



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור אביב 2017

דו"ח חיא"ל H47/2017

דו"חות חיא"ל
I O L R REPORTS



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 אביב 2017

דו"ח חיא"ל H47/2017

נורית גורדון, גיא סיסמה-ונטורה, איל רהב*, ברק חרות

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

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, אפרת שהם-פרידר, יעל סגל

חתימה:

דצמבר 2017

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור אביב 2017

1. מטרת הניטור

מטרת הניטור הנן 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.

2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה באביב (25 במאי) 2017. שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, ואחוז רוויית חמצן, באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לקביעת ריכוזי כלורופיל *a*, נוטריאנטים (אורטו-פוספאט, ניטראט+ניטריט, חומצה סיליצית), ספירות חיידקים ופיקופיטופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (כל התחנות), וכן אפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון (שתי תחנות: גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון) בעזרת שיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. 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- (Kress and Herut, 2001) IOC-SCOR-UNESCO, (1994). דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים (0.7µm) GF/F 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 4 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 Flow-cytometer (Attune, Applied Biosystems), והן בשיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. נוסף לכך, נספרו חיידקים הטרוטרופים (צרכנים שניוניים) לאורך תחנות הדיגום. מי הדגימה קובעו מידית עם גלוטראלדהיד (50%, 0.16% 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:

1. 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.

2. 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 אפיפלאורסנטי תוך מספר חודשים.

טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום אביב 2017.

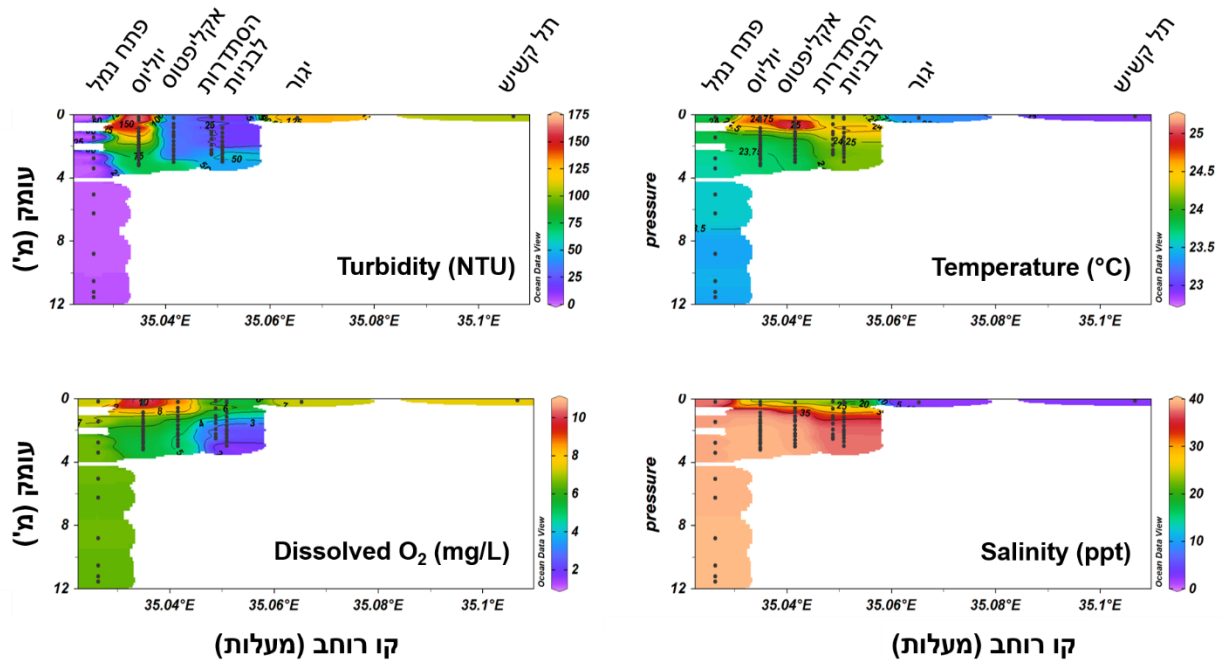
תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
תל-קשיש	32° 41.31'	35° 6.39'
יגור	32° 45.55'	35° 3.91'
לבניות	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
פתח הנמל	32° 48.59'	35° 1.55'

3. תוצאות

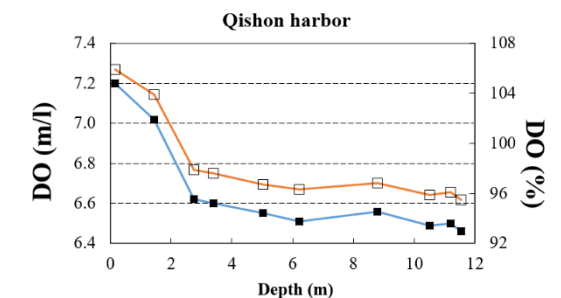
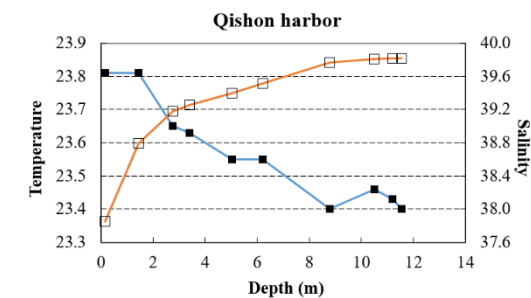
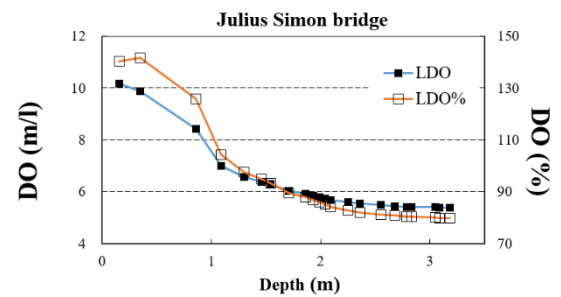
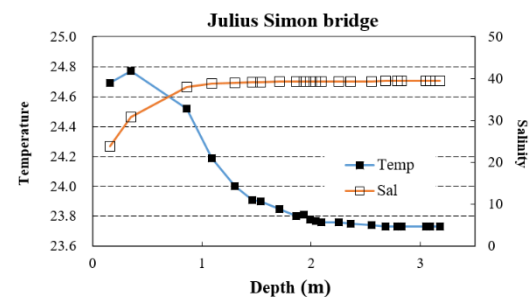
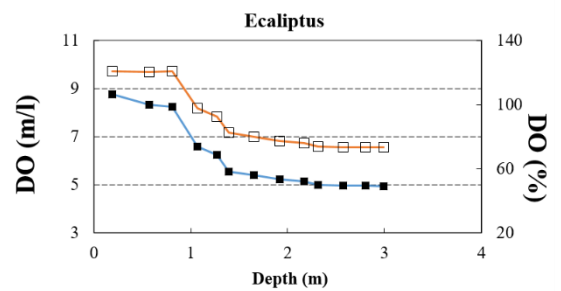
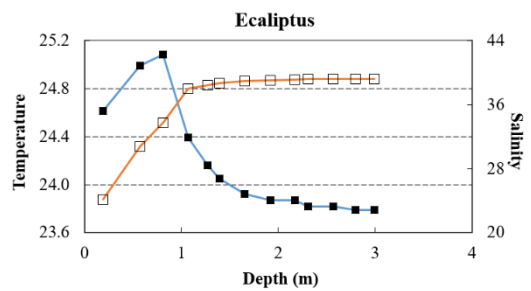
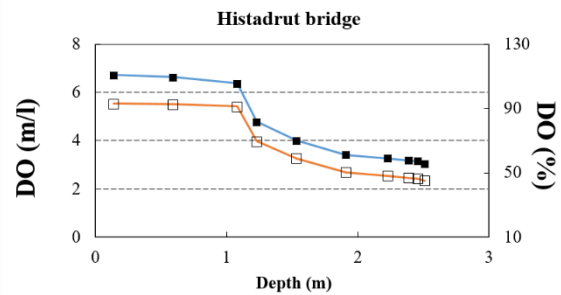
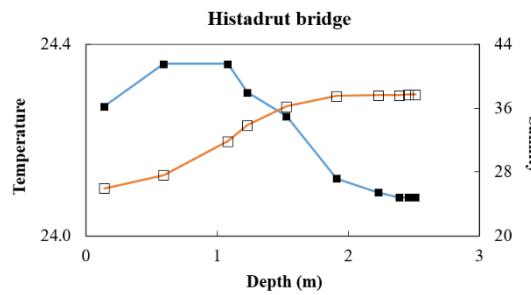
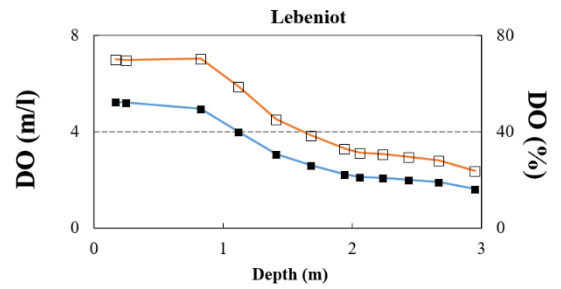
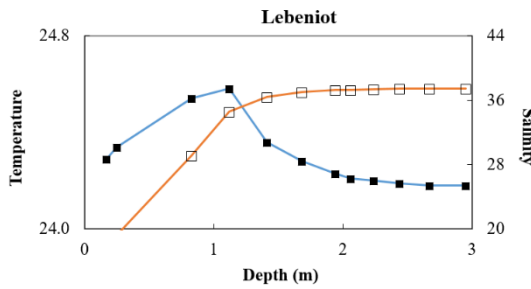
3.1 פרמטרים כימיים-פיזיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון במלוח כפי שנמדדו במאי 2017 לאורך הקישון המלוח מוצגים באיורים 1 ו-2 וטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה יחסית אחידה עם הבדל קטנים של פחות מ-0.5 מעלות בין פני השטח לקרקעית. זאת להבדיל מדיגומי קיץ בהם נדגם שיכוב משמעותי של עמודת המים עם הבדל של כ-4 מעלות בין פני השטח לקרקעית (Bar-Zeev and Rahav, 2015 וראה/י דו"ח חיא"ל H17/2015). עם זאת, בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (1 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, בתחנות במעלה הנחל, כתוצאה מכניסת מי ים דרך הסדימנט. ככל שמתקרבים למורד הנחל (קרי התקרבות לים הפתוח) עלתה המליחות- הן בגוף המים העליון והן בתחתון- כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (איורים 1 ו-2). מי השטח בכל התחנות היו רוויים בחמצן (80-100%), כאשר אחוז רוויית החמצן ירד עם העליה בעומק המים (איורים 1 ו-2). ערכי החמצן המומס בפני השטח היו למעלה מ-8 מג"ל בכל תחנות הדיגום לאורך הנחל, ערך שאינו מעיד על אנוקסיה (טבלה 3) ומצביע על מים מאווררים יחסית וללא עקות. בתחנות "לבניות" ו"ההסתדרות" ריכוז החמצן בקרקעית ירד בחדות ל-2 מג"ל, ערך המוגדר כעקת חמצן בינונית (טבלה 3).

ירידה זו תלולה מאוד בהתחשב בעומק המים הרדוד בתחנות אלה (קטן מ-3 מטר). ממצא זה כבר נראה בדיגום מאי 2016 באותן תחנות דיגום. ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל עניים יחסית בחמצן מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. ערכי החמצן הנמוכים שנמדדו סמוך לקרקעית במעלה הנחל מצביע על פעילות מטאבולית חיידקית הטרוטרופית ועל אוטרופיקציה של אזורים אילו (ראה/י דיון למטה).



איור 1 - פרופיל עומק של הטמפרטורה (°C), מליחות (ppt), עכירות (NTU) וריכוז חמצן מומס (mg/L) כפי שנמדד בדיגום מאי 2017 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding.



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

טבלה 2- סיכום פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס וקשיות (pH) כפי שנמדד במאי 2017 לאורך נחל הקישון המלוח.

pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (°C)	עומק דיגום (m)	תחנה
8.41	105.9	37.85	23.81	0.16	פתח נמל
8.43	103.9	38.79	23.81	1.44	
8.43	97.9	39.18	23.65	2.75	
8.43	97.6	39.25	23.63	3.39	
8.43	96.7	39.4	23.55	5.03	
8.43	96.3	39.51	23.55	6.22	
8.43	96.8	39.77	23.4	8.79	
8.44	95.9	39.81	23.46	10.51	
8.43	96.1	39.82	23.43	11.2	
8.43	95.5	39.82	23.4	11.54	
8.31	70.1	19.09	24.29	0.17	לבניות
8.3	69.8	19.26	24.34	0.25	
8.25	70.3	29.12	24.54	0.83	
8.24	58.9	34.61	24.58	1.12	
8.22	45.4	36.41	24.36	1.41	
8.22	38.7	36.98	24.28	1.68	
8.21	33	37.24	24.23	1.94	
8.21	31.5	37.3	24.21	2.06	
8.21	30.8	37.37	24.2	2.24	
8.21	29.7	37.43	24.19	2.44	
8.21	28.1	37.46	24.18	2.67	
7.94	24	37.45	24.18	2.95	
8.36	93.3	25.92	24.27	0.14	הסתדרות
8.34	92.9	27.59	24.36	0.59	
8.29	91.5	31.85	24.36	1.08	
8.26	69.8	33.91	24.3	1.23	
8.25	58.7	36.27	24.25	1.53	
8.24	50.2	37.56	24.12	1.91	
8.24	48	37.62	24.09	2.23	
8.24	46.7	37.67	24.08	2.39	
8.24	46.3	37.7	24.08	2.46	
8.25	44.9	37.69	24.08	2.51	
8.39	120.7	24.12	24.61	0.19	אקליפטוס
8.36	120.2	30.71	24.99	0.57	
8.37	120.8	33.68	25.08	0.81	
8.35	97.9	38	24.39	1.07	
8.35	92.5	38.4	24.16	1.27	
8.35	82.5	38.7	24.05	1.39	
8.34	80	38.95	23.92	1.65	
8.34	77.5	39.05	23.87	1.92	
8.34	76.2	39.06	23.87	2.17	
8.34	74	39.17	23.82	2.31	
8.35	73.6	39.18	23.82	2.57	

8.34	73.5	39.18	23.79	2.8	
8.35	73.4	39.19	23.79	2.99	
8.46	140.2	23.79	24.69	0.16	גשר יוליוס
8.43	141.8	30.81	24.77	0.35	
8.39	125.7	38.04	24.52	0.86	
8.39	104.3	38.76	24.19	1.09	
8.39	97.6	39.08	24	1.3	
8.38	94.8	39.19	23.91	1.46	
8.39	93.4	39.21	23.9	1.54	
8.39	89.4	39.31	23.85	1.71	
8.39	87.9	39.37	23.8	1.86	
8.39	86.8	39.36	23.81	1.93	
8.38	85.9	39.39	23.78	1.99	
8.38	85.2	39.39	23.77	2.04	
8.38	84.1	39.41	23.76	2.09	
8.38	82.9	39.41	23.76	2.25	
8.38	82.1	39.4	23.75	2.36	
8.37	81.3	39.41	23.74	2.55	
8.37	80.8	39.43	23.73	2.68	
8.37	80.4	39.44	23.73	2.79	
8.38	80.4	39.44	23.73	2.83	
8.38	80	39.45	23.73	3.05	
8.38	79.9	39.45	23.73	3.09	
8.38	79.7	39.45	23.73	3.18	
8.35	86	2.49	23.32	0.18	יגור
8.28	88.6	2.59	22.93	0.1	תל-קשיש

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= 2-0, נזק ביולוגי 5-2		
חנקן אנאורגני (NO ₂ +NO ₃)	mg/L	<0.1	0.1- 1	>1
זרחן אנאורגני (PO ₄)	mg/L	<0.01	0.01- 1	0.1
כלורופיל a	µg/L	<5	5- 20	>20

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט+ניטריט, פוספאט וחומצה סיליצית) בדגימות פני השטח ומי העומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 4. ככלל, ריכוז הנוטריאנטים בפני השטח היה גבוה משמעותי מאלה שנמדדו באותה תחנה בעומק. מגמה זו חזרה על עצמה בכל הדיגומים האחרונים, ונובעת ככל הנראה בגלל הזרמה קבועה של מזהמים בפני השטח. בדומה לדיגומים קודמים, ריכוזי הנוטריאנטים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות מההזרמות מהמעלה וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, ובהשפעת מידת המיחול עם מי הים. ריכוזי הסיליקה, הניטראט ובמידה רבה גם הפוספט, מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיחול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים, אבל מושפעים גם מתהליכים

ביולוגיים (ניטרופיקציה, נשימה). בכל תחנות הדיגום בתוך הקישון (מעלה הנחל ועד מוצאו) נמצאו ריכוזים גבוהים של ריכוזי חנקן וזרחן במי השטח, דבר המצביע על רמת זיהום (איאורופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3). תופעה זו נצפתה כמעט בכל הדיגומים בשנים האחרונות.

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בתחנות השונות באביב 2017.

תחנה	עומק דיגום	NO ₂ +NO ₃ -N [mg/L]	PO ₄ -P [mg/L]	Si(OH) ₄ -Si [mg/L]
תל-קשיש	פני שטח	10.35	0.27	6.50
יגור	פני שטח	9.50	0.25	6.15
לבניות	פני שטח	5.94	0.32	5.01
	קרקעית	0.59	0.08	0.83
הסתדרות	פני שטח	3.19	0.16	2.97
	קרקעית	1.43	0.09	1.38
אקליפטוס	פני שטח	3.24	0.12	3.41
	קרקעית	0.33	0.03	0.42
יוליוס	פני שטח	3.08	0.12	3.61
	קרקעית	0.36	0.03	0.50
פתח נמל	פני שטח	0.33	0.01	0.33
	קרקעית	0.08	0.00	0.10

3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

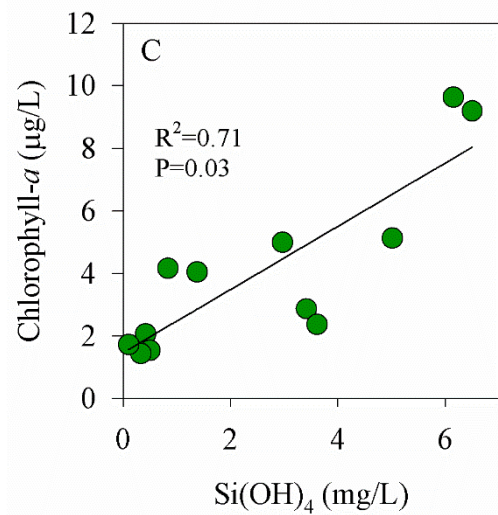
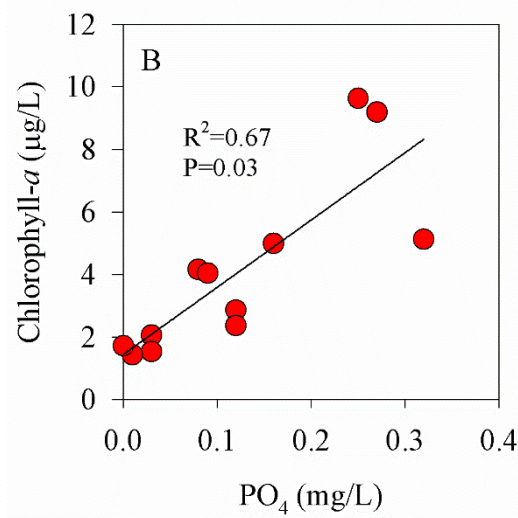
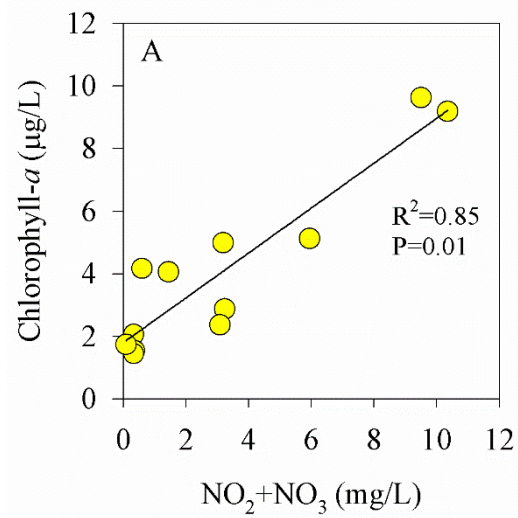
ערכי כלורופיל *a* בדיגומי אביב 2017 נעו בין 1.73 ל- 9.63 מג"ל (טבלה 5) והיו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומי של מזרח הים התיכון וממי החוף (Raveh et al., 2015), וזאת הודות לריכוז הנוטריאנטים הגבוהה (בעיקר חנקן, טבלה 4) שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות, ובמיוחד זה של ניטראט+ניטריט וזרחן (טבלה 4). ריכוזים אלה נמוכים משמעותית מאלה שנדגמים דרך קבע במהלך דיגומי הסתו (אוקטובר-נובמבר). ציאנובקטריה ואצות אוטוטורפיות היוו את חלק הארי מבחינה מספרית של האצות במי הנחל במאי 2017, זאת בדומה לדיגומים קודמים. ציאנובקטריה נעו בין 1.42×10^8 תאים בליטר (לבניות, קרקעית) ל- 3.08×10^8 תאים לליטר (יגור, פני השטח) (טבלה 5). אצות אאוקריוטיות היוו סדר גודל פחות מאשר ציאנובקטריות (0.25-0.89 תאים לליטר $\times 10^8$). בדומה לרוב הדיגומים האחרונים, נמצא מדרג (גרדיאנט) מובהק בריכוז הכלורופיל לאורך תחנות הדיגום, הן במים העליונים והן במי העומק. מדרג זה נמצא בהתאמה לריכוז הניטראט+ניטריט, הזרחן והסיליקה (ריגרסיה ליניארית, $P < 0.05$, איור 3). לעומת הפיזור המרחבי של הכלורופיל בממי הנחל, לא נדגם מדרג משמעותי סטטיסטית בשכיחות ציאנובקטריות או תאים פיקו-אאוקריוטים (אצות פלנקטוניות קטנות בעלות גרעין) לאורך הנחל, בדומה לדיגומי אביב קודמים. הסבר אפשרי הוא שאצות קטנות אלה (עד 40

מיקרון לערך) אינן מרכיבות את חלק הארי של הכלורופיל (אלא מיקרו-פיטופלנקטון, ראה/י למטה) וכי הן אינן מוגבלות בנוטריאנטים אנאורגנים לאורך הנחל (טבלה 2).

לעומת המיקרואורגניזמים האוטוטרופים (יצרנים ראשוניים, ציאנובקטריה ופיקו-פיטופלנקטון), שכיחות החיידקים ההטרוטרופים היתה גבוהה פי 10 מאשר הציאנובקטריה (15.68×10^8 - 50.65×10^8 תאים בליטר) ועלתה במעלה הנחל (יחס לינארי חיובי, $P < 0.01$), עם מספר תאים גבוה ככל שעולים שמתקרבים לשפכי המפעלים ("לבניות", "גשר ההסתדרות"). יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגניים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

טבלה 5: ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון במאי 2017.

Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Heterotrophic bacteria ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	Pico- eukaryotes ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	Autotrophic cyanobacteria ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	עומק דיגום	תחנה
9.19	45.21	0.89	3.04	פני שטח	תל-קשיש
9.63	46.80	0.58	3.08	פני שטח	יגור
5.13	22.07	0.44	2.35	פני שטח	לבניות
4.17	27.10	0.40	1.42	קרקעית	
4.99	24.54	0.25	2.40	פני שטח	הסתדרות
4.05	16.95	0.73	2.54	קרקעית	
2.87	18.87	0.45	2.95	פני שטח	אקליפטוס
2.06	50.65	0.89	2.54	קרקעית	
2.37	25.95	0.47	2.60	פני שטח	יוליוס
1.54	46.99	0.96	2.57	קרקעית	
1.44	15.68	0.57	2.37	פני שטח	פתח נמל
1.73	9.98	0.60	1.48	קרקעית	



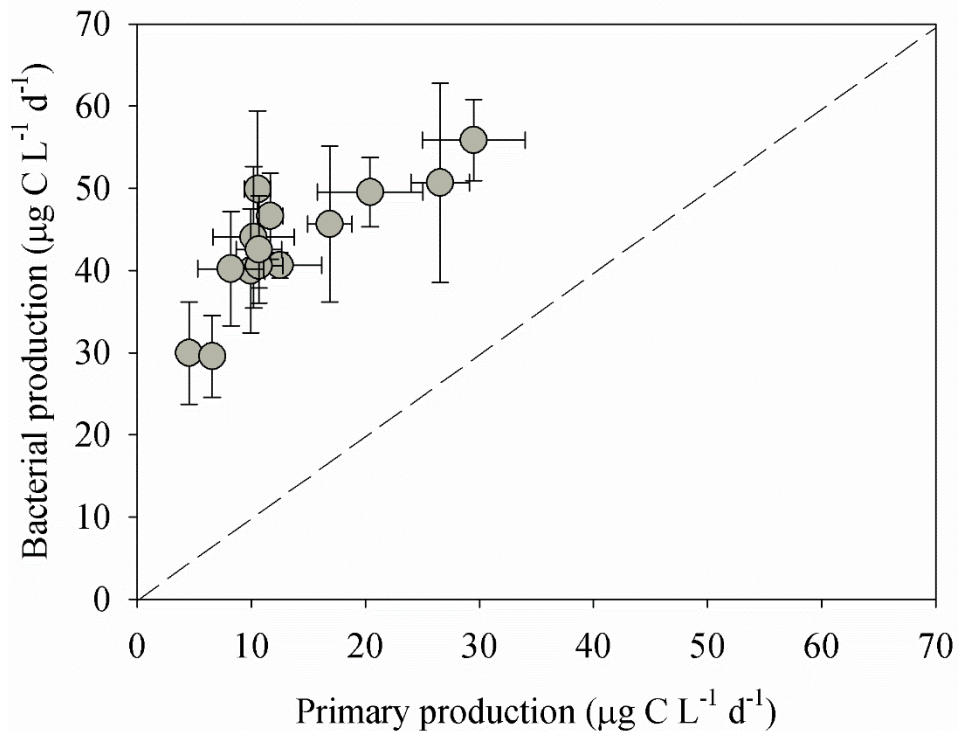
איור 3: ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2017. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5.

ערכי היצרנות הראשונית היממתית נעו בין 4.56 ל- 29.52 מיקרוגרם פחמן לליטר ליממה (טבלה 6) והיו נמוכים בהשוואה לדיגומי סתיו. ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2016) וממי החוף (Raveh et al., 2016; Rahav et al., 2015). באופן לא מפתיע, ערכים גבוהים יותר נמדדו על פי רוב במי השטח המוארים למעט גשר יוליוס ונמוכים יותר סמוך לקרקעית (טבלה 6). יצרנים ראשוניים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות. מדדי איכות מים באסטוארים המתבססים על קצבי יצרנות ראשונית (למשל Nixon, 1995) לוקחים בחשבון הן את ריכוז הניטראט (עם ערך סף של $30 \mu\text{M}$) וכן יצרנות שנתית לכל עמודת המים (מעל או מתחת ל $300 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$). לפי שעה, אין באפשרותנו לאמוד את היצרנות הראשונית השנתית, בעיקר משום שחסרות מדידות עונתיות (למשל חורף, קיץ) ולכן לא ידוע באם קיימת דינמיקה רב שנתית. אולם, מדד זה יוכל בעתיד להביא תועלת רבה להערכת איכות המים בנחל הקישון משום שהוא מודד את ההשלכות הישירות של ההעשרה בנוטריאנטים על בסיס שרשרת המזון, האצות, ולא בעקיפין על ידי מדידת ריכוז נוטריאנטים. יצרנות ראשונית גבוהה יכולה להוביל לשינוי בריכוז החמצן במים, להעיד על פריחות מאסיביות של אצות (חלקן רעילות) וכד'. על סמך הנתונים הקיימים מגידומים קודמים ומיעוט המחקרים (Bar-Zeev and Rahav, 2015), ערכי היצרנות הראשונית השנתית המשוערת הנה כ $40-85 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ בתחנות במעלה הנחל ו- $7-23 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ במורדו, דבר המצביע על איכות מים טובה. אולם, אנו ממליצים להמשיך את הדיגומים הללו לאורך הנחל ולהוסיף דיגומי חורף וקיץ, דבר שעלול להוביל לשינוי משמעותי לחישוב הני"ל. בפרויקט פיילוט במימון עצמי שמסתיים בימים אלה בין רשות נחל הקישון וחיא"ל נמדדו ערכי היצרנות על בסיס כמעט חודשי. ממצאים מהסקר יוצגו בדו"ח נפרד מיוחד וחישובים מעודכנים יתווספו להבא (קרי בדו"חות הבאים). עיקר הפעילות המטאבולית בתחנות המדידה בכל הדיגומים היתה הטרוטרופית ונעשתה על ידי חיידקים (איור 5). למעשה, ערכי היצרנות החיידקית היו גבוהים פי 2-4 מאשר היצרנות הראשונית (29.56-55.85 מיקרוגרם פחמן לליטר ביום, טבלה 6 ואיור 5), דבר המלמד על חשיבותם של חיידקים הטרוטרופים לאקולוגיה, צריכה, ומחזור נוטריאנטים בנחל הקישון. ייתכן והסיבה לפעילות החיידקים הגבוהה (ביחס לזו של היצרנים הראשוניים) יכולה ללמד כי החיידקים הטרוטרופים בקישון המלווה מנצלים את הנוטריאנטים במי הנחל טוב (מהר) יותר מאשר אצות. דבר זה הופך את הנחל, לפחות חלקים ממנו, ל"מקור" CO_2 (source) ולא ל"משאבה" (sink), זאת בשונה ממקומות יוטרופים (עשירים בנוטריאנטים) אחרים, אך דומה למי השטח בים התיכון (Sisma-Ventura et al., 2014).

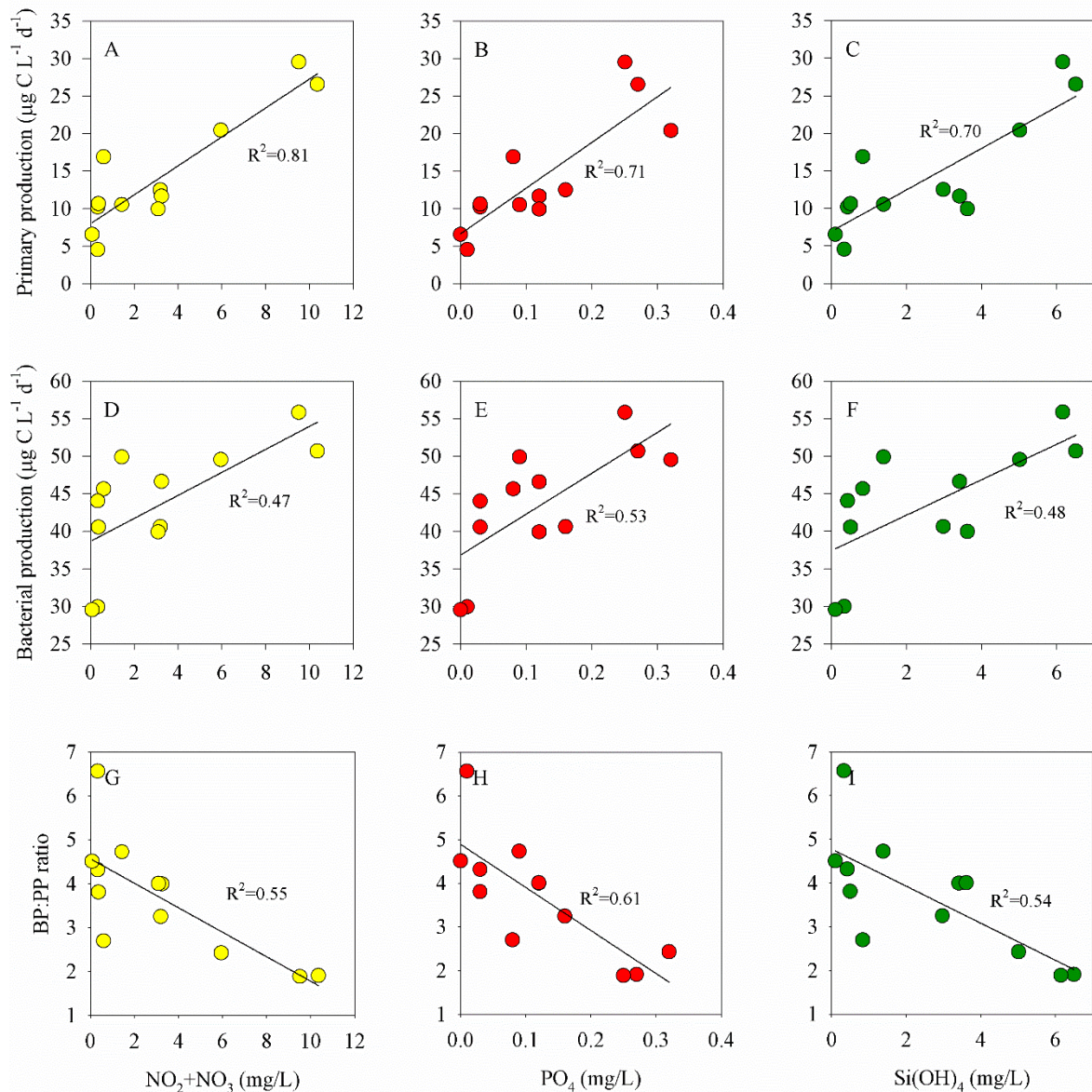
מבחינת מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 6. ניתן לראות קשר לינארי ישיר וחיובי בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכת המיקרוביאלית (BP או PP). כמו כן, ניתן לראות מהגרפים כי ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקן, זרחן וסיליקה) עולה, היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 6 G-I). מגמה זו באה ללמדנו כי כאשר ריכוזי הנוטריאנטים יחסית נמוכים (מורד הנחל) חיידקים הטרוטרופים מצליחים לנצל טוב יותר (=מהר יותר) את חומרי ההזנה במים מאשר היצרנים הראשוניים. ככל שריכוז הנוטריאנטים עולה (מעלה הנחל), גם יצרנים ראשוניים משגשגים, דבר הבא לידי ביטוי בירידה ביחס בין BP ל PP ובהתאמה גם לריכוז האצות (ראה/י דיון למטה על מיני מיקרופיטופלנקטון).

טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח במאי 2017. כאשר היחס בין היצרנות החיידקית לראשונית גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית. כאשר היחס בין היצרנות החיידקית 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
1.91	26.56	50.68	פני שטח	תל-קשיש
1.89	29.52	55.85	פני שטח	יגור
2.43	20.42	49.54	פני שטח	לבניות
2.70	16.90	45.66	קרקעית	
3.25	12.52	40.62	פני שטח	הסתדרות
4.73	10.54	49.90	קרקעית	
4.00	11.65	46.62	פני שטח	אקליפטוס
4.32	10.21	44.05	קרקעית	
4.01	9.95	39.95	פני שטח	יוליוס
3.81	10.65	40.56	קרקעית	
6.57	4.56	29.96	פני שטח	פתח נמל
4.51	6.56	29.56	קרקעית	



איור 5: היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במימי הקישון המלוח במאי 2017. הקו המקווקוו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 6: הקשר בין ערכי היצרנות הראשונית (A-C), היצרנות החיידקית (D-F), והיחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית (G-I) לבין ריכוז ניטראט+ניטריט (A,D,G), זרחן (B,E,H), וסיליקה (C,F,I) כפי שנמצא בנחל הקישון המלוח בדיגום מאי 2017.

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 (החל משנת 2002) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

הריכוז והביומסה של מיני מיקרופלנקטון במאי 2017

בדיגום זה נדגמו למיקרופלנקטון מי שטח משתי תחנות: תחנת פתח הקישון במורד הנחל, ותחנת גשר ההסתדרות במעלה הנחל.

ריכוז התאים

בפתח הקישון ריכוז התאים עלה יחסית לשנה קודמת (איור 7). בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) היו דומיננטיות מספרית (איור 8). בקטריות אלה אפיינו את פתח הקישון, במיוחד בניטורי הקיץ והן הופיעו בריכוז גבוה יחסית לדיגומים קודמים. הן היוו 62% מריכוז התאים הכללי (איור 9). בנוסף היו נפוצות בפתח הקישון אצות צורניות ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1) הנפוצות גם לאורך החוף. **בגשר ההסתדרות** ריכוז התאים עלה גם כן יחסית לשנה קודמת (איור 7). העלייה בריכוז התאים נבעה, כמו בפתח הקישון, מריכוז גבוה יחסית של בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) (איור 8). הן היוו בתחנה זו 66% מריכוז התאים הכללי (איור 9). בנוסף נמצאה פריחה של פלגלטים מהמין *Hemiselmis* sp. מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, בדומה לאביב שנה קודמת. הם הגיעו לריכוז של 1.6×10^8 תאים לליטר, והיוו 17% מריכוז התאים הכללי בתחנה זו. כמו כן היו נפוצות בתחנה זו אצות צורניות.

הביומסה וריכוז הכלורופיל

בפתח הקישון הייתה עלייה בריכוז הכלורופיל והביומסה יחסית לשנה קודמת (איור 10). העלייה בביומסה נבעה בעיקר מפריחה של אצות צורניות. ריכוז הכלורופיל בתחנה זו באביב 2017, נמצא בתחום בינוני- נמוך לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים.

בגשר ההסתדרות נראתה באביב 2017 עלייה גדולה בביומסה, פי 2 יחסית לשנה קודמת והיא נבעה מפריחת אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ומפריחת אצות צורניות (איור 5). ריכוז הכלורופיל בתחנה זו היה בתחום הגבוה לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים, אם כי נמוך יחסית לשנה קודמת (איור 10). התפלגות הביומסה בין קבוצות המיקרופלנקטון הייתה שונה בשתי התחנות (איור 11). **בפתח הקישון** אצות צורניות היו דומיננטיות בביומסה, והיוו 61% מהביומסה הכללית בתחנה זו ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) היוו 22% מהביומסה (איור 12). **בגשר ההסתדרות** לעומת נמצאה ביומסה גבוהה מאד של פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* (איור 5), שהיוו 55% מהביומסה הכללית (איור 12). בנוסף נמצאה ביומסה גבוהה יחסית של אצות צורניות (22% מהביומסה) ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) (15% מהביומסה).

מגוון המינים ואינדקס השונות

בפתח הקישון מגוון המינים היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איורים 13,14). חלקן של האצות הצורניות במגוון המינים היה הגדול ביותר בשתי התחנות, בדומה לדיגומים קודמים (איור 13). הצורניות היו בפתח קישון $47\% \pm 6$ ממגוון המינים, בממוצע בחמש שנים אחרונות, ובגשר ההסתדרות ממוצע של $39\% \pm 8$. בפתח הקישון, בהיותו מלוח יותר, הופיע מגוון דינופלגלטים גדול יחסית, כפי שנמצא בדיגומים קודמים. בפתח הקישון סך כל המינים היה נמוך יחסית לשלוש שנים קודמות. ואילו בגשר ההסתדרות מספר המינים השנה עלה ונמצא גבוה יחסית לשלוש שנים קודמות (איור 14).

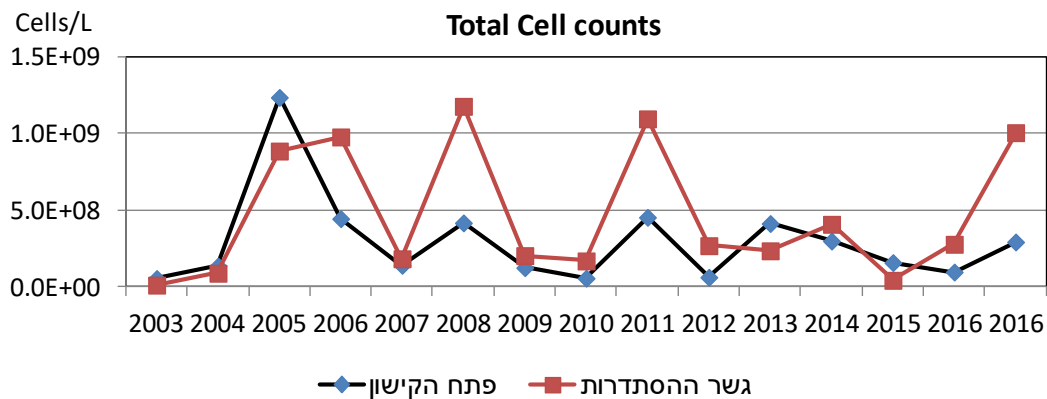
אינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) – אינדקס השונות המתחשב גם בביומסה ירד באופן ניכר יחסית לשנה קודמת בפתח הקישון ונמצא נמוך יחסית לשלוש שנים קודמות (איור 15), ירידה זו נבעה מירידה במגוון המינים ועלייה בביומסה הכללית (איורים 10, 14). בגשר ההסתדרות, לעומת זאת, אינדקס השונות נותר ללא שינוי (איור 15), למרות העלייה במספר המינים (איור 14), וזאת כתוצאה מפריחת האצות והעלייה בביומסה הכללית בתחנה זו (איור 10).

הרכב מיני המיקרופלנקטון

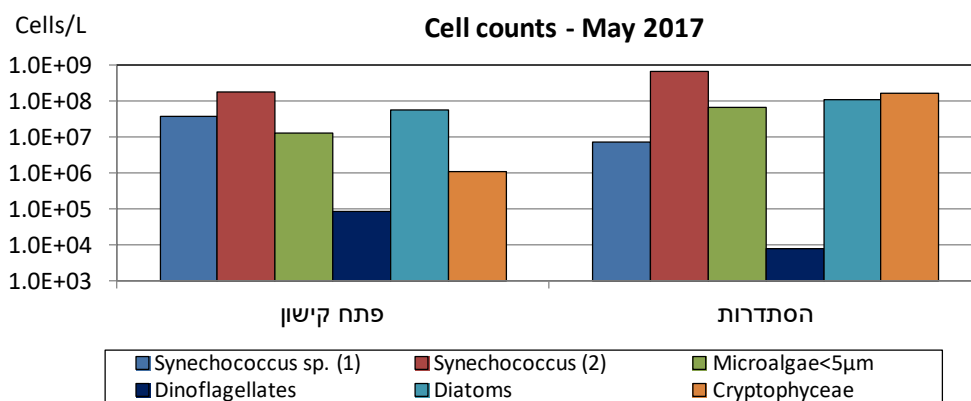
בפתח הקישון – הופיע מגוון מיני אצות צורניות ודינופלגלטים המאפיינים מי ים, או סבילים לטווח מליחיות רחב יחסית. מבין הדינופלגלטים היו שכחים מיני *Protoperdinium* spp. קטנים שהיוו 88% מביומסת הדינופלגלטים בתחנה זו (טבלה 7). כמו כן הופיעו מיני *Prorocentrum* spp. ובהם *P. micans* שהיה נפוץ גם בדיגומים קודמים. מבין האצות הצורניות המין *Thalassiosira pseudonana* הופיע בפריחה. זהו מין צורנית קטנה ושכיחה בפתח הקישון גם בדיגומים קודמים. צורנית זו היוותה 98% מביומסת האצות הצורניות ו-60% מהביומסה הכללית. בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp., הופיעו בריכוז גדול יותר מהבקטריות הנפוצות גם לאורך החוף (1) *Synechococcus* sp. והן היוו 22% מהביומסה הכללית בתחנה זו. **בגשר ההסתדרות** הייתה פריחת אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ובעיקר המין *Hemiselmis* sp., שפרח גם בשנים אחרות בתחנה זו, והיווה 51% מהביומסה הכללית בתחנה זו. צורניות מהמין *Thalassiosira pseudonana* פרחו גם הם (ובריכוז גדול יותר מפתח הקישון) והיוו 21% מהביומסה הכללית. בנוסף פרחו בתחנה זו בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp., שתרמו 15% מהביומסה הכללית בתחנה זו.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

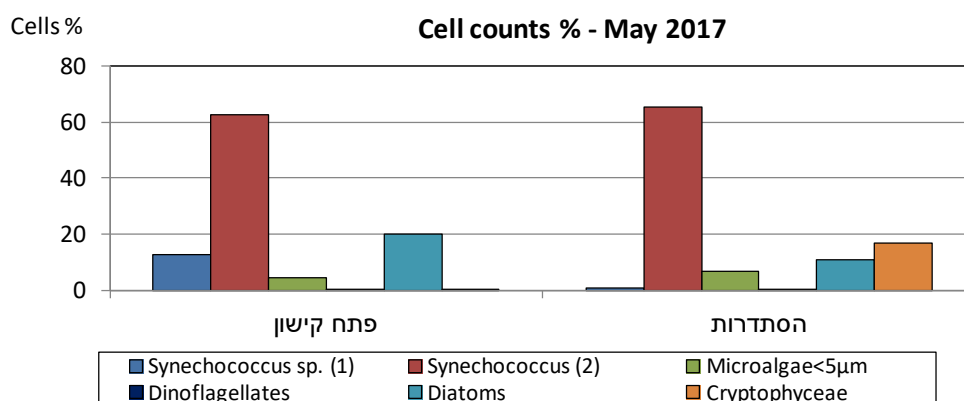
בפתח הקישון, באביב 2017, הופיע מספר מצומצם של מיני בעלי פוטנציאל טוקסי ובריכוז נמוך בדרך כלל. מבין הדינופלגלטים הופיעו המינים *Dinophysis rotundata* והמין *Gonyaulax spinifera* בריכוזים נמוכים (טבלה 7). הפלגט *Heterosigma akashiwo* שהופיע בפריחה באביב 2002 (7×10^6 תאים/לי) והופיע בקיץ בפתח הקישון בחלק מהניטורים, החל להופיע שוב באביב בשלוש שנים אחרונות, והשנה בריכוז עולה של 4.6×10^3 תאים/לי, ריכוז שהוא עדיין לא גבוה יחסית.



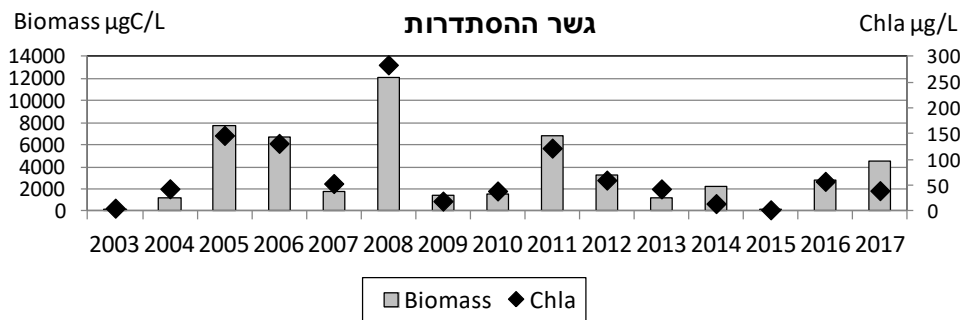
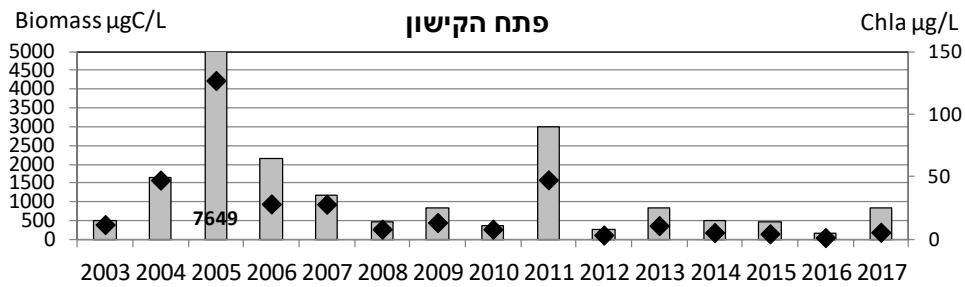
איור 7: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרופלקטון בדיגומי אביב 2003-2017



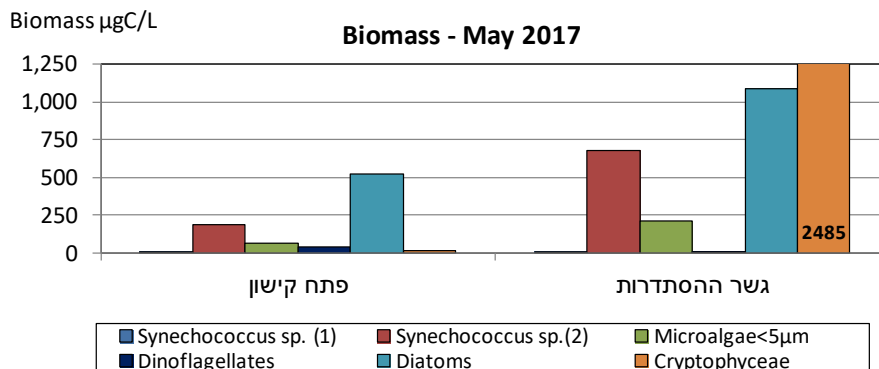
איור 8: התפלגות ריכוז התאים לפי קבוצות המיקרופלנקטון – מאי 2017



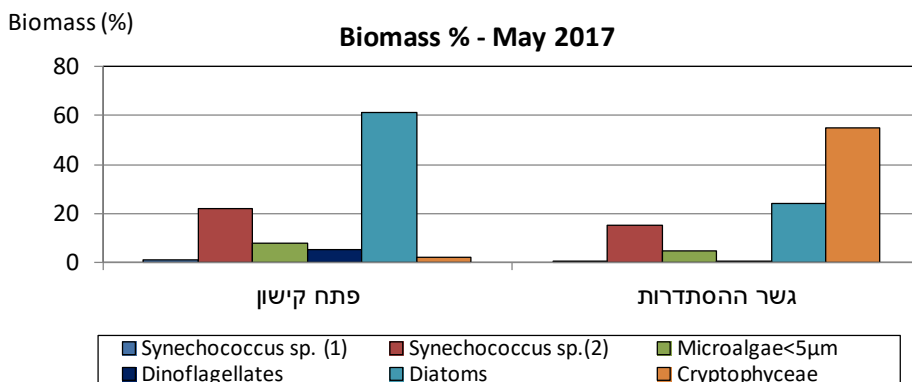
איור 9: התפלגות הריכוז היחסי של קבוצות המיקרופלנקטון (אחוז מהריכוז הכללי) - מאי 2017



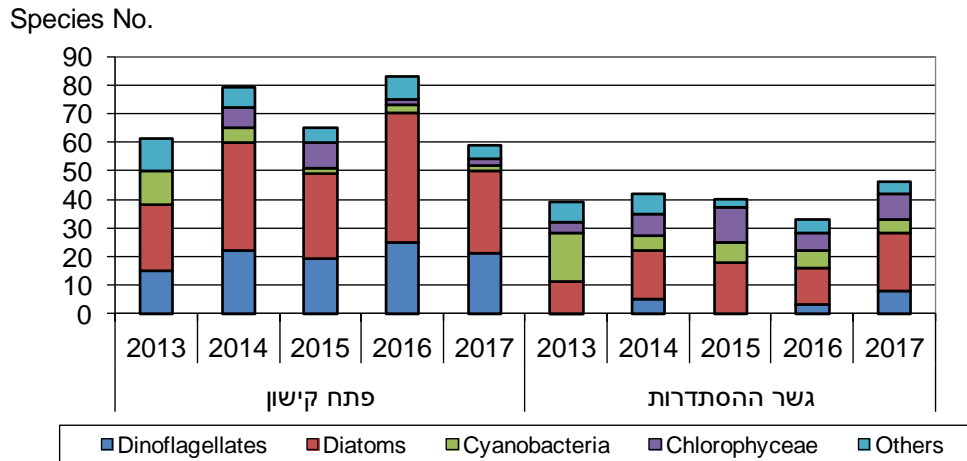
איור 10: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2017



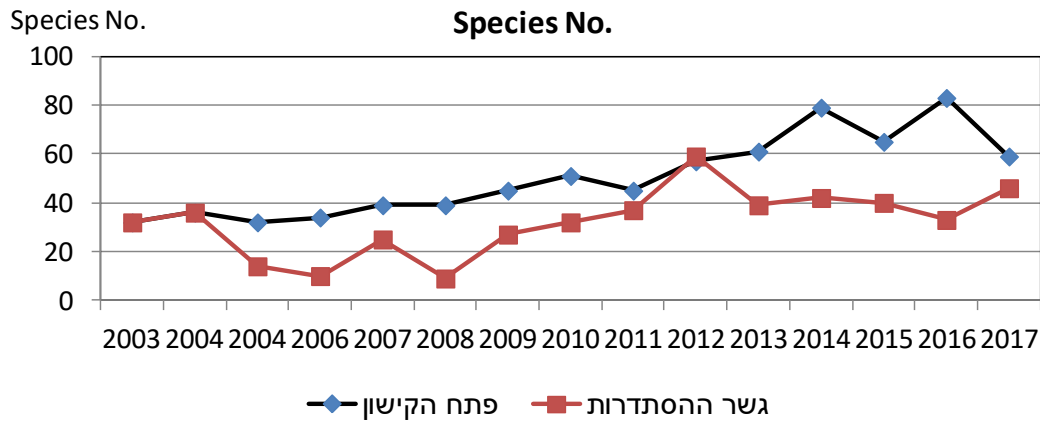
איור 11: התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדיגום מאי 2017



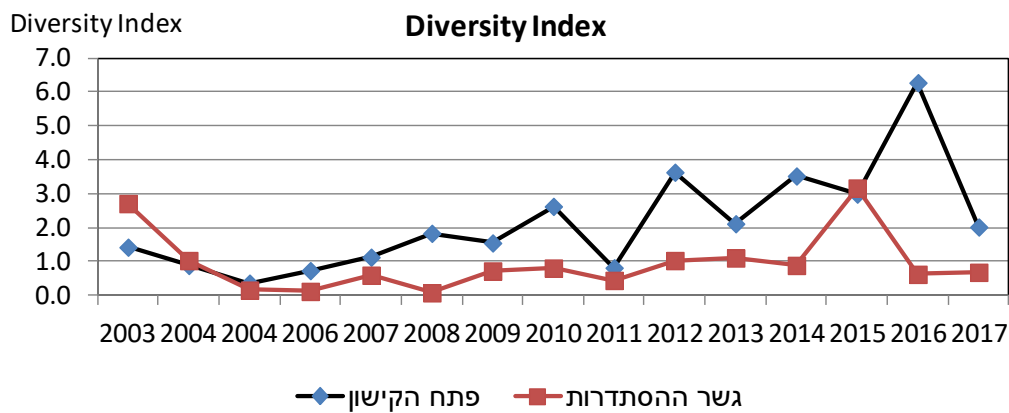
איור 12: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) דיגום מאי 2017



איור 13: התפלגות מספר המינים לפי קבוצות המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2013-2017



איור 14: התפלגות מספר המינים הכללי בדיגומי אביב 2003-2017



איור 15: התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2017

טבלה 7 - מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים/לליטר) בדגימות הקישון – מאי 2017

גשר ההסתדרות	פתח קישון	גשר ההסתדרות	פתח קישון
דינופלגליטים - Dinoflagellates		Diatoms (cont.)	
Unidentified<15µm	4000	Navicula sp. (588k)	160
Ceratium kofoidii	8	Navicula sp. (968)	33
Ceratium furca	15	Navicula spp.	6.0E+04
Ceratium fusus	38	Nitzschia incerta	13
Ceratium trichoceros	5	Nitzschia lorenziana	33
Corythodinium sp.	33	Nitzschia sp. (349k)	200
Dinophysis rotundata	19	Nitzschia sp. (592A)	67
Diplopsalis sp.	5	Nitzschia acicularis	5
Gonyaulax diegensis	5	Nitzschia longissima	67
Gonyaulax polygramma	5	Pleurosigma spp.	5
Gonyaulax spinifera	433	Pseudonitzschia spp.	13
Gymnodinium elongatum	200	160 Proboscia alata	433
Prorocentrum gracile	67	3 Rhizosolenia calcar-avis	33
Prorocentrum micans	1033	80 Streptotheca tamesis	5
Prorocentrum triestinum	833	1840 Surirella spp.	5
Protoperdinium sp. (657A)	7.4E+04	Thalassiosira pseudonana	5.8E+07
Protoperdinium sp. (1366)	5	Cryptophyceae	
Protoperdinium sp. (54a)	3467	Cryptomonad spp.	1.1E+06
Protoperdinium spp.	18	Hemiselmis sp.	1.6E+08
Protoperdinium depressum	3	ירוקיות - Chlorophyceae	
Scrippsiella spp.	633	80 Coelastrum microporum	73
Diatoms - צורניות	633	Flagellates spp.	7.4E+04
Achnanthes spp.		390 Monoraphidium griffithii	80
Asterionellopsis glacialis	290	160 Monoraphidium arcuatum	160
Bacillaria paxillifera		400 Monoraphidium minutum	160
Bacteriastrum sp.	90	Oocystis sp.	403
Bellerochaeta spp.	167	80 Scenedesmus acuminatus	320
Odontella mobiliensis	5	133 Scenedesmus quadricauda	27
Biddulphia rhombus		3 Scenedesmus opaliensis	27
Chaetoceros spp.	535	בקטריות כחוליות - Cyanobacteria	
Cyclotella spp.	2.9E+04	8.3E+05 Chroococcus spp.	73
Entomoneis gigantea	67	13 Microchaete sp. (939)	67
Entomoneis sp. (B521)	5	Oscillatoria sp. (914)	2467
Entomoneis paludosa	600	5200 Synechococcus sp.(1)	3.7E+07
Guinardia striata	5	Synechococcus sp.(2)	1.8E+08
Leptocylindrus danicus	545	58 Raphidophyceae	
Licmophora spp.	67	50 Heterosigma akashiwo	4.6E+03
Melosira moniliformis	110	1440 Chrysophyceae	
Meuniera membranacea	67	833 Chrysochromulina sp.	833
Navicula sp. (113A)	67	Euglenophyceae	
Navicula sp. (1949)	133	800 Eutreptia sp.	100
Navicula sp. (251A)	33	Microalgae<5µm	1.3E+07
Navicula sp. (320)	5	Total Cells/L	2.9E+08
			1.0E+09

השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וההסתדרות- דיגומי אביב 2003-2017

1. ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל:

ממוצע ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2017 היו גדולים באופן ניכר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 16,17), הבדל זה נמצא מובהק לגבי הכלורופיל והביומסה, אך לא לגבי ריכוז התאים משום התנדויות הגדולה בריכוזם בין השנים (איור 7). גם בביומסה ובריכוז הכלורופיל נראתה תנדויות, שהייתה גדולה יותר בין השנים 2003-2011, בהן הופיעו פריחות גדולות. מאידך, בשנים האחרונות 2012-2017 חלה התמתנות יחסית, ללא השיאים הגדולים בביומסה ובריכוז הכלורופיל שאפיינו את התחנות בעבר, אם כי באביב 2017 חלה עלייה ניכרת בביומסה, במיוחד בגשר ההסתדרות, יחסית ל- 5 שנים קודמות. נמצאה קורלציה גבוהה בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בין הביומסה הכללית לריכוז הכלורופיל (איורים 10,18). בהתאם לכך גם בריכוז הכלורופיל חלה התמתנות בשש שנים אחרונות בשתי התחנות, ובמידה גדולה יותר בפתח הקישון, בה ריכוז הכלורופיל הממוצע מהשנים האחרונות, קטן באופן ניכר לרמה שהיא בגבול בין נמוכה לבינונית (5.5 ± 3 מיקרוגרם לליטר) (בהתאם לקריטריונים

של איכות המים בשפכי נחלים), כאשר ממוצע הכלורופיל מכל שנות דיגום האביב הוגדר כגבוה בפתח הקישון (איור 16). בגשר ההסתדרות נראתה ירידה הדרגתית בריכוז הכלורופיל בשנים 2011-2015, ובשנתיים אחרונות חלה עלייה, אולם בדומה לפתח הקישון, ממוצע הכלורופיל בשש שנים אחרונות קטן באופן ניכר מממוצע השנים עד 2011, והגיע לרמה המוגדרת כגבוהה (36 ± 23 מיקרוגרם בליטר) ולא היפראיאוטרופית כפי שהוגדר הממוצע באביב מכל שנות הדיגום עד כה (איור 16).

2. קבוצות המיקרופלנקטון השונות:

בשתי התחנות התפלגות המיקרופלנקטון הייתה שונה מאד והושפעה מהתנאים הסביבתיים השונים הקיימים בשתי התחנות ובהם מליחות ונוטריינטים. בפתח הקישון הופיעו בדרך כלל מינים אפייניים למי ים, ובמגוון גדול יחסית ואילו בגשר ההסתדרות הופיעו מינים המאפיינים מים פחות מליחים, במגוון הרבה יותר נמוך, ולעיתים קרובות הופיעו מינים יוצרי פריחות בפריחות גדולות. גם ברמה של קבוצות האצות ניכר הבדל בולט בין שתי התחנות (איורים 19-22). בפתח הקישון ניתן לראות שהביומסה הורכבה ממספר גדול יותר של קבוצות מיקרופלנקטון שהופיעו בדומיננטיות שונה במהלך השנים, בדרך כלל יחד עם אצות צורניות, לאחר שבשנים 2003-2006 אצות צורניות היו דומיננטיות לחלוטין (איור 19). בגשר ההסתדרות אצות צורניות היו דומיננטיות בדרך כלל, ועד 2009 התלוו אליהן לעיתים אצות ירוקיות (איור 21). מאביב 2010 התחלפו הירוקיות בפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שהיוו חלק גדול ומשתנה מהביומסה בדיגומים השונים עד אביב 2017 (איורים 21-22).

א. **אצות צורניות** – ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות (איורים 19-23) ובשתי התחנות נמצא יחס ישר בין ביומסת האצות הצורניות לביומסה הכללית ולריכוז הכלורופיל (איור 24). ממוצע ביומסת האצות הצורניות בגשר ההסתדרות היה גדול מזה שבפתח הקישון, אולם השיעור היחסי הממוצע באחוזים של הצורניות בביומסה הכללית היה דומה בשתי התחנות, ועמד על 52% (איורים 25,26). **בפתח הקישון** נראתה פריחה גדולה של אצות צורניות בשנים 2004-2006 וכן בשנת 2011 (איור 19), אז הן היוו כ-90% מהביומסה הכללית (איור 20), גם בשנים 2007-2009 הם היוו אחוז דומיננטי בביומסה בתחנה זו (52 ± 10 %) מהביומסה הכללית). מאידך משנת 2012 הביומסה שלהן הייתה נמוכה יחסית וללא פריחות גדולות כבעבר (איורים 19,23), ושיעורן באחוזים בביומסה הכללית היה דומיננטי לסירוגין בין השנים הללו (איור 20). במקביל נראתה עלייה של קבוצות אחרות כמו דינופלגלטים באביב 2012 ומיקרואצות קטנות מ- $5 \mu m$ בשנים 2014-2016. באביב 2017 הייתה עלייה בביומסה של האצות הצורניות כתוצאה מפריחה מתונה יחסית, של האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*. **בגשר ההסתדרות** הייתה גם כן תנועתיות גדולה בביומסת הצורניות בדיגומים השונים ושיא הביומסה שלהן היה ב- 2008 (איור 21, 23). פריחות ברמות שונות היו בחלק גדול מהשנים, אולם ב- 4 שנים אחרונות הייתה ירידה בממוצע הביומסה הכללית, ובדיגום 2017 נראתה שוב עלייה בביומסה של הצורניות כתוצאה מפריחה של האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, שפרחה גם בפתח הקישון, אולם בתחנה זו הביומסה שלה הייתה כפולה יחסית לפתח הקישון.

ב. **אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*** היו שכיחות יותר בתחנת גשר ההסתדרות והופיעו בה בפריחות גדולות (איורים 21,23). ביומסת פלגלטים אלה נמצאת בעלייה (אם כי לא רציפה), משנת 2011, והיא הגיעה לשיא ב- 2017 (איורים 21,23). פלגלטים אלה היוו בממוצע, בשנים 2003-2011 $7 \pm 7\%$ מהביומסה הכללית בתחנה זו, בהבדל מובהק משיעורן שעלה בשנים 2012-2016 ל- $46 \pm 30\%$

מהביומסה הכללית (איור 22). פלגלטים אלה אפיינו יותר את דיגומי הסתיו, בהם הם הופיעו בביומסה גדולה יותר ובפריחות גדולות. עלייה בדומיננטיות של קבוצה זו הקבילה לירידה בדומיננטיות של האצות הצורניות. שינוי כזה בהרכב האוכלוסיה מדומיננטיות של אצות צורניות לדומיננטיות של קבוצת ה- *Cryptophyceae* יכול אולי להצביע על שינוי בסביבה הימית, יתכן אולי שינוי בריכוז / הרכב הנוטריינטים במים. במחקרים אחרים, בהם התרחש שינוי דומה בהרכב האוכלוסייה, הוצע כי עלייה ברמת האמוניה וברמת הפוספט הקנו לקבוצת ה- *Cryptophyceae* יתרון יחסי על צורניות (Šupraba et al. 2014), ולכן יש להמשיך במעקב אחר תופעה זו.

ג. **מיקרואצות הקטנות מ – 5 מיקרון** – מיקרואצות קטנות מ – $5\mu\text{m}$ היו שכיחות בביומסה בשתי התחנות (איור 23). **בפתח הקישון** הביומסה שלהן הגיעה לשיא בשנים 2013-2014, אולם נמצאה בירידה בשלוש שנים אחרונות (איורים 19,23). **בגשר ההסתדרות** נראו תנודות גדולות בביומסה שלהן, משום פריחות בחלק מהשנים, ונראה כי שיאי הביומסה שלהן יורדים עם השנים (איור 23). הביומסה שלהן הייתה גדולה יותר בגשר ההסתדרות (איור 25), אולם שיעורן בביומסה הכללית היה גבוה יותר בפתח הקישון (איור 26).

ד. **דינופלגלטים** - היו שכיחים יותר בפתח הקישון יחסית לגשר ההסתדרות (איורים 23,25). **בפתח הקישון** שיעורם היחסי הממוצע, באחוזים מהביומסה, היה גדול באופן מובהק יחסית לגשר ההסתדרות (איור 26) ועמד על 11% בפתח הקישון לעומת פחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות. בהיותם מינים ימיים בעיקרם הם הופיעו במגוון גדול יחסית בפתח הקישון, שמליחות המים בהם קרובה יותר למים ים. בתחנת גשר ההסתדרות הפחות מלוחה והעשירה יותר בנוטריינטים, הם הופיעו במגוון מצומצם מאד (איור 13). נמצאה תנודתיות בביומסה שלהם לאורך השנים (איור 23) והביומסה הממוצעת שלהם בפתח הקישון הייתה גדולה כמעט בסדר גודל אחד יחסית לביומסת הדינופלגלטים לאורך החוף. את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים הרכיבו מינים קטנים עד $15\mu\text{m}$, כפי שנמצא גם בניטורים לאורך החוף. בדיגום אביב 2017 הביומסה שלהם עלתה בפתח הקישון וירדה בגשר ההסתדרות. מאידך, ניכרת ירידה בביומסת הצורניות בפתח הקישון בארבע שנים אחרונות יחסית לשנים קודמות, וממוצע הביומסה בשנים אלה, הוא פחות מרבע ממוצע הביומסה בשנים 2003-2013 (איור 23).

ה. **בקטריות כחוליות מהמין (1) *Synechococcus* sp.** – נראתה תנודתיות גדולה בביומסה של הבקטריות הללו בשתי התחנות לאורך השנים, אולם נראית התייצבות בביומסה שלהם בארבע שנים אחרונות (איור 23). ביומסת בקטריות כחוליות אלה הייתה נמוכה יחסית ליתר הקבוצות (איור 26) (ריכוזן גדול יותר בסתיו בתחנת פתח הקישון). ממוצע הביומסה שלהן היה גדול באופן מובהק מהממוצע בגשר ההסתדרות (איור 25). שיעורן היחסי בביומסה הכללית נמוך מאד כ – 3% בפתח הקישון ופחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות.

ו. **אצות ירוקיות** הופיעו בביומסה קטנה בלבד בפתח הקישון, להוציא אביב 2007, בו הם פרחו (איור 19). בגשר ההסתדרות, בהיותו פחות מלוח, הן היו נפוצות יותר והופיעו בפריחה באביב 2005, ובריכוז גבוה יחסית בין השנים 2007-2009 (איור 21), אולם בשנים 2010-2017 הופיעו בריכוז נמוך בלבד.

א. מגוון המינים :

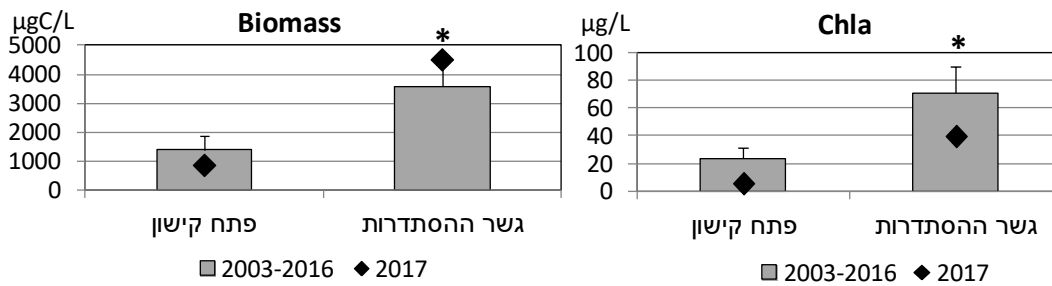
בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) היו נמוכים, ולרוב באופן ניכר, יחסית לפתח הקישון לאורך השנים

(איורים 8,9) וממוצעי פרמטרים אלה היו לפיכך נמוכים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איור 27).

א. מספר המינים - בדיגום 2016 הייתה ירידה ניכרת במספר המינים בפתח הקישון ועלייה בגשר ההסתדרות, באופן הפוך לשנה קודמת (איור 14). בפתח הקישון נראתה עד 2013 מגמה כללית של עלייה במספר המינים לאורך השנים (איור 14), אולם בחמש שנים אחרונות תנודתיות בין 60-80 מינים (איורים 13,14). בגשר ההסתדרות נראית התייצבות של מספר המינים בחמש שנים אחרונות (כ-40 מינים).

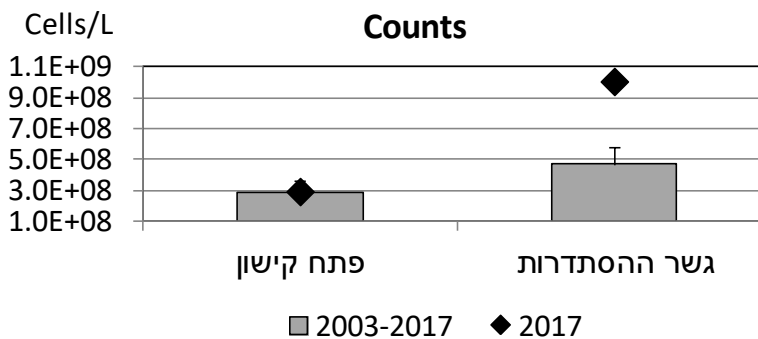
ב. אינדקס השונות - אינדקס השונות בדיגום 2016 ירד בפתח הקישון בהתאמה לירידה במספר המינים ואילו בגשר ההסתדרות נותר ללא שינוי. בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה באינדקס השונות עד 2016, למרות התנודות, אולם באביב 2017 נראתה ירידה ניכרת באינדקס. בגשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כלשהי של אינדקס השונות.

ג. מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי אביב (איור 28). הם הופיעו לסירוגין במהלך השנים. חלקם הופיעו בפריחה גדולה יחסית כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002, ואחרים הופיעו בשנים מסוימות בריכוז גדול יחסית לרמתם בשנים האחרות כמו *Prorocentrum minimum* בשנת 2005 או *Gymnodinium cf. catenatum* באביב 2009, או *Alexandrium sp.* באביב 2012. בדיגומי האביב בשנים האחרונות ניכרת ירידה בהופעת המינים בעלי פוטנציאל טוקסי (להוציא *Heterosigma akashiwo* שריכוזו עלה באופן יחסי, בשנים 2015 ו- 2017).

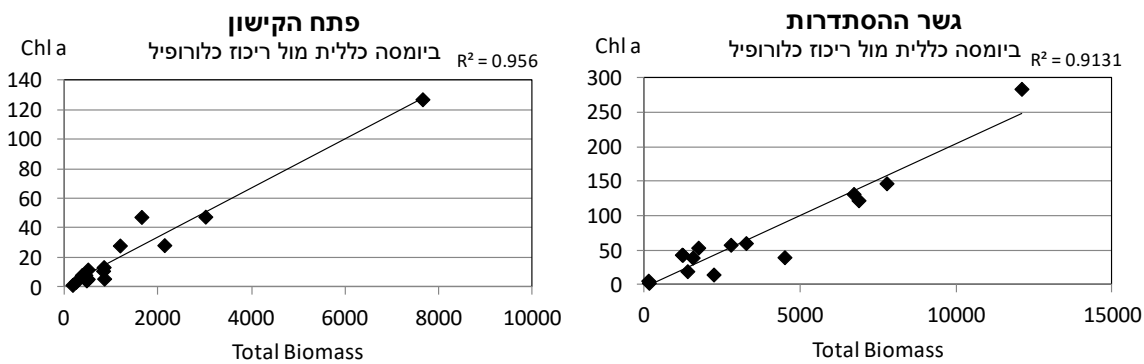


*עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm SE$)

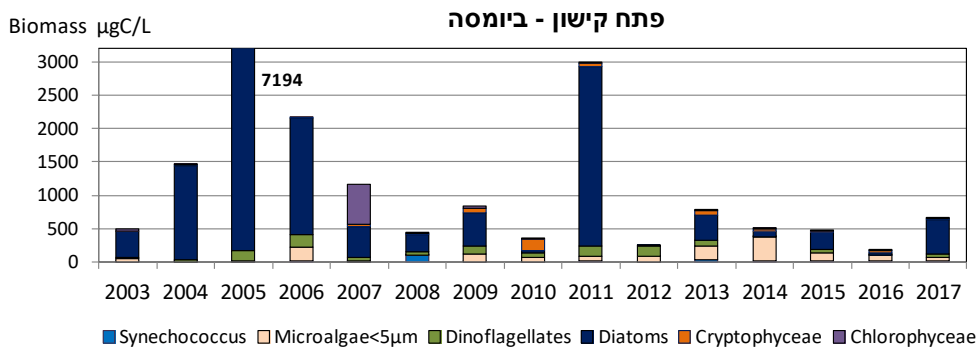
איור 16: ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2017



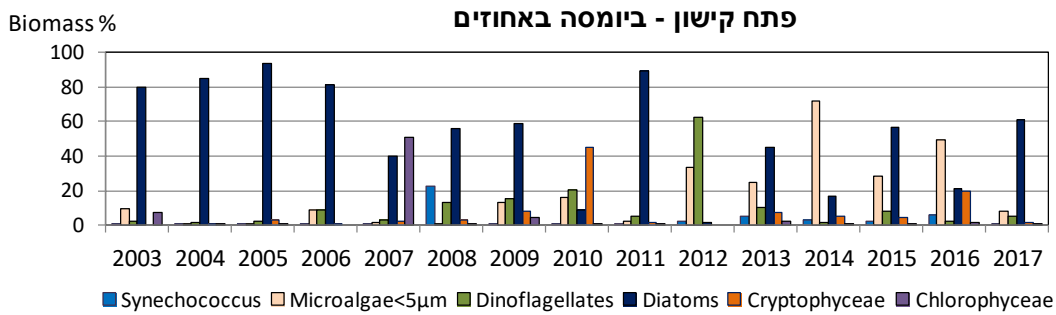
איור 17: ממוצע ריכוז התאים בדיגומי אביב 2003-2016 ובדיגום 2017



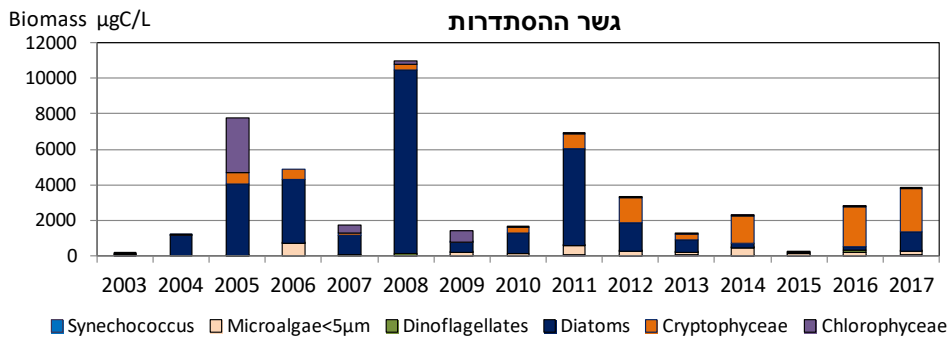
איור 18: יחס הביומסה הכללית לריכוז הכלורופיל בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2017



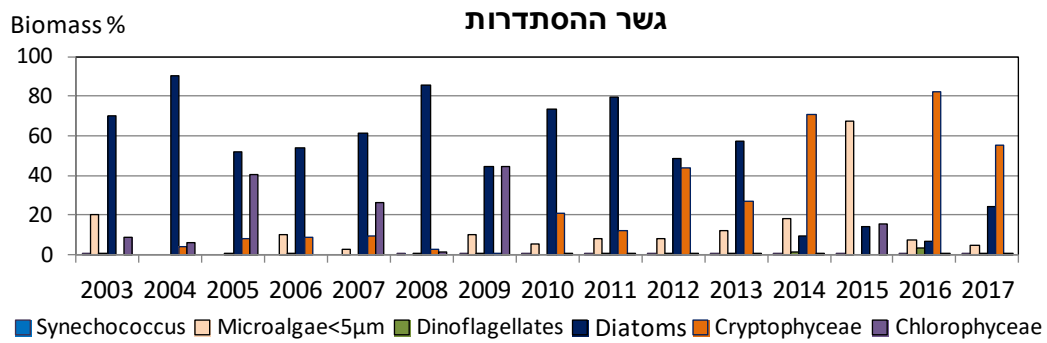
איור 19: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בפתח הקישון בדיגומי אביב 2003-2017



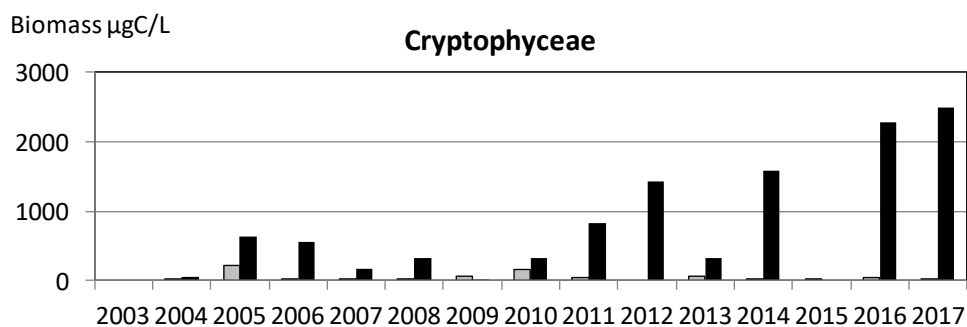
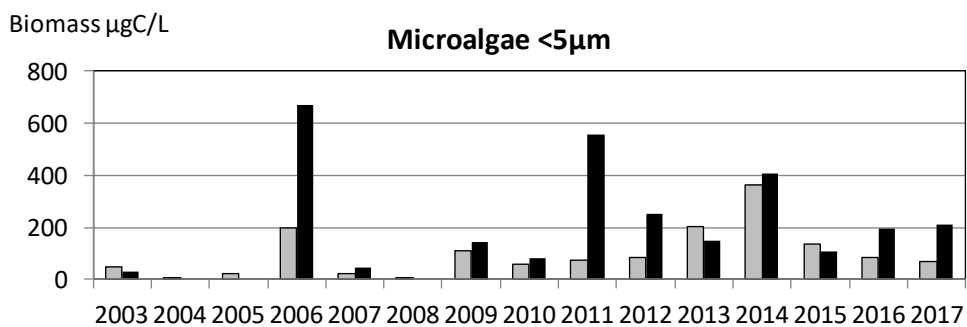
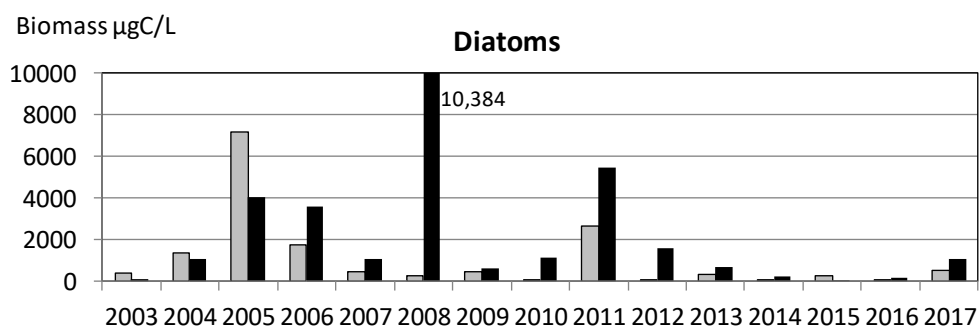
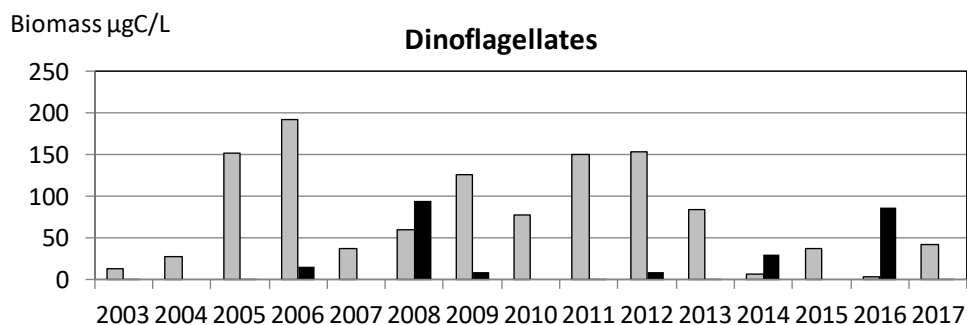
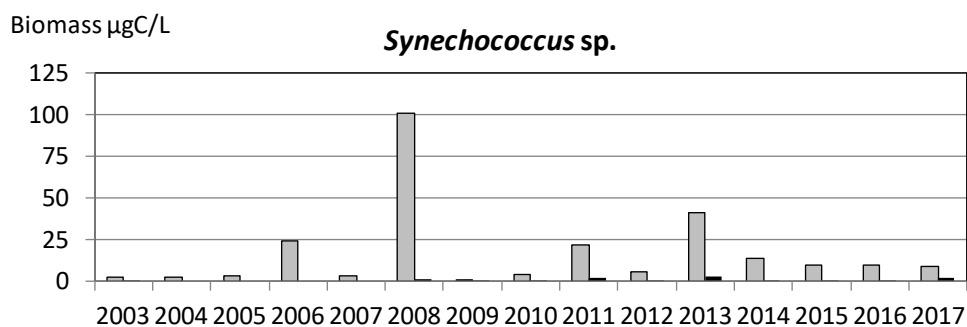
איור 20: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) בפתח הקישון אביב 2003-2017



איור 21: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בגשר ההסתדרות באביב 2003-2017

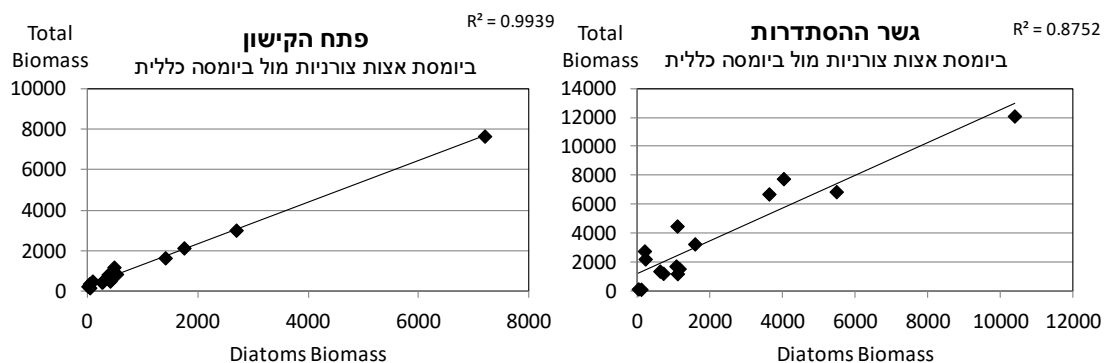


איור 22: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) בגשר ההסתדרות באביב 2003-2017

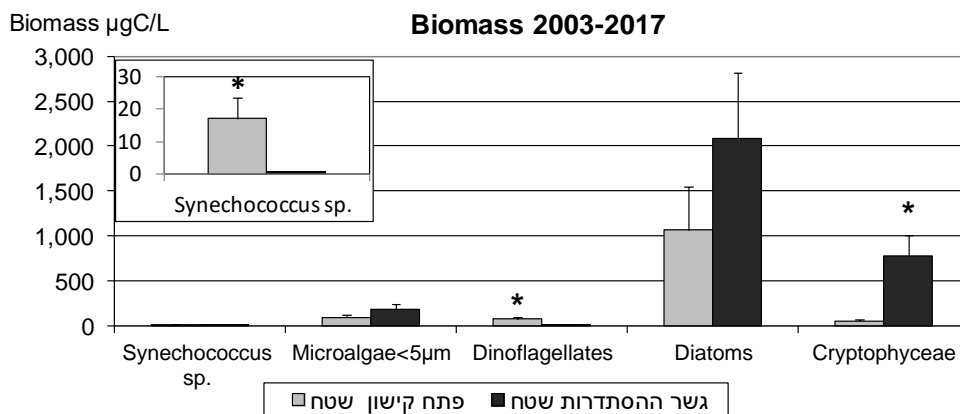


□ פתח הקישון שטח ■ הסתדרות שטח

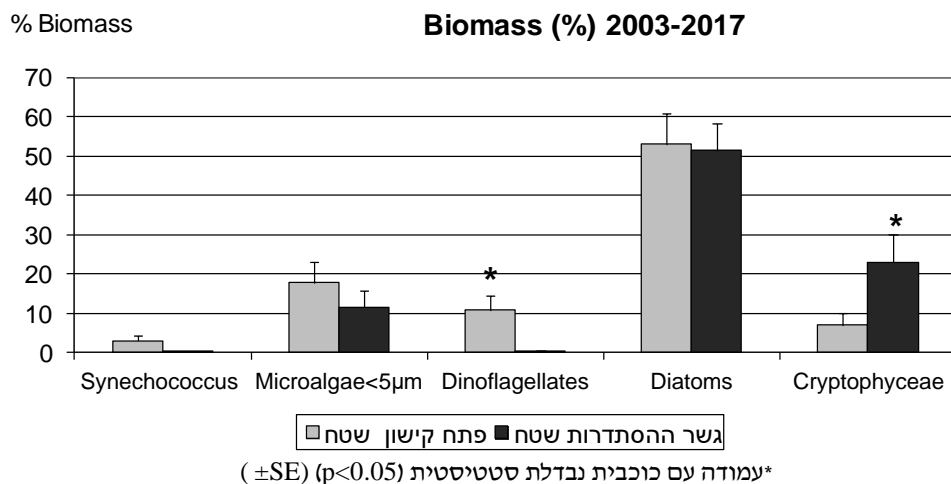
איור 23: התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2017



איור 24: יחס ביומסת האצות הצורניות לביומסה הכללית בדיגומי האביב 2003-2017



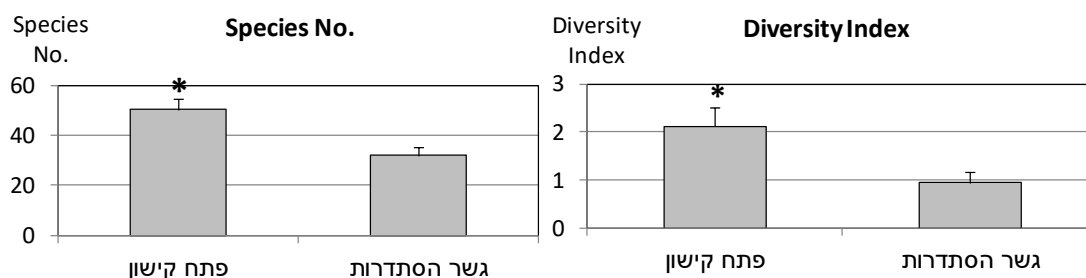
איור 25: התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2017



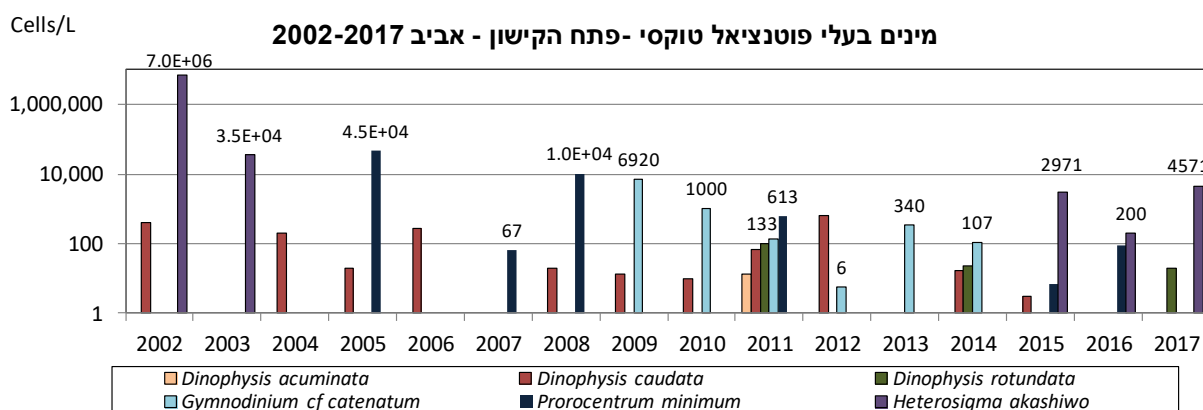
איור 26: התפלגות ממוצע ביומסת הקבוצות השונות באחוזים (מהביומסה הכללית), בדיגומי אביב 2003-

2017

*עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm SE$)



איור 27: ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי אביב 2003-2017



איור 28: התפלגות מינים עיקריים בעלי פוטנציאל טוקסי בפתח הקישון – אביב 2002-2017

5. סיכום

- ריכוזי הנוטריאנטים, ובפרט זה של ניטראט+ניטריט וזרחן, היו גבוהים במקרים רבים בחלק המלוח של הקישון, דבר המצביע על אוטרופיקציה בינונית/גבוהה. נוטריאנטים אלה נמצאו ביחס חיובי ולינארי לריכוז הכלורופיל, וערכי היצרנות הראשונית והחידקית, דבר המרמז כי לו יופחתו עומסי הנוטריאנטים ממקור אנתרופוגני, כך בהתאמה תרד הביומסה של האצות לרמה "תקינה" (בהתאם לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים).
- תהליכים מיקרוביאליים הטרוטרופים (חיידקים) דומיננטיים ביחס לתהליכים אוטוטרופים (ציאנובקטריות ואצות), דבר המתבטא בערכי יצרנות חידקית גבוהה (פי 2 מערכי היצרנות הראשונית על פי רוב), ובאזורים אנוקסיים ללא חמצן (למשל בתחנת הלבניות סמוך לקרקעית). סביבה אנוקסית יכולה לגרום לתמותת דגים ותגובות לא רצויות אחרות ויש להמשיך לעקוב אחר העניין.
- ממוצע ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2017 היו גדולים באופן ניכר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון. בדיגום זה, נמדדה עליה בריכוז התאים, הביומסה ובריכוז הכלורופיל בפתח הקישון יחסית לשנה קודמת והיא נבעה בעיקר מפריחה של אצות צורניות. באופן דומה, נמדדה עלייה בריכוז התאים ובביומסת התאים בגשר ההסתדרות יחסית לשנה קודמת (מאי 2016). עלייה זו נבעה מפריחה של פלגלטים מקבוצת ה- Cryptophyceae ומפריחה של אצות צורניות. בשתי התחנות הופיעה ביומסה גבוהה יחסית של בקטריה כחולית מהמין *Synechococcus* sp.(2) האפיינית למי פתח הקישון. ממצאים אלה נמצאים בהתאמה למדידות ה flow-cytometer המובאים בטבלה 5.
- בשש שנים אחרונות חלה ירידה ככלית בריכוז הכלורופיל בדיגומי האביב. שינוי זה מקורו בעיקר מירידה והתמתנות בפריחות האצות הצורניות. במקביל, נראה שינוי בהרכב קבוצות המיקרופלנקטון בשתי התחנות. בפתח הקישון, הביומסה היחסית של קבוצות אחרות באה לידי ביטוי, כגון קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- 5 מיקרון שהדומיננטיות היחסית שלהן עלתה בשנים 2012-2016. באביב 2017 שוב פרחו צורניות בפתח הקישון אך ברמה מתונה יחסית. בגשר ההסתדרות פריחות אצות ירוקות שליוו לעיתים את פריחות הצורניות, התחלפו בפריחות של פלגלטים מקבוצת ה- Cryptophyceae, פריחות שנעשו דומיננטיות בתחנה זו.
- דינופלגלטים, בהיותם מינים ימיים בעיקרם, הופיעו במגוון גדול יחסית בפתח הקישון. בדיגום אביב 2017 הביומסה שלהם עלתה בפתח הקישון וירדה בגשר ההסתדרות. מאידך, ניכרת ירידה בביומסה שלהם בפתח הקישון בארבע שנים אחרונות יחסית לשנים קודמות, וממוצע הביומסה בשנים 2014-2017, הוא פחות מרבע מממוצע הביומסה בשנים 2003-2013.
- לאורך השנים, מספר המינים ואינדקס השונות היו לרוב גבוהים בפתח הקישון יחסית לגשר ההסתדרות. באביב 2017 הייתה ירידה ניכרת במספר המינים בפתח הקישון ועלייה מסוימת בגשר ההסתדרות, באופן הפוך לשנה קודמת. בפתח הקישון נראתה עד 2013 מגמה כללית של עלייה במספר המינים לאורך השנים, אולם בארבע השנים אחרונות נראתה תנודתיות במספר המינים בטווח קבוע. בגשר ההסתדרות, לעומת זאת, נראתה התייצבות יחסית בחמש שנים אחרונות. בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה באינדקס השונות עד 2016 ואילו באביב 2017 נראתה ירידה ניכרת באינדקס השונות. בגשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כלשהי של אינדקס השונות, ובאביב 2017 הוא נותר ללא שינוי יחסית לשנה קודמת.

- בשנים האחרונות נראתה ירידה בריכוז מינים בעלי פוטנציאל טוקסי, ובאביב 2017 הופיע מספר מינים קטן ובריכוז נמוך יחסית, להוציא הפלגלט *Heterosigma akashiwo*, שריכוזו עלה יחסית השנה.

6. מראי מקום

- 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., Shefer E., Gordon N., Galil B., Lubinevsky H., Tibor G., Tom M., Rilov G., Silverman J. and Rinkevich B. (2014). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2012, IOLR Report H62/2013.
- 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.
- Kress, N. and B. Herut (2001) Spatial and seasonal evolution of dissolved oxygen and nutrients in the Southern Levantine Basin (Eastern Mediterranean Sea). Chemical characterization of the water masses and inferences on the high N:P ratio. *Deep Sea Research, Part I*, 48, 2347-2372.
- 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.
- Sisma-Ventura G., Yam R., Shemesh A (2014) Recent unprecedented warming and oligotrophy of the eastern Mediterranean Sea within the last millennium, *Geophysical Research Letters*, DOI: 10.1002/2014GL060393.

- Supraha, L., Bosak, S., Ljubescic, Z., Mihanovic, H., Olujic, G., Mikac, I., Vilicic, D., (2014). Cryptophyte bloom in a mediterranean estuary: high abundance of *plagioselmis cf. prolonga* in the Krka River estuary (Eastern Adriatic Sea). *Sci. Mar.* 78, 329–338.
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* 12: 411-418.