



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור אביב 2020

דו"ח חיא"ל H49/2020

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 2020

דו"ח חיא"ל H49/2020

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

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

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, דינה קולקר

חתימה:

דצמבר 2020

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור אביב 2020

תקציר

- ריכוזי הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) היו גבוהים בפני השטח בכל תחנות הקישון, דבר המצביע על אאוטרופיקציה גבוהה. נוטריאנטים אלה נמצאו ביחס חיובי ולינארי לריכוז הכלורופיל והיצרנות הראשונית, 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 בפני השטח בסדר גודל ביחס לדיגומי אביב קודמים, דבר המרמז על "פריחת אצות".
- תהליכים אוטורופים (פוטוסינתזה) דומיננטיים ביחס לתהליכים מיקרוביאליים הטורטורופים (חיידקים) בשכבה העליונה של עמודת המים פי 9-3. לעומת זאת, מעל הקרקעית היחס בין התהליכים מתהפך (יצרנות חיידקית פי 7-4 מערכי היצרנות הראשונית) וקיימת עקת חמצן (היפוקסיה) בקרבת הקרקעית. עומס נוסף של חומר אורגני לקרקעית עלולה להוביל לתנאים אנוקסיים (ללא חמצן), דבר שיכול להוביל לתמותת דגים ותגובות לא רצויות נוספות.
- ריכוז תאי המיקרופיטופלנקטון היה גבוה באופן משמעותי ביחס לדיגומי אביב קודמים (עד פי עשר). הסיבה לכך נעוצה בעיקר בפריחה גדולה במיוחד בפתח הקישון של אצות צורניות מהמין *Thalassiosira pseudonana* ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2). ערכי ביומסת האצות בפתח הקישון ירדו ביחס לשנה הקודמת, יחד עם זאת נשאר גבוהים ביחס לממוצע הרב שנתי.
- בשונה משנים 2018-2003, ביומסת המיקרו-פיטופלנקטון נמוכה יותר בגשר ההסתדרות ביחס לפתח הקישון. באביב 2019 פריחות בפתח הקישון גרמו לעליה חזקה בביומסה וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון במקביל להתמתנות הפריחות בגשר ההסתדרות. באביב 2020 חלה ירידה בביומסה וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון ביחס לשנה הקודמת, אך הביומסה נותרה גבוהה יחסית לגשר ההסתדרות.
- פתח הקישון מתאפיין בהרכב מיקרואצות ימיים עם מספר מינים גבוהים ביחס לגשר ההסתדרות, שם נמצאו בעיקר מינים המאפיינים מים פחות מלוחים. בארבע שנים אחרונות חלה עלייה בריכוז הבקטריות הכחוליות החד תאיות האופייניות בעיקר לקישון *Synechococcus* sp. (2) בשתי התחנות.
- באביב 2020 הופיע בפתח הקישון מגוון מצומצם של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי ובריכוז קטן בלבד.

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 התחנתונה של נחל הקישון נדגמה באביב 2020 (מאי). שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, חומציות (pH) ועכירות באמצעות מכשיר MS5 (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 ופיקופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (בכל 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^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- (IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001) (1994). דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים ($0.45\mu\text{m}$) לאחר סינון מקדים דרך נפה $63\mu\text{m}$, 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 אפילואורסנטי תוך מספר חודשים.

2. סוגים גדולים מ-5 מיקרון – מי דגימה סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (5 מיקרון ו – 20 מיקרון) ושומר 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 ובפלאורסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.

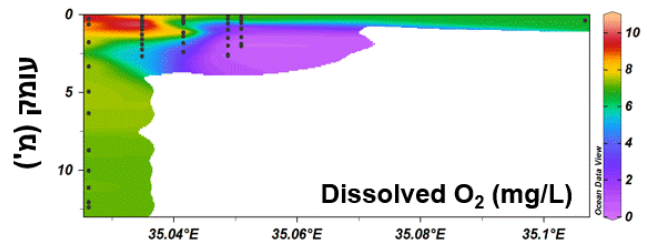
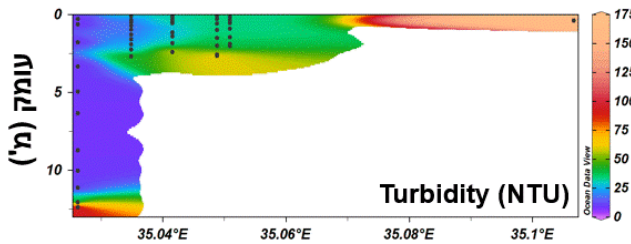
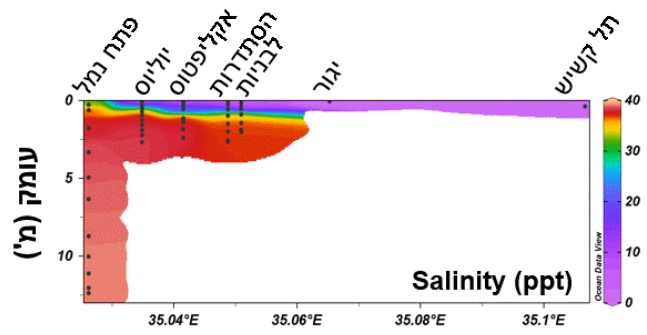
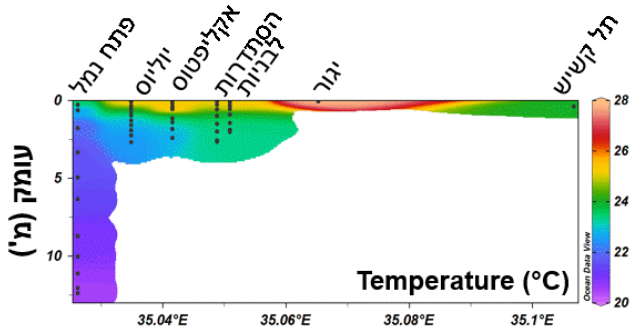
טבלה 1: מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום אביב 2020.

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

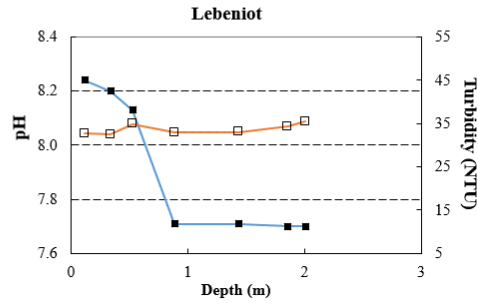
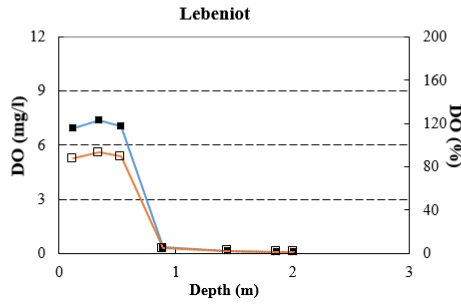
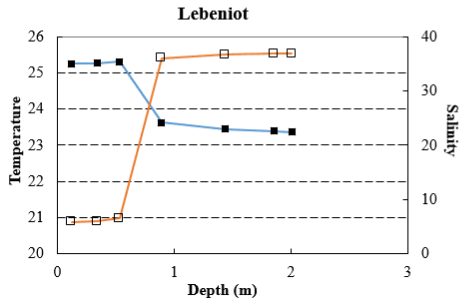
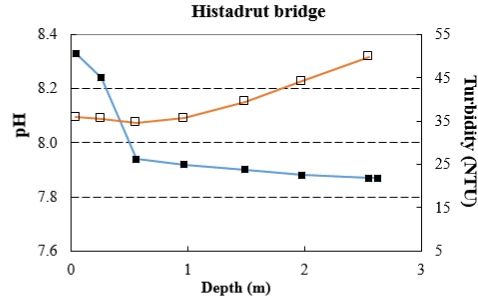
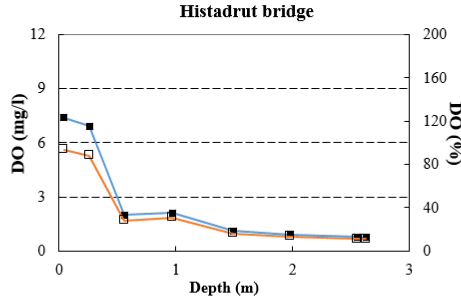
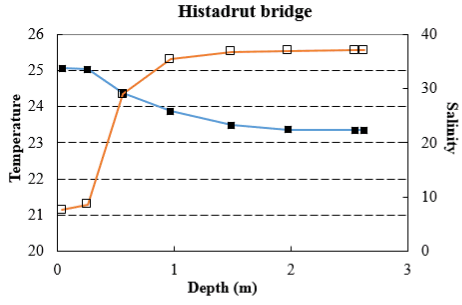
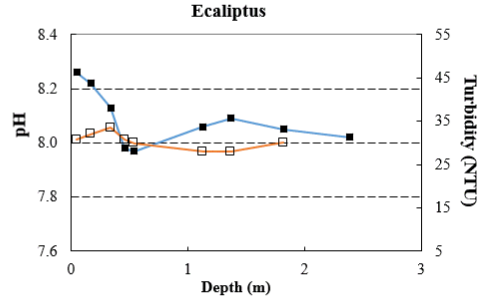
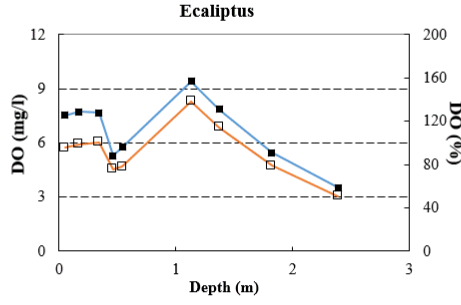
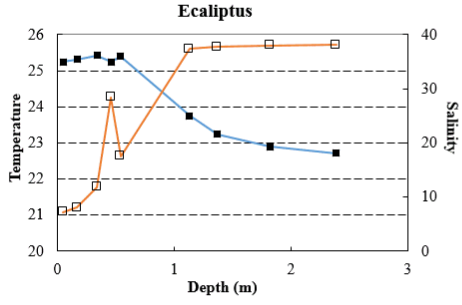
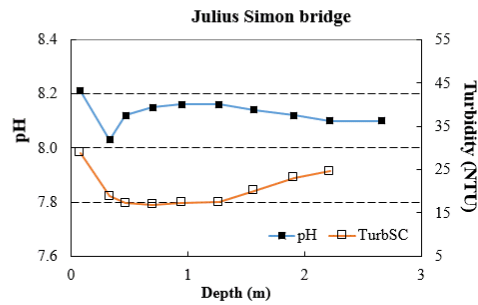
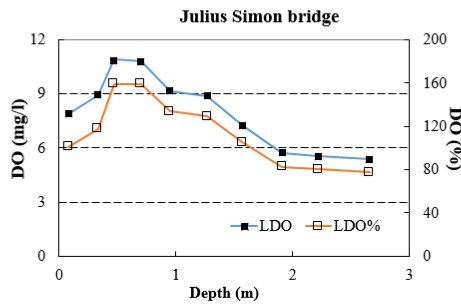
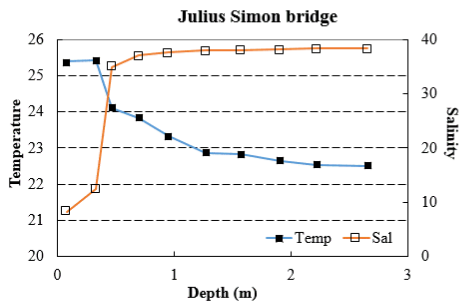
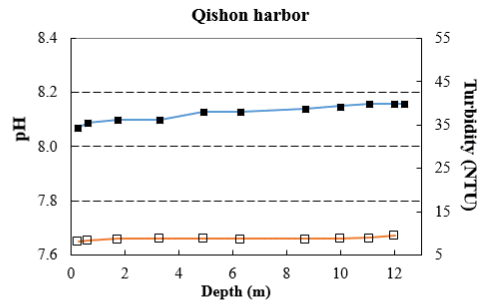
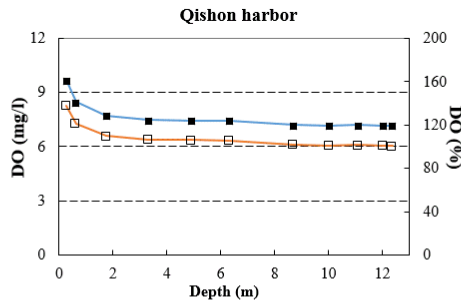
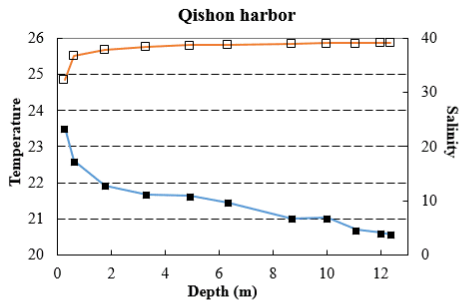
פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן המומס, לאורך נחל הקישון המלוח כפי שנמדדו במאי 2020 מוצגים באיורים 1 ו-2 ובטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה עמודת המים משוכבת עם הבדל של עד 2.95 מעלות צלזיוס ועד 31 יחידות מליחות בין פני השטח לקרקעית, בדומה למצב בקיץ (Bar-Zeev and Rahav, 2015 וראה/י דו"ח היא"ל H20/2020). שכבת המים העליונים והחמים יחסית (0.5 מ') מלווה פחות מחלקה התחתון, בתחנות במעלה הנחל, כתוצאה מכניסת מי ים על פני ודרך 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 79% מרוויה (6.6 מג"ל) במעלה הנחל (תחנת "חוות החיות"), וריכוזו עלה ככל שמתקדמים לפתח הנמל, שם ריכוז החמצן הגיע לעל-רוויה (9.7, 138% מג"ל). במקביל אחוז החמצן מרוויה ירד עם העמקה בעמודת המים בכל התחנות (איורים 1 ו-2) עם ריכוזים המעידים על הפוקסיה (טבלה 3) בתחנות לבניות והסתדרות (0.09 מג"ל המהווים כ 1% מריכוז החמצן מרוויה, ו 0.76 מג"ל המהווה כ 11% מרוויה בהתאמה). עם התקדמות במורד האסטואר לכיוון הים, בתחנות אקליפטוס ריכוז החמצן בקרקעית ירד ל- 3.51 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 אוטרופיקציה של אזורים אילו (ראה/י דיון למטה).



קו רחב (מעלות)

קו רחב (מעלות)

איור 1: פרופיל עומק של הטמפרטורה (°C), מליחות (ppt), עכירות (NTU) וריכוז חמצן מומס (mg/L) כפי שנמדד בדיגום מאי 2020 לאורך נחל הקישון המלוח, שתי תחנות במעלה הנחל ובתחנה בכניסה לנחל. 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. 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, קשיות (pH) ועכירות כפי שנמדד במאי 2020 לאורך נחל הקישון המלוח.

עכירות NTU	pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (C°)	עומק דיגום (m)	תחנה
8.1	8.07	9.7	32.42	23.52	0.27	פתח נמל
8.4	8.09	8.46	36.85	22.61	0.62	
8.7	8.1	7.72	37.89	21.93	1.76	
8.8	8.1	7.48	38.51	21.68	3.31	
8.8	8.13	7.45	38.73	21.64	4.92	
8.7	8.13	7.44	38.89	21.45	6.32	
8.7	8.14	7.21	39.06	21.01	8.71	
8.8	8.15	7.16	39.08	21.03	10.02	
9.0	8.16	7.21	39.16	20.7	11.09	
9.5	8.16	7.18	39.18	20.62	12.02	
126.5	8.16	7.17	39.2	20.57	12.37	
28.9	8.21	7.89	8.21	25.4	0.08	יוליוס
18.8	8.03	8.95	12.33	25.44	0.33	
17.2	8.12	10.9	35	24.11	0.47	
16.9	8.15	10.83	37.09	23.84	0.7	
17.3	8.16	9.16	37.65	23.32	0.95	
17.5	8.16	8.89	37.97	22.86	1.27	
20.1	8.14	7.25	38.07	22.82	1.57	
23.1	8.12	5.72	38.22	22.65	1.91	
24.6	8.1	5.53	38.33	22.53	2.22	
44.8	8.1	5.36	38.33	22.51	2.66	
30.7	8.26	7.52	7.2	25.25	0.05	אקליפטוס
32	8.22	7.73	8	25.32	0.17	
33.5	8.13	7.68	11.83	25.42	0.34	
30.7	7.98	5.28	28.42	25.24	0.46	
29.9	7.97	5.77	17.53	25.4	0.54	
28	8.06	9.42	37.36	23.75	1.13	
27.9	8.09	7.85	37.74	23.24	1.37	
30	8.05	5.45	37.98	22.89	1.82	
61.6	8.02	3.51	38.13	22.71	2.39	
35.9	8.33	7.38	7.61	25.06	0.04	
35.6	8.24	6.92	8.58	25.04	0.26	
34.6	7.94	2.01	28.99	24.37	0.56	
35.7	7.92	2.12	35.46	23.88	0.97	
39.5	7.9	1.12	36.79	23.49	1.49	
44.2	7.88	0.92	37	23.37	1.98	

49.8	7.87	0.77	37.06	23.35	2.55	
71.6	7.87	0.76	37.07	23.35	2.63	
32.7	8.24	6.94	5.85	25.26	0.12	לבניות
32.5	8.2	7.38	5.9	25.27	0.34	
34.9	8.13	7.05	6.51	25.32	0.53	
32.9	7.71	0.33	36.05	23.62	0.89	
33	7.71	0.15	36.73	23.44	1.44	
34.3	7.7	0.09	36.87	23.39	1.86	
35.4	7.7	0.09	36.89	23.37	2.01	
	8.1		2.19	27.83	0.05	יגור
173.1	7.86	6.6	2.03	24	0.38	תל-קשיש

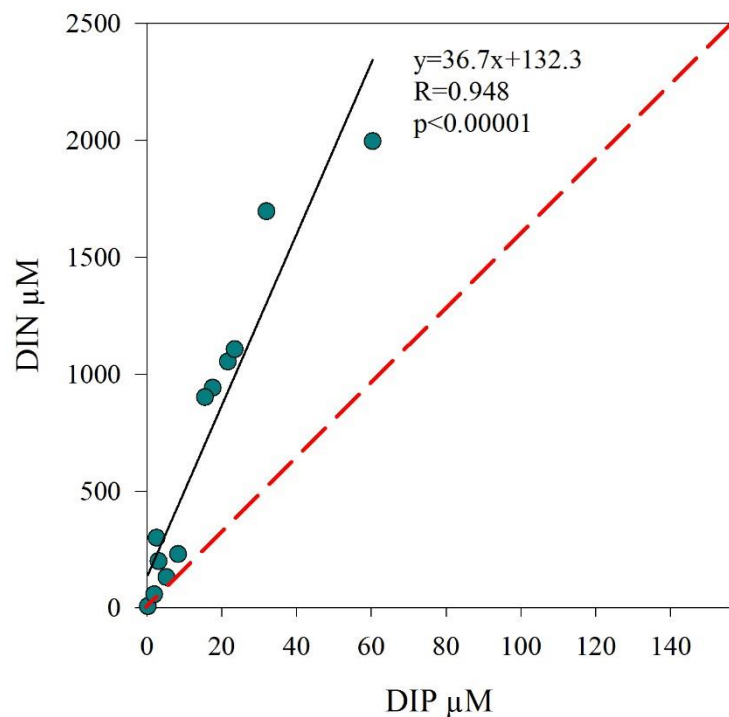
טבלה 3: קריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים
(National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1997)

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	1-0.1	>1
זרחן אנאורגני (PO ₄)	mg/L	<0.01	0.1-0.01	>0.1
כלורופיל a	µg/L	<5	20-5	>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 בכיוון מורד הנחל עם ההתרחקות מהזרמות מהמעלה וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, ובהשפעת מידת המיהול עם מי הים. ריכוזי החנקות והזרחות, 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 ושל זרחות במי השטח (לעיתים גם במי העומק), דבר המצביע על רמת זיהום (איאטרופיקציה) 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. היחס האופטימאלי/תקין בין ריכוז חנקות אנאורגניות לריכוז זרחות אנאורגניות באקוסיסטמות אקוויטיות נחשב 16:1 (Redfield, 1933). היחס הנ"ל באסטואר הקישון עמד על 36.7 (איור 3), ומעיד על עודף חנקות באסטואר שמוזרמות עם השפכים.

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בתחנות השונות באביב 2020.

תחנה	עומק זיגום	NO ₂ +NO ₃ +NH ₄ -N [mg/L]	PO ₄ -P [mg/L]	Si(OH) ₄ -Si [mg/L]
פתח נמל	פני שטח	4.19	0.08	2.84
	קרקעית	0.09	0.01	0.16
יוליוס	פני שטח	13.19	0.54	9.06
	קרקעית	2.80	0.10	1.62
אקליפטוס	פני שטח	12.62	0.48	9.08
	קרקעית	0.80	0.06	0.56
הסתדרות	פני שטח	14.75	0.67	8.04
	קרקעית	1.84	0.16	1.21
לבניות	פני שטח	15.50	0.73	9.18
	קרקעית	3.22	0.26	1.97
יגור	פני שטח	23.75	0.99	8.66
חוות החיות	פני שטח	27.96	1.87	8.79



איור 3: ריכוז זרחן אנאורגני מומס כתלות בריכוז חנקן אנאורגני מומס במי הקישון המלוח במאי 2020. שיפוע משוואת הקו מגמה הינו 36.7. מקדם המתאם של קורלציית פירסון הינו 0.95 ($p < 0.00001$). הקו המקווקו האדום מייצג שיפוע קו של 16 (יחס רדפילד בין חנקות לזרחות 1:16), יחס המאפיין אקוסיסטמות אקוויטיות רבות.

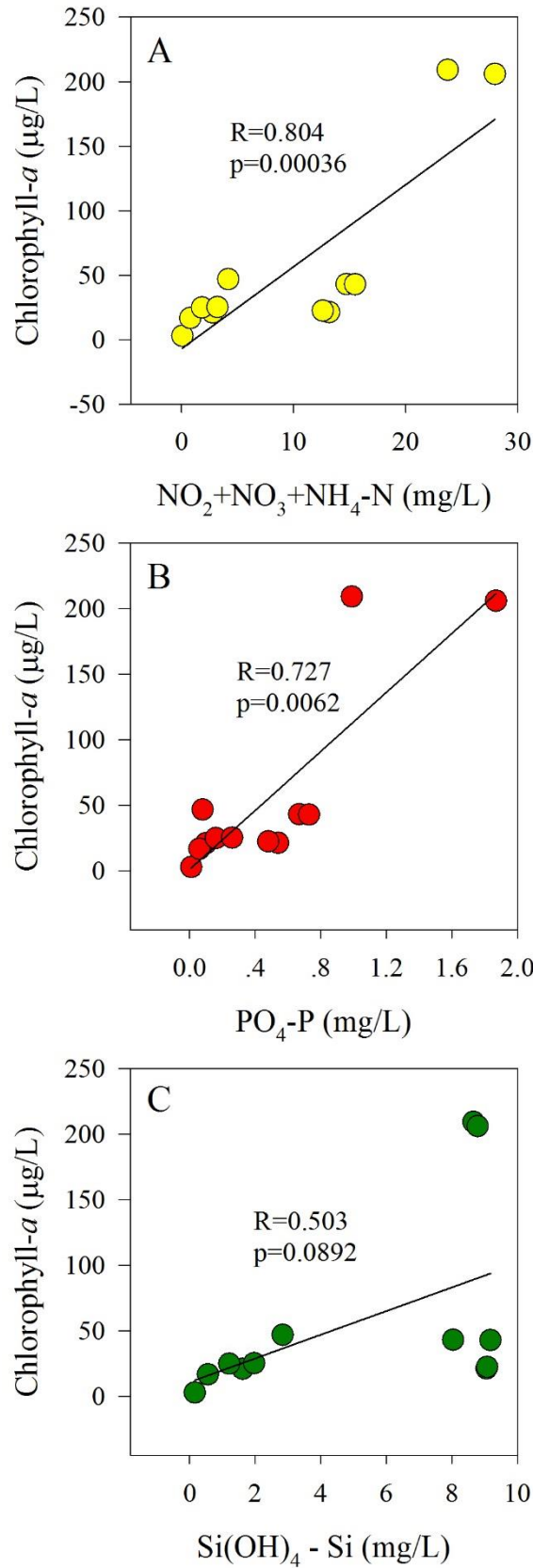
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל *a* בדיגומי אביב 2020 נעו בין 2.92-46.83 מיקרוגרם לליטר לאורך האסטואר המלוח והגיעו לשיא של 209.21 מיקרוגרם לליטר בתחנות יגור וחוות החיות שם אין השפעה של מי הים (טבלה 5). ערכים אלה גבוהים מדיגום מאי 2019 במעלה האסטואר. הסיבה לכך נעוצה בריכוז הנוטריאנטים הגבוה שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות, ובמיוחד זה של ניטראט+ניטריט+אמוניה ובמידה רבה גם של זרחות (טבלה 4, איור 4). ציאנובקטריה נעו בין 0.37×10^8 תאים בליטר (תחנת "אקליפטוס" סמוך לקרקעית) ל- 0.88×10^8 תאים לליטר (תחנת "ההסתדרות", פני השטח) (טבלה 5). ריכוז אצות אאוקריוטיות היה גבוה מזה של ציאנובקטריה בסדר גודל (0.27-7.06 תאים לליטר $\times 10^8$). בדומה למאי 2019, ריכוז הכלורופיל היה גבוה לאורך תחנות הדיגום, הן במים העליונים (21.27-46.83 מיקרוגרם לליטר) והן במי העומק (2.92-25.28 מיקרוגרם לליטר). נמצא קשר סטטיסטי חיובי בין העלייה בריכוז הכלורופיל לריכוזי הניטראט+ניטריט+אמוניה והזרחן (קורלציית ספירמן, $p < 0.05$, איור 4). לעומת הפיזור המרחבי של הכלורופיל במי הנחל, נמצא מתאם משמעותי סטטיסטי בשכיחות ציאנובקטריות לאורך הנחל (קורלציית ספירמן, $R = 0.669$, $p = 0.015$) אך לא לריכוזי הפיקו-פיטופלנקטון.

לעומת המיקרואורגניזמים האוטוטרופים (יצרנים ראשוניים, ציאנובקטריה ופיקו-פיטופלנקטון), שכיחות החיידקים ההטרוטרופים היתה גבוהה פי 10 מאשר הפיקו-פיטופלנקטון (10.23×10^8 - 28.34×10^8 תאים בליטר) עם מספר תאים גבוה עד פי 2 בפני השטח ביחס לקרבת הקרקעית בכל התחנות (טבלה 5). נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי חיידקים לריכוזי החנקות (קורלציית ספירמן $R = 0.65$, $p = 0.02$), אך לא קיים מתאם לריכוזי הזרחות והסיליקה. יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוזי 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-אאוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון במאי 2020.

Heterotrophic bacteria (cells L ⁻¹ x10 ⁸)	Pico-eukaryotes (cells L ⁻¹ x10 ⁸)	Autotrophic cyanobacteria (cells L ⁻¹ x10 ⁸)	Chlorophyll- <i>a</i> (µg L ⁻¹)	עומק דיגום	תחנה
28.34	7.06	0.69	46.83	פני שטח	פתח נמל
14.13	0.27	0.40	2.92	קרקעית	
21.34	2.57	0.59	21.27	פני שטח	יוליוס
15.00	2.31	0.45	21.04	קרקעית	
21.93	3.09	0.74	22.4	פני שטח	אקליפטוס
10.23	1.74	0.37	16.77	קרקעית	
22.25	3.68	0.88	43.08	פני שטח	ההסתדרות
12.25	2.07	0.46	24.9	קרקעית	
19.12	2.64	0.74	42.89	פני שטח	לבניות
11.89	2.00	0.53	25.28	קרקעית	
19.84	0.44	0.60	209.21	פני שטח	יגור
21.98	0.51	0.68	206.01	פני שטח	חוות החיות



איור 4: ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט+אמוניה (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2020, עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5.

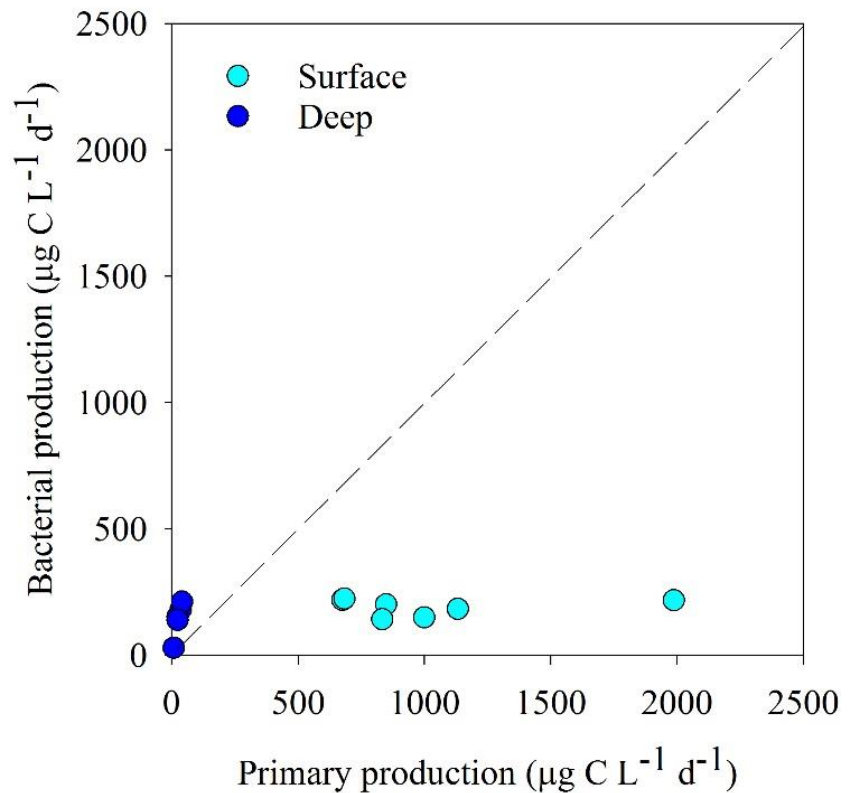
ערכי היצרנות הראשונית היממתית נעו בין 8 ל 1987 מיקרוגרם פחמן לליטר ליממה (טבלה 6) והיו גבוהים בסדר גודל ביחס לערכי היצרנות בפני השטח בדיגום אביב 2019. ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2016) וממי החוף (Raveh et al., 2015; Rahav et al., 2016). באופן לא מפתיע, ערכים גבוהים יותר נמדדו 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. אנו ממליצים להמשיך את הדיגומים הללו לאורך הנחל ולהוסיף דיגומי חורף וקיץ.

עיקר הפעילות המטאבולית בכל תחנות המדידה בפני השטח היתה אוטוטרופית ונעשתה על ידי אצות וציאנובקטריה בתהליך הפוטוסינתזה (איורים 5,6). בקרבת הקרקעית של כל התחנות לאורך האסטואר היצרנות נשלטה על ידי פעילות הטרוטרופית של חיידקים המפרקים חומר אורגני, בעיקר בגלל ירידה חדה ביצרנות הראשונית בעומק כנראה עקב הגבלת אור. 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, שם חלה בניה של חומר אורגני (בתהליך הפוטוסינתזה) ופירוק (פעילות הטרוטרופית) של חומר אורגני וצריכה ושחרור של נוטריינטים. לפיכך, אנו ממליצים להוסיף לדיגומים הקיימים גם דיגומי סדימנט בכל אחת מתחנות הדיגום, ובכך להרחיב את התמונה המתקבלת של תפקוד האסטואר.

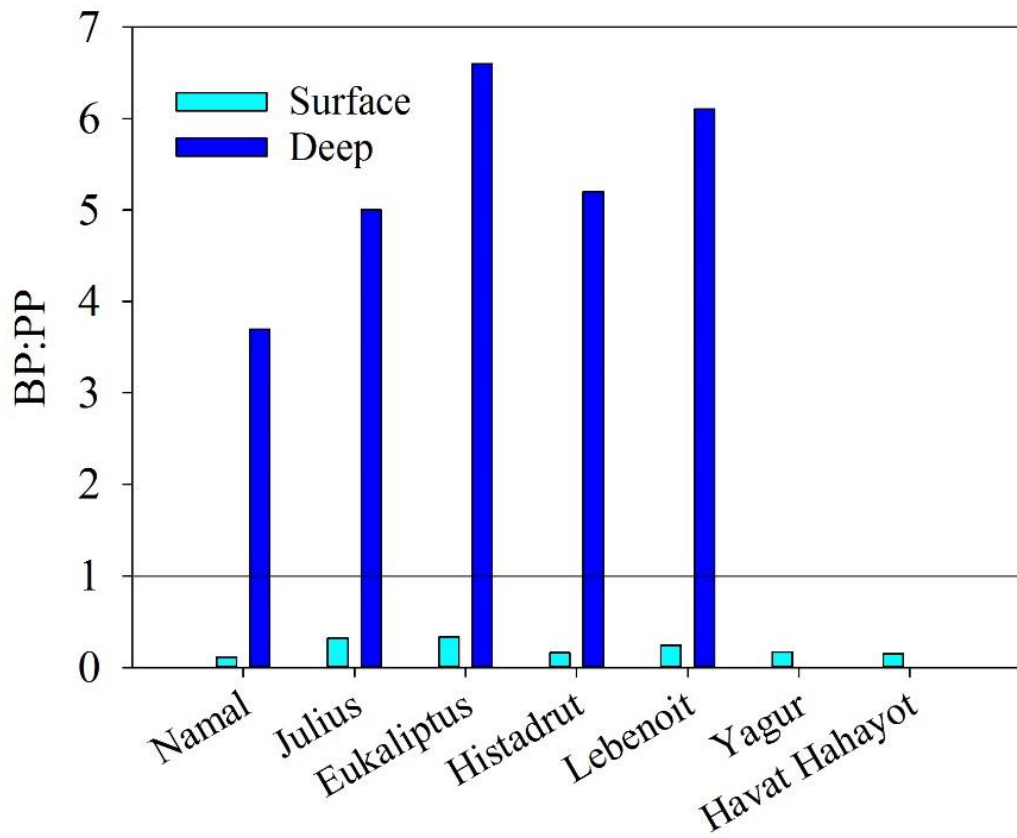
מבחינת מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 7. ניתן לראות קשר לינארי חיובי וסיגניפיקנטי בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכת האוטוטרופית (PP איור 7 A-C). כמו כן, ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) עולה, כך היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 7 G-I). מגמה זו מדגישה את ההשפעה של ריכוז הנוטריינטים הגבוה באסטואר על תפקוד היצרנים האוטוטרופים ובכך משנים את המאזן בין השניים.

טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח במאי 2020. 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).

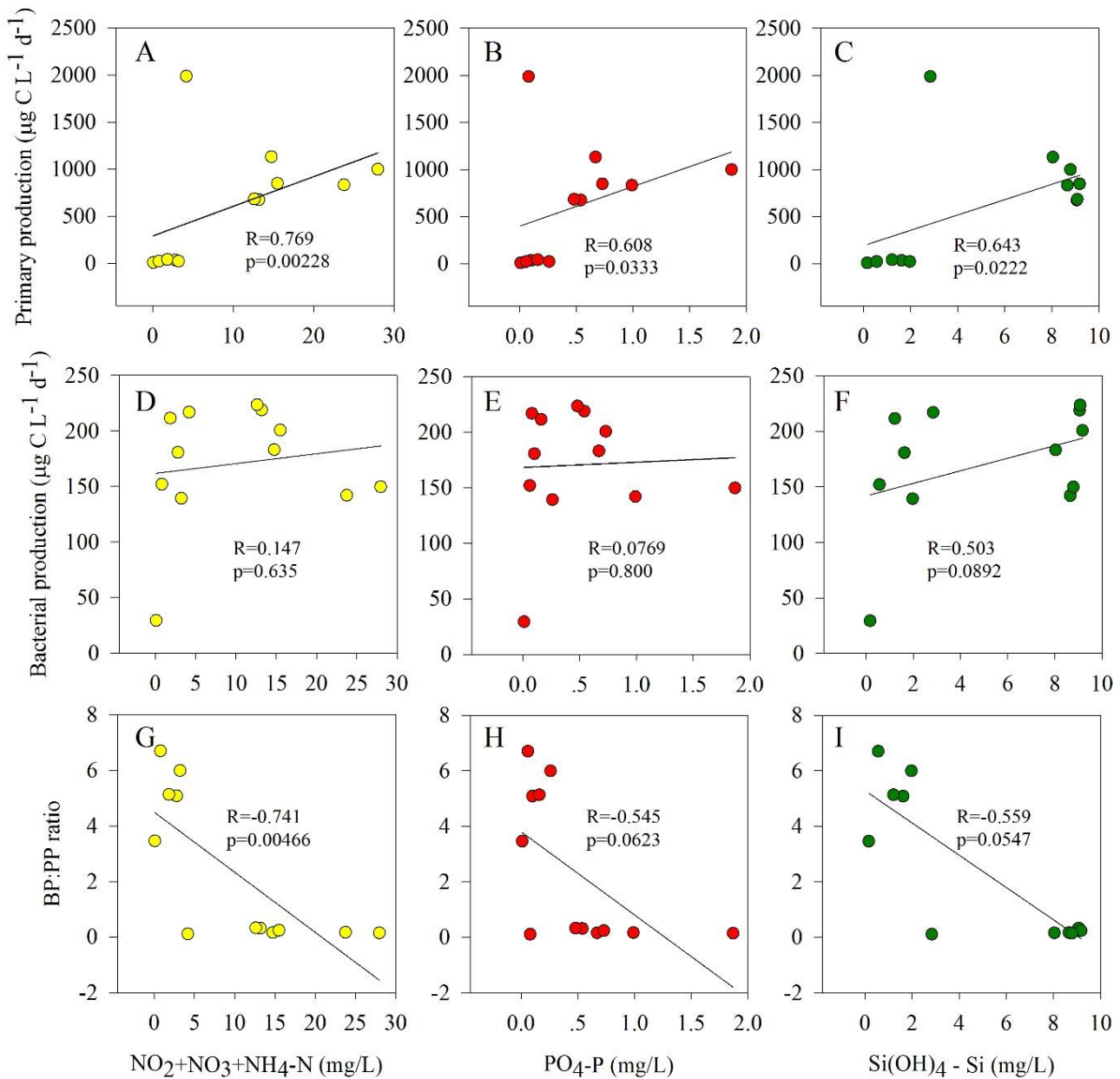
BP/PP ratio	Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
0.1	1987±137.74	216.95±10.68	פני שטח	פתח נמל
3.5	8.48±2.18	29.37±0.12	קרקעית	
0.3	675.40±87.81	218.90±19.02	פני שטח	יוליוס
5.1	35.58±2.00	180.77±5.89	קרקעית	
0.3	683.35±25.10	223.57±5.02	פני שטח	אקליפטוס
6.7	22.67±6.65	151.97±30.29	קרקעית	
0.2	1131.75±60.93	183.15±15.35	פני שטח	הסתדרות
5.1	41.27±3.75	211.55±18.03	קרקעית	
0.2	847.67±28.62	200.74±7.32	פני שטח	לבניות
6.0	23.25±1.59	139.27±7.79	קרקעית	
0.2	833.11±50.49	141.96±18.75	פני שטח	יגור
0.1	999.16±40.74	149.74±7.44	פני שטח	חוות החיות



איור 5: היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במימי הקישון המלוח במאי 2020. הקו המקווקוו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 6: היחס בין יצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) ליצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) במימי הקישון המלוח במאי 2020. הקו מהווה יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת נשלטת על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 7: הקשרים הלינארים 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 2020. עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן.

במקביל לספירות האצות עם Flow-cytometer, מיני מיקרו-פיטופלנקטון נספרו וזוהו גם בכלים טקסונומיים (מיקרוסקופיה אפילורוסנטית) 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 מיקרו-פיטופלנקטון

ריכוז תאי המיקרו-פיטופלנקטון בפתח הקישון עלה ביחס לשנה קודמת (איור 8). העלייה בריכוז התאים נבעה בעיקר מעלייה בריכוז בקטריות כחוליות ואצות צורניות שהופיעו בפריחה (איור 9). האצות הצורניות היו דומיננטיות מבחינה מספרית (איור 9A) והיוו 56% מריכוז התאים הכללי (איור 9B). הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) פרחו גם הן, בדומה לשנה קודמת, והיוו 39% מריכוז התאים הכללי.

חלה עלייה ניכרת בריכוז התאים הכללי גם בגשר ההסתדרות ביחס לשנה הקודמת (איור 8). גם היא נבעה מעלייה ניכרת בריכוז של בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2), שהיוו 75% מריכוז התאים הכללי, וכן מעלייה בריכוז אצות צורניות (איור 9).

ביומסה וריכוז כלורופיל

למרות העלייה בריכוז התאים הכללי, הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון ירדו יחסית לשנה קודמת בגלל השוני בהרכב המינים שפרחו, אולם הן הביומסה והן ריכוז הכלורופיל עדיין נמצאו גבוהים ביחס לשנים קודמות (2012-2018) (איור 10). הביומסה הגבוהה נבעה בעיקר מפריחה של אצה צורנית מהמין הנפוץ בקישון *Thalassiosira pseudonana* שהיוותה 99% מביומסת הצורניות ו-83% מהביומסה הכללית (טבלה 7, איור 12). הקבוצה הדומיננטית השנייה בתחנה זו הייתה של הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ בעיקר בקישון *Synechococcus* sp. (2), שהיוותה 13% מהביומסה הכללית.

עם העלייה בריכוז התאים, הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות עלו יחסית לשנה קודמת (איור 11). העלייה בביומסה נבעה בעיקר מעלייה בכמות האצות הצורניות והבקטריות הכחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp. (איור 12) כמו בפתח הקישון. הצורניות היוו כמחצית מהביומסה הכללית לעומת 34% שהיוו הבקטריות הכחוליות. יש לציין שהביומסה הכללית בגשר ההסתדרות, גם השנה הייתה נמוכה יחסית לממוצע הרב שנתי ויחסית לזו שבפתח הקישון, בדומה לממצאי שנה קודמת (איור 10). ריכוז הכלורופיל היה דומה בשתי התחנות (איור 13).

מגוון המינים

בפתח הקישון חלה עלייה ניכרת במספר המינים (איור 14) ביחס לשלוש השנים האחרונות. מגוון מיני האצות עלה יחסית לשנה קודמת, והיה דומה לממוצע הרב שנתי (איור 15). נראתה השנה עלייה במספר מינים האופייניים למים בעלי מליחות נמוכה, כגון מיני אצות ירוקיות ומיני בקטריות כחוליות (טבלה 7, איור 15). מספר המינים בפתח הקישון היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים (איור 14). התפלגות המינים בגשר ההסתדרות שונה יחסית לפתח הקישון (טבלה 7, איור 15). לא נמצאו בדיגום הנוכחי מיני דינופלגלטים שהם בחלקם הגדול, מינים ימיים. מספר מיני האצות הצורניות, היה קטן יחסית לפתח הקישון. מאידך הופיעו בתחנה זו מיני אצות ירוקיות ובקטריות כחוליות המאפיינות מים בעלי מליחות נמוכה.

אינדקס מגוון המינים (Diversity Index)

אינדקס מגוון המינים (חושב לפי Menhinick's index - מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה), במקום (ריכוז תאים), עלה מעט בפתח הקישון, יחסית לשנה קודמת (איור 16) בגלל העלייה במספר המינים (איור 14) והירידה היחסית בביומסה (איור 10), אולם הוא היה עדיין נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי. בגשר ההסתדרות

הירידה במספר המינים והעלייה היחסית בביומסה הורידו את אינדקס מגוון המינים, יחסית לשנה קודמת ויחסית לממוצע הרב שנתי.

הרכב מיני מיקרו-פיטופלנקטון

מגוון אופייני של מיני דינופלגלטים (טבלה 7) הופיע בפתח הקישון. דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu\text{m}$ היו השכיחים ביותר. *Prorocentrum micans* היה נפוץ, מין שכיח במימי הקישון וכן המין *Protoperdinium* (54) sp. מבין הצורניות פרוחה צורנית מהמין *Thalassiosira pseudonana*. במקביל הופיעו בריכוז גבוה מיני *Navicula* spp. ו- *Rhizosolenia setigera* שמופיעה לעיתים בקישון אך כמעט שאינה נראית לאורך החוף. צורנית זו נפוצה בטווח רחב של מליחיות וטמפרטורות וידועה גם כיוצרת פריחות. המין *Cyclotella* sp. המאפיין מים בעלי מליחות נמוכה היה שכיח גם כן. נמצאו מספר מינים המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה, כמו פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ומיני אצות ירוקיות ובקטריות כחוליות (טבלה 7). הם תרמו למגוון המינים בתחנה, אך מבחינת ביומסה תרומתם הייתה קטנה מאד (איור 12).

בגשר ההסתדרות מגוון המינים היה אופייני למים בעלי מליחות נמוכה. דינופלגלטים שהם בעיקרם מינים ימיים נעדרו מתחנה זו (טבלה 7). מגוון מיני הצורניות היה קטן יחסית והמינים שפרחו היו *Thalassiosira pseudonana* בפריחה קטנה מזו שבפתח הקישון והמין *Cyclotella* sp. שפריחתו הייתה גדולה יחסית לפתח הקישון. גם בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp. פרוחו בתחנה זו והביומסה שלהן הייתה דומה לביומסת הצורנית *Cyclotella* sp. כמו כן הופיע ריכוז גבוה יחסית של פלגלט גדול יחסית מקבוצת *Euglenoidea* המין *Lepocinclis ovum* שאינו שכיח בתחנה זו.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

בדיגום זה הופיע מגוון קטן של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי ובריכוז קטן בלבד (איור 17, טבלה 7). הפלגלט מהמין *Heterosigma akashiwo* שפרח במאי של השנה הקודמת הופיע השנה בריכוז נמוך מאד.

השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וגשר ההסתדרות- דיגומי אביב 2003-2020

ריכוז תאים, ביומסה וריכוז כלורופיל

בין השנים 2003-2020 ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות היו לרוב גבוהים ביחס לפתח הקישון (איורים 8,13). הן הביומסה והן ריכוז הכלורופיל מראים טרנד דומה בכל תחנה (איורים 10-14). באביב 2005 נמדד **בפתח הקישון** שיא של ביומסה, ריכוז הכלורופיל וריכוז התאים (איורים 8,10). בין השנים 2008-2018 (להוציא 2011) ערכי הביומסה היו נמוכים ביחס למוצע. באביב 2019 פריחה של אצות הובילה לביומסה גבוהה יחסית למוצע ולשיא בריכוז הכלורופיל. באביב 2020 חלה ירידה בפרמטרים אלה, אולם הם עדיין היו גבוהים ביחס למוצע הרב שנתי.

בגשר ההסתדרות פריחות של אצות היו תדירות (איור 11), והן הובילו לתנודתיות גדולה בביומסה ובריכוז כלורופיל. עד 2012 ממוצע ריכוז הכלורופיל בתחנה זו היה בתחום ההיפר איאוטרופי (מעל $90\mu\text{g/L}$). אולם מאביב 2013-2020 רמת הביומסה והכלורופיל ירדו והתנודתיות פחתה. ממוצע ריכוז הכלורופיל עמד על שליש מהממוצע בשנים קודמות וממוצע הביומסה על כמחצית, למרות הביומסה הגבוהה באביב 2017. בשונה מהשנים 2003-2018, בשנתיים האחרונות ביומסת המיקרו-פיטופלנקטון נמוכה יותר בגשר ההסתדרות ביחס לפתח הקישון (איור 20). באביב 2019 פריחות בפתח הקישון גרמו לעליה חזקה בביומסה וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון במקביל להתמתנות פריחות בגשר ההסתדרות. באביב 2020 חלה ירידה בביומסה וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון ביחס לשנה הקודמת, אך הביומסה נותרה עדיין גבוהה יחסית לגשר ההסתדרות.

קבוצות מיקרו-פיטופלנקטון

בפתח הקישון הופיעו לאורך השנים מינים אופייניים למי ים (מיני דינופלגלטים ימיים ומיני צורניות ימיות) במספרים גדולים יחסית (איור 15A). בגשר ההסתדרות הופיע מספר מינים קטן יחסית לפתח הקישון (איור 14) המורכב ממינים המאפיינים מים פחות מלוחים, הן מקבוצת הצורניות והן מקבוצות הירוקיות והבקטריות הכחוליות (איור 15B). לאורך השנים הופיעו בגשר ההסתדרות מינים יוצרי פריחות בפריחות גדולות. בשתי התחנות נראית בארבע שנים אחרונות עלייה בביומסה של מין הבקטריות החד תאיות האופייניות בעיקר לקישון (2) *Synechococcus* sp. (איור 19).

אצות צורניות היו דומיננטיות בביומסה הכללית לאורך השנים **בפתח הקישון** (איור 18A). הן היו לרב הגורם המרכזי לפריחות הגדולות שהופיעו. בין השנים 2003-2011 הן פרחו באופן תנודתי (איור 19) והיוו בממוצע כ-70% מהביומסה הכללית (להוציא 2010) (איור 18B). בשנים 2012-2018 חלה התמתנות וירידה בביומסה הכללית, והיא עמדה בממוצע על כרבע מהביומסה בשנים 2003-2011 (איור 10). היחסים בין הקבוצות המרכיבות את הביומסה השתנו. בשנים אלה עלתה לסירוגין החשיבות היחסית של מיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ (איור 18) והן היו דומיננטיות לצד האצות הצורניות. בשנתיים האחרונות נמצאו פריחות גדולות בקישון.

ב-2019 נמצאה פריחה יוצאת דופן של דינופלגלטים ושל פלגלט בעל פוטנציאל טוקסי מהמין *Heterosigma akashiwo*. באביב 2020 פריחה גדולה של אצות צורניות, שהיוו 84% מהביומסה הכללית בתחנה זו.

אצות צורניות היו דומיננטיות גם **בגשר ההסתדרות** עד 2013 (איור 19A) והיוו בממוצע 65% מהביומסה הכללית בשנים אלה (איור 19B). מאביב 2012 פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae*, החלו להוות חלק גדול יותר ומשתנה בביומסה הכללית עד אביב 2017 (איורים 19-20). באביב 2018-2019 פלגלטים אלה היו שוליים בביומסה הכללית ואצות צורניות, מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון ובקטריות כחוליות מהמין

(2) *Synechococcus* sp. היו דומיננטיות. באביב 2020 הביומסה הייתה מורכבת בעיקר מצורניות ובקטריות כחוליות בדומה לפתח הקישון.

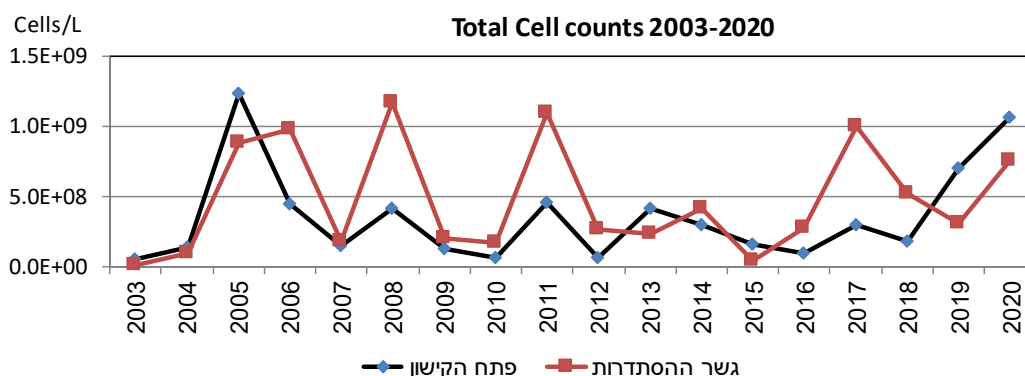
מגוון מינים

בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס מגוון המינים היו נמוכים ביחס לפתח הקישון לאורך השנים (איורים 14,16, 21-22).

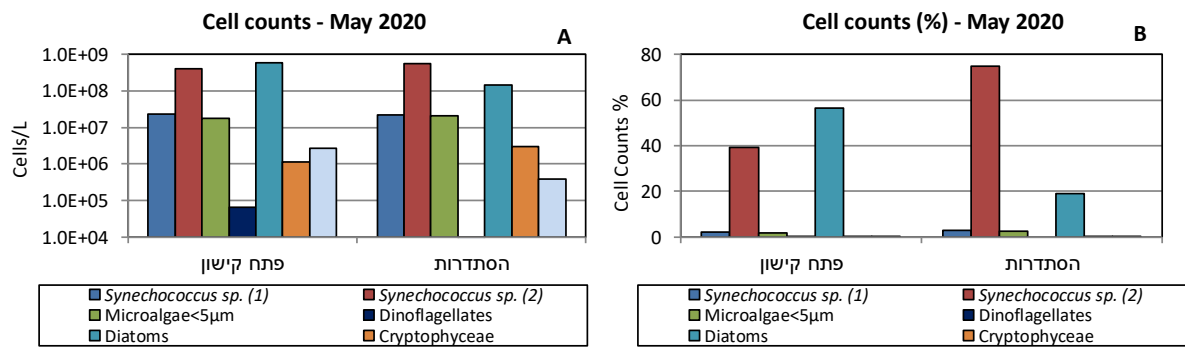
א. מספר המינים – בפתח הקישון קיימת מגמה כללית של עלייה במספר המינים לאורך השנים (איור 14). עלייה זו הייתה מגמתית בין השנים 2003-2014 ונבעה בעיקר מעלייה במספר מיני האצות הצורניות (איור 15A). בשש שנים אחרונות היו תנודות במספר המינים וממוצע מספר המינים עמד על 67 ± 11 מינים. בגשר ההסתדרות היתה עלייה במספר המינים בין השנים 2008-2012 (איור 21), שנבעה בעיקר מעלייה במספר מיני אצות ירוקיות וכן מעלייה קטנה יותר באצות צורניות (איור 15B). אולם מאביב 2013-2020 לא קיימת מגמה כלשהי במספר המינים, שעומד על 42 ± 6 מינים.

ב. אינדקס השונות - בפתח הקישון קיימת מגמה כללית של עלייה באינדקס בין השנים 2003-2016 (איור 16). באביב 2017 נראתה ירידה ניכרת באינדקס השונות, והוא נשאר נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי גם בשלוש שנים אחרונות. בגשר ההסתדרות אינדקס השונות נמוך עם ממוצע רב שנתי של 1.0 ± 0.8 לעומת 2.0 ± 1.4 בפתח הקישון (איור 22).

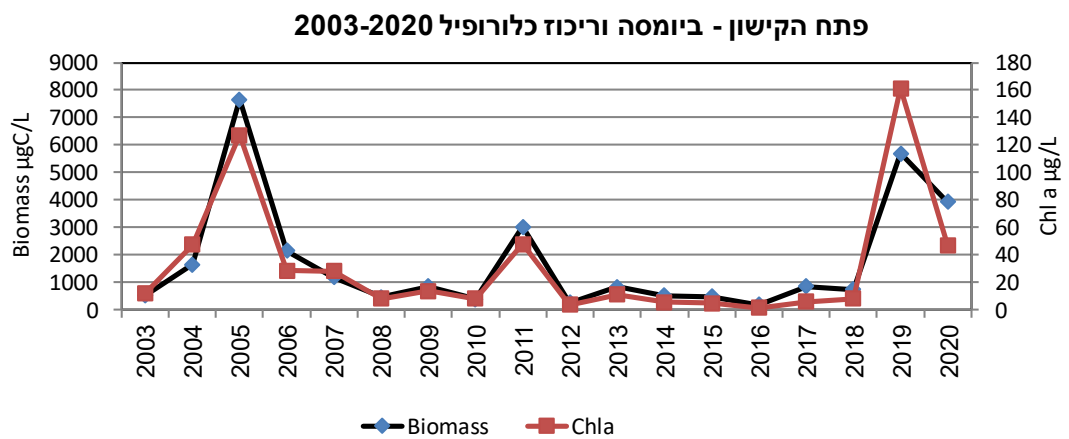
ג. מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו לסירוגין במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי האביב (איור 17). חלקם הופיעו בפריחה גדולה יחסית כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002. אחרים הופיעו בשנים מסוימות בריכוז גדול יחסית לריכוזם בשנים האחרות כמו *Prorocentrum minimum* בשנת 2005, *Gymnodinium cf. catenatum* באביב 2009, או *Alexandrium* sp. באביב 2012. בשנים האחרונות החל לעלות ריכוז הפלגט *Heterosigma akashiwo* שפרח באביב 2002 (והופיע בריכוז גבוה גם באביב 2003). באביב 2019 הוא הופיע שוב בפריחה גדולה של 1×10^7 תאים לליטר. באביב 2020 הופיע מגוון מצומצם של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי ובריכוז קטן בלבד (איור 17, טבלה 7).



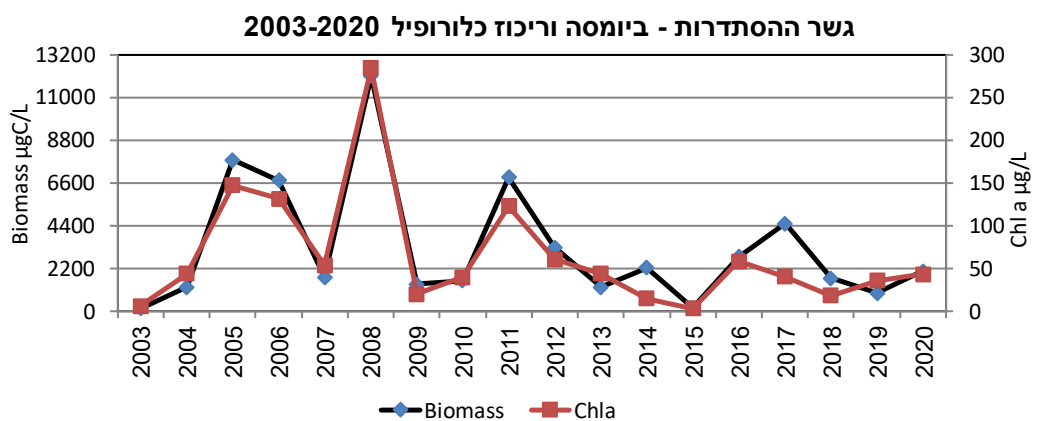
איור 8 : התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרו-פיטופלנקטון בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2020



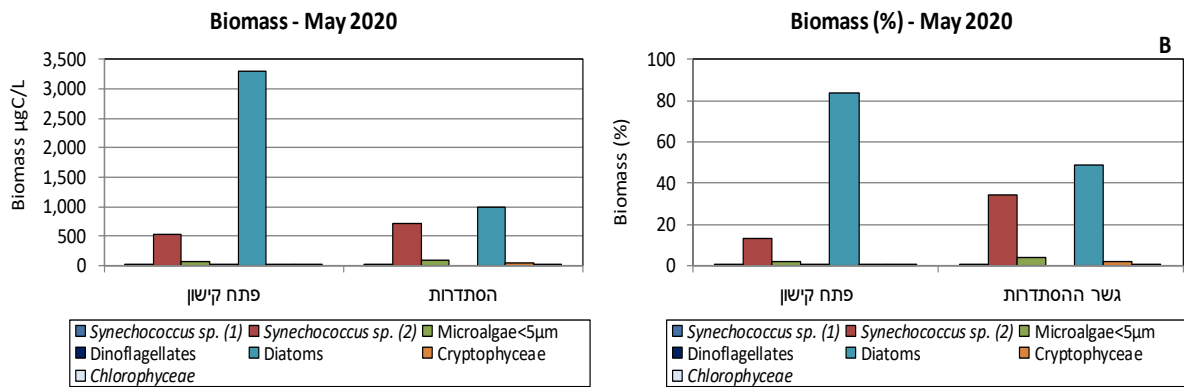
איור 9 : התפלגות ריכוז תאי קבוצות המיקרו-פיטופלנקטון (A) וריכוזן היחסי באחוזים (B) בשתי התחנות בדיגום אביב 2020



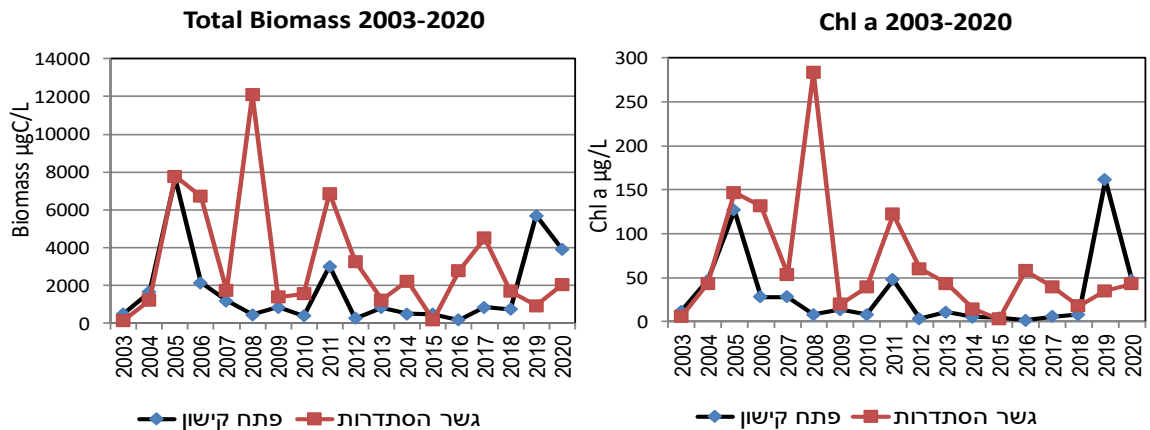
איור 10 : התפלגות הביומסה וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון בדיגומי אביב 2003-2020



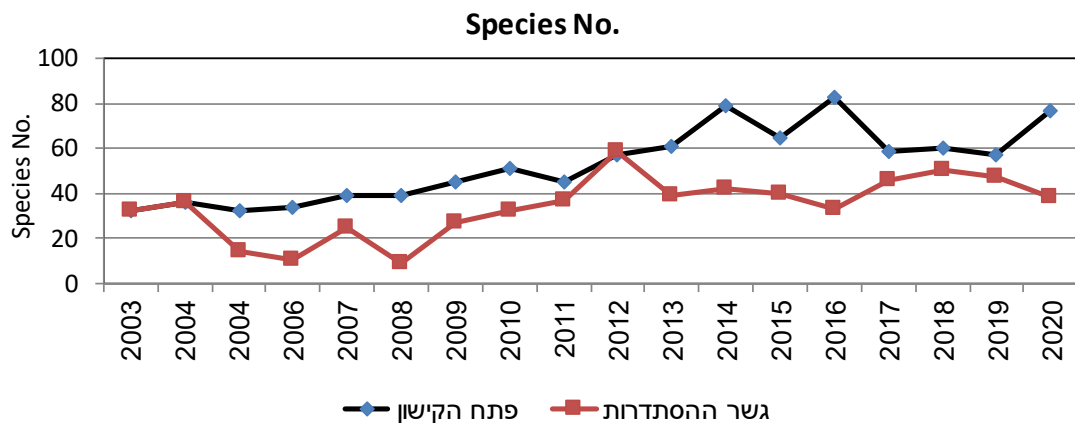
איור 11 : התפלגות הביומסה וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות בדיגומי אביב 2003-2020



איור 12 : התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון (A) והביומסה היחסית באחוזים (B) אביב 2020

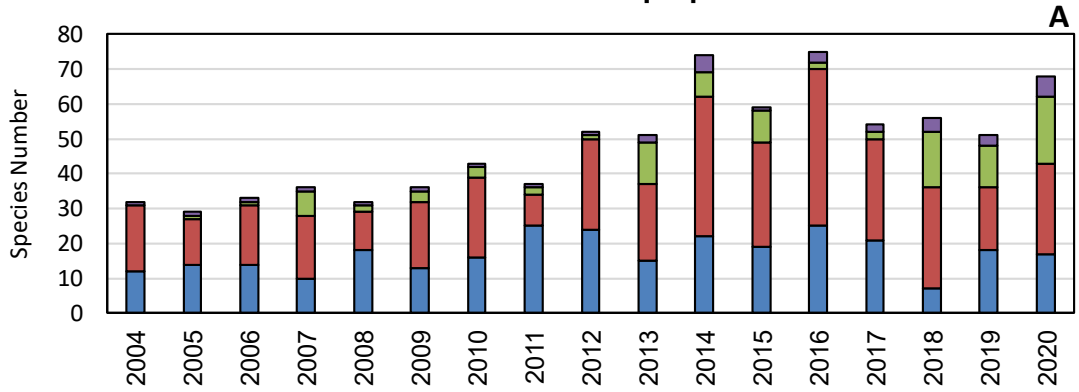


איור 13 : התפלגות הביומסה וריכוז הכלורופיל בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2020

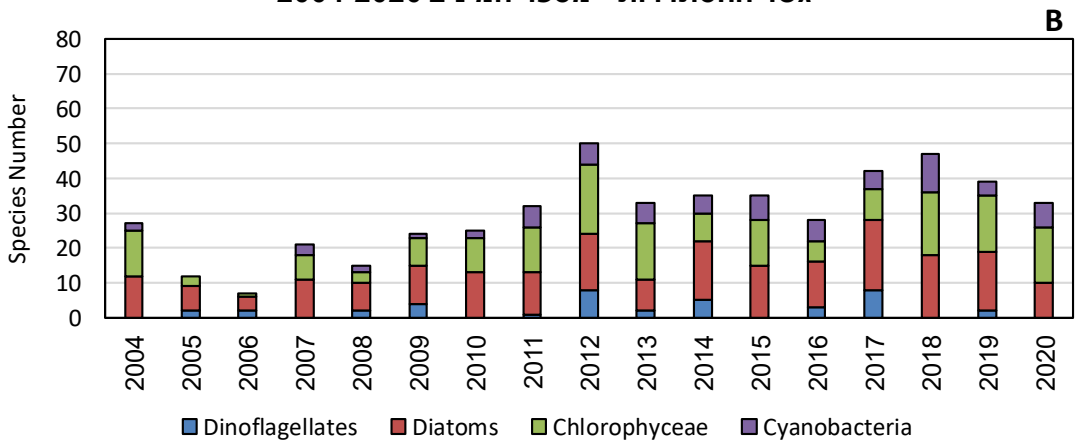


איור 14 : התפלגות מספר המינים בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2020

פתח הקישון - מספר המינים 2004-2020

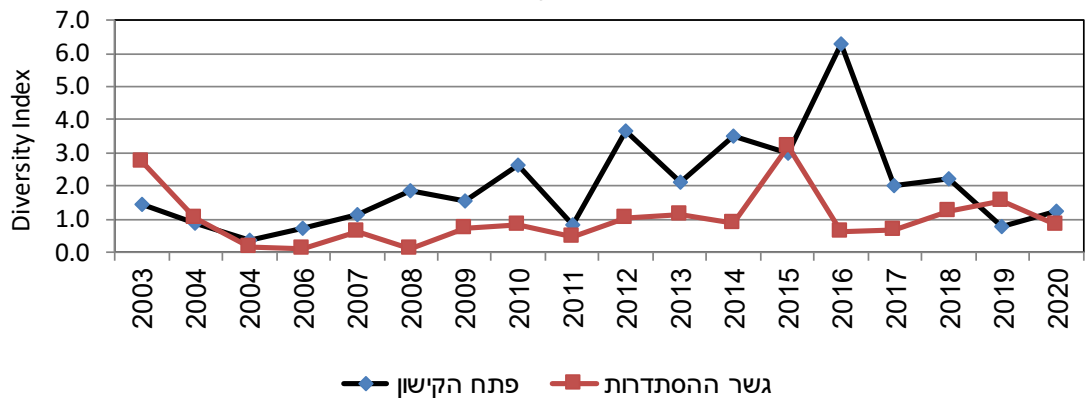


גשר ההסתדרות - מספר המינים 2004-2020

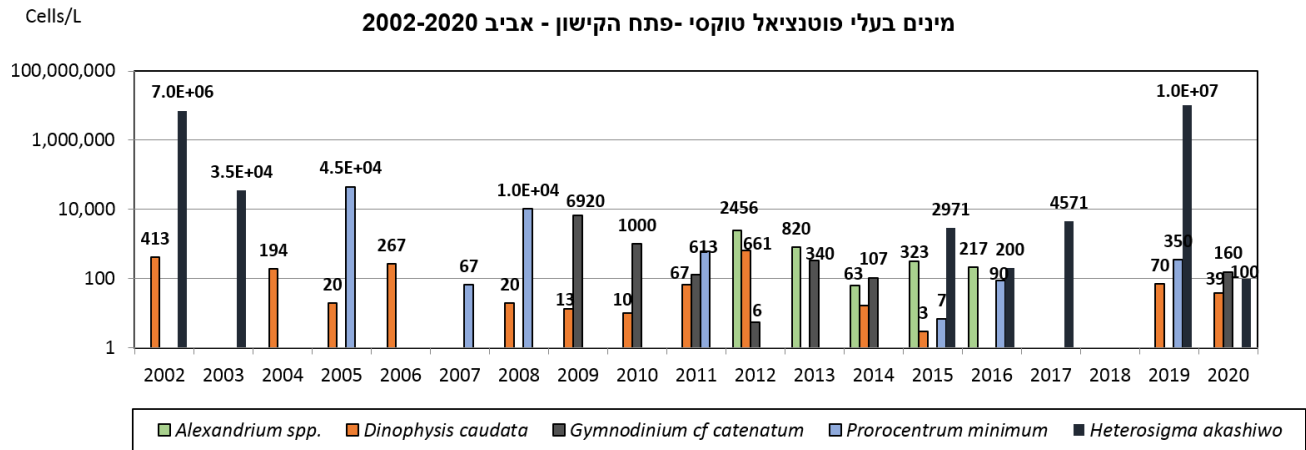


איור 15 : התפלגות מספר המינים מהקבוצות השונות בפתח הקישון (A) ובגשר ההסתדרות (B) בדיגומי אביב 2003-2020

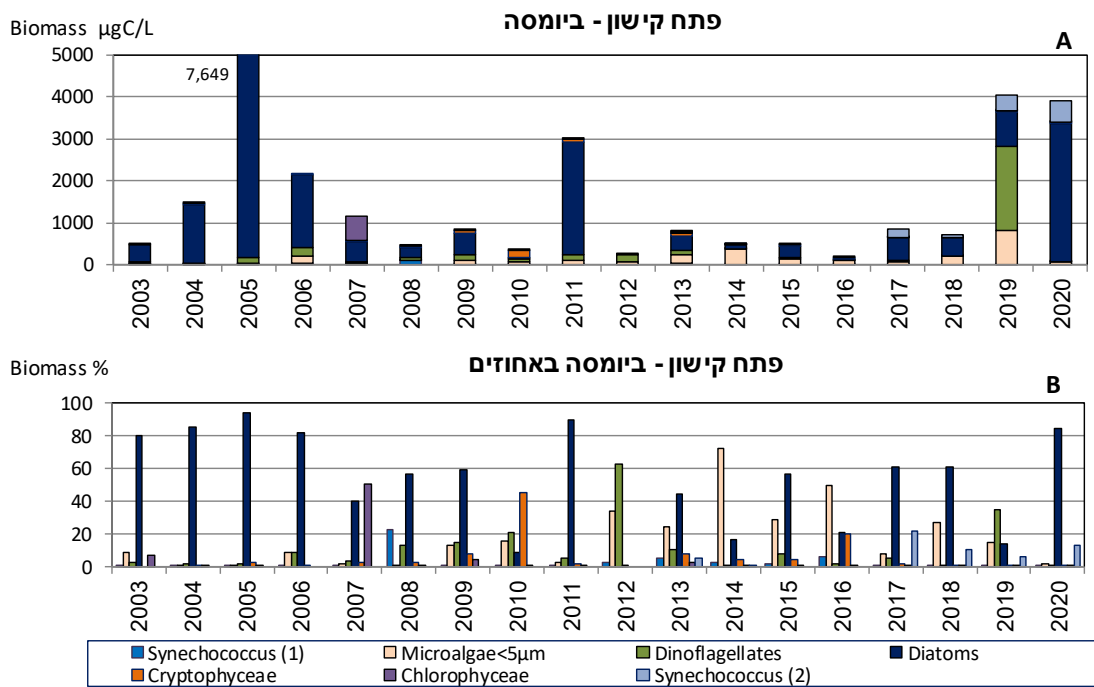
Diversity Index



איור 16 : התפלגות אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) בשתי התחנות אביב 2003-2020

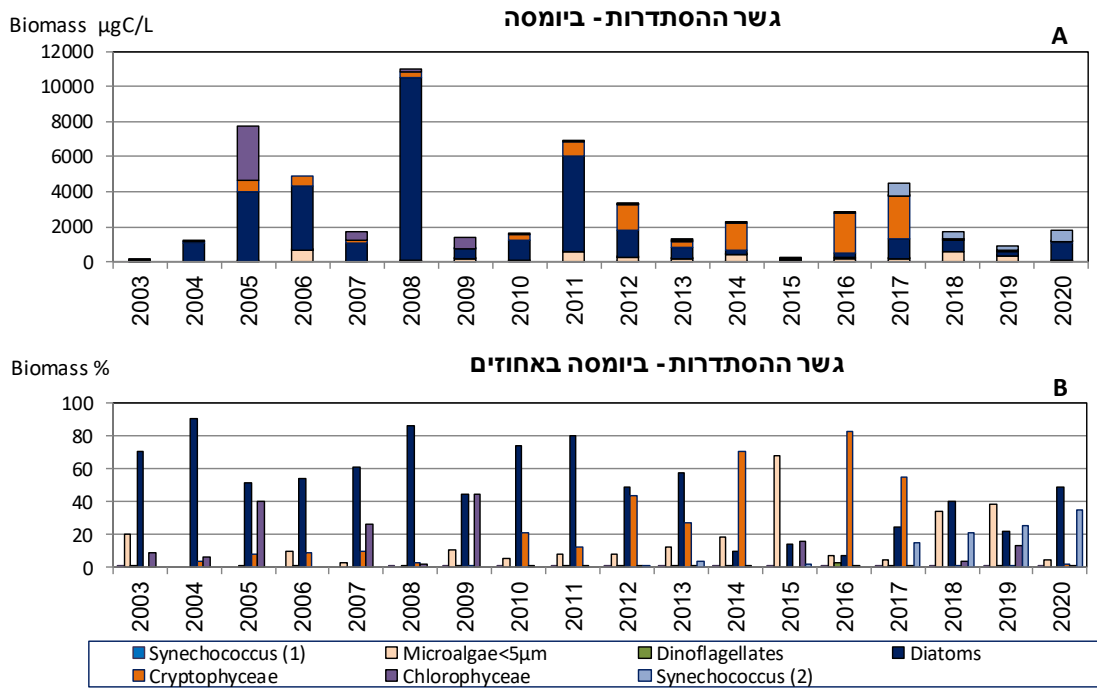


איור 17: התפלגות מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בפתח הקישון בדיגומי אביב 2002-2020



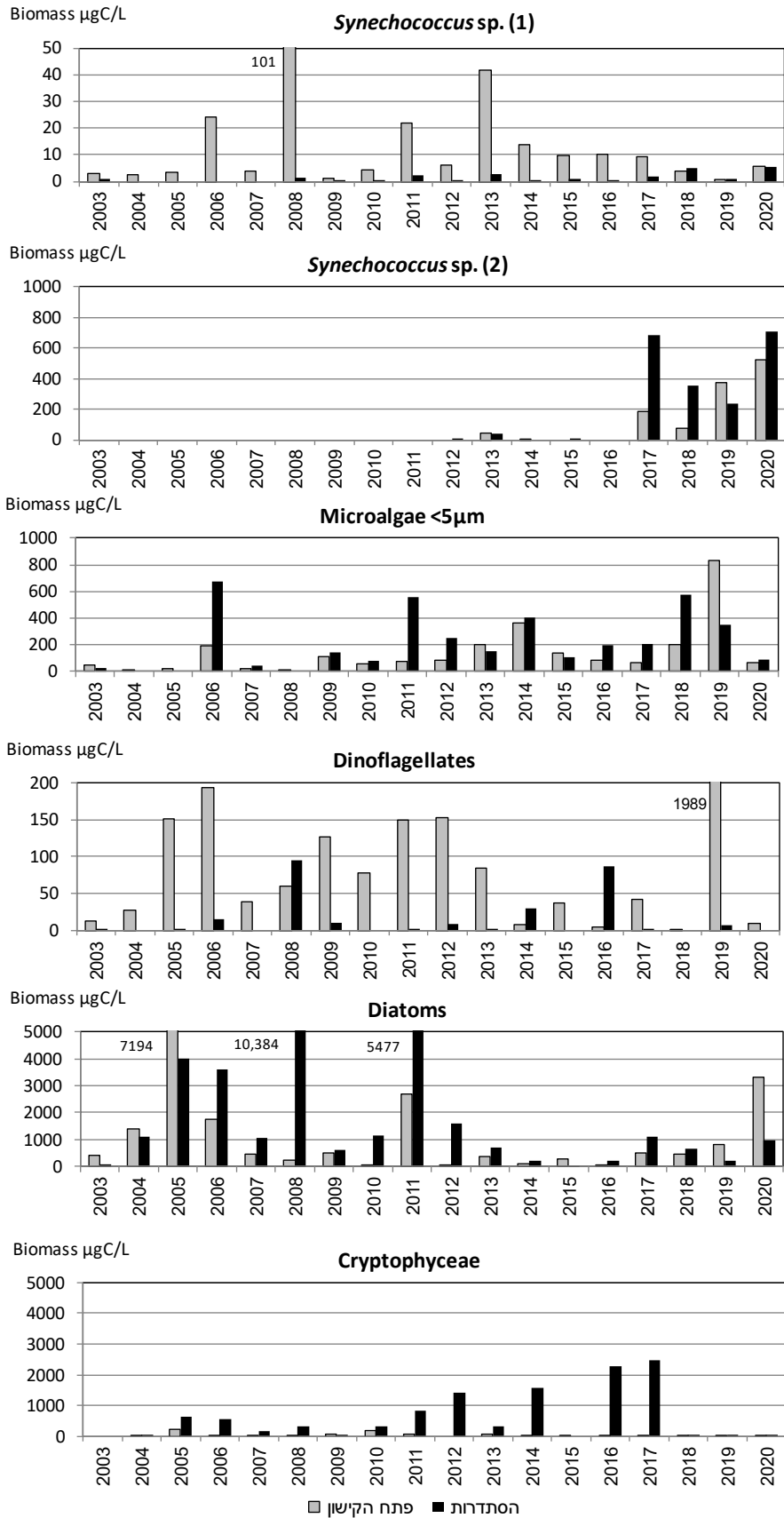
איור

18: התפלגות הביומסה (A) ושיעורה באחוזים (B) בין הקבוצות בפתח הקישון באביב בשנים 2003-2020



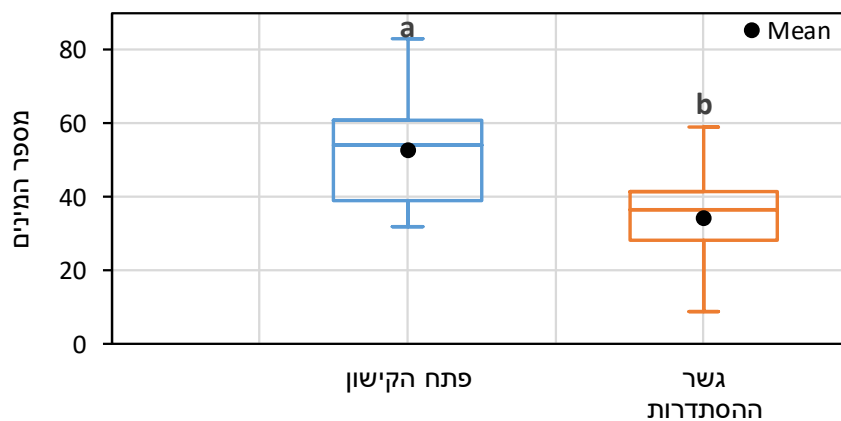
איור 19: התפלגות הביומסה בין הקבוצות (A) ושיעורה באחוזים (B) בגשר ההסתדרות באביב בשנים 2003-

2020



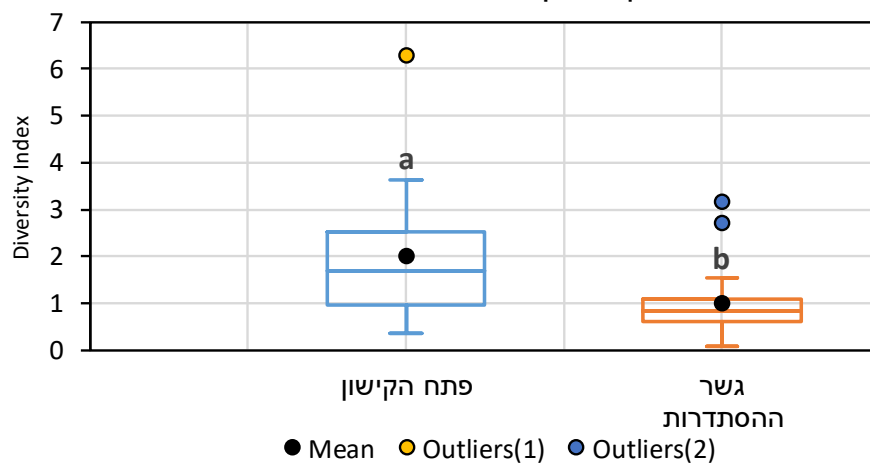
איור 20 : התפלגות ביומסת קבוצות האצות דיגומי אביב 2003-2020 (יש לשים לב לסקלות השונות)

מספר המינים דיגומי אביב 2003-2020



איור 21 : ממוצע מספר המינים בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2020. (t-test) אوتיות שונות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$)

אינדקס מגוון המינים אביב 2003-2020



איור 22 : ממוצע אינדקס מגוון המינים בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2020. (t-test) אوتיות שונות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$)

טבלה 7: מיני המיקרו-פיטופלנקטון וריכוזם (תאים/לליטר) בדגימות הקישון – מאי 2020

	פתח הקישון	גשר ההסתדרות	פתח הקישון	גשר ההסתדרות
Dinoflagellates			Chlorophyceae	
<i>Ceratium declinatum</i>	2		<i>Actinastrum hantzschii</i>	933
<i>Ceratium furca</i>	25		<i>Chlorococcum</i> sp.	900
<i>Ceratium kofoidii</i>	11		<i>Closterium gracile</i>	367
<i>Dinophysis acuminata</i>	6		<i>Coelastrum microporum</i>	227
<i>Dinophysis caudata</i>	39		<i>Crucigeniella rectangularis</i>	147
<i>Gymnodinium catenatum</i>	160		Flagellates spp.	13
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	160		<i>Selenastrum</i> sp.	2.9E+05
<i>Prorocentrum micans</i>	1820		Monoraphidium	2800
<i>Prorocentrum rotundatum</i>	7		<i>Monoraphidium minutum</i>	1100
<i>Prorocentrum triestinum</i>	113		<i>Monoraphidium arcuatum</i>	200
<i>Protoperdinium obtusum</i>	2		<i>Monoraphidium irregulare</i>	100
Protoperdinium spp.	40		<i>Oocystis</i> spp.	2.7E+04
Protoperdinium sp.	13		<i>Oocystis borgei</i>	1147
Protoperdinium sp. (54)	873		<i>Stauridium tetras</i>	13
<i>Protoperdinium bipes</i>	7		<i>Pediastrum boryanum</i>	2
<i>Scrippsiella</i> spp.	233		<i>Scenedesmus producto-capitatus</i>	213
Unidentified<15µm	6.1E+04		<i>Scenedesmus acuminatus</i>	160
			<i>Scenedesmus acutus</i>	187
			<i>Scenedesmus basiliensis</i>	240
Diatoms			<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	12
<i>Achnanthes</i> sp.	8		<i>Scenedesmus bijuga</i>	2000
<i>Aulacoseira granulata</i>		980	<i>Scenedesmus intermedius</i>	6000
<i>Bacillaria paxillifera</i>		287	<i>Scenedesmus obliquus</i>	2667
<i>Biddulphia alternans</i>	27		<i>Scenedesmus obtusus</i>	5200
<i>Cerataulina bicornis</i>	53		<i>Scenedesmus opoliensis</i>	107
<i>Chaetoceros</i> spp.	1273		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	134
<i>Chaetoceros</i> sp. (1085A)	2		<i>Westella</i> sp.	787
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	113			2.7E+06
<i>Chaetoceros danicus</i>	353			
<i>Chaetoceros didymus</i>	227		Cyanobacteria	
<i>Cyclotella</i> spp.	3667	2.0E+06	<i>Anabaena perturbata</i>	5.2E+04
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	33		<i>Aphanocapsa</i> sp.	45
<i>Entomoneis paludosa</i>	7	60	<i>Chroococcus</i> sp.	1693
<i>Guinardia striata</i>	23		<i>Leptolyngbya</i> spp.	83
<i>Hemiaulus sinensis</i>	247		<i>Microcystis aeruginosa</i>	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	973		<i>Oscillatoria</i> sp.	2800
<i>Lithodesmium undulatum</i>	27		<i>Spirulina platensis</i> (µm)	1458
<i>Melosira moniliformis</i>	127	33	<i>Synechococcus</i> sp. (1)	2.3E+07
<i>Navicula</i> spp.	1.2E+06	667	<i>Synechococcus</i> sp. (2)	4.2E+08
<i>Nitzschia lorenziana</i>		13		5.6E+08
<i>Pleurosigma</i> sp.	7	47	Euglenoidea	
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	3.3E+05		<i>Eutreptia</i> sp.	150
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	3		<i>Lepocinclis ovum</i>	53
<i>Proboscia alata</i>	13		<i>Phacus longicauda</i>	100
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	8			
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4700		Raphidophyceae	
<i>Surirella</i> spp.	2		<i>Fibrocapsa</i> sp.	500
<i>Thalassiosira</i> spp.	50	287	<i>Heterosigma akashiwo</i>	100
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	6.0E+08	1.4E+08		
			Ciliates	
Cryptophyceae			<i>Mesodinium rubrum</i>	485
<i>Cryptomonad</i> spp.	1.1E+06	3.1E+06		
			Ebriophyceae	
Chrysophyceae			<i>Ebria tripartita</i>	240
<i>Chrysochromulina</i> sp.	1400	133	Microalgae < 5µm	1.8E+07
			Total Cells/L	1.1E+09
				7.5E+08

- 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.