



אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור אוקטובר 2013

דו"ח חיא"ל H14/2015

נורית גורדון, ברק חרות, נורית קרס

דו"חות חיא"ל
I O L R REPORTS



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

**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור אוקטובר 2013**

דו"ח חיא"ל H14/2015

נורית גורדון, ברק חרות*, נורית קרס

* מחבר לתכתובת

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, עדנה שפר, רחלי גל, אפרת שהם-פריזר

ברק חרות

חתימה:

פברואר 2015

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ניטור אוקטובר 2013

1. מטרת הניטור

מטרה הניטור היא לאפיין ולעקוב אחר שינויים באוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) בחלקו המלוח של נחל הקישון (בין גשר ההסתדרות למוצא נמל חיפה) ואת התנאים הסביבתיים הנלווים. אפיון האוכלוסיה הפיטופלנקטונית נעשה ברמת המערכה והסוג. במידה ונמצאו סוגים שליטים שלהם מינים הידועים כמזיקים נימשך הזיהוי עד לרמת המין.

2. דיגום ושיטות

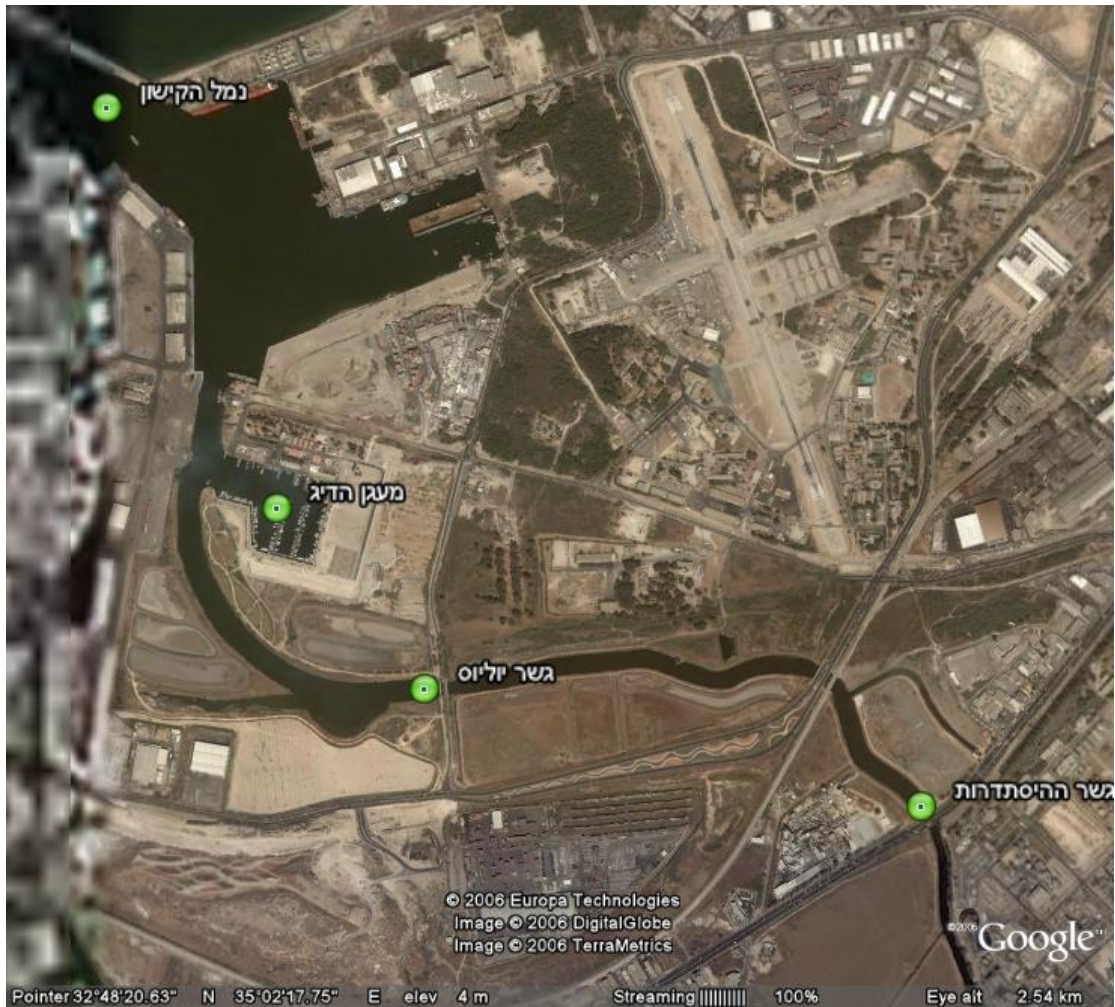
ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדייג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב-27 באוקטובר 2013 (איור א). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ערך הגבה (pH) ועכירות באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לאפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון, ולקביעת ריכוזי כלורופיל נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית) וריכוז חומר מרחף (SPM). הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות מהדיגום. דגימות המים (בנפח ידוע) רוכזו דרך פילטרים של 63 ו-15 מיקרון לצורך הסתכלות על תאים חיים וזיהויים.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו עד לבדיקתן בשיטה פוטומרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- [Kress and Herut, 2001] IOC-SCOR-UNESCO, [1994]. דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים 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. דגימות מים לבדיקת ריכוז חומר מרחף סוננו דרך פילטר 0.45 מיקרון אשר נשקל לפני הסינון. הפילטר יובש ונשקל שוב. ריכוז החומר המרחף חושב מההפרש.

דגימות מים לאפיון וספירת אוכלוסיית הפיטופלנקטון הובאו למעבדה וסוננו מייד על מספר פילטרים בהתאם לגודל תאי האצות:

1. סוגים קטנים (עד 5 מיקרון) - סוננו על גבי פילטר פוליקרבונט (0.45 מיקרון) ושומרו באמצעות גלוטראלדהיד. הפילטר עם הדגימה הונח כל גבי טיפת שמן אימרסיה שהונחה על זכוכית נושאת. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי.
2. סוגים גדולים מ-5 מיקרון - סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (3 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 הנושאת הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים נתלש הפילטר והתאים

שנשארו על הזכוכית כוסו בשכבת גליצרין גילי שהתייבש לאחר זמן מה. לאחר מכן הונחה על הדגימה טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה שנעשו באור רגיל ובפלורוסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי.



איור א: מיקום תחנות הדיגום (מסומן בעיגול) בנחל הקישון המלוח: גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג, פתח נמל הקישון. תמונה מתוך Google Earth.

מיקום התחנות נתון להלן:

תחנה	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
גשר ההסתדרות	32° 47.860'	35° 2.840'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.010'
מעגן הדיג	32° 48.360'	35° 1.823'
פתח נמל הקישון	32° 48.899'	35° 1.572'

3. תוצאות

3.1. פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

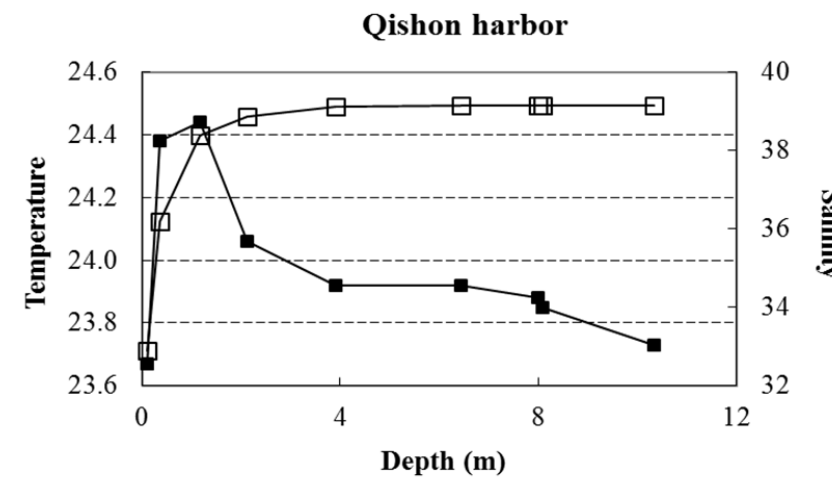
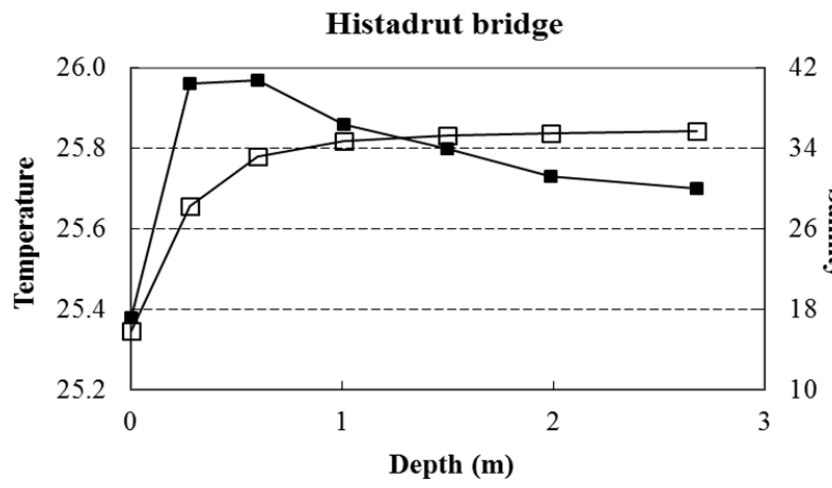
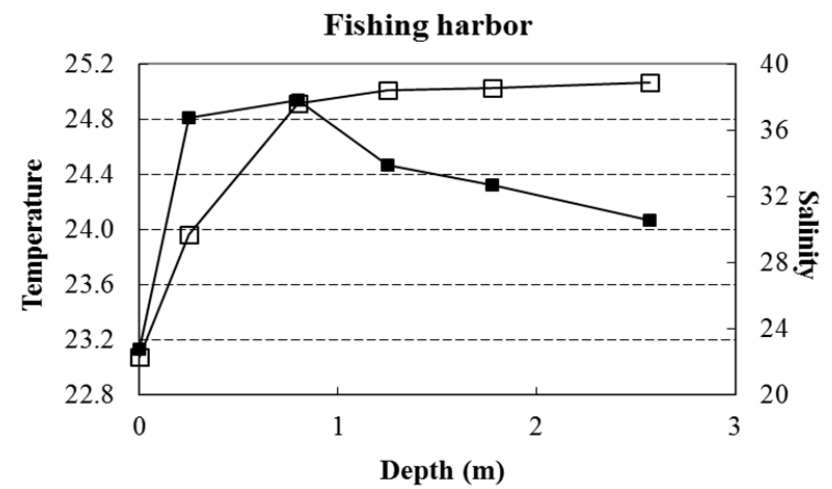
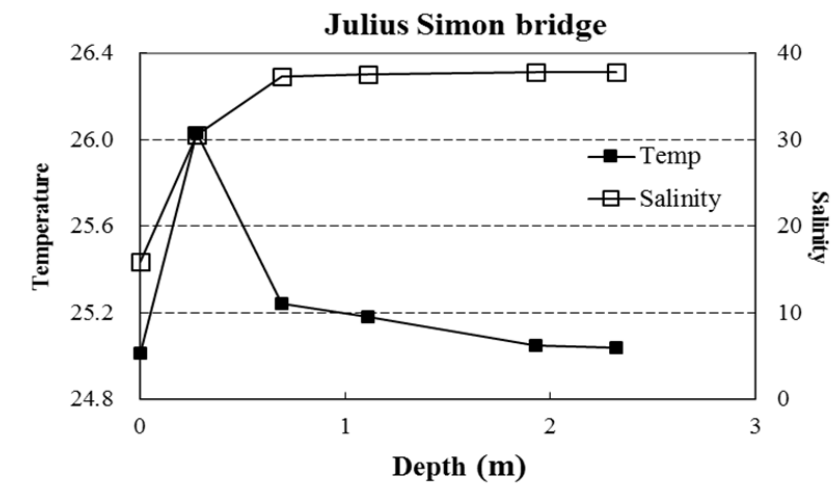
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים ב-ד. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

כללית, עמודת המים משכבת בכל תחנות הדיגום וחלקה העליון (עד עומק מים של כ-1 מ') פחות מלוח מחלקה התחתון (איור ב). המליחות עולה לכוון מורד הנחל הן בגוף המים העליון והן בתחתון, כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (טבלה 1). הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (הבדלים של כ-2 מעלת צלזיוס). טמפרטורת פני השטח מושפעת במידה מסוימת בשעת הדיגום בכל תחנה. יחסי הגומלין בין טמפרטורה למליחות מצביעים על ערבוב מסות מים באופן נפרד במי השטח ומי העומק (איור ה).

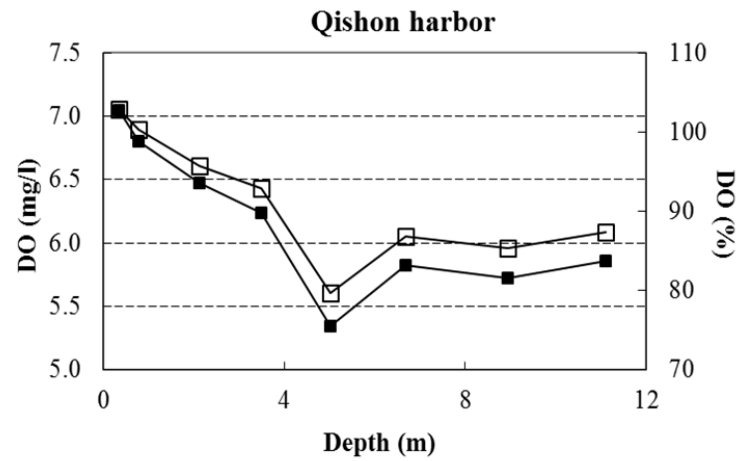
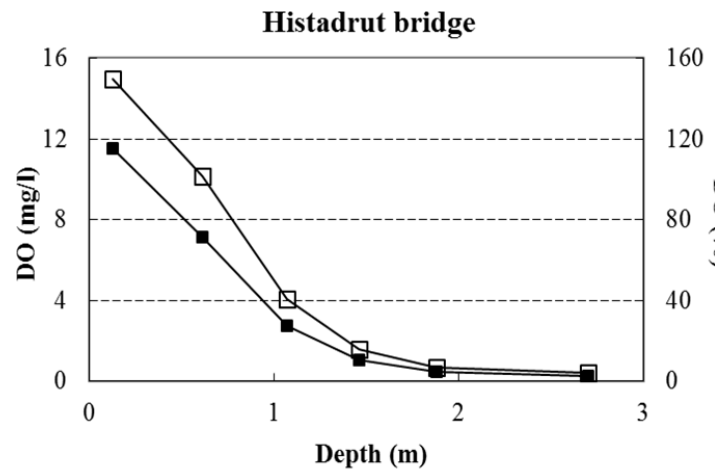
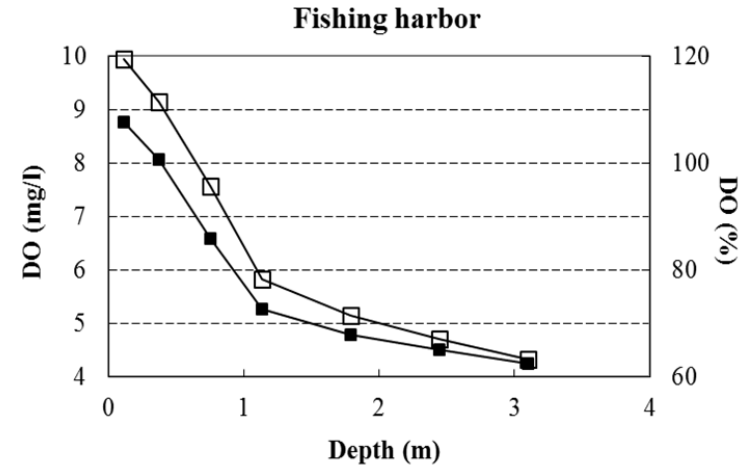
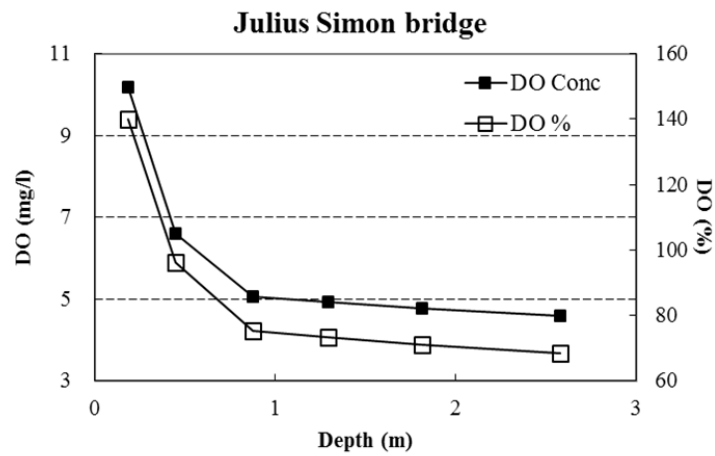
מי השטח בתחנות במעלה הנחל (יוליוס והסתדרות) על-רוויים בחמצן, כאשר אחוז רווית החמצן יורד עם עליה בעומק המים (איור ג). ריכוזי חמצן בתחום המוגדר כגורם לעקה ביולוגית (בין 2 ל-5 מג"ל) נמדד בכל התחנות, למעט בפתח נמל הקישון. ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) עניים יחסית בחמצן בגלל תהליכי נשימה לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. ערכי ההגבה (pH) היו בתחום שבין 7.4 ל-8.2 ומבנה פרופיל העומק לא הראה שינויים משמעותיים (איור ד).

ערכי העכירות היו בתחום 28-4.5 NTU, גבוה יחסית בתחנת גשר יוליוס סימון (טבלה 1, איור ד). ריכוזי החומר המרחף הראו מגמה די דומה (טבלה 1). שני המדדים נבדקים בדוגמאות מים שונות, מאחר ומדידת העכירות נעשית בזמן אמת בעמודת המים וריכוז החומר המרחף נמדד לאחר דיגום מים באמצעות בקבוק (כמו ניסקין) ולכן ייתכנו שינויים ביחסי הגומלין בין השניים.

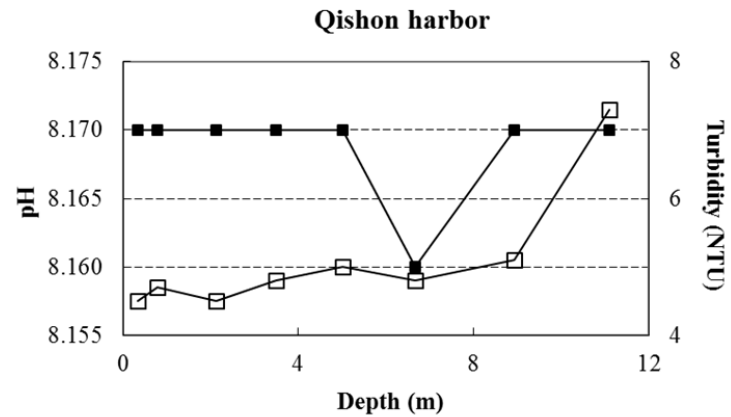
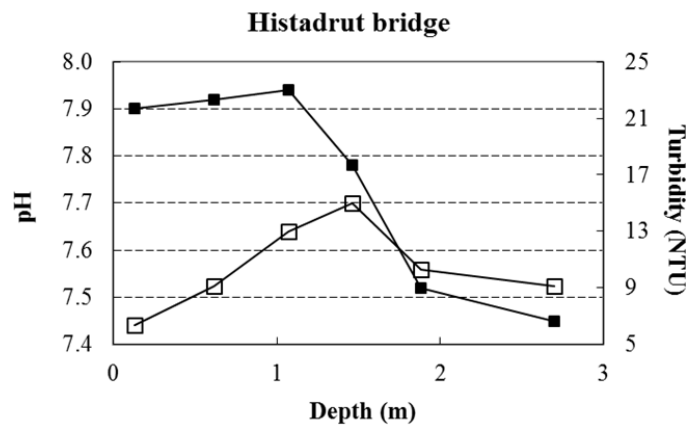
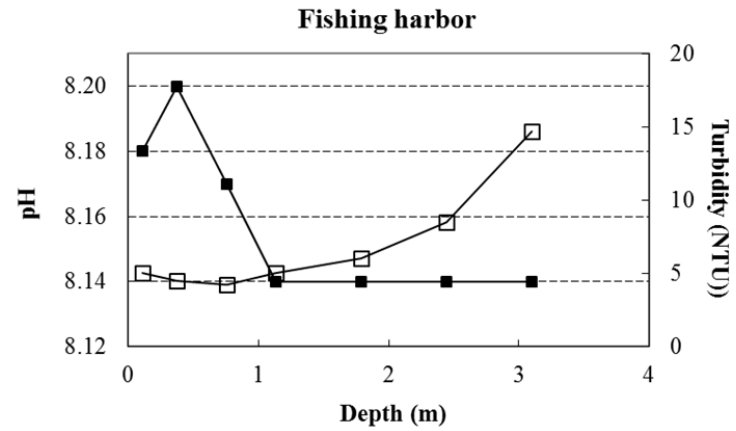
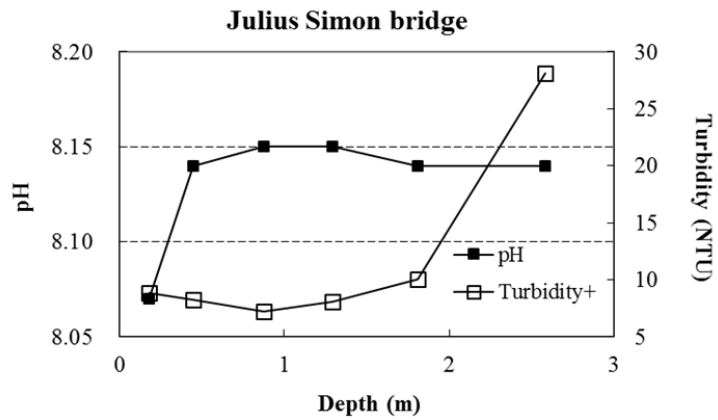
איור ב: פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, אוקטובר 2013.



איור ג: פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רווייה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, אוקטובר 2013.



איור ד : פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, אוקטובר 2013.



טבלה 1: טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נוטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום אוקטובר 2013.

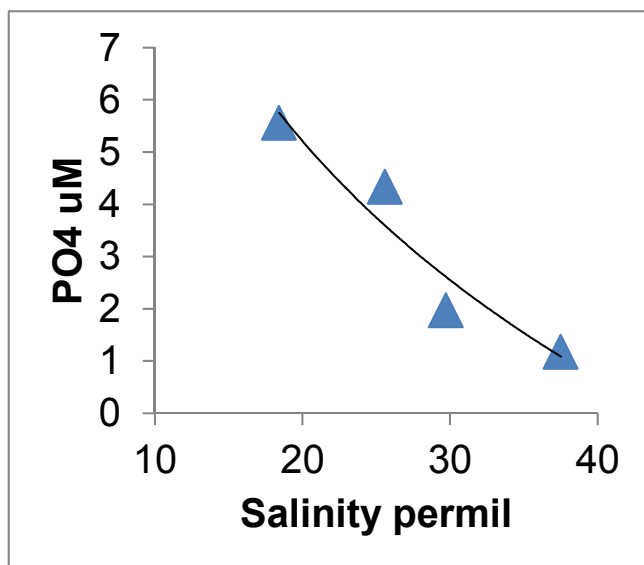
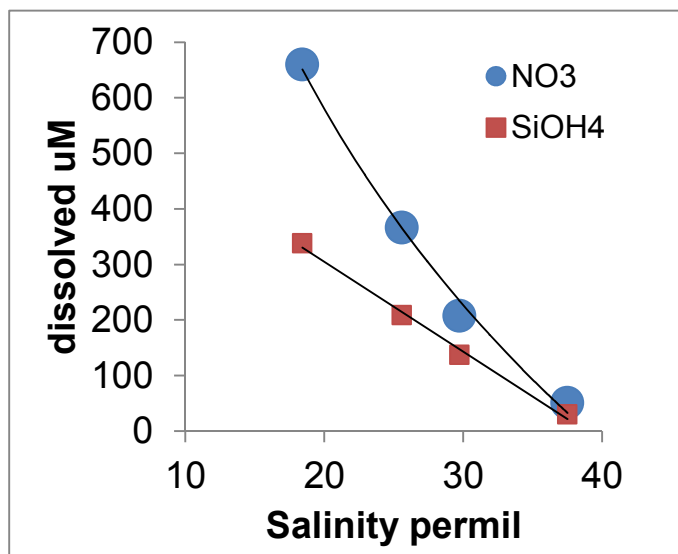
Station	Depth	Temp	Sal	O ₂		pH	Tur	SPM	Chl-a
				mg/l	%				
	<i>m</i>	<i>°C</i>					<i>NTU</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>
Qishon Harbor (QHb)	0.35	23.45	37.50	7.05	103	8.17	4.50	4.70	12.90
	11.11	24.05	39.61	5.86	87	8.17	7.30	3.95	1.68
Harbor Fishing (FHb)	0.11	22.10	29.72	8.77	119	8.18	5.00	4.65	41.10
	3.10	24.26	39.03	4.24	63	8.14	14.70	7.05	6.20
Julius Simon (Bridge) (JBr)	0.18	23.89	25.59	10.19	140	8.07	8.80	9.95	101.00
	2.58	24.28	38.77	4.60	69	8.14	28.10	15.07	16.60
Histadrut (HBr) Bridge	0.13	23.20	18.43	11.51	150	7.90	6.40	20.63	106.50
	2.70	27.82	39.34	0.26	4	7.45	9.10	17.93	77.50

Station	Depth	NO ₃	NO ₂	NH ₄	TDN	DON	PO ₄	DOP	TDP	Si(OH) ₄
	<i>m</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>
QHb	0.35	51.0	6.64	2.13	89.4	29.6	1.17	BDL	0.558	30.4
	11.11	3.92	0.61	3.61	12.2	4.05	0.340	BDL	0.337	4.68
FHb	0.11	207.7	29.8	1.60	324.2	85.0	1.97	BDL	1.24	137.3
	3.10	13.4	0.25	8.37	41.7	19.6	1.97	BDL	1.75	17.1
JBr	0.18	366.3	54.7	0.85	649.4	227.5	4.34	BDL	3.76	208.5
	2.58	55.4	8.33	9.50	129.0	55.7	1.33	0.010	1.34	35.8
HBr	0.13	659.6	96.7	90.8	1135.2	288.1	5.56	0.776	6.34	338.4
	2.70	235.0	281.4	440.5	1385.1	428.1	6.22	1.52	7.74	173.7

ריכוזי הנוטריאנטים (למעט ריכוזי הפוספט) במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום, (טבלה 1). הריכוזים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות מההזרמות מהמעלה וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, בהשפעת מידת המיהול עם מי ים (איור ה). ריכוזי הסיליקה, הניטראט ובמידה רבה גם הפוספט מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיהול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים, אבל מושפעים גם מתהליכים ביולוגיים (ניטריפיקציה, נשימה).

בכל התחנות (פתח הנמל גבולי), ריכוזי החנקן והזרחן במי השטח מראים רמת זיהום (איאורופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2). הקריטריונים מתייחסים לכלל החנקן והזרחן המומסים ולא רק לחלק האי-אורגני שנמדד בניטור זה עבור הפוספט.

איור ה: יחסי גומלין בין ניטראט, פוספאט וסיליקה למליחות בתחנות הדיגום, אוקטובר 2013.



ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנת דיגום וריכוזם יורד בכיוון מורד הנחל. הריכוזים במי השטח בגשר ההסתדרות, בגשר יוליוס סימון ומעגן הדיג מצביעים על רמה איאטרופית גבוהה או גבוהה מאוד (היפר) (טבלאות 1 ו-2).

טבלה 2: קריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים.

	Eutrophic state			
	Hyper-eutrophic	High	Medium	Low
Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	> 60	20-60	5-20	0-5
Turbidity (Secchi depth – m)		<1	1-3	>3
TDN (mg/L)		>1	0.1-1	0-0.1
TDN (μM)		>71	7.1-71	0-7.1
TDP (mg/L)		>0.1	0.01-0.1	0-0.01
TDP (μM)		>3.2	0.32-3.2	0-0.32
DO	A or HY	A or		

TDN - total dissolved nitrogen; TDP - total dissolved phosphorus; DO - dissolved oxygen; A- anoxia (DO = 0 mg/L); HY - hypoxia ($0 < \text{DO} < 2$ mg/L); biological stress ($2 < \text{DO} < 5$ mg/L)

3.2 קבוצות המיקרופלנקטון

קבוצות המיקרופלנקטון – דיגום קישון מאי 2013

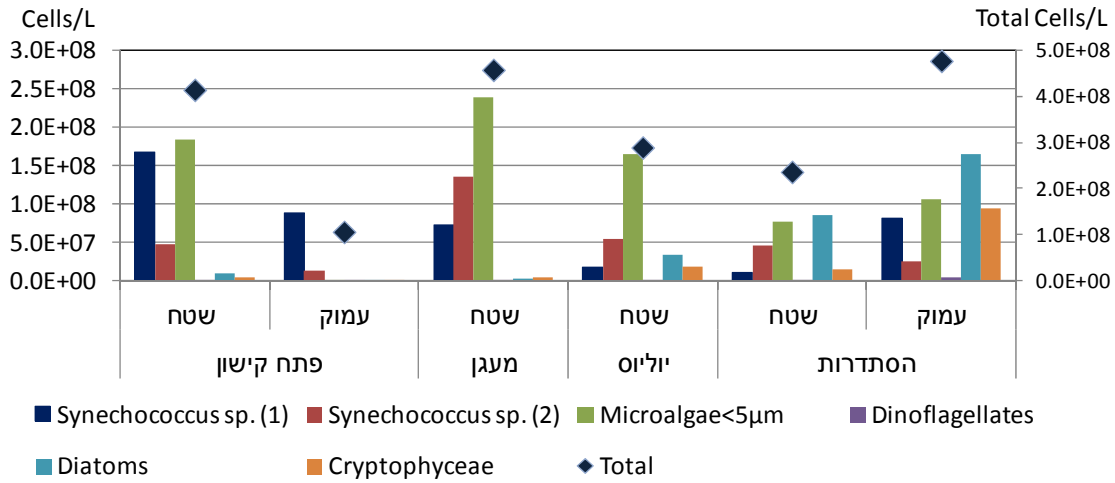
פריחת אצות מקבוצות שונות איפיינה חלק מתחנות הקישון השונות. שיא פריחת אצות נמצא בגשר ההסתדרות במי העומק, שם פרחו אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ואצות צורניות כפי שנמצא בשנה קודמת. בגשר יוליס ובתחנות האחרות פרחו בנוסף מיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$, וריכוזן היה הגבוה ביותר במעגן הדייג.

בגשר ההסתדרות במי העומק ריכוז הכלורופיל הצביע על רמה היפר-איאוטרופית יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. רמה איאוטרופית גבוהה נמצאה במי שטח גשר ההסתדרות וגשר יוליס, רמה בינונית נמצאה במי שטח מעגן הדייג ופתח הקישון ואילו במי עומק פתח הקישון נמצאה רמה איאוטרופית נמוכה. נמצא מתאם גבוה בין ריכוז הכלורופיל לביומסת הפיטופלנקטון ושני פרמטרים אלה נמצאו הגבוהים ביותר במי עומק גשר ההסתדרות, בדומה לשנה קודמת.

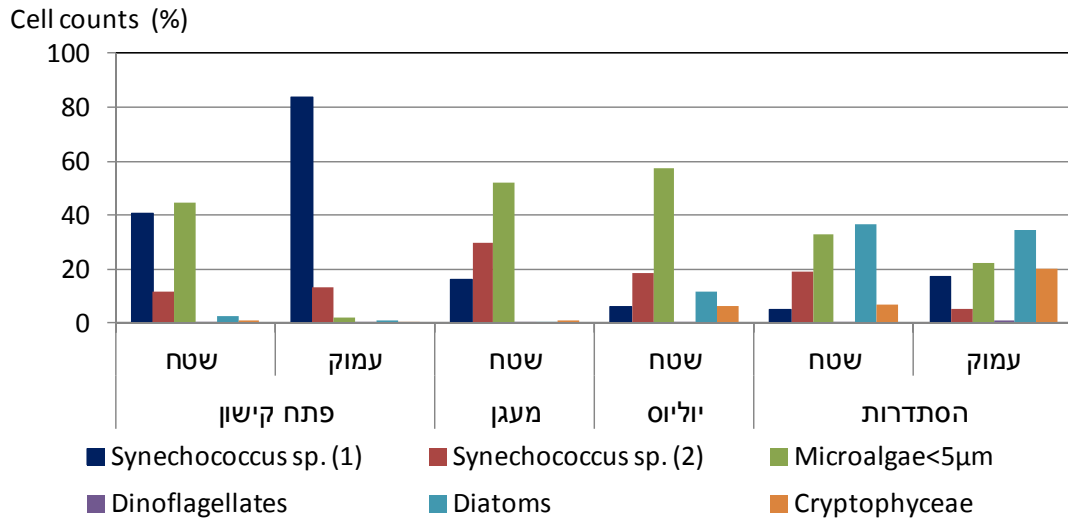
ריכוז התאים – בדומה לשנה קודמת, ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בגשר ההסתדרות במי העומק (4.8 $\times 10^8$) (איור 1). ריכוז התאים הקטן ביותר נמצא בעומק פתח הקישון. מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות מספרית במי שטח פתח הקישון, במעגן הדייג ובגשר יוליס והיוו בממוצע $51\% \pm 6\%$ מריכוז התאים הכללי בתחנות אלה (איור 2). במי עומק פתח הקישון, הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus sp.* היו דומיננטיות והיוו 84% מריכוז התאים הכללי. בגשר ההסתדרות בשני העומקים פרחו אצות צורניות, שהיוו 35% מריכוז התאים בתחנות אלה, וכן הופיעו בריכוז גבוה מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ ופלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*.

הביומסה וריכוז הכלורופיל – נמצא גרדיאנט של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איור 3). בגשר ההסתדרות ובמיוחד בעומק תחנה זו, הביומסה נמצאה הגבוהה ביותר. במי שטח פתח הקישון אצות צורניות ומיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות בביומסה (איור 4), והיוו ביחד 70% מהביומסה הכללית בתחנה זו (איור 5). במי עומק פתח הקישון בקטריות כחוליות וצורניות היוו את עיקר הביומסה (70% מהביומסה). במעגן הדייג מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היוו 60% מהביומסה. בגשר יוליס הביומסה התחלקה באופן דומה בין 3 הקבוצות: צורניות, מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ ופלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. במי שטח גשר ההסתדרות ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית והן היוו 57% מהביומסה הכללית. בעומק גשר ההסתדרות ביומסת הצורניות הגיעה לשיא ויחד עם פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* הם היוו 85% מהביומסה הגבוהה שנמצאה בתחנה זו.

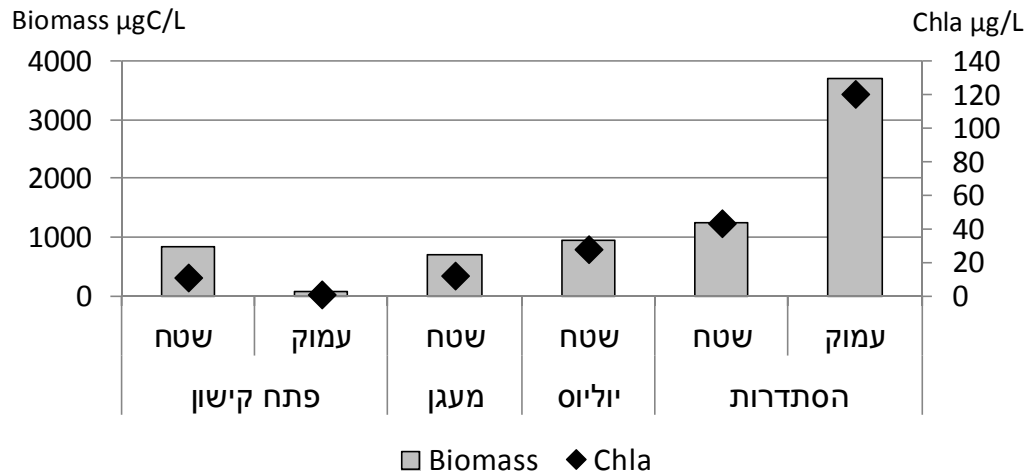
איור 1 : ריכוז תאי הפיטופלנקטון מהקבוצות השונות בתחנות הקישון – מאי 2013



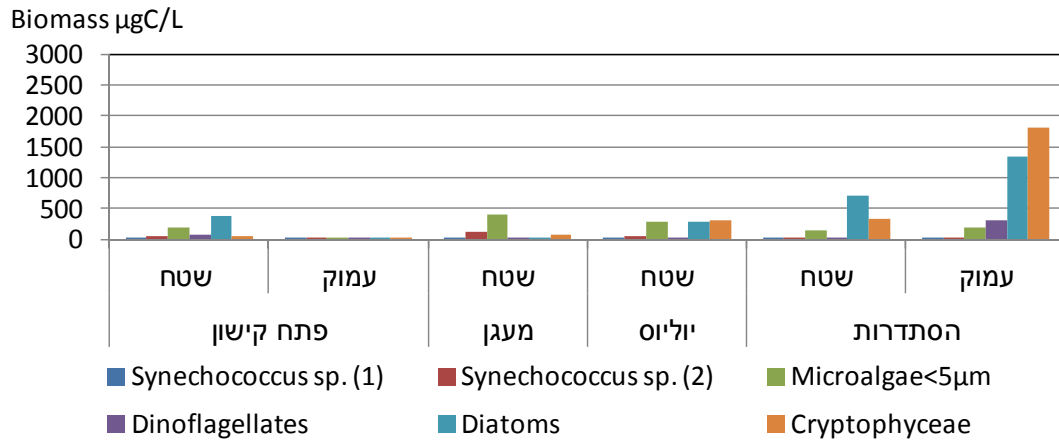
איור 2 : ריכוז תאי קבוצות הפיטופלנקטון השונות באחוזים – מאי 2013



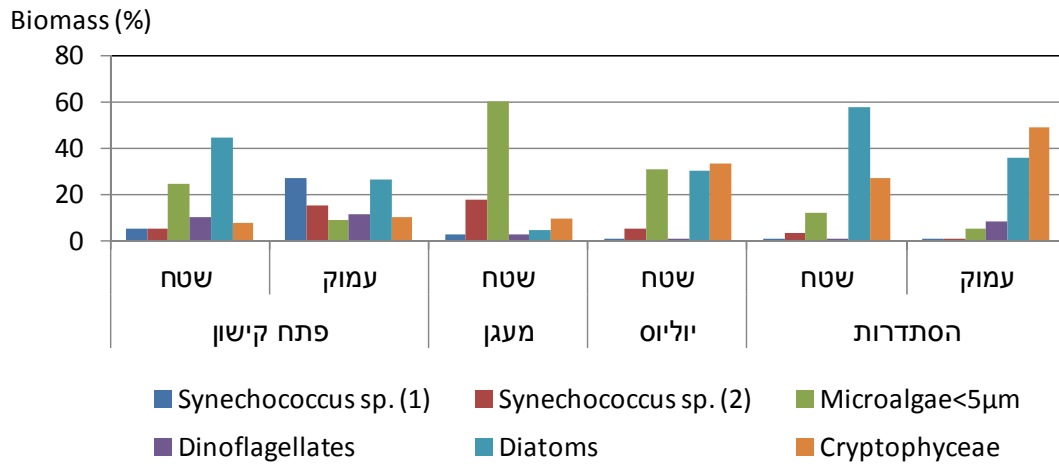
איור 3 : התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בתחנות השונות – מאי 2013



איור 4 : התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות הקישון – מאי 2013



איור 5 : התפלגות באחוזים של ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות- מאי 2013



הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 3), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר היו אצות מקבוצת הצורניות ופלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. בפתח הקישון נמצאה פריחה של הצורנית *Pseudonitzschia* sp., שהיוותה 90% מביומסת הצורניות בתחנה זו. צורנית זו מאפיינת מי ים (בניגוד לצורניות אחרות שפרחו במעלה הנחל והן סבילות למליחות נמוכה ממי ים). בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות בשני העומקים פרוחה הצורנית השכיחה גם מדיגומים קודמים, *Thalassiosira pseudonana*, והיוותה בהן $73\% \pm 3\%$ מביומסת הצורניות. צורניות שכיחות נוספות היו מיני *Navicula* spp. – ו- *Cyclotella* spp., שהופיעו בריכוז גבוה יותר בגשר ההסתדרות. בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות נמצאה פריחה גדולה של מינים מה- *Cryptophyceae* ובהם גם המין *Hemiselmis* sp., הנפוץ גם בעבר במעלה הנחל. בפני שטח מעגן הדייג, נמצא ריכוז גבוה יחסית של אצות מקבוצת הירוקיות. מבין הדינופלגלטים היו נפוצים מינים קטנים עד 15, במיוחד בעומק גשר ההסתדרות בו הם פרוחו. המין *Prorocentrum triestinum* היה שכיח במיוחד בפתח הקישון ובריכוז נמוך יותר במעגן הדייג, מין זה נמצא שכיח גם בדיגומים קודמים. כמו כן הופיע ריכוז גבוה יחסית של דינופלגלטים מהמין *Scrippsiella trochoidea* בפתח הקישון. מיני הצורניות, הדינופלגלטים והפלגלטים שהוזכרו לעיל, ידועים כיוצרי פריחות, במיוחד במים בהם קיימת העשרה בנוטריינטים.

טבלה 3: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בדיגום מאי 2013

	פתח קישון		מעגן	יוליוס	הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	עמוק
Dinoflagellates						
Unidentified <15µm	3.1E+05	2.0E+04	2.9E+04			4.5E+06
<i>Prorocentrum triestinum</i>	1.0E+05	310	4.2E+04	267		300
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1.4E+04	40	1360			
Diatoms						
<i>Cyclotella</i> spp.	4.7E+04	4.5E+02	1.2E+04	5.0E+05	8.0E+05	1.1E+05
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.6E+04	2.6E+04	287	100		1200
<i>Navicula</i> sp. (497k)	120			2.0E+04		3300
<i>Navicula</i> sp. (8µm)	1.0E+06	5.4E+05	6.4E+05	6.6E+06	1.8E+07	5.2E+07
<i>Navicula</i> spp.				3.1E+04	4.5E+04	
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	6.1E+06	2.4E+05	1.5E+05	2.5E+04	2450	6.4E+04
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	2.4E+06		2.1E+06	2.7E+07	6.6E+07	1.1E+08
Cryptophyceae						
<i>Cryptomonad</i> spp.	1.0E+06	3.7E+05	1.1E+06	1.3E+07	1.4E+07	4.8E+07
<i>Hemiselmis</i> sp.	3.3E+06	1.9E+05	3.4E+06	4.8E+06	1.2E+06	4.6E+07
Cyanobacteria						
<i>Synechococcus</i> sp. (1)	1.7E+08	8.8E+07	7.3E+07	1.8E+07	1.2E+07	8.0E+07
<i>Synechococcus</i> sp. (2)	4.8E+07	1.4E+07	1.4E+08	5.4E+07	4.5E+07	2.6E+07
<i>Leptolyngbya</i> spp.			4000	267	1.4E+04	
Microalgae<5µm	1.8E+08	1.8E+06	2.4E+08	1.7E+08	7.8E+07	1.1E+08
Chlorophyceae						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	80			1267	2.4E+04	5500
<i>Oltmannsiella lineata</i>	2.6E+05	150	2080			
<i>Scenedesmus arcuatus</i>			1.2E+06			
<i>Selenastrum</i> sp. (620k)	2320	20	6.4E+05	1067	1750	600
Total	4.1E+08	1.1E+08	4.6E+08	2.9E+08	2.4E+08	4.8E+08

הרכב מיני המיקרופלנקטון הפחות שכיח

מינים אופייניים למי ים הופיעו בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון בשני העומקים, ובריכוז הולך ויורד במעלה הנחל, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (טבלה 4). מספר מיני הצורניות והדינופלגלטים היה גבוה יותר בפתח הקישון ובמיוחד במי העומק (איור 6). מיני הדינופלגלטים וחלקם הגדול של מיני האצות הצורניות הפחות שכיחות, שהופיעו בדיגום, אופייניים בעיקר למי ים, ולכן איפיינו יותר את מורד הנחל, המלוח יותר. מרבית מיני הדינופלגלטים הפחות שכיחים הופיעו בריכוז נמוך, להוציא *Prorocentrum micans* הנפוץ בדיגומים, שריכוזו היה מעט גבוה יותר במי שטח הקישון. בדיגום זה הופיע לראשונה בתחנות מעלה הנחל המין *Glenodinium* sp., ובריכוז גבוה יותר בגשר ההסתדרות. מינים מסוג זה הם בעלי תפוצה נרחבת גם במים מתוקים ובמי ים. מיני אצות ירוקיות, ובקטריות כחוליות האפייניות למים פחות מלוחים, איפיינו את תחנות מעלה הנחל, והופיעו בהן במספר ובריכוז גבוה יותר יחסית לתחנות פתח הקישון ומעגן הדיג. בין האצות הירוקיות הופיע מגוון גדול יחסית של מיני *Scenedesmus* spp. ומבין הבקטריות הכחוליות, היו שכיחים בקטריות חד תאיות כמו מיני *Chroococcus* sp. ובקטריות חוטיות כמו מיני *Oscillatoria* spp.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – בדיגום זה הופיע ריכוז נמוך בדרך כלל של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי (טבלה 4), בעיקר בפתח הקישון. המינים השכיחים יותר בדיגום זה היו מיני *Alexandrium* spp., *Gymnodinium* cf. *catenatum* ו- *Dinophysis rotundata*, אם כי ריכוזם היה נמוך יחסית. מינים נוספים שהופיעו בריכוז נמוך מאד היו המינים: *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis caudata* ו- *Prorocentrum minimum*. כמו כן הופיעה בפריחה בפתח הקישון האצה הצורנית *Pseudonitzschia* sp. חלק מהמינים מקבוצה זו ידועים כבעלי פוטנציאל טוקסי. מבין ה- *Raphidophyceae* הופיע בריכוז נמוך מאד הפלגט *Heterosigma* cf. *akashio* שהוא בעל פוטנציאל טוקסי, והופיע בעבר בפריחה בפתח הקישון.

מגוון המינים: מספר המינים היה הגבוה ביותר בעומק פתח הקישון והוא נמצא בירידה לכיוון מעלה הנחל (איור 7). הרכב המינים מהקבוצות השונות היה שונה בין התחנות. בפתח הקישון ובמעגן הדיג היו הצורניות והדינופלגלטים דומיננטיות מבחינת מספר המינים, ואילו בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות מספר הדינופלגלטים הצטמצם (כיוון שמרביתם מינים ימיים), מספר מיני הצורניות ירד ומספר מיני הבקטריות הכחוליות והאצות הירוקיות, שהן אפייניות יותר למים פחות מלוחים עלה.

אינדקס השונות (מחושב לפי מסי המינים / שורש ריבועי של הבימוסה) - אינדקס השונות בעומק פתח הקישון עלה באופן ניכר יחסית לשנה קודמת ונמצא הגבוה ביותר יחסית לכל התחנות. בפני שטח פתח הקישון ומעגן הדיג אינדקס השונות ירד יחסית לשנה קודמת. אינדקס השונות ירד בהדרגה עם העלייה במעלה הנחל בהתאמה עם העלייה בבימוסה הכללית (איור 7). האינדקס הנמוך ביותר נמצא בעומק גשר ההסתדרות, כפי שנמצא בשנה קודמת.

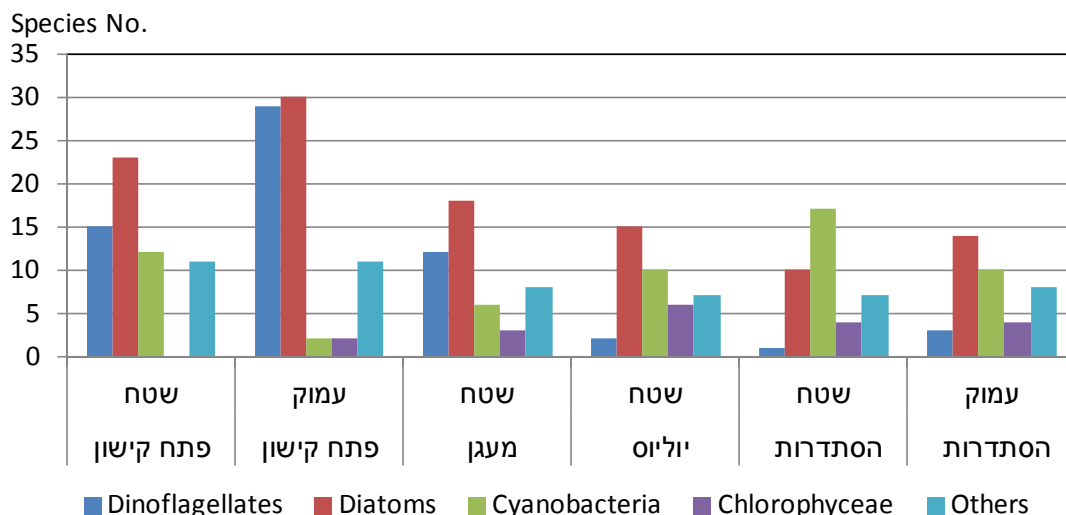
טבלה 4: ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2013

	פתח קישון		מעגן		הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	עמוק
Dinoflagellates						
<i>Akashiwo sanguinea</i>	40					
<i>Alexandrium</i> spp.	820	410	160			
<i>Ceratium furca</i>		10				
<i>Ceratium kofoidii</i>		3				
<i>Cochlodinium helicoides</i>	20					
<i>Dinophysis caudata</i>		7				
<i>Dinophysis rotundata</i>		162	80			
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>						
<i>Glenodinium</i> sp. (624k)			73	140	650	600
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i>	340					
<i>Gymnodinium elongatum</i>	40	20				
<i>Gymnodinium</i> sp. (97A)						
<i>Gymnodinium</i> spp.	380	20				
<i>Gyrodinium instriatum</i>		10	160			
<i>Kofoidinium</i> sp.		3				
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>		70	40			
<i>Oxytoxum laticeps</i>		20				
<i>Oxytoxum variabile</i>		20				
<i>Peridinium quinquecorne</i>	20	10	7			
<i>Podolampas palmipes</i>		10				
<i>Prorocentrum micans</i>	1680	80	40			
<i>Prorocentrum mimimum</i>		480				
<i>Prorocentrum rotundatum</i>	160					
<i>Protoperidinium depressum</i>	7	110				
<i>Protoperidinium excentricum</i>		3				
<i>Protoperidinium obtusum</i>		3				
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	260	50	27			
<i>Protoperidinium</i> sp. (571k1)		30				
<i>Protoperidinium</i> spp.	100	70	80			
<i>Protoperidinium subinerme</i>		20				
<i>Torodinium robustum</i>		20				
<i>Warnowia</i> sp. (315A)		30				
<i>Warnowia</i> sp. (423A)		10				
Diatoms						
<i>Achnanthes</i> sp.			50			
<i>Amphora</i> sp.				7		
<i>Asterionellopsis glacialis</i>		80				
<i>Bacillaria paradoxa</i>		47				
<i>Bellerochea</i> spp.		90	40			
<i>Biddulphia rhombus</i>		13				
<i>Campylodiscus decorus</i>			40			
<i>Cerataulina bicornis</i>	2200	20				
<i>Cerataulina pelagica</i>	1960	60	50	13		
<i>Chaetoceros didymus</i>						
<i>Chaetoceros</i> spp.	2240	60	50			220
<i>Coscinodiscus</i> spp.	140	293				
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	440	710	73			
<i>Entomoneis gigantea</i> var <i>sulcata</i>					7	200
<i>Entomoneis paludosa</i>			13		20	
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)			7			
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)		20				
<i>Guinardia striata</i>		80				
<i>Hemiaulus hauckii</i>	80	30				
<i>Hemiaulus membranaceus</i>		60				
<i>Lauderia annulata</i>	1300		17			400
<i>Lithodesmium undulatum</i>	40					
<i>Melosira moniliformis</i>	40	23	440	160		
<i>Meuniera membranacea</i>	320	1590				
<i>Navicula</i> sp. (1949)	40				200	
<i>Navicula</i> sp. (320)		470				
<i>Navicula</i> sp. (346A)			7			
<i>Navicula</i> sp. (497k1)	40		7	133		800
<i>Navicula</i> sp. (588k)				27	100	
<i>Navicula</i> sp. (968)	140					
<i>Navicula</i> sp. (BS89)		10		67	450	500
<i>Nitzschia incerta</i>		20				

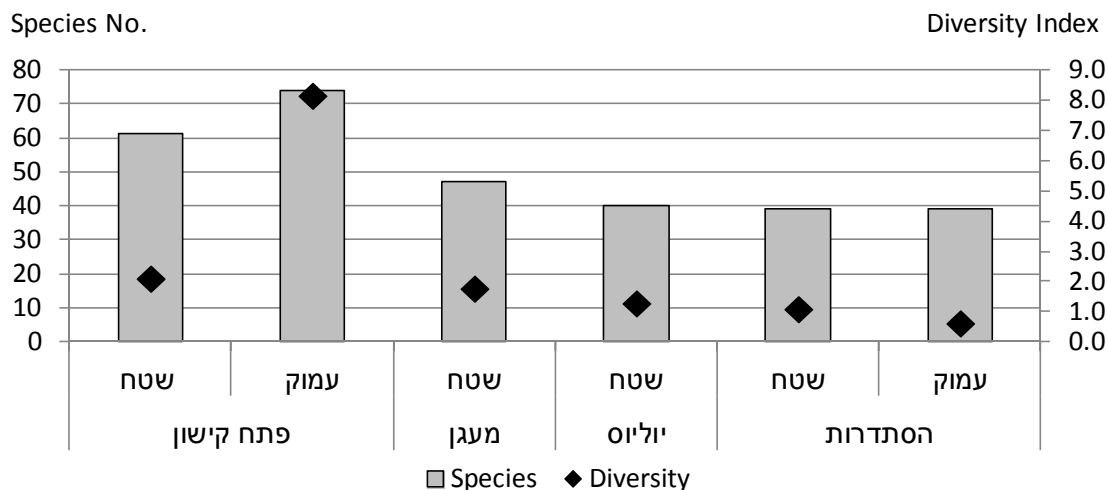
טבלה 4 (המשך): ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2013

	פתח קישון	מעגן	יוליס	הסתרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	עמוק
Diatoms					
<i>Nitzschia</i> sp. (351k)			7		100
<i>Paralia sulcata</i>		27			
<i>Pleurosigma</i> sp. (1825)					10
<i>Pleurosigma</i> spp.		7	67		
<i>Rhizosolenia alata</i>	60				
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>		30			
<i>Rhizosolenia hebetata</i>		7			
<i>Skeletonema costatum</i>	200				
<i>Streptotheca tamesis</i>		50			
<i>Surirella</i> sp.		13	40		
<i>Synedra</i> sp. (576k)		20			
<i>Thalassiosira</i> spp.	2640				40
<i>Triceratium dubium</i>	7	10			
Chlorophyceae					
<i>Coelastrum microporum</i>	40			1050	1000
<i>Coelastrum</i> sp. (503A)				2950	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	140		160	67	200
<i>Crucigeniella quadrata</i>	160				
Flagellate spp.	8.9E+04				
<i>Oocystis borgei</i>					700
<i>Oocystis</i> sp. (1294)					400
<i>Oocystis</i> sp. (1991)			47	1850	
<i>Oocystis</i> sp. (486A)			33		
<i>Oocystis</i> sp. (882)				950	
<i>Pediastrum duplex</i>			213	1050	290
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>clathratus</i>				907	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	360			700	
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>			20		
<i>Scenedesmus bijuga</i>			267		
<i>Scenedesmus brevispina</i>					
<i>Scenedesmus denticulatus</i>				200	
<i>Scenedesmus intermedius</i>	80		27		
<i>Scenedesmus microspina</i>	80				
<i>Scenedesmus obliquus</i>				1600	
<i>Scenedesmus opoliensis</i>				627	800
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>				200	
<i>Scenedesmus ovalternus</i> var. <i>irregularis</i>			67		
<i>Scenedesmus planctonicus</i>	160			200	200
<i>Scenedesmus producto-capitatus</i>					40
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	80		27	167	800
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>biornatus</i>					200
Cyanobacteria					
<i>Aphanocapsa</i> sp.				800	
<i>Chroococcus</i> sp. (111A)		40	320	40	2300
<i>Chroococcus</i> sp.					40
<i>Lyngbya</i> sp.		3333			
<i>Merismopedia tenuissima</i>				1067	
<i>Microcystis aeruginosa</i>					500
<i>Oscillatoria tenuis</i>					6200
<i>Oscillatoria formosa</i>				1100	
<i>Oscillatoria</i> sp. (613k)				167	
<i>Oscillatoria</i> sp. (914)					3750
<i>Planktothrix</i> sp.			200	373	
Raphidophyceae					
<i>Hetrosigma</i> cf. <i>akashiwo</i>	520	80			
Euglenoidea					
<i>Euglena</i> sp.	80			7	300
<i>Eutreptia</i> sp.	320	80	800	600	2500
<i>Phacus acuminatus</i>	7				
Ebriophyceae					
<i>Hermesinium adriaticum</i>		20			
<i>Ebria tripartita</i>		3			
Ciliates					
<i>Mesodinium rubrum</i>	160	210	240		

איור 6 : התפלגות מספר המינים מהקבוצות השונות – מאי 2013



איור 7 : התפלגות מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות השונות- מאי 2013



לסיכום דיגום מאי 2013

1. **ריכוז כלורופיל** גבוה מאוד נמצא במי עומק גשר ההסתדרות, ורמת הכלורופיל בהם הייתה היפר-איאוטרופית יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. ריכוז הכלורופיל ירד עם הירידה במורד הנחל, ונמצא הנמוך ביותר בעומק פתח הקישון.
2. **ריכוז התאים והביומסה** היו הגבוהים ביותר בעומק גשר ההסתדרות ונבעו מפריחת אצות צורניות ופלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. הביומסה של קבוצות האצות השונות התפלגה באופן שונה בכל תחנה ובהתאם נתקבלו פריחות שונות בתחנות השונות.
3. **פריחות** – בפתח הקישון פרחו הצורנית *Pseudonitzschia* sp. במעגן הדייג פרחו מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$, בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות פריחה של *Thalassiosira pseudonana* ופלגלטים מה- *Cryptophyceae*.
4. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – בדיגום הנוכחי הופיעו בריכוז נמוך יחסית מינים בעלי פוטנציאל טוקסי.

5. **מספר המינים ואינדקס השונות** - מספר המינים היה הגבוה ביותר בעומק פתח הקישון והוא נמצא בירידה לכיוון מעלה הנחל. אינדקס השונות ירד בהדרגה עם העלייה במעלה הנחל בהתאמה עם העלייה בביומסה הכללית. האינדקס הנמוך ביותר נמצא בעומק גשר ההסתדרות, כפי שנמצא בשנה קודמת.

השוואה רב-שנתית של דיגומי מאי בשנים 2003-2013

* מים מעומק תחנות מעגן הדייג וגשר יוליוס נלקחו עד שנת 2009 כולל.

1. **ריכוז התאים**: ריכוז התאים הממוצע נמצא בעלייה מפתח הקישון לכיוון מעלה הנחל, כאשר בגשר יוליוס נמצא הריכוז הגבוה ביותר (איור 8). בעומק פתח הקישון נמצא ריכוז התאים הנמוך ביותר. למרות ההבדלים בממוצע ריכוז התאים בין התחנות ובמיוחד בין פתח הקישון לתחנות האחרות הם לא נמצאו מובהקים וזאת משום התנודות הגדולות בריכוז התאים בין השנים (איור 9). בפני שטח פתח הקישון, בכל הדיגומים, ריכוז התאים היה גדול מהריכוז בעומק התחנה, אולם בתחנת גשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כזו, ובחלק מהדיגומים ריכוז התאים היה גבוה יותר דווקא במים העמוקים, כפי שקרה בשלוש שנים אחרונות. בדיגום השנה הייתה עלייה בריכוז התאים בכל התחנות להוציא תחנת גשר ההסתדרות בשני העומקים, שריכוז התאים בה ירד. העלייה בריגוז התאים השנה נבעה בעיקר מעלייה בריכוז מיקרואצות קטנות מ – $5\mu\text{m}$.

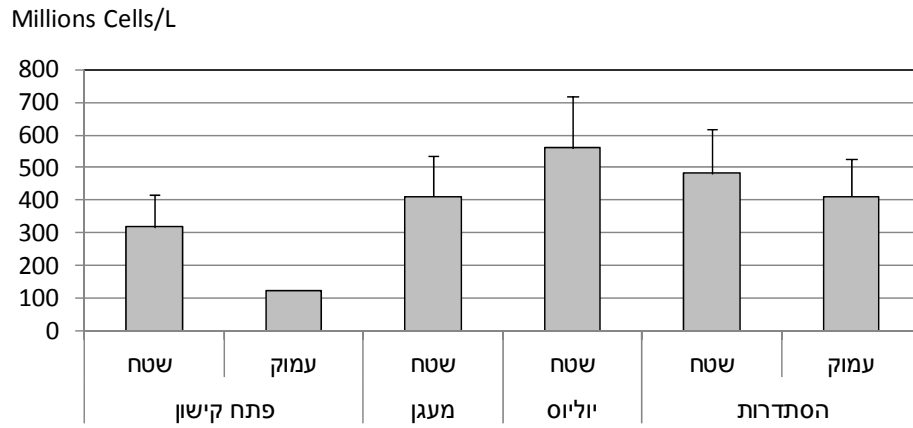
2. **ביומסה וריכוז כלורופיל**: נראית מגמה כללית רב שנתית של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל בתחנות הרדודות והעמוקות. בגשר ההסתדרות בשני העומקים הביומסה וריכוז הכלורופיל הממוצעים דומים ודומים לאלה שבגשר יוליוס (איור 10). בעומק פתח הקישון הביומסה וריכוז הכלורופיל נמוכים יחסית למי השטח בתחנה זו ובתחנות האחרות וכן יחסית למי העומק בגשר ההסתדרות. הבדלים אלה בין התחנות השונות אינם תמיד מובהקים משום התנודות הגדולות בין השנים (איורים 11,12). בדיגום 2013 ריכוז הכלורופיל ירד בכל התחנות להוציא פני שטח פתח הקישון (איור 12). הביומסה הכללית ירדה גם היא במרבית התחנות להוציא פתח הקישון ומעגן הדייג (איור 13). במי העומק בגשר ההסתדרות, למרות הירידה בביומסה ובריכוז הכלורופיל השנה, ערכי פרמטרים אלה עדיין גבוהים בארבע שנים אחרונות יחסית לשנות הדיגום הקודמות. בגשר ההסתדרות בשני העומקים ובפני שטח גשר יוליוס ממוצע ריכוז הכלורופיל מ-10 שנות הדיגום, דומה ונמצא בתחום ערכי איאטרופיקציה המוגדרת כהיפראיאוטרופית, במי שטח מעגן הדייג ופתח הקישון בתחום בינוני ואילו בעומק פתח הקישון בתחום הנמוך (איור 10).

3. **קבוצות המיקרו פלנקטון והופעת פריחות** – קבוצת הצורניות היוותה מרכיב מרכזי בביומסה בדיגומי מאי בכל התחנות ולאורך השנים (איורים 13,14,15). ממוצע ביומסת הצורניות עלה עם העלייה במעלה הנחל, והיה הגבוה ביותר בגשר יוליוס (איור 13). ההבדלים הללו בביומסת הצורניות, בין התחנות, לא נמצאו מובהקים משום התנודתיות בין השנים (איור 14). ממוצע ביומסת הצורניות משנים 2003-2013 בכל תחנה היה גבוה באופן מובהק יחסית לקבוצות המיקרופלנקטון האחרות (איור 13). הצורניות פרחו בצורה מסיבית בחלק ניכר מהשנים, ובמיוחד בשנים 2005, 2008 ו-2011, כאשר בשנתיים האחרונות ממוצע הביומסה שלהן נמוך באופן מובהק מהממוצע בשנות פריחה אלה (איור 15). תכיפות הפריחות ועוצמתן הייתה בדרך כלל גדולה יותר במעלה הנחל (איור 14). דיגום מאי 2013 התאפיין בפריחה גדולה של צורניות במיוחד בעומק גשר ההסתדרות. מבין מיני האצות הצורניות שהיו שכיחים בפריחות לאורך השנים היו המינים הבאים:

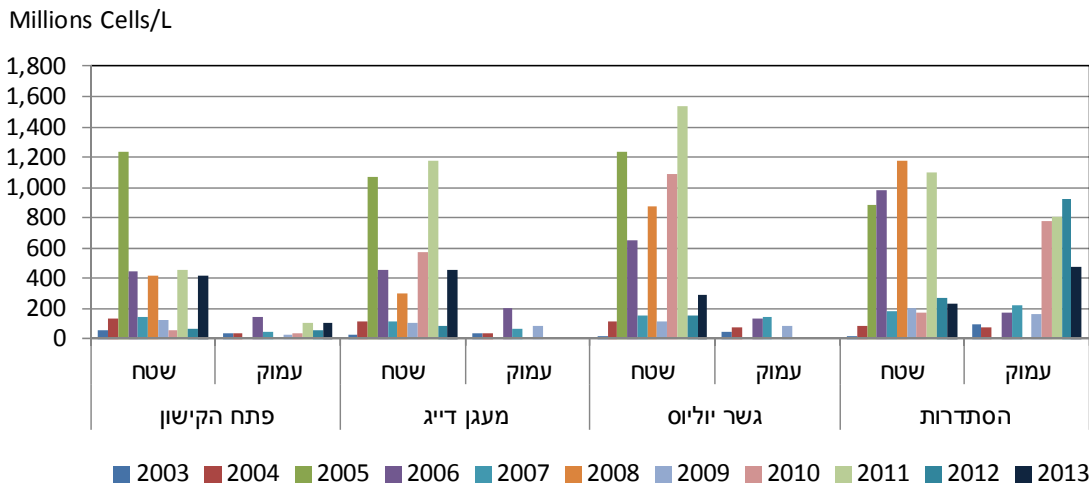
1. המין *Thalassiosira pseudonana* - פרח בחמישה דיגומים בשנים 2004, 2005, 2008, 2011 ו - 2013, אם כי בדיגום האחרון הפריחה פחות מסיבית מזו שב- 2011. 2. המין *Chaetoceros* sp. - פרח בצורה מתונה במאי 2003 ובאופן מסיבי יותר במאי 2006. 3. צורנית קטנה מהמין *Navicula* sp. - פרחה ב- 2009, 2012 וב - 2013 אם כי במידה פחותה באופן ניכר יחסית לשנה קודמת. 4. צורנית מהמין *Nitzschia* sp. - פרחה מסיבית ב - 2010 במיוחד בעומק גשר ההסתדרות ובמי שטח גשר יוליוס. אצות נוספות שפרחו בדיגומי מאי היו האצה הירוקית מהמין *Chlamydomonas coccoides* שפרחה בצורה משמעותית בדיגום מאי 2005, במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות, היא הופיעה בריכוזים גבוהים גם מאי 2006 ומאי 2009. האצה *Euglena* sp. פרחה בדיגום מאי 2006 במיוחד בתחנות העמוקות של גשר יוליוס וההסתדרות. מינים מקבוצת ה - *Cryptophyceae* איפיינו בדרך כלל את עונת הסתיו בהופעתם, אולם בשנים 2010-2013 הייתה עלייה בריכוזם גם באביב, עד כדי יצירת פריחות. בדיגום 2013 הביומסה שלהם נשארה גבוהה בפני שטח גשר ההסתדרות וירדה באופן יחסי לשנה קודמת בעומק תחנה זו.

4. **מגוון המינים ואינדקס השונות** - ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות פני השטח ובעומק הלך וירד בהדרגה מפתח הקישון לכיוון מעלה הנחל (איור 16). ממוצע מספר המינים בעומק פתח הקישון נמצא גבוה באופן מובהק יחסית לפני השטח בתחנות השונות ולעומק תחנת גשר ההסתדרות. ובהתאמה אינדקס השונות נמצא נמוך באופן מובהק בעומק פתח הקישון יחסית לפני השטח ולתחנות האחרות. ב - 2013 הייתה עלייה במספר המינים בפתח הקישון בשני העומקים וירידה בכל התחנות האחרות (איור 17). באינדקס השונות הייתה עלייה משמעותית בעומק פתח הקישון לעומת ירידה בפני השטח בפתח הקישון ובמעגן הדייג (איור 17). בכל התחנות להוציא גשר ההסתדרות בשני העומקים נראית מגמה כללית של עלייה במספר המינים עם השנים (איור 17), אך באינדקס השונות לא ניכרת מגמה כזו.

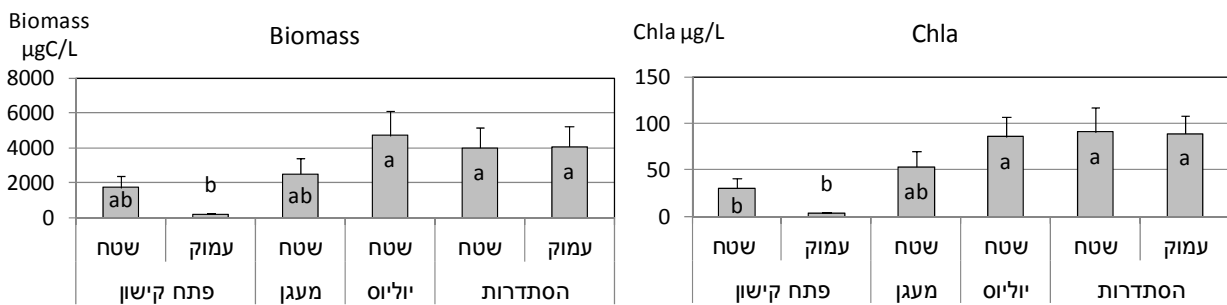
איור 8 : התפלגות ממוצע ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2013 (\pm SE)



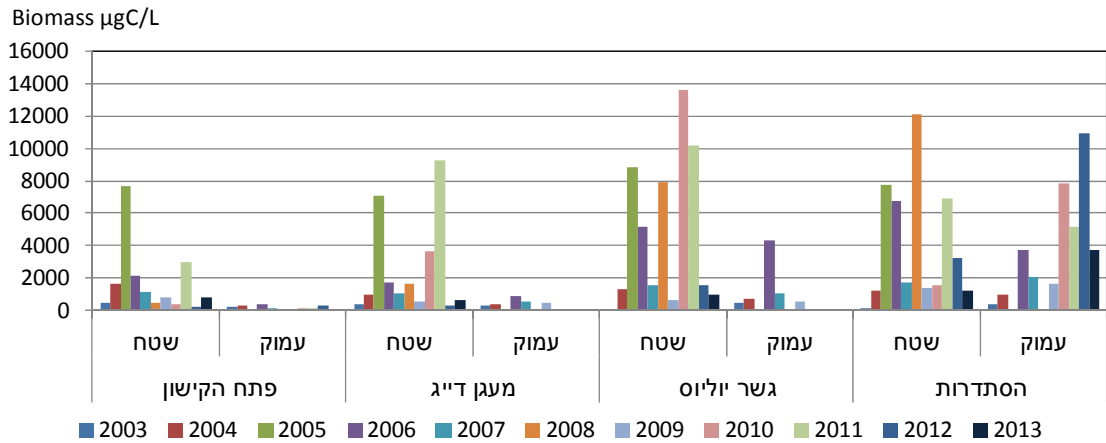
איור 9 : התפלגות ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2013



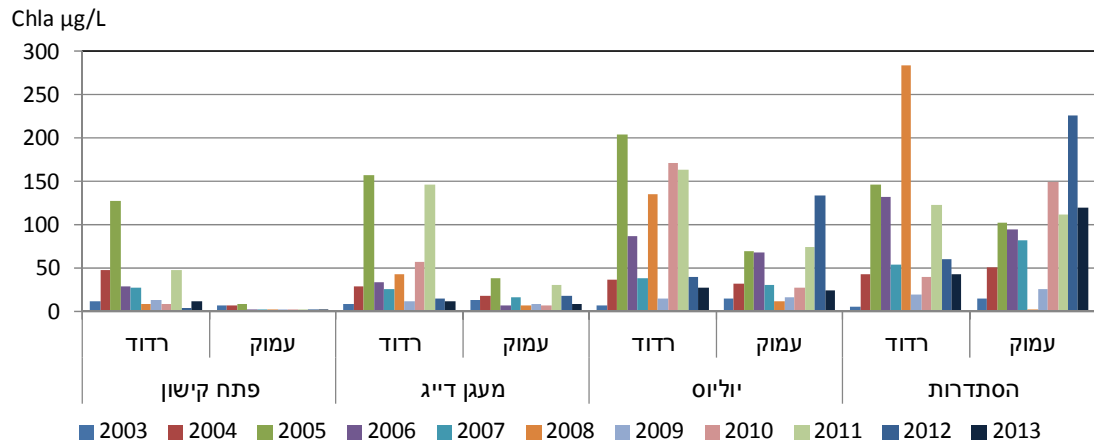
איור 10 : התפלגות ממוצע הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדיגומי מאי (2003-2013) (\pm SE)



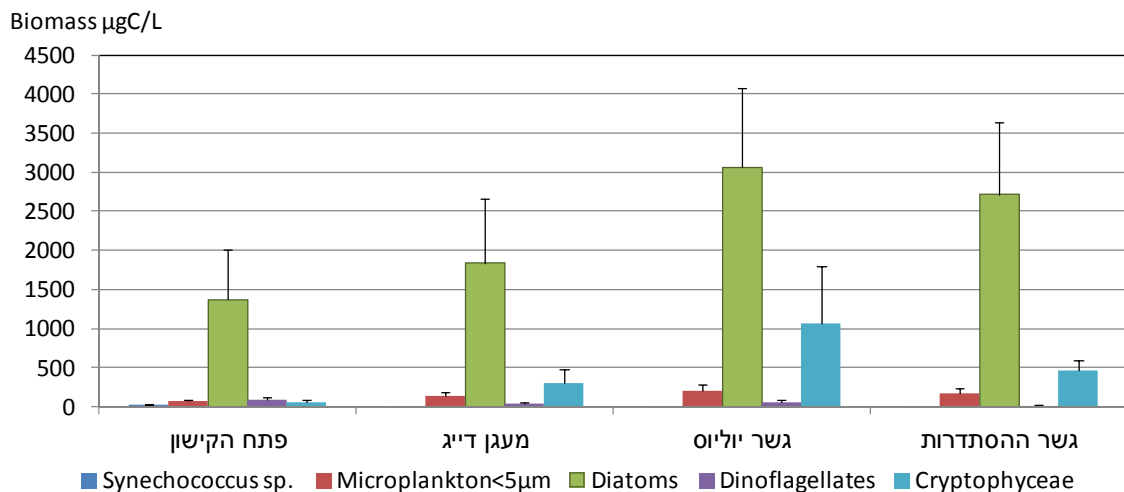
איור 11 : התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2013



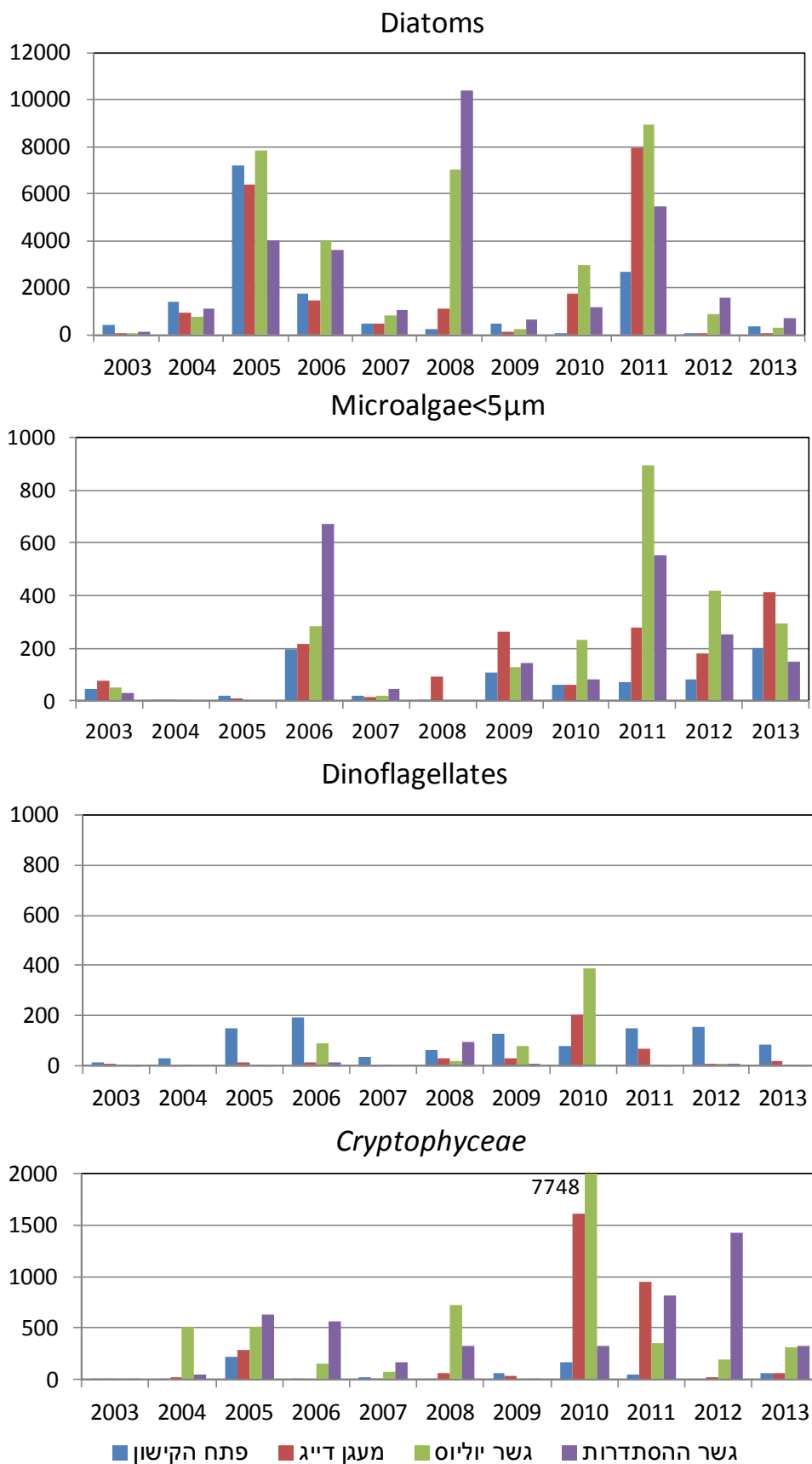
איור 12 : התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי מאי 2003-2013



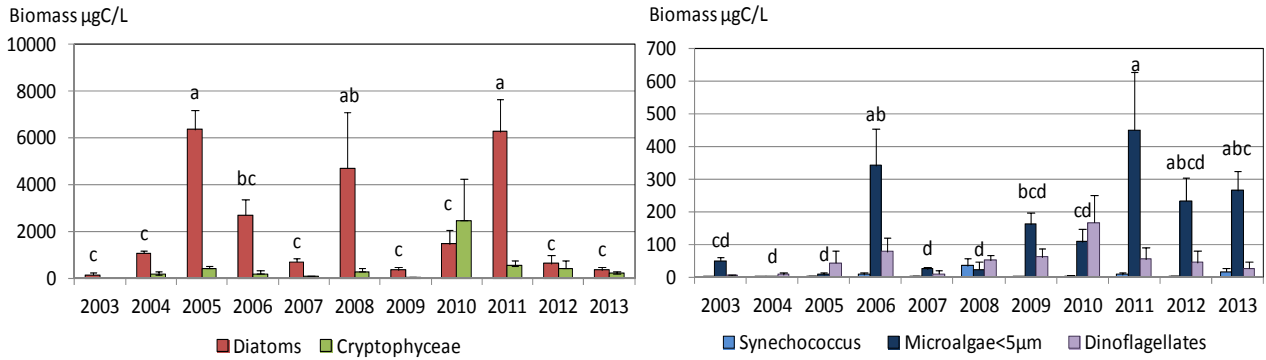
איור 13 : התפלגות ממוצע הביומסה בפני השטח בדיגומי מאי (2003-2013)



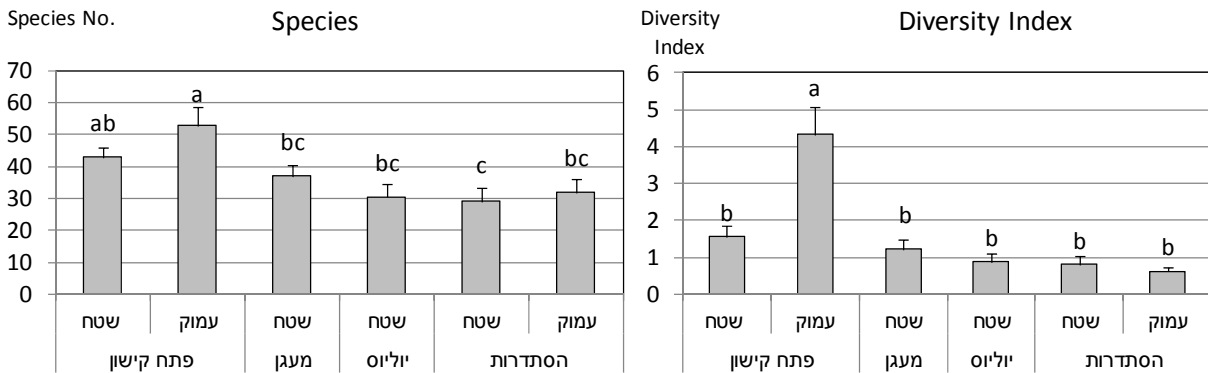
איור 14 : התפלגות ממוצע הביומסה של הקבוצות השונות בתחנות הקישון לאורך השנים



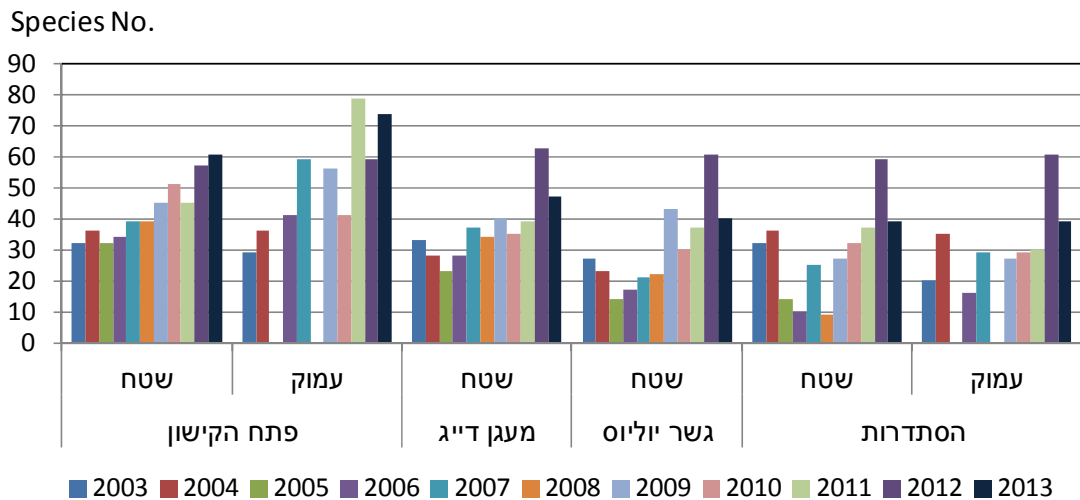
איור 15 : התפלגות ממוצע הביומסה של הקבוצות השונות בדיגומי מאי לאורך השנים 2003-2013



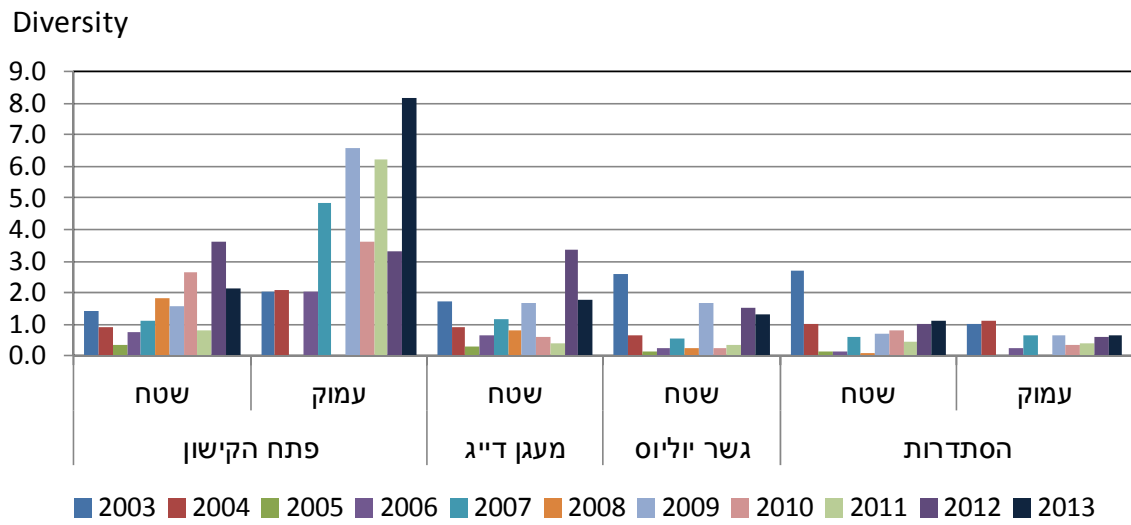
איור 16 : התפלגות ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי מאי



איור 17 : התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי בתחנות השונות



איור 18 : התפלגות אינדקס השונות בדיגומי מאי בתחנות השונות



Herut, B. and Kress, N. (1997). Particulate metals contamination in the Kishon river estuary, Israel. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 706-711

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. *Limnol. Oceanogr.* 28, 389-394.

IOC-SCOR-UNESCO (1994). *Manual and Guides 29. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.*

Kress, N. and B. Herut (2001) Spatial and seasonal evolution of dissolved oxygen and nutrients in the Southern Levantine Basin (Eastern Mediterranean Sea). Chemical characterization of the water masses and inferences on the high N:P ratio. *Deep Sea Research, Part I*, 48, 2347-2372.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1996. NOAA's Estuarine Eutrophication Survey. Volume 1 : South Atlantic Region. Silver Spring, MD. Office of Ocean Resources Conservation Assessment. 50 p.

Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.* 12: 411-418.