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B5	Euglena sp.	Euglenophyta	1	

30/10/2017	B5	Phacus sp.	Euglenophyta	2	
30/10/2017	B5	Trachelomonas sp	Euglenophyta	2	
30/10/2017	B5	Cryptomonas	Cryptophyta	1	
30/10/2017	B6	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
30/10/2017	B6	Navicula cf decussis	Diatoms	1	
30/10/2017	B6	Nitzschia sp.	Diatoms	1	
30/10/2017	B6	Ankyra	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B6	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	4	אצות ירוקיות מים מתוקים
30/10/2017	B6	Crucigenia tetrapedia	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B6	Coelastrum microporum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B6	Scenedesmus acutus	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B6	Scenedesmus denticulatus	Chlorophyta	2	
30/10/2017	B6	Scenedesmus quadricauda	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B6	Euglena proxima	Euglenophyta	2	
30/10/2017	B6	Lepocinclis sp	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B6	Trachelomonas sp	Euglenophyta	2	
30/10/2017	B6	Cryptomonas	Cryptophyta	1	
30/10/2017	B7	Merismopedia minima	Cyanophyta	1	
30/10/2017	B7	Achnanthes sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B7	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
30/10/2017	B7	Discostella	Diatoms	1	
30/10/2017	B7	Gyrosigma sp	Diatoms	1	
30/10/2017	B7	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	4	אצות ירוקיות מים מתוקים
30/10/2017	B7	Coelastrum microporum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B7	Scenedesmus acutus	Chlorophyta	2	
30/10/2017	B7	Scenedesmus eornis	Chlorophyta	2	
30/10/2017	B7	Scenedesmus spinosus	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B7	Tetrastrum apiculatum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B7	Selenastrum minutum	Chlorophyta	1	
30/10/2017	B7	Euglena agilis	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B7	Phacus helicoides	Euglenophyta	1	
30/10/2017	B7	Trachelomonas sp	Euglenophyta	2	
31/10/2017	C8u	Phormidium sp	Cyanophyta	1	
31/10/2017	C8u	Chaetoceros sp.	Diatoms	1	
31/10/2017	C8u	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	3	
31/10/2017	C8u	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	2	
31/10/2017	C8u	Ankyra	Chlorophyta	1	
31/10/2017	C8u	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	4	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8u	Coelastrum astroideum	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C8u	Scenedesmus eornis	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C8u	Euglena acus	Euglenophyta	1	
31/10/2017	C8u	Cryptomonas	Cryptophyta	4	מים מתוקים
31/10/2017	C8u	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	1	
31/10/2017	C8d	Achnanthes sp	Diatoms	2	
31/10/2017	C8d	Chaetoceros sp.	Diatoms	2	
31/10/2017	C8d	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
31/10/2017	C8d	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	5	אצה ימית
31/10/2017	C8d	Chlamydomonas	Chlorophyta	1	

31/10/2017	C8d	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C8d	Cryptomonas	Cryptophyta	3	ירוקית מים מתוקים
31/10/2017	C8d	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	2	
31/10/2017	C8d	Gymnodinium sp (very small).	Dinoflagellata	1	
31/10/2017	C8d	Gyrodinium sp.	Dinoflagellata	3	אצה ימית
31/10/2017	C9u	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
31/10/2017	C9u	Navicula cf decussis	Diatoms	1	
31/10/2017	C9u	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	1	
31/10/2017	C9u	Ankyra	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C9u	Chlamydomonas	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C9u	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	3	מים מתוקים
31/10/2017	C9u	Scenedesmus spinosus	Chlorophyta	1	
31/10/2017	C9u	Cryptomonas	Cryptophyta	2	
31/10/2017	C9d	Chroococcus sp.	Cyanophyta	2	
31/10/2017	C9d	Chaetoceros sp.	Diatoms	2	
31/10/2017	C9d	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	2	
31/10/2017	C9d	Navicula cf decussis	Diatoms	1	
31/10/2017	C9d	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	3	אצה ימית
31/10/2017	C9d	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C9d	Coelastrum astroideum	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C9d	Scenedesmus ecoris	Chlorophyta	1	
31/10/2017	C9d	Cryptomonas	Cryptophyta	2	
31/10/2017	C9d	Gymnodinium cf. pulchellum	Dinoflagellata	1	
31/10/2017	C9d	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	2	
31/10/2017	C9d	Gymnodinium sp (very small).	Dinoflagellata	1	
31/10/2017	C9d	Gyrodinium sp.	Dinoflagellata	2	
31/10/2017	C10u	Chroococcus sp.	Cyanophyta	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10u	Caloneis sp	Diatoms	2	
31/10/2017	C10u	Nitzschia closterium	Diatoms	2	
31/10/2017	C10u	Nitzschia sp.	Diatoms	1	
31/10/2017	C10u	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	3	אצה ימית
31/10/2017	C10u	Ankyra	Chlorophyta	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10u	Chlamydomonas	Chlorophyta	4	מים מתוקים
31/10/2017	C10u	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	4	מים מתוקים
31/10/2017	C10u	Coelastrum astroideum	Chlorophyta	2	
31/10/2017	C10u	Monoraphidium contortum	Chlorophyta	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10u	Cryptomonas	Cryptophyta	4	מים מתוקים
31/10/2017	C10d	Chroococcus sp.	Cyanophyta	2	
31/10/2017	C10d	Chaetoceros sp.	Diatoms	3	מים מתוקים
31/10/2017	C10d	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	1	
31/10/2017	C10d	Nitzschia closterium	Diatoms	3	
31/10/2017	C10d	Pseudo-nitzschia sp.	Diatoms	4	אצה ימית
31/10/2017	C10d	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	1	
31/10/2017	C10d	Cryptomonas	Cryptophyta	1	
31/10/2017	C10d	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	1	
12/02/2018	C10u	Cyclotella meneghiniana	Diatoms	1	
12/02/2018	C10u	Nitzschia sp.	Diatoms	2	
12/02/2018	C10u	Ankyra	Chlorophyta	2	

12/02/2018	C10u	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	2	
12/02/2018	C10u	Crucigenia tetrapedia	Chlorophyta	2	
12/02/2018	C10u	Scenedesmus spinosus	Chlorophyta	1	
12/02/2018	C10u	Gymnodinium sp (very small).	Dinoflagellata	1	
12/02/2018	C9u	Crucigenia tetrapedia	Chlorophyta	2	
12/02/2018	M16	Oscillatoria sp	Cyanophyta	2	
12/02/2018	M16	Nitzschia sp.	Diatoms	2	
12/02/2018	M16	Ankyra	Chlorophyta	2	
12/02/2018	M16	Ankistrodesmus falcatus	Chlorophyta	1	
12/02/2018	M16	Actinastrum aciculare	Chlorophyta	5	מים מתוקים
12/02/2018	M16	Crucigenia fenestrata	Chlorophyta	2	
12/02/2018	M16	Scenedesmus acutus	Chlorophyta	1	
12/02/2018	M16	Radiococcus sp	Chlorophyta	2	
12/02/2018	M16	Oocysis sp	Chlorophyta	1	
12/02/2018	M16	Trachelomonas sp	Euglenophyta	1	
12/02/2018	M16	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	1	
12/02/2018	B7u	Nitzschia sp.	Diatoms	1	
12/02/2018	B7u	Synedra rumpens	Diatoms	1	
12/02/2018	B7u	Euglena proxima	Euglenophyta	4	מים מתוקים
12/02/2018	B7u	Cryptomonas	Cryptophyta	2	
12/02/2018	B7u	Gymnodinium sp.	Dinoflagellata	2	
12/02/2018	B7u	Gymnodinium sp (very small).	Dinoflagellata	2	
12/02/2018	A2	Navicula cf SP	Diatoms	2	
12/02/2018	A2	Nitzschia closterium	Diatoms	1	
12/02/2018	A2	Ankyra	Chlorophyta	1	
12/02/2018	A2	Scenedesmus ecornis	Chlorophyta	1	
12/02/2018	A1	Navicula SP	Diatoms	1	
12/02/2018	A1	Ankyra	Chlorophyta	1	
12/02/2018	A1	Trachelomonas sp	Euglenophyta	1	

נספח 2

טבלה 2: מספרי אינדיקטורים לחיידקים צואתיים (ל- 100 מ"ל)

תאריך	תחנה	Fecal coliforms	E Coli <u>אוקטובר תקופת השכוב</u>	Enterococci	total
30/10/2017	A1	1252	487	450	2189
30/10/2017	A2	3350	456	501	4307
30/10/2017	B3	1480	800	4000	6280
30/10/2017	B4	1450	550	219	2219
30/10/2017	B5	400000	60000	5180	465180
30/10/2017	B6	460000	88000	3200	551200
30/10/2017	B7	51300	9000	1062	61362
31/10/2017	C8u	59000	31500	2227	92767
31/10/2017	C8d	42000	4000	835	46835
31/10/2017	C9u	55000	21000	5700	81700
31/10/2017	C9d	32000	2700	805	35505
31/10/2017	C10u	40000	2600	850	43450
31/10/2017	C10d	73000	8650	1700	83350
<u>ביקורת על מספרי החיידקים של סוף אוקטובר</u>					
14/11/2017	A2	790	400	4950	6140
14/11/2017	B5	9950	6537	7460	23947
14/11/2017	C8u	3323	1773	550	5646
<u>יום גשם חזק כאשר "מי הנחל" מוחלפים במים מתוקי</u>					
25/12/2017	A2	240000	70000	64000	374000
25/12/2017	B6	1990000	340000	82000	2412000
25/12/2017	C8u	1360000	395000	65000	1820000
25/12/2017	C8d	1420000	250000	99000	1769000
25/12/2017	C9u	650000	55000	52000	757000
25/12/2017	C9d	1220000	101000	77000	1398000
25/12/2017	C10u	291000	56667	19000	366667
25/12/2017	C10d	750000	80000	34000	117000
<u>הנחל חוזר להיות משוכב כמעט לגמרי</u>					
12/2/2018	A1	192	86	1140	1418
12/2/2018	C10u	1495	318	280	2093
12/2/2018	C9u	2700	181	152	3033
12/2/2018	M16	1210	300	167	1677
12/2/2018	B7d	1100	330	152	1582
12/2/2018	B7u	1750	565	192	2507
12/2/2018	A2	415	173	560	1148

איור 12: ממוצע רב-שנתי חודשי של הטמפרטורה בפני הים התיכון באזור תל אביב. המיצוע בוצע בין השנים 2002-2012.

