



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור סתיו 2015

דו"ח חיא"ל H20/2016

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 סתיו 2015

דו"ח חיא"ל H20/2016

נורית גורדון, איל רהב*, ברק חרות

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

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, אפרת שהם-פרידר

חתימה:

מאי 2016

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור סתיו 2015

1. מטרות הניטור

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

2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה בסתיו (3 בנובמבר) 2015. שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (איור 1, טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ועכירות 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*, ספירות חיידקים ופיקופיטופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (כל התחנות), וכן אפיון טקסונומי של אוכלוסיות פיטופלנקטון ומיקרואצות בשתי תחנות מייצגות: גשר ההסתדרות וגשר יוליוס. הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות להמשך אנליזות.

במעבדה, דגימות מים לקביעת כלורופיל a סוננו דרך פילטרים GF/F (0.7µm) לאחר סינון מקדים דרך נפה 63µm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו עד לבדיקתם בשיטה פלואורימטרית לפי-Standard Methods 10200H-3 עם שינויים קלים בתוך מספר ימים.

יצרנות ראשונית נמדדה על ידי סימון מי הדגימה עם ביקרבונט מסומן בפחמן 14 (Steeman-Nielsen, 1952). יצרנות חיידקית נמדדה על ידי הוספה למי הדגימה לאוצין מסומן בטריטיום (Simon et al. 1990). כל הדגימות נעשו בטריפליקטים (שלוש חזרות) והושמו תחת תנאי תאורה וטמפרטורה טבעיים למשך 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: סוגים קטנים (עד 5 מיקרון) – מי דגימה סוננו על גבי פילטר פוליקרבונט (0.45 מיקרון) ושומרו באמצעות גלוטראלדהיד. הפילטר הונח על זכוכית נושאת עם טיפת שמן אימרסיה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי תוך מספר חודשים.

סוגים גדולים מ-5 מיקרון – מי דגימה סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (5 מיקרון ו- 20 מיקרון) ושומרו בשתי שיטות: א. באמצעות שמן אימרסיה בדומה למתואר לגבי התאים הקטנים מ-5 מיקרון. ב. בשיטת FTF (filter – transfer – freeze) (Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983)). הפילטר הונח על גבי טיפת מי ים שהונחה על זכוכית נושאת עם פני הפילטר כלפי מטה. זכוכית נושא הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים הוסר הפילטר והתאים שנשארו על הזכוכית כוסו בשכבת גליצרין ג'לי שהתייבש תוך זמן קצר. לאחר מכן הונחה על הדגימה טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה שנעשו באור רגיל ובפלורוסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.



איור 1: מיקום תחנות הדיגום בנחל הקישון: מעלה הנחל (Q1), לבניות (Q2), גשר ההסתדרות, אקליפטוס (Q3), גשר יוליוס סימון, מוצא הנחל (Q4), ופתח נמל הקישון. מיקומי התחנות מפורטים בטבלה 1. תמונה מתוך Google Earth.

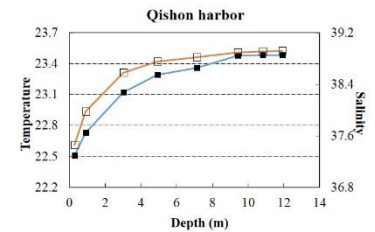
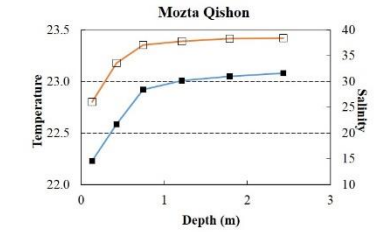
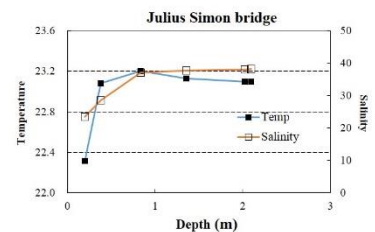
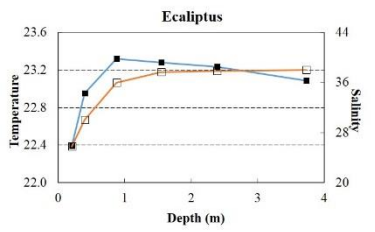
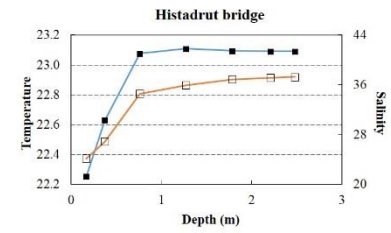
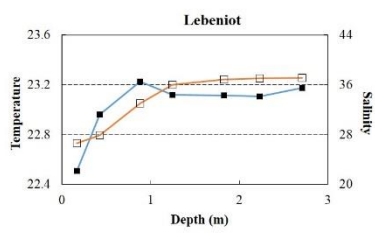
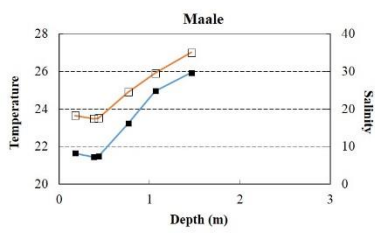
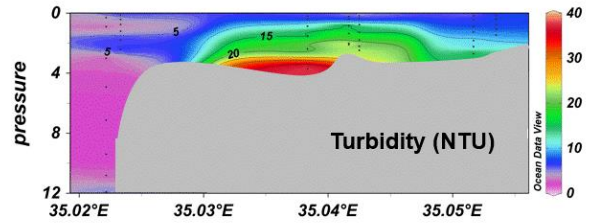
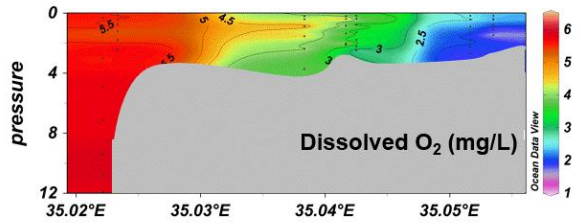
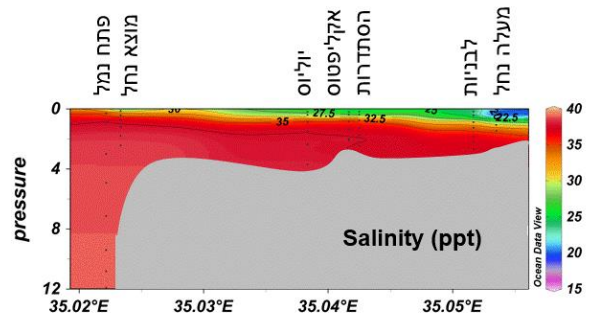
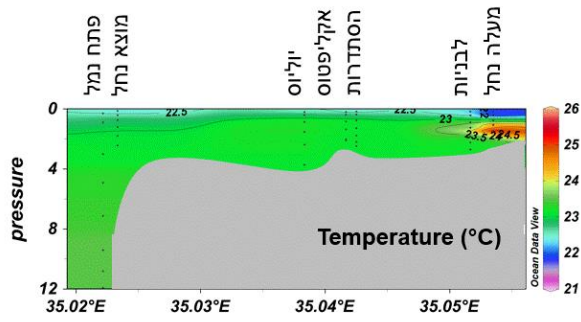
טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום סתו 2015

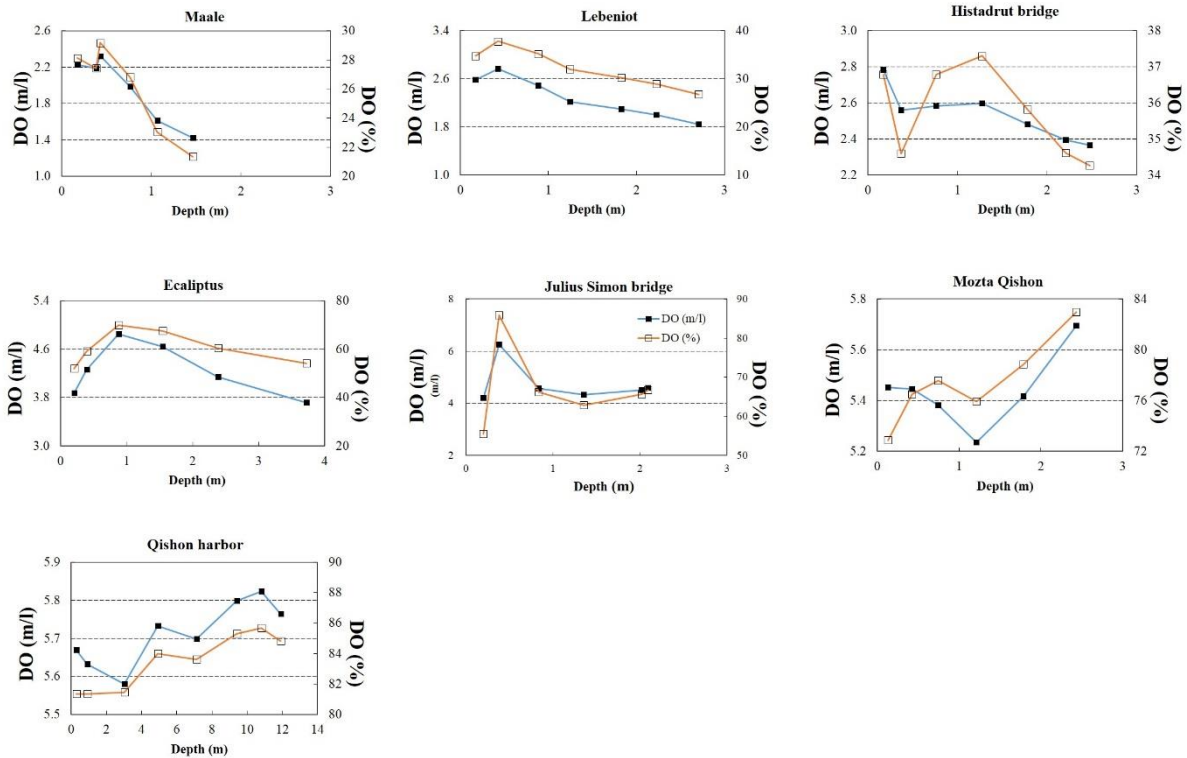
תחנה	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
מעלה הנחל (Q1)	32° 47.17'	35° 3.21'
לבניות (Q2)	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס (Q3)	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
מוצא הנחל (Q4)	32° 48.17'	35° 2.40'
פתח נמל הקישון	32° 48.89'	35° 1.57'

3. תוצאות

3.1 פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון במלוח כפי שנמדדו בנובמבר 2015 לאורך הקישון המלוח מוצגים באיור 2 וטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה יחסית אחידה עם הבדל של 1.5-1 מעלות בין פני השטח לקרקעית, פרט לתחנת המעלה (Q1) שם נמצא הבדל משמעותי יותר של כ-3 מעלות לערך. בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (1 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, במיוחד במעלה הנחל (למשל Q1) 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 (איור 2, טבלה 2). בדומה למליחות, גם ריכוז החמצן הציג דפוס מרחבי עם ערכים נמוכים במעלה הנחל (2 מג"ל) שהלכו ועלו לקראת מוצא הנחל (5.7 מג"ל). נוסף לכך, ובדומה לדיגומים קודמים, אחוז רווית החמצן ירד עם העליה בעומק המים עם מינימום בתחנת מעלה הנחל (1.4 מג"ל) (איור 2 וטבלה 2). אולם, בפני השטח ברוב התחנות ערכי החמצן המומס בפני השטח לא העידו על אנוקסיה, דבר המצביע על מים מאווררים וללא עקות כפי שניתן לעיתים לראות בקישון. בתחנות שונות במעלה הנחל, החל בתחנת "אקליפטוס (Q3), דרך גשר ההסתדרות, לבניות והמעלה (Q1), ריכוז החמצן ירד משמעותית עם הירידה בעומק המים. ירידה זו תלולה מאוד בהתחשב בעומק המים הרדוד (קטן מ-3 מטר). בעומקים אלה (בעיקר קרוב לפני הקרקעית), ריכוז החמצן היה קרוב ל-1 מג"ל, ערך שעל פי הקרטיונים של NOAA מוגדר כעקת חמצן בינונית (טבלה 3). 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. המצב האנוקסי שנמדד במעלה הנחל מצביע על פעילות מטאבולית הטרוטרופית חיידקית ועל אוטרופיקציה של אזורים אילו.





איור 2: למעלה- פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוז חמצן מומס כפי שנמדד בנובמבר 2015 לאורך נחל הקישון המלוח. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding. השטח האפור מציין את הקרקעית. למטה- חתך עומק של כל תחנת דיגום בנפרד עבור הפרמטרים הנ"ל.

טבלה 2- סיכום פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס וקשיות (pH) כפי שנמדד בנובמבר 2015 לאורך נחל הקישון המלוח.

pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (°C)	עומק דיגום (m)	תחנה
8.97	2.23	18.28	21.65	0.17	מעלה הנחל (Q1)
8.51	2.19	17.44	21.44	0.38	
8.46	2.33	17.60	21.47	0.43	
8.04	1.99	24.51	23.24	0.76	
7.78	1.61	29.59	24.95	1.06	
7.60	1.42	35.04	25.95	1.46	
8.72	2.58	26.59	22.51	0.17	לבניות (Q2)
8.59	2.76	27.87	22.96	0.43	
8.43	2.48	33.01	23.23	0.88	
8.32	2.22	36.01	23.12	1.25	
8.32	2.09	36.85	23.11	1.82	
8.32	2.00	37.01	23.11	2.22	
8.33	1.84	37.09	23.18	2.70	
8.89	2.78	24.13	22.25	0.17	גשר ההסתדרות
8.74	2.56	26.82	22.63	0.37	

8.49	2.58	34.54	23.08	0.76	
8.47	2.60	35.89	23.11	1.27	
8.45	2.48	36.87	23.10	1.78	
8.47	2.39	37.09	23.09	2.21	
8.48	2.37	37.29	23.09	2.48	
9.16	3.87	25.79	22.39	0.20	אקליפטוס (Q3)
8.98	4.26	29.98	22.95	0.39	
8.85	4.85	35.99	23.32	0.87	
8.81	4.64	37.64	23.28	1.54	
8.80	4.14	37.80	23.23	2.38	
8.80	3.72	37.99	23.09	3.72	
9.47	4.21	23.39	22.31	0.19	גשר יוליוס
9.13	6.24	28.46	23.08	0.38	
8.98	4.57	37.14	23.20	0.83	
8.97	4.32	37.78	23.13	1.35	
8.97	4.51	38.13	23.10	2.02	
8.99	4.59	38.16	23.10	2.09	
9.77	5.45	26.07	22.23	0.13	מוצא הנחל (Q4)
9.40	5.45	33.61	22.59	0.42	
9.33	5.38	37.08	22.92	0.74	
9.30	5.24	37.80	23.01	1.21	
9.31	5.42	38.37	23.05	1.78	
9.32	5.69	38.45	23.08	2.43	
6.19	5.67	37.46	22.51	0.29	פתח נמל
6.24	5.63	37.98	22.73	0.89	
6.32	5.58	38.58	23.12	3.00	
6.42	5.73	38.75	23.29	4.91	
6.54	5.70	38.82	23.36	7.12	
6.65	5.80	38.89	23.48	9.40	
6.70	5.82	38.91	23.48	10.80	
6.76	5.76	38.92	23.48	11.92	

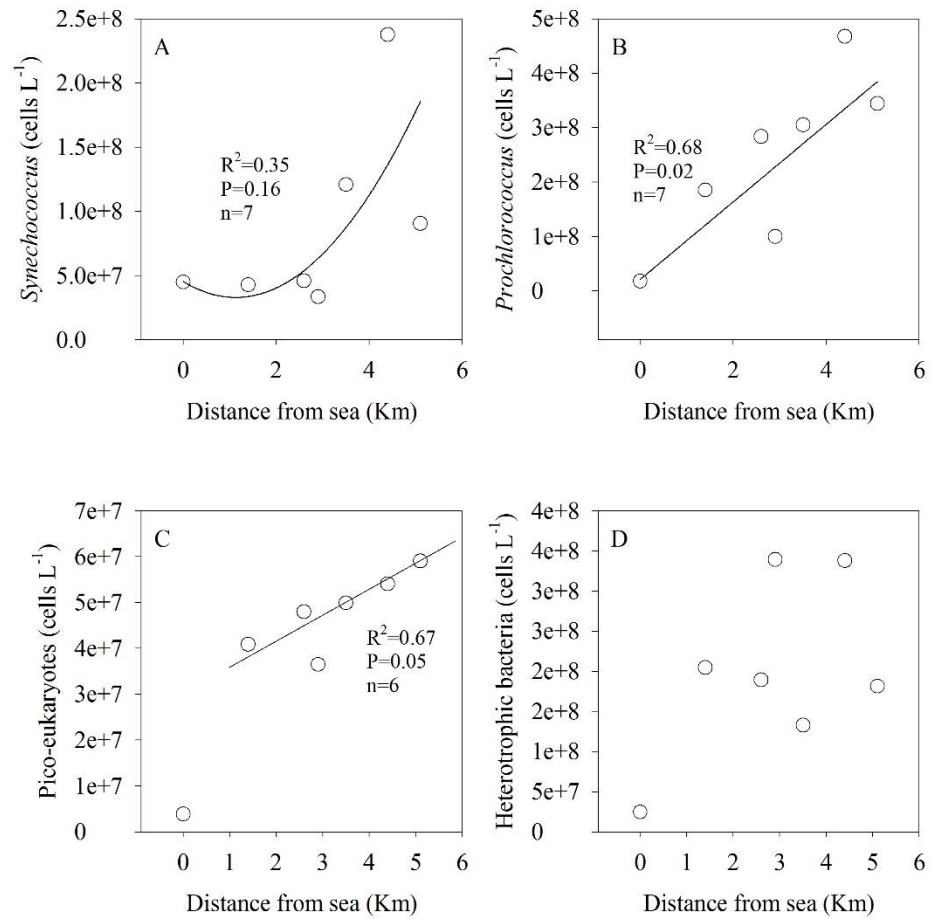
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל *a* בדיגומי סתיו 2015 (0.28-28.90 מג"ל) היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומי של מזרח הים התיכון (Herut et al., 2015) וממי החוף (Raveh et al., 2015), ככל הנראה בשל ריכוז הנוטריאנטים הגבוהה יחסית שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות על פי רוב (לא מוצג בדו"ח זה). ריכוז הכלורופיל עלה במעלה הזרם והיה הגבוה ביותר בקרבה לשפכי תעשייה (טבלה 3). בהתאמה, נמצא מדרג מובהק בשכיחות ציאנובקטריות או תאים פיקו-אוקריוטים (אצות פלנקטוניות קטנות בעלות גרעין) לאורך הנחל (איורים 3, 4 וטבלה 3). בדומה למיקרואורגניזמים האוטוטרופים (יצרנים ראשוניים, ציאנובקטריה ופיקו-פיטופלנקטון), שכיחות החיידקים ההטרוטרופים עלתה במעלה הנחל, עם מספר תאים גבוה ככל שמתקרבים לשפכי המפעלים ("לבניות", "גשר ההסתדרות",

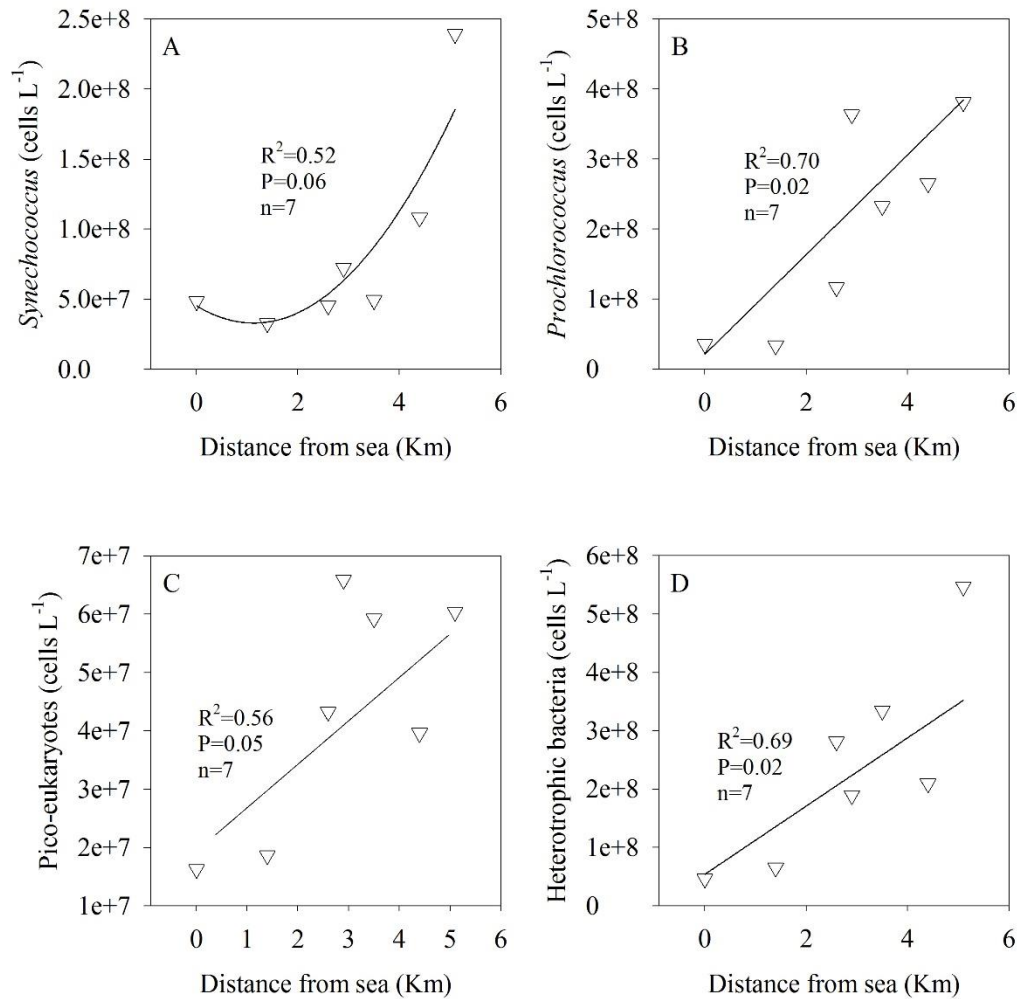
איורים 3,4 וטבלה 3). יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגנים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

טבלה 3- ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אאוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון בנובמבר 2015.

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
10.00	1.81	0.59	4.35	פני שטח	מעלה הנחל
28.90	5.47	0.60	6.20	קרקעית	
6.79	3.38	0.54	7.05	פני שטח	לבניות
10.40	2.10	0.40	3.73	קרקעית	
6.33	1.33	0.50	4.26	פני שטח	הסתדרות
14.50	3.34	0.59	2.82	קרקעית	
23.20	3.39	0.36	1.33	פני שטח	אקליפטוס
6.61	1.89	0.66	4.36	קרקעית	
6.58	1.89	0.48	3.30	פני שטח	יוליוס
7.35	2.82	0.43	1.62	קרקעית	
4.85	2.05	0.41	2.28	פני שטח	מוצא הנחל
4.72	0.65	0.19	0.66	קרקעית	
2.20	0.25	0.04	0.63	פני שטח	פתח נמל
0.89	0.47	0.16	0.84	קרקעית	



איור 3- ריכוז התאים בליטר של *Synechococcus* (A), *Prochlorococcus* (B), פיקו-אוקריוטים (C) וחיידקים הטרוטרופים (D) לאורך נחל הקישון המלוח בנובמבר 2015 במי השטח. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלה 5. שים/י לב שערכי ציר ה Y משתנים בין הגרפים השונים.



איור 4- ריכוז התאים בליטר של (A) *Synechococcus*, (B) *Prochlorococcus*, (C) פיקו-אוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים (D) לאורך נחל הקישון המלוח בנובמבר 2015 סמוך לקרקעית. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלה 5. שים/י לב שערכי ציר ה Y משתנים בין הגרפים השונים.

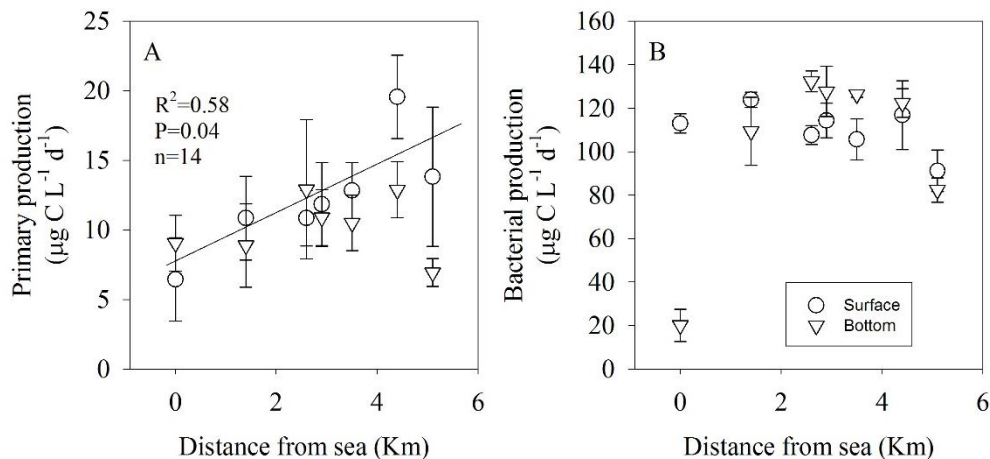
ערכי היצרנות הראשונית (היממתית) היו דומים בהשוואה לדיגום הסתיו 2014 (דו"ח חיא"ל H17/2015), והציגו דפוס מרחבי ברור- בדומה לערכי הכלורופיל (איור 5 וטבלה 4). ככלל, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2015) וממי החוף (Raveh et al., 2015). באופן לא מפתיע, ערכים גבוהים יותר נמדדו במי השטח המוארים (6.45-19.56 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום) ונמוכים יותר סמוך לקרקעית (6.95-12.92 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום) (איור 5 וטבלה 4). יצרנים ראשוניים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות (צרכנים שניוניים, שלישוניים וכו'). 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 gC לפי שעה, אין באפשרותנו לאמוד את היצרנות הראשונית השנתית, בעיקר משום שזהו הניסיון השלישי למדוד קצבי פוטוסינתזה בנחל וחסרות מדידות עונתיות רבות (למשל חורף, קיץ) וכן 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, דיגומי הקיץ, הסתיו ואביב של היצרנות הראשונית (הנתונים נלקחו מדו"חות הניטור האחרונים וכן מהמידע המוצג במסגרת דו"ח זה) מראים כ- $40-60 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ בתחנות במעלה הנחל ו- $7-15 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ במורדו, דבר המצביע על איכות מים טובה. אולם, אנו ממליצים להמשיך את הדיגומים הללו לאורך הנחל ולהוסיף דיגומי חורף שם צפויים קצבים משמעותיים הרבה יותר, דבר שעלול להוביל לשינוי משמעותי לחישוב הנ"ל.

עיקר הפעילות המטאבולית בתחנות המדידה בכל הדיגומים היתה הטרוטרופית ונעשתה על ידי חיידקים. למעשה, ערכי היצרנות החיידקית היו גבוהים פי 10 ויותר מאשר היצרנות הראשונית (20.17-122.45 מיקרוגרם פחמן לליטר ביום, איור 5 וטבלה 4), דבר המלמד על חשיבותם של חיידקים הטרוטרופים לאקולוגיה, צריכה ומחזור נוטריאנטים בנחל הקישון. פעילות זו, נמצאה בהתאמה למספר החיידקים הגבוה שנמדד לאורך הנחל, ובמיוחד במעלה הזרם (איורים 3,4 וטבלה 3). כמו כן, ריכוז החיידקים וקצב פעילותם נמצא ביחס הפוך לריכוז החמצן, עם שכילות וקצב אסימילציה גבוהים במקומות אנוקסים. יחס זה שוב מצביע על חשיבותם של תהליכים הטרוטרופים במי הנחל, ובמיוחד הסביבות המושפעות יותר מכניסת נוטריאנטים (מעלה הנחל).

טבלה 4- קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) הימתית בנחל הקישון המלוח בנובמבר 2015.

תחנה	עומק דיגום	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$)	Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$)
מעלה הנחל	פני שטח	91.21	13.83
	קרקעית	82.48	6.95
לבניות	פני שטח	116.86	19.56
	קרקעית	122.45	12.89
הסתדרות	פני שטח	105.70	12.84
	קרקעית	126.32	10.52
אקליפטוס	פני שטח	114.40	11.84
	קרקעית	127.74	10.89
יוליוס	פני שטח	107.66	10.86
	קרקעית	132.42	12.92
מוצא הנחל	פני שטח	123.88	10.85
	קרקעית	109.37	8.89
פתח נמל	פני שטח	113.00	6.45
	קרקעית	20.17	9.06



איור 5 - ערכי יצרנות ראשונית (A) וחידקית (B) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בנובמבר 2015 במי השטח (עיגול) וסמוך לקרקעית (משולש).

במקביל לספירות האצות עם Flow-cytometer, מיני מיקרופלנקטון נספרו וזוהו גם בכלים טקסונומיים (מיקרוסקופיה אפיפלורוסנטית) במי השטח של שתי תחנות: תחנת פתח הקישון במורד הנחל, ותחנת גשר ההסתדרות במעלה הנחל. שיטה זו מאפשרת מעקב אחר מינים ספציפיים, כולל מינים בעלי פוטנציאל לרעילות. כמו כן, השוואות רב שנתיות לריכוז, לביומסה ולמגוון מיני מיקרופיטופלנקטון מדיגומים קודמים (2002-2013) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

ריכוז התאים

דיגום זה בדומה לשנה קודמת, התאפיין בריכוז תאי מיקרופיטופלנקטון נמוך יחסית לשנים קודמות (איורים 6,7). בפתח הקישון ריכוז התאים היה הנמוך ביותר יחסית לכל דיגומי הסתיו הקודמים ואילו בגשר ההסתדרות הריכוז היה דומה לשנה קודמת ונמוך יחסית לשלוש שנים קודמות. כמו כן בגשר ההסתדרות, בדומה לשנה קודמת, נראה ריכוז גבוה מאד של בקטריות הטרוטרופיות, בדומה לספירות ה Flow-cytometer (איורים 3,4). בפתח הקישון בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. הנפוצות לאורך החוף, היו דומיננטיות מבחינה מספרית והיוו 56% מריכוז התאים הכללי (איור 8). קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- 5µm הייתה דומיננטית בגשר ההסתדרות, והיוותה 73% מריכוז התאים הכללי. ריכוז האצות הצורניות היה דומה בשתי התחנות ואילו ריכוז הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* המאפיינים מים פחות מליחים הופיעו בדומה לדיגומים קודמים, בריכוז גבוה יותר בגשר ההסתדרות. באופן יוצא דופן בדיגום זה ריכוז הדינופלגלטים בפתח הקישון היה הנמוך ביותר בהשוואה לשנים קודמות ולדיגומים אחרים לאורך החוף. בדרך כלל ריכוזם בתחום שמעל 10⁴ תאים לליטר, ובדיגום זה ריכוזם היה 620 תאים לליטר. הדינופלגלטים שמופיעים בפתח הקישון, הם בדרך כלל מינים אופייניים למי ים וריכוזם הנמוך מאד יכול אולי לנבוע משינוי מקומי בתנאי הסביבה. להוציא טמפרטורה שהיתה נמוכה יחסית בשנתיים אחרונות, כתוצאה מדיגום מאוחר יותר בסתיו, שאר הפרמטרים שנלקחו ביום הדיגום ונוגעים לאיכות המים לא היו יוצאי דופן יחסית לשנים קודמות.

הביומסה וריכוז הכלורופיל

בפתח הקישון ריכוז הכלורופיל והביומסה היו דומים לשנה קודמת ונמוכים יחסית לכל דיגומי הסתיו הקודמים (איור 9). בגשר ההסתדרות נמשכה הירידה בביומסה ובריכוז הכלורופיל גם השנה והם נמצאו הנמוכים ביותר יחסית לכל דיגומי הסתיו הקודמים. בפתח הקישון ריכוזי הכלורופיל נמצאו בתחום הנמוך לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים ואילו בגשר ההסתדרות בתחום הבינוני-נמוך, כשהממוצע הרב שנתי עד כה היה בתחום ההיפר-איאוטרופי. התפלגות הביומסה בין קבוצות המיקרופלנקטון הייתה דומה בשתי התחנות, אולם בגשר ההסתדרות סך הביומסה של כל קבוצה (להוציא הבקטריות הכחוליות) היה גבוה יחסית לפתח הקישון (איור 10). בגשר ההסתדרות מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות בביומסה בשתי התחנות (איור 10) והיוו בהן בממוצע $50\% \pm 2$ מהביומסה הכללית (איור 11). אצות צורניות היו גם הן מרכיב חשוב בביומסה בשתי התחנות והיוו בממוצע $35\% \pm 4$ מהביומסה הכללית בשתי התחנות (איור 11).

הרכב מיני המיקרופלנקטון

מגוון המינים בפתח הקישון היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איור 12). חלקן של האצות הצורניות במגוון המינים היה הגדול ביותר, בדומה לדיגומים קודמים, והן היוו בממוצע $42\% \pm 4$, מסך כל המינים בשתי התחנות. בפתח הקישון, בהיותו מלוח יותר, הופיע מגוון גדול יותר של מיני דינופלגלטים המאפיינים מי ים, אם כי כפי שנאמר בריכוז נמוך מאד. לעומת זאת, בגשר ההסתדרות הופיע מגוון גדול יותר של מיני אצות ירוקיות, המאפיינות מים במליחות נמוכה יותר (איור 12, טבלה 4). מגוון המינים הכללי ירד בדיגום זה, בשתי התחנות, יחסית לשנה קודמת (איור 13).

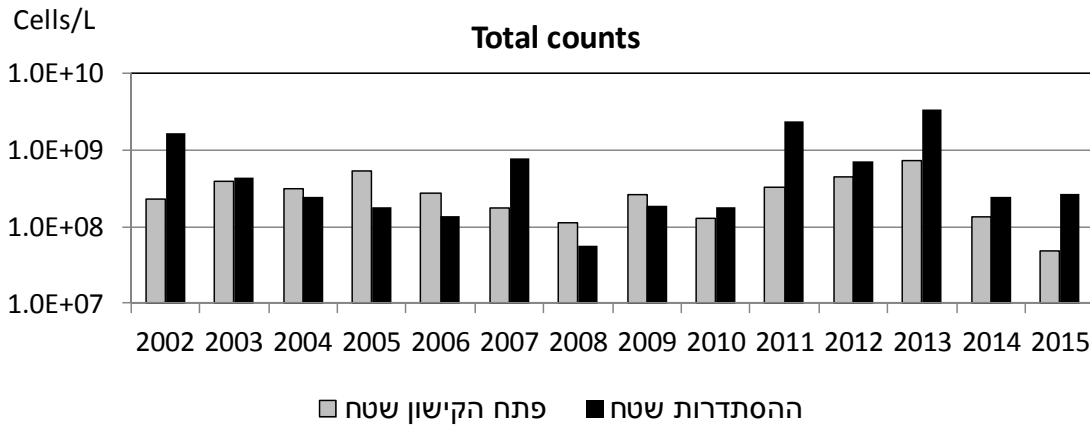
אינדקס השונות, המתחשב גם בביומסה כמו גם במגוון, ירד יחסית לשנה קודמת בפתח הקישון, אולם עדיין נמצא בערכים גבוהים יחסית לשנים קודמות (איור 14) ויחסית לגשר ההסתדרות. בגשר ההסתדרות אינדקס השונות עלה השנה ונמצא הגבוה ביותר יחסית לשנים קודמות, עלייה גדולה זו נובעת כתוצאה משילוב של ביומסה נמוכה ומגוון מינים גבוה יחסית לתחנה זו.

הרכב מיני המיקרופלנקטון

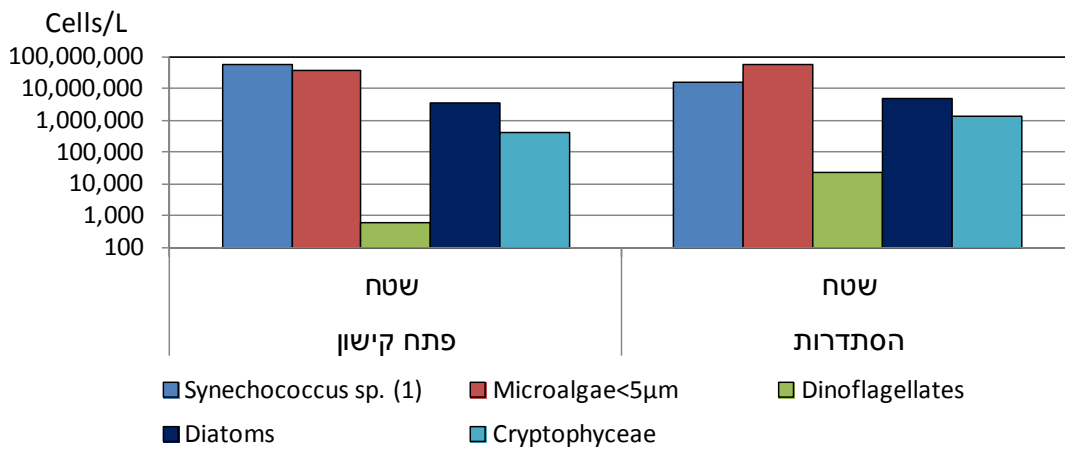
בדיגום זה היו שכחים מיני צורניות ובעיקר נפוץ המין *Thalassiosira pseudonana* שהופיע בפריחות גם בדיגומים קודמים בקישון (טבלה 5). מבין הצורניות היה נפוץ גם המין *Cyclotella* sp. האופייני למים פחות מליחים. מבין הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היה שכיח במיוחד הפלגלט מהמין *Hemiselmis* sp. שפרח בפני שטח גשר ההסתדרות (טבלה 5). בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* הופיעו בריכוז גדול יותר בפתח הקישון ואילו מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ הופיעו בריכוז גדול יותר בגשר ההסתדרות. מיני ירוקיות ובקטריות כחוליות אחרות, שהן אפייניות למים פחות מליחים, הופיעו בריכוז גדול יותר בגשר ההסתדרות.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

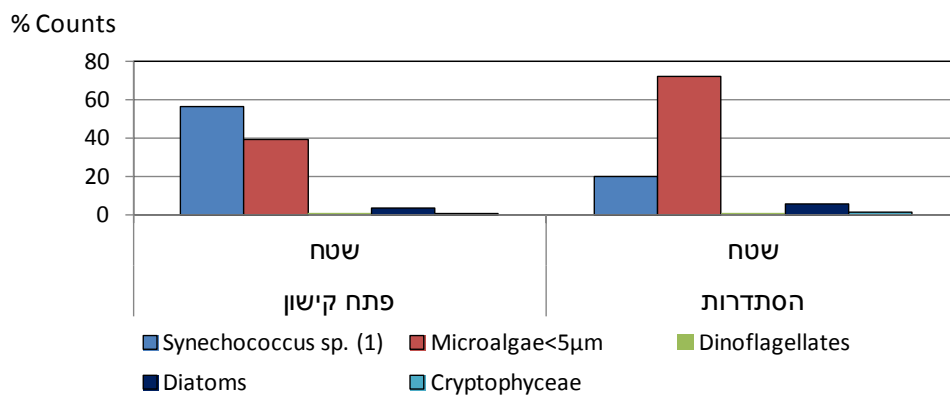
בדיגומי הסתיו בפתח הקישון הופיעו בדרך כלל מספר מצומצם מאד של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי ובריכוז נמוך מאד, בדיגום הנוכחי הופיע ריכוז קטן מאד של דינופלגלטים בכלל, ומינים בעלי פוטנציאל טוקסי בפרט נעדרו ממנו לחלוטין.



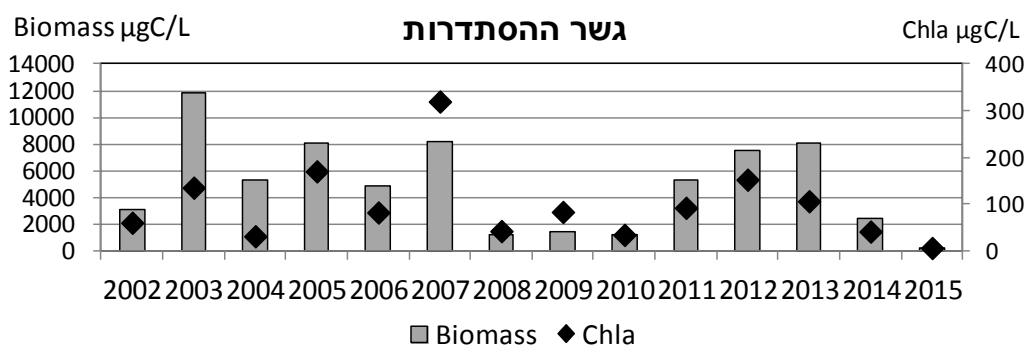
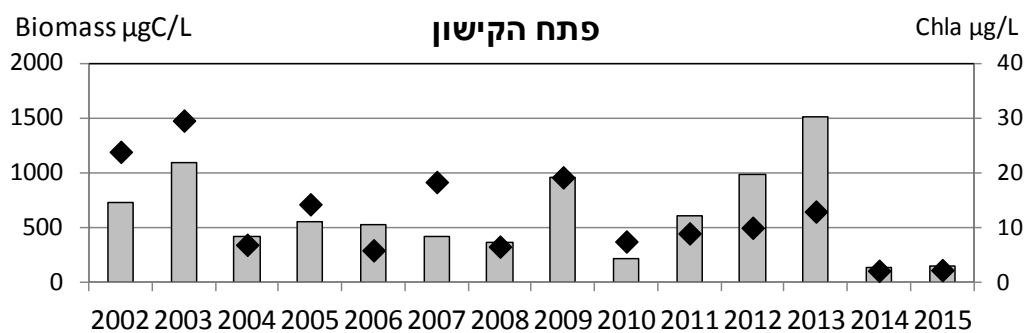
איור 6- התפלגות ריכוז התאים הכללי בדיגומי סתיו 2002-2015.



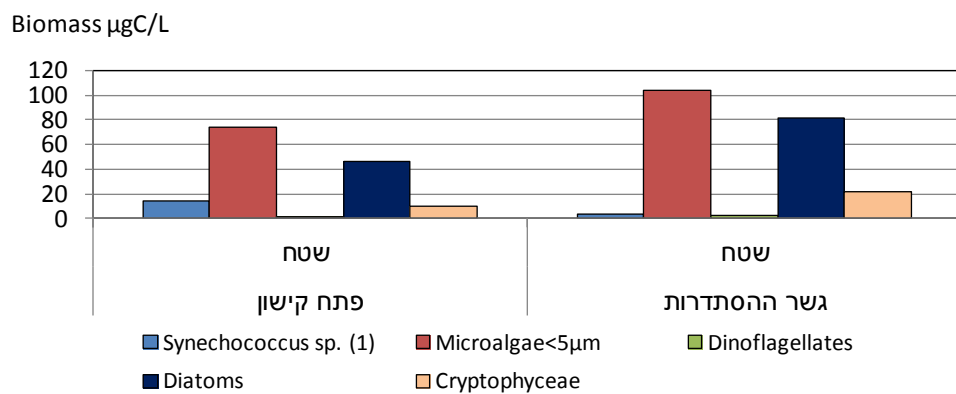
איור 7- התפלגות ריכוז התאים הכללי ולפי קבוצות המיקרופלנקטון – נובמבר 2015.



איור 8- התפלגות ריכוז התאים באחוזים בדיגום נובמבר 2015.

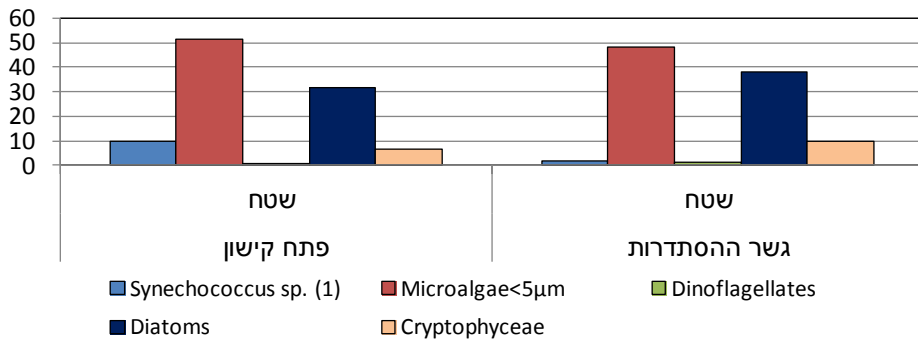


איור 9- התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בדיגומי סתיו 2002-2015.

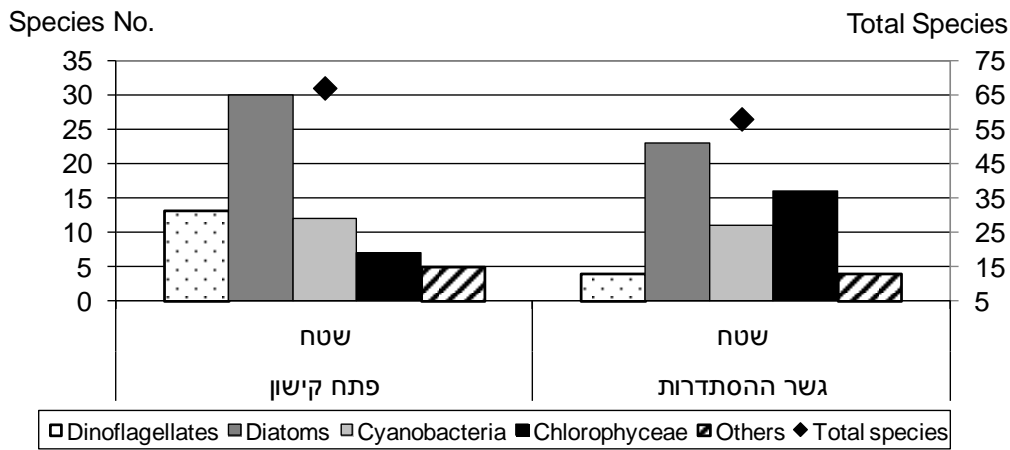


איור 10- התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדיגום נובמבר 2015.

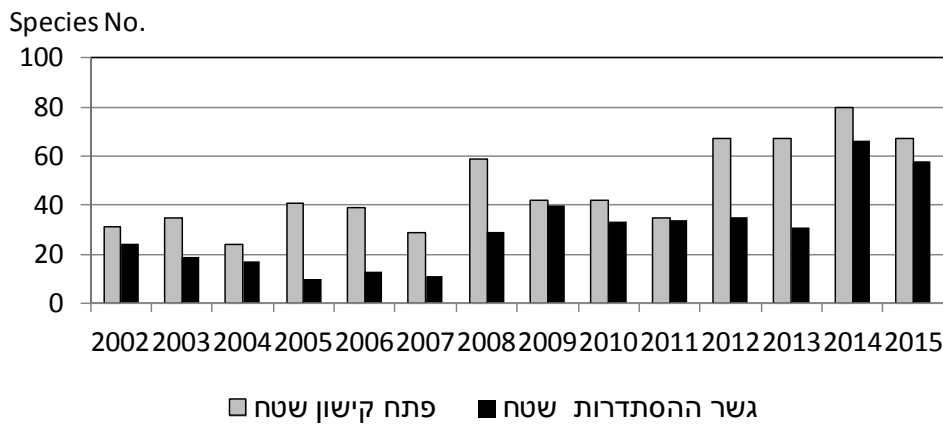
Biomass %



איור 11- התפלגות ביומסת הקבוצות השונות באחוזים דיגום נובמבר 2015.

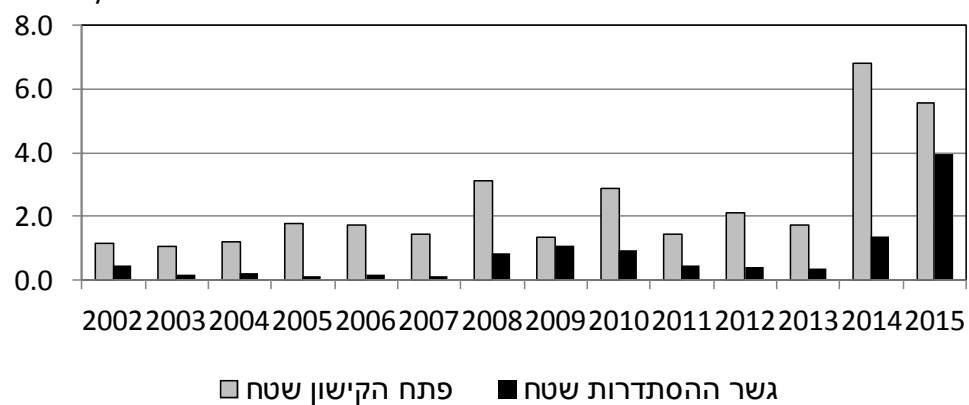


איור 12- התפלגות מספר המינים הכללי ולפי קבוצות בדיגום נובמבר 2015.



איור 13- התפלגות מספר המינים הכללי בדיגומי סתיו 2002-2015.

Diversity Index



איור 14: התפלגות אינדקס השונות בדיגומי סתיו 2002-2014.

טבלה 5- ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון בדגימות הקישון – נובמבר 2015

	גשר ההסתדרות	פתח קישון	גשר ההסתדרות	פתח קישון
דינופלגליטים - Dinoflagellates			Diatoms (cont.)	
Unidentified<15µm	527	2.2E+04	<i>Surirella</i> sp.	3
<i>Ceratium kofoidii</i>	7	13	<i>Thalassionema</i> sp.	40
<i>Ceratium horridum f. denticulatum</i>	3		<i>Thalassiosira</i> spp.	257
<i>Ceratium massiliense</i>	3		<i>Thalassiosira pseudonana</i>	2.9E+06
<i>Cochlodinium citron</i>	7		Cryptophyceae	
<i>Dinophysis exigua</i>	10		<i>Hemiselmis</i> sp.	9.3E+04
<i>Glenodinium</i> sp.		7	<i>Cryptomonad</i> spp.	3.4E+05
<i>Gonyaulax</i> spp.	7		Chlorophyceae- ירוקיות	
<i>Gymnodinium</i> spp.	13		<i>Cosmarium</i> sp.	63
<i>Gymnodinium</i> sp. (97A)	13		<i>Crucigenia tetrapedia</i>	213
<i>Gymnodinium elongatum</i>	13		<i>Crucigeniella irregularis</i>	13
<i>Oxytoxum variabile</i>	7		<i>Crucigeniella rectangularis</i>	200
<i>Prorocentrum micans</i>	3	3	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	293
<i>Protoperdinium joergensenii</i>	7		<i>Monoraphidium minutum</i>	40
Diatoms - צורניות			<i>Oocystis borgei</i>	40
<i>Achnanthes</i> spp.		25	<i>Percursaria</i> sp.	467
<i>Amphora</i> spp.		63	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	147
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	7		<i>Scenedesmus acutus</i>	80
<i>Asteroplanus karianus</i>		40	<i>Scenedesmus intermedius</i>	925
<i>Bacillaria paxillifera</i>		30	<i>Scenedesmus magnus</i>	50
<i>Bellerochea</i> spp.	3		<i>Scenedesmus opoliensis</i>	77
<i>Odontella mobilensis</i>	7		<i>Stauridium tetras</i>	7
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	27		<i>Tetraëdron minimum</i>	25
<i>Cyclotella</i> spp.	4.5E+05	2.6E+05	<i>Tetraedron triangulare</i>	75
<i>Cylindrotheca closterium</i>	67	225	<i>Tetraëdron trigonum</i>	50
<i>Diploneis</i> sp.	7		בקטריות כחוליות- Cyanobacteria	
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	413	63	<i>Chroococcopsis epiphytica</i>	7
<i>Entomoneis</i> sp. (518k)	880	250	<i>Chroococcus</i> sp.	25
<i>Entomoneis</i> sp. (619k)		225	<i>Chroococcus tenax</i>	133
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	13		<i>Kamptonema formosum</i>	333
<i>Entomoneis gigantea</i>	10	10	<i>Kamptonema laetevirens</i>	3125
<i>Entomoneis paludosa</i>	3	10	<i>Leptolyngbya</i> spp.	1467
<i>Melosira moniliformis</i>		3	<i>Lyngbia</i> sp.	167
<i>Navicula</i> sp. (1590)	7		<i>Merismopedia glauca</i>	213
<i>Navicula</i> sp. (1949)	153	1225	<i>Oscillatoria cf. limosa</i>	167
<i>Navicula</i> spp.	80		<i>Oscillatoria</i> sp. (613k)	650
<i>Navicula</i> sp. (320)	47		<i>Oscillatoria</i> sp. (914)	267
<i>Navicula</i> sp. (588k)	7	225	<i>Romeria okensis</i>	3600
<i>Navicula</i> spp.	40	2.4E+04	<i>Synechocystis</i> sp.	1250
<i>Nitzschia lorenziana</i>	13	413	<i>Synechococcus</i> sp. (1)	5.6E+07
<i>Nitzschia</i> sp. (27A)	3		<i>Synechococcus</i> sp. (2)	3.9E+05
<i>Nitzschia</i> sp. (513k)	13	7	Euglenophyceae	
<i>Nitzschia</i> sp. (543A)	7		<i>Euglena</i> sp.	20
<i>Nitzschia</i> sp. (592A)	220	3225	<i>Trachelomonas</i> sp.	25
<i>Nitzschia incerta</i>		25	Ciliates	
<i>Pleurosigma</i> sp.	17		<i>Mesodinium rubrum</i>	87
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	1.6E+05	1.1E+04	Microalgae<5µm	3.9E+07
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	7		Total Cells/L	6.1E+05
				3.2E+05

1. ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל:

ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי סתיו 2002-2015 היה גדול באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 15-16). ממוצע ריכוז הכלורופיל בכל דיגומי הסתיו, בגשר ההסתדרות היה ברמה המוגדרת כהיפר-איאוטרופית ואילו בפתח הקישון ברמה המוגדרת כבינונית. גם ממוצע ריכוז התאים היה גבוה יותר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איור 17), אולם הבדל זה לא נמצא מובהק בגלל התנודות הגדולות בריכוז התאים בין השנים (איור 18). בדיגום 2015 ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו באופן ניכר יחסית לשנים קודמות בשתי התחנות (איורים 9,18) ונמצאו נמוכים מאד יחסית לממוצע הרב שנתי בשתי התחנות (איורים 15-17).

2. קבוצות המיקרופלנקטון השונות:

א. בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. – בדיגום 2015 נראתה ירידה בריכוז הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1), הנפוצות במי הים, בשתי התחנות, יחסית לשנה קודמת (איור 18). בפתח הקישון ביומסת הבקטריות הללו לאורך השנים היתה בדרך כלל גבוהה יחסית לגשר ההסתדרות (איור 19) ובהתאם ממוצע ריכוז התאים והביומסה של קבוצה זו בשנים 2002-2015 היה גבוה באופן מובהק יחסית לתחנת גשר ההסתדרות. למרות שקבוצת הבקטריות הכחוליות הייתה דומיננטית מבחינה מספרית בחלק ניכר מהדיגומים בפתח הקישון, תרומתה לביומסה הכללית הייתה קטנה בדרך כלל והיא היוותה בממוצע כ- $7\% \pm 5.5$ מהביומסה הכללית בכל הדיגומים (איור 20).

ב. מיקרואצות הקטנות מ – 5 מיקרון – מיקרואצות קטנות מ – $5\mu m$ היו שכיחות מספרית בשתי התחנות (איור 18) ובדיגומי סתיו 2011 ו – 2013 הופיעו בפריחות גדולות יחסית בשתי התחנות (איורים 21,22). שיאי הפריחה עלו עם השנים בשתי התחנות. שיעורן באחוזים מהביומסה הכללית עלה גם כן בשנים האחרונות בשתי התחנות (איור 23) והן היוו בממוצע 32% מהביומסה בפתח הקישון ו-21% מהביומסה בגשר ההסתדרות (איור 20). בגשר ההסתדרות משנת 2010-2015 נמצא יחס הפוך בשיעור הביומסה שלהן באוכלוסיה, יחסית לשיעור פלגלטים מקבוצת ה – *Cryptophyceae* (איור 23).

ג. אצות צורניות – בפתח הקישון ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים (איורים 21,22). בפתח הקישון נראית ירידה כללית בביומסת הצורניות ובשיעורן היחסי בביומסה הכללית עם השנים (איורים 22,23). בגשר ההסתדרות הייתה תנודתיות גדולה בביומסת הצורניות בדיגומים השונים ושיא הביומסה שלהן היה בשנים 2007-2009 (איורים 21,22), אז הם גם היוו בין 60%-90% מהביומסה הכללית בתחנה זו (איור 23).

א. אצות מקבוצת ה – *Cryptophyceae* היו שכיחות יחסית בעיקר בתחנת גשר ההסתדרות והופיעו בה בפריחות (איור 21,22). פלגלטים מקבוצה זו היו אחראים לביומסה הגבוהה בתחנת גשר ההסתדרות בחלק ניכר מהדיגומים (איור 21) והיוו בה שיעור ניכר מהביומסה הכללית, כ- 45% בממוצע רב שנתי (איורים 20,23). ממוצע הריכוז והביומסה של קבוצה זו נמצא גבוה באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איור 19). נמצא מתאם הפוך בשיעורן היחסי בביומסה הכללית יחסית למיקרואצות הקטנות מ – 5 מיקרון בחמש שנים אחרונות (איור 23).

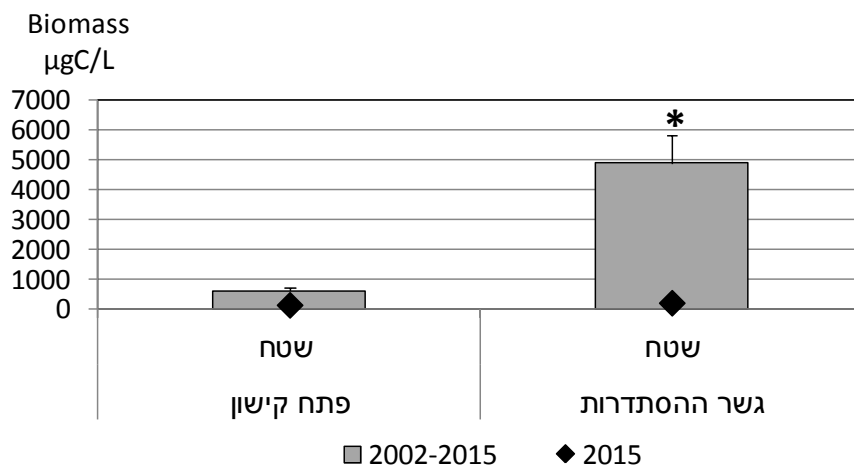
ב. בפתח הקישון ריכוז הדינופלגלטים היה נמוך יחסית לקבוצות האחרות, לאורך כל שנות הדיגום והביומסה בהתאם הייתה נמוכה יחסית, להוציא פריחה גדולה יחסית בדיגום 2009 (איור 21). בגשר ההסתדרות היה שכיח מגוון קטן מאד של דינופלגלטים בעיקר מהמין *Gymnodinium sp.*, הניזונים מפלגלטים מקבוצת ה *Cryptophyceae*. ניתן לראות מתאם חיובי בין ביומסת הדינופלגלטים לביומסת פלגלטים מקבוצה זו בגשר ההסתדרות (איור 24). בפתח הקישון ביומסת הדינופלגלטים הייתה בדרך כלל נמוכה יחסית לגשר ההסתדרות אולם הופיע בה מגוון מינים גדול יותר. את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים הרכיבו מינים קטנים עד $15\mu\text{m}$ כפי שנמצא גם בניטורים לאורך החוף, אולם בדיגום סתיו 2015 הם כמעט ולא הופיעו (טבלה 5).

ג. מגוון המינים :

א. בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס השונות (מחושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) היו נמוכים, ולרוב באופן ניכר, יחסית לפתח הקישון (איורים 13,14). ממוצעי מספר המינים ואינדקס השונות, לפיכך, היו נמוכים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איור 25).

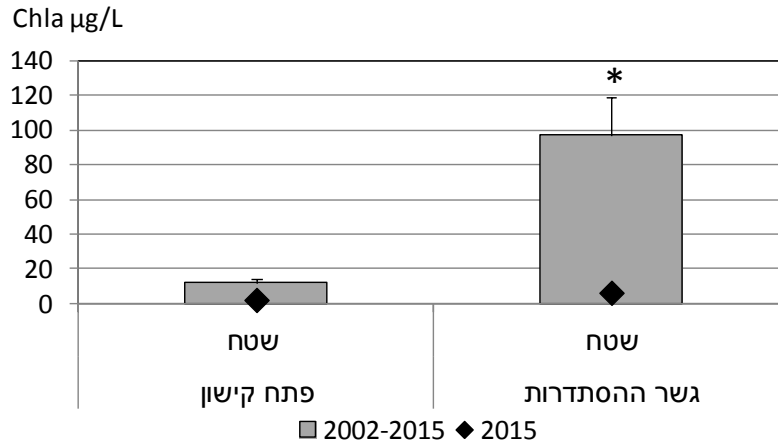
ב. מספר המינים - בדיגום 2015 הייתה ירידה במספר המינים בשתי התחנות בהשוואה לשנה קודמת, אולם כאשר בוחנים מגמות על פני 13 השנים האחרונות (2002-2015), נראית עלייה כללית ולינארית במספר המינים עם השנים (איור 13). **מגמה זו מצביעה על שיפור באיכות המים בנחל.** כמו כן, נמצא קשר ישיר ולינארי בין מספר מיני המיקרופיטופלנקטון בפני השטח בתחנת ההסתדרות לבין מוצא הנחל. ייתכן ומגמה זו קשורה בהפחתת עומס המזהמים בתחנת ההסתדרות עם השנים.

אינדקס השונות - אינדקס השונות בדיגום 2015 ירד מעט בפתח הקישון יחסית לשנה קודמת אולם עדיין גבוה באופן ניכר יחסית לשנים קודמות (איור 14). בגשר ההסתדרות נראתה עלייה משמעותית באינדקס השונות והוא נמצא הגבוה ביותר יחסית לכל דיגומי הסתיו.

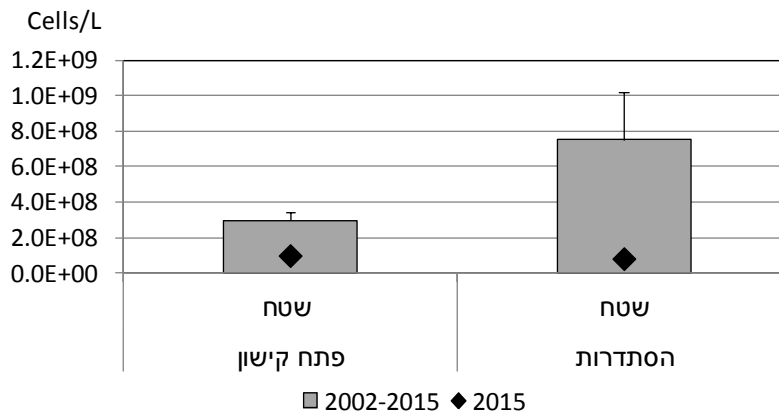


*עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm SE$)

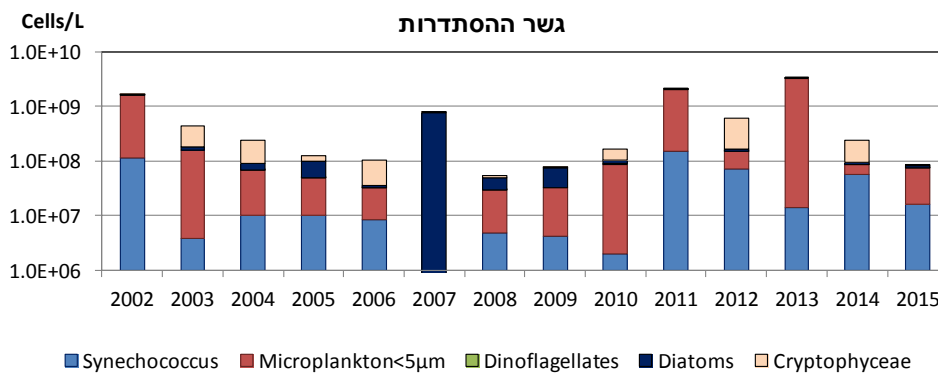
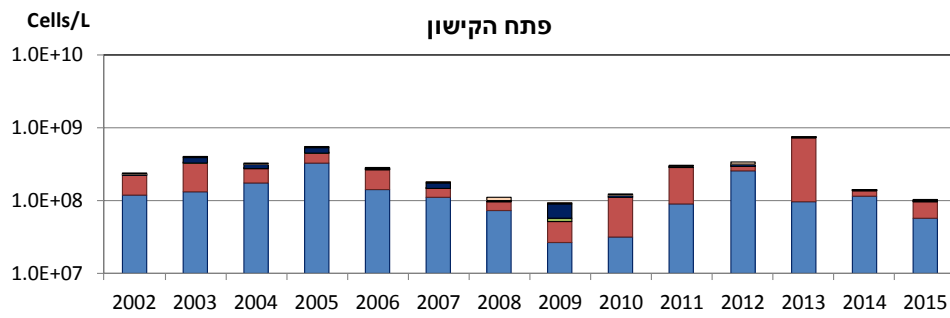
איור 15 - התפלגות ממוצע הביומסה בדיגומי סתיו * 2002-2015 ובדיגום 2015.



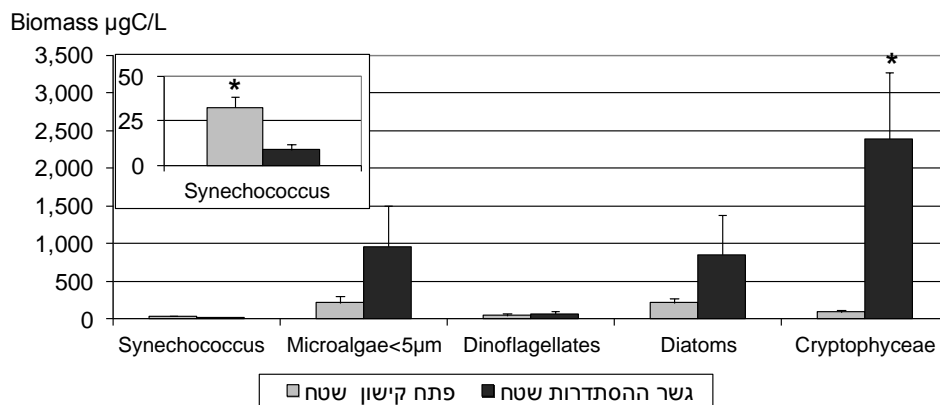
איור 16- התפלגות ריכוז הכלורופיל הממוצע בדיגומי סתיו 2002-2015 ובדיגום 2015.



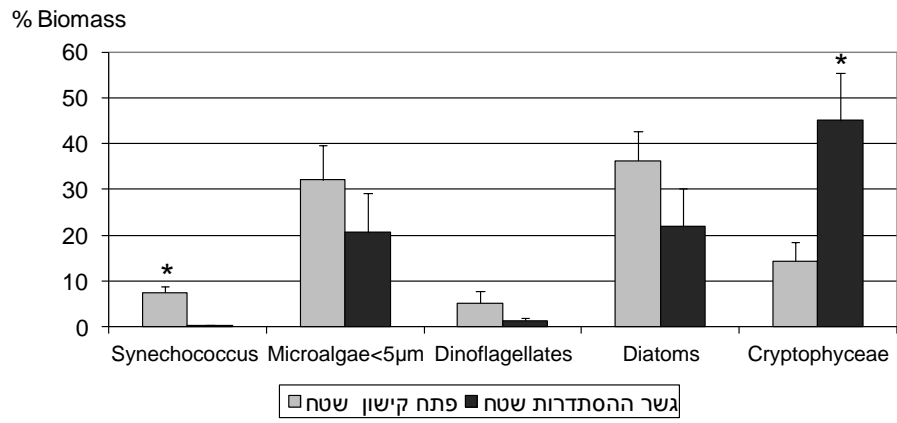
איור 17- התפלגות ממוצע ריכוז התאים בדיגומי סתיו 2002-2015 ובדיגום 2015.



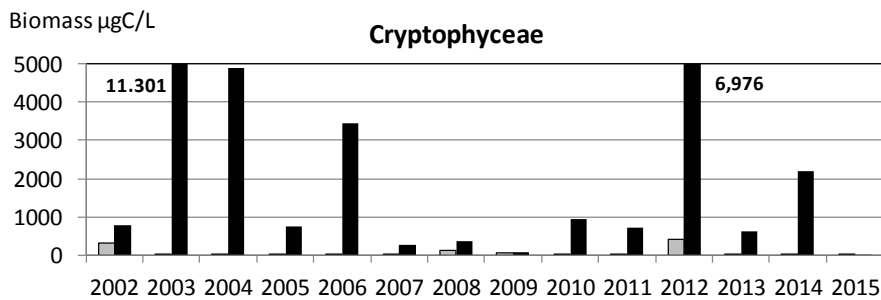
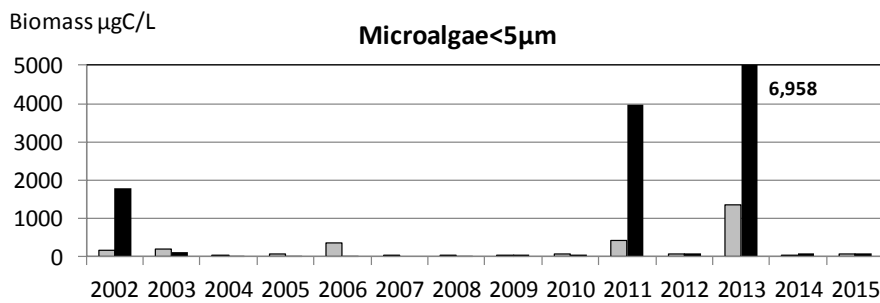
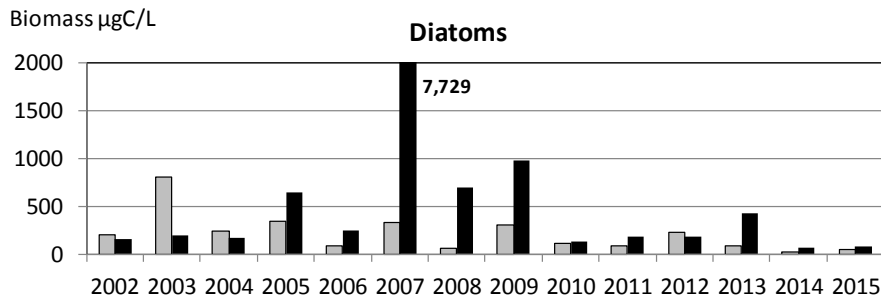
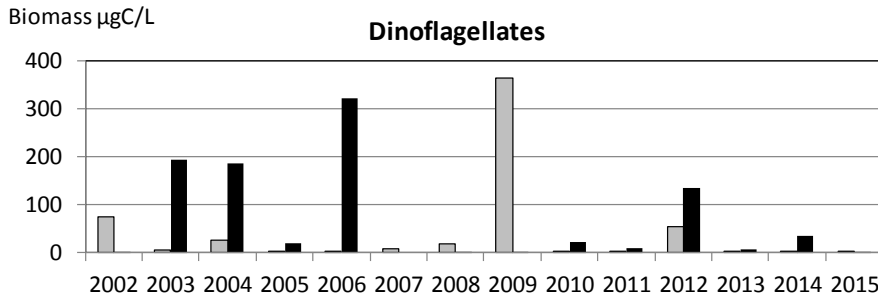
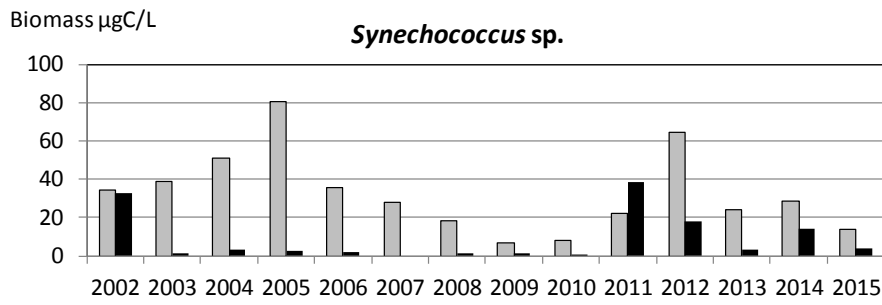
איור 18- התפלגות ריכוזי תאי המיקרופלנקטון בשתי התחנות בדיגומי סתיו 2002-2015.



איור 19- התפלגות ממוצע הביומסה הכללית בדיגומי סתיו 2002-2015.

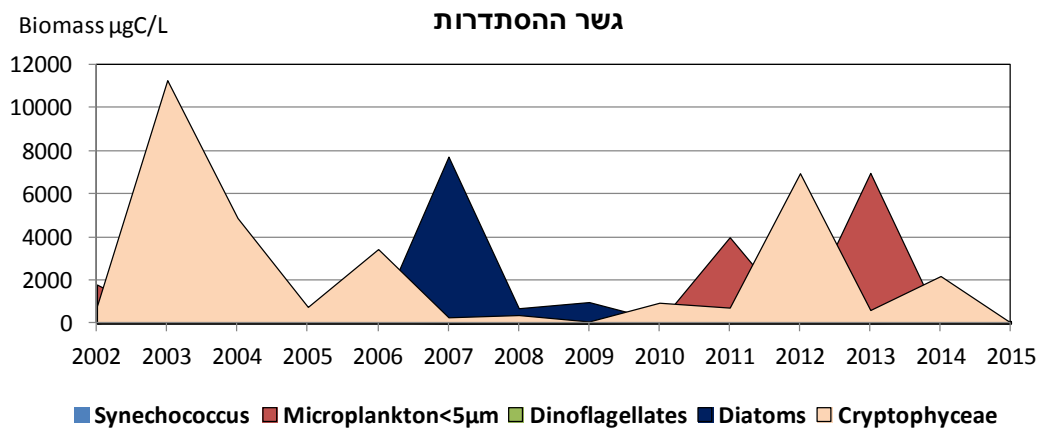
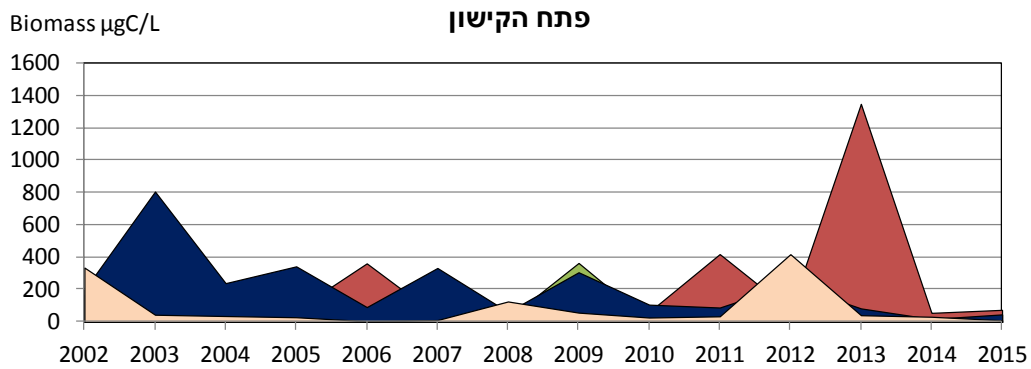


איור 20- התפלגות ממוצע הביומסה הכללית באחוזים בדיגומי סתיו 2015-2002.

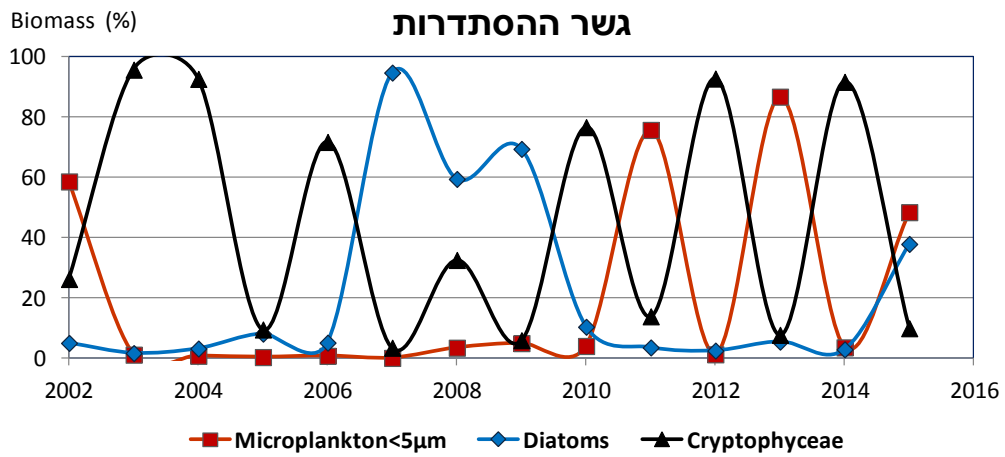
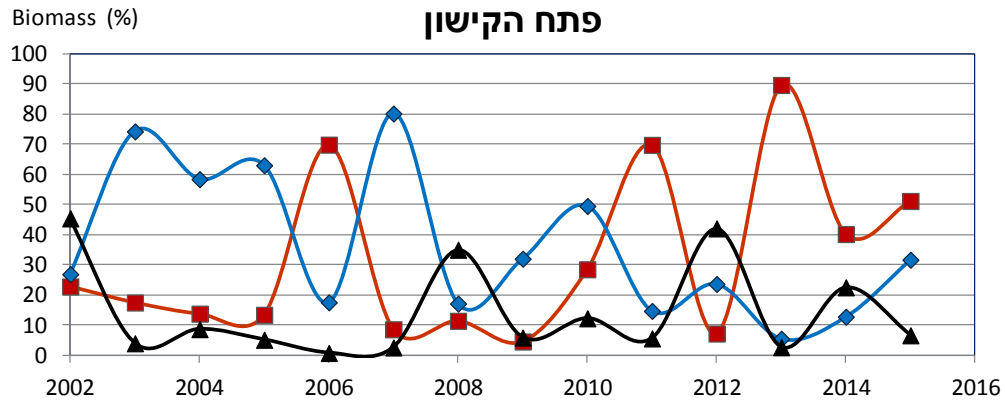


פתח הקישון שטח הסתדרות שטח

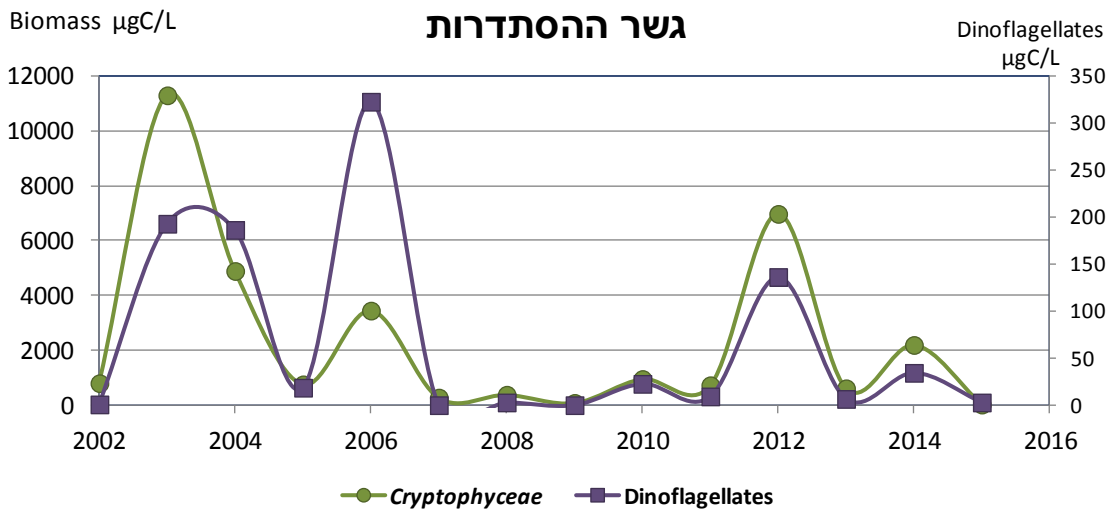
איור 21- התפלגות ביומסה קבוצות המיקרופלנקטון השונות בשתי התחנות סתיו 2002-2015.



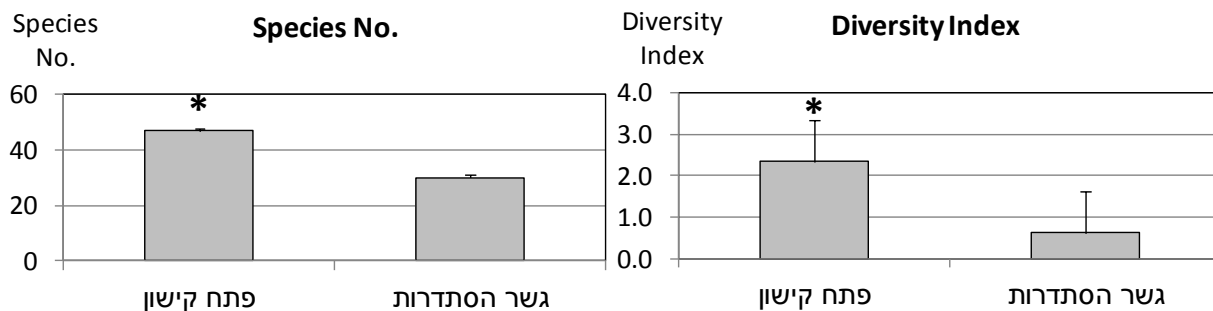
איור 22- התפלגות הביומסה של הקבוצות הדומיננטיות בדיגומי סתיו 2002-2015.



איור 23- התפלגות באחוזים של ביומסת הקבוצות הדומיננטיות - סתיו 2002-2015.



איור 24- התפלגות ביוסמת פלגטים מה Cryptophyceae ודינופלגטים בגשר ההסתדרות בדיגומי הסתיו 2002-2015.



איור 25- ממוצעי מספר המינים הכללי ואינדקס השונות מדיגומי סתיו 2002-2015.

סיכום

דיגום זה, בדומה לשנה קודמת, התאפיין בריכוז נמוך יחסית של תאי מיקרופלנקטון בתחנות ההסתדרות ופתח הקישון. באופן יוצא דופן, בדיגום זה ריכוז הדינופלגלטים בפתח הקישון היה הנמוך ביותר בהשוואה לשנים קודמות ולדיגומים אחרים לאורך החוף, זאת לעומת ריכוז הכלורופיל שהיה דומה לשנה קודמת ונמוך יחסית לכל דיגומי הסתיו הקודמים. בגשר ההסתדרות נמשכה הירידה בביומסה ובריכוז הכלורופיל והייתה יחסית נמוכה בהשוואה לדיגומי הסתיו הקודמים. בשתי התחנות נראית מגמה מובהקת של עלייה במספר המינים עם השנים, דבר המצביע על שיפור איכות המים העליונים בנחל. בפתח הקישון אינדקס השונות בשנתיים אחרונות גבוה יחסית לשנים קודמות וגם בגשר ההסתדרות הוא עלה ב- 2015 ונמצא הגבוה ביותר יחסית לשנים קודמות. מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי נעדרו מדיגום זה.

5. 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., Rahav E., Gordon N., Galil B., Lubinevsky H., Tibor G., Tom M., Rilov G., Silverman J. and Rinkevich B. (2015). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2014, IOLR Report.
- Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification with the microscope. The filter –transfer – freeze (FTF) technique. *Limnology and Oceanography* 28, 389-394.

- IOC-SCOR-UNESCO (1994). Manual and Guides 29. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1996. NOAA's Estuarine Eutrophication Survey. Volume 1: South Atlantic Region. Silver Spring, MD. Office of Ocean Resources Conservation Assessment. 50 p.
- Raveh, O., David, N., Rilov, G., and Rahav, E. (2015). The temporal dynamics of coastal phytoplankton and bacterioplankton in the eastern Mediterranean Sea. *PLoS ONE* doi:10.1371/journal.pone.0140690.
- Simon, M., Alldredge, A. L., and Azam, F. (1990). Bacterial carbon dynamics on marine snow. *Marine Ecology Progress Series*, 65, 205–211.
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* 12: 411-418.