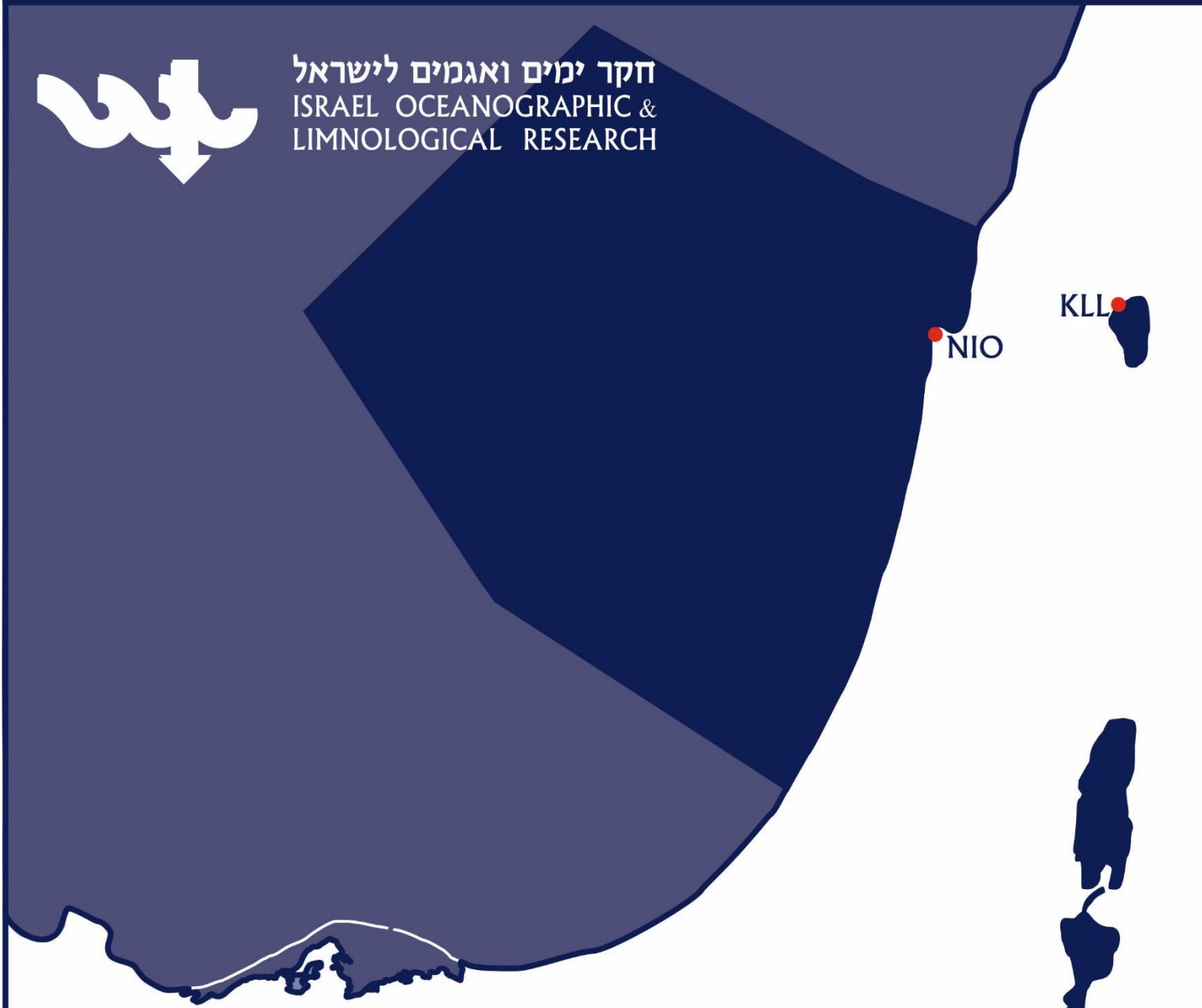




חקר ימים ואגמים לישראל
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &
LIMNOLOGICAL RESEARCH



דו"חות חי"א"ל IOLR REPORTS

אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח

דו"ח ניטור סתיו 2022

דו"ח חי"א"ל H07/2023





מים ואגמים לישראל בע"מ
Tel-Shikmona, P.O.B. 8030, Haifa 31080 חיפה, ת"ד 8030
Tel: 972-4-8515202 : טלפון Fax: 972-4-8511911 : פקס
<http://www.ocean.org.il>

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח

דו"ח ניטור סתיו 2022

דו"ח חיא"ל H07/2023

נורית גורדון, נטליה בלקין, גיא סיסמה-ונטורה, ירון גרטנר, איל רהב*

* מחבר לתכתובת (eyal.rahav@ocean.org.il)

מוגש לרשות נחל הקישון

חתימה :

מרץ 2023

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור סתיו 2022

תקציר

- ריכוזי הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) היו נמוכים מאשר בסתיו 2021, אך בהשוואה לשנים 2019-2020 ריכוז הפוספאט באסטואר המלוח עלה (עד פי 9). דבר המצביע על **אאוטרופיקציה גבוהה** שממשיכה להגיע ממעלה הנחל. כל הנוטריאנטים נמצאו בקשר לינארי חיובי ביחס לריכוז הכלורופיל, ריכוז בקטריות, היצרנות הראשונית והחידקית באסטואר המלוח.
- נמצאה מגמת ירידה ביחס בין ריכוזי החנקות לזרחות מאז שנת 2019, אשר בסתיו 2022 עמד על 12.6. זה מעיד על עודף זרחות שנכנסו עם השפכים ממעלה הנחל לאסטואר. הערכת מצב הסביבתי בתחנות השונות באסטואר המלוח בהשוואה לערכי סף של קריטריונים להערכת מצב הסביבתי באסטוארים קטנים נמצא מצב "Bad" בסטוס ריכוז הפוספאט במי פני השטח המוזרמים ממעלה הנחל. שאר הפרמטרים סווגו במצב "Moderate" ו "Good".
- ערכי היצרנות הראשונית היממתית היו דומים בפני השטח לדיגומי סתיו קודמים. הפעילות החידקית שנמדדה לאורך האסטואר המלוח הייתה גבוהה עד פי 7 ביחס ליצרנות החידקית בסתיו אשתקד. תהליכים אוטורופים (פוטוסינתזה) היו דומיננטיים ביחס לתהליכים מיקרוביאליים הטרוטרופים (חידקים) בפני השטח בכל התחנות באסטואר המלוח. במי העומק שבתחנות מעלה הנחל, תהליכים הטרוטרופים דומיננטיים. לא נמדדה עקת חמצן חמורה (**אנוקסיה**) בקרבת הקרקעית, ריכוז החמצן הנמוך ביותר היה במי העומק בתחנת לבניות (2.02 מג"ל) ונמצא בטווח הנזק הביולוגי.
- חל שינוי בהרכב קבוצות הפיטופלנקטון בשתי התחנות. את הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus sp. (2)*, אשר בשנתיים אחרונות היו דומיננטיות בביומסה הכללית, החליפו בפתח הקישון מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון ואצות צורניות. בגשר ההסתדרות היו דומיננטיים פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae*, ודינופלגלטים ללא כלורופיל, שפרחו באופן יוצא דופן.
- פתח הקישון מתאפיין בהרכב מיני אצות ממקור ימי, עם מספר מינים ואינדקס מגוון מינים גבוהה ביחס לגשר ההסתדרות, שם נמצאו בעיקר מינים המאפיינים מים פחות מלוחים. השנה חלה ירידה במספר המינים ובאינדקס מגוון המינים בשתי התחנות.
- לא נמצאו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי.

1. מטרות הניטור

מטרות הניטור הינן לעקוב אחר שינויים מרחביים, עונתיים, ורב שנתיים באוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) והחיידקים, וקצב פעילותם (יצרנות ראשונית וחיידקית), בחלקו המלוח של נחל הקישון ואת התנאים הסביבתיים הנלווים. כל שינוי מהתנודות הטבעיות בערכים הנ"ל (גם בין הדיגומים) יסווג כחריג.

2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה בסתיו בתאריך 31 באוקטובר 2022. שבע תחנות נדגמו לאורך הנחל, החל ממעלה הנחל ועד לנקודת יציאתו לים (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ועכירות באמצעות מכשיר Hydrolab MS5 - Multiparameter Mini Sonde מחברת OTT. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה (למעט תחנות במעלה בהן עומק המים היה ס"מ בודדים) נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לקביעת ריכוזי כלורופיל *a* (מדד כללי לביומסה של אצות), נוטריאנטים (אורטו-פוספאט, ניטראט+ניטריט+אמוניה, חומצה סיליצית) ספירות חיידקים ופיקופיטופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (כל התחנות), וכן אפיון טקסונומי של אוכלוסיות פיטופלנקטון ומיקרואצות בשתי תחנות מייצגות: גשר ההסתדרות וגשר יוליוס. הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות להמשך אנליזות.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו עד לבדיקתן בשיטה פוטומרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- (IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001) (1994; Skalar SAN^{plus} systems). דגימות מים לקביעת כלורופיל *a* סוננו דרך פילטרים GF/F (0.7µm) לאחר סינון מקדים דרך נפה 63µm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו עד לבדיקתם בשיטה פלואורימטרית לפי-Standard Methods 10200H-3 עם שינויים קלים, בתוך מספר ימים.

יצרנות ראשונית נמדדה על ידי סימון מי הדגימה עם ביקרבונט מסומן בפחמן 14 (Steeman-Nielsen, 1952). יצרנות חיידקית נמדדה על ידי הוספה למי הדגימה לאוצין מסומן בטריטיום (Simon et al. 1990). כל הדגימות נעשו בטריפליקטים (שלוש חזרות) והושמו תחת תנאי תאורה וטמפרטורה טבעיים למשך 2 שעות בטרם מדידתם עם מונה נצנץ (סנטילציה) עם שינויים קלים לנחל הקישון (Bar-Zeev and Rahav, 2015).

אפיון אוכלוסיית הפיקו/מיקרו-אצות נעשתה הן על ידי מדידות (Attune, Applied Biosystems) והן בשיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. נוסף לכך, נספרו חיידקים הטרוטרופים (צרכנים שניוניים) לאורך תחנות הדיגום. מי הדגימה קובעו מידית עם גלוטראלדהיד (0.16%, 50% ריכוז סופי), הוקפאו עם חנקן נוזלי לאחר כ-15 דקות, והופשרו באמבט 37°C לפני שהורצו עם ה-Flow-cytometer כעבור מספר ימים. עבור האנליזות הטקסונומיות, מי הדגימה סוננו במעבדה על גבי מספר פילטרים בהתאם לגודל האצות: סוגים קטנים (עד 5 מיקרון) – מי דגימה סוננו על גבי פילטר פוליקרבונט (0.45 מיקרון) ושומרו באמצעות גלוטראלדהיד. הפילטר הונח על זכוכית נושאת עם טיפת שמן אימרסיה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי תוך מספר חודשים.

סוגים גדולים מ-5 מיקרון – מי דגימה סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (5 מיקרון ו-20 מיקרון) ושומרו בשתי שיטות: א. באמצעות שמן אימרסיה בדומה למתואר לגבי התאים הקטנים מ-5 מיקרון. ב. בשיטת FTF (filter – transfer – freeze) (Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983)). הפילטר הונח על גבי טיפת

מי ים שהונחה על זכוכית נושאת עם פני הפילטר כלפי מטה. זכוכית נושא הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים הוסר הפילטר והתאים שנשארו על הזכוכית כוסו בשכבת גליצרין ג'לי שהתייבש תוך זמן קצר. לאחר מכן הונחה על הדגימה טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה שנעשו באור רגיל ובפלורוסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.

טבלה 1: מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל בדיגום אוקטובר 2022.

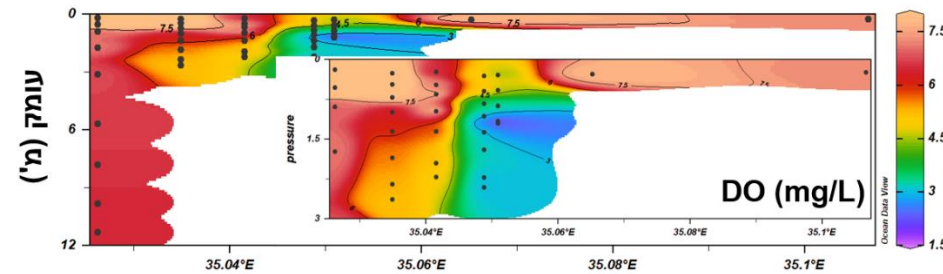
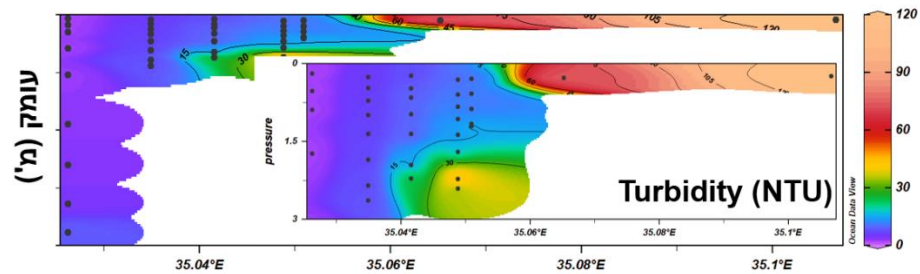
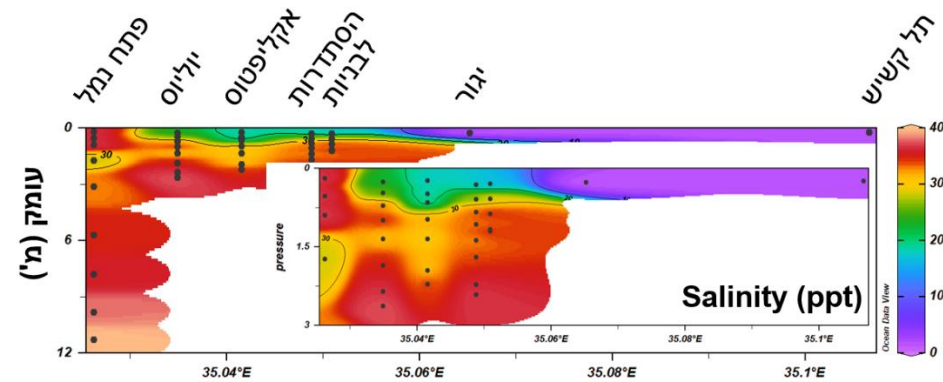
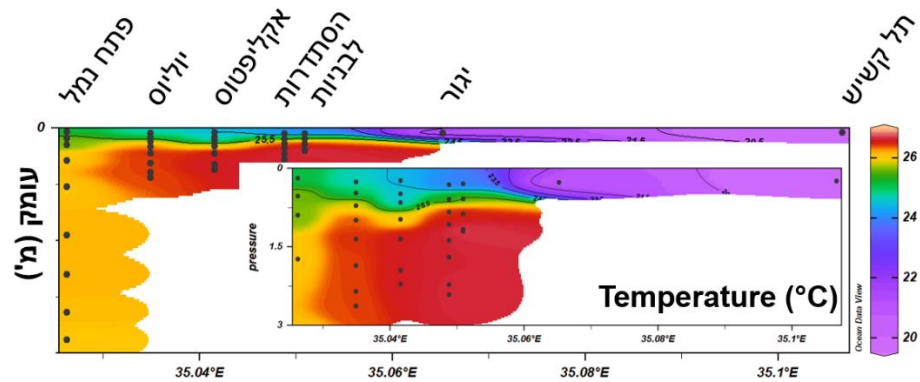
תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
חוות החיות	32° 41.31'	35° 6.39'
יגור	32° 45.55'	35° 3.91'
לבניות	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
פתח הנמל	32° 48.59'	35° 1.55'

3. תוצאות

3.1 פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, עכירות המים והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל כפי שנמדדו באוקטובר 2022 מוצגים באיורים 1-2 ובטבלה 2. ככלל, טמפרטורת המים הייתה אופיינית לעונה ונעה בין 19.9 ל-26.7 מעלות צלסיוס (איורים 1 ו-2, טבלה 2). פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה משוכבת ברוב תחנות הדיגום בקישון המלוח (הפרש מקסימאלי של 2.83 מעלות צלסיוס בין מי פני השטח למי העומק). טמפרטורת המים בתחנות הדיגום במעלה הנחל (יגור ותל קשיש) היו נמוכות יותר (19.9-21.3 מעלות צלזיוס), ככל הנראה בגלל נפח המים הקטן בתחנות אילו ומכאן ההשפעה הרבה יותר כאשר טמפרטורת הסביבה (אוויר) נמוכה. בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (-0.5 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, כתוצאה מכניסת מי ים בעומק עמודת המים ודרך הסדימנט (הפרש מקסימאלי של 20.21 יחידות מליחות בין מי פני השטח למי העומק). ככל שמתקרבים למורד הנחל (קרי התקרבות לים הפתוח) עלתה המליחות- הן בגוף המים העליון והן בתחתון (איורים 1 ו-2, טבלה 2). במי השטח הגרדיאנט גדול/משמעותי יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (20.79 ו-3.79 יחידות מליחות בפני שטח ובעומק בהתאמה).

ריכוז החמצן המומס במים ירד בכל תחנה ככל שמעמיקים, וככל שמתרחקים מפתח הנמל במעלה האסטואר, עם ריכוזים הנמוכים ביותר בתחנת לבניות (2.02-4.33 מג"ל) שם החמצן המומס במי השטח הגיע רק ל 56% מרוויה (4.33 מג"ל). אחוז החמצן מרוויה ירד עם העמקה בעמודת המים בכל התחנות (איורים 1 ו-2, טבלה 2) עם ריכוזים המעידים על עקת חמצן בינונית (נזק ביולוגי 2-5 מג"ל, טבלה 3) במי העומק בתחנות לבניות, הסתדרות ואקליפטוס. יש לציין שהפעם לא נמדדו ערכים בטווח ההיפוקסיה במי העומק כבעבר. ריכוז החמצן במים מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית, פוטוסינתזה, ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים שלרב עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. המצב האנוקסי שנמדד בנחל בשנים קודמות במקומות רבים מצביע על פעילות מטאבולית הטרוטרופית חיידקית ועל אוטרופיקציה של אזורים אלו. בניגוד לשנים קודמות המגמה באוקטובר 2022 דומה לשני דיגומי הסתיו האחרונים יש להמשיך לעקוב אחר העניין בדיגומי הסתיו הבאים, כולל מדידות יממותיות (שכן פוטוסינתזה מושפעת מתאורה).

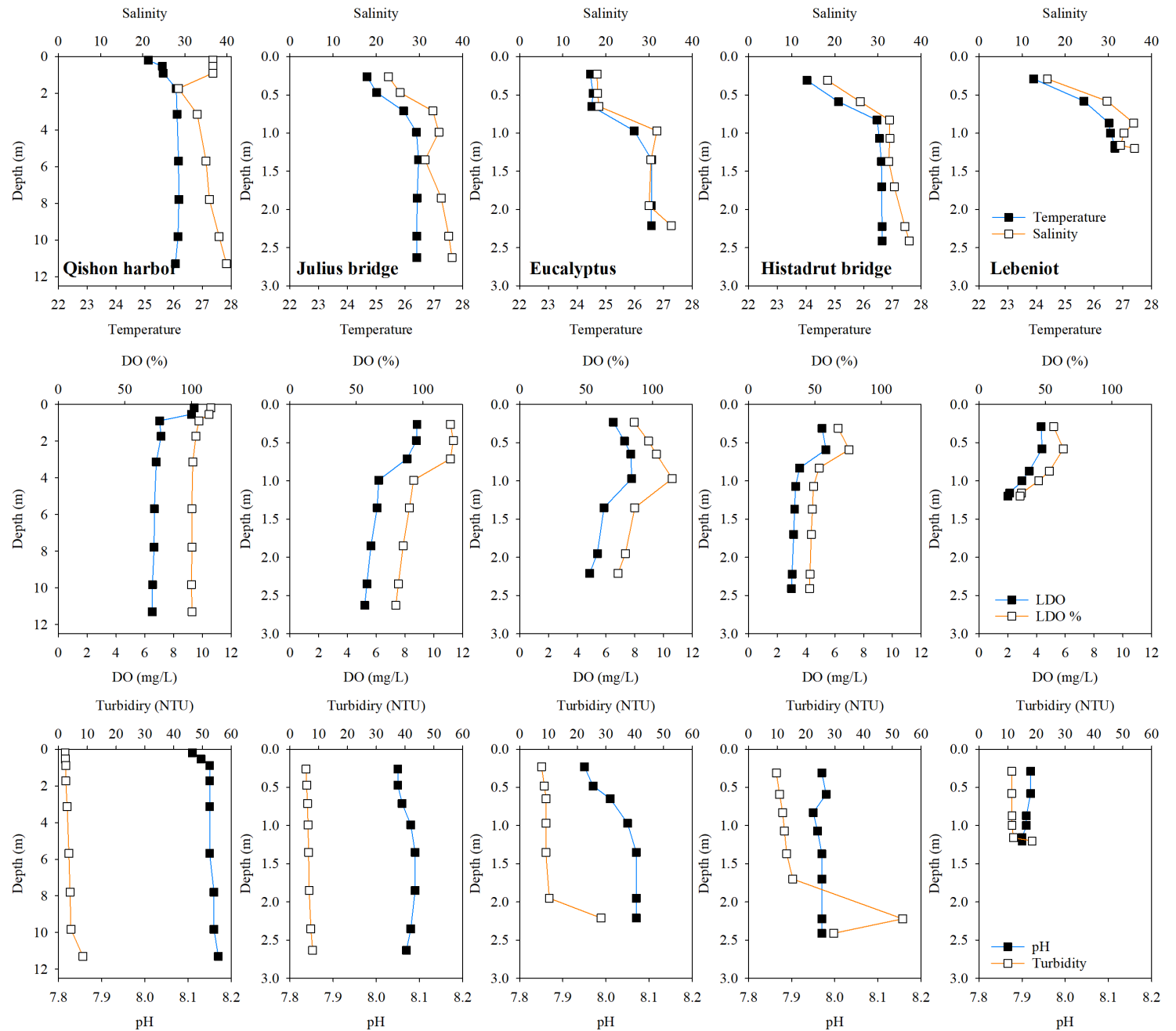


קו רחב (מעלות)

קו רחב (מעלות)

איור 1: פרופיל עומק (עם הגדלה של 3 מטרים העליונים) של הטמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$), מליחות (ppt), ריכוז חמצן מומס (mg/L), ועכירות (NTU) באוקטובר 2022 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 5.0.0) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג Weighted-average gridding.

איור 2: חתך עומק של כל תחנת דיגום בנפרד עבור הפרמטרים המצוינים באיור 1 וטבלה 2. תחנות יגור וחוות החיות לא מוצגות באיור זה משום שהן רדודות ולא ניתן להציג פרופיל עומק עבורן.



טבלה 2: סיכום פרופילי עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, קשיות (pH) ועכירות באוקטובר 2022 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל (כמוצג באיורים 1 ו-2).

עכירות NTU	pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (C°)	עומק דיגום (m)	תחנה
2.3	8.11	9.43	36.65	25.12	0.19	פתח נמל
2.4	8.13	9.24	36.65	25.61	0.53	
2.5	8.15	7.02	36.65	25.64	0.89	
2.5	8.15	7.13	28.48	26.09	1.73	
3	8.15	6.79	32.94	26.12	3.13	
3.6	8.15	6.66	35.02	26.17	5.69	
4	8.16	6.64	35.82	26.18	7.79	
4.3	8.16	6.53	38.14	26.15	9.82	
8.5	8.17	6.51	39.86	26.06	11.3	
5.6	8.05	8.83	22.82	24.68	0.26	יוליוס
5.8	8.05	8.79	25.52	25.02	0.47	
6.1	8.06	8.14	33.11	25.95	0.71	
6.3	8.08	6.17	34.51	26.4	0.99	
6.5	8.09	6.07	31.3	26.47	1.35	
6.7	8.09	5.63	35.07	26.42	1.85	
7.3	8.08	5.35	36.82	26.41	2.35	
7.9	8.07	5.20	37.54	26.41	2.63	
7.6	7.95	6.51	17.95	24.46	0.23	
8.6	7.97	7.29	18.05	24.55	0.48	
9.2	8.01	7.73	18.39	24.51	0.65	
9.2	8.05	7.79	31.78	25.98	0.97	
9.1	8.07	5.86	30.42	26.59	1.35	
10.3	8.07	5.40	30.00	26.58	1.95	
28.3	8.07	4.87	35.11	26.58	2.21	
9.7	7.97	5.12	18.32	24.03	0.31	הסדרות
10.8	7.98	5.39	25.93	25.13	0.59	
11.9	7.95	3.56	32.65	26.47	0.83	
12.5	7.96	3.27	32.75	26.55	1.07	
13.3	7.97	3.21	32.48	26.62	1.37	
15.4	7.97	3.14	33.77	26.63	1.7	
53.6	7.97	3.03	36.23	26.64	2.22	
29.6	7.97	2.99	37.25	26.64	2.41	
11.4	7.92	4.33	15.86	23.9	0.29	
11.4	7.92	4.39	29.7	25.65	0.58	
11.5	7.91	3.49	35.88	26.52	0.87	

11.5	7.91	2.99	33.61	26.57	0.87	
12	7.9	2.14	32.79	26.73	1.16	
18.5	7.9	2.02	36.07	26.73	1.2	
73.9	8.053	7.84	1.67	21.26	0.27	יגור
128	8.18	7.31	1.65	19.9	0.24	חוות החיות

טבלה 3: קריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1997)

פרמטר	יחידת מדידה	נמוך	בינוני	גבוה
חמצן מומס (DO)	mg/L	אנוקסיה = 0, הפוקסיה = 0-2, נזק ביולוגי 2-5		
חנקן אנאורגני (NO ₂ +NO ₃)	mg/L	<0.1	0.1- 1	>1
זרחן אנאורגני (PO ₄)	mg/L	<0.01	0.01- 0.1	>0.1
כלורופיל a	µg/L	<5	5- 20	>20

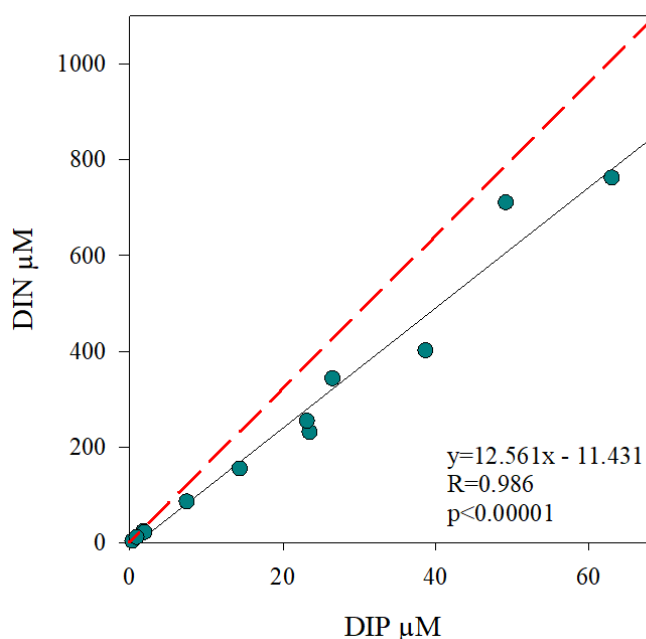
ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט + ניטריט + אמוניה, פוספאט וחומצה סיליצית) בדגימות פני השטח ומי עומק בחלקו של הקישון המלוח (פתח נמל עד לבניות) כמו גם תחנות במעלה הנחל (יגור וחוות החיות) מוצגים בטבלה 4. בתחנות הקישון המלוח, ריכוזי הנוטריאנטים בפני השטח (N 0.34-10.68; P 0.05-1.95; Si 0.66-10.53 mg/L) היו גבוהים מאלה שנמדדו מעל הקרקעית (N 0.06-2.17; P 0.01-0.44; Si 0.13-2.85 mg/L). בדומה לדיגומים קודמים, ריכוזי הנוטריאנטים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות מהזרמות המפעלים וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, ובהשפעת מידת המיהול עם מי הים. ריכוזי הזרחות, החנקות והסיליקה מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיהול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים, אבל מושפעים גם מתהליכים ביולוגיים (ניטריפיקציה, נשימה). בכל תחנות הדיגום בתוך הקישון (מעלה הנחל ועד מוצאו) נמצאו ריכוזים גבוהים של חנקן וזרחן, (ערך מקסימום של 10.68 ו-1.95 מג"ל בהתאמה), דבר המצביע על רמת זיהום (איאורופיקציה) גבוהה (ריכוזים גבוהים מ-1 מג"ל ומ-0.1 מג"ל בהתאמה) על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3).

עודף נוטריאנטים נמדד ברב הדיגומים בשנים האחרונות ובמיוחד עודף בחנקות. יש לציין שבאוקטובר 2022 ריכוזי כל הנוטריאנטים היו נמוכים מאשר אלה שנדגמו בסתיו 2021 (פרט למי העומק בתחנת הלבניות והנמל). היחס האופטימאלי/תקין בין ריכוז חנקות אנאורגניות לריכוז זרחות אנאורגניות באקוסיסטמות אקוויטיות נחשב 16:1 (Redfield, 1933). היחס הנ"ל באסטואר הקישון בסתיו 2022 נמוך ועמד על 12.6 (איור 3), ומעיד באופן יוצא דופן ביחס לדיגומי העבר על עודף זרחות באסטואר שמוזרמות עם השפכים. בהשוואה לדיגומי סתיו 2020 ו-2019, ריכוזי הפוספאט בדיגום הנוכחי גבוה פי 2-9 בכל התחנות, לעומת ריכוזי החנקות אשר ברב התחנות ריכוזן נמוך מהשנים הנ"ל.

כאשר בוחנים את יחס חנקות לזרחות בדיגומי סתיו בארבע השנים האחרונות (2019-2022), היחס ירד בהדרגה מ-112.8 בשנת 2019 ל-12.6 בסתיו 2022. שינוי היחס מעיד על כך שבעבר האסטואר היה מקבל עודף חנקות, ובשנתיים האחרונות התהפך המאזן לעודף של זרחות (Herut et al., 2023).

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) לאורך נחל הקישון המלוח ובתחנות במעלה הנחל באוקטובר 2022.

תחנה	עומק דיגום	NO ₂ +NO ₃ +NH ₄ -N [mg/L]	PO ₄ -P [mg/L]	Si(OH) ₄ -Si [mg/L]
פתח נמל	פני שטח	0.34	0.05	0.66
	קרקעית	0.06	0.01	0.13
יוליס	פני שטח	3.57	0.72	6.16
	קרקעית	0.16	0.03	0.29
אקליפטוס	פני שטח	4.81	0.82	7.19
	קרקעית	0.31	0.06	0.54
הסתדרות	פני שטח	3.24	0.73	4.55
	קרקעית	1.21	0.23	1.57
לבניות	פני שטח	5.63	1.20	8.32
	קרקעית	2.17	0.44	2.85
יגור	פני שטח	9.95	1.52	10.12
חוות החיות	פני שטח	10.68	1.95	10.53



איור 3: ריכוז זרחן אנאורגני מומס כתלות בריכוז חנקן אנאורגני מומס במי הקישון המלוח באוקטובר 2022. שיפוע משוואת הקו מגמה הינו 12.56. מקדם המתאם של קורלציית פירסון הינו 0.986 ($p < 0.00001$). הקו המקווקו האדום מייצג שיפוע קו של 16 (יחס רדפילד בין חנקות לזרחות 1:16), יחס המאפיין אקוסיסטמות אקוויטיות רבות.

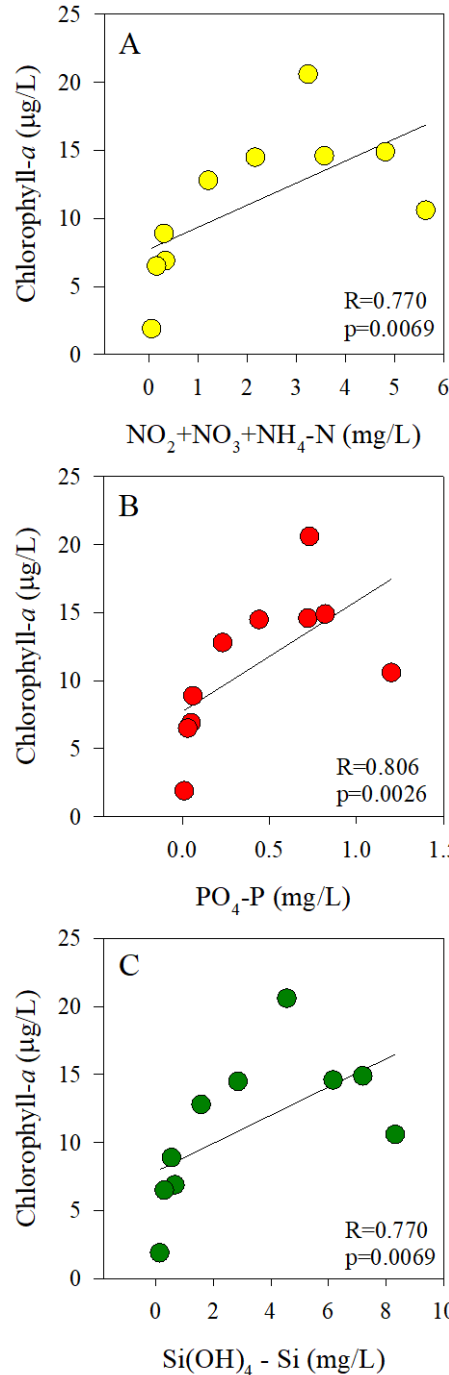
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל *a* בדיגום סתיו 2022 היו גבוהים (1.9-29.8 µg/L) (טבלה 5). ביחס לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3), ערכים אלה מצביעים על רמת אאוטרופיקציה בינונית במרבית האסטואר המלוח ואאוטרופיקציה גבוהה במעלה האסטואר (חוות החיות ויגור). נמצא קשר סטטיסטי חיובי מובהק בין העלייה בריכוז הכלורופיל לריכוזי

הנוטריאנטים (קורלציות ספירמן, $p < 0.01$, איור 4). ריכוז אצות אוקריוטיות בפני השטח לאורך האסטואר היה גבוה מזה של ציאנובקטריה פי 3-6 ונע בין 1.54-1.78 תאים לליטר $\times 10^8$. נמצא מתאם משמעותי סטטיסטית בין ריכוז הכלורופיל לשכיחות הפיקו-פיטופלנקטון לאורך הנחל המלוח ($R=0.952$, $p < 0.0001$) מבחן ספירמן) אך לא לציאנובקטריה. זאת כפי הנראה בגלל הדומיננטיות של הפיקו-פיטופלנקטון והמיקרואצות שידונו בהמשך. ריכוז הכלורופיל עולה בהתאמה לריכוז הנוטריינטים האנאורגנים ומדגים את ההשפעה של העשרת הנוטריינטים באסטואר על היצרנים הראשוניים (איור 4). שכיחות החיידקים ההטרוטרופים הייתה בין בסדר גודל עד שני סדרי גודל גבוהה מהפיקו-פיטופלנקטון (4.8×10^8 - 38.7×10^8 תאים בליטר) עם מספר תאים גבוה עד פי 4.3 בפני השטח ביחס לקרבת הקרקעית (טבלה 5). נמצא מתאם משמעותי בין ריכוז חיידקים לריכוזי הנוטריאנטים השונים ($R=0.782$ - 0.794 , $p < 0.0001$ מבחן ספירמן) לאורך האסטואר המלוח. יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פעיל, פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגנים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

טבלה 5: ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון באוקטובר 2022.

Heterotrophic bacteria ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Pico-eukaryotes ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Autotrophic cyanobacteria ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Chlorophyll- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
10.1	0.25	1.63	6.9	פני שטח	פתח נמל
4.8	0.03	0.73	1.9	קרקעית	
38.7	1.70	0.54	14.6	פני שטח	יוליוס
8.9	0.10	0.28	6.5	קרקעית	
32.6	1.78	0.53	14.9	פני שטח	אקליפטוס
10.3	0.34	0.33	8.9	קרקעית	
29.3	1.75	0.35	20.6	פני שטח	הסתדרות
19.8	0.77	0.40	12.8	קרקעית	
19.7	1.54	0.27	10.6	פני שטח	לבניות
26.1	0.79	0.33	14.5	קרקעית	
18.6	0.09	0.33	26.9	פני שטח	יגור
31.0	0.24	0.30	29.8	פני שטח	חוות החיות



איור 4: ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט+אמוניה (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח בלבד באוקטובר 2022, עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5.

בהתאמה לריכוזי האצות האאוקריוטיות הקטנות, ערכי היצרנות הראשונית (primary production) היו גבוהים אף הם בפני השטח לאורך האסטואר המלוח ונעו בין 504-768 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום והיו גבוהים ביחס ליצרנות מעל הקרקעית פי 252-60 (טבלה 6). היצרנות הראשונית הנמוכה ביותר בפני השטח נמדדה בתחנות במעלה הנחל (יגור וחוות החיות) כבשנים קודמות. ערכי היצרנות הראשונית (היממתית) היו דומים ואף מעט נמוכים מהיצרנות שנמדדה בסתיו בשנים 2020-2021. כבשנים קודמות, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חי"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2017) וממי החוף (Ravah et al., 2015; Rahav et al., 2016). יצרנים

ראשונים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות (צרכנים שניוניים, שלישוניים וכו').

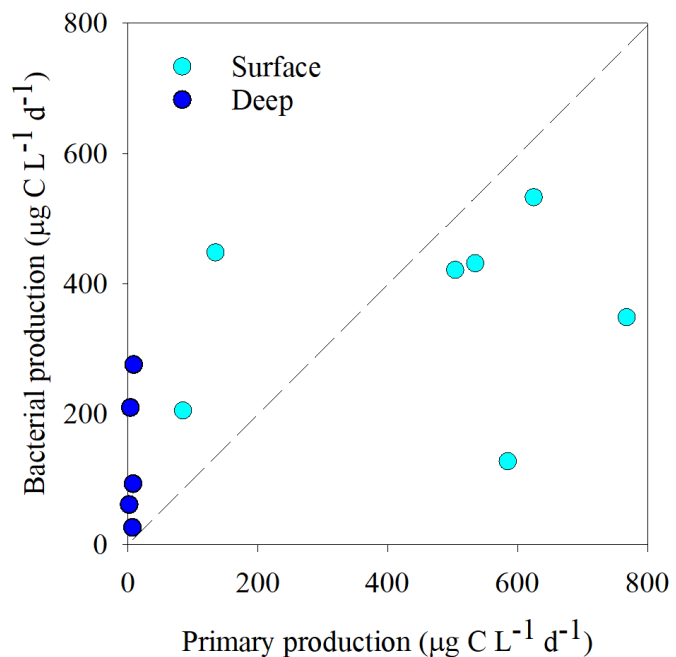
בדומה ליצרנות הראשונית, הפעילות החיידקית במי פני השטח הייתה גבוהה מאשר במי העומק (עד פי 9). ערכי היצרנות החיידקית נעו בין 25.9-533.0 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום באסטואר המלוח עם יצרנות מקסימאלית בפני השטח של תחנת יוליוס (טבלה 6). פעילות החיידקית שנמדדה לאורך האסטואר המלוח הייתה גבוהה עד פי 7 ביחס ליצרנות החיידקית בסתיו אשתקד ועד פי 2.4 ביחס לשנת 2020.

בדומה לאוקטובר 2020-2021 ובניגוד לסתיו 2018 ו 2019, עיקר הפעילות המטאבולית בפני השטח של כל התחנות הייתה אוטוטרופית (פוטוסינתזה) ונעשתה על ידי יצרנים ראשוניים, אצות וציאנובקטריה (טבלה 6, איורים 5-6). למעשה, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים במי פני השטח באסטואר המלוח מערכי היצרנות החיידקית (פי 1.2-4.6). בשונה מסתיו בשנת 2021, ניכר כי הפעילות ההטרוטרופית הייתה דומיננטית במי העומק (יחס BP:PP נמוך מ-1) ובמעלה הנחל והייתה גבוהה פי 4-59. מבחני מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 7. קיים קשר לינארי חיובי ומובהק בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכות האוטוטרופית וההטרוטרופית. כמו כן, ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) עולה, כך היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 7 G-I) והמערכת האקולוגית הופכת יותר אוטוטרופית. מגמה זו מדגישה את ההשפעה ההדוקה של ריכוז הנוטריינטים הגבוה באסטואר על תפקוד היצרנים ובכך משנים את המאזן בין השניים. השינוי ביחס בין היצרנות במי העומק ביחס לדיגומי העבר מדגימה בפעם נוספת את התלות הגדולה של המטבוליזם השולט במערכת האקולוגית ביחס בין הנוטריינטים, בפרט חנקות וזרחות (איור 3). למעשה, תהליכים בשכבת המים העמוקים, המהווה שכבת הגבול בין הסדימנט לעמודת המים, מוכתבים במידה רבה על ידי חיידקים הטרוטרופיים בסדימנט עצמו. מידת פעילות החיידקים בסדימנט ובשכבת הגבול משלימה את התמונה של תפקוד הנחל כמערכת אקולוגית, בו חלה בניה של חומר אורגני (בתהליך הפוטוסינתזה) ופירוק (פעילות הטרוטרופית) של חומר אורגני וצריכה ושחרור של נוטריינטים. לפי שעה, לא מתבצעים דיגומים של סדימנט בנחל, אנו ממליצים להוסיף לדיגומים הקיימים גם דיגומים סדימנט בכל אחת מתחנות הדיגום, ובכך להרחיב את התמונה המתקבלת של תפקוד האסטואר.

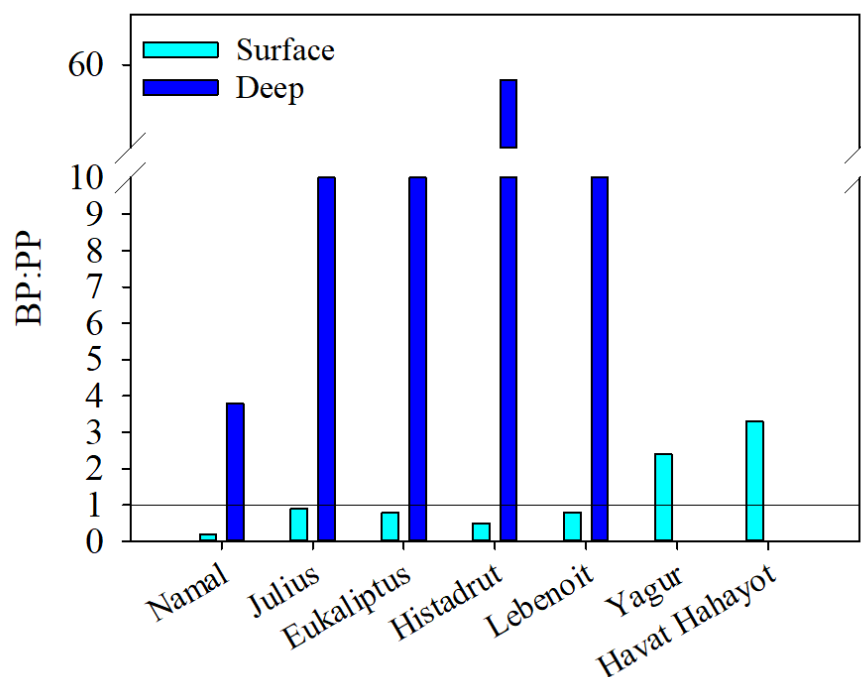
בהשוואה של ריכוז הנוטריינטים, חמצן מומס במים וכלורופיל בתחנות השונות אל מול ערכי הסף עבור קריטריונים שהוצעו ע"י Herut et al., 2023 להערכה של הסטטוס הסביבתי של אסטוארים קטנים, עולה כי רק תחנת פתח הקישון נמצאת בסטטוס של מצב "Good" מבחינת ריכוזי הנוטריינטים השונים, ריכוזי החמצן והכלורופיל (טבלה 7). זאת בזכות המיהול המשמעותי של מי הנחל עם מי הים בתחנה זאת. שאר התחנות לאורך האסטואר מסווגות עפ"י הקריטריונים לסטטוס "Bad" ו-"Moderate", עקב ריכוזים גבוהים לרב של פוספאט בפני השטח המוזרם ממעלה הנחל (טבלה 7).

טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח ובשתי תחנות במעלה הנחל באוקטובר 2022. כאשר היחס בין היצרנות החידקית לראשונית גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית. כאשר היחס בין היצרנות החידקית לראשונית קטן מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות אוטוטרופית (פוטוסינתזה).

BP/PP ratio	Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
0.2	585.0±66.3	127.5±14.7	פני שטח	פתח נמל
3.8	6.9±2.3	25.9±1.5	קרקעית	
0.9	624.7±53.3	533.0±81.2	פני שטח	יוליוס
24.6	2.5±0.8	61.0±4.1	קרקעית	
0.8	504.5±206.3	421.5±94.4	פני שטח	אקליפטוס
11.0	8.5±4.6	92.6±13.1	קרקעית	
0.5	768.5±35.3	348.6±107.6	פני שטח	הסתדרות
59.1	3.6±2.2	210.5±18.6	קרקעית	
0.8	535.0±86.7	431.6±47.5	פני שטח	לבניות
31.8	8.7±3.4	276.1±12.4	קרקעית	
2.4	85.4±10.9	205.4±30.7	פני שטח	יגור
3.3	134.9±303	448.3±32.4	פני שטח	חוות החיות



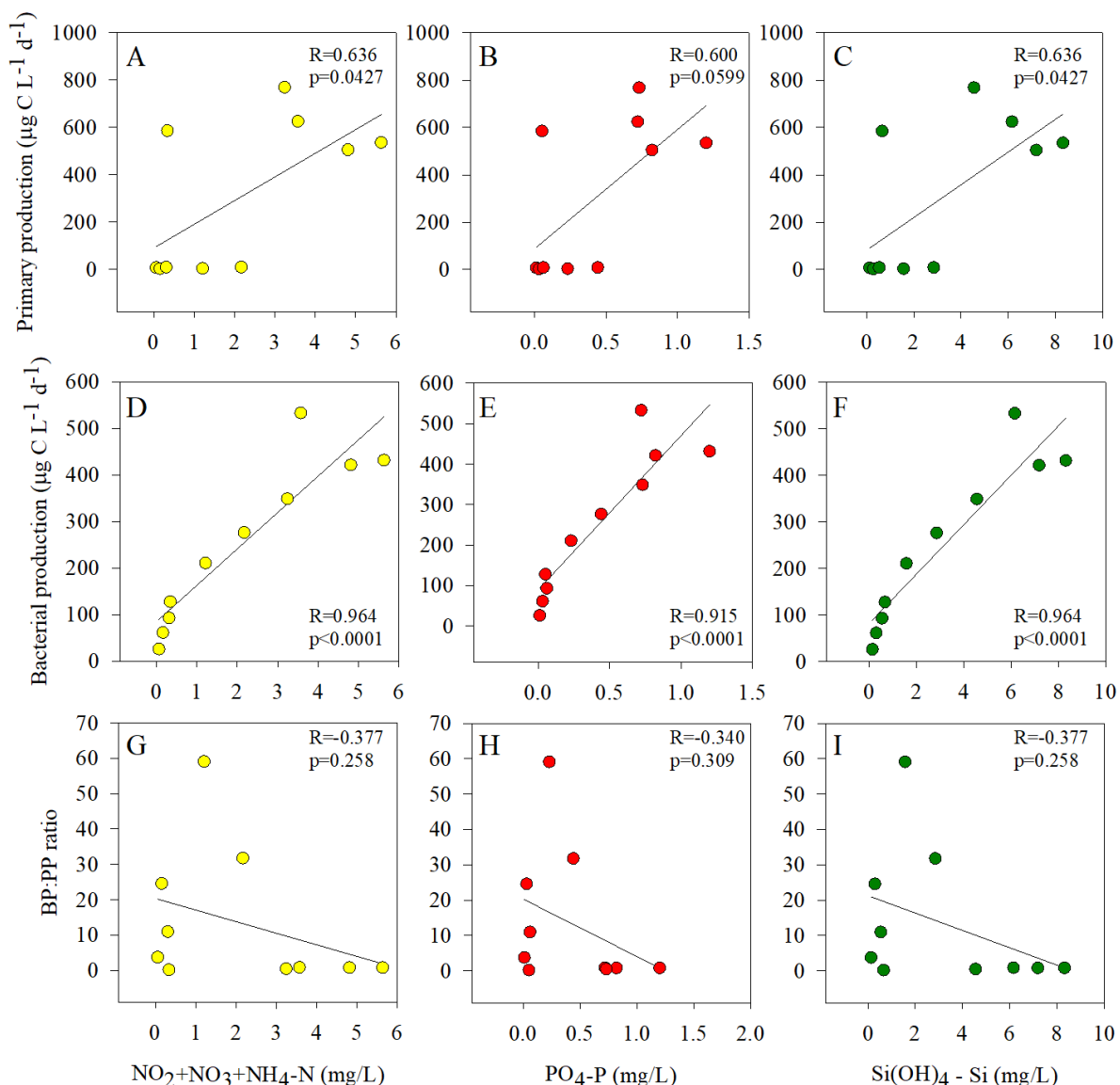
איור 5: היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במי הקישון באוקטובר 2022. הקו המקווקו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 6: היחס בין יצרנות חיידיקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) ליצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) במי הקישון באוקטובר 2022. הקו מהווה יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.

טבלה 7: סיווג הקריטריונים של מצב הסביבתי בתחנות השונות בנחל הקישון המלוח כפי שנובע מהשוואת הפרמטרים השונים שנמדדים בניטור (ריכוזי פוספאט, ניטראט, אמוניה, כלורופיל וחמצן מומס במים) אל מול ערכי הסף שהוצעו ע"י Herut et al., 2023 על מנת להעריך את המצב הסביבתי באסטואר.

DO	Chl- <i>a</i>	NH ₄	NO ₃	PO ₄	עומק דיגום	תחנה
Good	Moderate	Good	Good	Good	פני שטח	פתח נמל
Good	Good	Good	Good	Good	קרקעית	
Good	Moderate	Moderate	Moderate	Bad	פני שטח	יוליס
Good	Moderate	Good	Good	Good	קרקעית	
Good	Moderate	Moderate	Moderate	Bad	פני שטח	אקליפטוס
Moderate	Moderate	Good	Good	Good	קרקעית	
Good	Moderate	Moderate	Moderate	Bad	פני שטח	הסתדרות
Moderate	Moderate	Good	Good	Moderate	קרקעית	
Moderate	Moderate	Moderate	Moderate	Bad	פני שטח	לבניות
Moderate	Moderate	Good	Moderate	Bad	קרקעית	
Good	Moderate	Good	Bad	Bad	פני שטח	יגור
Good	Moderate	Good	Bad	Bad	פני שטח	חוות החיות

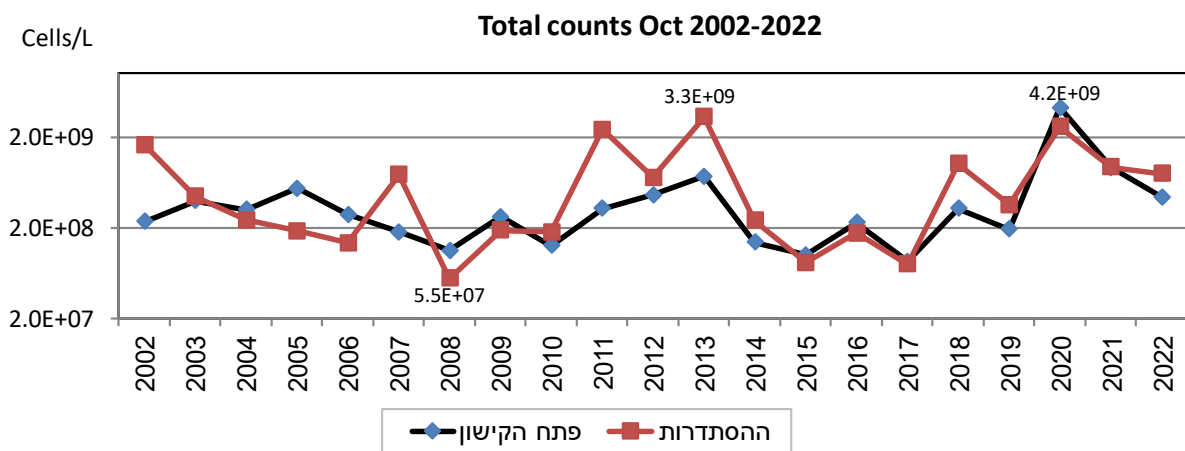


איור 7: הקשרים הלינאריים בין ערכי היצרנות הראשונית (A-C), היצרנות החיידקית (D-F), והיחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית (G-I) לבין ריכוז ניטראט + ניטריט + אמוניה (A,D,G), זרחן (B,E,H) וסיליקה (C,F,I) בנחל הקישון המלוח בלבד באוקטובר 2022. עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן.

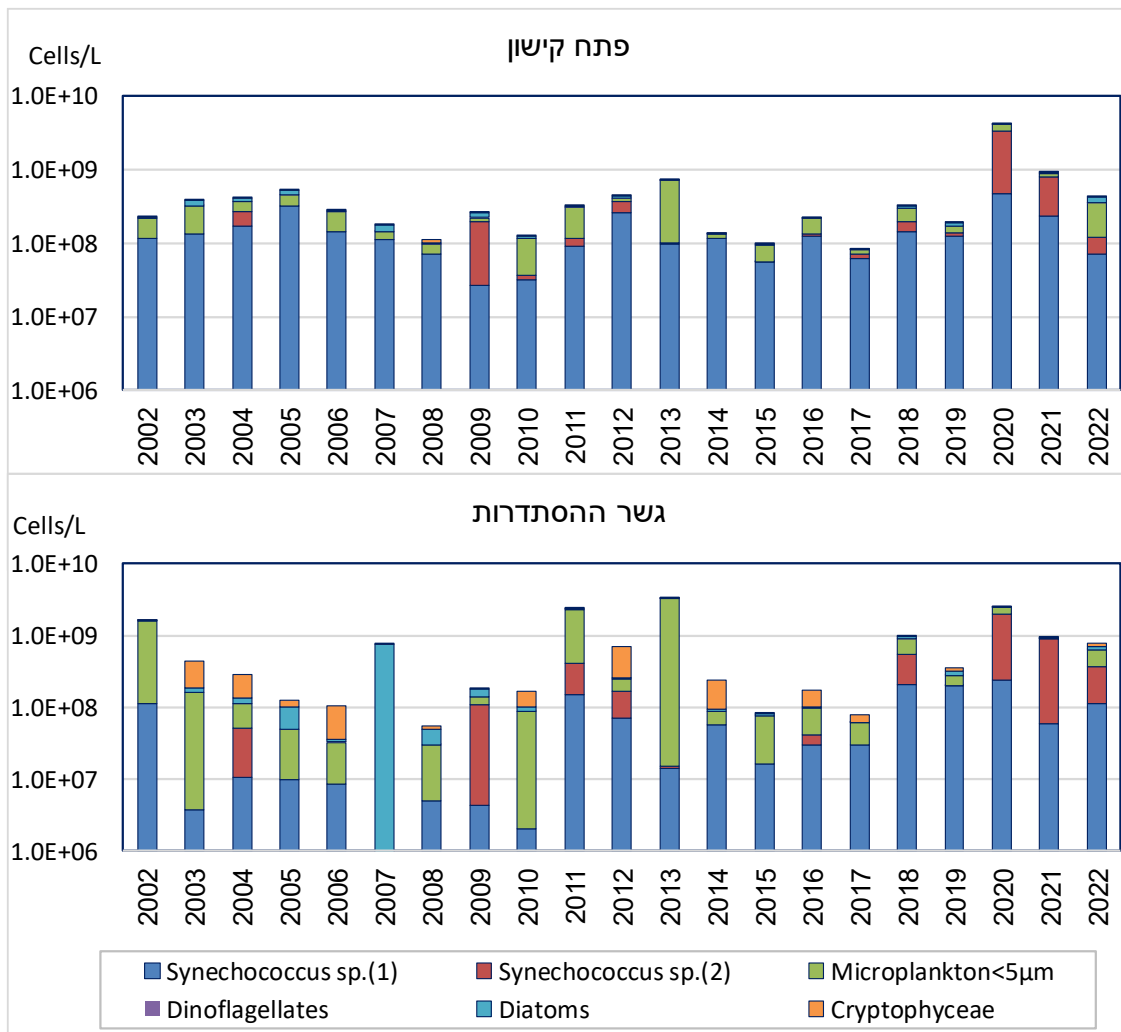
במקביל לספירות האצות עם Flow-cytometer, מיני מיקרופלנקטון נספרו וזוהו גם בכלים טקסונומיים (מיקרוסקופיה אפיפלורוסנטית) במי השטח של שתי תחנות: תחנת פתח הקישון במורד הנחל, ותחנת גשר ההסתדרות במעלה הנחל. שיטה זו מאפשרת מעקב אחר מינים ספציפיים, כולל מינים בעלי פוטנציאל לרעילות. כמו כן, השוואות רב שנתיות לריכוז, לביומסה ולמגוון מיני מיקרופיטופלנקטון מדיגומים קודמים (2002-2022) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

ריכוז תאי מיקרו-פיטופלנקטון

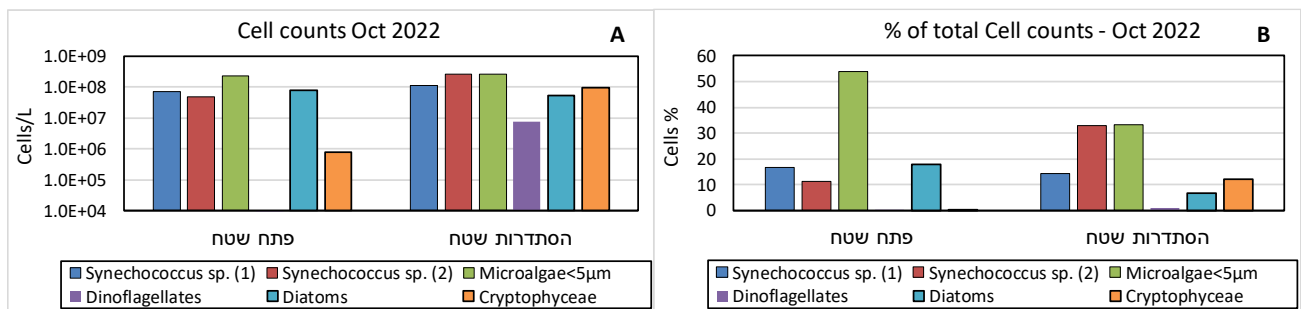
ריכוז התאים הכללי בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות, נמצא בירידה זו שנה שנייה (איור 8). ירידה זו מקורה בעיקר בירידה יחסית בריכוז בקטריות כחוליות מהסוג *Synechococcus* (איור 9). בשתי התחנות עלה שיעורן היחסי של מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון בריכוז התאים כללי (איורים 9,10). בפתח הקישון הן היו 50% מריכוז התאים הכללי ואילו בגשר ההסתדרות שליש מריכוז התאים הכללי בדומה לשיעור הבקטריות הכחוליות מהמין (2) *Synechococcus sp.* (איור 10B), אשר היו שכיחות מאד בשנתיים קודמות בשתי התחנות (איור 9).



איור 8: ריכוז התאים הכללי בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2022



איור 9: התפלגות ריכוז התאים מקבוצות המיקרופלנקטון השונות, בשתי התחנות בסתיו 2002-2022

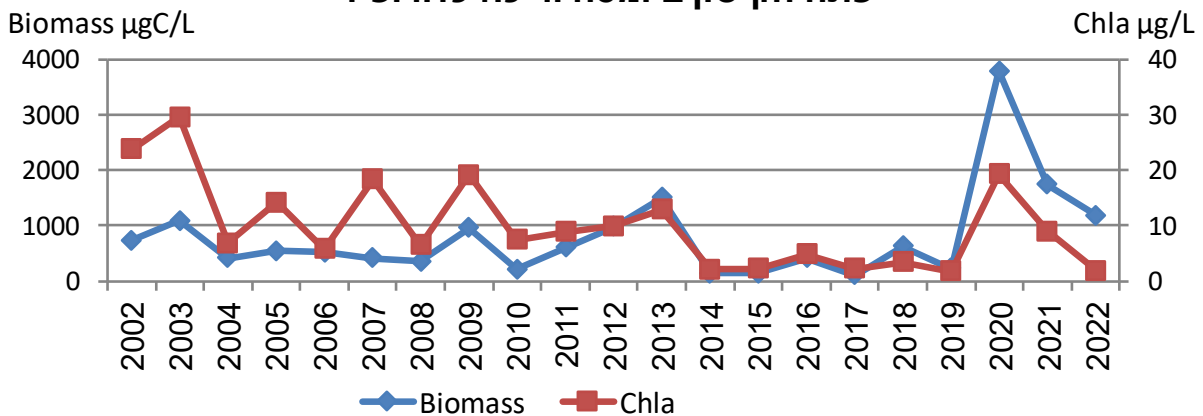


איור 10: ריכוז התאים בקבוצות המיקרופלנקטון (A) וריכוזם היחסי באחוזים (B) בסתיו 2022

ביומסה וריכוז הכלורופיל

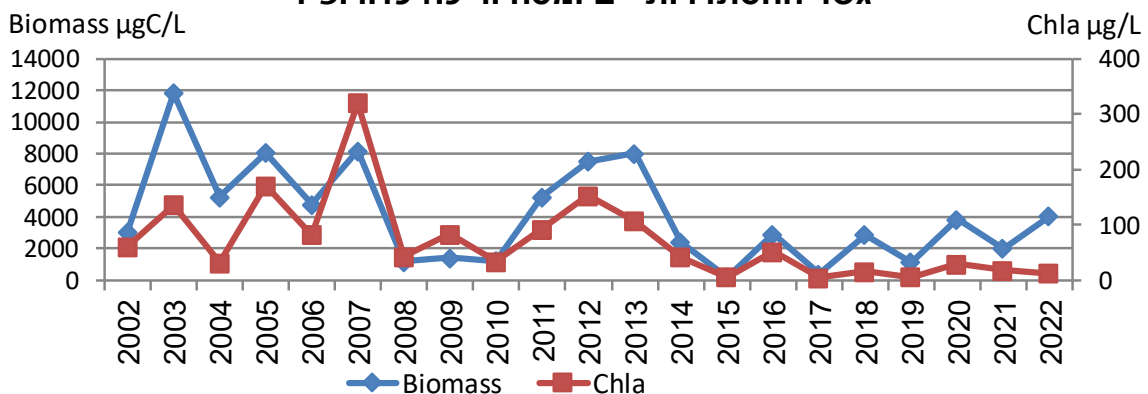
בפתח הקישון הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו זו שנה שנייה, בדומה לריכוז התאים (איור 11). בשונה משנה קודמת, בהן הבקטריה הכחולית מהמין (2) *Synechococcus sp.* היוותה את עיקר הביומסה בשתי התחנות (איורים 17,18), בניטור סתיו השנה, עיקר הביומסה בפתח הקישון הייתה של מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון ואצות צורניות, אשר יחד היוו 87% מהביומסה הכללית (איור 13). בגשר ההסתדרות הביומסה עלתה יחסית לשנה קודמת (איור 12) ופרחו בה פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, השכיחים בתחנה זו לאורך השנים, וכן דינופלגלטים שאינם פוטוסינתטיים שהיוו רבע מהביומסה (איור 13). דינופלגלטים אלה אינם פוטוטרופיים, וחסרי כלורופיל, לפיכך אינם תורמים לריכוז הכלורופיל ובכך יוצרים חוסר ההתאמה בין ריכוז הכלורופיל (שירד) והביומסה עלתה (איור 12) ביחס לשנה קודמת. ריכוז הכלורופיל בפני השטח בפתח הקישון היה בתחום הבינוני ואלו בגשר ההסתדרות הוא היה בתחום הגבוהה יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים (טבלאות 3,5).

פתח הקישון ביומסה וריכוז כלורופיל

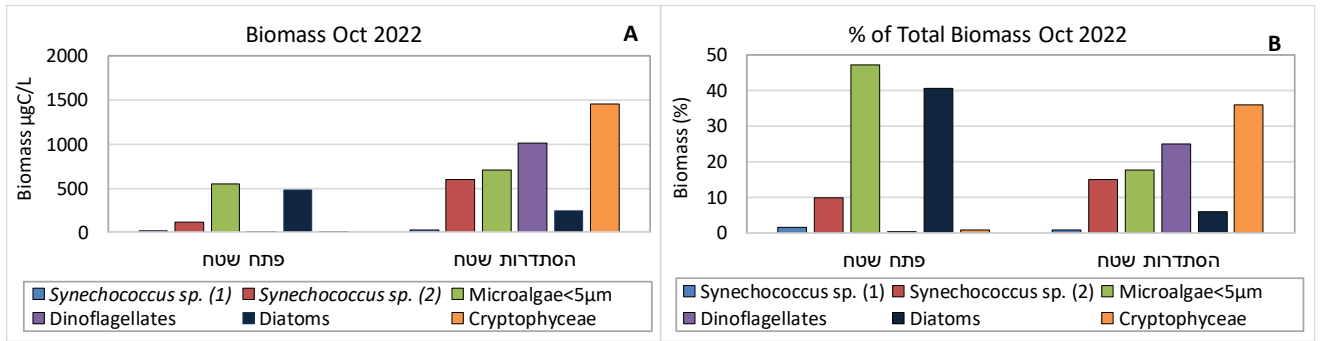


איור 11: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון בסתיו 2002-2022

גשר ההסתדרות - ביומסה וריכוז כלורופיל



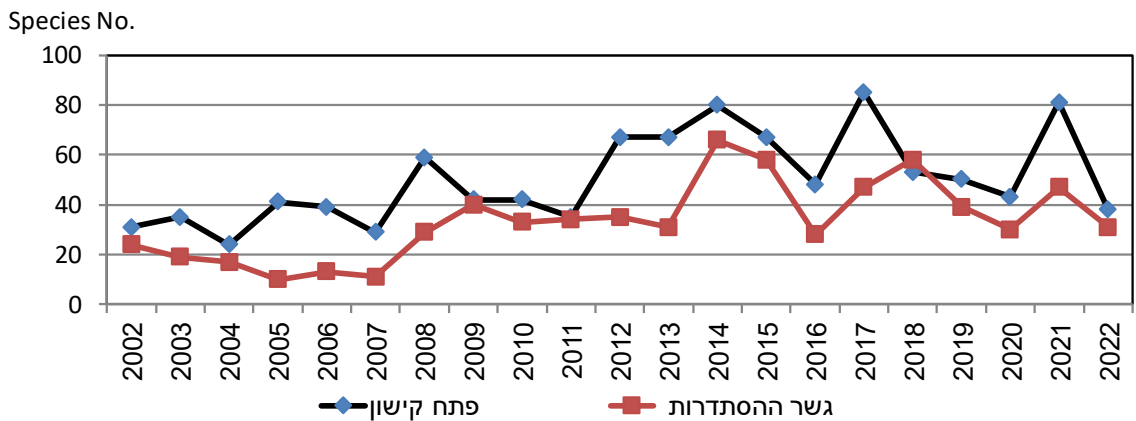
איור 12: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2022



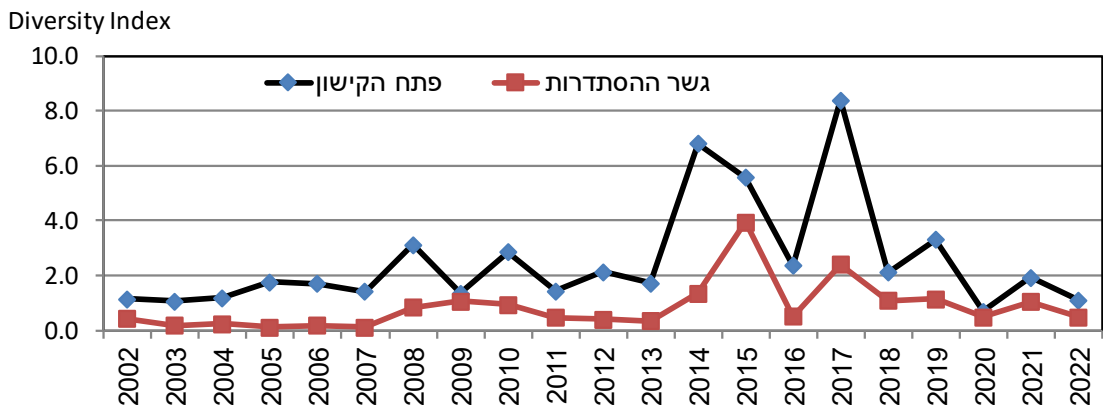
איור 13: ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון (A) ושיעורה באחוזים (B) באוקטובר 2022

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index)

מספר המינים בשתי התחנות ירד ביחס לשנה הקודמת (איור 14, טבלה 8). מספר המינים בפתח הקישון היה נמוך מהממוצע הרב שנתי, ודומה לממוצע הרב שנתי בגשר ההסתדרות. אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) (חושב לפי Menhinick's index - מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה, במקום ריכוז תאים) ירד בהתאמה עם הירידה במספר המינים, בשתי התחנות, בהשוואה לשנה קודמת (איור 15). בשתי התחנות אינדקס מגוון המינים היה נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי.



איור 14: מספר המינים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2022



איור 15: אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) בסתיו 2002-2022

הרכב מיני המיקרופלנקטון

עיקר הביומסה בפתח הקישון הייתה של מיקרואצות קטנות מ- 5 מיקרון ואצות צורניות (איור 13). מבין האצות הצורניות הייתה שכיחה הצורנית מהמין *Thalassiosira pseudonana*, הנפוצה בדיגומי הקישון וכן צורנית מהמין *Chaetoceros* sp. יחד הן היוו את עיקר ביומסת הצורניות בשתי התחנות (טבלה 8). נמצאו מעט מאוד דינופלגלטים בפתח הקישון, ואילו בגשר ההסתדרות נמצאה פריחה של דינופלגלטים שאינם פוטוסינתטיים שהיוו 99% מביומסת הדינופלגלטים. בנוסף, פרחו פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* אשר היוו 35% מהביומסה הכללית וכן הופיע ריכוז גבוה יחסית של מיקרואצות קטנות מ- 5 מיקרון ובקטריות מהמין (2) *Synechococcus* sp. אשר היוו שליש מהביומסה הכללית בגשר ההסתדרות. בדיגום זה, לא נמצאו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי.

טבלה 8: ריכוז המיקרופלנקטון (תאים/לליטר) בקישון – אוקטובר 2022

	פתח הקישון	גשר ההסתדרות		פתח הקישון	גשר ההסתדרות
Dinoflagellates			Diatoms		
Unidentified<15µm	1667	7.7E+06	<i>Nitzschia acicularis</i>	3	
<i>Ceratium furca</i>	17		<i>Nitzschia lorenziana</i>	3	
<i>Ceratium kofoidii</i>	3		<i>Nitzschia</i> sp. (1045A)		86
<i>Dinophysis</i> sp.	3		<i>Nitzschia</i> sp. (1566)		857
<i>Gymnodinium</i> sp.	2067	2857	<i>Nitzschia</i> sp. (351k)	3	
<i>Metadinophysis sinensis</i>	7	32	<i>Nitzschia</i> sp. (592A)	3	23
<i>Oxytoxum</i> sp. (1934a)	67		<i>Odontella mobiliensis</i>	3	
<i>Dinophysis ovum</i>	3		<i>Pleurosigma</i> spp.	35	
<i>Prorocentrum gracile</i>		3	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	10	
<i>Prorocentrum micans</i>	7		<i>Streptothea tamesis</i>	17	3
<i>Protoperidinium joergensenii</i>	67		<i>Suriella</i> spp.	3	
<i>Protoperidinium</i> spp.		32	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	7	
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	67		<i>Thalassiosira pseudonana</i>	4.8E+07	1.2E+07
<i>Protoperidinium bipes</i>	267	200	Cryptophyceae		
<i>Scropsiella spinifera</i>		3	<i>Cryptomonads</i> spp.	7.7E+05	1.4E+07
Diatoms			<i>Hemiselmis</i> sp.		8.1E+07
<i>Bacillaria paxillifera</i>		291	Chlorophyceae		
<i>Chaetoceros</i> spp.	2.9E+07	4.0E+07	Flagellae spp	2.2E+04	171
<i>Cyclotella</i> spp.	3.4E+05	286	<i>Monoraphidium arcuatum</i>		29
<i>Cylindrotheca closterium</i>	7		<i>Scenedesmus opoliensis</i>		70
<i>Cymbella</i> sp. (1998)	67	86	Cyanobacteria		
<i>Entomoneis gigantea</i>		3	<i>Oscillatoria</i> sp. (328A)		279
<i>Entomoneis</i> sp. (518K)	1267		<i>Oscillatoria</i> sp. (613k)		1167
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	30		<i>Synechococcus</i> sp. (1)	7.2E+07	1.1E+08
<i>Melosira moniliformis</i>	267	266	<i>Synechococcus</i> sp. (2)	4.9E+07	2.6E+08
<i>Navicula</i> sp. (1913)		29	Ebriophyceae		
<i>Navicula</i> sp. (1949)	267	686	<i>Hermesinium adriaticum</i>	67	
<i>Navicula</i> spp.	200	371	Microalgae<5µm	2.3E+08	2.6E+08
			Total Cells/L	4.3E+08	7.9E+08

השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וגשר ההסתדרות- דיגומי סתיו 2002-2022

ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל

קיימת תנודתיות בריכוז התאים (איורים 8-9), בביומסה ובריכוז הכלורופיל (איורים 11-12) לאורך השנים בסתיו. בין השנים 2002-2013, הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים באופן מובהק ביחס לאלו שבשנים 2014-2019 (איור 11) בפתח הקישון. בסתיו 2020, שיא בביומסה נבע מפריחת בקטריות כחוליות (איור 16), ובשנים 2020-2022 ממוצע הביומסה בפתח הקישון היה גבוה ביחס לממוצע שנים קודמות. בשנתיים האחרונות נראתה ירידה בביומסה של הבקטריות הכחוליות (איור 16) וכן בביומסה הכללית (איור 11), אולם הביומסה הכללית נשארה גבוהה ביחס לממוצע הרב שנתי. לעומת זאת, ריכוז הכלורופיל בפתח הקישון היה נמוך מאד ביחס לממוצע הרב שנתי (איור 11).

תנודות גדולות בביומסה ובריכוז הכלורופיל בשנים 2002-2013 התקיימו בגשר ההסתדרות בדומה לפתח הקישון. הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים באופן מובהק יחסית לשנים 2014-2022 (איור 12). בתקופה שבין השנים 2014-2022 היו תנודות מתונות בהרבה בביומסה ובריכוז הכלורופיל. בסתיו 2022 הביומסה עלתה ואילו ריכוז הכלורופיל היה נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי (איור 12).

קבוצות המיקרופלנקטון השונות

פתח הקישון

פתח הקישון התאפיין בדומיננטיות של קבוצת הצורניות וקבוצת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ בביומסה הכללית, לסירוגין (איורים 17-18), עם תנודתיות בין השנים. בפרט, הדומיננטיות של האצות הצורניות שהחלה בסתיו 2003 התחלפה ב- 2011 בדומיננטיות של מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ (איורים 17-18) ונמשכה עד סתיו 2019. בין השנים 2020-2021 הן התחלפו בדומיננטיות של הבקטריות הכחוליות, חד תאיות מהמין *Synechococcus sp.*(2) המאפיינות את פתח הקישון (איורים 9, 16) והן היוו בממוצע $\pm 6\%$ מהביומסה הכללית (איורים 17-18). בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus sp.*(1) השכיחות גם במים העמוקים במפרץ חיפה וכן לאורך החוף הישראלי, היו דומיננטיות מבחינה מספרית לאורך השנים (איור 9). ריכוזן נמצא בירידה בשנתיים אחרונות, והשנה מיקרואצות קטנות מ- 5 מיקרון ואצות צורניות חזרו להיות דומיננטיות בהרכב הביומסה.

קבוצת דינופלגלטים המורכבת ברובה ממינים ימיים, הייתה מגוונת יותר במספר המינים בפתח הקישון ביחס לגשר ההסתדרות. מיני דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu\text{m}$ היו השכיחים ביותר, כמו במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי. לרב קבוצה זו מהווה חלק קטן מהביומסה הכללית. בסתיו 2022 נמצאו מעט מאד דינופלגלטים בפתח הקישון ותרומתם להרכב הביומסה זניח (איורים 10, 13). קיימת חשיבות גדולה במעקב אחר קבוצה זו משום שמינים רבים בה מסוגלים ליצור פריחות מזיקות או רעילות בתנאים מתאימים.

גשר ההסתדרות

הביומסה של המיקרופלנקטון הייתה הרבה יותר גבוהה, בגשר ההסתדרות ביחס לפתח הקישון, גם התנודתיות בהתפלגות הקבוצות השונות הייתה גדולה יותר (איור 17). פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היו דומיננטיים בחלק ניכר מהדיגומים, כאשר לסירוגין פרחו מינים מקבוצות אחרות (אצות צורניות, מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ ופלגלטים מהמין *Euglena sp.*). החל מסתיו 2014 חלה ירידה בביומסה ובשיאי הפריחה (איורים 17-18). בסתיו 2020-2021 בקטריות כחוליות חד תאיות משני המינים פרחו וריכוזן היה גבוה מאד ביחס לשנים קודמות (איור 16). ריכוזן ירד השנה במקביל לפריחה של פלגלטים

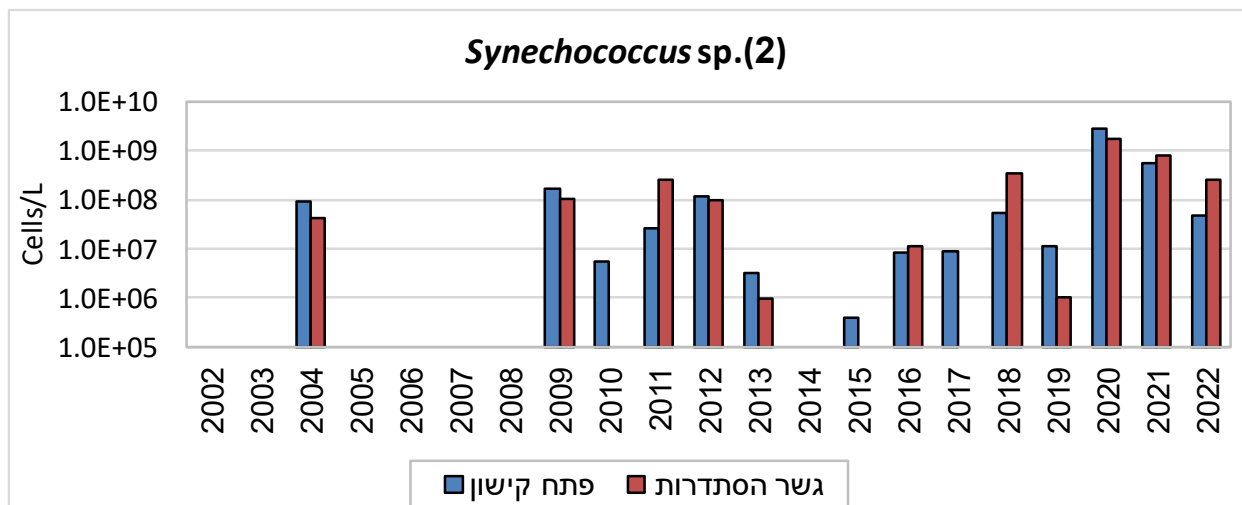
מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, המאפיינים תחנה זו, ובאופן יוצא דופן פרחו גם דינופלגלטים שאינם פוטוסינתטיים (איור 17).

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index)

בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס מגוון המינים היו נמוכים, ולעיתים באופן ניכר ביחס לפתח הקישון לאורך השנים (איורים 14-15).

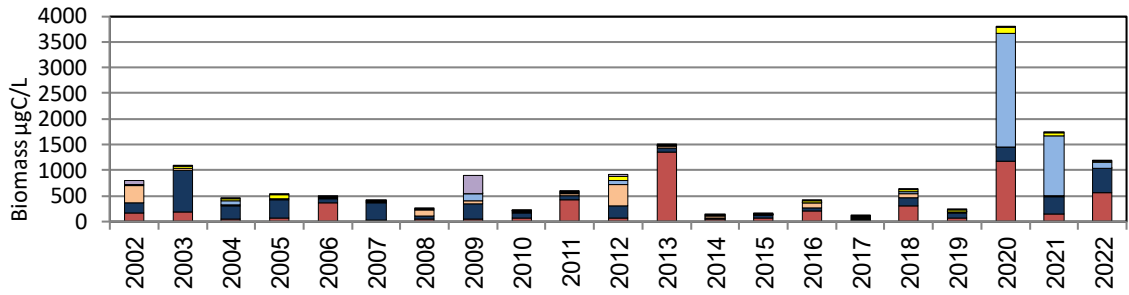
א. **מספר המינים** – בשתי התחנות בשנים 2002-2007 ממוצע מספר המינים יחסית נמוך, לאחר מכן חלה עלייה במספר המינים. לאורך השנים 2008-2022 מתקיימת תנודתיות גדולה ללא מגמה כלשהי (איור 14). בניטור סתיו 2022 מספר המינים ירד בשתי התחנות, בפתח הקישון הוא היה נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי ואילו בגשר ההסתדרות הוא דומה לממוצע הרב שנתי.

ב. **אינדקס מגוון המינים** – קיימת תנודתיות באינדקס מגוון המינים בפתח הקישון במיוחד (איור 15). בשתי התחנות חלה עלייה באינדקס מגוון המינים שהגיע לשני שיאים (2014-2015, 2017). בשנים אחרונות קיימת ירידה כללית באינדקס מגוון המינים. בסתיו 2022 חלה ירידה באינדקס בשתי התחנות, והוא היה נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי (איור 15).

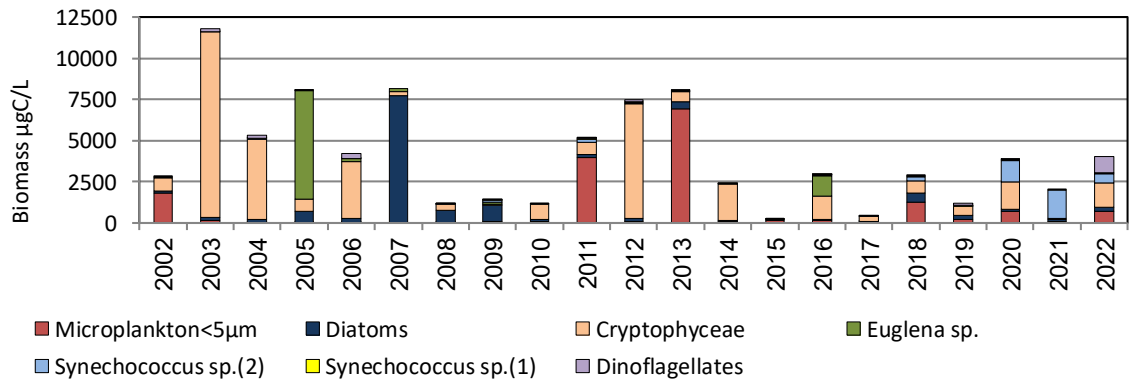


איור 16: ריכוז הבקטריות הכחוליות *Synechococcus sp. (2)* בשתי התחנות בסתיו 2002-2022

2002-2022 פתח קישון בימוסה



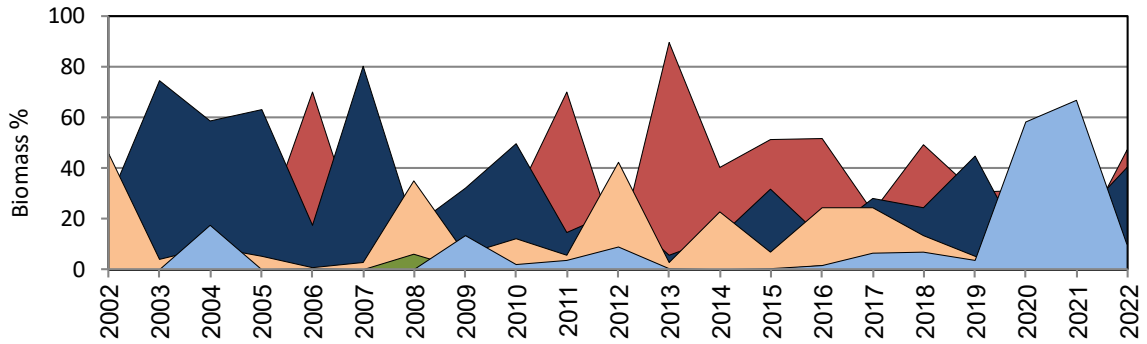
2002-2022 גשר ההסדרות בימוסה



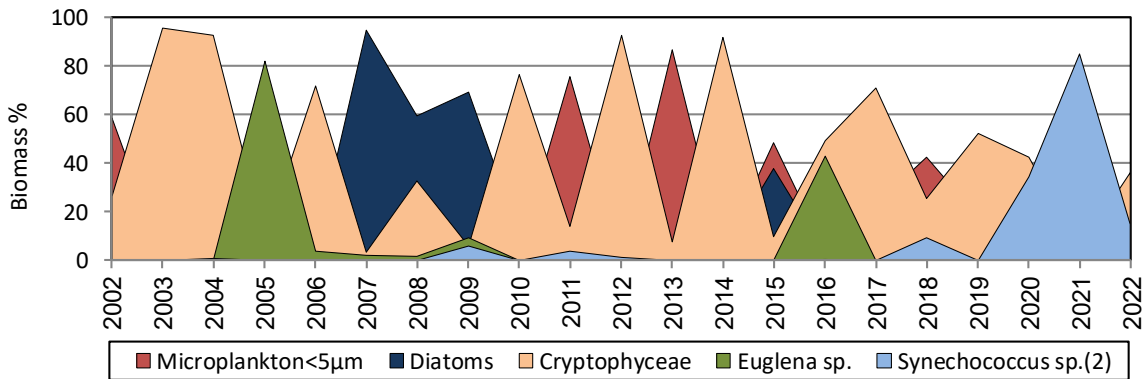
■ Microplankton<5µm
 ■ Diatoms
 ■ Cryptophyceae
 ■ Euglena sp.
■ Synechococcus sp.(2)
■ Synechococcus sp.(1)
■ Dinoflagellates

איור 17: התפלגות הבימוסה של קבוצות דומיננטיות בסתיו 2002-2022

פתח קישון



גשר הסדרות



איור 18: הבימוסה היחסית באחוזים של קבוצות המיקרופלנקטון בסתיו 2002-2022

- Bar-Zeev, E and Rahav, E. (2015). Microbial metabolism of transparent exopolymer particles during the summer months along a eutrophic estuary system. *Frontiers in aquatic microbiology*, 6, doi: 10.3389/fmicb.2015.00403.
- Herut, B. and Kress, N. (1997). Particulate metals contamination in the Kishon river estuary, Israel. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 706-711
- Herut B., Rahav E., Gordon N., Galil B., Lubinevsky H., Tibor G., Tom M., Rilov G., Silverman J. and Rinkevich B. (2015). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2014, IOLR Report.
- Herut, B., Gertner, Y., Segal, Y., Sisma-Ventura, G., Gordon, N., Belkin, N. and Rahav, E. (2023). Long-Term (2002–2021) Trend in Nutrient-Related Pollution at Small Stratified Inland Estuaries, the Kishon SE Mediterranean Case. *Water*, 15(3), p.484.
- Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification with the microscope. The filter –transfer – freeze (FTF) technique. *Limnology and Oceanography*, 28, 389-394.
- IOC-SCOR-UNESCO (1994). Manual and Guides 29. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1996. NOAA's Estuarine Eutrophication Survey. Volume 1: South Atlantic Region. Silver Spring, MD. Office of Ocean Resources Conservation Assessment. 50 p.
- Raveh, O., David, N., Rilov, G., and Rahav, E. (2015). The temporal dynamics of coastal phytoplankton and bacterioplankton in the eastern Mediterranean Sea. *PLoS ONE* doi:10.1371/journal.pone.0140690.
- Simon, M., Alldredge, A. L., and Azam, F. (1990). Bacterial carbon dynamics on marine snow. *Marine Ecology Progress Series*, 65, 205–211.
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography*, 12, 411-418.