



אפיון קבוצות המיקרואצות  
במי נחל הקישון המלוח

דו"ח ניטור אביב 2019

דו"ח חיא"ל H20/2020

דו"חות חיא"ל  
I O L R REPORTS



מים ואגמים לישראל בע"מ. Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.  
תל-שקמונה, ת"ד 8030, חיפה 31080, P.O.B. 8030, Haifa  
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8515202 : טלפון  
<http://www.ocean.org.il>

## **אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח**

**דו"ח ניטור אביב 2019**

**דו"ח חיא"ל H20/2020**

**נורית גורדון, גיא סיסמה-ונטורה, איל רהב\*, נטליה בלקין, ברק חרות  
\* מחבר לתכתובת ([eyal.rahav@ocean.org.il](mailto:eyal.rahav@ocean.org.il))**

**מוגש לרשות נחל הקישון**

**עזרו במחקר: ירון גרטנר, אפרת שהם-פרידר**

**חתימה:**

**יוני 2020**

## אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור אביב 2019

### תקציר

- ריכוזי הנוטריאנטים, ובפרט זה של ניטראט+ניטריט+אמוניה, היו גבוהים במקרים רבים בחלק המלוח של הקישון, דבר המצביע על אוטרופיקציה בינונית/גבוהה. נוטריאנטים אלה נמצאו ביחס חיובי ולינארי לריכוז הכלורופיל, דבר המרמז כי לו יופחתו עומסי הנוטריאנטים ממקור אנתרופוגני, כך בהתאמה תרד הביומסה של האצות (כריכוז כלורופיל a) לרמה "תקינה" (בהתאם לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים).
- ערכי היצרנות הראשונית היממתית היו גבוהים ביחס לדיגומי אביב קודמים, דבר המרמז על "פריחת אצות".
- תהליכים אוטורופים (ציאנובקטריות ואצות) דומיננטיים ביחס לתהליכים מיקרוביאליים הטרוטרופים (חיידקים) בשכבה העליונה של עמודת המים. לעומת זאת, מעל הקרקעית היחס בין התהליכים מתהפך, דבר המתבטא בערכי יצרנות חיידקית גבוהה (פי 2 ויותר מערכי היצרנות הראשונית), ובעקת חמצן (היפוקסיה). עומס נוסף של חומר אורגני לקרקעית עלולה להוביל לתנאים אנוקסיים (ללא חמצן), דבר שיכול להוביל לתמותת דגים ותגובות לא רצויות נוספות.
- איכות מי שכבת הגבול (מים-קרקעית) מושפעת הן מתהליכים מיקרוביולוגיים בתוך הסדימנט עצמו והן מתהליכים בעמודת המים (בעיקר פני השטח). אני ממליצים להוסיף דיגום סדימנט למערך הניטור הקיים ובכך להרחיב את הבנתנו מה משפיע על שכבת מי הגבול ולבחון האם תהליכים בקרקעית משפיעים על עמודת המים בנחל.
- ריכוז תאי המיקרופיטופלנקטון היה גבוה באופן משמעותי ביחס לדיגומי אביב קודמים (עד פי ארבעה). הסיבה לכך נעוצה בעיקר בפריחה גדולה במיוחד בפתח הקישון של הפלגלט בעל הפוטנציאל הטוקסי *Heterosigma akashiwo* ושל הדינופלגלט *Prorocentrum triestinum*. בהתאמה, נמדד ריכוז כלורופיל גבוה במיוחד בפתח הקישון, אפילו ביחס לתחנת גשר ההסתדרות שנחשבת למושפעת יותר ממוזהמים אנתרופוגנים. הפריחה תרמה לעליה בדומיננטיות של דינופלגלטים ופלגלטים מקבוצת ה- *Raphidophyceae*. יש לציין כי הפריחה לא לוותה בתמותת דגים וכד', דבר המצביע על כך שככל הנראה לא הופרשו טוקסינים למים ע"י *Heterosigma akashiwo*.
- בגשר ההסתדרות נמדדה ירידה בביומסה של המיקרואצות יחסית לשנה הקודמת.
- ככלל, החל מ-2002 מספר מיני המיקרו-אצות ואינדקס השונות שלהם היו במגמת עליה ולרוב גבוהים בפתח הקישון יחסית לגשר ההסתדרות (למעט דיגום זה בו נמצאה פריחה של מיקרו-אצות). כמו כן, מספר המינים נשמר יחסית קבוע בשלוש השנים האחרונות - תופעה חיובית ומצביעה על שיפור באיכות המים.

## 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.

## 2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה באביב 2019 (מאי). שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, ואחוז רווית חמצן, באמצעות מכשיר MS5 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 פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN<sup>plus</sup> systems בשיטות המפורטות ב- (IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001; 1994). דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים (GF/F (0.7 $\mu$ m) לאחר סינון מקדים דרך נפה 63 $\mu$ m, 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 (Steehan-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 (Attune, Applied) Flow-cytometer (Biosystems), והן בשיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. נוסף לכך, נספרו חיידקים הטרוטרופים (צרכנים שניוניים) לאורך תחנות הדיגום. מי הדגימה קובעו מיידית 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 אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.

**טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום אביב 2018.**

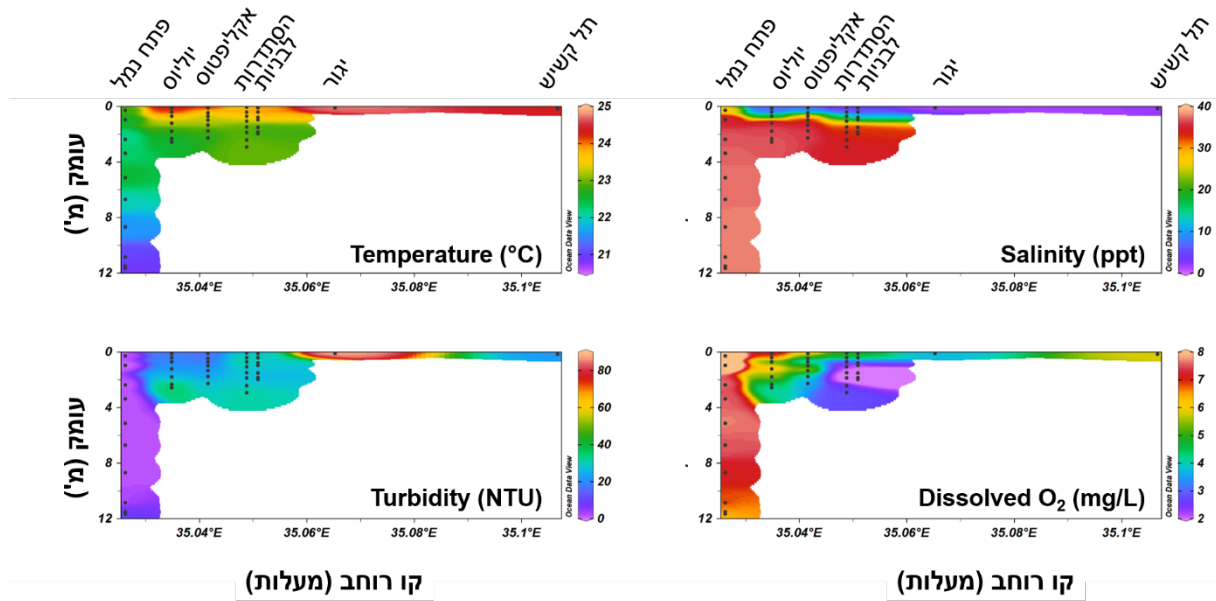
תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
תל-קשיש	32° 41.31'	35° 6.39'
יגור	32° 45.55'	35° 3.91'
לבניות	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
פתח הנמל	32° 48.59'	35° 1.55'

### 3. תוצאות

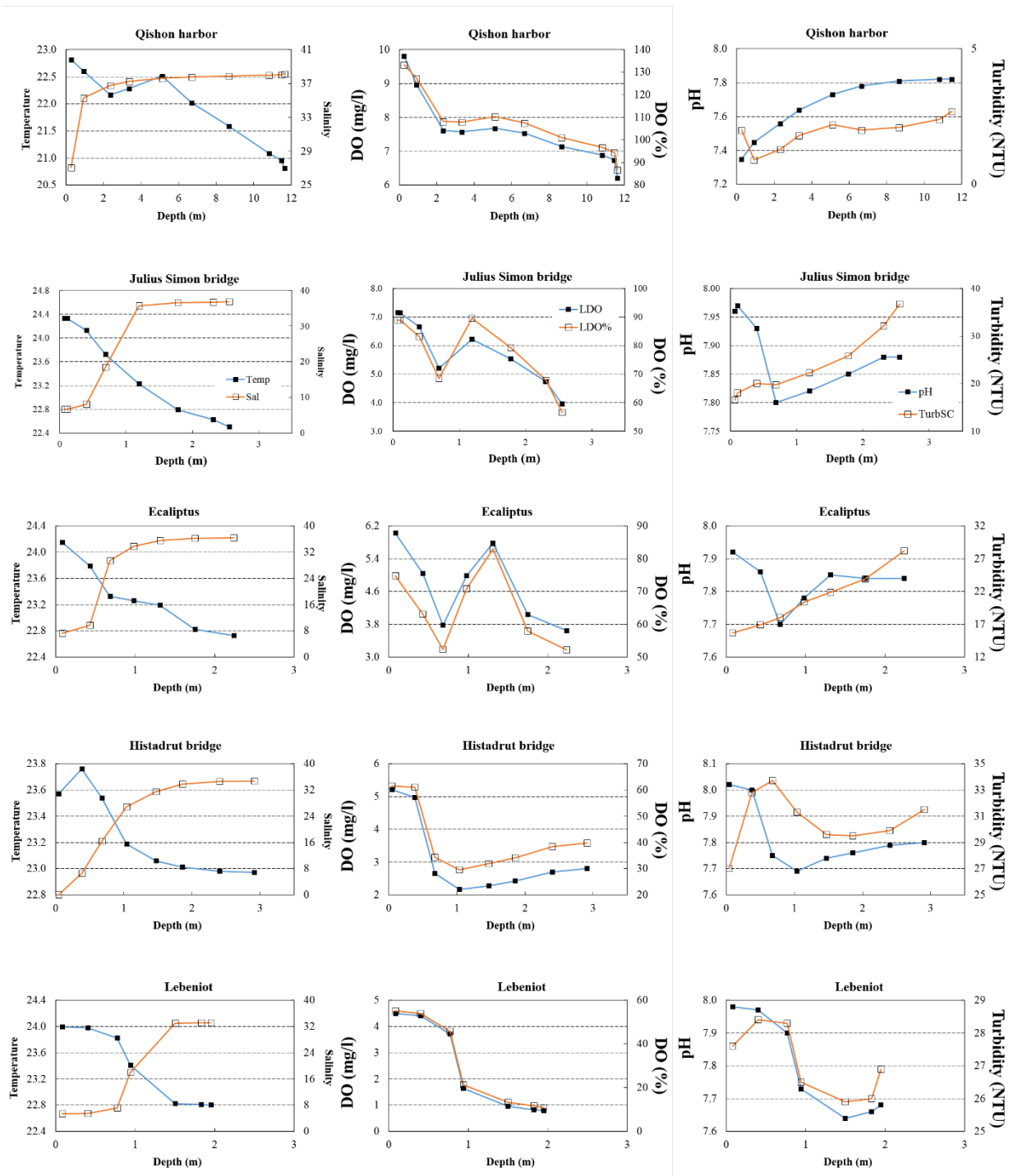
#### 3.1 פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון המלוח כפי שנמדדו במאי 2019 מוצגים באיורים 1 ו-2 וטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה עמודת המים משוכבת עם הבדל של עד 2 מעלות צלזיוס בין פני השטח לקרקעית, בדומה למצב בקיץ (Bar-Zeev and Rahav, 2015) וראה/י דו"ח חיא"ל H17/2015). שכבת המים העליונים והחמים יחסית (1 מ') מלוחה פחות מחלקה התחתון, בתחנות במעלה הנחל, כתוצאה מכניסת מי ים דרך הסדימנט, בדומה לדיגומים קודמים. ככל שמתקרבים למורד הנחל (קרי התקרבות לים הפתוח) עולה המליחות- הן בגוף המים העליון והן בתחתון- כאשר השינוי במליחות במי השטח גדול מהשינוי במליחות במים העמוקים (איורים 1 ו-2).

החמצן המומס במי השטח הגיע רק ל 46% מרוויה (3.79 מג"ל) במעלה הנחל (תחנת "יגור"), וריכוזו עלה ככל שמתקדמים לפתח הנמל, שם ריכוז החמצן הגיע לעל-רוויה (133%, 9.81 מג"ל). במקביל אחוז החמצן מרוויה ירד עם העמקה בעמודת המים בכל התחנות (איורים 1 ו-2) עם ריכוז מינימאלי בתחנת "לבניות" של 0.78 מג"ל המהווים כ 11% מריכוז החמצן מרוויה, ערך שמעיד על היפוקסיה (טבלה 3). עם התקדמות במורד האסטואר לכיוון הים, בתחנות "ההסתדרות" "אקליפטוס" ו"יוליוס" ריכוז החמצן בקרקעית ירד בחדות ל- 2.8-3.95 מג"ל, ערך המוגדר כעקת חמצן בינונית (טבלה 3). ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים רוויים בחמצן. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל עניים יחסית בחמצן מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים, ומתהליכי פריחת אצות. ערכי החמצן הנמוכים שנמדדו סמוך לקרקעית במעלה הנחל מצביעים על פעילות מטאבולית חיידקית הטרוטרופית ועל אאוטרופיקציה של אזורים אילו (ראה/י דיון למטה).



**איור 1** - פרופיל עומק של הטמפרטורה ( $^{\circ}\text{C}$ ), מליחות (ppt), עכירות (NTU) וריכוז חמצן מומס ( $\text{mg/L}$ ) כפי שנמדד בדיגום מאי 2018 לאורך נחל הקישון המלוח, שתי תחנות במעלה הנחל ובתחנה בכניסה לנחל. 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 2019 לאורך נחל הקישון המלוח.**

pH	עומק דיגום (m)	טמפרטורה (C°)	מליחות	חמצן מומס (mg/L)	תחנה
7.35	0.27	22.82	27.07	9.81	פתח נמל
7.45	0.94	22.6	35.32	8.97	
7.56	2.35	22.17	36.78	7.61	
7.64	3.35	22.28	37.26	7.57	
7.73	5.12	22.51	37.62	7.68	
7.78	6.68	22.02	37.8	7.54	
7.81	8.66	21.59	37.88	7.14	
7.82	10.82	21.09	37.99	6.89	
7.82	11.48	20.96	38.05	6.74	
7.84	11.63	20.82	38.13	6.21	
7.96	0.07	24.33	6.7	7.16	יוליוס
7.97	0.11	24.33	6.69	7.15	
7.93	0.4	24.13	7.98	6.66	
7.8	0.69	23.72	18.42	5.21	
7.82	1.19	23.23	35.72	6.22	
7.85	1.78	22.79	36.53	5.53	
7.88	2.31	22.63	36.73	4.74	
7.88	2.55	22.51	36.86	3.95	
7.92	0.08	24.15	7.2	6.03	אקליפטוס
7.86	0.43	23.79	9.63	5.04	
7.7	0.68	23.33	29.39	3.77	
7.78	0.98	23.26	33.83	4.98	
7.85	1.31	23.19	35.52	5.78	
7.84	1.75	22.82	36.19	4.04	
7.84	2.24	22.73	36.32	3.65	
8.02	0.04	23.57	0.02	5.22	הסתדרות
8	0.38	23.76	6.58	4.97	
7.75	0.68	23.54	16.38	2.65	
7.69	1.04	23.19	26.81	2.17	
7.74	1.47	23.06	31.42	2.28	
7.76	1.86	23.01	33.73	2.42	
7.79	2.4	22.98	34.53	2.7	
7.8	2.91	22.97	34.67	2.8	
7.98	0.08	23.99	5.35	4.49	לבניות
7.97	0.4	23.98	5.44	4.4	
7.9	0.77	23.82	7.05	3.71	
7.73	0.94	23.41	17.96	1.63	
7.64	1.5	22.82	32.97	0.95	
7.66	1.83	22.81	33.05	0.82	
7.68	1.95	22.8	33.06	0.78	
8.26	0.1	24.73	1.76	3.79	יגור
8.11	0.14	24.38	1.83	5.8	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 = 0-2, נזק ביולוגי 2-5		
חנקן אנאורגני (NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0.1	0.1- 1	>1
זרחן אנאורגני (PO <sub>4</sub> )	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 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 דיגומי אביב מהשנים האחרונות, 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 המיהול עם מי הים. ריכוזי הסיליקה, החנקות ובמידה רבה גם הזרחות, 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 כד'). בכל תחנות הדיגום בתוך אסטואר הקישון (מעלה הנחל ועד מוצאו) נמצאו ריכוזים גבוהים של ריכוזי חנקות ולעיתים גם של זרחות 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. יש לציין כי ערכי החנקות גבוהים מדיגומי העבר, זאת מכיוון שבדיגום מאי 2019 נוספו מדידות של אמוניה (בנוסף למדידות ניטריט+ניטראט) המעלים את הערכים האבסולוטיים של כלל החנקות האנאורגניות.

**טבלה 4:** ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בתחנות השונות באביב 2019.

Si(OH) <sub>4</sub> -Si	PO <sub>4</sub> -P	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> -N	עומק דיגום	תחנה
[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]		
5.09	1.41	13.56	פני שטח	תל-קשיש
4.71	1.47	13.09	פני שטח	יגור
6.10	1.09	10.50	פני שטח	לבניות
2.11	0.51	3.78	קרקעית	
5.91	1.15	10.32	פני שטח	הסתדרות
1.27	0.25	1.92	קרקעית	
1.16	0.20	1.90	פני שטח	אקליפטוס
1.14	0.19	1.69	קרקעית	
4.07	1.02	9.41	פני שטח	יוליוס
0.72	0.11	1.04	קרקעית	
3.01	0.54	5.45	פני שטח	פתח נמל
0.06	0.00	0.08	קרקעית	

### 3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

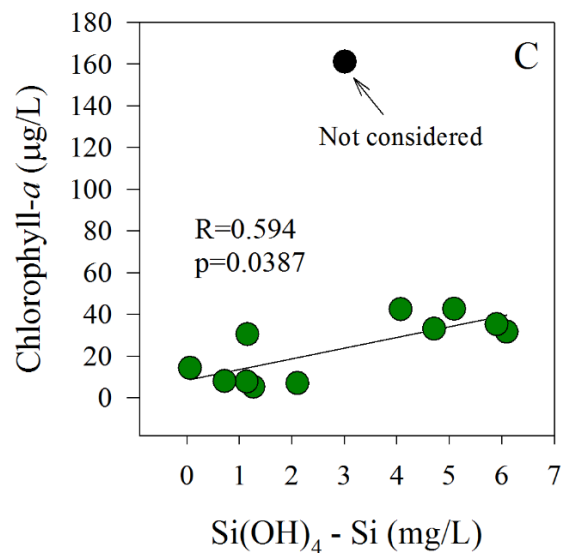
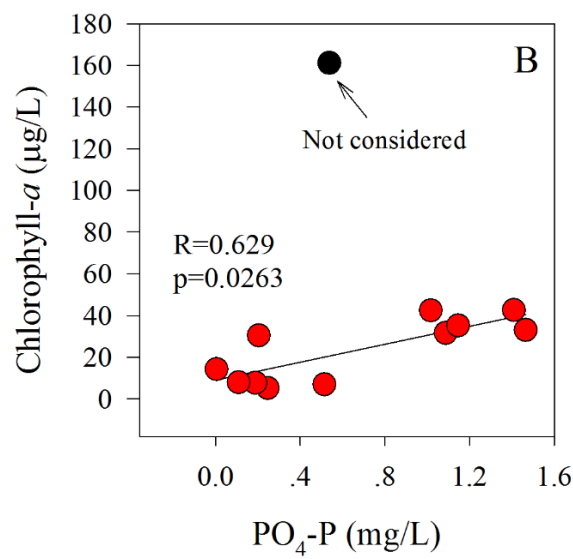
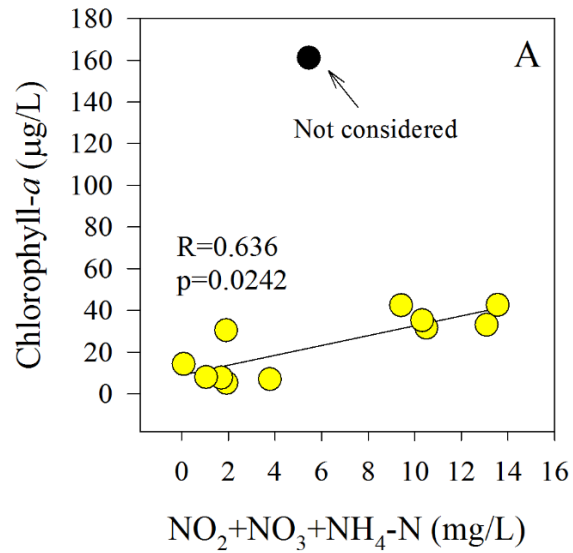
ערכי כלורופיל *a* בדיגומי אביב 2019 נעו בין 5.28 ל- 42.63 מיקרוגרם לליטר לאורך האסטואר והגיעו לשיא חריג בפני השטח של פתח הנמל של 161.2 מיקרוגרם לליטר (טבלה 5). ערכים אלה גבוהים מדיגום מאי 2018, כמו גם מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי היא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומי של מזרח הים התיכון וממי החוף (Raveh et al., 2015). הסיבה לכך נעוצה בריכוז הנוטריאנטים הגבוה שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות, ובמיוחד זה של ניטראט+ניטריט+אמוניה ובמידה מסוימת זרחות (טבלה 4), דבר שהוביל לפריחה חריגה של שני פלגטים (ראה/י דיון למטה). ציאנובקטריה ואצות אוטורופיות היוו את חלק הארי מבחינה מספרית של האצות במי הנחל במאי 2019, זאת בדומה לדיגומים קודמים. ציאנובקטריה נעו בין  $2.31 \times 10^8$  תאים בליטר (תחנת "לבניות" סמוך לקרקעית) ל-  $61.52 \times 10^8$  תאים לליטר (פתח הנמל, פני השטח) (טבלה 5). ריכוז אצות אוקריוטיות היה נמוך מזה של ציאנובקטריה בסדר גודל, פי עשרה לערך (1.41-19.33 תאים לליטר  $\times 10^8$ ). בניגוד למרבית הדיגומים האחרונים, ריכוז הכלורופיל היה גבוה לאורך תחנות הדיגום, הן במים העליונים (30.5-42.63 מיקרוגרם לליטר) והן במי העומק (3-14.3 מיקרוגרם לליטר), עם ריכוז שיא של כלורופיל בפני השטח בפתח הנמל שהגיעו ל- 161.2 מיקרוגרם לליטר. נמצא קשר סטטיסטי חיובי בין העליה בריכוז הכלורופיל לריכוזי הניטראט+ניטריט+אמוניה, הזרחן והסיליקה (קורלציית ספירמן,  $p < 0.05$ , איור 3). לעומת הפיזור המרחבי של הכלורופיל במי הנחל, לא נדגם מתאם משמעותי סטטיסטי בשכיחות ציאנובקטריות או תאים פיקו-אוקריוטים (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) בשל גודלן הקטן המאפשר קליטה מיטבית של נוטריאנטים מהסביבה.

לעומת המיקרואורגניזמים האוטורופים (יצרנים ראשוניים, ציאנובקטריה ופיקו-פיטופלנקטון), שכיחות החיידקים ההטרוטרופים היתה גבוהה פי 10 מאשר הציאנובקטריה ( $90.07 \times 10^8$ - $42.43 \times 10^8$  תאים בליטר)

עם מספר תאים גבוה עד פי 2.5 בקרבת הקרקעית ביחס לפני השטח בתחנות "תל קשיש", "יגור", "אקליפטוס" ו"יוליוס". יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגנים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

**טבלה 5:** ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אאוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון במאי 2019.

Chlorophyll <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Heterotrophic bacteria (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$ )	Pico- eukaryotes (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$ )	Autotrophic cyanobacteria (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$ )	עומק דיגום	תחנה
42.63	87.06	6.55	15.81	פני שטח	תל-קשיש
33.13	88.41	3.15	12.56	פני שטח	יגור
31.70	42.43	3.68	13.00	פני שטח	לבניות
7.03	47.23	1.61	2.31	קרקעית	
35.30	47.06	1.41	6.28	פני שטח	הסתדרות
5.28	32.37	1.59	4.36	קרקעית	
30.50	36.25	6.22	30.66	פני שטח	אקליפטוס
7.74	90.07	4.31	8.18	קרקעית	
42.50	53.11	8.35	33.22	פני שטח	יוליוס
8.04	88.20	6.10	13.44	קרקעית	
161.20	59.52	19.33	61.52	פני שטח	פתח נמל
14.30	49.45	2.40	14.69	קרקעית	



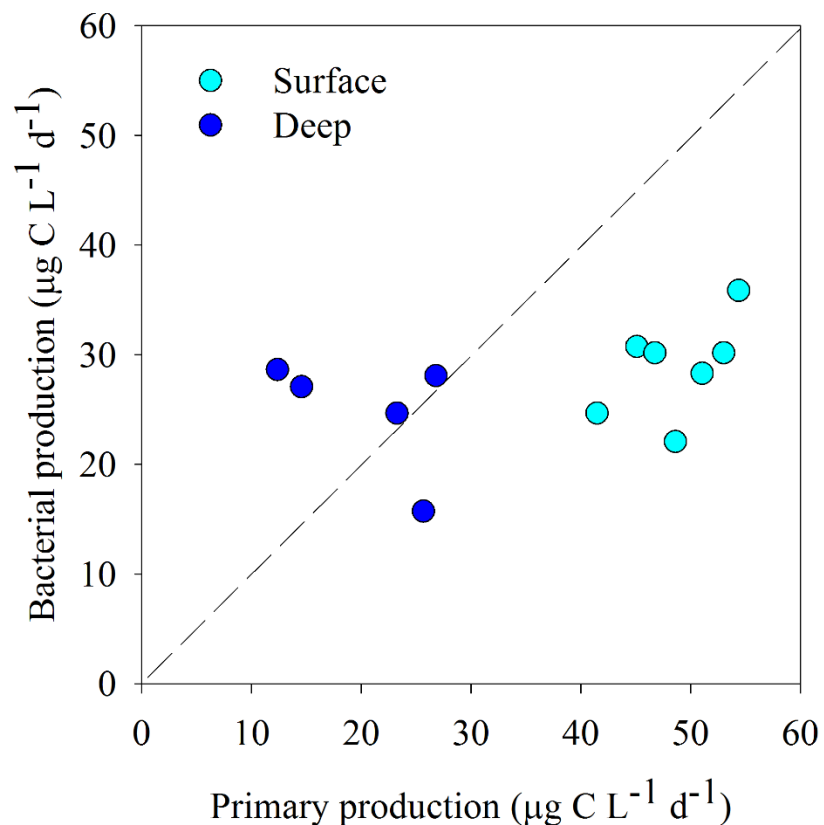
**איור 3:** ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט+אמוניה (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2019. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5. הנקודה השחורה לא נלקחה בחשבון לקורלצית ספירמן (מתאם) ומקורה בריכוז הכלורופיל הגבוה בפני השטח של תחנת פתח הנמל.

ערכי היצרנות הראשונית היממתית נעו בין 12 ל 53 מיקרוגרם פחמן לליטר ליממה (טבלה 6) והיו גבוהים ביחס לדיגום אביב 2018. ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי היא"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 היותר מוארים ביחס למי העומק (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  $30 \mu\text{M}$  אקוויבלנטי ל  $0.42$  מג"ל חנקות) וכן יצרנות שנתית לכל עמודת המים (מתחת ל  $300 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ). 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 (כפי שנמדד בדיגום זה), להעיד על פריחות מאסיביות של אצות (חלקן רעילות) וכד'. על סמך הנתונים הקיימים מדיגומים קודמים ומיעוט המחקרים (Bar-Zeev and Rahav, 2015), ערכי היצרנות הראשונית השנתית המשוערת הנה כ  $40-100 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$  בתחנות במעלה הנחל ו-  $5-23 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$  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. עיקר הפעילות המטאבולית בכל תחנות המדידה בפני השטח היתה אוטורופית ונעשתה על ידי אצות וציאנובקטריה בתהליך הפוטוסינתזה (איורים 4, 5). בקרבת הקרקעית של ארבעת התחנות לאורך האסטואר (פרט לפתח הנמל) היצרנות נשלטה על ידי פעילות הטרוטורופית של חיידקים המפרקים חומר אורגני. למעשה, תהליכים בשכבת המים העמוקים, המהווה שכבת הגבול בין הסדימנט לעמודת המים, מוכתבים במידה רבה על ידי חיידקים הטרוטורופיים בסדימנט עצמו. מידת פעילות החיידקים בסדימנט ובשכבת הגבול משלימה את התמונה של תפקוד הנחל כמערכת אקולוגית, שם חלה בניה של חומר אורגני (בתהליך הפוטוסינתזה) ופירוק (פעילות הטרוטורופית) של חומר אורגני וצריכה ושחרור של נוטריינטים. לפיכך, אנו ממליצים להוסיף לדיגומים הקיימים גם דיגומות סדימנט בכל אחת מתחנות הדיגום, ובכך להרחיב את התמונה המתקבלת של תפקוד האסטואר.

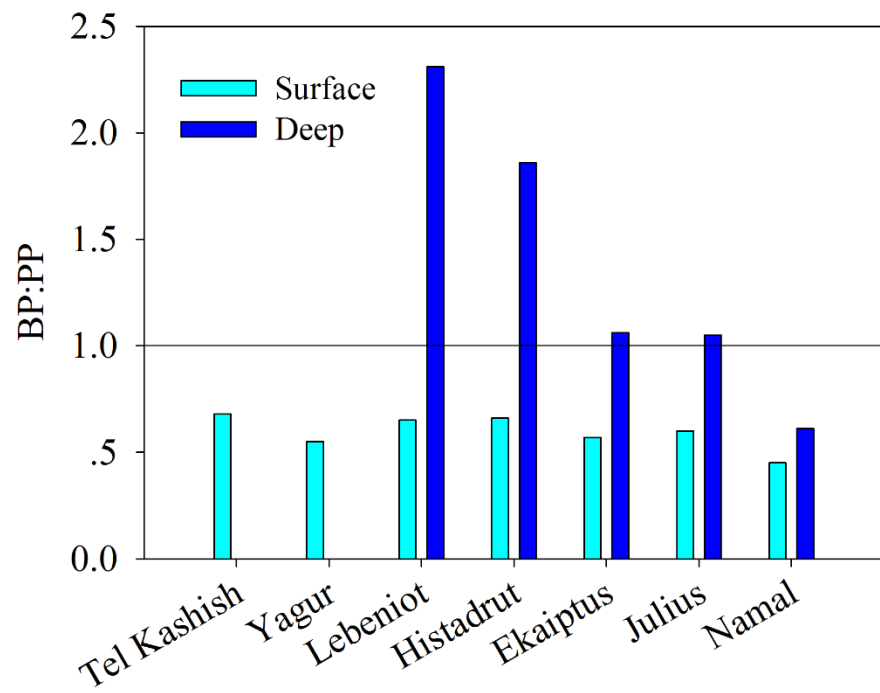
מבחינת מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 6. ניתן לראות קשר לינארי חיובי בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכת המיקרוביאלית (BP או PP). כמו כן, ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) עולה, כך היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 6-G-I). מגמה זו חלשה אך מדגישה את ההשפעה של ריכוז הנוטריינטים הגבוה באסטואר על תפקוד היצרנים הן האוטורופים והן הטרוטורופיים ובכך משנים את המאזן בין השניים.

**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).

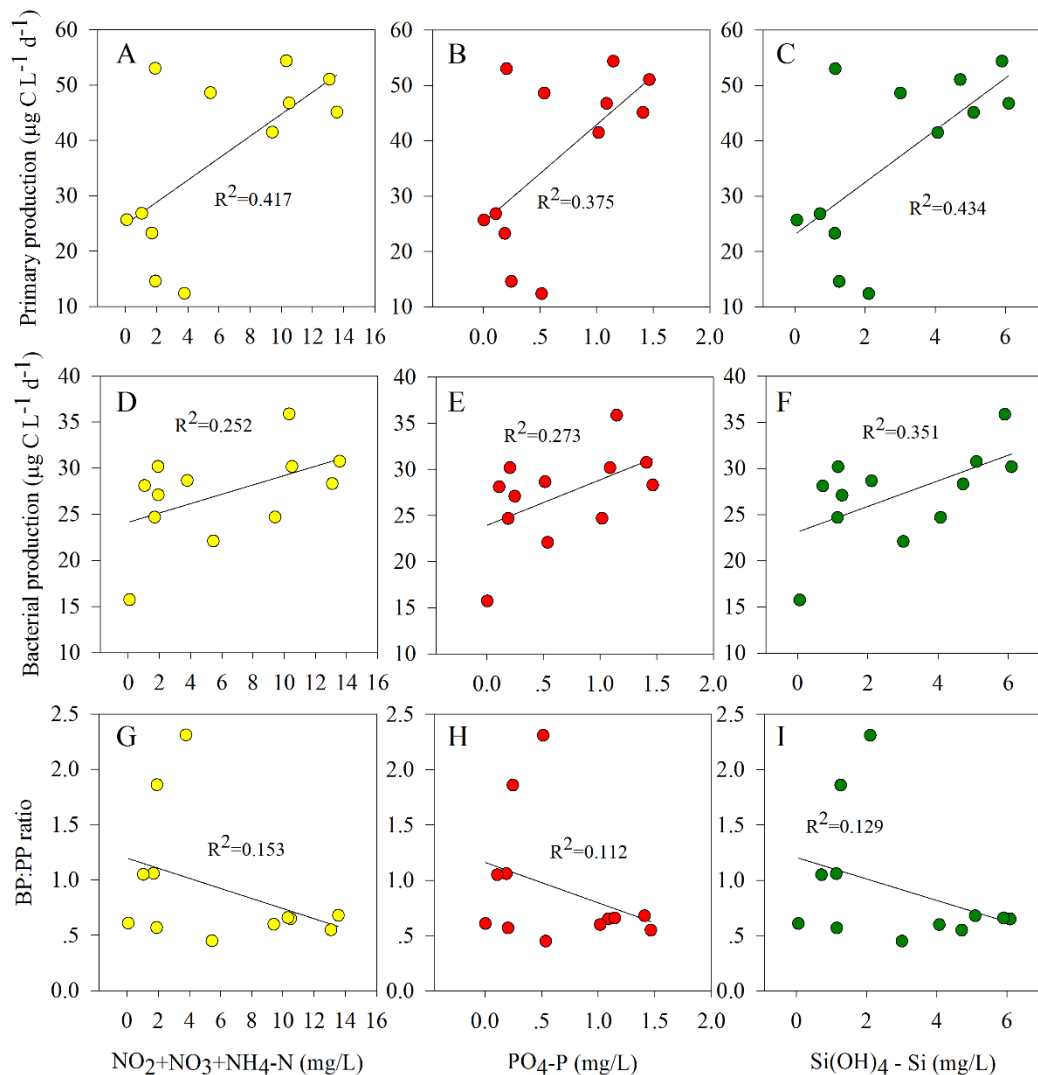
BP/PP ratio	Primary production ( $\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$ )	Bacterial production ( $\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$ )	עומק דיגום	תחנה
0.68	45.11	30.75	פני שטח	תל-קשיש
0.55	51.06	28.31	פני שטח	יגור
0.65	46.75	30.18	פני שטח	לבניות
2.31	12.38	28.65	קרקעית	
0.66	54.38	35.86	פני שטח	הסתדרות
1.86	14.58	27.09	קרקעית	
0.57	53.02	30.18	פני שטח	אקליפטוס
1.06	23.27	24.67	קרקעית	
0.60	41.48	24.69	פני שטח	יוליוס
1.05	26.82	28.10	קרקעית	
0.45	48.62	22.09	פני שטח	פתח נמל
0.61	25.67	15.74	קרקעית	



**איור 4:** היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במימי הקישון המלוח במאי 2019. הקו המקווקו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



**איור 5:** היחס בין יצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) ליצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) במימי הקישון המלוח במאי 2019. הקו מהווה יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת ינשלטת 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 ריכוזי ניטראט+ניטריט+אמוניה (A,D,G), זרחן (B,E,H) וסיליקה (C,F,I) כפי שנמצא בנחל הקישון המלוח בדיגום מאי 2019.

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) להם חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

#### ריכוז תאי המיקרו-פיטופלנקטון

**פתח הקישון** - באביב 2019 ריכוז התאים בפתח הקישון עלה באופן ניכר (פי 4) יחסית לשנה קודמת (איור 7). עליה זו נבעת מעלייה בריכוז התאים של כלל קבוצות המיקרופלנקטון, להוציא הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1). עיקר העליה נובע מפריחה של הפלגלט בעל הפוטנציאל הטוקסי *Heterosigma akashiwo* וכן של הדינופלגלט *Prorocentrum triestinum* (טבלה 7, איור 8). בנוסף, נמצא ריכוז גבוה יחסית של הבקטריה הכחולית מהמין *Synechococcus* sp.(2) ושל מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu\text{m}$  (איור 8), שהיוו ביחד 85% מריכוז התאים הכללי (איור 9).



**בגשר ההסתדרות** ריכוז התאים ירד ביחס לשנה קודמת (איור 7). הירידה הזאת נבעה מירידה בריכוז כל קבוצות המיקרופלנקטון (להוציא דינופלגלטים). בדומה לפתח הקישון מיני הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (2) והמיקרואצות הקטנות מ -  $5\mu\text{m}$  היוו 90% מריכוז התאים הכללי (איור 9).

### **ביומסה וריכוז כלורופיל**

**בפתח הקישון** בהתאמה לעלייה בריכוז התאים, הביומסה הכללית עלתה באופן ניכר יחסית לשנים קודמות (איור 10). עלייה זו נבעה בעיקר מפריחת שני המינים שהוזכרו לעיל: הדינופלגלט *Prorocentrum triestinum* והפלגלט *Heterosigma akashiwo* (טבלה 7, איור 11). שני המינים הללו תרמו יחד 60% לביומסה הכללית הגבוהה יחסית בתחנה זו (איור 12). ביומסת המיקרואצות הקטנות מ -  $5\mu\text{m}$  והאצות הצורניות הייתה גם היא גבוהה (איור 11) והן היוו יחד 30% מהביומסה הכללית. ריכוז הכלורופיל עלה לשיא בתחנה זו ועמד על  $161\mu\text{g/L}$  (איור 13). ריכוז זה נמצא בתחום ההיפר אאוטרופי לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים (טבלה 3).

**בגשר ההסתדרות** בדומה לריכוז התאים, חלה ירידה בביומסה ביחס לשנה הקודמת (איור 10). היא נבעה מירידה בביומסת מרבית קבוצות המיקרופלנקטון. הביומסה בתחנה זו הייתה באופן ניכר נמוכה מהביומסה בפתח הקישון. קבוצת המיקרואצות הקטנות, הבקטריות הכחוליות והאצות הצורניות התפלגו בצורה דומה מבחינת הביומסה (איור 11) והיוו יחד שיעור של 85% מהביומסה הכללית (איור 12). פלגלטים מקבוצת ה - *Cryptophyceae*, שבשנים האחרונות היו שכיחים בתחנה זו הופיעו בביומסה קטנה בלבד ומיני אצות ירוקיות היוו 13% מהביומסה הכללית. ריכוז הכלורופיל בתחנה זו היה גם הוא נמוך באופן ניכר יחסית לפתח הקישון, אולם עדיין היה בתחום הגבוה לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים ( $35\mu\text{g/L}$ ) (טבלה 3, איור 13).

### **מגוון המינים**

**בפתח הקישון** מספר המינים היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, בדומה לשנים קודמות (איור 14). מספר מיני האצות הצורניות היה נמוך יחסית לשנים קודמות, ושווה למספר מיני הדינופלגלטים, שעלה באופן ניכר יחסית לשנה קודמת (איור 15). שתי הקבוצות היוו כל אחת 32% מריכוז המינים הכללי. נמצא מגוון גבוה יחסית של מיני אצות ירוקיות, בדומה לשנה קודמת, אשר היוו 21% ממספר המינים הכללי.

**בגשר ההסתדרות** התפלגות המינים שונה מהתפלגות המינים בפתח הקישון. הדינופלגלטים הופיעו במגוון קטן מאד בגשר ההסתדרות לאורך כל השנים (איור 15) זאת בגלל שהם בעיקרם מינים ימיים. כמו כן הופיע מגוון דומה של מיני אצות ירוקיות המאפיינים יותר מים בעלי מליחות נמוכה ומיני צורניות.

### **אינדקס השונות**

אינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה), המתחשב גם בביומסה ירד בפתח הקישון בצורה ניכרת ביחס לשנה קודמת, ועלה מעט בגשר ההסתדרות (איור 16). ירידת האינדקס בפתח הקישון נבעה מהעלייה בביומסה עקב פריחת הדינופלגלטים.

## הרכב מיני המיקרופלנקטון

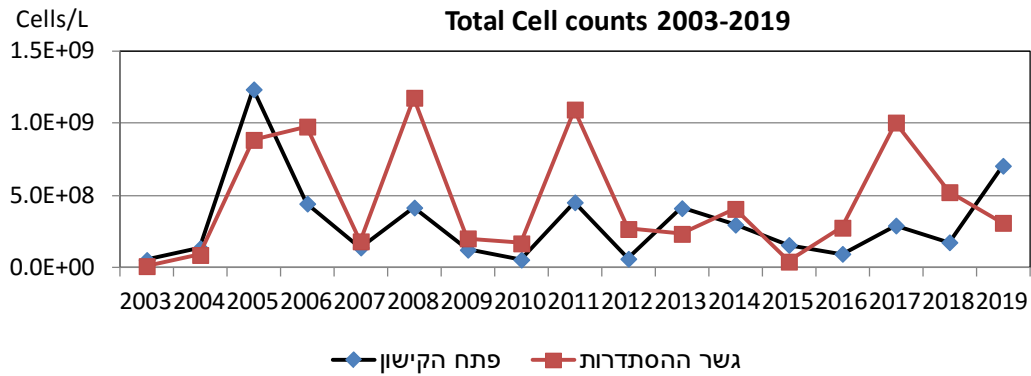
**בפתח הקישון** – הופיע מגוון גדול של דינופלגלטים, בעיקר מהמין *Prorocentrum triestinum* שהיווה את עיקר הביומסה בקבוצה זו (94% מביומסת הדינופלגלטים) ו- 33% מהביומסה הכללית. מנגד, מספר מיני הצורניות היה קטן יחסית לשנים קודמות (איור 15). בנוסף, הופיע מגוון מיני ירוקיות המאפיינות מים בעלי מליחות נמוכה ממליחות מי ים. מבין האצות הצורניות המין *Thalassiosira pseudonana* היה השכיח ביותר בדומה למרבית השנים הקודמות והיווה 90% מביומסת האצות הצורניות.

הפלגלט *H. akashiwo* מקבוצת ה-Raphidophyceae, פרח במקביל לדינופלגלט לעיל והיווה 29% מהביומסה. בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp., הופיעו בריכוז גדול יותר מהבקטריות הנפוצות לאורך החוף (1) *Synechococcus* sp. ריכוזן הגיע למקסימום של כלל השנים בו בוצע הניטור ( $3 \times 10^8$  cells/L) והן היוו 7% מהביומסה הכללית.

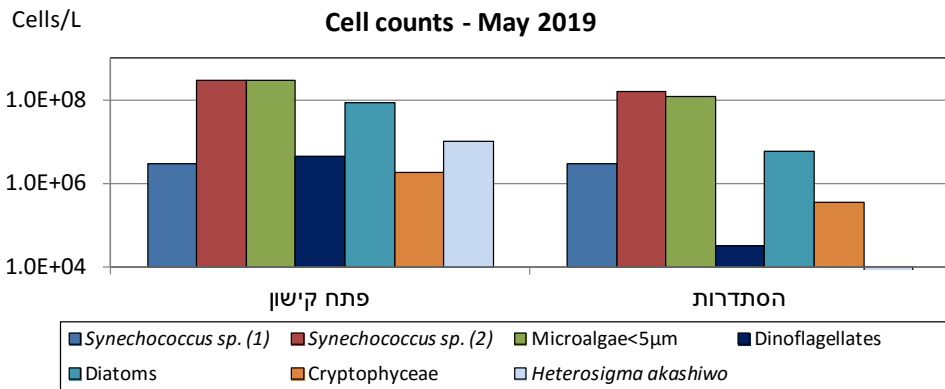
**בגשר ההסתדרות** חלק ניכר מהביומסה הכללית היוו מיקרואצות קטנות מ- 5 מיקרון ובקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp. (בסה"כ 63%) (איורים 11-12). אצות צורניות היוו 22% מהביומסה הכללית, בהן השכיח ביותר המין *Cyclotella* spp. אשר היווה 77% מביומסת האצות הצורניות (טבלה 7). כ- 13% מהביומסה הכללית היוו מיני אצות ירוקיות. ביניהן מיני *Oocystis* spp. היו נפוצים בדומה לשנה הקודמת וכן מיני *Monoraphidium* spp.

## מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

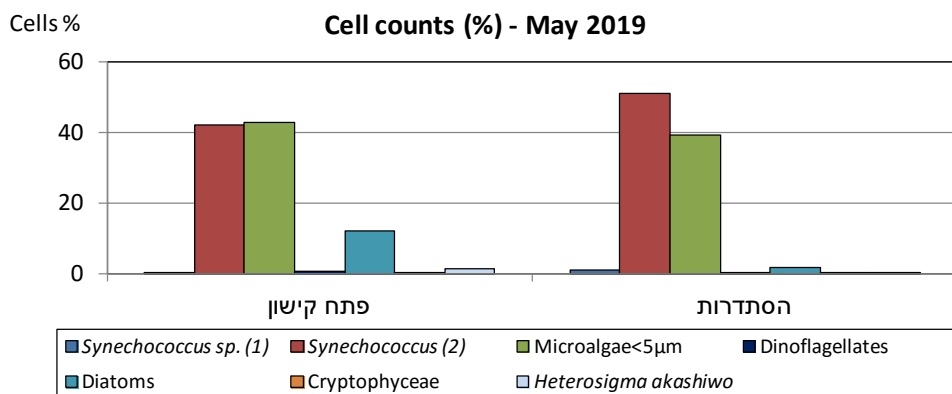
פריחת הפלגלט *Heterosigma akashiwo* ( $1 \times 10^7$  cells/L) שהופיעה בפתח הנמל אינה המקרה הראשון בו נמצא מין טוקסי זה. פריחה בסדר גודל דומה קרתה באביב 2002, והמין חזר להופיע במספרים גבוהים (אם כי נמוכים יותר ממה שנמצא כעת) בשנים 2015-2017 (איור 17). מין זה מאפיין איזורי מפרצים לאורך החוף והוא בעל פוטנציאל טוקסי לדגים. *H. akashiwo* מסוגל להפריש חומרים אללופטיים (קומפלקס של חלבונים ופוליסכרידים) הגורמים לעיכוב ו/או דיכוי גידול מינים אחרים בסביבתו. מכניזם הפגיעה בדגים הינו כנראה באמצעות החומר הרירי המופרש ע"י הפלגלט, אשר גורם להצמדת הזימים וכן ע"י חומרים המוליטיים נלווים המופרשים ופוגעים בזימים (Lassus et al. 2016). אירוע הפריחה דווח לרשות נחל הקישון טלפונית בזמן אמת (עוד ביום הדיגום עצמו), ולא לווה בתמותת דגים.



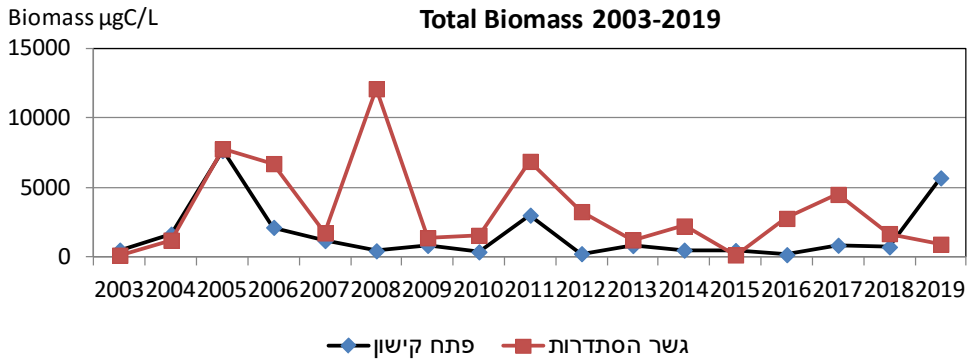
איור 7: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרופלקטון בדיגומי אביב 2003-2019



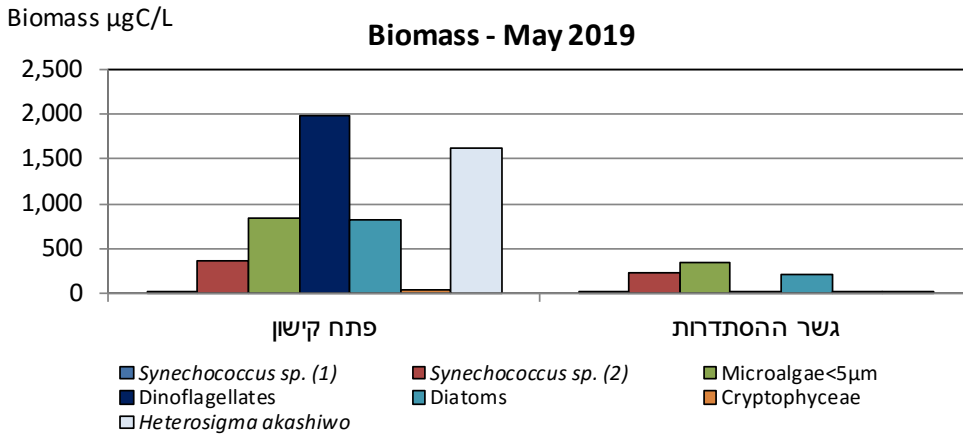
איור 8: התפלגות ריכוז התאים לפי קבוצות המיקרופלנקטון – מאי 2019



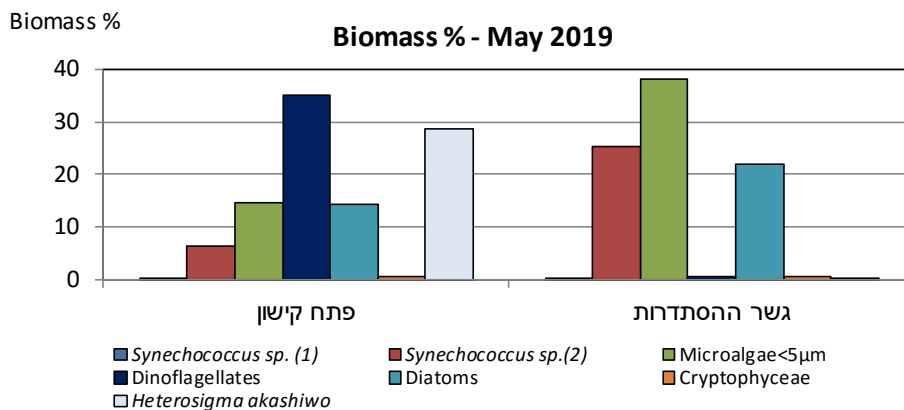
איור 9: התפלגות הריכוז היחסי (%) של קבוצות המיקרופלנקטון - מאי 2019



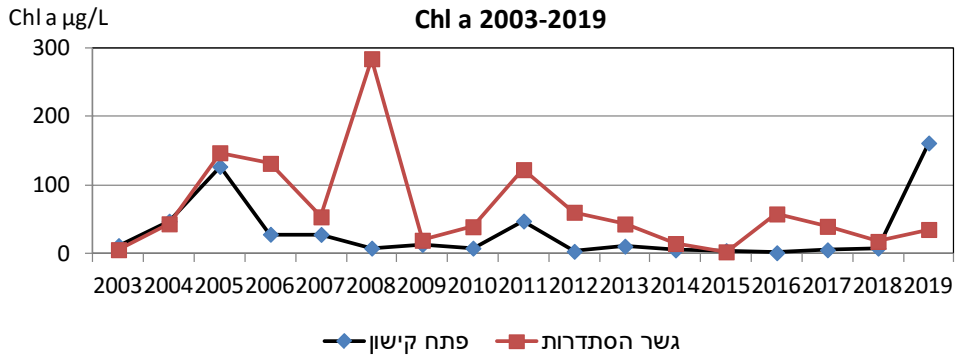
**איור 10:** התפלגות הביומסה הכללית בדיגומי אביב 2003-2019



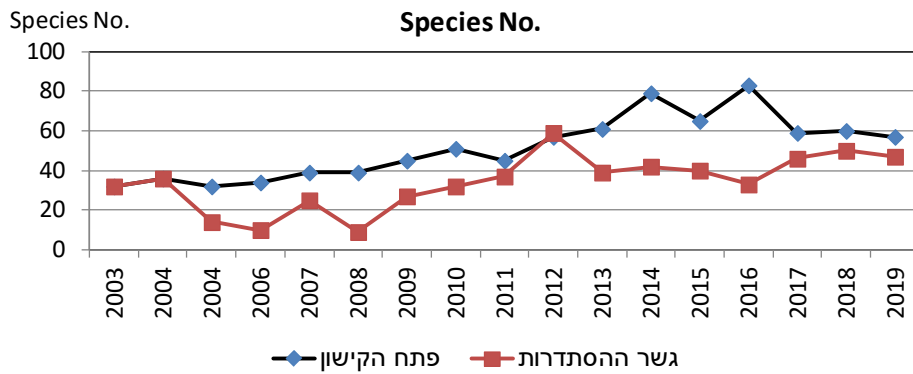
**איור 11:** התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדיגום מאי 2019



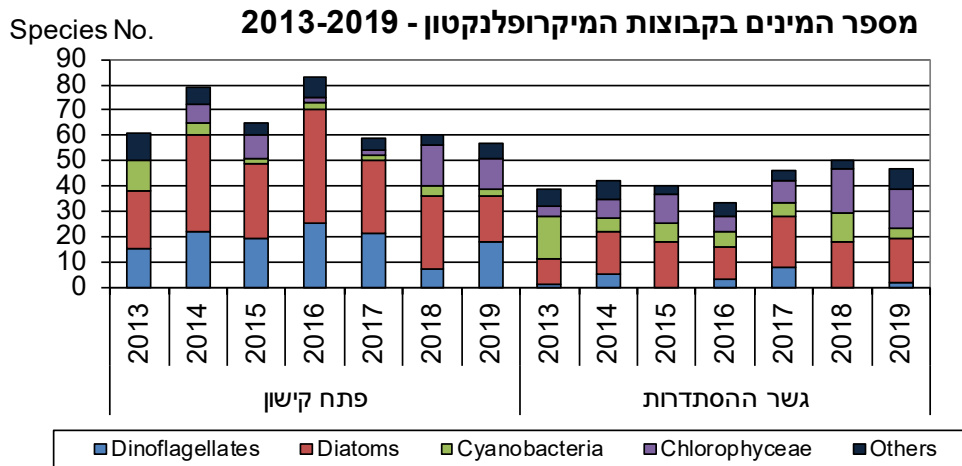
**איור 12:** התפלגות הביומסה היחסית (%) של קבוצות המיקרופלנקטון דיגום מאי 2019



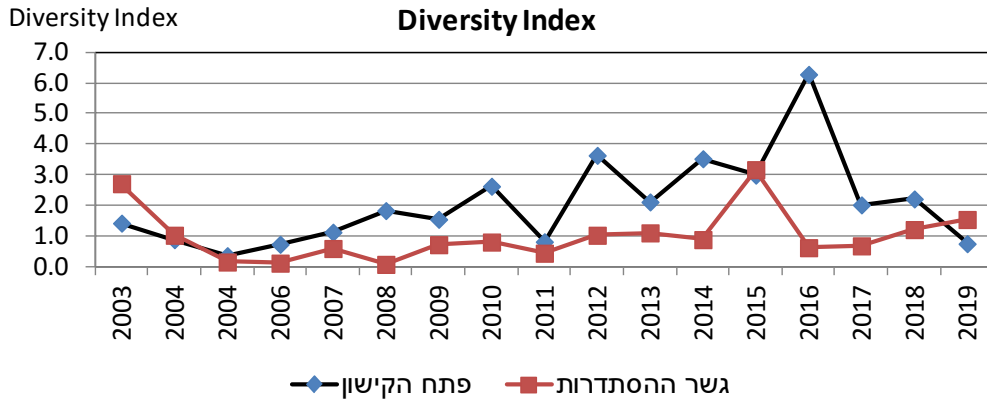
**איור 13:** התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2019



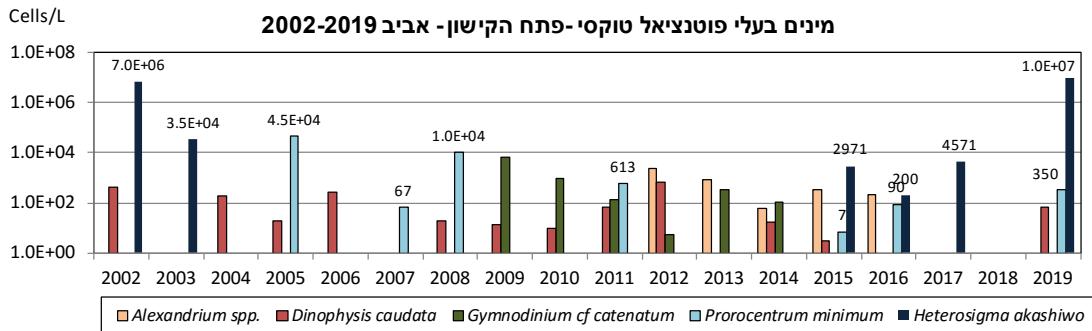
**איור 14:** התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי 2013-2019



**איור 15:** התפלגות מספר המינים מהקבוצות השונות בדיגומי אביב 2013-2019



איור 16: התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2019



איור 17: התפלגות מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בדיגומי אביב 2002-2019

טבלה 7: מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים/לליטר) בדגימות הקישון – מאי 2019

	פתח שטח	גשר ההסתדרות	פתח שטח	גשר ההסתדרות
<b>דינופלגלטים - Dinoflagellates</b>				
<i>Ceratium candelabrum</i>	50		<b>Cryptophyceae</b>	
<i>Dinophysis caudata</i>	70		<i>Cryptomonad</i> spp.	1.9E+06
<i>Diplopsalis</i> sp.	5		<i>Hemiselmis</i> sp.	3.5E+05
<i>Gonyaulax polygramma</i>	5		<b>Chlorophyceae</b>	
<i>Gymnodinium elongatum</i>	50		<i>Actinastrum hantzschii</i>	2333
<i>Gymnodinium</i> sp.	200		<i>Closteriopsis acicularis</i>	133
<i>Gymnodinium</i> sp. (667A)	2.2E+04		<i>Coelastrum microporum</i>	1000
<i>Oxytoxum constrictum</i>	5		<i>Crucigenia tetrapedia</i>	267
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	145		<i>Monoraphidium minutum</i>	200
<i>Polykrikos kofoidii</i>	9650		<i>Monoraphidium irregulare</i>	100
<i>Prorocentrum compressum</i>	15		<i>Monoraphidium arcuatum</i>	50
<i>Prorocentrum micans</i>	50		<i>Oltmannsiella lineata</i>	3400
<i>Prorocentrum minimum</i>	350		<i>Oocystis borgei</i>	840
<i>Prorocentrum triestinum</i>	4.2E+06	1.3E+04	<i>Oocystis</i> spp.	400
<i>Protoperidinium bipes</i>	15		<i>Pediastrum boryanum</i>	175
<i>Protoperidinium</i> spp.	2618		<i>Pediastrum duplex</i>	100
<i>Scrippsiella</i> sp.	1350		<i>Pediastrum simplex</i>	10
Unidentified<15µm	2.1E+05	1.9E+04	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	1000
			<i>Scenedesmus opoliensis</i>	120
<b>צורניות - Diatoms</b>			<i>Scenedesmus acuminatus</i> 835	7200
<i>Achnanthes</i> sp.	10		<i>Scenedesmus intermedius</i>	1867
<i>Amphora</i> sp. (1998)		133	<i>Scenedesmus obtusus</i>	1067
<i>Asteromphalus hookeri</i>	10			
<i>Bacillaria paxillifera</i>		1431	<b>Cyanobacteria</b>	
<i>Cerataulina pelagica</i>	650		<i>Chroococcus</i> spp.	3600
<i>Chaetoceros</i> spp.	5250		<i>Microcystis aeruginosa</i>	3200
<i>Chaetoceros didymus</i>	70		<i>Synechococcus</i> sp. (1)	2.9E+06
<i>Cyclotella</i> spp.	1.2E+05	1.2E+06	<i>Synechococcus</i> sp. (2)	3.0E+08
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	920			
<i>Entomoneis gigantea</i>		267	<b>Raphidophyceae</b>	
<i>Entomoneis paludosa</i>	80	2333	<i>Heterosigma akashiwo</i>	1.0E+07
<i>Hemiaulus hauckii</i>	1785			
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.7E+04	35	<b>Euglenophyceae</b>	
<i>Leptocylindrus minimus</i>	250		<i>Euglena</i> sp.	1.3E+05
<i>Melosira moniliformis</i>		20	<i>Eutreptia</i> sp.	1800
<i>Navicula</i> spp.	200	1533	<i>Euglena acus</i>	30
<i>Navicula</i> sp. (497k)		2.3E+04	<i>Euglena tripteris</i>	67
<i>Navicula</i> sp. (559k)		133	<i>Phacus acuminatus</i>	800
<i>Navicula</i> sp. (588k)		1600		
<i>Nitzschia</i> sp. (1581)		10	<b>Ebriophyceae</b>	
<i>Pleurosigma</i> sp.	5	15	<i>Ebria tripartita</i>	10
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	1.8E+06	50		
<i>Rhizosolenia setigera</i>	255		<b>Ciliates</b>	
<i>Surirella</i> sp.		10	<i>Mesodinium rubrum</i>	1.7E+04
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	8.4E+07	4.7E+06		
<i>Thalassiosira</i> sp.	1530	207	<b>Microalgae &lt; 5µm</b>	3.0E+08
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5010		<b>Total Cells/L</b>	7.1E+08
				3.1E+08

## השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וההסתדרות- דיגומי אביב 2003-2019

### ריכוז תאים, ביומסה וריכוז כלורופיל

ממוצע ריכוז תאים, ביומסה וריכוז כלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2019 גבוהים יותר בגשר ההסתדרות ביחס לפתח הקישון (איורים 18-20). הבדל זה היה מובהק בשנתיים הקודמות, אולם אינו מובהק בדיגום אביב 2019 הודות לעליה החריגה בביומסת המיקרו-פיטופלנקטון ובריכוז הכלורופיל בפתח הקישון והירידה בגשר ההסתדרות. בהתאמה אין הבדל מובהק בריכוז התאים בגלל התנודתיות הגדולה בין השנים (איור 7). תנודתיות גדולה בביומסה ובריכוז הכלורופיל נרשמה בין השנים 2003-2011, בהן הופיעו פריחות גדולות. בשנים 2012-2018 חלה התמתנות יחסית בשיאי הביומסה בשתי התחנות. אולם, באביב 2019 פריחה גדולה בפתח הקישון הובילה לשיא חדש בביומסה, מאז הפריחה של האצות הצורניות באביב 2005 (איור 10). בגשר ההסתדרות, לעומת זאת, הביומסה ירדה בשנתיים אחרונות.

בדומה לביומסה, חלה התמתנות בריכוז הכלורופיל בשנים 2012-2018 בשתי התחנות. בפתח הקישון במיוחד, שם ריכוז הכלורופיל הממוצע מהשנים האחרונות הצטמצם באופן ניכר לרמה גבולית בין נמוכה לבינונית ( $5.9 \pm 3.1$ ) (בהתאם לקריטריונים של איכות המים בשפכי נחלים) (איור 13). אולם בדומה לביומסה הכללית, באביב 2019 עלה ריכוז הכלורופיל בפתח הקישון בצורה ניכרת והגיע לשיא של  $161 \mu\text{g/L}$  (רמה היפראאאוטרופית). העליה בריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות היתה קטנה יותר בהמשך להתמתנות יחסית בשנים 2012-2019, ללא השיאים שאיפנו את התחנה בשנים קודמות (איור 13).

### קבוצות מיקרופלנקטון

משנת 2012, בשתי התחנות, ירידה בביומסה של קבוצת האצות הצורניות (איורים 21,22,23) היתה מקבילה לירידה בביומסה הכללית, ובניגוד לעלייה מתונה יחסית בביומסה של קבוצות מיקרופלנקטון אחרות. בכל תחנה התפלגות המיקרופלנקטון היתה שונה מאד. **בפתח הקישון** הופיעו לרוב מינים אפייניים למי ים, כגון מיני דינופלגלטים ימיים ומיני צורניות ימיות, בעלות מגוון גדול יחסית (איור 21). **בגשר ההסתדרות** הופיעו מינים המאפיינים מים פחות מלוחים במגוון נמוך בהרבה, ולעיתים קרובות הופיעו מינים יוצרי פריחות במספרים גבוהים.

**בפתח הקישון**, בשנים 2003-2006 ובשנת 2011 אצות צורניות היו דומיננטיות, והיוו בממוצע כ-85% מהביומסה הכללית (איורים 21-22). בשנים 2012-2018 עלתה החשיבות היחסית של מיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu\text{m}$  והן הפכו דומיננטיות לצד האצות הצורניות. בניגוד למגמה של השנים האחרונות, במאי 2019 באופן יוצא דופן, פרחו דינופלגלטים יחד עם פריחה של הפלגלט *H. akashiwo* מקבוצת ה-Raphidophyceae. **בגשר ההסתדרות** אצות צורניות היו דומיננטיות עד 2011 ועד 2009 התלוו אליהן לעיתים אצות ירוקיות (איור 23). מאביב 2010 התחלפו הירוקיות בפלגלטים מקבוצת ה-Cryptophyceae, שהיוו חלק גדול ומשתנה מהביומסה בדיגומים השונים עד אביב 2017 (איורים 23-24). באביב 2018-2019 אצות צורניות, מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) היו דומיננטיות בביומסה בתחנה זו.



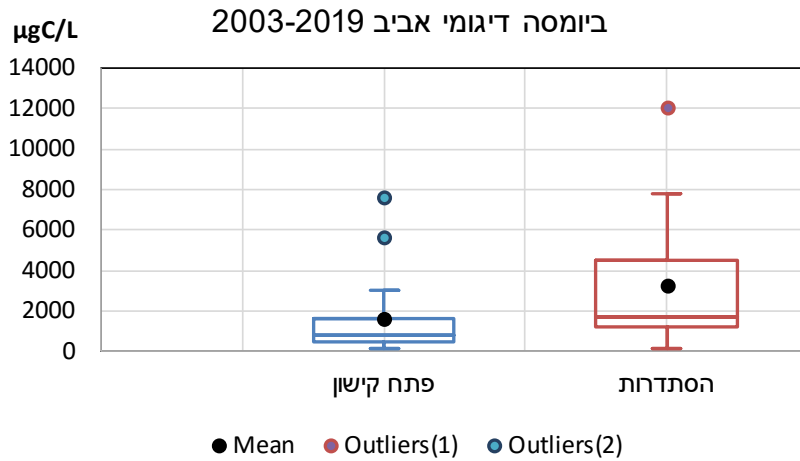
## מגוון המינים

בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הבינומסה) היו נמוכים באופן ניכר לפתח הקישון (איורים 14-16). לפיכך ממוצעי פרמטרים אלה היו נמוכים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 26-27).

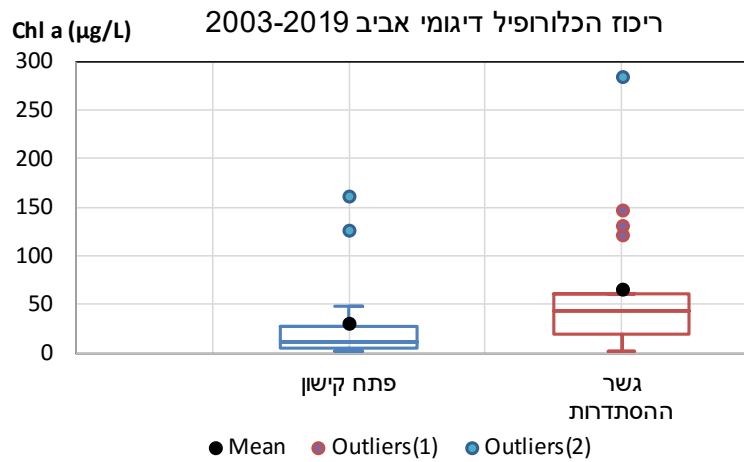
**א. מספר המינים** – לא נראה שינוי במספר המינים בשלוש שנים אחרונות בשתי התחנות (איור 14). בפתח הקישון נראתה מגמת עלייה במספר המינים בין השנים 2013-2016 אולם בשלוש שנים אחרונות מספר המינים התייצב על ממוצע של  $59 \pm 2$  מינים. בגשר ההסתדרות חלה התייצבות בין השנים 2013-2019 על  $42 \pm 6$  מינים.

**ב. אינדקס השונות** - בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה באינדקס השונות עד 2016 (ערך מכסימלי של 6.3) (איור 16). מאידך, באביב 2017 נראתה ירידה ניכרת באינדקס השונות, הוא נותר ללא שינוי באביב 2018 והמשיך לרדת באביב 2019 לרמה נמוכה ודומה לזו שנראתה ב- 2011 (ערך של 0.8). בגשר ההסתדרות אינדקס השונות היה לרוב נמוך עם ממוצע רב שנתי של  $0.99 \pm 0.84$ , נמוך באופן מובהק מהממוצע בפתח הקישון (איור 27).

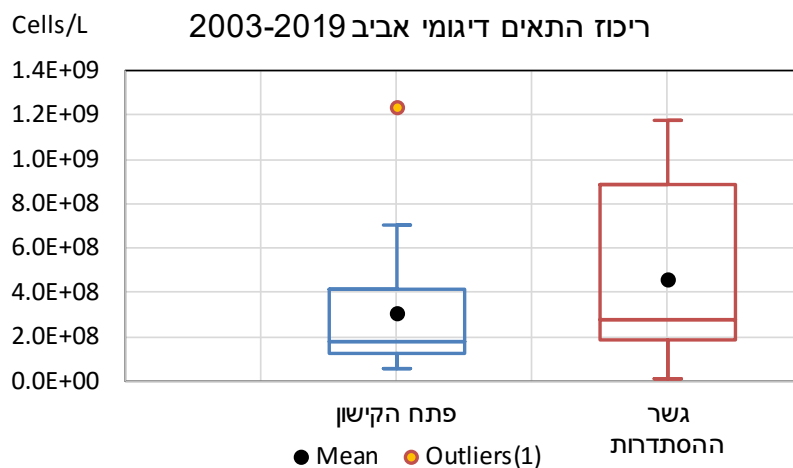
**ג. מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו לסירוגין במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי האביב (איור 17). חלקם הופיע בפריחה גדולה יחסית כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002. אחרים הופיעו בשנים מסויימות בריכוז גדול יחסית לרמתם בשנים האחרות כמו *Prorocentrum minimum* בשנת 2005, *Gymnodinium cf. catenatum* באביב 2009, או *Alexandrium sp.* באביב 2012. בשנים האחרונות החל לעלות ריכוז הפלגלט *Heterosigma akashiwo* שפרח באביב 2002 (והופיע בריכוז גבוה גם באביב 2003). באביב 2019 הוא הופיע שוב בפריחה גדולה של  $1 \times 10^7$  תאים לליטר.



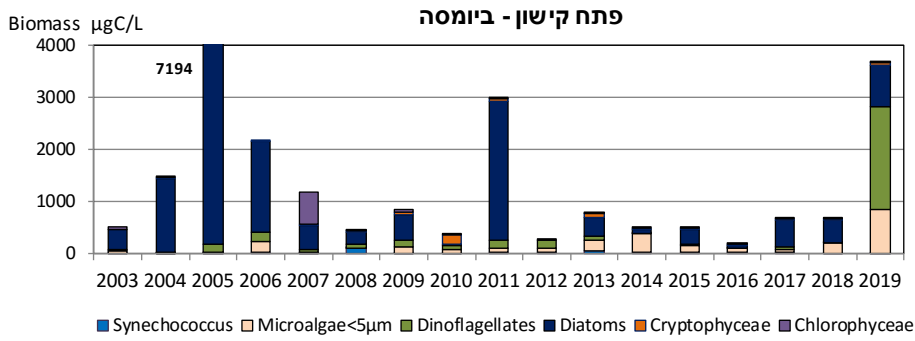
**איור 18:** התפלגות הביומסה בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2019



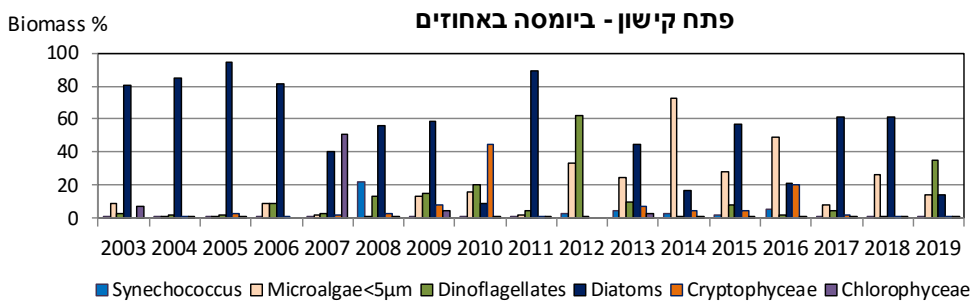
**איור 19:** התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2019



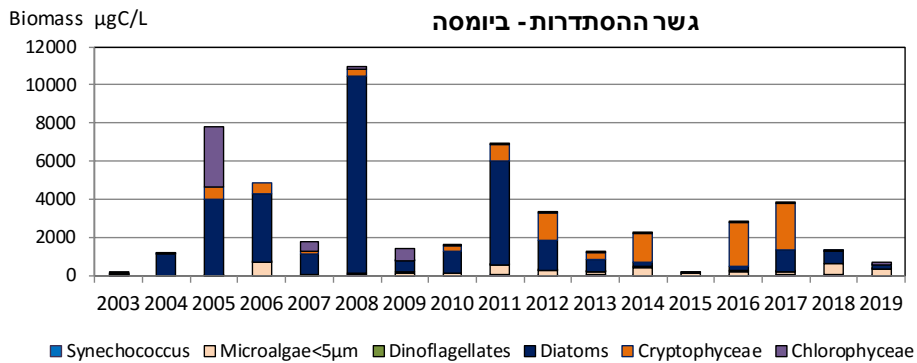
**איור 20:** התפלגות ריכוז התאים בדיגומי אביב 2003-2019



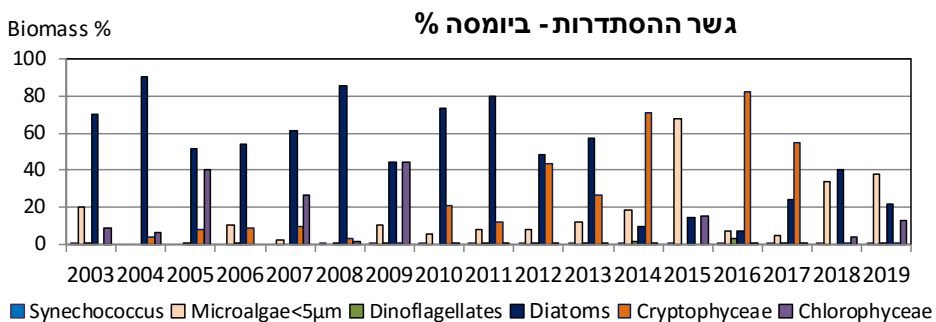
**איור 21:** התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בפתח הקישון – אביב 2003-2019



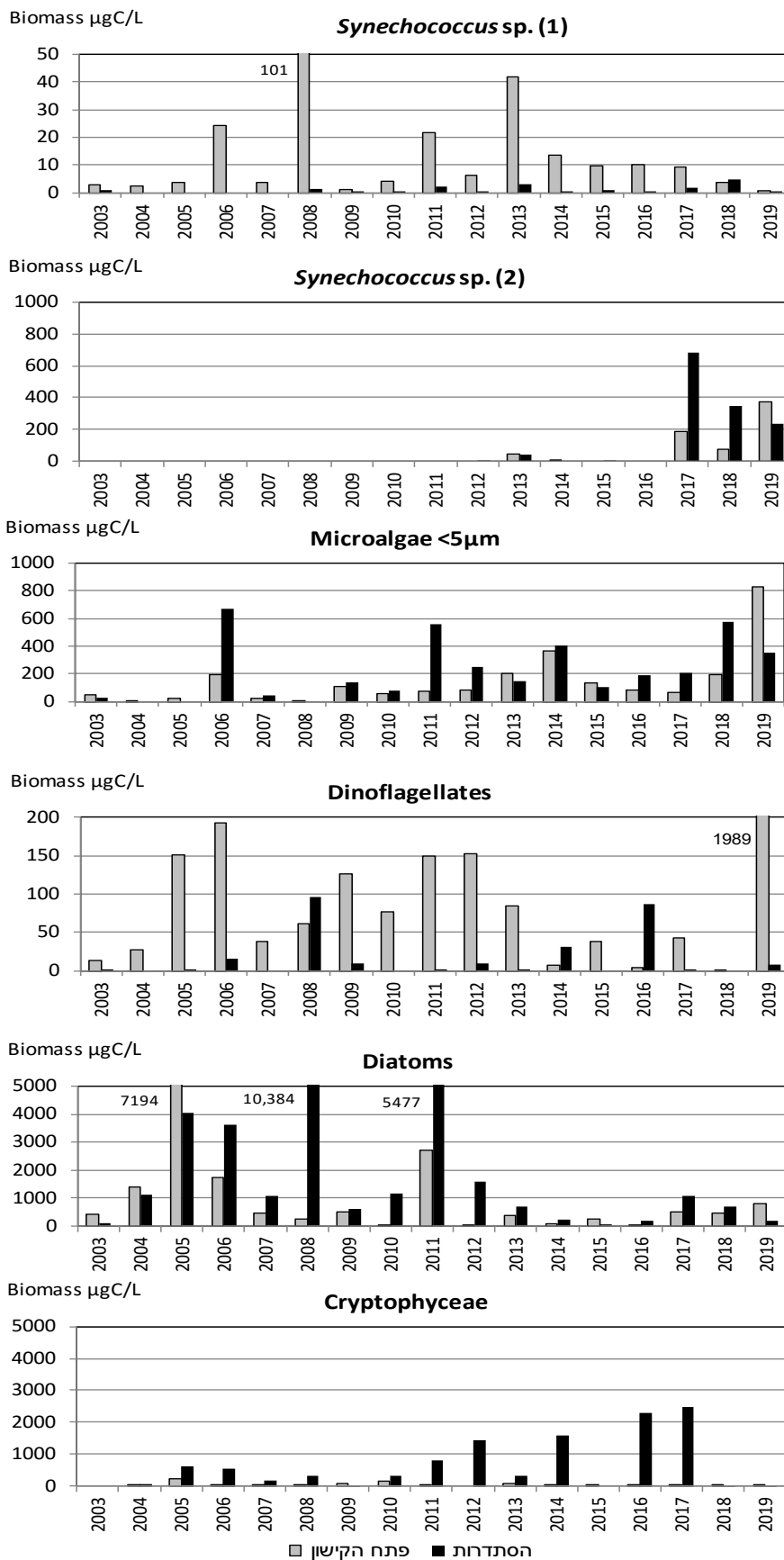
**איור 22:** התפלגות הביומסה היחסית (%) של הקבוצות השונות בפתח הקישון אביב 2003-2019



**איור 23:** התפלגות הביומסה של הקבוצות השונות בגשר ההסדרות אביב 2003-2019



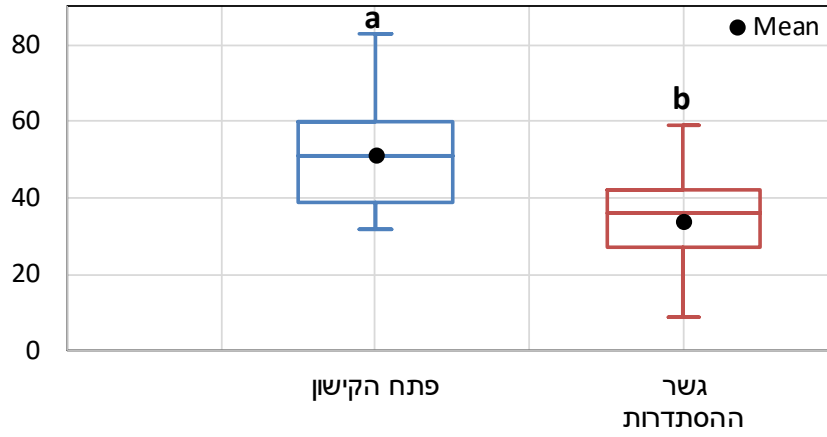
**איור 24:** התפלגות הביומסה היחסית (%) בגשר ההסדרות - אביב 2003-2019



איור 25: התפלגות ביומסת קבוצות האצות דיגומי אביב 2003-2019 (יש לשים לב לסקלות השונות)

התפלגות מספר המינים דיגומי אביב 2003-2019

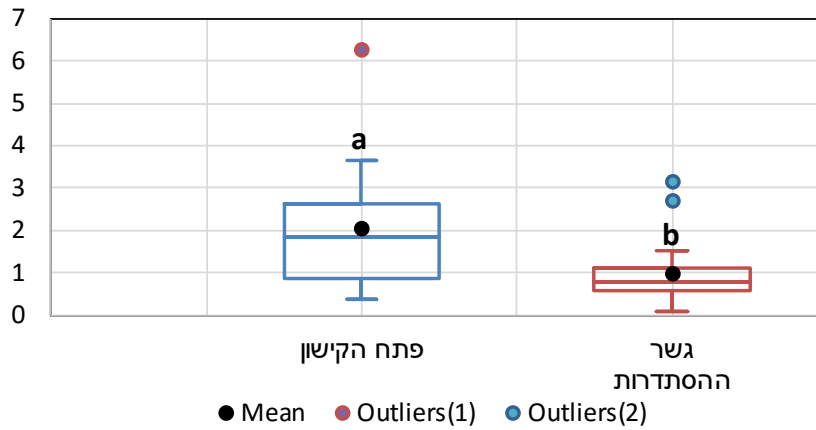
Species No.



איור 26: התפלגות מספר המינים בדיגומי אביב 2003-2019

התפלגות אינדקס השונות דיגומי אביב 2003-2019

Diversity Index



איור 27: התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2019 (Anova, אותיות שונות נבדלות סטטיסטית)

$p < 0.05$

- 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.
- Lassus, P., Chomérat, N., Hess, P. and Nézan, E., 2016. Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean. Denmark. International Society for the study of Harmful Algae/Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. IOC manuals and Guides 68. pp 95-96
- 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., Ljubesic, 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.