



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור מאי 2011**

דו"ח חיא"ל H57/2012

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, Tel-Shikmona,
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8515202 : טלפון
<http://www.ocean.org.il>

**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור מאי 2011**

דו"ח חיא"ל H57/2012

נורית גורדון, ברק חרות*, נורית קרס

* מחבר לתכתובת

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, עדנה שפר, לורה יזראלוב, אפרת שהם פריזר, גרטה פיינשטיין

ברק חרות

חתימה:

אוגוסט 2012

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ניטור מאי 2011

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

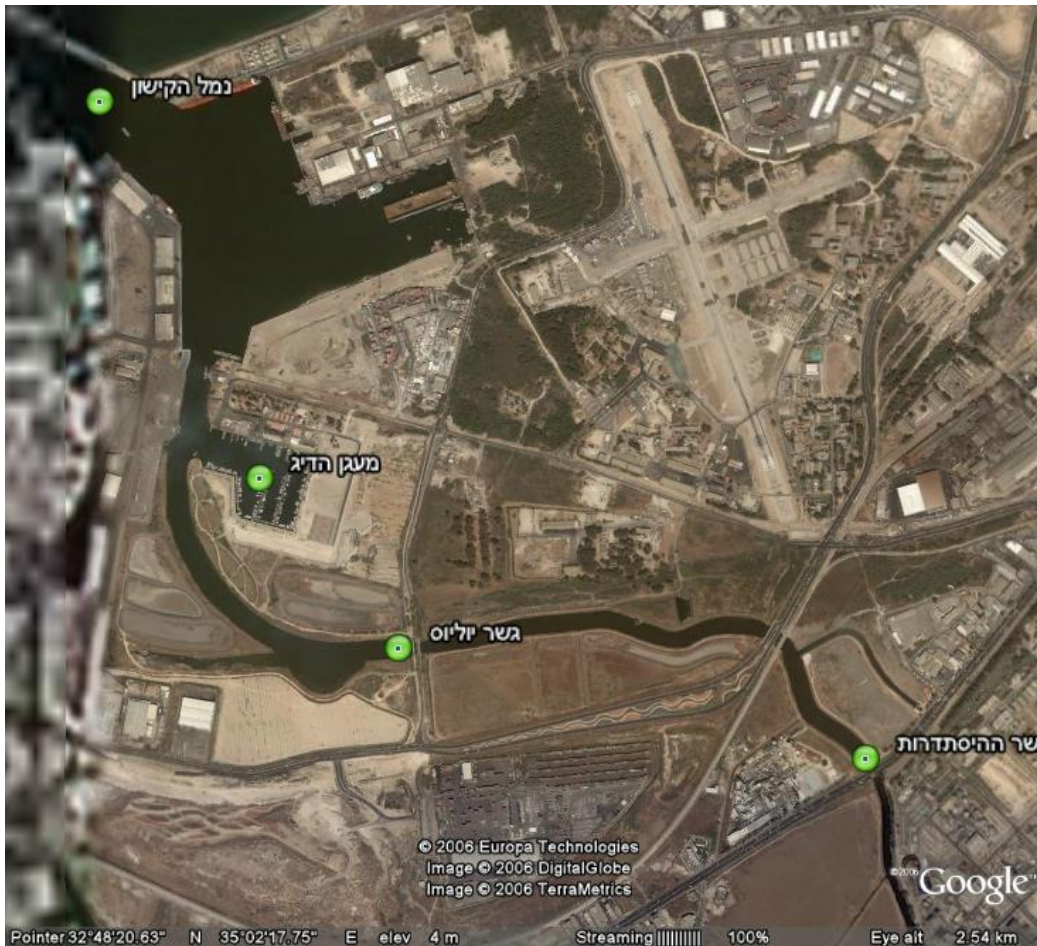
ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב-23 במאי 2011 (איור א). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ערך הגבה (pH) ועכירות באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו 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- [IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001]. 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 אימריסה שהונחה על זכוכית נושאת. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימריסה 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 אימריסה 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

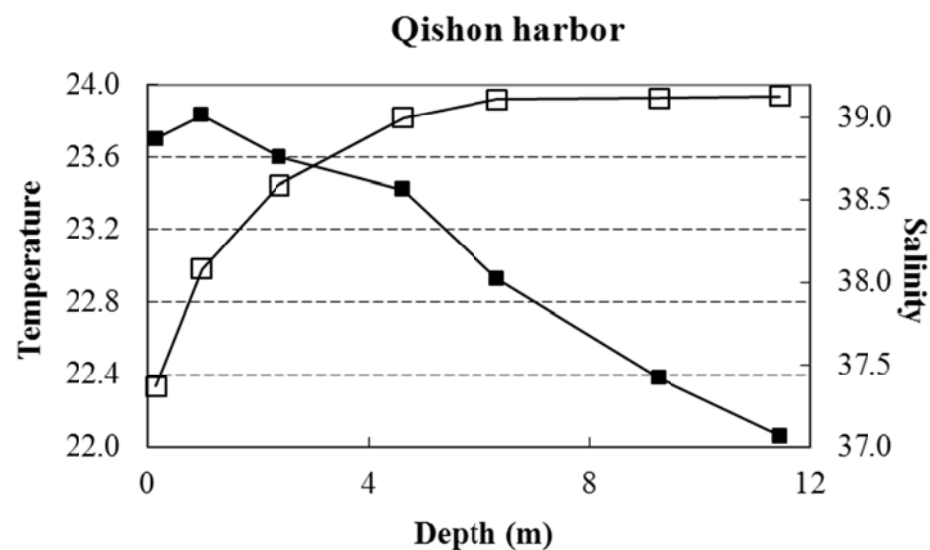
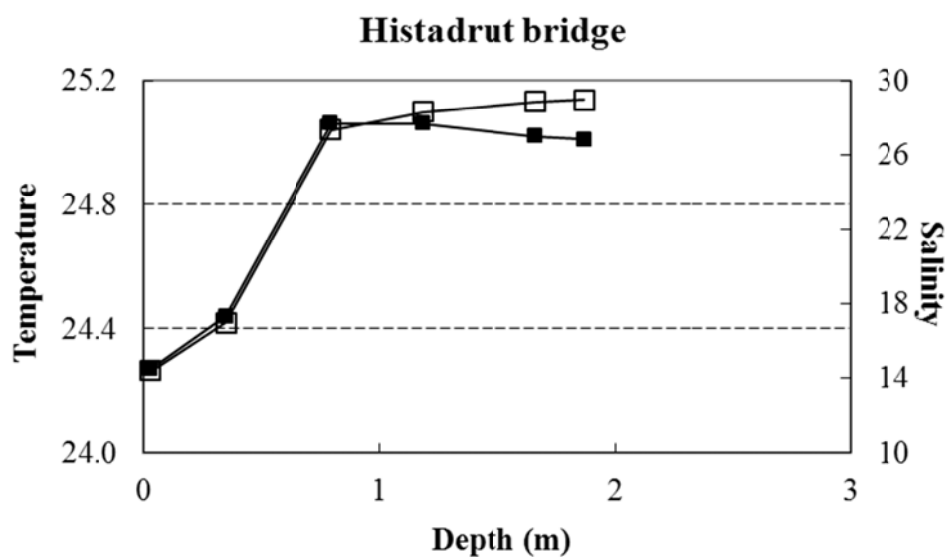
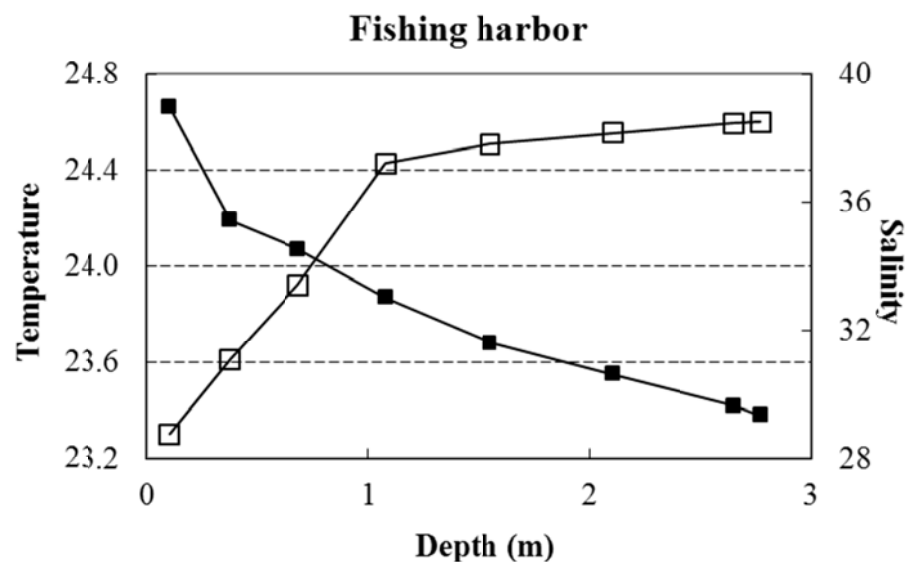
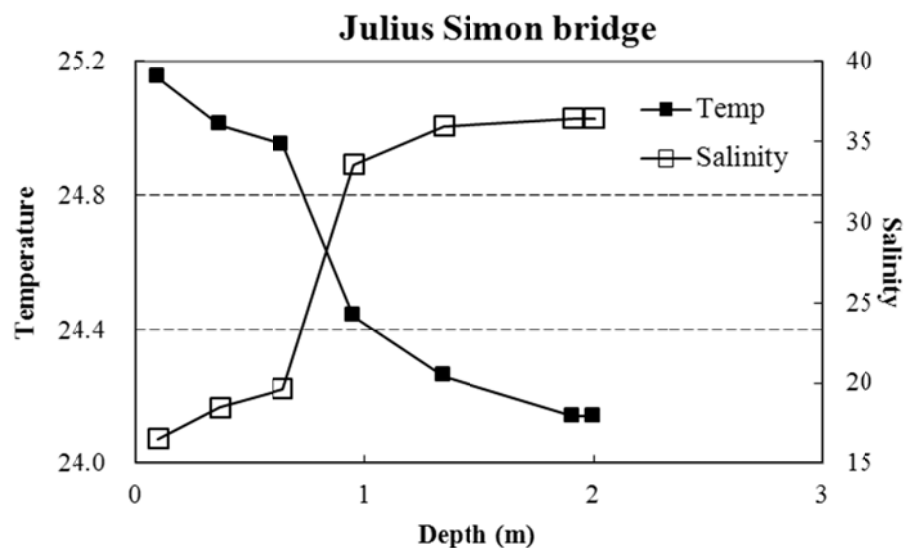
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים ב-ד. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

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 (איור ה) לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (טבלה 1). הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (הבדלים של כ-2 מעלת צלזיוס) וקטנות בכ-1 מעלת צלזיוס מהטמפרטורות בשכבה העמוקה (איור ב). 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).

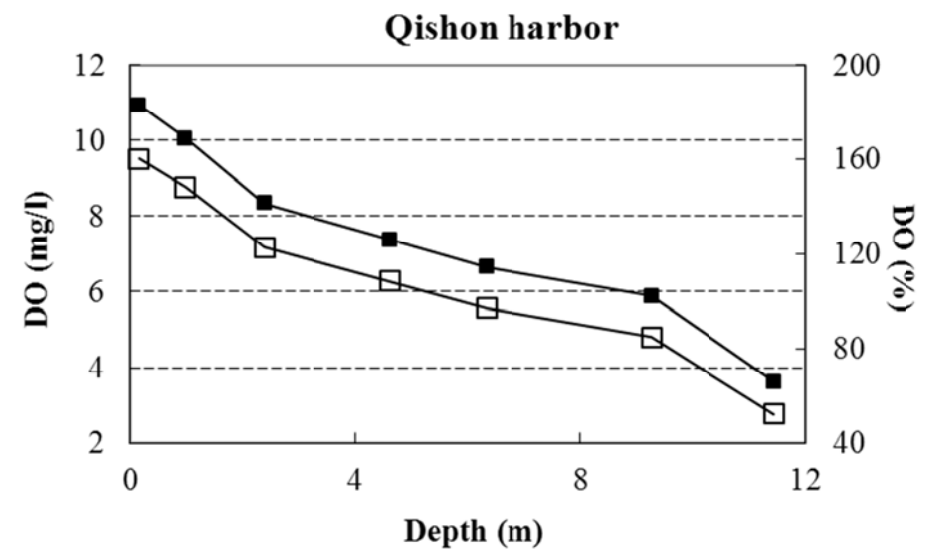
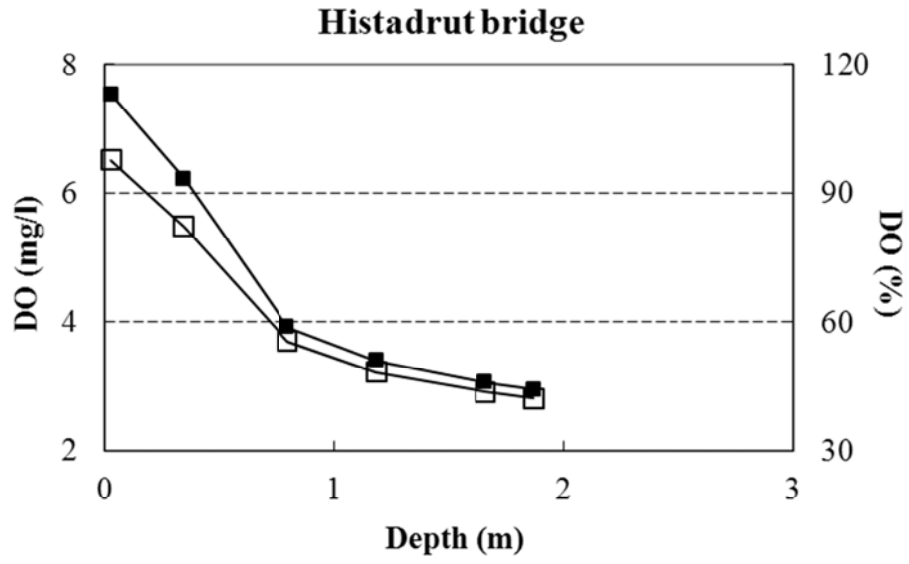
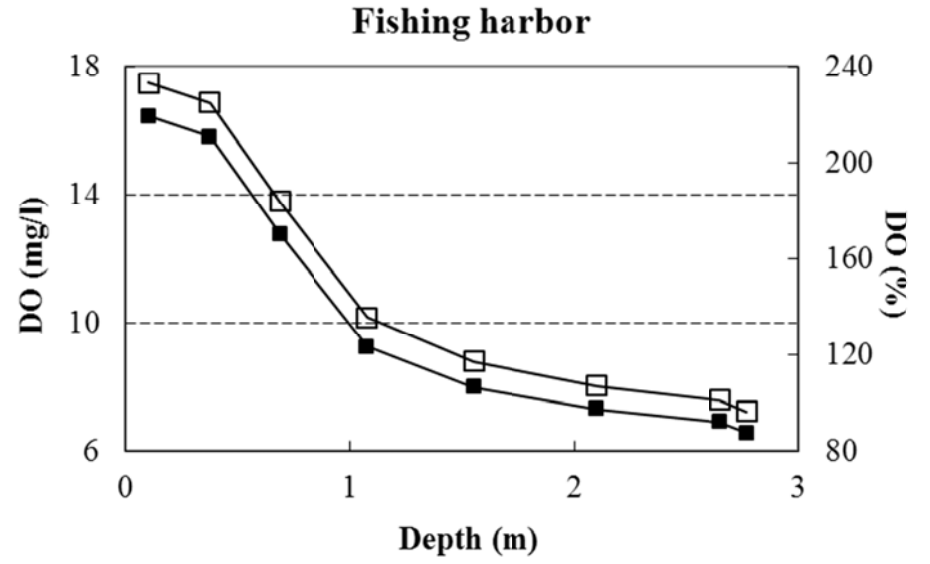
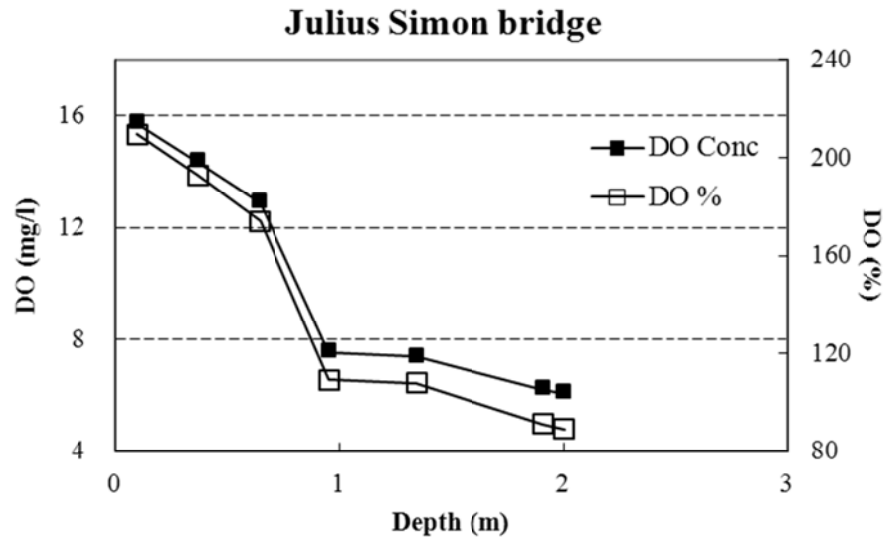
מי השטח בכל התחנות תת-רוויים בחמצן, כאשר אחוז רוויית החמצן יורד עם עליה בעומק המים (איור ג). ריכוזי חמצן בתחום המוגדר כגורם לעקה ביולוגית (בין 2 ל-5 מג"ל) נמדדו בכל התחנות, פרט לפתח הנמל, במי העומק (בתחנת ההסתדרות קיים מצב היפוקסי בו החמצן קטן מ-2 מג"ל). ריכוזי החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה. ריכוזי 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 7.6 ל-8.2 ומבנה פרופיל העומק הראה עליה במי העומק בהשפעת מי הים בתחנות גשר ההסתדרות ויוליוס (איור ד).

ערכי העכירות היו בתחום 1.9-19.9 NTU, גבוהים יחסית בתחנות גשר ההסתדרות וגשר יוליוס סימון (טבלה 1, איור ד). ריכוזי החומר המרחף הראו מגמה די דומה (טבלה 1) ויחסי הגומלין בין השניים מוצגים באיור ו.

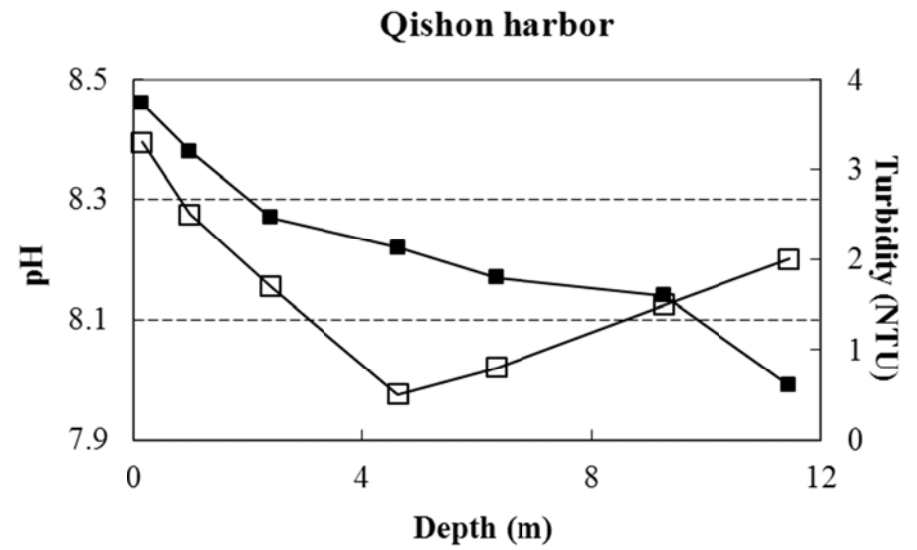
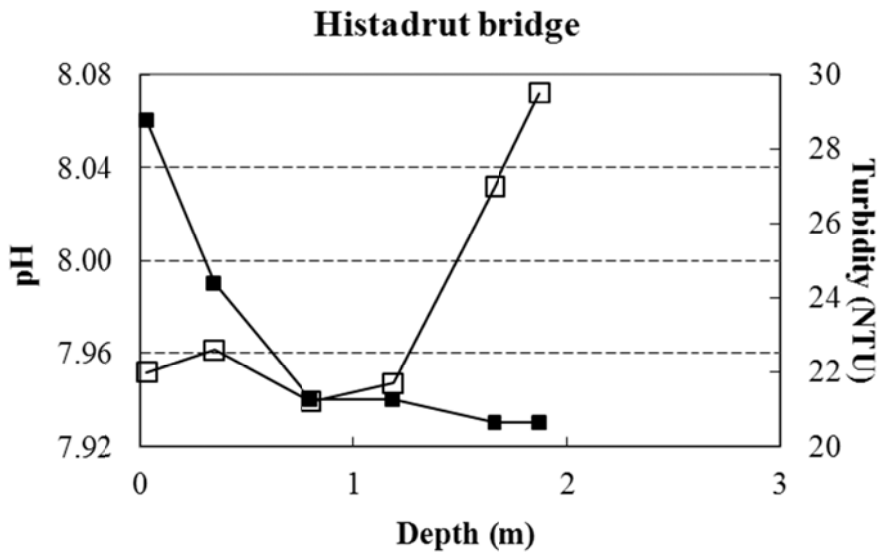
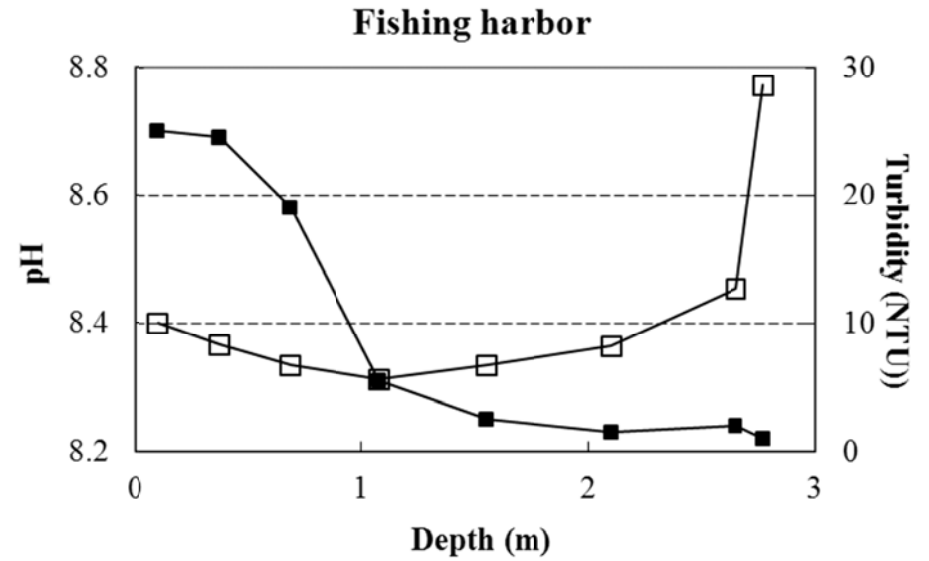
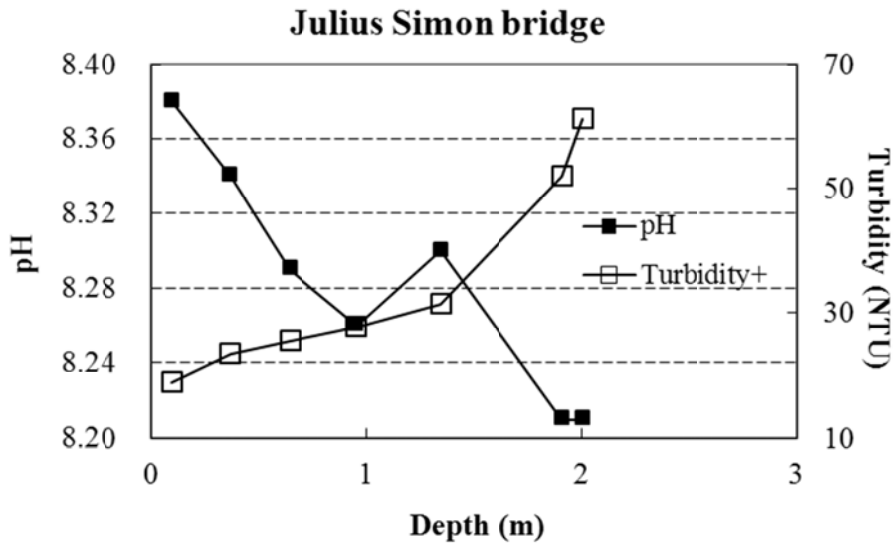
איור ב: פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2011.



איור ג: פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רווייה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2011.



איור ד: פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2011.

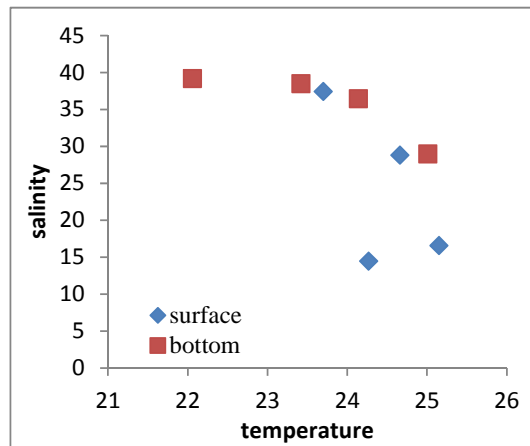
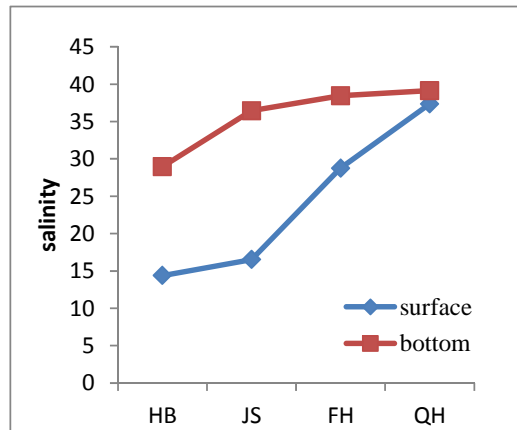


טבלה 1: טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נוטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום מאי 2011.

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>ug/l</i>
Qishon (QHb) Harbor	0.15	23.70	37.37	10.94	160	8.46	3.3	11.3	47.6
	11.45	22.06	39.13	3.62	52	7.99	2.0	3.6	2.9
Fishing (FHb) Harbor	0.10	24.66	28.76	16.45	233	8.70	10.0	29.0	146.7
	2.65	23.42	38.44	6.90	101	8.24	12.7	16.5	29.9
Julius Simon (JBr) Bridge	0.10	25.15	16.51	15.73	210	8.38	18.9	40.5	163.1
	2.01	24.14	36.44	6.07	89	8.21	61.2	62.0	74.2
Histadrut (HBr) Bridge	0.03	24.27	14.38	7.53	98	8.06	22.0	36.0	122.4
	1.87	25.01	28.95	2.96	42	7.93	29.5	35.0	111.9

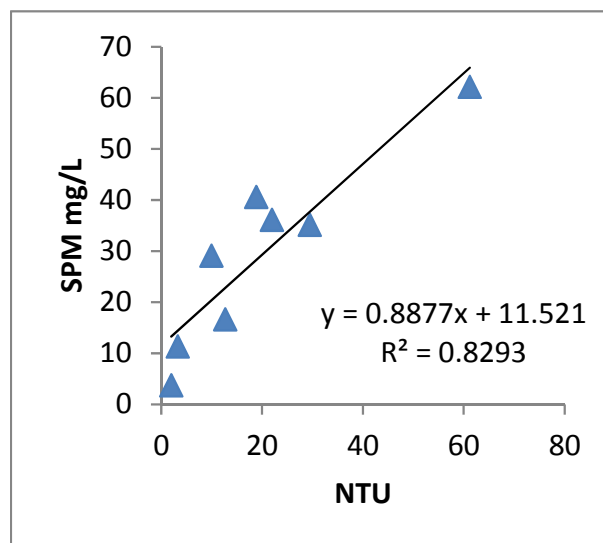
Station	Depth	NO ₃	NO ₂	NH ₄	ΣN _{iv}	PO ₄	Si(OH) ₄
	<i>m</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>	<i>μM</i>
QHb	0.15	7.79	0.95	2.69	11.43	0.005	0.29
	11.45	2.18	0.15	1.3	3.63	0.154	2.59
FHb	0.1	156.96	6.1		163.1	0.056	32.93
	2.65	26.36	0.98	10.04	37.38	0.119	7.14
JBr	0.1	491.26	12.25	1.23	504.7	4.462	198.9
	2.01	84.32	2.69	29.6	116.6	1.543	31.06
HBr	0.03	679.41	14.75	28.48	722.6	11.25	215.8
	1.87	674.35	5.91	52.95	733.2	7.949	100.3

איור ה: ערכי מליחות בתחנות הדיגום (לאורך מורד הנחל), מאי 2011.



איור ו: יחסי הגומלין בין ערכי NTU וריכוזי חומר מרחף (SPM) לאורך מורד הנחל, מאי

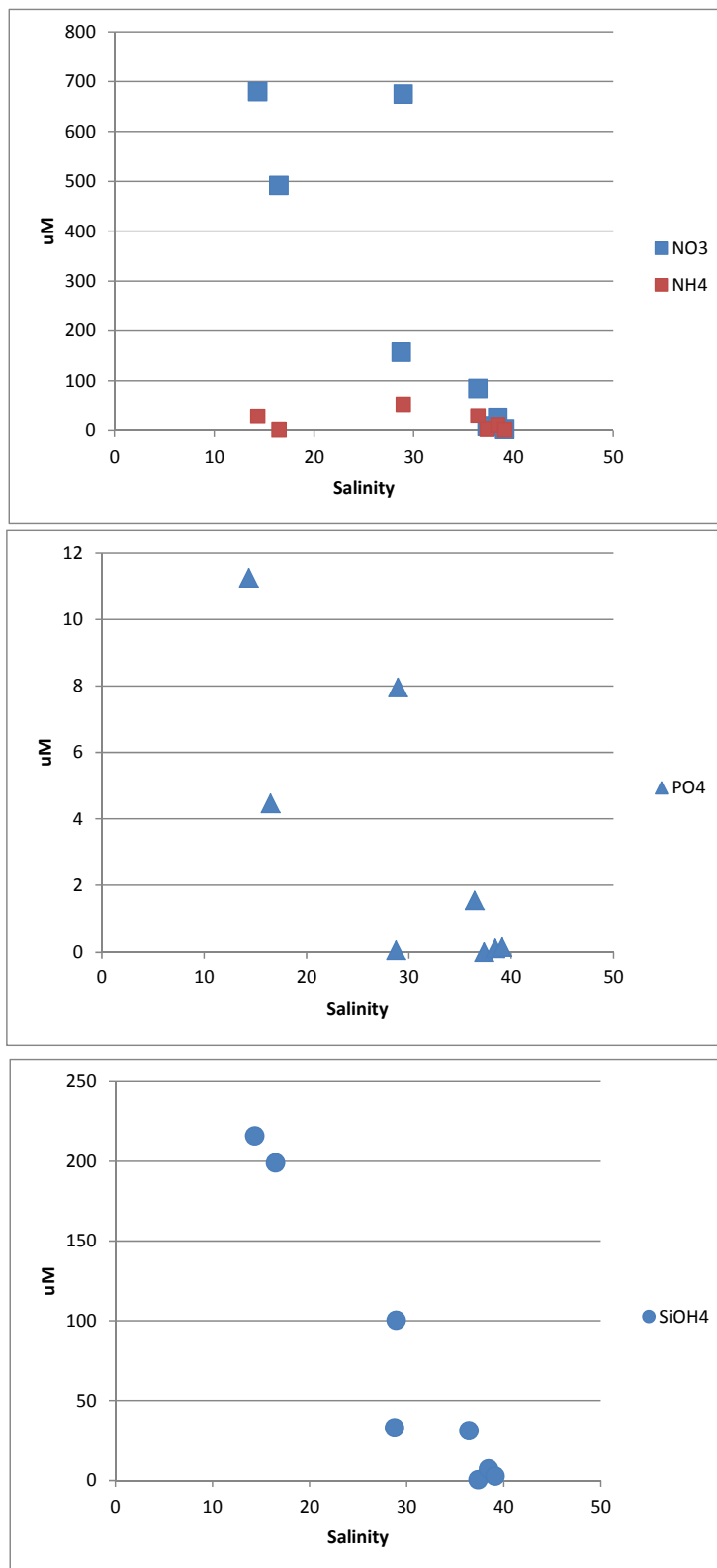
2011.



ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום (טבלה 1). הריכוזים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות ממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, בהשפעת מידת המיהול עם מי ים (איור ז). 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 פרט לפתח הנמל, 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 ז: יחסי גומלין בין ניטראט, אמוניום, פוספאט וסיליקה למליחות בתחנות הדיגום, מאי 2011.



ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנת דיגום וריכוזם יורד בכוון 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<DO<2 mg/L); biological stress (2<DO<5 mg/L)

3.2 קבוצות המיקרופלנקטון

קבוצות המיקרופלנקטון – דיגום קישון מאי 2011

דיגום זה התאפיין בפריחה גדולה של אצות מקבוצות הצורניות שריכוזן המכסימלי הגיע ל- 1.0×10^9 תאים לליטר, והביומסה שלהן הרכיבה למעלה מ- 80% מהביומסה הכללית בכל התחנות להוציא המים העמוקים בפתח הקישון. במי שטח מעגן הדיג, ובגשר יוליוס וגשר ההסתדרות בשני העומקים ריכוז הכלורופיל הצביע על רמה היפר-איאטרופית יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. רמה איאטרופית גבוהה נמצאה במי שטח פתח הקישון ובמי עומק מעגן הדיג, ואילו בפתח הקישון במים העמוקים, נמצאה רמה איאטרופית נמוכה. נמצא מתאם גבוה בין ריכוז הכלורופיל לביומסת הפיטופלנקטון והם נמצאו הגבוהים ביותר בפני השטח בגשר יוליוס ובמעגן הדיג.

דגימות פני השטח

ריכוז התאים – ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא, כמו בשנה קודמת, בגשר יוליוס בפני השטח (1.5×10^9) (איור 1). ריכוז התאים הקטן ביותר נמצא בפתח הקישון. האצות הצורניות פרחו בכל התחנות והתבטאו בריכוז גבוה מאד בכולן. האצה הדומיננטית שפרחה הייתה *Thalassiosira pseudonana* והיא היוותה $67\% \pm 8\%$ מריכוז התאים הכללי בכל התחנות. מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו שכיחות יותר במעלה הנחל בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות בהן שיעורן עמד על $4\% \pm 34\%$ לעומת $2\% \pm 13\%$ בפתח הקישון ובמעגן הדיג (איור 2). בפתח הקישון היוו בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus sp.*, השכיחות במי הים, כ- 20% מריכוז התאים הכללי.

הביומסה וריכוז הכלורופיל – בדומה לריכוז התאים, בלטה מאד בדיגום זה הרמה הגבוהה מאד של הביומסה וריכוז הכלורופיל בפני השטח בכל התחנות ובמיוחד בתחנת גשר יוליוס ומעגן הדייג (איור 3). הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים יותר במי השטח יחסית למים העמוקים (לגבי הביומסה הממצאים הם רק משתי התחנות הקיצוניות). אצות צורניות הרכיבו את מרבית הביומסה הגבוהה בתחנות (איור 4) והיוו $86\% \pm 4\%$ מהביומסה הכללית (איור 5). האצה הצורנית הקטנה *Thalassiosira pseudonana*, שפרחה גם בדיגומים קודמים בקישון, היוותה 99% מביומסה זו. במעגן הדייג ובגשר ההסתדרות הייתה ביומסה גבוהה יחסית של אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ואילו בגשר יוליוס הייתה ביומסה גבוהה יחסית של מיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$.

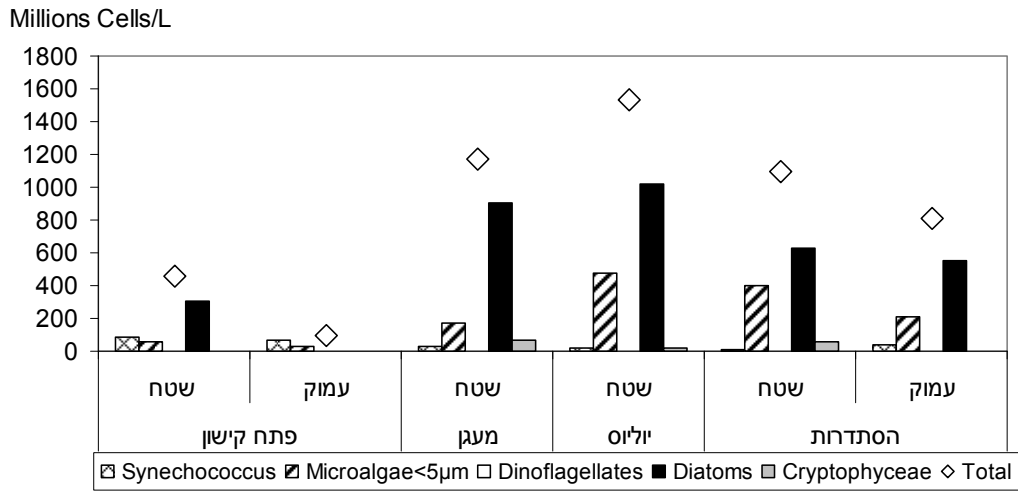
דגימות עומק

ריכוז התאים – מי עומק למיקרופלנקטון נדגמו מתחנות פתח הקישון וגשר ההסתדרות, ואילו נתוני כלורופיל נלקחו מעומק 4 התחנות.

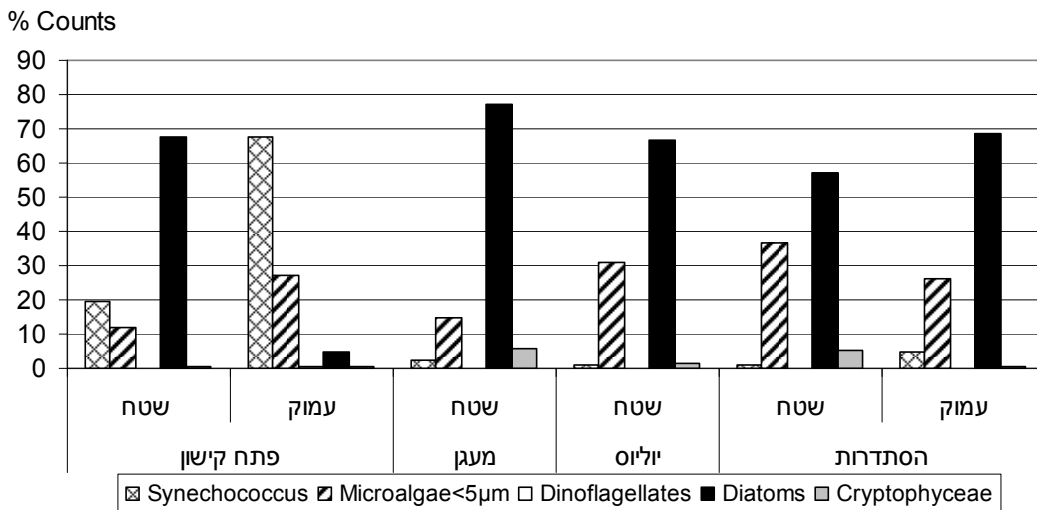
ריכוז התאים בגשר ההסתדרות (5.5×10^8) היה גדול פי 8 יחסית לזה שבפתח הקישון (איור 1), והיה מורכב בעיקרו מפריחת אצות צורניות שהיוו 68% מריכוז התאים הכללי בדגימה, בדומה למי השטח בכל התחנות (איור 2). בפתח הקישון לעומת זאת היוו בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. 67% מריכוז התאים הכללי. בשתי התחנות היוו המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ היוו 26% מריכוז התאים הכללי.

הביומסה וריכוז הכלורופיל – ריכוז הכלורופיל במי העומק עולה בהדרגה במעלה הנחל, מפתח הקישון לעומק גשר ההסתדרות, בדומה לדיגומים קודמים (איור 3). בגשר ההסתדרות ריכוז הכלורופיל גבוה מאד, גבוה פי 38 יחסית לזו שבמי עומק פתח הקישון. הביומסה הכללית גם היא גבוהה מאד בעומק גשר ההסתדרות (פי 32) ונובעת בעיקר מביומסה גדולה של אצות צורניות (איור 4) המהוות 94% מהביומסה הכללית (איור 5). האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, שנמצאה דומיננטית בכל תחנות פני השטח, היוותה גם בעומק תחנה זו את מרבית הביומסה.

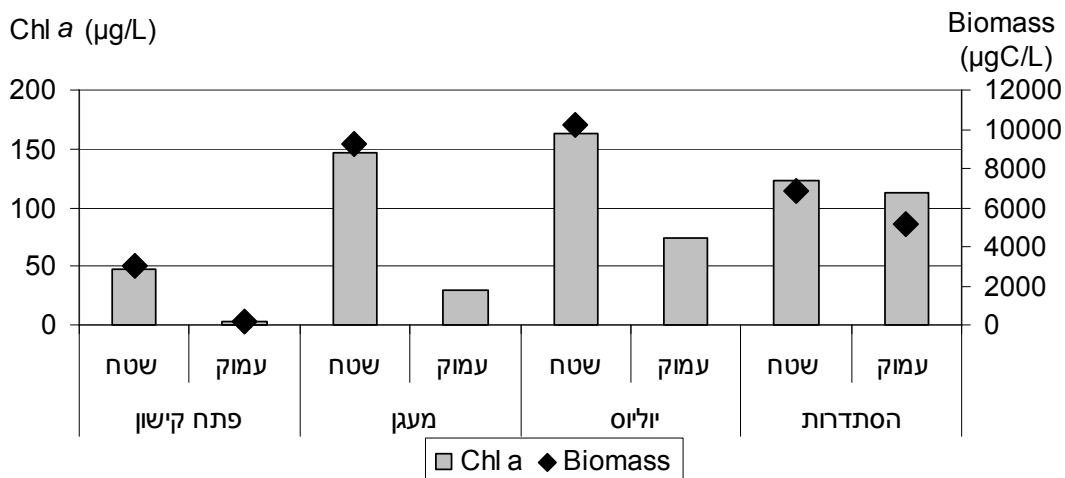
איור 1: ריכוז תאי הפיטופלנקטון מהקבוצות השונות בתחנות השונות – מאי 2011



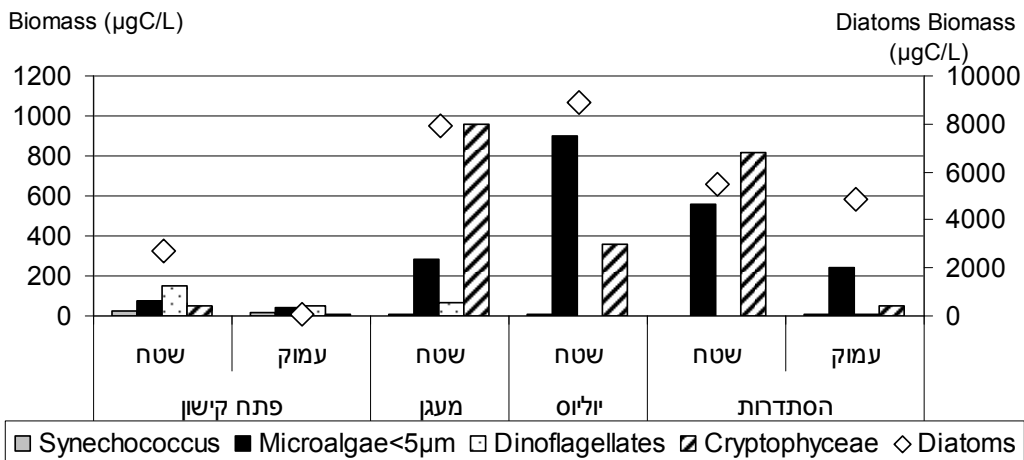
איור 2: ריכוז תאי הפיטופלנקטון באחוזים בתחנות השונות – מאי 2011



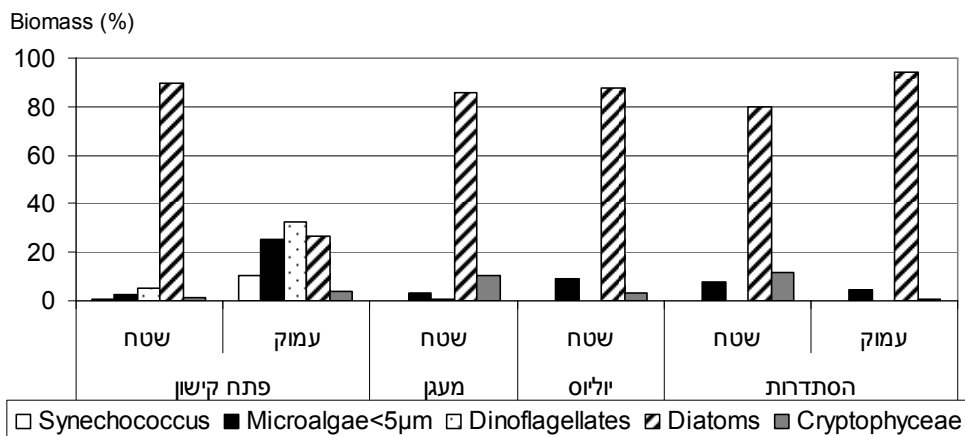
איור 3 : התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בתחנות השונות – מאי 2011



איור 4 : התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון לפי קבוצות בתחנות השונות



איור 5 : התפלגות באחוזים של ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות



הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 1), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר היו אצות מקבוצת הצורניות. הצורנית *Thalassiosira pseudonana* שהוזכרה לעיל, פרחה בכל התחנות במיוחד בפני שטח גשר יוליוס ומעגן הדייג, ותרמה לביומסה הגבוהה מאד בכל תחנות פני השטח, וגם במי העומק בגשר ההסתדרות. היא היוותה $85\% \pm 5$ מהביומסה הכללית בכל התחנות להוציא מי עומק פתח הקישון. אצות צורניות מהמין *Navicula* spp. היו שכיחות יותר במעלה הנחל, ואילו מיני *Pseudonitzschia* spp., האופייניים למי ים, היו שכיחים יותר בפתח הקישון.

אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היו שכיחות במיוחד במעגן הדייג ובגשר ההסתדרות (איור 4). ביומסת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ הייתה גבוהה בכל תחנות פני השטח, להוציא פתח הקישון, ובמיוחד בגשר יוליוס וההסתדרות. מבין הדינופלגלטים היו שכיחים יותר המינים הקטנים מ- $15\mu\text{m}$. מיני דינופלגלטים אחרים איפיינו יותר את התחנות במורד הנחל, בחלק המלוח יותר. המינים הנפוצים יותר היו *Prorocentrum triestinum* שהופיע גם בעבר בפתח הקישון, מיני *Protoperdinium* spp. והמין *Scripsiella* sp. מיני ירוקיות כמו *Scenedesmus quadrispina* ו- *Ankistrodesmus* sp. איפיינו יותר את מי שטח מעלה הנחל הפחות מלוחים בגשר יוליוס וגשר ההסתדרות. הבקטריה הכחולית הנפוצה במי הים *Synechococcus* sp. הופיעה בריכוז הגבוה ביותר במי שטח פתח הקישון, וריכוזה הלך וירד בפני השטח במעלה הנחל. מי עומק גשר ההסתדרות, עדיין הכילו ריכוז גבוה יחסית של תאים אלה בגלל מקורם ומליחותם.

טבלה 1: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בדיגום מאי 2011

	פתח קישון		מעגן שטח	יוליוס שטח	הסתדרות	
	שטח	עומק			שטח	עומק
Dinoflagellates						
Unidentified <15µm	4.5E+05	2.2E+05	3.1E+05	4400	1000	2.8E+04
<i>Protoperdinium bipes</i>	200	80	1.1E+04			
<i>Prorocentrum triestinum</i>	2.5E+04	267	5933	800		
<i>Protoperdinium</i> sp. (54)	1.1E+04	173	1467			
<i>Scripsiella</i> sp.	2.7E+04	9842	6933	40		
Diatoms						
<i>Navicula</i> spp.	67	7.4E+05	3653	7.9E+06	7.3E+06	8.3E+06
<i>Navicula</i> sp. (497k)			1067	1.9E+04	1.9E+05	1.5E+04
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	2.8E+05	9422	840			133
<i>Thalassiosira</i> spp.	1667	2.3E+05	840	973		7247
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	3.1E+08	3.5E+06	9.1E+08	1.0E+09	6.2E+08	5.5E+08
Cryptophyceae						
<i>Cryptomonad</i> spp.	3.2E+06	4.3E+05	6.5E+07	1.6E+07	2.9E+06	8.0E+05
<i>Hemiselmis</i> sp.				7.2E+06	5.3E+07	2.5E+06
Chlorophyceae						
<i>Scenedesmus quadrispina</i>				440	1.4E+04	
<i>Ankistrodesmus</i> sp.			400	3.0E+04	7.1E+04	6200
Euglenophyceae						
<i>Eutreptia</i> sp.	3733	1293	1.3E+04	4.4E+04	133	
Cyanobacteria						
<i>Synechococcus</i> sp.	8.8E+07	6.7E+07	3.0E+07	1.7E+07	8.5E+06	4.0E+07
Microalgae<5µm	5.5E+07	2.7E+07	1.7E+08	4.7E+08	4.0E+08	2.1E+08
Total Cell/L	4.5E+08	9.9E+07	1.2E+09	1.5E+09	1.1E+09	8.1E+08

הרכב מיני המיקרופלנקטון הפחות שכיח

מינים אופייניים למי ים הופיעו בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון בשני העומקים, ובריכוז הולך וירד במעלה הנחל, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (טבלה 2). מיני צורניות אופייניות למי ים הופיעו בדרך כלל בריכוז גבוה יותר במי עומק פתח הקישון, כמו מיני *Chaetoceros* spp. ומיני *Leptocylindrus*. מינים אופייניים למים פחות מלוחים הופיעו במעלה הנחל, בגשר יוליוס וגשר ההסתדרות, כמו מיני *Cyclotella* sp., מיני *Entomoneis* spp. ומיני *Navicula* spp.

מגוון גדול יותר של מיני דינופלגלטים הופיע בפתח הקישון, במיוחד במים העמוקים. מגוון מיני הדינופלגלטים הלך וירד במעלה הנחל, ובגשר ההסתדרות הופיעו רק קבוצת המינים הקטנים עד $15\mu\text{m}$ (טבלה 1). שכיחים יותר היו המינים *Prorocentrum micans*, שהופיע בריכוז גבוה יחסית, לתחנות אחרות, ולדיגומים קודמים, במי שטח פתח הקישון. מין זה שכיח בכל הדיגומים, וידוע כיצור פריחות. שכיחים יותר היו מיני *Protoperdinium* spp. והמין *Gymnodinium elongatum* השכיח בחלק ניכר מהדיגומים. המין *Polykrikos kofoidii* שהוא דינופלגלט גדול יחסית, היה שכיח יחסית בדיגום זה. הוא נראה לראשונה בדיגום מאי 2009, בצמידות למין שהוא ככל הנראה בעל פוטנציאל טוקסי, הדינופלגלט *Gymnodinium* cf. *catenatum*. המין *Polykrikos kofoidii* נחשב לטורף שלו (Matsuyama, 1999) וריכוזו בדיגום זה היה גבוה יחסית לדיגומים קודמים. גם בדיגום זה הופיע המין *Gymnodinium* cf. *catenatum* אם כי בריכוזים נמוכים יחסית. מיני אצות ירוקיות, כמו מיני *Scenedesmus* spp. ומיני בקטריות כחוליות, כמו מיני *Oscillatoria* spp. המאפיינים מים פחות מלוחים הופיעו בעיקר במעלה הנחל, בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – בדיגום זה הופיעו מספר מינים בעלי פוטנציאל טוקסי מהסוג *Dinophysis* (טבלה 2). המין השכיח יותר היה *Dinophysis rotundata*. הוא הופיע בריכוז מכסימלי של 267 תאים לליטר במעגן הדייג. המין *Dinophysis caudata* הופיע בריכוז של 70 תאים לליטר בפתח הקישון ואילו המין *Dinophysis acuminata* הופיע בריכוז נמוך מאד. מיני *Dinophysis* spp. יכולים להיות בעלי פוטנציאל מזיק גם בריכוזים נמוכים יחסית משום שהם יכולים להצטבר בגופם של מסננים כמו צדפות. בדיגום זה, בדומה לדיגום מאי בשנתיים קודמות, הופיע דינופלגלט מהמין *Gymnodinium* cf. *catenatum*, אך בריכוז נמוך יחסית (טבלה 2). המינים *Akashiwo sanguinea*, ו- *Lingulodinium polyedrum* הופיעו בריכוז נמוך יחסית.

מגוון המינים: מספר המינים הגדול ביותר היה במי עומק פתח הקישון, והקטן ביותר במי עומק גשר ההסתדרות (איור 6). במי פני שטח הקישון מספר המינים היה הגדול ביותר, ואילו בתחנות האחרות הוא היה דומה. בפתח הקישון ובמעגן הדייג היוו הדינופלגלטים והאצות הצורניות שיעור ניכר ממספר המינים ($5\% \pm 78\%$) ואילו בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות הייתה עלייה במספר מיני ירוקיות ובקטריות כחוליות המאפיינות מים פחות מלוחים (איור 7).

אינדקס השונות (מחושב לפי מסי המינים / שורש ריבועי של הבימוסה) נמצא גבוה באופן ניכר במי עומק פתח הקישון יחסית לכל התחנות (איור 6). במי פני שטח פתח הקישון אינדקס השונות היה גבוה יחסית למי פני השטח בתחנות האחרות שאינדקס השונות בהן היה נמוך מאד ודומה.

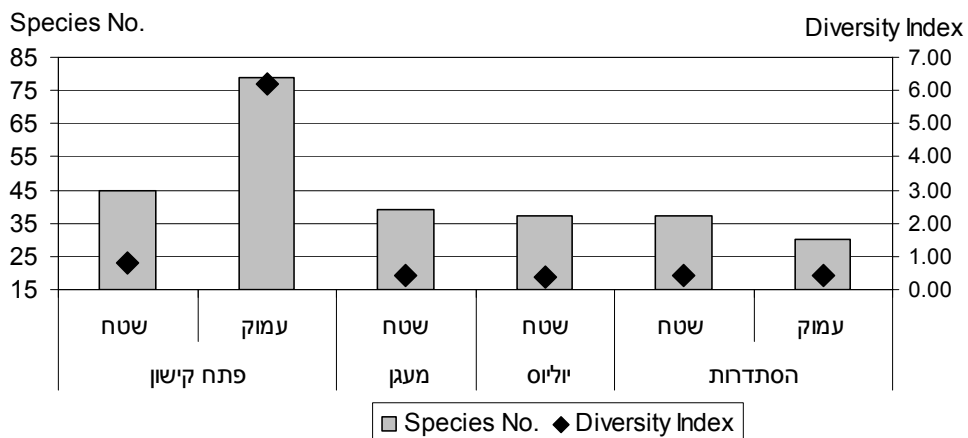
טבלה 2 : ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2011

	פתח קישון שטח	פתח קישון עמוק	מעגן שטח	יוליוס שטח	הסתדרות שטח	הסתדרות עמוק
Dinoflagellates						
<i>Ceratium furca</i>	130	114	67	13		
<i>Ceratium fusus</i>	7					
<i>Ceratium kofoidii</i>	17	60	27	13		
<i>Polykrikos kofoidii</i>	435	324	453			
<i>Cochlodinium</i> sp. (1219)		53				
<i>Dinophysis acuminata</i>	13	6				
<i>Dinophysis caudata</i>	67	70	27			
<i>Dinophysis rotundata</i>	103	164	267			
<i>Gonyaulax spinifera</i>	67	11				
<i>Gymnodinium elongatum</i>	2967	5407	867			
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i>	133	80				
<i>Akashiwo sanguinea</i> (<i>G. sanguineum</i>)		14	40			
<i>Lingulodinium polyedrum</i>		23				
<i>Nematodinium</i> sp.		27				
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	13	30	27			
<i>Oxytoxum gracile</i>	40	16				
<i>Oxytoxum laticeps</i>	400					
<i>Podolampas palmipes</i>		3				
<i>Prorocentrum balticum</i>	133					
<i>Prorocentrum compressum</i>		6				
<i>Prorocentrum gracile</i>	127	15	27	200		
<i>Prorocentrum micans</i>	6267	366	1200	27		
<i>Prorocentrum minimum</i>	613					
<i>Protoberidinium claudicans</i>		6				
<i>Protoberidinium depressum</i>		11				
<i>Protoberidinium</i> sp. (544k)	9333	240	267	13		
<i>Protoberidinium leonis</i> 546k	1280	239				
Unidentified sp. (547k)		120				
<i>Protoberidinium</i> sp. (548k)		29				
<i>Protoberidinium depressum</i>		13				
<i>Protoberidinium</i> spp.		560	93			
<i>Torodinium teredo</i>	40					
Diatoms						
<i>Actinocyclus</i> sp.		6				
<i>Achnanthes</i> sp.						133
<i>Amphora</i> spp.				13		267
<i>Asterionellopsis glacialis</i>		27				
<i>Bacillaria paradoxa</i>						77
<i>Bacteriastrum</i> sp.		160				
<i>Chaetoceros</i> sp.	1373	7360	400			67
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		362				
<i>Chaetoceros danicus</i>		1720				
<i>Chaetoceros didymus</i>	2867	3400				
<i>Chaetoceros rostratus</i>		6				
<i>Coscinodiscus</i> sp. 50u		44				
<i>Cyclotella</i> spp.			13	2200	7000	4267
<i>Cylindrotheca</i> sp.		8711	133		267	
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i>						
<i>Diploneis</i> sp.		13				
<i>Entomoneis</i> sp.		11	40	520	1080	802
<i>Entomoneis gigantea</i>			13	27	289	5268
<i>Eucampia cornuta</i>		84				
<i>Guinardia striata</i>		20				
<i>Hemiaulus hauckii</i>		6				
<i>Lauderia annulata</i>	153	277				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	400	1933				
<i>Leptocylindrus minimus</i>		787				
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>		40				

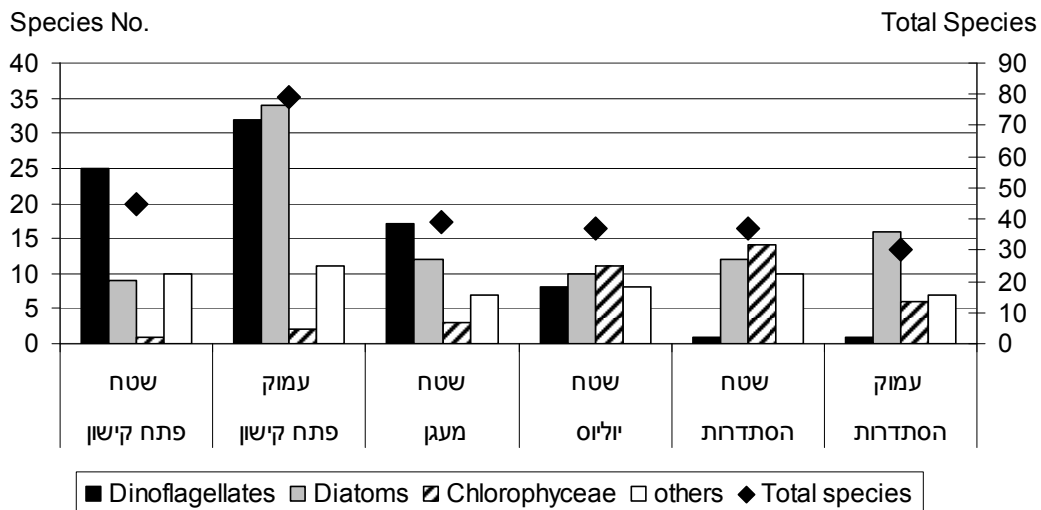
טבלה 2 (המשך): ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2011

	פתח קישון שטח	פתח קישון עמוק	מעגן שטח	יוליוס שטח	הסתדרות שטח	הסתדרות עמוק
<i>Licmophora</i> sp.		3				
<i>Lithodesmium undulatum</i>		63				
<i>Melosira moniliformis</i>			53	500	27	40
<i>Navicula</i> sp. (320)		13			27	163
<i>Navicula</i> sp. (968)		47				
<i>Navicula eta</i> 1893		6				
<i>Navicula</i> sp. (554k)				2000	2294	3.7E+04
<i>Nitzschia sigma</i>					27	
<i>Pleurosigma</i> sp.	33	11	13		40	133
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>		21				
<i>Skeletonema costatum</i>		933				
<i>Streptotheca tamesis</i>		123				
<i>Surirella</i> sp.		3				
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>		14				
Raphidophyceae #						
Unidentified (549k)	613	400	533			
Ebriales						
<i>Ebria tripartita</i>	760	929				
Prymnesiaceae						
<i>Chrysochromulina</i> sp.	73	11				
Dictyochaceae - Silicoflagellates						
<i>Dictyocha fibula</i>	7	6				
<i>Octactis octonaria</i> 1182		11				
Ciliates						
<i>Mesodinium rubrum</i>	3767	67	1600	500		
Chlorophyceae						
<i>Coelastrum microporum</i>					1867	
<i>Crucigeniella rectangularis</i>				800	4267	
<i>Golenkinia radiata</i>						
<i>Oltmannsiella lineata</i>	1067	53	4000			
<i>Oocystis marssonii</i>					533	
<i>Oocystis</i> sp. (882)					6800	
<i>Oocystis</i> sp. (1312)				800		
<i>Oocystis</i> sp. (424)				800	2000	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>					2800	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>				93	80	533
<i>Scenedesmus bernardii</i>				40		
<i>Scenedesmus ecornis</i>					1867	
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>					533	27
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		53		6507		80
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>biornatus</i>				120	4533	1867
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i>				600		
<i>Scenedesmus tibiscensis</i>			533	2000	2533	
<i>Selenastrum</i> sp.					800	800
Flagellates						
<i>Solenicola setigera</i>		533				
Unidentified flagellate (1136)	4.7E+04		133			
Euglenophyceae						
<i>Phacus</i> sp. (558k)						7
Cyanobacteria						
<i>Chroococcus</i> sp.				1000	3733	400
<i>Lyngbya</i> sp. (557k)					1667	
<i>Oscillatoria</i> sp. (1198) 5x7.5				1333	1000	
<i>Oscillatoria</i> sp. (915)					2600	
<i>Oscillatoria tenuis</i>					667	5700

איור 6 : התפלגות מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות השונות - מאי 2011



איור 7 : התפלגות מספר המינים לפי קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות – מאי 2011



1. **ריכוזי הכלורופיל** בדיגום זה היו גבוהים במרבית התחנות, ונמצאו גבוהים יותר במי השטח יחסית למים העמוקים. במי שטח מעגן הדיג, ובגשר יוליוס וגשר ההסתדרות בשני העומקים ריכוז הכלורופיל הצביע על רמה היפר-איאוטרופית של המים יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. רמה איאוטרופית גבוהה נמצאה במי שטח פתח הקישון ובמי עומק מעגן הדיג, ואילו בפתח הקישון במים העמוקים, נמצאה רמה איאוטרופית נמוכה.
2. **ריכוז התאים** הגבוה ביותר נמצא, כמו בשנה קודמת, בגשר יוליוס בפני השטח. ריכוז התאים הקטן ביותר נמצא בפתח הקישון. האצות הצורניות פרחו בכל התחנות והתבטאו בריכוז גבוה מאד בכולן. האצה הדומיננטית שפרחה הייתה *Thalassiosira pseudonana* והיא היוותה $8\% \pm 67\%$ מריכוז התאים הכללי בכל התחנות.
3. **הביומסה**, בדומה לריכוז התאים, הייתה גבוהה מאד במרבית התחנות. ובמיוחד במי שטח גשר יוליוס וגשר ההסתדרות, ונבעה מביומסה גבוהה של אצות צורניות. במי עומק פתח הקישון הביומסה הייתה נמוכה מאד.
4. **פריחות** עיקריות היו של האצה הצורנית מהמין *Thalassiosira pseudonana*. אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* פרחו בפני השטח במיוחד במעגן הדיג ובגשר ההסתדרות. ביומסת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ הייתה גבוהה בכל תחנות להוציא פתח הקישון.
5. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** מהסוג *Dinophysis* המאפיינים דיגומי אביב, הופיעו גם בדיגום זה. המין *Dinophysis rotundata* היה השכיח ביותר והופיע בריכוז מכסימלי של 267 תאים לליטר במעגן הדיג.
6. **מספר המינים ואינדקס השונות** במי עומק פתח הקישון היו גדולים באופן ניכר יחסית לתחנות האחרות. במי השטח, מספר המינים ואינדקס השונות גדולים יחסית לתחנות האחרות, בהן פרמטרים אלה היו דומים.

השוואה רב-שנתית של דיגומי מאי בשנים 2003-2011

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

1. **ריכוז התאים**: ריכוז התאים הממוצע בתחנות פני השטח היה גדול באופן מובהק מהריכוז בתחנות העמוקות (איורים 8,9). לא נמצא הבדל מובהק בממוצע ריכוז התאים בשנים 2003-2010 בין תחנות פני השטח משום השונות הגדולה הנובעת מההבדלים בין השנים. במי עומק תחנת גשר ההסתדרות ריכוז התאים גבוה באופן מובהק מזה שבעומק פתח הקישון. בדיגום 2011 הייתה עלייה בריכוז התאים בכל התחנות, כאשר במי שטח מעגן הדיג וגשר יוליוס העלייה בריכוז התאים נראית שנה שנייה ברציפות, וריכוז התאים מגיע בהן לערך מכסימלי (איור 9).
2. **ביומסה וריכוז כלורופיל**: נראית מגמה כללית רב שנתית של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל בתחנות הרדודות והעמוקות (איור 10). ההבדלים בביומסה ובריכוז הכלורופיל בין מי פני השטח בתחנות השונות אינם מובהקים משום התנודות הגדולות בין השנים. בתחנות העמוקות, לעומת זאת, ההבדלים בריכוז הכלורופיל בין התחנות מובהקים, וגם הביומסה במי עומק פתח הקישון נמוכה באופן מובהק מזו שבעומק גשר ההסתדרות. ב- 2011 הביומסה וריכוז

הכלורופיל עלו בכל תחנות פני השטח, להוציא גשר יוליוס, שם הם ירדו מעט בהשוואה לשנה קודמת, אך נשארו עדיין בתחום גבוה מאד.

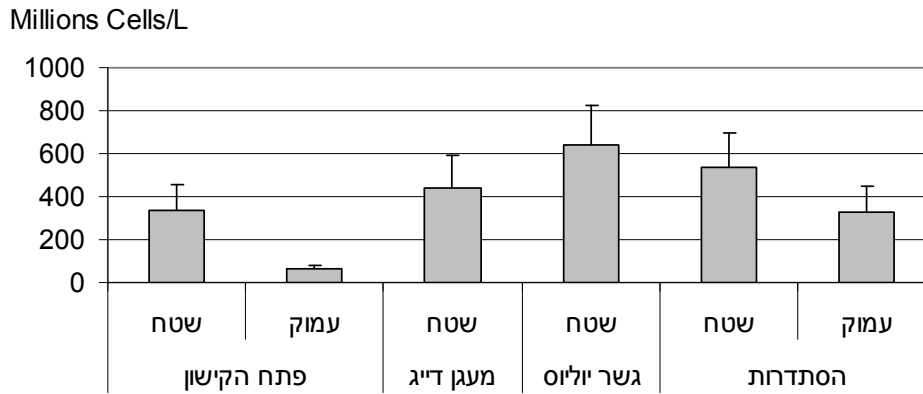
ישנן תנודות בריכוז הכלורופיל ובביומסה בין השנים, ואין מגמה ברורה ומובהקת בין השנים (איורים 11,12).

במי שטח פתח הקישון ממוצע ריכוז הכלורופיל לאורך השנים נמצא בתחום ערכי איאטרופיקציה המוגדרת כגבוהה (איור 10), ואילו בפני השטח בתחנות האחרות הוא היה בתחום ההיפראיאטרופי. ריכוז הכלורופיל במי עומק פתח הקישון היה בתחום הנמוך, בעומק מעגן הדייג בתחום הבינוני, בעומק גשר יוליוס בתחום הגבוה ואילו בעומק גשר ההסתדרות בתחום ההיפראיאטרופי.

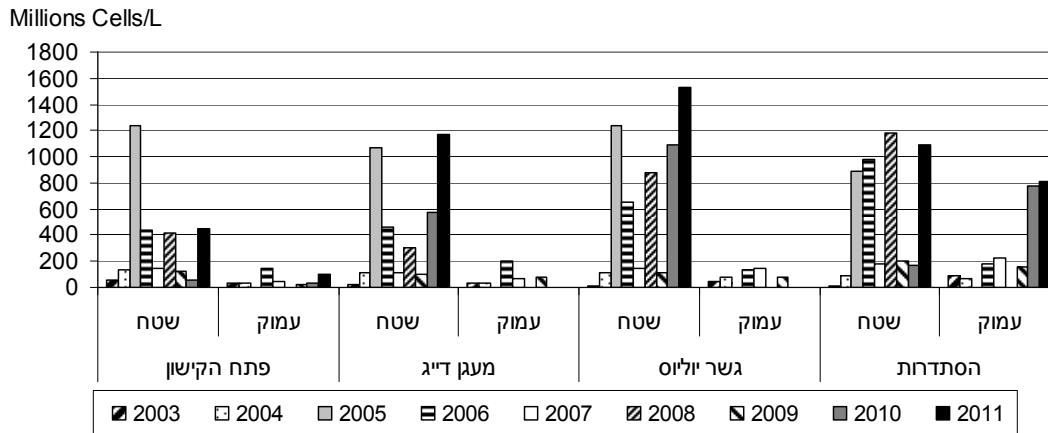
3. **קבוצות המיקרו פלנקטון והופעת פריחות** – קבוצת הצורניות היוותה מרכיב מרכזי בביומסה בדיגומי מאי בכל התחנות ולאורך השנים (איורים 13,14). הצורניות פרחו בצורה מסיבית בחלק מהשנים, תכיפות הפריחות ועוצמתן הייתה הגדולה ביותר בגשר יוליוס וגשר ההסתדרות. דיגום מאי 2011 התאפיין בפריחה גדולה של צורניות בכל תחנות פני השטח. מבין מיני האצות הצורניות שהיו שכיחים בפריחות היו המינים הבאים: 1. אצה מהמין *Thalassiosira pseudonana* - פרחה בארבעה דיגומים בשנים 2004, 2005, 2008 ו- 2011. ביומסת צורנית זו הלכה ועלתה משמעותית עם השנים בכל פריחה וגרמה לביומסה הכללית הגבוהה מאד גם בדיגום מאי 2011 (איור 12). 2. המין *Chaetoceros sp.* - פרח בצורה מתונה במאי 2003 ובאופן מסיבי יותר במאי 2006. 3. צורנית קטנה מהמין *Navicula sp.* - פרחה ב- 2009 במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות בשני העומקים. 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 coccooides* 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.

4. **מגוון המינים ואינדקס השונות** – מספר המינים ואינדקס השונות הממוצעים בתחנות פני השטח ובעומק הלכו וירדו בהדרגה, במעלה הנחל, מפתח הקישון לתחנת גשר ההסתדרות, אולם ההבדלים בפני השטח לא נמצאו מובהקים (איור 15). אינדקס השונות נמצא גבוה באופן מובהק בעומק פתח הקישון יחסית למי עומק גשר ההסתדרות. ב- 2011 הייתה עלייה במספר המינים בכל התחנות, להוציא מי פני שטח פתח הקישון אך בגלל הביומסה הגדולה בעקבות פריחת האצות הצורניות, הייתה ירידה באינדקס השונות בכל התחנות, להוציא עומק פתח הקישון, בו הייתה עלייה משמעותית במספר המינים ובאינדקס השונות (איורים 16,17). בעומק פתח הקישון אינדקס השונות הממוצע משנים 2007-2011 גדול באופן מובהק יחסית לממוצע השנים הקודמות.

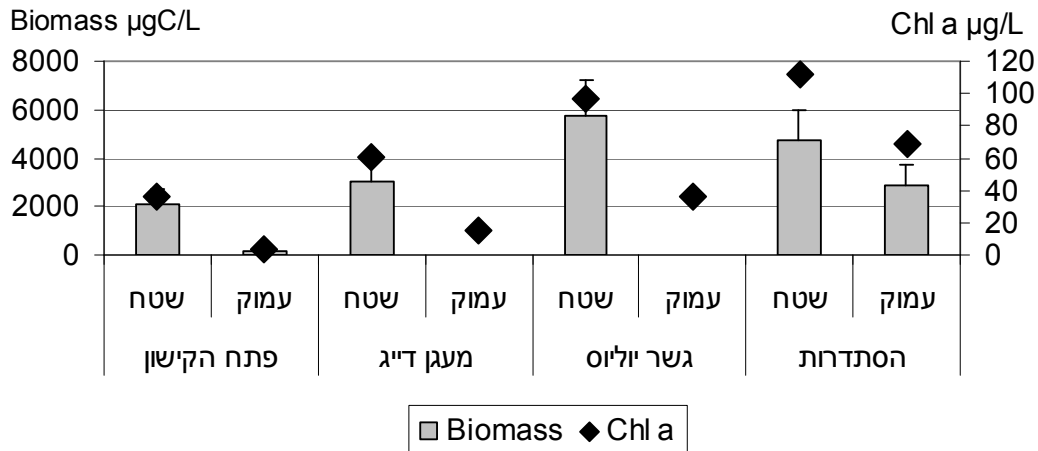
איור 8 : התפלגות ממוצעת של ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2011



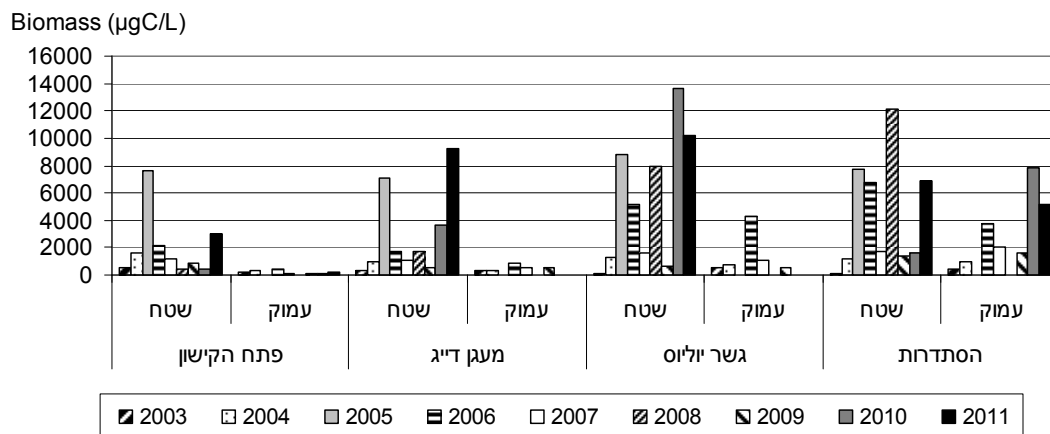
איור 9 : התפלגות ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2011



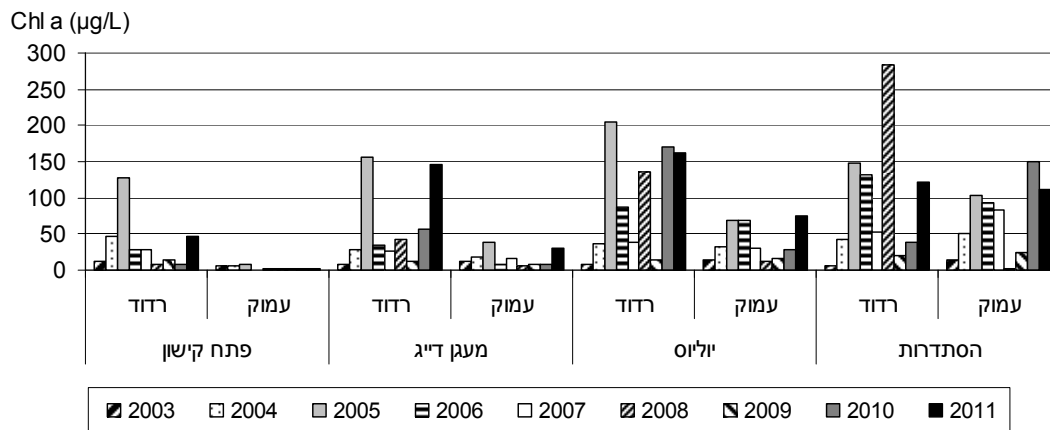
איור 10 : התפלגות ממוצעת (2003-2011) של הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדיגומי מאי



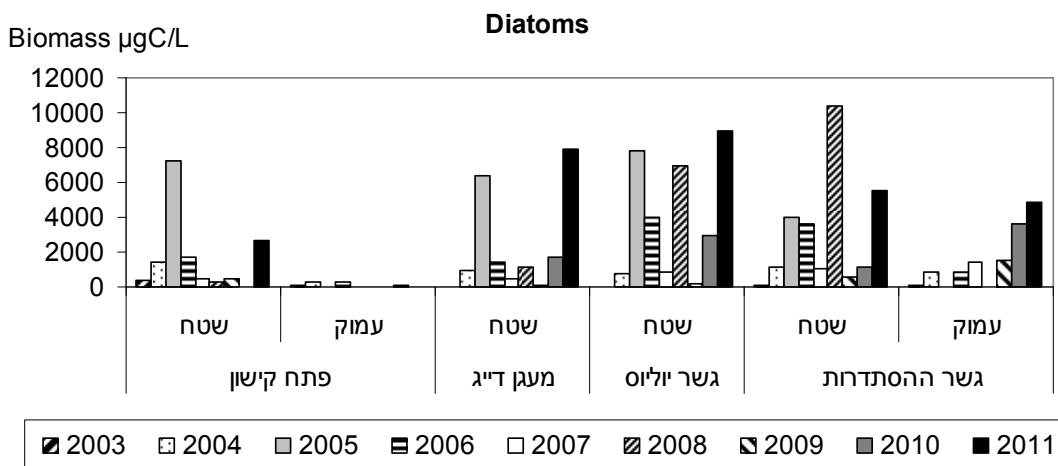
איור 11: התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי



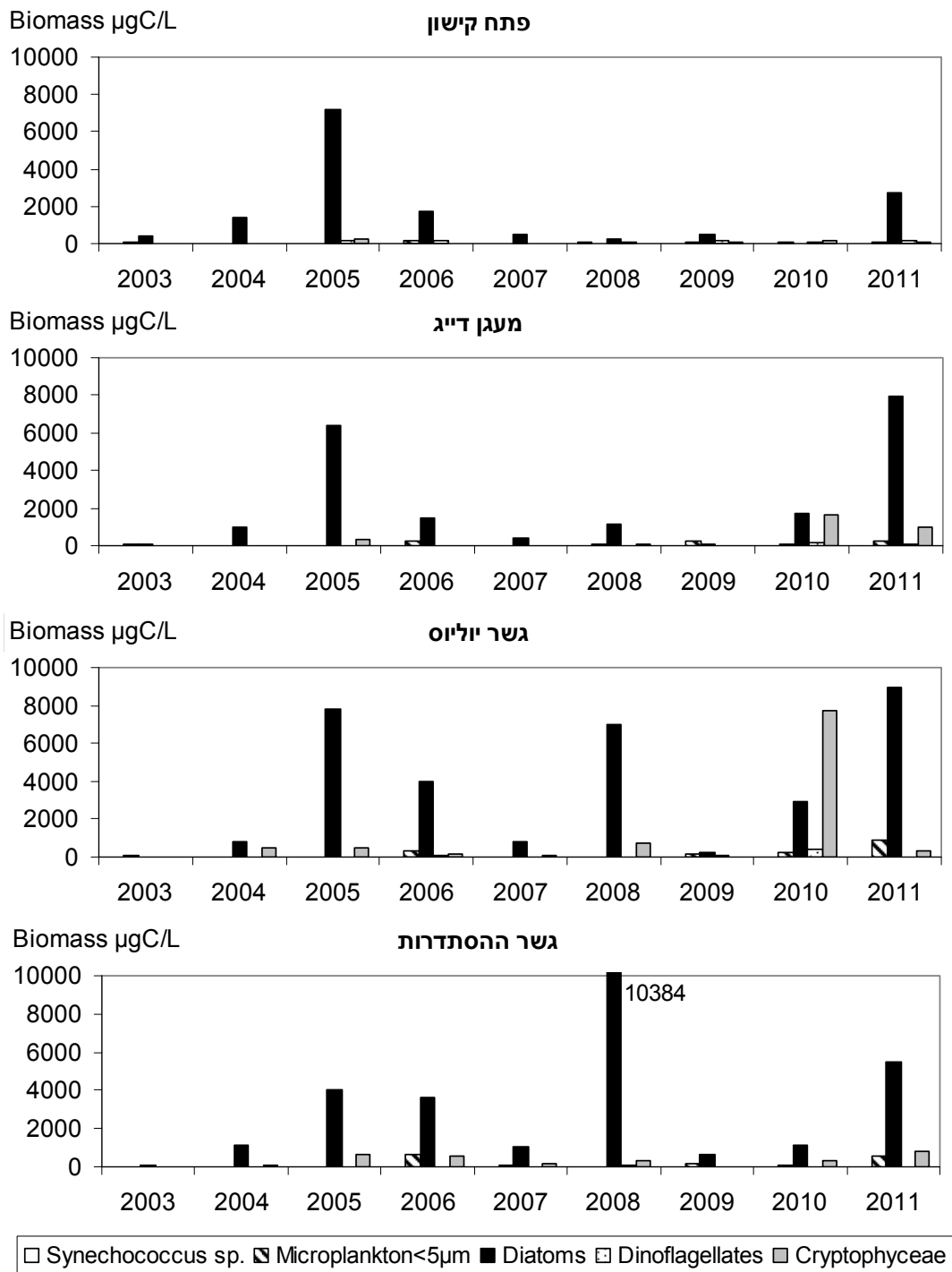
איור 12: התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי מאי 2003-2011



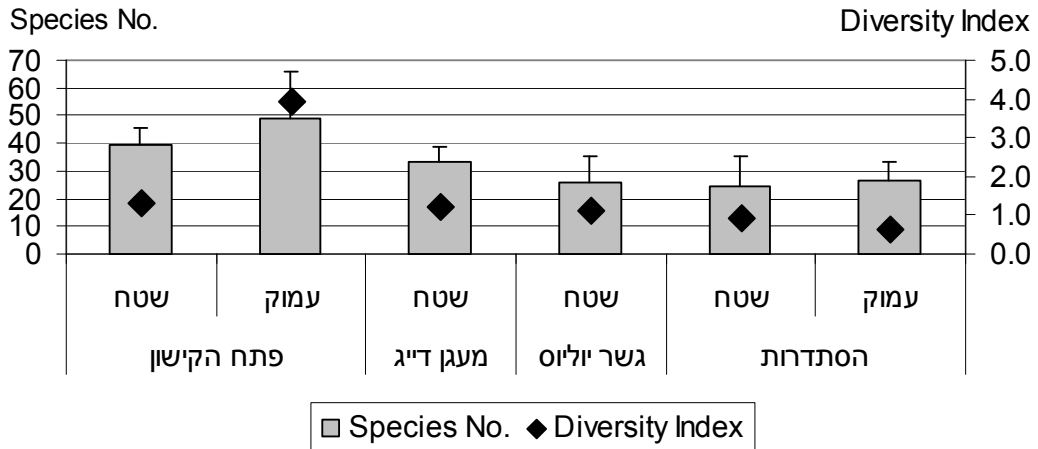
איור 13: התפלגות הביומסה של תאי הצורניות בדיגומי מאי



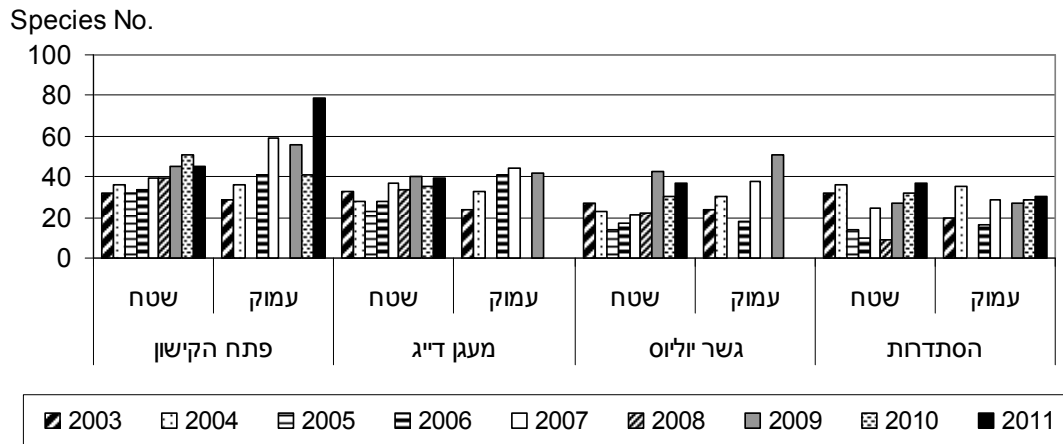
איור 14 : התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות לאורך השנים



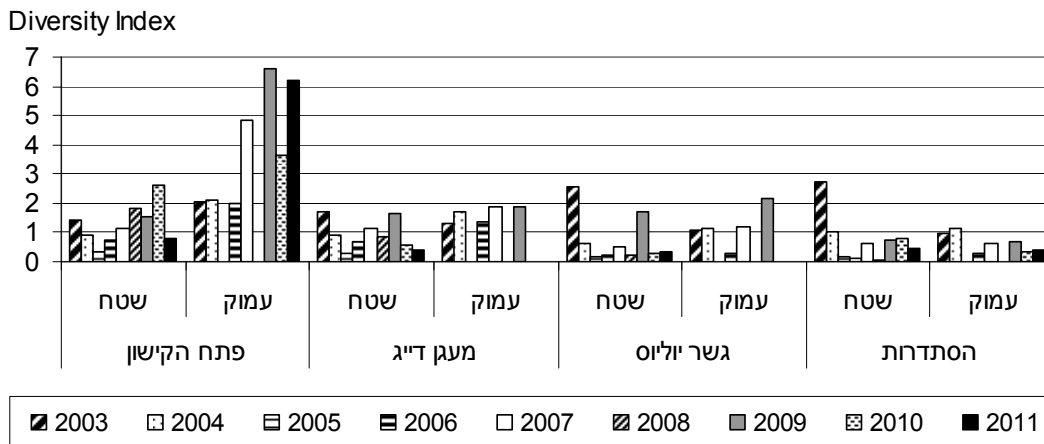
איור 15 : ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי מאי



איור 16 : התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי בתחנות השונות



איור 17 : התפלגות אינדקס השונות בדיגומי מאי בתחנות השונות



4. מראי מקום

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.