



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור מאי 2009**

דו"ח חיא"ל H74/2009

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
Tel-Shikmona, P.O.B. 8030, Haifa 31080 חיפה 8030, ת"ד 8030, תל-שקמונה,
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 מאי 2009**

דו"ח חיא"ל H74/2009

נורית גורדון, ברק חרות, נורית קרס

מוגש לרשות נחל הקישון

ייעוץ מדעי: פרופ' ברוך קימור (ז"ל)

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

ברק חרות

חתימה:

דצמבר 2009

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ניטור מאי 2009

1. מטרת המחקר

מטרה המחקר היא לאפיין ולנטר את אוכלוסיות 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

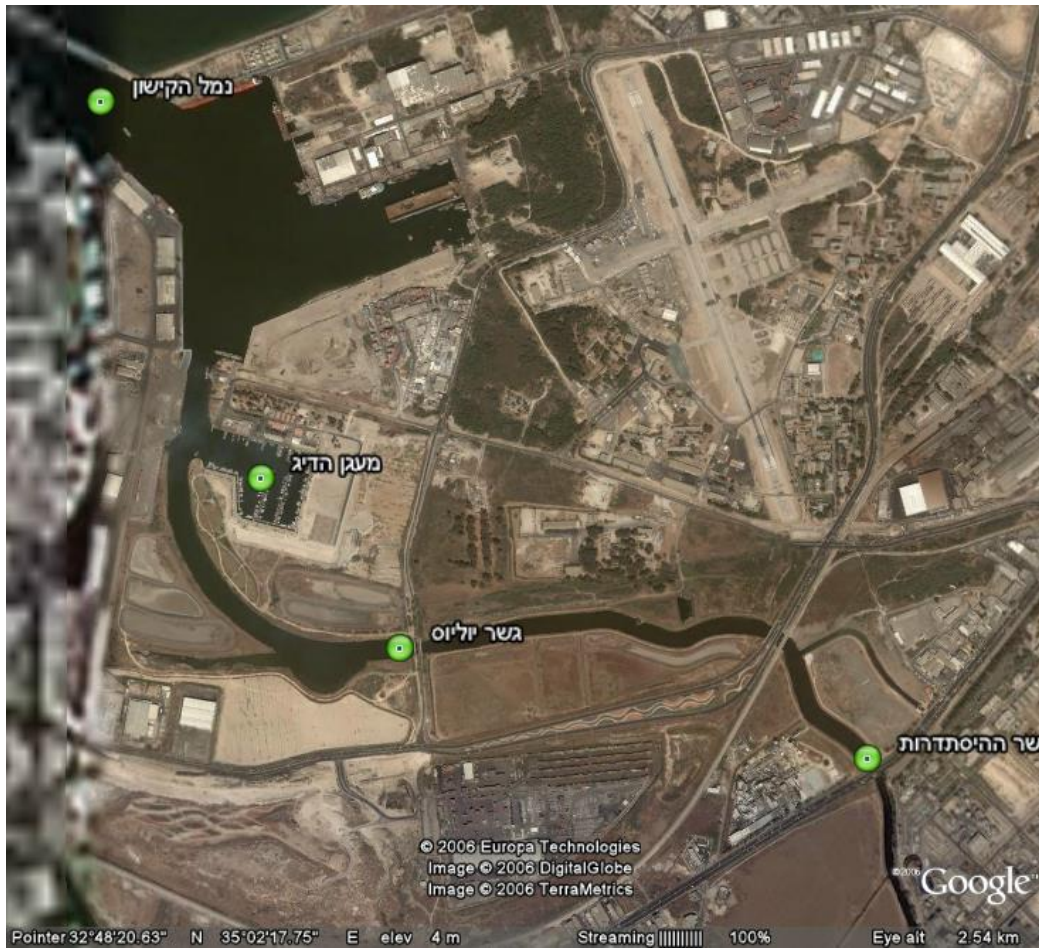
ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב- 10 במאי 2009 (איור 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ערך הגבה (pH) ועכירות באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לאפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון, ולקביעת ריכוזי כלורופיל ונוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית). 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; 1994]. דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים (0.7µm) GF/F 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 (Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (filter-transfer-freeze) FTF (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 1: 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° 48.010'	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

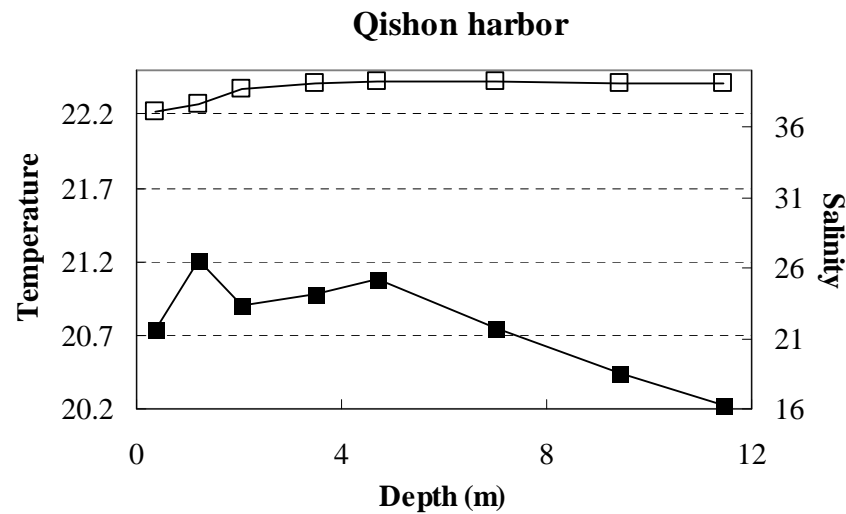
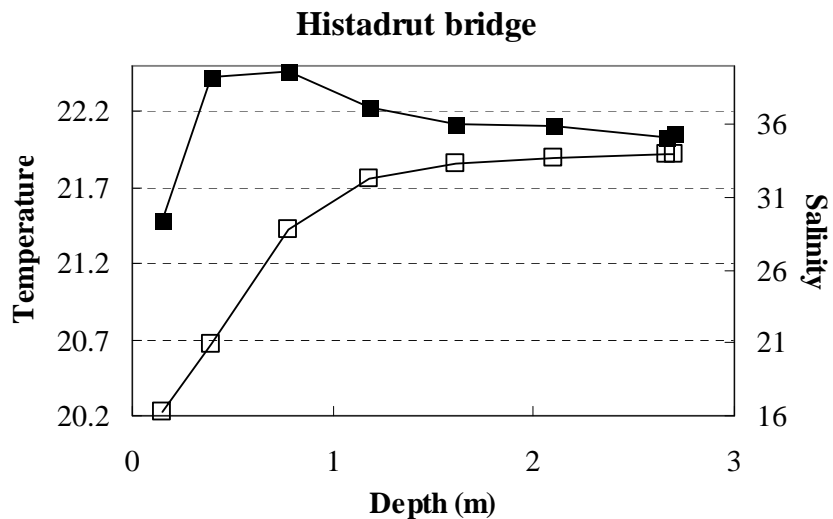
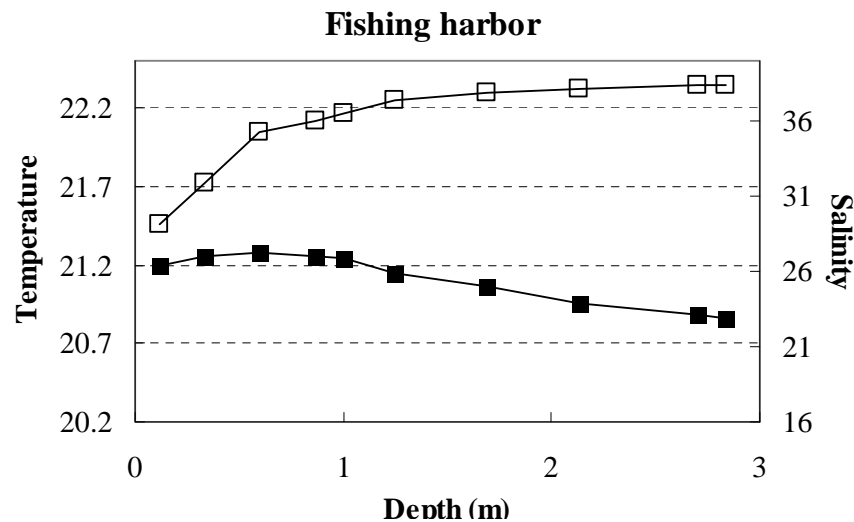
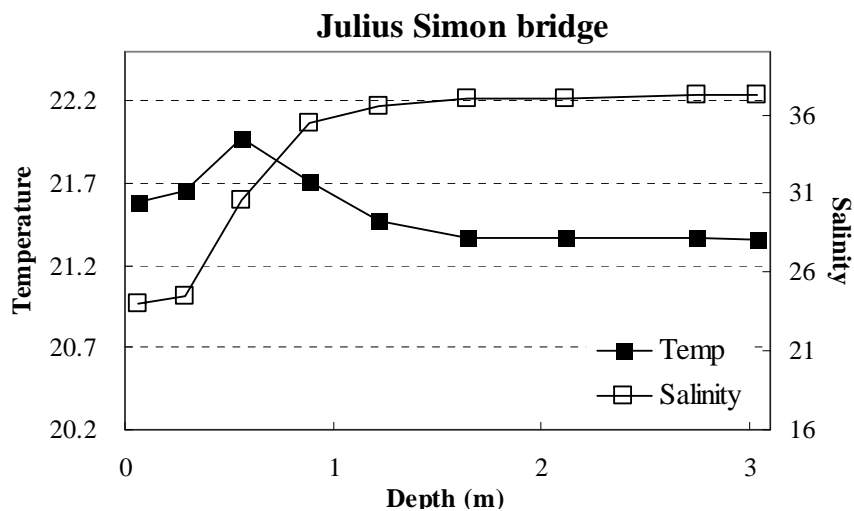
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים 2-4. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

כללית, עמודת המים משכבת בכל תחנות הדיגום וחלקה העליון (עד עומק מים של כ-1 מ') פחות מלוח מחלקה התחתון (איור 2). המליחות עולה לכוון מורד הנחל הן בגוף המים העליון והן בתחתון, כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר, מ-16 עד 37 (איור 5) לעומת 34 עד 39 במים העמוקים. הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (הבדלים של כ-1 מעלת צלזיוס) וגדולות בכ-0.5 מעלת צלזיוס מהטמפרטורות בשכבה העמוקה (איור 2). טמפרטורת פני השטח מושפעת במידה מסוימת בשעת הדיגום בכל תחנה.

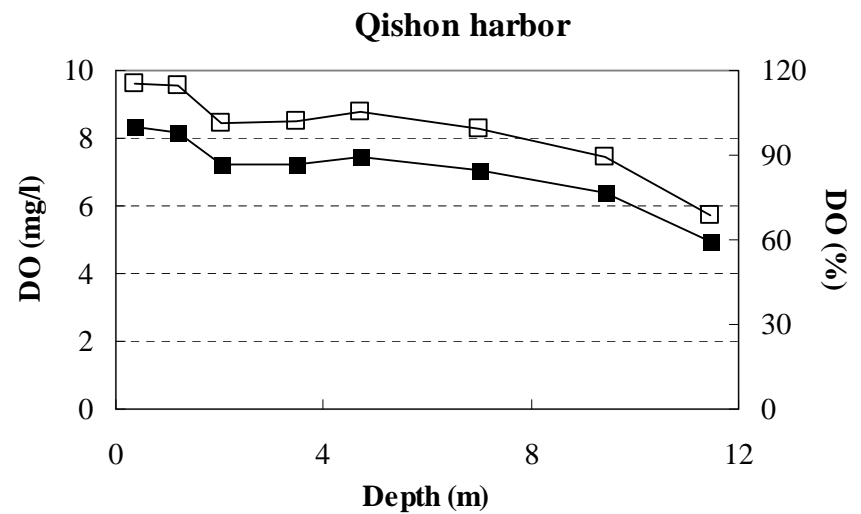
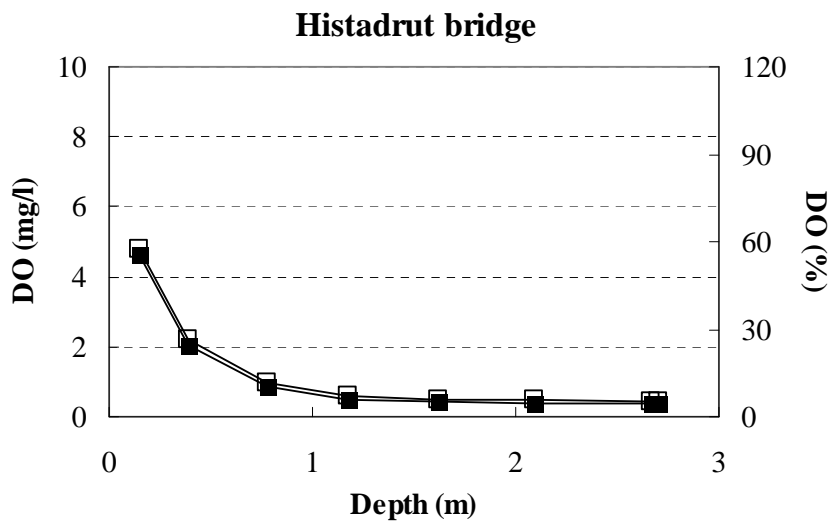
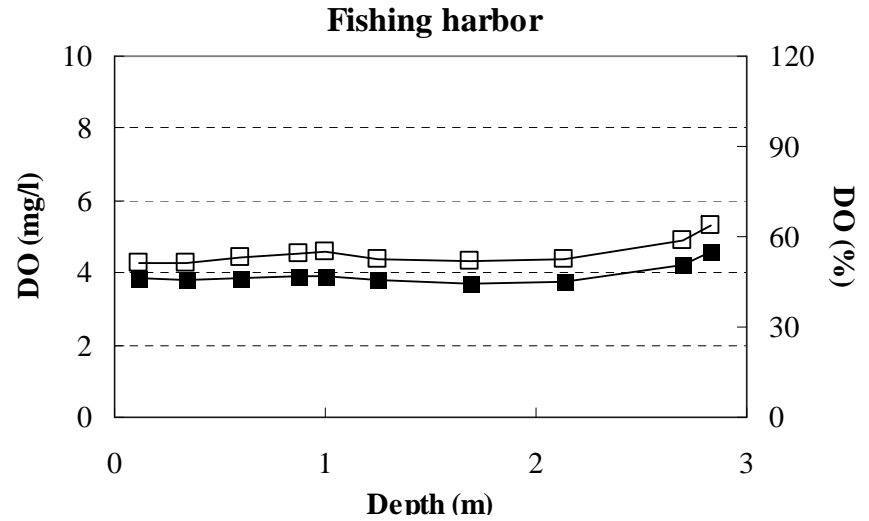
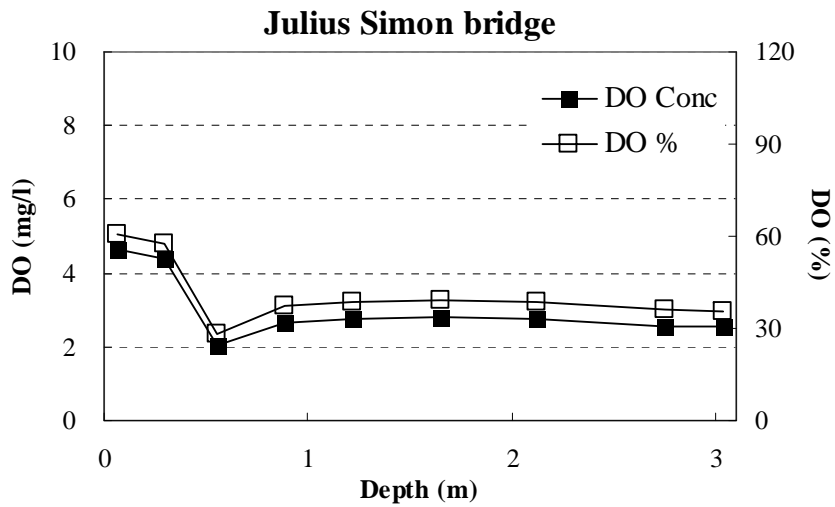
מי השטח בכל התחנות תת-רוויים בחמצן, למעט בפתח נמל הקישון, כאשר בד"כ אחוז רוויית החמצן יורד עם עליה בעומק המים (איור 3). אחוז הרווייה בחמצן (ורכוז החמצן) במי השטח עולה בערך פי 2 מהתחנה במעלה (הסתדרות) לכיוון שפך הנחל (פתח נמל הקישון) (איור 5). ריכוזי חמצן בתחום המוגדר כגורם לעקה ביולוגית (בין 2 ל-5 מג"ל) נמדדו במי השטח ובמי העומק בכל התחנות פרט לפתח נמל הקישון. במי העומק בתחנת ההסתדרות קיים מצב היפוקסי בו החמצן קטן מ-2 מג"ל. ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה, ובהתאם מראה יחס ישר לערכי ה-pH (איור 6). 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 7.69 ל-8.04 ומבנה פרופיל העומק הראה עליה במי העומק בהשפעת מי הים (פרט למעגן הדייג וגשר ההסתדרות, איור 4).

ערכי העכירות היו בתחום 3-32 NTU, גבוהים יחסית במי העומק בתחנות גשר יוליוס סימון ומעגן הדייג (טבלה 1, איור 4).

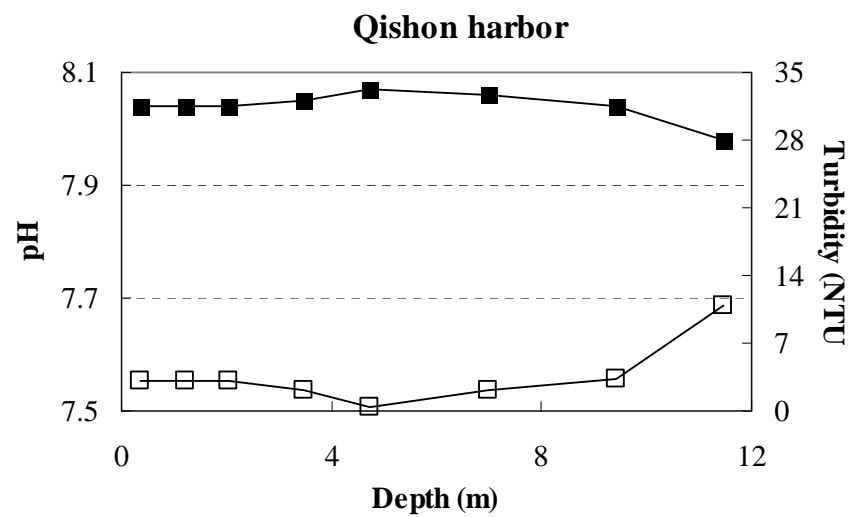
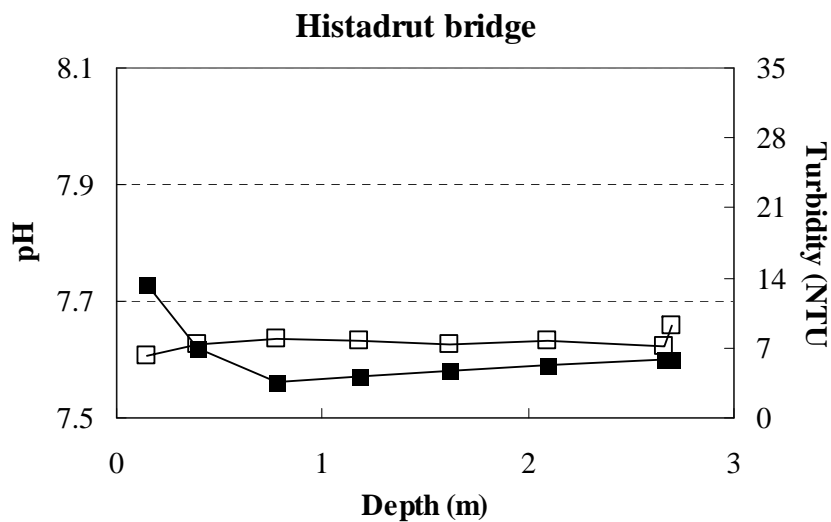
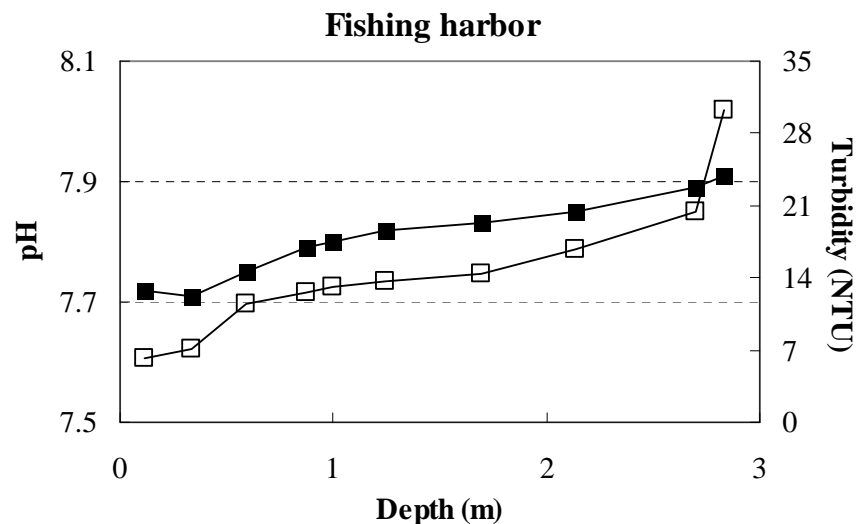
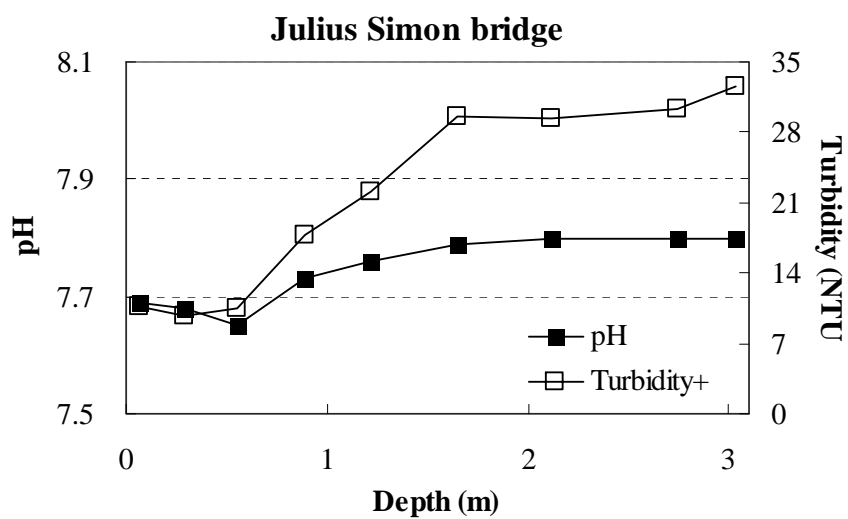
איור 2: פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2009.



איור 3 : פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רוויה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלות, מאי 2009.



איור 4 : פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2009.



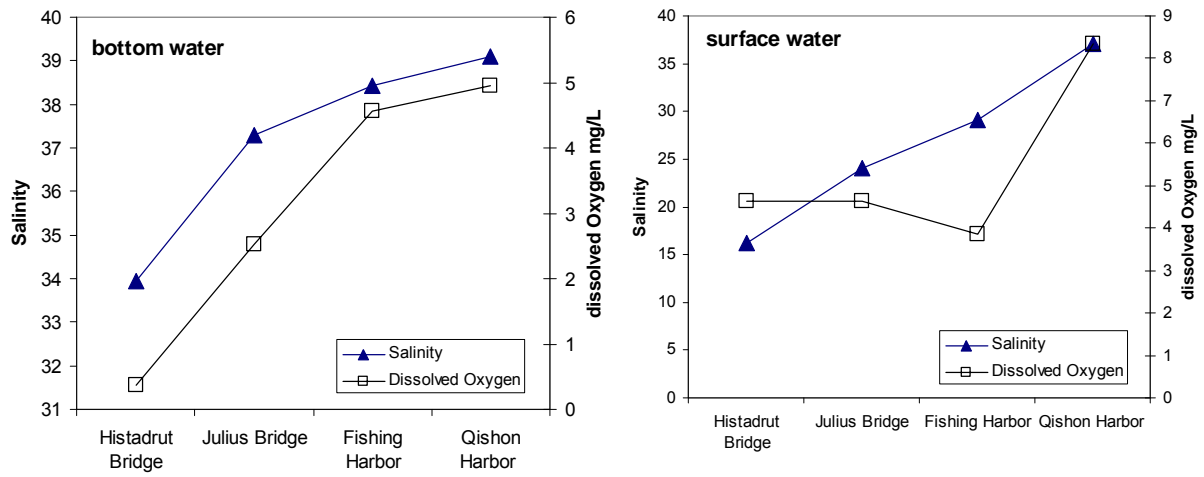
טבלה 1: טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נוטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום מאי 2009.

Station	Location		Depth <i>m</i>	Temp <i>C</i>	Salinity <i>ppt</i>	DO Conc <i>mg/L</i>	DO % <i>%</i>	pH	Turbidity <i>NTU</i>	Chla <i>ug/L</i>
	<i>Lat.</i>	<i>Long.</i>								
Qishon Harbor	32 48.899	35 1.572	0.38	20.74	37.12	8.33	116	8.04	3.1	13.5
			11.46	20.23	39.11	4.95	69	7.98	10.8	1.8
Fishing Harbor	32 48.360	35 1.823	0.12	21.19	29.13	3.85	51	7.72	6.2	12.5
			2.83	20.86	38.42	4.56	64	7.91	30.3	8.1
Julius Bridge	32 48.899	35 2.010	0.07	21.58	24.01	4.63	60	7.69	10.6	14.7
			3.04	21.36	37.28	2.53	36	7.80	32.5	16.5
Histadrut Bridge	32 47.860	35 2.840	0.15	21.48	16.26	4.62	58	7.73	6.3	19.6
			2.70	22.05	33.94	0.36	5	7.60	9.3	25.1

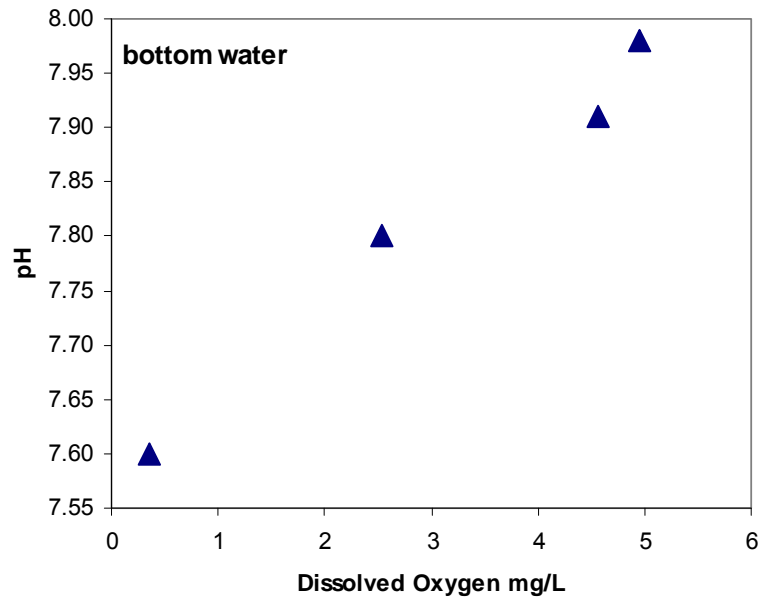
station	Sampling Depth <i>m</i>	NO3+NO2	NO2	NH4	NO3	PO4	Si(OH)4
Qishon Harbor	0.38	23.99	5.58	10.35	18.41	1.02	10.34
	11.46	1.17	0.11	3.27	1.06	0.51	2.27
Fishing Harbor	0.12	77.87	11.28	119.07	66.59	3.94	91.25
	2.83	23.61	3.92	43.96	19.69	3.49	83.32
Julius Bridge	0.07	252.33	35.09	156.31	217.24	11.02	137.88
	3.04	15.92	3.46	53.96	12.46	5.32	44.82
Histadrut Bridge	0.15	486.56	27.78	105.05	458.78	15.69	260.01
	2.70	35.79	10.99	149.96	24.80	9.29	89.36

* in - אי-אורגני.

איור 5 : ערכי מליחות וחמצן מומס בתחנות הדיגום (לאורך מורד הנחל), מאי 2009.



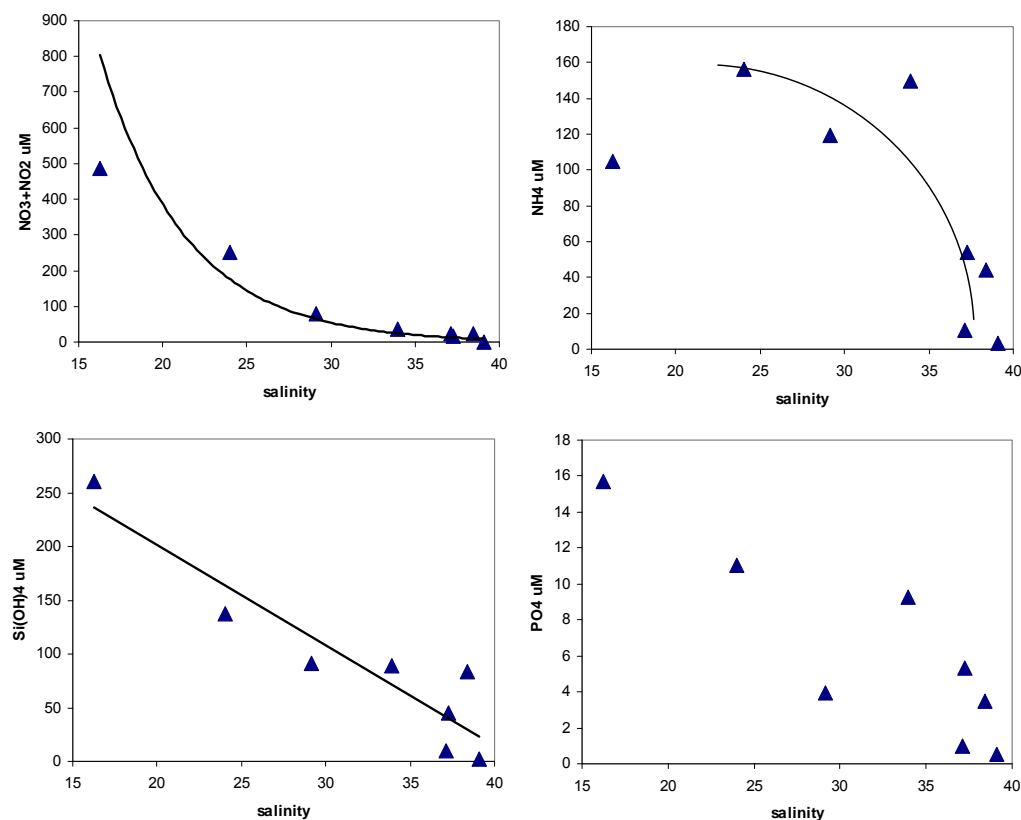
איור 6 : יחסי גומלין בין pH לחמצן מומס במי עומק בתחנות הדיגום, מאי 2009.



ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום, ובמיוחד בתחנות גשר ההסתדרות וגשר יוליוס, למעט אמוניום בגשר ההסתדרות (טבלה 1). הריכוזים קטנו בכיוון מורד הנחל עם ההתרחקות ממקור קולחי התעשייה המזרמים לנחל, בהשפעת מידת המיהול עם מי ים (איור 7). ריכוזי הסיליקה מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיהול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים. לעומת זאת, ריכוזי הניטראט והאמוניום מראים התנהגות לא קונסרבטיבית לאורך קטע האפיק ומושפעים גם מתהליכי צריכה ופירוק (נשימה) של חומר אורגני, וייתכן גם מדניטריפיקציה בחלקים דלי חמצן במי העומק (איור 7).

בכל התחנות פרט לפתח הנמל, ריכוזי החנקן והזרחן במי השטח מראים רמת זיהום (איאטרופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2). מאחר והקריטריונים מתייחסים לכלל החנקן והזרחן המומסים ולא רק לחלק האי-אורגני שנמדד בניטור זה, יש להניח שאיכות המים עוד פחות טובה.

איור 7: יחסי גומלין בין ניטראט, אמוניום, פוספאט וסיליקה למליחות בתחנות הדיגום, מאי 2009.



ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנת דיגום וריכוזם יורד בכוון מורד הנחל. הריכוזים במי השטח בגשר ההסתדרות, בגשר יוליוס ומעגן הדיג מצביעים על רמה איאטרופית בינונית ואילו במי העומק בגשר ההסתדרות ובפתח נמל הקישון הרמה גבוהה ונמוכה, בהתאמה (טבלאות 1 ו-2).

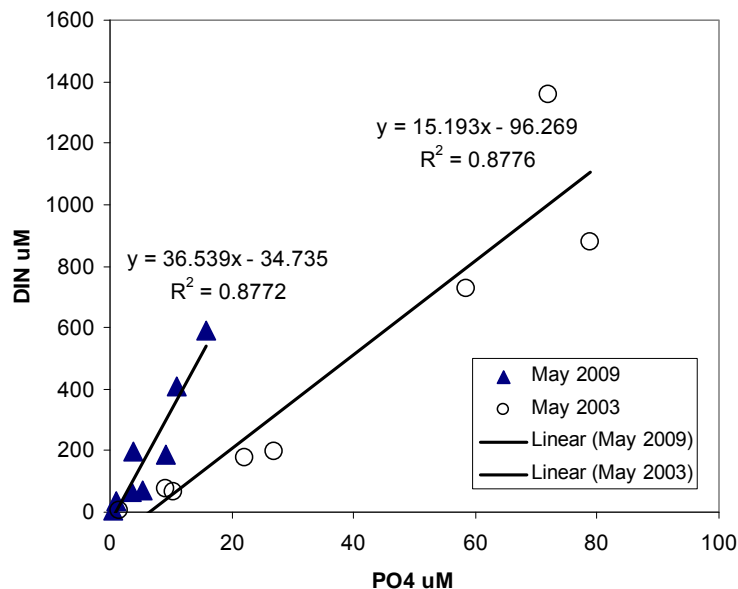
טבלה 2: קריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים.

	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)

במהלך השנים חל שינוי בהרכב הנוטריאנטים (בעיקר יחסי חנקן/זרחן) במורד הנחל כתוצאה משינויים בהרכב הזרמות קולחי התעשייה. השינוי מראה הגדלה משמעותית, פי 2 לערך, של היחס חנקן/זרחן כפי שמוצג לדוגמה באיור 8. ייתכן ששינויים אלה השפיעו על הרכב אוכלוסיית הפיטופלנקטון בתחנות מורד הנחל, במיוחד פתח הקישון ומעגן הדיג, כפי שמתבטא במגמת העלייה בזמן (מ- 2002 עד 2009) של מספר המינים או אינדקס השונות (ראה להלן).

איור 8: יחסי גומלין בין ריכוזי חנקן וזרחן מומסים במורד נחל הקישון.



3.2. קבוצות המיקרופלנקטון

קבוצות המיקרופלנקטון

דיגום זה התאפיין בפריחה של אצות מקבוצות הצורניות והירוקיות. מבין הצורניות בלטה פריחת צורנית קטנה מהמין *Navicula* sp. ומבין הירוקיות המינים *Selenastrum minutum* והפלגלט *Chlamydomonas coccooides* (טבלה 3). הביומסה וריכוז הכלורופיל הגבוהים ביותר נמצאו בתחנת גשר ההסתדרות בפני השטח ובעומק (איור 9). בפני השטח בכל התחנות הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים מפתח הקישון עד גשר יוליוס, ובגשר ההסתדרות חלה עלייה משמעותית בריכוזם. במים העמוקים הביומסה וריכוז הכלורופיל הלכו ועלו במעלה הנחל.

דגימות פני השטח

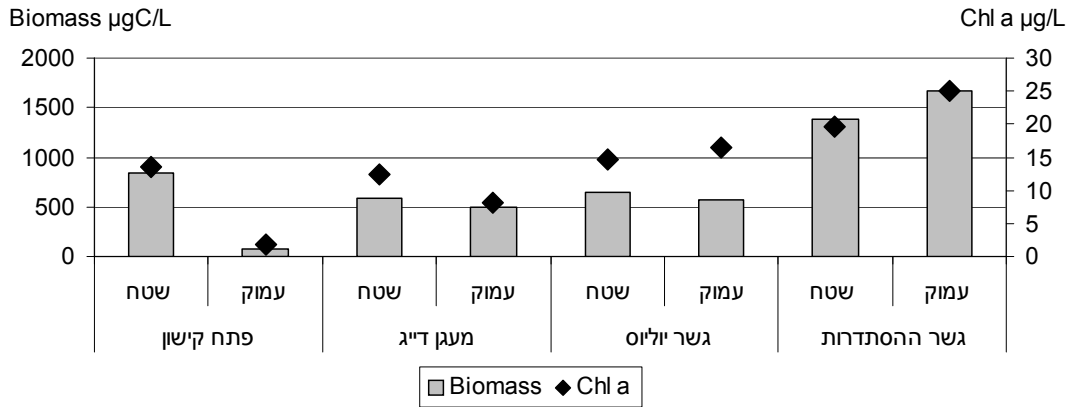
ריכוז התאים – בפני השטח בכל תחנות בלט ריכוז גבוה יחסית של מיקרואצות קטנות מ - $5\mu\text{m}$ (איור 10). ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בגשר ההסתדרות בפני השטח (2.0×10^8) והוא נבע בעיקר מריכוז גבוה של מיקרואצות קטנות מ - $5\mu\text{m}$ שהיו כ - 50% מריכוז התאים ומתאי צורניות וירוקיות ששיעורן בריכוז התאים הכללי היה דומה והן היו ביחד כ - 50% מריכוז התאים הכללי. בשלוש התחנות האחרות ריכוז התאים היה דומה והמיקרואצות היו בהן שיעור גבוה יחסית ($78\% \pm 13\%$ בממוצע). **הביומסה** – הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בתחנת גשר ההסתדרות, בדומה לריכוז התאים (איורים 9,11). בשלוש התחנות האחרות נמצאו הבדלים קטנים בלבד בביומסה וריכוז הכלורופיל, כפי שנמצא לגבי ריכוז התאים. בפתח הקישון מהוות הצורניות כ - 60% מהביומסה הכללית, במעגן הדייג המיקרואצות הקטנות מ - $5\mu\text{m}$ מהוות 45% מהביומסה הכללית ואילו בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס, נמצא שיעור גבוה ודומה של אצות צורניות וירוקיות, בגשר ההסתדרות הן מהוות יחד 89% מהביומסה הכללית ובגשר יוליוס 68% מהביומסה (איור 12).

דגימות עומק

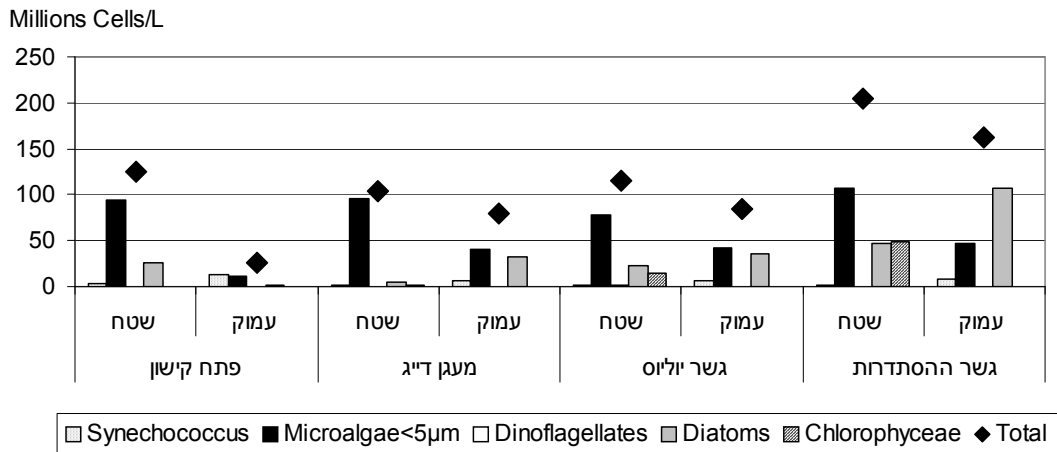
ריכוז התאים – במים העמוקים ריכוז התאים הולך ועולה במעלה הנחל והוא נמצא נמוך בכל התחנות יחסית למי השטח (איור 10). בפתח הקישון ריכוז גבוה ודומה של כחוליות חד תאיות מהמין *Synechococcus* sp. ומיקרואצות קטנות מ - $5\mu\text{m}$, במעגן הדייג ובגשר יוליוס ריכוז גבוה יחסית ודומה של מיקרואצות קטנות מ - $5\mu\text{m}$ ואצות צורניות, ואילו בגשר ההסתדרות שליטה של אצות צורניות (66% מריכוז התאים הכללי).

הביומסה - הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל נמוכים יחסית בפתח הקישון והם הולכים ועולים במעלה הנחל בדומה לריכוז התאים (איור 9). בכל התחנות להוציא את גשר ההסתדרות הביומסה נמוכה יחסית לזו שבפני השטח. בגשר ההסתדרות לעומת זאת, הביומסה בעומק גבוהה יחסית לפני השטח (איור 9). ריכוז הכלורופיל בפתח הקישון ובמעגן נמוך יחסית לפני השטח בדומה לביומסה, אך בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות הוא גבוה יחסית לפני השטח וזאת בהבדל מהביומסה שהייתה גבוהה יותר רק בתחנת גשר ההסתדרות. במים העמוקים בכל התחנות האצות הצורניות מהוות את עיקר הביומסה (איור 11). שיעור הצורניות בביומסה הכללית הולך ועולה גם הוא במעלה הנחל (איור 12). בפתח הקישון שיעור הצורניות 59% מהביומסה הכללית ואילו בגשר ההסתדרות הן מהוות 92% מהביומסה.

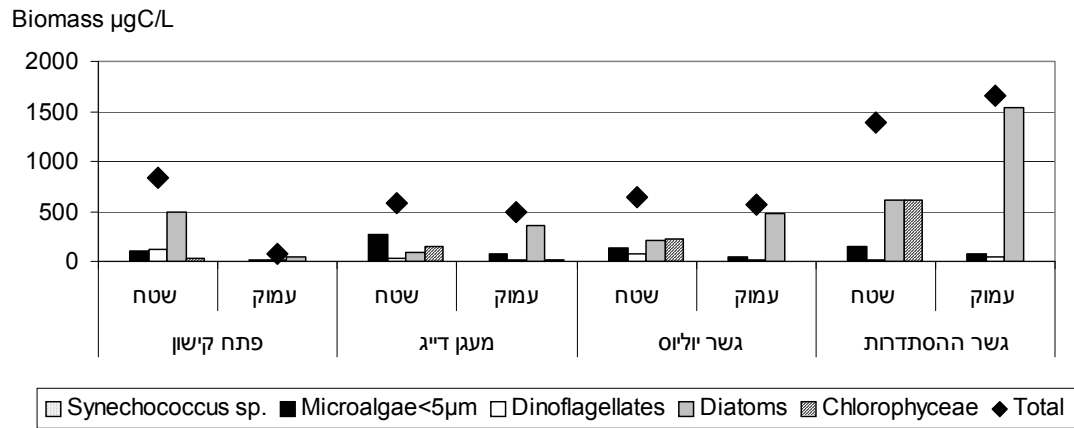
איור 9 : התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בתחנות השונות – מאי 2009



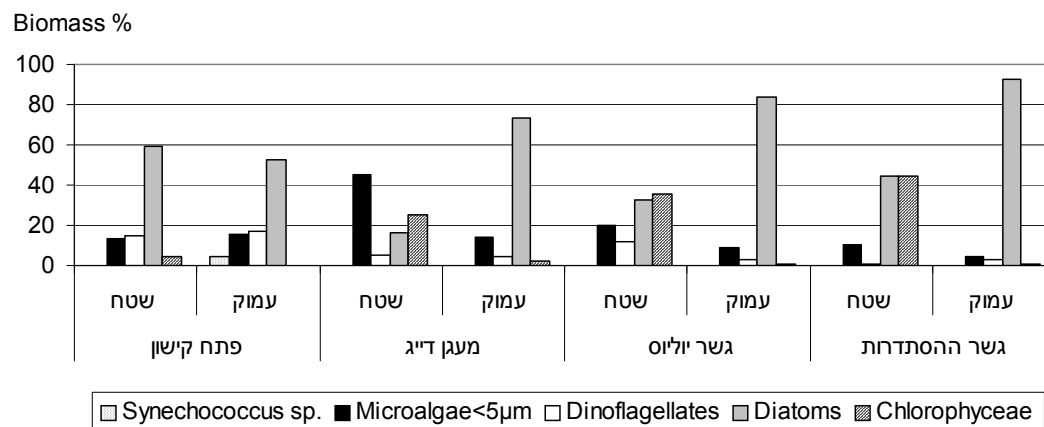
איור 10 : ריכוז כללי של תאי המיקרופלנקטון והתפלגותם לפי קבוצות בתחנות השונות



איור 11 : הביומסה הכללית של תאי המיקרופלנקטון והתפלגותה לפי קבוצות בתחנות השונות



איור 12 : התפלגות הביומסה באחוזים לפי קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות



הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 3), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר היו אצות מקבוצת הצורניות והירוקיות. מבין הצורניות, בלטה פריחת צורנית קטנה מהמין *Navicula sp.* במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות בפני השטח ובעומק והיוותה 90% ו- 68% מביומסת הצורניות בתחנות אלה בהתאמה. גם במי העומק בתחנות גשר יוליוס ומעגן הדיג ריכוז צורנית זו היה גבוה יחסית והיא היוותה בהן 70% מביומסת הצורניות ו- 50% מהביומסה הכללית בהתאמה. צורניות נוספות שהופיעו בריכוז גבוה היו *Thalassiosira pseudonana* שהופיעה בעיקר בעומק גשר ההסתדרות. הצורנית *Skeletonema costatum* שנמצאה בעיקר בפני השטח בפתח הקישון והצורנית הקטנה *Chaetoceros sp.* שהיתה נפוצה במרבית התחנות.

מבין הירוקיות האצה *Chlamydomonas coccoides* שהופיעה גם בדיגומים קודמים, הופיעה בריכוז גבוה יחסית בפני השטח ב בתחנת גשר ההסתדרות ובריכוז נמוך יותר בפני השטח בגשר יוליוס. הירוקית מהמין *Selenastrum minutum* הופיע לראשונה בדיגום זה בריכוז גבוה יחסית בפני השטח בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס. ירוקיות אלה תרמו משמעותית לביומסה הכללית בתחנות המוזכרות. בקטריות כחוליות הופיעו בריכוז בינוני והיו שכיחות יותר במים העמוקים. הן היו מרכיב זניח בביומסה הכללית בכל התחנות.

מבין הדינופלגלטים מינים קטנים מ- 15µm היו הנפוצים ביותר. מבין הדינופלגלטים האחרים המין *Prorocentrum triestinum* המסוגל ליצור פריחות הופיע בריכוז בינוני בפתח הקישון ובעומק מעגן הדיג. שיעור הדינופלגלטים בביומסה הכללית היה קטן מאד, להוציא תחנת פתח הקישון ועומק תחנת גשר יוליוס בהן הם היוו 12%-17% מהביומסה הכללית בהתאמה.

פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* הנפוצים בדיגומי הקישון, הופיעו בריכוז בינוני ותרומתם לביומסה הכללית הייתה שולית בלבד.

טבלה 3: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בדיגום מאי 2009

קבוצות ומיני המיקרופלנקטון	פתיח קישון		מעגן		יוליס		הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק
Cyanobacteria								
<i>Synechococcus</i> sp.	4.0 x10 ⁶	1.3 x10 ⁷	1.1 x10 ⁶	7.1 x10 ⁶	1.0 x10 ⁶	5.7 x10 ⁶	1.1 x10 ⁶	8.2 x10 ⁶
צורניות (Diatoms)								
<i>Chaetoceros</i> sp. (3.5µm)	6.7 x10 ⁶	1.9 x10 ⁵		1.1 x10 ⁷	1.4 x10 ⁷	5.4 x10 ⁶	9.8 x10 ⁶	6.1 x10 ⁶
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.9 x10 ⁵	1.1 x10 ⁵	1.2 x10 ⁴		1900	914		467
<i>Navicula</i> sp. (10µm)	5.8 x10 ⁵	1.3 x10 ⁵	1.7x10 ⁶	1.7x10 ⁷	7.7x10 ⁶	2.3x10 ⁷	3.7x10 ⁷	7.0x10 ⁷
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	3.9x10 ⁶	1.6x10 ⁵	1.9x10 ⁵	5.2x10 ⁵	2300		571	7560
<i>Skeletonema costatum</i>	9.3x10 ⁶	5.4x10 ⁵	6.3x10 ⁵	6.2x10 ⁵	2.8x10 ⁴	4.8x10 ⁵	1.5x10 ⁴	8600
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2.5 x10 ⁴	2.6 x10 ⁴	5267	1.2 x10 ⁴		3720	1371	2133
<i>Thalassiosira pseudonana</i>						5.8 x10 ⁶		3.0 x10 ⁷
<i>Thalassiosira</i> spp.	1.2 x10 ⁶	6.9 x10 ⁴	4.6 x10 ⁵	8.7 x10 ⁴	5.0 x10 ⁴	7.7 x10 ⁴	3.8 x10 ⁴	2.4 x10 ⁵
דינופלגלטים (Dinoflagellates)								
Unidentified small dinoflagellates 10-20µm	2.6x10 ⁵	5.3x10 ⁴	2.8x10 ⁵	1.3x10 ⁵	8.9x10 ⁵	1.7x10 ⁵	1.1x10 ⁵	5.8x10 ⁵
<i>Prorocentrum triestinum</i>	2.5 x10 ⁴	340	9333	2.7 x10 ⁴	400	3200	57	
Cryptophyceae								
<i>Cryptomonads</i> spp.	3.8x10 ⁶	3.2x10 ⁵	1.8x10 ⁶	1.8x10 ⁶	3.8x10 ⁶	8.5x10 ⁵		
<i>Hemiselmis</i> sp.			1.7x10 ⁵	4.3x10 ⁵		9.0x10 ⁵	4.5x10 ⁵	
Chlorophyceae								
<i>Chlamydomonas coccoides</i>			3.7x10 ⁵		7.1x10 ⁶		1.3x10 ⁷	
<i>Selenastrum minutum</i>					6.8x10 ⁶	4.0x10 ⁵	3.5x10 ⁷	6.0x10 ⁵
Flagellate (440k)	8.9x10 ⁴	800	6.3x10 ⁵		1800			
Microplankton < 5µm	9.5x10 ⁷	1.1x10 ⁷	9.5x10 ⁷	4.1x10 ⁷	7.8x10 ⁷	4.2x10 ⁷	1.1x10 ⁸	4.6x10 ⁷
Total Microplankton	1.3x10 ⁸	2.5x10 ⁷	1.0x10 ⁸	8.0x10 ⁷	1.2x10 ⁸	8.4x10 ⁷	2.0x10 ⁸	1.6x10 ⁸

הרכב מיני המיקרופלנקטון הפחות שכיח

חלק ממיני המיקרופלנקטון הפחות שכיח (טבלה 4) היו מינים המאפיינים מי ים, והופיעו לכן בלעדית או בריכוזים גבוהים יותר בפתיח הקישון בשני העומקים וביתר התחנות במי העומק בהם רמת המליחות דומה לזו של מי הים. מבין הצורניות המין *Cylindrotheca closterium* הופיע בריכוז בינוני במי העומק בתחנות פתיח הקישון ומעגן הדייג. מיני *Chaetoceros* spp. הופיעו בריכוז בינוני בפני השטח בפתיח הקישון. המין *Asterionella glacialis* המשמש כאינדיקטור לאיאוטרופיקציה הופיע בריכוז בינוני במים העמוקים בפתיח הקישון. מיני *Navicula* spp. שונים הופיעו בריכוז בינוני בפני השטח בגשר יוליס ובגשר ההסתדרות. מבין הדינופלגלטים המין *Oxyphysis oxytoxoides* היה שכיח יחסית בפתיח הקישון ובמעגן הדייג. גם הדינופלגלט מהמין *Gymnodinium elongatum* הנפוץ בדיגומים רבים ובתחנות הרדודות לאורך החוף היה שכיח במרבית התחנות אם כי בריכוזים לא גבוהים. המין *Prorocentrum micans* המסוגל ליצור פריחות והשכיח יותר בתחנות הרדודות לאורך החוף הופיע בפני השטח בפתיח הקישון בריכוז גבוה יחסית לתחנות האחרות. אצות ירוקיות המאפיינות מים בעלי מליחות נמוכה הופיעו במגוון גדול יותר ובריכוז גדול יותר בפני השטח בגשר יוליס ובהסתדרות. מין מסויים של פלגלטים שלא זוהו (ניתנים לזיהוי רק מדוגמא חיה) הופיעו בריכוז גבוה יחסית במעגן הדייג. פלגלטים מהמין *Euglena* sp. הופיעו בריכוז גדול יותר בפני השטח בפתיח הקישון ובמעגן הדייג.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי - בלטה הופעה של הדינופלגלט מהמין *Gymnodinium cf. catenatum*. הוא הופיע לראשונה בדיגום זה בריכוז בינוני בפני השטח בפתח הקישון ובמעגן הדיג (טבלה 4). דינופלגלט זה דומה מאד (ולכן האותיות cf לפני שם המין) לדינופלגלט בעל הפוטנציאל הטוקסי *Gymnodinium catenatum* (ויתכן שזהו אותו מין) אך מימדיו קטנים במעט ($20-25\mu\text{m} \times 22-27\mu\text{m}$). דינופלגלט זה הוא פוטוסינתטי והופיע בשרשראות של עד 8 תאים, הזיהוי עדיין לא סופי והקושי בזיהוי נובע מכך שהוא חסר דופן קשיחה ולכן קשה לזיהוי מדוגמאות משומרות. בדומה לממצאים אחרים שדווחו נלווה לדינופלגלט זה דינופלגלט הטרוטרופי הנחשב כטורף שלו מהמין *Polykrikos kofoidii* (Matsuyama, 1999), גם הוא נראה בדיגום זה לראשונה.

מינים נוספים היו *Dinophysis caudata* ו- *Dinophysis rotundata*, שהופיעו בריכוז נמוך יחסית, אך בעומק פתח הקישון ומעגן הדיג ריכוזם היה גבוה יחסית לתחנות האחרות.

מגוון המינים: מספר המינים נמצא גבוה יותר במים העמוקים, להוציא תחנת גשר ההסתדרות שבה מספר המינים היה נמוך מאד ושווה בשני העומקים (איור 13). בפתח הקישון בתחנה העמוקה נמצא מספר המינים הגבוה ביותר ואילו בגשר ההסתדרות בשתי התחנות מספר המינים היה הקטן ביותר.

בכל התחנות מספר מיני הצורניות היה הגבוה ביותר (איור 14). הצורניות היוו בממוצע $44\% \pm 4\%$ מסך כל המינים בכל התחנות, להוציא התחנה העמוקה בהסתדרות, שם הן היוו 74% מסך כל המינים. הדינופלגלטים היוו $26\% \pm 8\%$ מסך כל המינים בכל התחנות להוציא מי העומק בתחנת גשר ההסתדרות שבה נמצא מין אחד בלבד. בפני השטח בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות הופיע מגוון גדול יחסית של מיני ירוקיות שתרמו למגוון מינים גבוה יחסית במיוחד בתחנת גשר יוליוס.

אינדקס השונות (מחושב לפי מסי המינים / שורש ריבועי של הבימוסה) נמצא הגבוה ביותר במים העמוקים בפתח הקישון והנמוך ביותר בשני העומקים בגשר ההסתדרות כפי שנמצא לגבי מספר המינים (איור 13). אינדקס השונות בכל התחנות האחרות נמצא דומה למרות ההבדל במספר המינים וזאת משום הבימוסה הגבוהה בתחנות אלה.

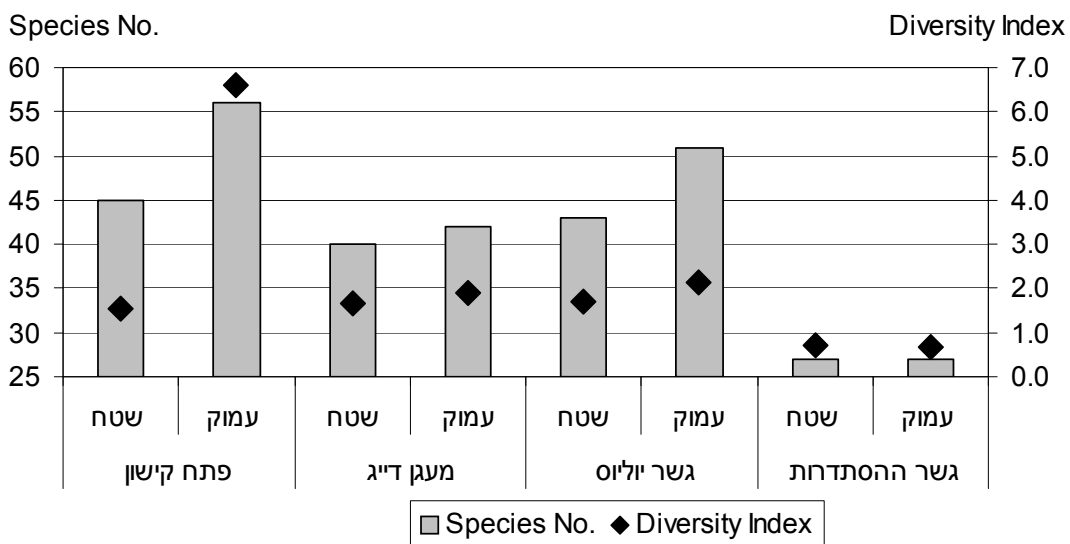
טבלה 4: ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2009

קבוצות ומיני המיקרופלנקטון	פתח קישון		מעגן		יוליוס		הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק
צורניות (Diatoms)				1840	200		1943	333
<i>Achnanthes</i> sp.						57	160	
<i>Amphora</i> sp.								
<i>Asterionella glacialis</i>	8000	2.4x10 ⁴			400	2060		853
<i>Bacillaria paradoxa</i>		120						
<i>Cerataulina pelagica</i>	2160	2400	8200	5080		200		
<i>Cerataulus radiatus</i>		20						
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		520				914		
<i>Chaetoceros danicus</i>	1760	180	110	760		360		147
<i>Chaetoceros didymus</i>	4.9x10 ⁴	1200	667	160	140			
<i>Chaetoceros</i> sp. (458k)	2560	120				100		
<i>Chaetoceros</i> spp.	1.3x10 ⁴	9660		1200	400	3086		1493
<i>Cylindrotheca closterium</i>		1.8x10 ⁵		5.0x10 ⁴				200
<i>Diploneis</i> sp.		20						
<i>Entomoneis gigantea</i> var <i>sulcata</i>				7		340		400
<i>Entomoneis</i> sp.	40	20	20		500	300	686	67
<i>Eucampia zodiacus</i> f. <i>cylindricornis</i>	1640	320	267	280				
<i>Guinardia striata</i>	400	140				113		
<i>Hemiaulus sinensis</i>						160		
<i>Licmophora</i> sp.	40							
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1880	920	267	640	7	286		
<i>Navicula distans</i>						100		
<i>Navicula</i> sp. (320)		200						67
<i>Navicula</i> sp. (452k)		20				743		1133
<i>Navicula</i> spp.	2360	40	600		2.2x10 ⁴	1943	1.2x10 ⁴	3867
<i>Nitzschia panduriformis</i>						57		
<i>Nitzschia</i> sp.					100			
<i>Nitzschia</i> sp. (1301)		20						
<i>Pleurosigma</i> sp. / <i>Gyrosigma</i> sp.		20	10	13	320	229	57	27
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>			10	7				
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1080	660	70	120	200	57		67
<i>Surirella</i> sp.						20		
דינופלגלטים (Dinoflagellates)								
<i>Ceratium furca</i>				40				
<i>Ceratium kofoidii</i>	7	350		40		29	29	
<i>Cochlodinium</i> sp. (AG3)		20						
<i>Dinophysis caudata</i>	13	130	10	167		40		
<i>Dinophysis diegensis</i>		20				20		
<i>Dinophysis rotundata</i>		80	10	80				
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i> #	6920	630	3133	540	350	57		
<i>Gymnodinium elongatum</i>	160	2400	67	8080	600	743	13	
<i>Oxytoxum variabile</i>		20						
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	2280	2820	4267	1740	350	286		
<i>Polykrikos kofoidii</i>	80	60						
<i>Prorocentrum micans</i>	4800	290	67	200		57		
<i>Protoperidinium conicum</i>		40						
<i>Protoperidinium depressum</i>		20						
<i>Protoperidinium depressum</i> var <i>rectius</i>						20		
<i>Protoperidinium oblongum</i>	40							
<i>Protoperidinium</i> sp. (454k)		100		80		20		
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	680	140	267	80	100	457		
<i>Protoperidinium</i> spp.	80	880	67	400		171		
Unidentified (437k)	1.9x10 ⁵	180	2467	680	1400	686		

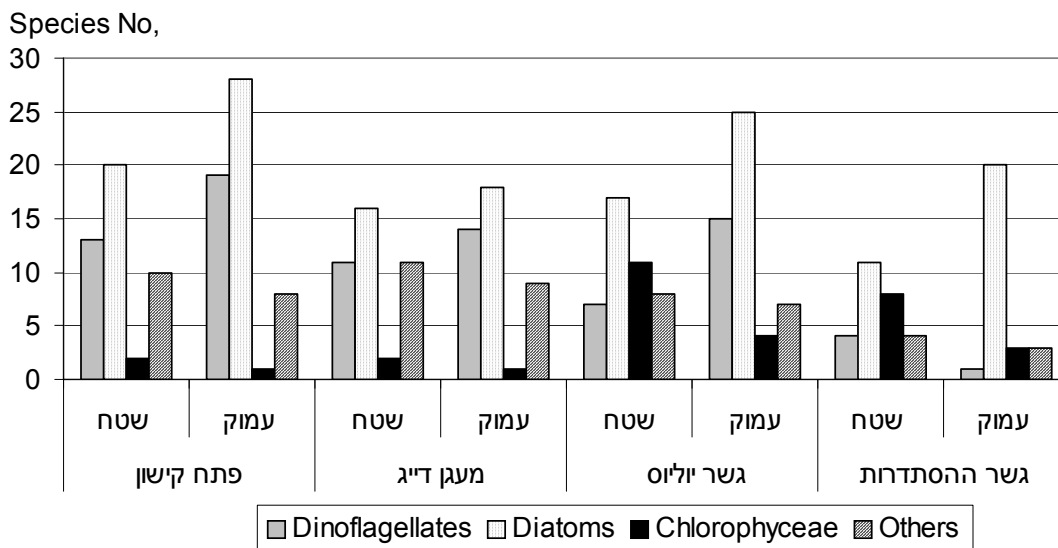
טבלה 4 (המשך): ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2009

	פתח קישון		מעגן		יוליוס		הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק	שטח	עמוק
Chlorophyceae								
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>					4500	343	6057	133
<i>Coelastrum microporum</i>					800			
<i>Crucigenia tetrapedia</i>					300		171	
<i>Oltmannsiella lineata</i>	1240	80	2.4×10^4	1640	400			
<i>Oocystis eliptica</i>							1086	
<i>Oocystis</i> sp. (446k)					1.1×10^4	743		
<i>Oocystis</i> sp. (837)							914	
<i>Scenedesmus acutus</i>					2900		6229	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>						229		
<i>Scenedesmus</i> sp. (449k)					400			
<i>Scenedesmus</i> sp. (1612)							114	
<i>Scenedesmus</i> sp. (430k)					800			
<i>Selenastrum bibrainum</i>	1.3×10^5							133
<i>Tetradesmus wisconsinense</i>					4500			
Ebriidea								
<i>Ebria tripartita</i>		1440		720		171		
Cyanobacteria								
<i>Oscillatoria</i> sp. (451k)					1.3×10^4			
<i>Oscillatoria</i> sp. (1)					7100			
<i>Oscillatoria</i> sp. (2).					2.5×10^4			
Prasinophyceae								
<i>Pyramimonas</i> sp.	80		6.7×10^5					
Euglenophyceae								
<i>Euglena</i> sp.	2.3×10^4	60	1.9×10^4	960	9600	171	514	33
Coccolithophorids								
<i>Braarudosphaera bigelowii</i>		20						
Flagellates								
Flagellate (1)	240		1.7×10^5	9.2×10^4				
Flagellate (2)		220	200	1280		457		
Flagellate (459k)	800							
Ciliates								
<i>Mesodinium rubrum</i>	200		133	40				

איור 13 : התפלגות מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות השונות



איור 14 : התפלגות מספר המינים לפי קבוצות המיקרו פלנקטון בתחנות השונות – מאי 2009

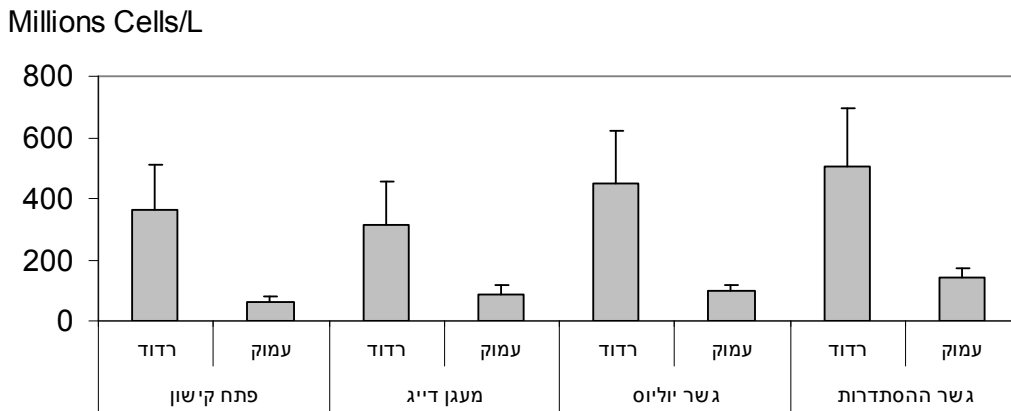


1. ריכוז הכלורופיל בכל התחנות נמצא בתחום הערכים של איאוטרופיקציה בינונית יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים, למעט בתחנה העמוקה בפתח הקישון בה הוא בתחום הנמוך ובמי העומק בגשר ההסתדרות בהם הרמה גבוהה.
2. בפני השטח ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים מפתח הקישון עד גשר יוליוס, בגשר ההסתדרות חלה עלייה משמעותית בריכוזם. במים העמוקים לעומת זאת, ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל הלכו ועלו במעלה הנחל.
3. בכל התחנות ריכוז התאים נמצא גבוה יותר בפני השטח יחסית למים העמוקים, הביומסה הייתה גם היא גבוהה יותר בפני השטח בכל תחנות להוציא את תחנת גשר ההסתדרות.
4. הפריחות העיקריות היו של אצה צורנית קטנה מהמין *Navicula* sp. ומבין האצות הירוקות המינים *Selenastrum minutum* והפלגלט *Chlamydomonas coccooides*.
5. מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – המין *Gymnodinium* cf. *catenatum* שזיהויו עדיין לא סופי הופיע בריכוז בינוני בפתח הקישון ובגשר יוליוס, מינים אחרים הופיעו בריכוז נמוך.
6. בתחנת גשר ההסתדרות מספר המינים היה שווה בשני העומקים ונמצא הנמוך ביותר יחסית לכל התחנות. מספר המינים בתחנות האחרות נמצא גבוה יותר במים העמוקים יחסית למים הרדודים, והיה הגבוה ביותר בפתח הקישון. בכל התחנות מספר מיני הצורניות היה הגבוה ביותר. בפני השטח בגשר יוליוס וגשר ההסתדרות הופיע מגוון גדול יחסית של מיני ירוקיות שתרמו למגוון מינים גבוה יחסית.
7. אינדקס השונות נמצא הגבוה ביותר בעומק פתח הקישון והנמוך ביותר בשני העומקים בגשר ההסתדרות. אינדקס השונות בכל התחנות האחרות נמצא דומה.
8. הרכב מיני האצות: בפני השטח בכל התחנות בלט ריכוז גבוה יחסית של מיקרואצות קטנות מ - 5µm. בפתח הקישון מהוות הצורניות את עיקר הביומסה, במעגן הדייג אלה הן המיקרואצות הקטנות מ - 5µm ואילו בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות אצות מקבוצת הצורניות והירוקיות מהוות את עיקר הביומסה.

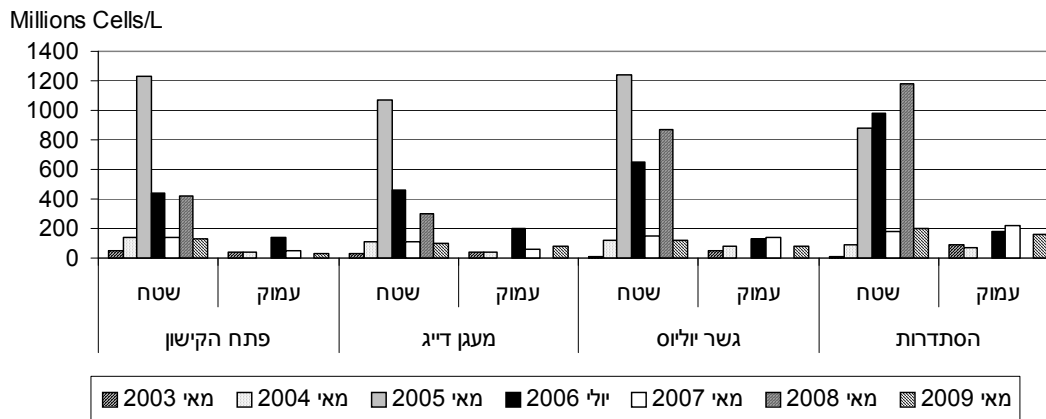
השוואה רב-שנתית של דיגומי חודש מאי

1. **ריכוז התאים:** ריכוז התאים במי השטח גדול באופן מובהק מהריכוז במי העומק (איור 10). לא נמצא הבדל מובהק בממוצע ריכוז התאים בשנים 2003-2009 בין מי פני השטח או העומק. לא נראית מגמה ברורה בין השנים בהתפלגות ריכוז התאים בתחנות השונות (איור 16).
2. **ביומסה וריכוז כלורופיל:** נראית מגמה כללית רב שנתית של גידול בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל. כמו כן, הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל גבוהים יותר במי השטח יחסית למי העומק (איור 17). הביומסה מראה עליות וירידות לאורך השנים ולא ניתן להצביע על מגמות רב שנתית ברורות. בפתח הקישון, פני השטח, נראתה מגמה כללית של ירידה בביומסה משנת 2006 – 2008, אך ב – 2009 הייתה עלייה בביומסה (איור 18). גם ריכוזי הכלורופיל לא הראו מגמה ברורה (איור 19).
3. **קבוצות המיקרו פלנקטון והופעת פריחות –** קבוצת הצורניות היוותה מרכיב מרכזי בביומסה בדיגומי מאי לאורך השנים (איור 20). מבין מיני הצורניות השכיחים בפריחות השונות היו צורנית קטנה מהמין *Chaetoceros* sp. שפרחה בצורה מתונה במאי 2003 ובאופן מסיבי יותר במאי 2006. הצורנית *Thalassiosira pseudonana* פרחה בשלושה מדיגומים - 2004, 2005 ו- 2008. הביומסה של אצה זו הלכה ועלתה משמעותית עם השנים בכל פריחה וגרמה לביומסה הכללית הגבוהה מאד בדיגום מאי 2008 במיוחד בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות (איור 18). במאי 2009 הופיעה פריחה של צורנית קטנה מהמין *Navicula* sp. במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות בשני העומקים. 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. אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* השכיחות בסתיו, פרחו גם במאי במיוחד בדיגום מאי 2008, אך הופיעו גם במאי 2004 – 2006 בריכוזים גבוהים יחסית. האצה *Euglena* sp. פרחה בדיגום מאי 2006 במיוחד בתחנות העמוקות של גשר יוליוס וההסתדרות.
4. **מגוון המינים ואינדקס השונות –** מספר המינים ואינדקס השונות הממוצעים במי השטח ובעומק הלכו וירדו בהדרגה מפתח הקישון במעלה הנחל לכיוון גשר ההסתדרות, שבו הם נמצאו הקטנים ביותר (איור 21). אינדקס השונות ומספר המינים הממוצע לאורך השנים נמצא נמוך באופן מובהק במי השטח יחסית לעומק. במספר המינים נראתה מגמה של עלייה הדרגתית מתונה במי השטח לאורך הדיגומים האחרונים בכל התחנות להוציא גשר ההסתדרות שבו לא נראתה כל מגמה בשני העומקים (איור 22). במים העמוקים נראתה מגמה דומה עד 2008 אך ב – 2009 ישנה ירידה במספר המינים בפתח הקישון ובמעגן הדייג. באינדקס השונות נראתה עלייה יחסית לשנה קודמת בכל התחנות להוציא פני השטח בפתח הקישון (איור 23). למרות זאת **נראית מגמה רב-שנתית מתונה של עלייה באינדקס השונות ומספר המינים בתחנות פתח הקישון ומעגן הדייג.** במים העמוקים בפתח הקישון אינדקס השונות גבוה משמעותית בדיגומים 2007, 2009 יחסית לכל הדיגומים הקודמים (פי 2-3).

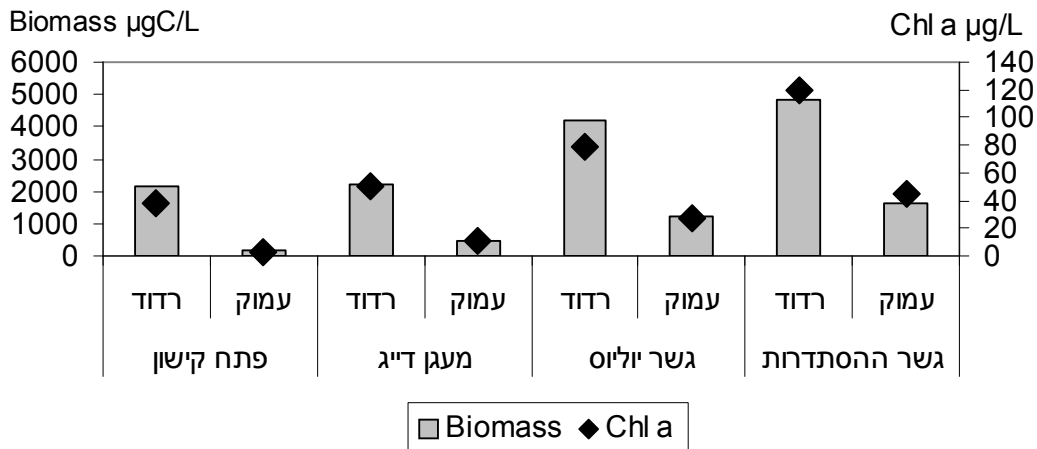
איור 15 : התפלגות ממוצעת של ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2009



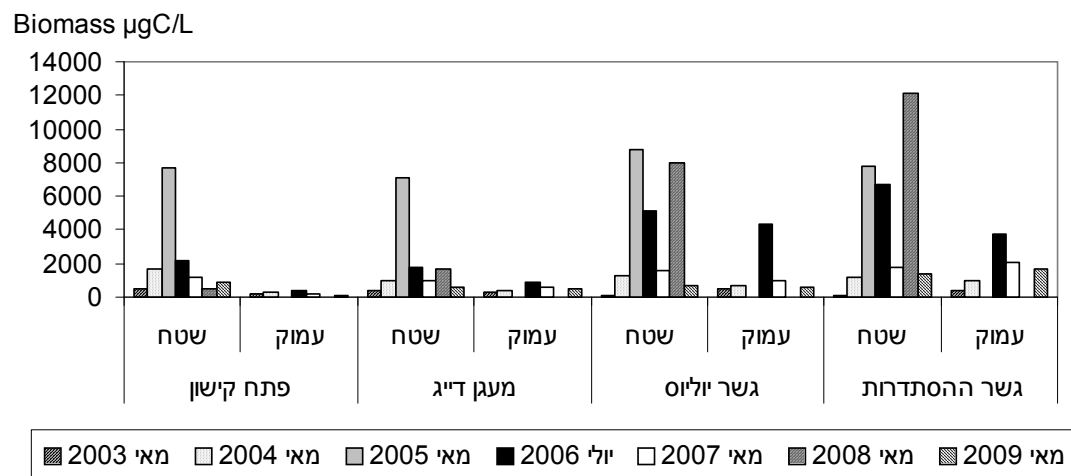
איור 16 : התפלגות ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2009



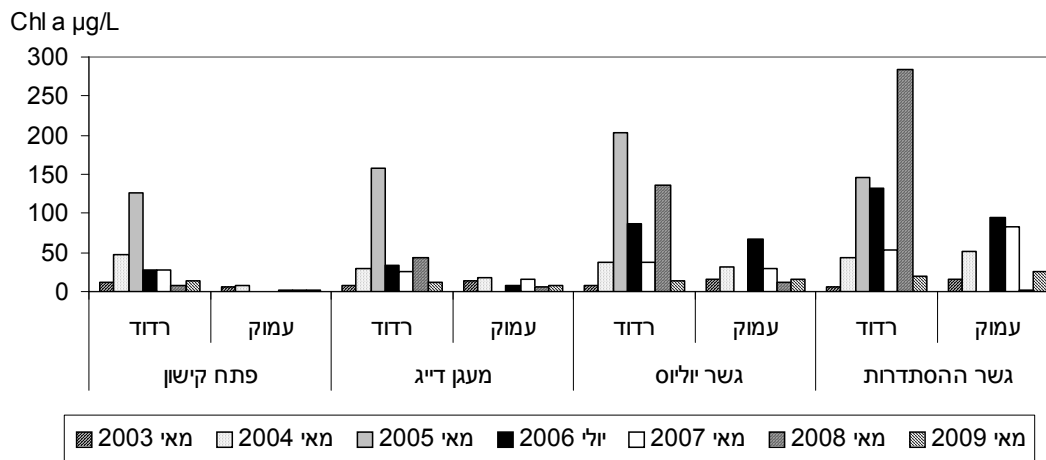
איור 17 : התפלגות ממוצעת (2003-2009) של הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדיגומי מאי



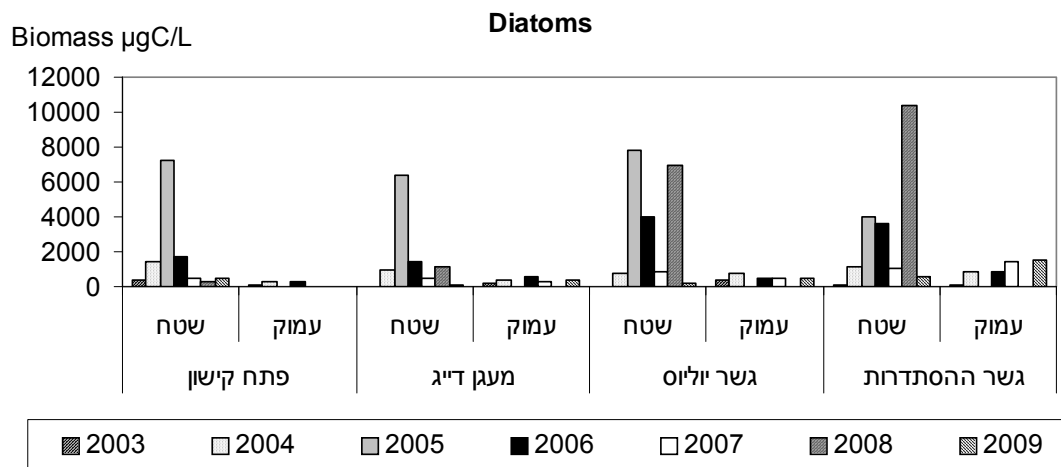
איור 18: התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי



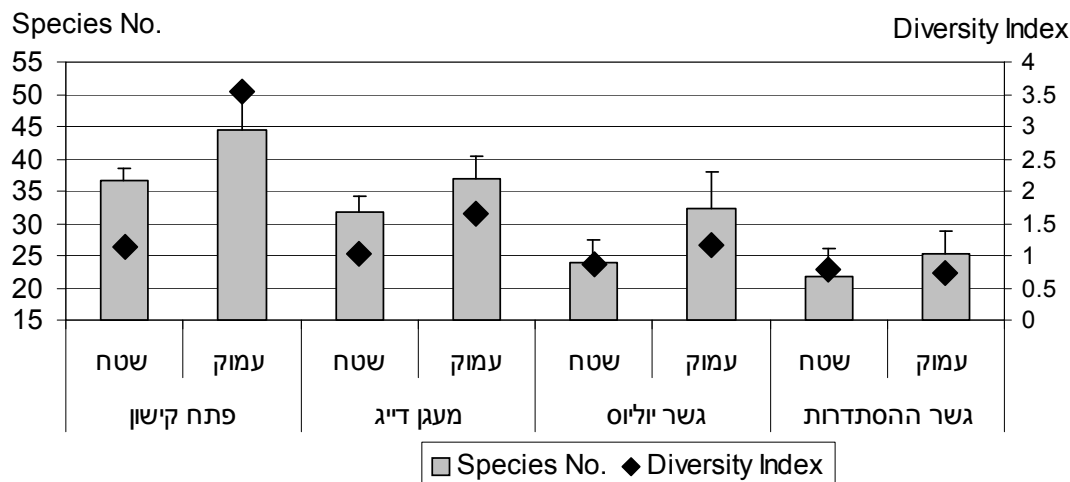
איור 19: התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי מאי 2003-2009



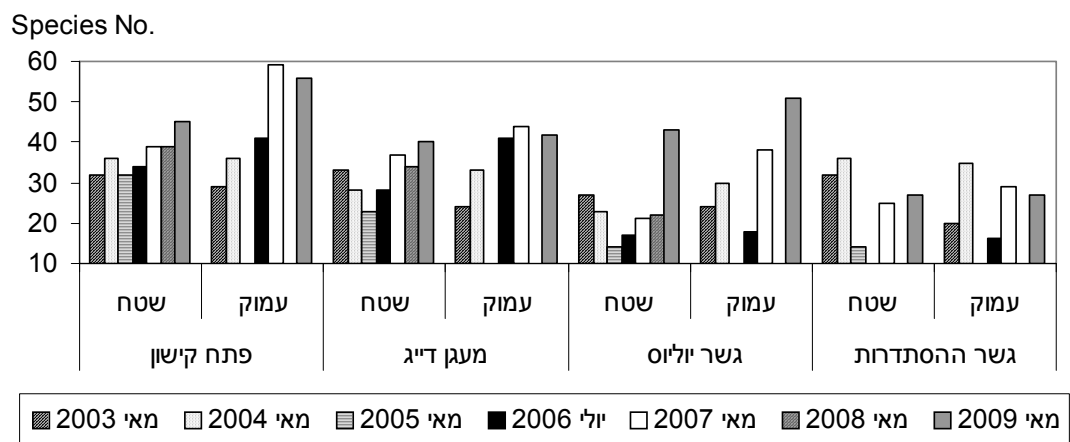
איור 20: התפלגות הביומסה של תאי הצורניות בדיגומי מאי



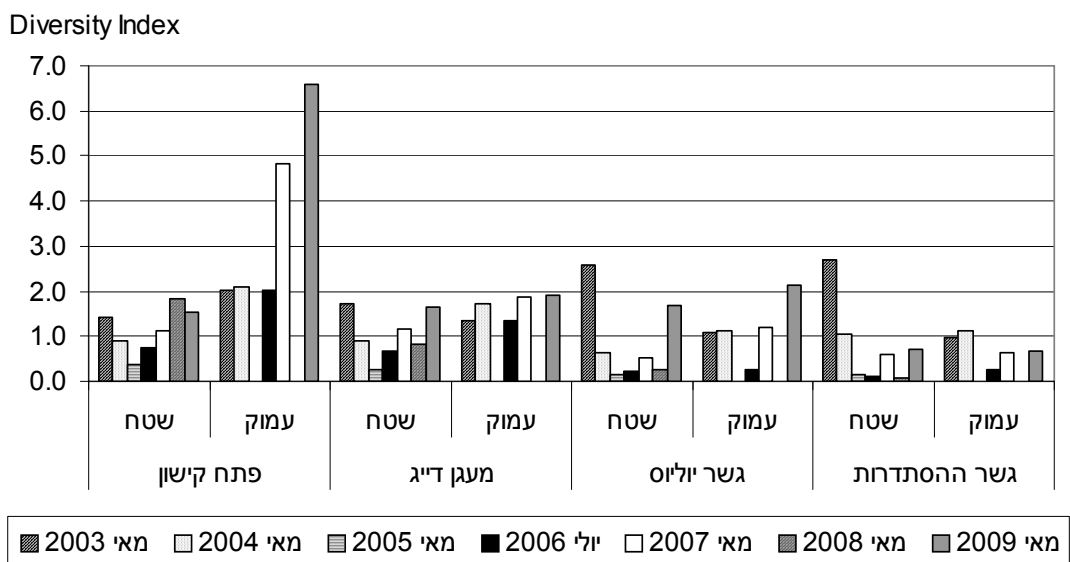
איור 21 : ממוצעי מספר המינים הכללי ואינדקס השונות מדיגומי מאי



איור 22 : התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי בתחנות השונות



איור 23 : 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.

Matsuyama, Y., Miyamoto, M., Kotani, Y. (1999). Grazing impacts of the heterotrophic dinoflagellate *Polykrikos kofoidii* on a bloom of *Gymnodinium catenatum*. *Aquat Microb Ecol* 17:91-98.

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.