



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 ביניים לניטור מאי 2008**

**דו"ח חיא"ל H54/2008**

**נורית קרס, נורית גורדון וברק חרות**

**מוגש לרשות נחל הקישון**

**חתימה:**

**ייעוץ מדעי: פרופ' ברוך קימור**

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

**נובמבר 2008**

# אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ביניים לניטור מאי 2008

## 1. מטרת המחקר

מטרת המחקר היא לאפיין ולנטר את אוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) בחלקו המלוח של נחל הקישון (בין גשר ההסתדרות למוצא נמל חיפה) ואת התנאים הסביבתיים הנלווים. אפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון נעשה ברמת המערכה והסוג. במידה ונמצאים סוגים שליטים, להם מינים הידועים כמזיקים, נימשך הזיהוי עד לרמת המין. דו"ח זה מתאר את הממצאים הכימיים של מי הנחל ביום הדיגום (28 במאי 2008) ואת קבוצות המיקרואצות בדגימות פני השטח. אפיון קבוצות המיקרואצות בדגימות העומק יופיע בדו"ח המסכם של דיגומי 2008.

## 2. דיגום ושיטות

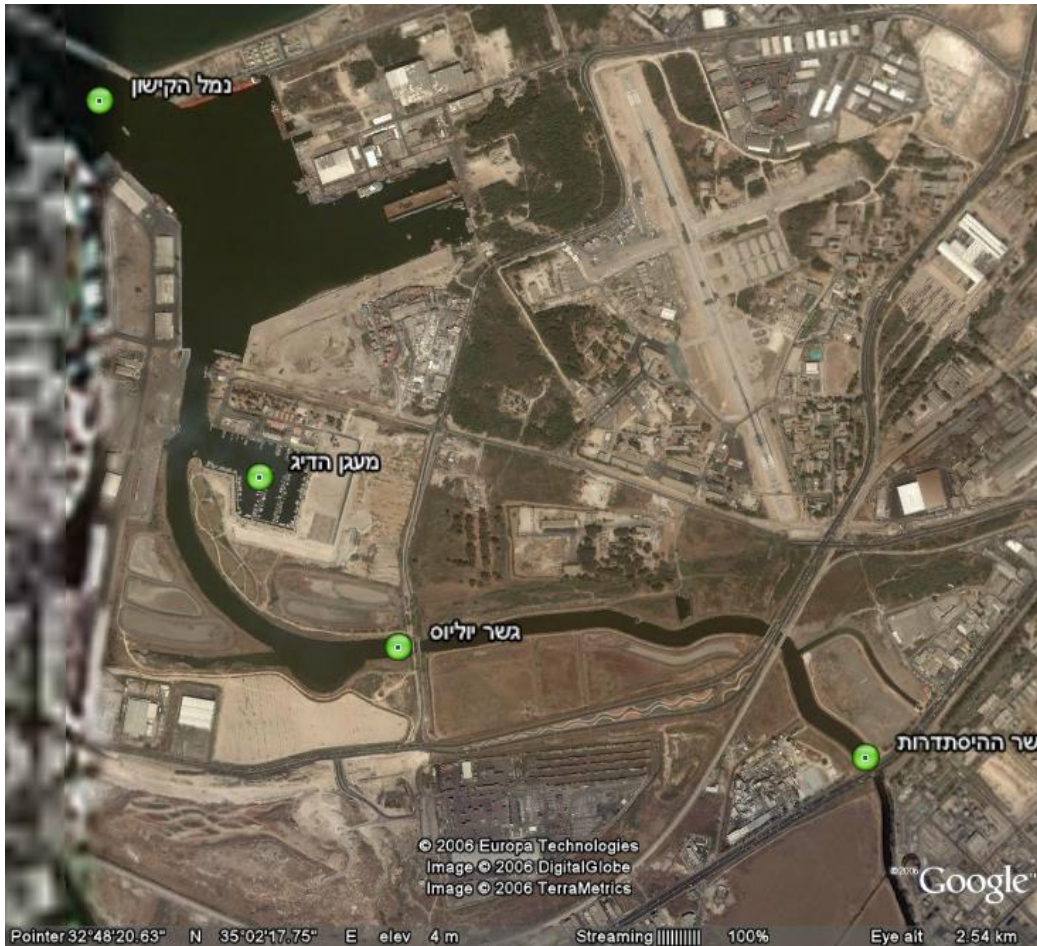
ארבע תחנות במערכת התחנתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב-28 במאי 2008 (איור 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ערך הגבה (pH) ועכירות באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לאפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון, ולקביעת ריכוזי כלורופיל נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית) וריכוז חומר מרחף (SPM). הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות מהדיגום. דגימות פני שטח (בנפח ידוע) רוכזו דרך פילטרים של 0.45 ו-15 מיקרון לצורך הסתכלות על תאים חיים וזיהויים.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו ונשמרו קפואות עד לבדיקתן בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN<sup>plus</sup> 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 הובש ונשקל. 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 אפיפלאורסטני.
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 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° 48.01'	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

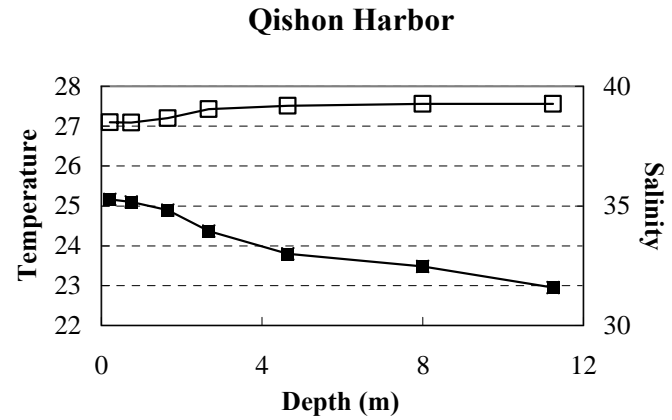
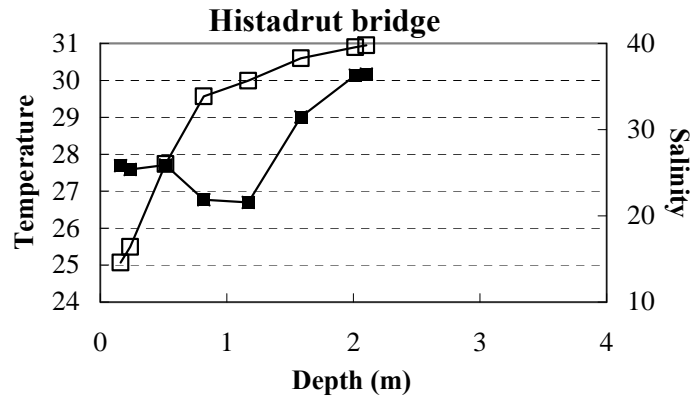
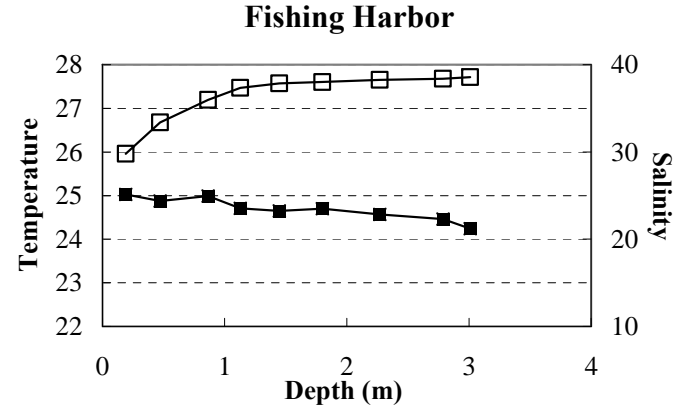
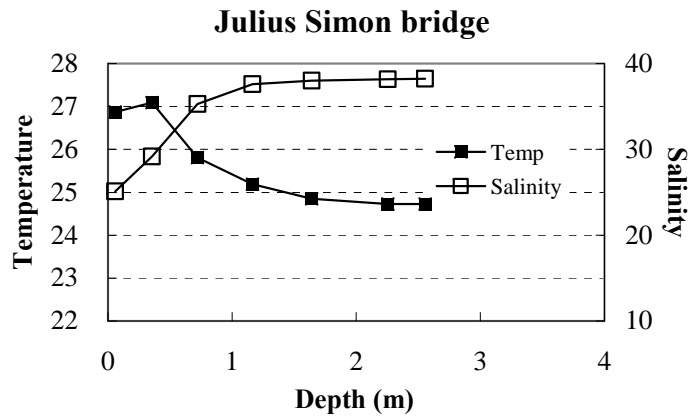
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים 2-4. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

כללית, עמודת המים משוכבת 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 במים העליונים הגרדיאנט חד יותר, מ-14.6 עד 38.5 לעומת 38.23 עד 39.27 במים העמוקים. גם בפני השטח בפתח נמל הקישון המליחות עדיין נמוכה יחסית למי ים בהשפעת מי הנחל. הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (הבדלים של עד 2.5 מעלות צלזיוס) וגבוהות בכ- 0.5-2.5 מעלות צלזיוס מהטמפרטורות בשכבה העמוקה (איור 2). רק במי העומק בגשר ההסתדרות המים חמים ומלוחים יותר מאשר מי השטח.

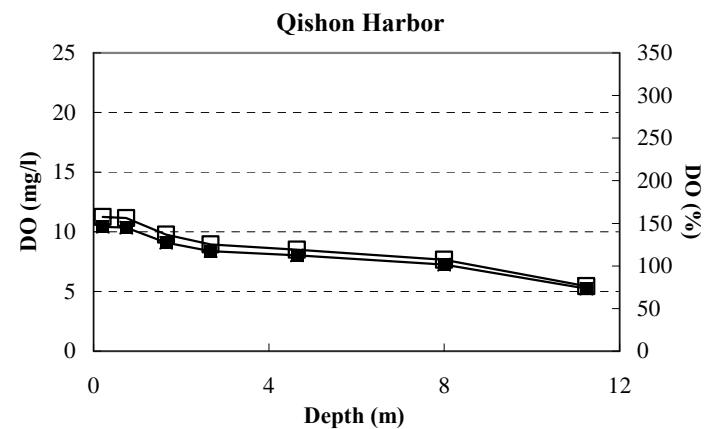
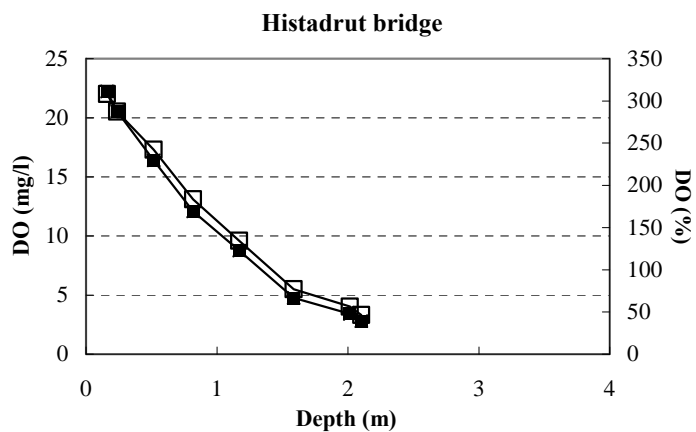
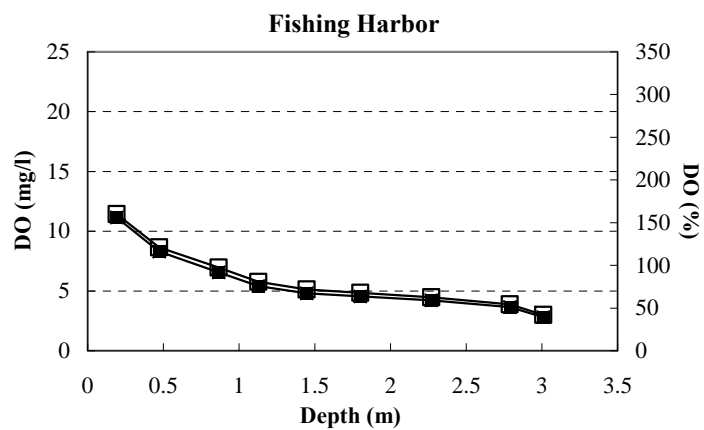
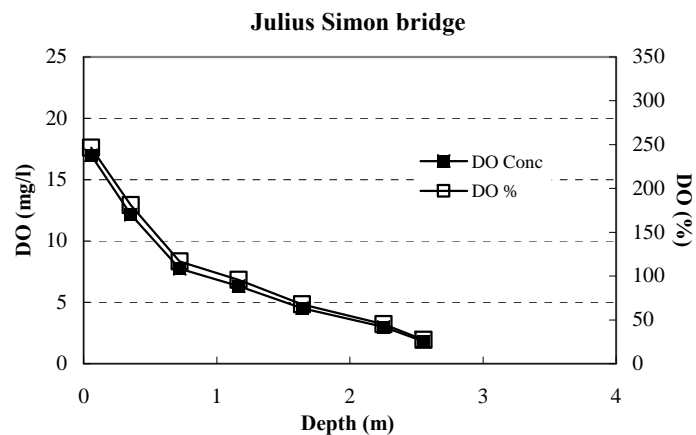
בכל התחנות, המים בחלק העליון של העמודה רוויים ביתר בחמצן, ככל הנראה כתוצאה מפריחת אצות (איור 3). בכל התחנות אחוז רוויית החמצן יורד עם עליה בעומק המים, עד 27% רוויה בגשר יוליוס סימון (טבלה 1). זהו גם האזור היחיד בדיגום מאי 2008 בו ריכוז החמצן ציין מצב של היפוקסיה. בכל יתר הדגימות הריכוזים היו גבוהים יותר. ריכוזי חמצן בתחום המסמן עקה ביולוגית (בין 2 ל-5 מג"ל) נמדדו בתחנות גשרי ההסתדרות ויוליוס סימון ובמעגן הדייג בדגימות העמוקות יותר מ-1.5 מ' (איור 3).

ערכי ההגבה (pH) היו בתחום שבין 7.1 ל-8.4 (איור 4). כללית, ה-pH מושפע מהרכב מי הנחל, מערבובם עם מי ים, מפריחת אצות (פוטוסינתזה - עליה ב-pH) ומתהליכי חימצון ונשימה (ירידה ב-pH). ה-pH בפני השטח בגשר ההסתדרות גבוה יותר מהערכים שנמדדו בשלושת התחנות האחרות ככל הנראה בגלל תהליכי פוטוסינתזה מוגברים המתבטאים גם באחוזי רוויה גדולים מאוד של החמצן. פרופיל העומק של ה-pH בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס סימון מראה מבנה המתאים לתהליכי פוטוסינתזה ונשימה בעמודת המים: pH גבוה יותר במי השטח בהם פריחה משמעותית של הפיטופלנקטון (ריכוזי כלורופיל גדולים במיוחד) וירידה חדה עם עליה בעומק המים לערכים נמוכים בהרבה מערכי ההגבה במי ים, למרות שמליחות המים מגיעה עד 39.5. גם במעגן הדייג ובפתח נמל הקישון רואים מגמה של ירידה מתונה של ערכי ההגבה עם העומק, במיוחד בפתח נמל הקישון. בדגימות פני השטח נמצאה מגמת עליה של ערכי ה-pH לכוון מורד הנחל עד לערכים דומים למי ים פתוח.

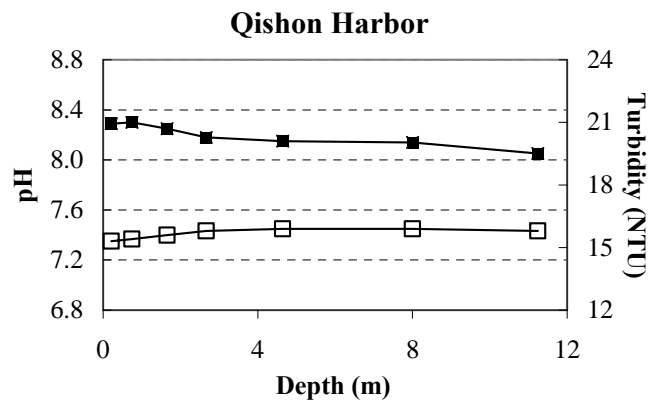
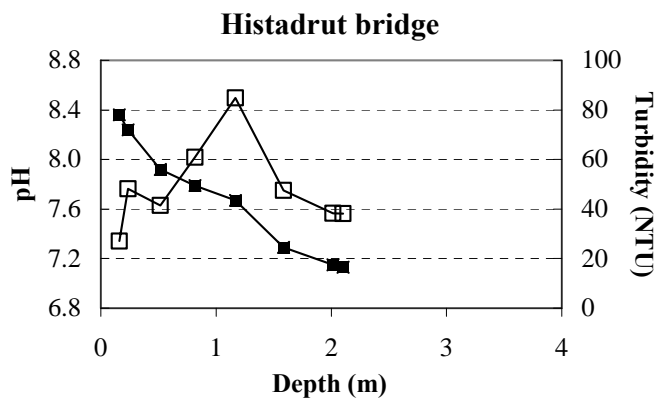
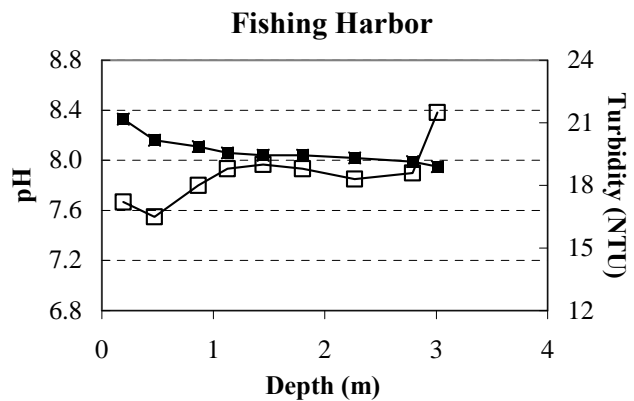
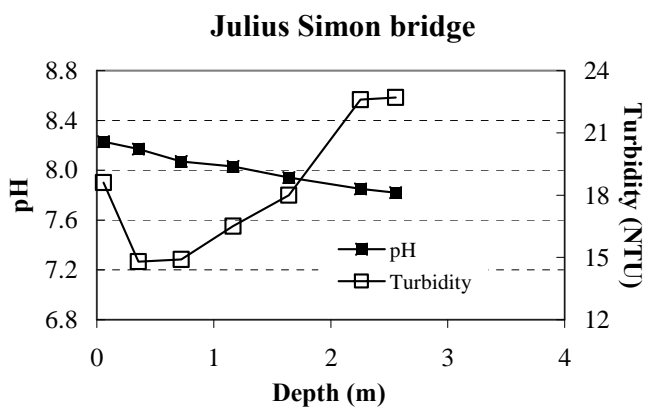
איור 2 : פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוה, מאי 2008.



איור 3 : פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רוויה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2008.



איור 4: פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלות, מאי 2008.



ערכי העכירות היו בתחום 14.8-84.9 NTU. המים העכורים ביותר היו בגשר ההסתדרות עם מקסימום של עכירות באמצע עמודת המים (טבלה 1, איור 4). ביתר התחנות העכירות עלתה עם העומק להוציא דגימת פני השטח בגשר יוליוס סימון בה המים העכורים יותר מאשר באמצע העמודה. בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון ריכוזי החומר המרחף במי השטח גבוהים יותר מהריכוזים בעומק (טבלה 1) ואלה, יחד עם דגימת העומק בגשר ההסתדרות הם הריכוזים הגבוהים ביותר שנמדדו בדיגום מאי 2008. כללית, ריכוזי החומר המרחף בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון גבוהים מהריכוזים שנמדדו בדיגומי 2006 ומאי 2007 ודומים לאלה שנמדדו באוקטובר 2005. השוואת הנתונים לאלה הקיימים במאגר הנתונים של חקר ימים ואגמים אשר חלקם פורסמו בספרות (Herut and Kress, 1997) מראה כי הריכוזים שנמדדו בגשר יוליוס סימון בשנת 1995 (בין 80-120 מג"ל) היו גדולים יותר מאלה שנמדדו בדיגום זה ובדיגומי 2005-2007.

**טבלה 1:** טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נוטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום מאי 2008.

Station	Depth	Temp	Sal	O <sub>2</sub>		pH	Tur	SPM	Chl-a	
				mg/l	%				mg/l	µg/l
	m	°C					NTU	mg/l		
Qishon Harbor (QHb)	0.2	25.16	38.5	10.43	157.5	8.29	15.3	4.6	8.17	
	11.2	22.95	39.27	5.23	76.3	8.05	15.8	8.3	2.18	
Fishing Harbor (FHb)	0.2	25.03	29.8	11.15	160	8.33	17.2	21.5	43.5	
	3.0	24.24	38.58	2.82	42	7.95	21.5		6.34	
Julius Simon Bridge (JBr)	0.1	26.87	25.12	16.98	246.3	8.23	18.6	40.4	136.1	
	2.6	24.73	38.23	1.8	27.1	7.82	22.7	10.0	12.1	
Histadrut Bridge (HBr)	0.2	27.69	14.58	22.23	308.2	8.36	27.1	64.7	283.9	
	2.1	30.17	39.77	2.8	46.4	7.13	38.2	56.8	2.06	

Station	Depth	NO <sub>3</sub>		NO <sub>2</sub>		NH <sub>4</sub>		ΣN <sub>in</sub> *		PO <sub>4</sub>		Si(OH) <sub>4</sub>
		µM	mg/L-as N	µM	mg/L-as N	µM	mg/L-as N	µM	mg/L-as N	µM	mg/L-as P	µM
QHb	0.2	0.15	0.002	<0.08	<0.001	0.87	0.012	1.04	0.014	0.39	0.012	1.39
	11.2	0.05	0.001	<0.08	<0.001	1.63	0.023	1.68	0.023	0.36	0.011	1.88
FHb	0.2	108	1.51	29.7	0.42	4.92	0.069	142	1.99	3.14	0.097	65.5
	3.0	15.7	0.22	3.27	0.046	11.5	0.161	30.4	0.426	3.10	0.096	14.2
JBr	0.1	246	3.44	90.7	1.27	13.0	0.182	350	4.89	9.77	0.303	140
	2.6	12.6	0.18	4.55	0.064	29.7	0.415	46.8	0.655	7.02	0.218	23.6
HBr	0.2	546	7.64	183	2.57	13.7	0.191	743	10.4	6.29	0.195	320
	2.1	342	4.79	333	4.67	249	3.49	924	12.9	19.5	0.606	299

\* in - אי-אורגני.

ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום (טבלה 1) להוציא פוספאט וניטריט בגשר ההסתדרות ואמוניים בכל תחנות הדיגום. הריכוזים ירדו בכוון מורד הנחל בשני עומקי הדיגום, להוציא ניטראט ופוספאט בפני השטח בגשר יוליוס סימון שהיו גבוהים יותר מהריכוזים בגשר ההסתדרות. ריכוז הנוטריאנטים באזור נקבעים הן על ידי העומס המשתנה המגיע בעיקר מקולחי התעשייה המוזרמים לנחל, תהליך הסעתם אל האזור ומן האזור והן על ידי תהליכים מקומיים. תהליכים מקומיים של פירוק חומר אורגני (כגון מיקרואצות) המתבטא בין היתר בצריכת חמצן מוגברת (טבלה 1), מחזירים נוטריאנטים לגוף המים וככל הנראה גורמים להצטברותו בשכבה העמוקה. תהליכים אלה יגרמו גם לצריכת חמצן, וקיומו של תהליך דניטריפיקציה, מה שנכון ככל הנראה למים העמוקים בגשר ההסתדרות בדיגום זה. יחד עם זאת קיים קשר בין ריכוז החנקן האי אורגני המומס למליחות המצביעים על ההשפעה של תהליכי מיהול של מי הנחל (עם ריכוזים גבוהים של חנקן) עם מי ים.

השוואה של ריכוזי הנוטריאנטים לקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2) מראה כי המים בארבע דגימות מדורגים ברמת זיהום (דרגת איאורופיקציה) גבוהה לגבי N: דגימות גשר ההסתדרות פני שטח בגשר יוליוס סימון ומעגן הדייג, ושתי דגימות בדרגה בינונית (דגימות עומק בגשר יוליוס סימון ומעגן הדייג). בפתח נמל הקישון דרגת האיאורופיקציה לגבי N היא נמוכה. לגבי P דרגת איאורופיקציה גבוהה בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון, ובינונית במעגן הדייג ופתח נמל הקישון.

ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנת דיגום וריכוזם יורד בכוון מורד הנחל בשני העומקים, להוציא דגימת עומק בגשר ההסתדרות בה נמדד ריכוז כלורופיל נמוך. הריכוזים בפני השטח בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס סימון, מצביעים על רמה היפר-איאורופית, בפני השטח במעגן הדייג על רמת איאורופיקציה גבוהה וביתר הדגימות על רמת איאורופיקציה בינונית (טבלאות 1 ו-2). רק בדגימת העומק בפתח נמל הקישון ריכוז הכלורופיל היה נמוך ומתאים לרמת איאורופיקציה נמוכה.

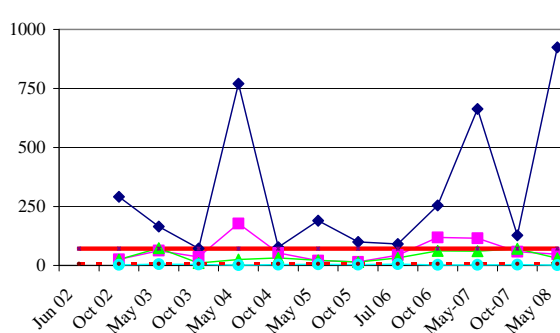
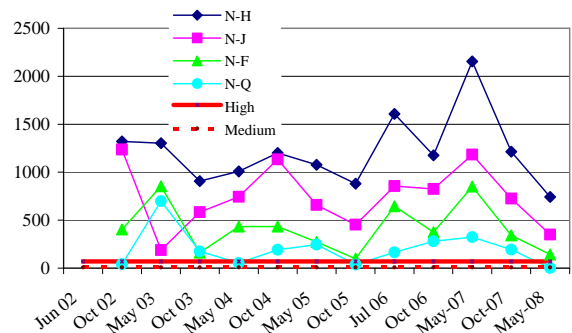
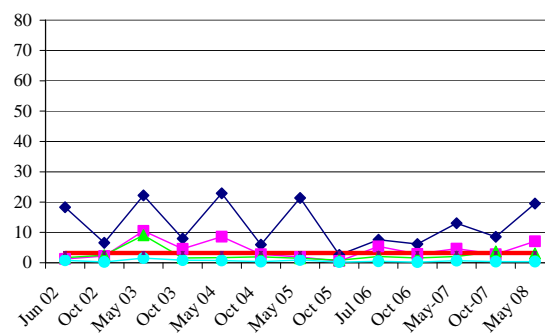
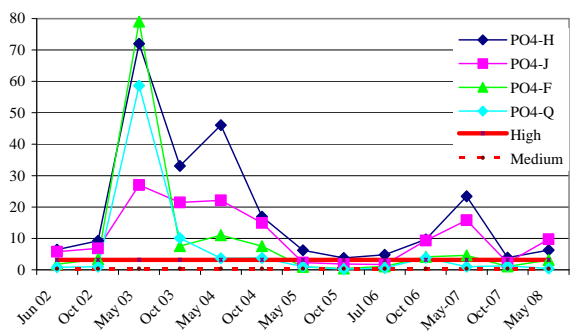
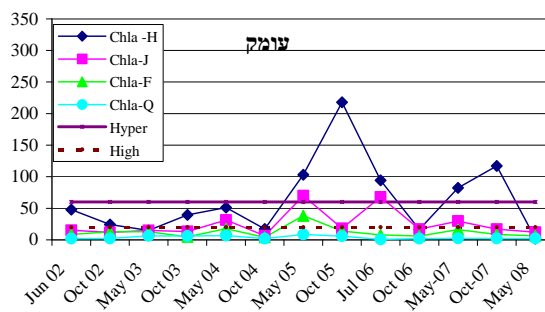
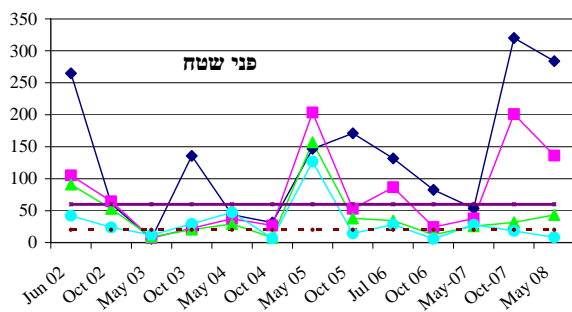
**טבלה 2: קריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים**

	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 ( $\mu\text{M}$ )		>71	7.1-71	0-7.1
TDP (mg/L)		>0.1	0.01-0.1	0-0.01
TDP ( $\mu\text{M}$ )		>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)

### ניתוח רב שנתי

איור 5 מציג את תוצאות ריכוזי הכלורופיל, הפוספאט וחנקן אי-אורגני כללי בכל הדיגומים באזור מאז יוני 2002. ריכוז כלורופיל בפני השטח היה בדרגת איאטרופיקציה גבוהה או היפר-איאטרופית ברוב המקרים, למעט במאי 2003 ו-2007 בכל התחנות, אוקטובר 2004 ו-2006 במעגן הדייג ופתיח הקישון ובאוקטובר 2005 ומאי 2008 בפתיח הקישון. לא ניכרת מגמה של שינויים עם הזמן. בדגימות העומק ברוב המקרים הריכוזים הצביעו על רמת איאטרופיקציה בינונית או נמוכה עם מספר חריגות, במיוחד בגשר ההסתדרות במאי 2005 ו-2007, אוקטובר 2005 ו-2007 וביוני 2006.

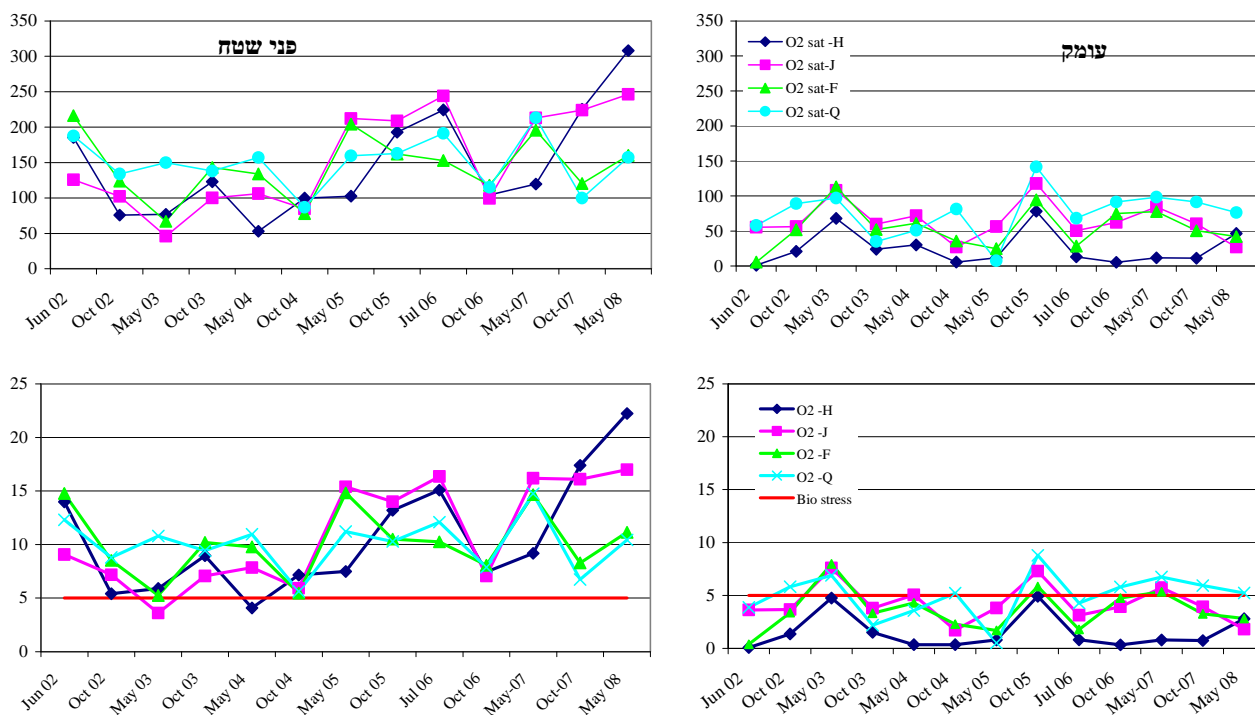


**איור 5 :** ריכוז כלורופיל (מיקרוגרם לליטר) פוספאט וחנקן (מיקרומולר) במים מפני השטח ועומק בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח באחד עשר דיגומים. H – גשר ההסתדרות, J – גשר יוליוס סימון, F – מעגן הדייג, Q – פתיח נמל הקישון. באיור מסומנים גם הקריטריונים של NOAA לאיכות מים (טבלה 2). הערה: סקלת ציר ה-Y עבור N שונה בפני שטח ועומק.

ריכוזי הפוספאט בפני השטח ירד בין מאי 2003 למאי 2005 ונשאר נמוך עד יולי 2006. בדיגומי אוקטובר 2006 ומאי 2007 נמדדו ריכוזים גבוהים יותר של פוספאט אך באוקטובר 2007 הריכוזים היו נמוכים יותר ודומים לאלה שנמדדו בין מאי 2005 ליולי 2006 (איור 5). במאי 2008 בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון הריכוזים גבוהים במקצת ודומים לאלה של אקטובר 2008. בדגימות העומק בולטת העונתיות בריכוזי הפוספט במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות. יתכן והערך הנמוך שנמדד בדיגום יולי 2006 מייצג מצב דומה יותר לסתיו מאשר באביב. בניגוד לפוספאט, ובדומה לריכוז הכלורופיל, לא נראית מגמה של שינוי עם הזמן בריכוזי החנקן האי-אורגני הכללי, לא בדגימות פני השטח ולא בדגימות העומק. ברוב דגימות פני השטח ובדגימות העומק בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון הריכוזים גבוהים כאשר ביתר הדגימות הם לרוב ברמה בינונית.

המים בפני השטח ברוב התחנות בכל הדיגומים היו רוויים עד רוויים ביתר בחמצן (בהתאם לריכוזי כלורופיל גדולים) ואילו בעומק ברוב המקרים המים היו מתחת לרווית החמצן (איור 6). קיים קשר לינארי ישר בין ריכוזי החמצן לכלורופיל בפני השטח בכל התחנות ובכל הדיגומים. לעומת זאת, בדגימות העומק בשנים 2002 עד מאי 2008 ריכוזי החמצן ברוב המקרים קטן מ-5 מג"ל, ומצביע על מצב של עקה ביולוגית. המקום המושפע ביותר הוא עומק עמודת המים בתחנה של גשר ההסתדרות. בכל הדיגומים ריכוזי החמצן נמוך מ-5 מג"ל ואילו בשמונה מתוך 12 הדיגומים ריכוזי החמצן קטן מ-1 מג"ל (כמעט אנוקסי). תחנת פתח נמל הקישון היא הפחות מושפעת ובשבעה דיגומים ריכוזי החמצן במים העמוקים היו גבוהים מ-5 מג"ל.

**איור 6:** אחוז רווית החמצן במים (פנל עליון) מפני השטח ועומק בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח באחד עשר דיגומים. H – גשר ההסתדרות, J – גשר יוליוס סימון, F – מעגן הדייג, Q – פתח נמל הקישון. **פנל תחתון:** ריכוזי חמצן במיליגרם לליטר.



### 3.2 איפיון המיקרו אצות – דגימות פני השטח

דיגום מאי 2008 התאפיין בפריחה מסיבית של מיני אצות מקבוצת הצורניות (Diatoms) בכל דגימות פני השטח. המין המרכזי שנמצא בפריחה היה המין השכיח בקישון גם בדיגומים קודמים, *Thalassiosira pseudonana*. מין זה היווה את עיקר הביומסה בתחנות מעגן הדייג, גשר יוליוס וגשר ההסתדרות (60%, 80% ו- 84% מהביומסה הכללית בהתאמה).

הריכוז הכללי של תאי האצות גבוה מאד בכל התחנות והיה הגבוה ביותר בתחנת גשר ההסתדרות. הביומסה וריכוז הכלורופיל בדגימות פני השטח נמצאו הגבוהים ביותר בגשר ההסתדרות והם הלכו וירדו במורד הנחל. בגשר ההסתדרות וגשר יוליוס סימון פרמטרים אלה נמצאו גבוהים מאד ומאפיינים מים היפראיאוטרופיים, במעגן הדייג ריכוזם היה גבוה ובפתח הקישון רמתם הייתה בינונית.

#### ריכוז התאים

ריכוז התאים הכללי (תאים לליטר) בפני השטח היה הגבוה ביותר בגשר ההסתדרות  $1.2 \times 10^9$  והנמוך ביותר במעגן הדייג  $3.0 \times 10^8$  (איור 7, טבלה 3). בפתח הקישון היוו הבקטריות הכחוליות החד תאיות 97% מריכוז התאים הכללי (איור 8). במעגן הדייג ריכוז התאים התפלג בין שלוש קבוצות עיקריות: צורניות, כחוליות חד תאיות ומיקרואצות קטנות מ-  $5 \mu\text{m}$ , כשהגדולה בהן הייתה קבוצת הצורניות (45%). בגשר יוליוס סימון וגשר ההסתדרות היוו הצורניות 88% ו- 94% מריכוז התאים הכללי. ריכוז התאים עלה במעלה הנחל. בפתח הקישון ריכוז התאים היה גבוה יחסית לזה שבמעגן הדייג בגלל ריכוז גבוה יותר של בקטריות כחוליות.

**הביומסה** - הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל (איור 9) הלכו ועלו במעלה הנחל, והגיעו לערכים גבוהים מאד בתחנות גשר יוליוס סימון וגשר ההסתדרות. האצות הצורניות הרכיבו את עיקר הביומסה בכל דגימות פני השטח (איור 10). בתחנות גשר יוליוס סימון וגשר ההסתדרות הם היוו 88% ו- 86% מהביומסה הכללית בהתאמה, ואילו בפתח הקישון ובמעגן הדייג הן היוו 56% ו- 67% מהביומסה הכללית, בהתאמה. האצה הצורנית הקטנה מהמין *Thalassiosira pseudonana* היוותה את עיקר הביומסה בשלוש התחנות במעלה הנחל (איורים 10-11).

#### הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח בדגימות פני השטח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 3), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר הייתה, כפי שצויין לעיל, האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, שהופיעה בריכוז גבוה, שהלך ועלה במעלה הנחל (איור 12). צורניות שכיחות נוספות היו מהמין *Cyclotella* sp. שהופיע בכל דגימות פני השטח, ובריכוז הגבוה ביותר בגשר ההסתדרות. צורנית זו היוותה 35% מהביומסה הכללית בפתח הקישון. הצורניות הקטנות מהמינים *Chaetoceros* sp. ו- *Navicula* sp. הופיעו במעגן הדייג בלבד. מיני *Pseudonitzschia* spp., הופיעו בעיקר בשתי התחנות במורד הנחל, פתח הקישון ומעגן הדייג, אך חלקן בביומסה היה משמעותי בפתח הקישון בלבד (12%). מיקרואצות  $5 \mu\text{m} >$  הופיעו בריכוז גבוה בעיקר במעגן הדייג וגם שם תרומתם לביומסה הייתה קטנה יחסית.

בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. הופיעו בריכוז הולך וירד לכוון מעלה הנחל. תרומתם לביומסה הייתה משמעותית בפתח הקישון בלבד, שם הן היוו 22% מהביומסה הכללית.

אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* הופיעו בריכוזים גבוהים יחסית ודומים בגשר יוליוס סימון ובהסתדרות ותרומתם לביומסה הכללית הייתה משמעותית יותר בגשר יוליוס סימון (9%). בקבוצה זו הופיעו שלושה מינים, מין השייך ל- *Cryptomonas* sp. מין נוסף דומה אך קטן יותר, והמין *Hemiselmis* sp. שלושת המינים הופיעו גם בדיגומים קודמים.

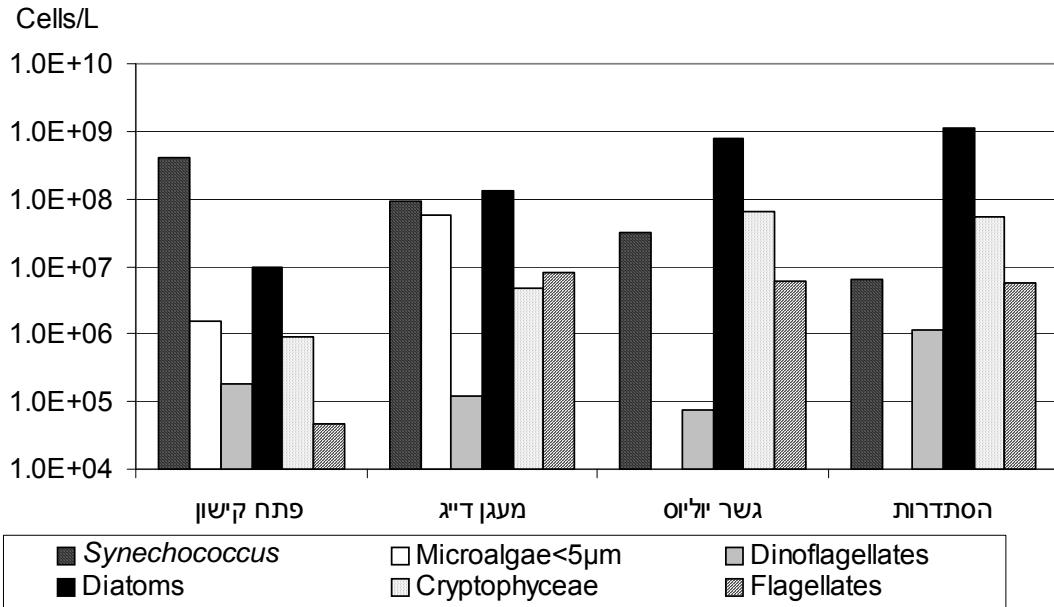
בקבוצת הדינופלגלטים הופיעו בריכוז גבוה יחסית מינים קטנים מ-  $15\mu\text{m}$ . הביומסה של מינים אלה נמצאה גבוהה יחסית בתחנות גשר ההסתדרות ופתח הקישון. בגשר ההסתדרות היו שכיחים ביותר מיני *Gymnodinium* sp. הטרוטרופים (טבלה 3). בפתח הקישון היו שכיחים המינים *Prorocentrum triestinum* המסוגל ליצור פריחות, והמין *Oxyrrhis marina* העמיד לטווח רחב של מליחיות, ונפוץ במים חופיים, מים ברקיים ובריכות דגים. המין האחרון הופיע בריכוז גבוה יותר במעגן הדיג ובגשר יוליוס סימון.

בדיגום זה הופיעו מספר פלגלטים קטנים מ-  $20\mu\text{m}$ , בחלקם היו פוטוסינתטים. הם תרמו משמעותית לביומסה בעיקר במעגן הדיג (20%).

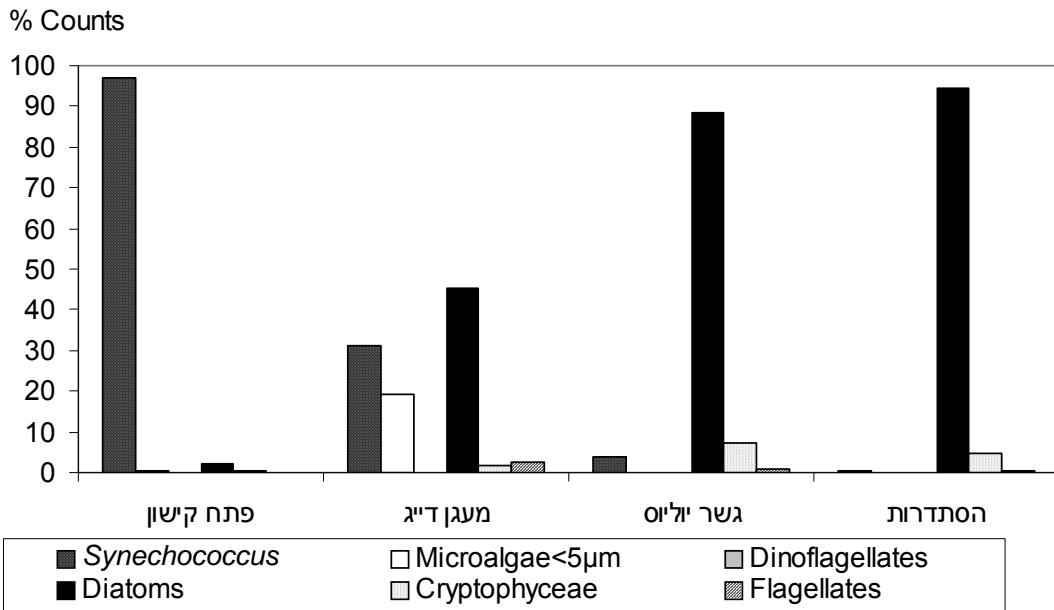
#### הרכב מיני המיקרו פלנקטון הפחות שכיח בדיגומות פני השטח

חלק ניכר ממניי המיקרופלנקטון הפחות שכיח (טבלה 4) היו מקבוצת הדינופלגלטים בתחנות פתח הקישון ומעגן הדיג. מבין המינים היותר נפוצים היה *Prorocentrum minimum*, שהופיע בריכוז בינוני בפתח הקישון בלבד. מין זה הוא בעל פוטנציאל טוקסי ויכול ליצור פריחות רעילות. הופיעו גם מיני *Protopepidinium* שונים, במיוחד המין הנפוץ גם לאורך החוף (*Protopepidinium* sp. (54). כמו כן הופיע בריכוז גבוה יחסית המין *Oxyphysis oxytoxoides* השכיח בפתח הקישון ומופיע גם בתחנות הרדודות לאורך החוף. המין *Prorocentrum micans* השכיח גם הוא בפתח הקישון, וידוע כיוצר פריחות, הופיע בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון. דינופלגלטים נוספים בעלי פוטנציאל טוקסי שנמצאו היו המינים *Gymnodinium sanguineum* ו- *Dinophysis caudata* שהופיעו בריכוז נמוך יחסית ופתח הקישון בלבד. מבין הצורניות הופיע מגוון קטן יחסית של מינים שהופיעו בריכוז נמוך יחסית. הצורנית הנפוצה יותר הייתה הצורנית *Rhizosolenia setigera* שהופיעה גם בדיגומים קודמים. מבין הירוקיות היה שכיח בפתח הקישון ובמעגן הדיג הפלגלט *Oltmannsiella lineata* שהופיע ברביעיות. כחוליות חוטיות הופיעו במעגן הדיג בריכוז נמוך-בינוני.

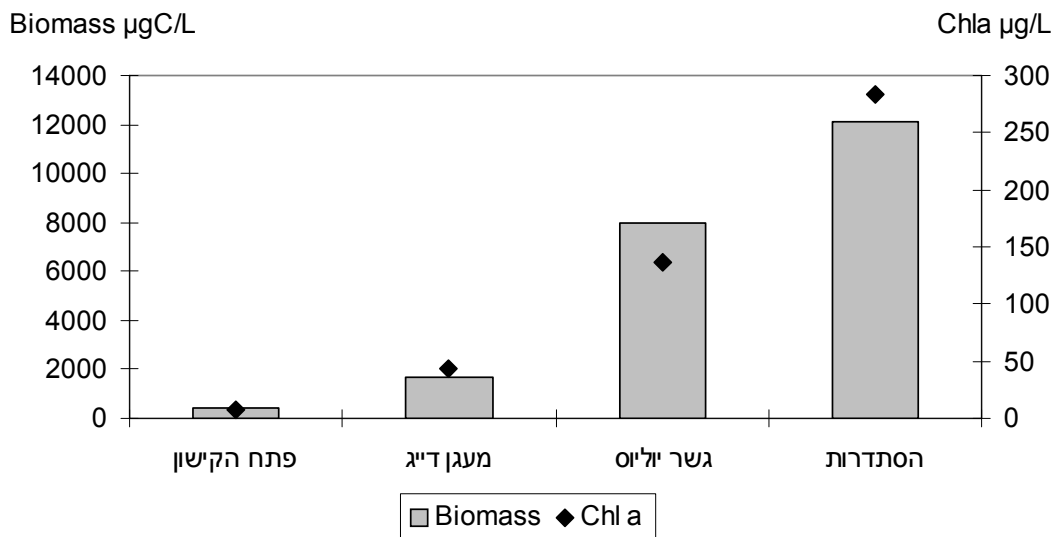
איור 7: התפלגות ריכוז התאים של קבוצות המיקרופלנקטון בדגימות פני השטח, מאי 2008



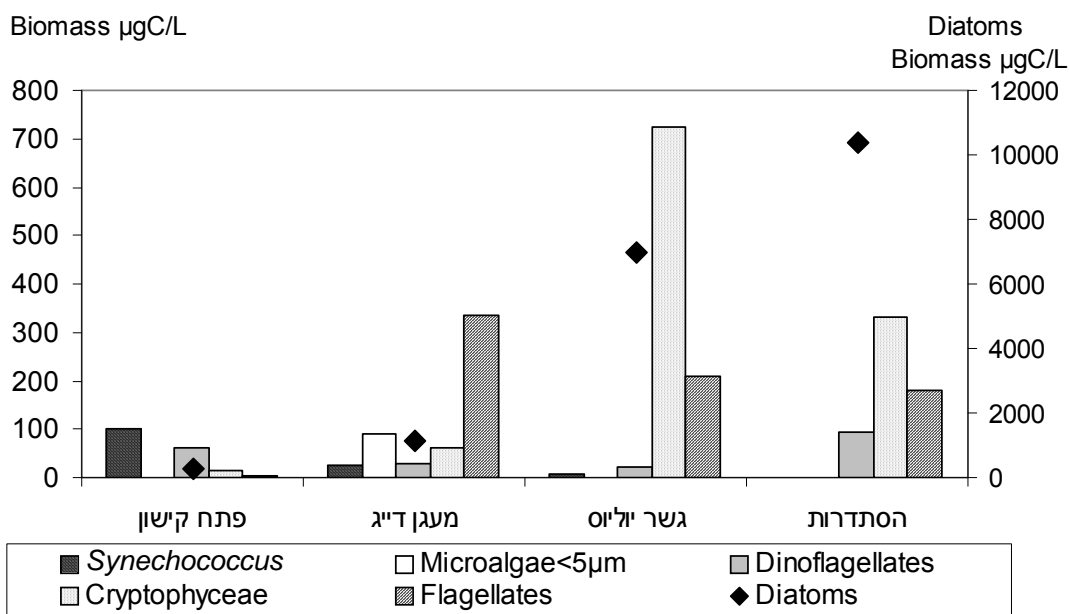
איור 8: התפלגות באחוזים של ריכוז התאים של קבוצות המיקרופלנקטון בדגימות פני השטח, מאי 2008



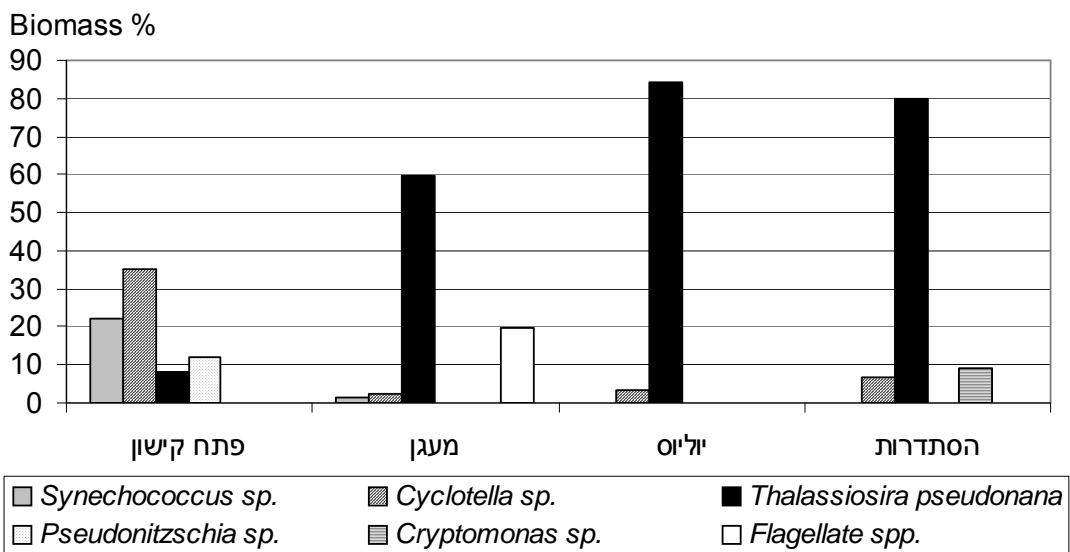
איור 9 : התפלגות הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדגימות פני השטח, מאי 2008



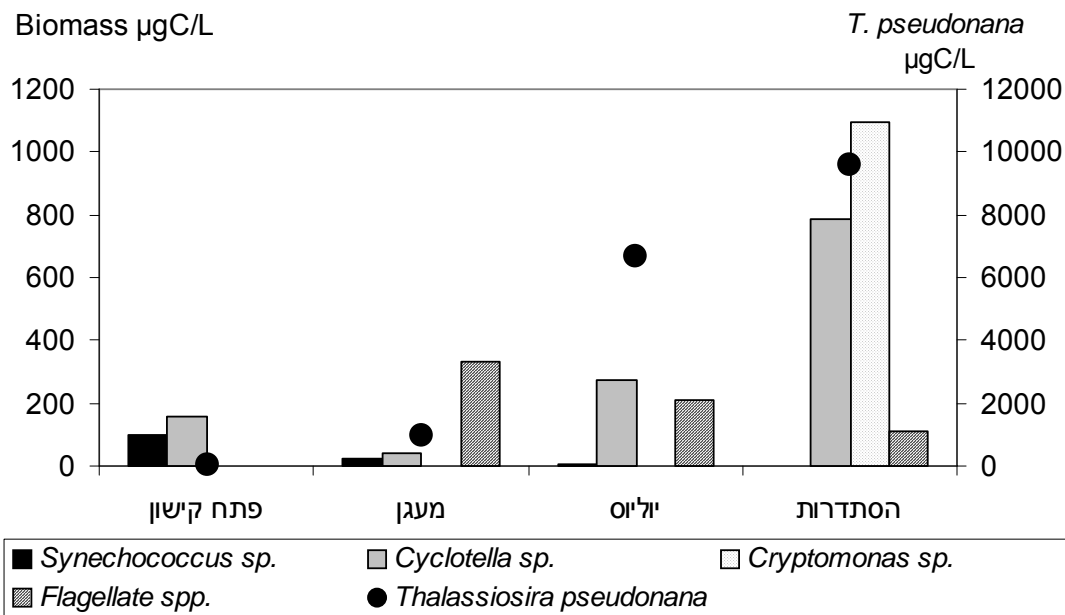
איור 10 : התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדגימות השונות, מאי 2008



איור 11 : התפלגות באחוזים של ביומסת המינים השכיחים בדגימות פני השטח, מאי 2008



איור 12 : התפלגות ביומסת המינים השכיחים בדגימות פני השטח, מאי 2008



טבלה 3 : ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בפני השטח - מאי 2008

סוג האצה	פתח נמל הקישון	מעגן הדייג	גשר יוליוס סימון	גשר ההסתדרות
<b>Cyanobacteria</b>				
<i>Synechococcus</i> sp.	$4.0 \times 10^8$	$9.3 \times 10^7$	$3.2 \times 10^7$	$6.3 \times 10^6$
<b>צורנית - Diatoms</b>				
<i>Chaetoceros</i> sp. (1) (3µm)		$1.3 \times 10^7$		
<i>Cyclotella</i> sp.	$2.4 \times 10^6$	$4.2 \times 10^5$	$3.4 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$
<i>Navicula</i> sp. (1) (8µm)		$6.9 \times 10^6$		
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	$2.9 \times 10^6$	$2.0 \times 10^4$	350	57
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	$4.3 \times 10^6$	$1.1 \times 10^8$	$7.7 \times 10^8$	$1.1 \times 10^9$
<b>דינופלגלטים Dinoflagellates</b>				
Unidentified < 15µm	$7.0 \times 10^4$	$6.9 \times 10^6$	600	$1.1 \times 10^6$
<i>Gymnodinium</i> sp. (2)	$2.4 \times 10^4$			
<i>Oxyrrhis marina</i>	$3.5 \times 10^4$	$7.9 \times 10^4$	$7.2 \times 10^4$	
<i>Prorocentrum triestinum</i>	$2.1 \times 10^4$	3200		
<b>Cryptophyceae</b>				
<i>Cryptomonas</i> sp. (1)				$2.4 \times 10^7$
Unidentified 5µm	$5.7 \times 10^5$	$1.9 \times 10^6$	$1.6 \times 10^7$	$7.2 \times 10^6$
<i>Hemiselmis</i> sp.	$3.6 \times 10^5$	$2.9 \times 10^6$	$4.8 \times 10^7$	$2.2 \times 10^7$
<b>Prasinophyceae</b>				
<i>Pyramimonas</i> sp.	$7.6 \times 10^5$			
<b>Euglenophyceae</b>				
<i>Euglena</i> sp.	$6.5 \times 10^4$	$3.9 \times 10^4$	1800	
<b>Flagellates (unidentified)</b>	$3.4 \times 10^4$	$8.3 \times 10^6$	$6.2 \times 10^6$	$5.6 \times 10^6$
<b>Microplankton &lt; 5µm</b>	$1.6 \times 10^6$	$5.7 \times 10^7$		
<b>Total Microplankton</b>	$4.2 \times 10^8$	$3.0 \times 10^8$	$8.7 \times 10^8$	$1.2 \times 10^9$

טבלה 4 : ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון הפחות שכיח בפני השטח - מאי 2008

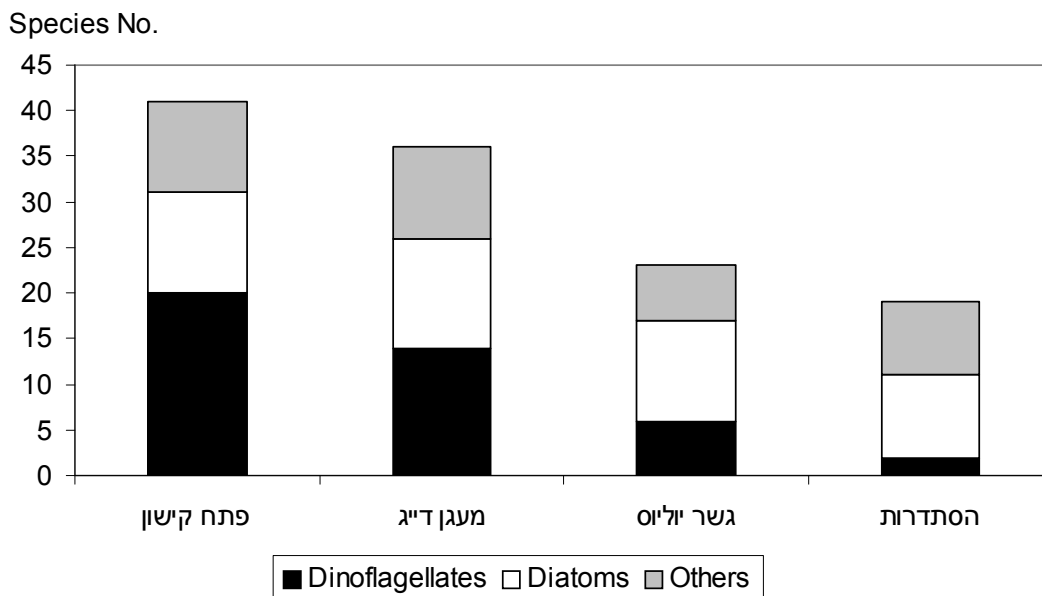
סוג האצה	פתח נמל הקישון	מעגן הדייג	גשר יוליוס סימון	גשר ההסתדרות
<b>צורנית (Diatoms)</b>				
<i>Achnanthes</i> sp.				143
<i>Amphora</i> sp.		100	100	
<i>Chaetoceros</i> spp.	7420			
<i>Chaetoceros</i> sp. (2)	240			
<i>Cylindrotheca closterium</i>			425	657
<i>Entomoneis</i> sp. (1)		200	675	486
<i>Entomoneis</i> sp. (2)			25	
<i>Guinardia striata</i>	60			
<i>Hemiaulus hauckii</i>	800			
<i>Leptocylindrus danicus</i>	640			
<i>Nitzschia</i> sp. (2)		500	150	171
<i>Nitzschia</i> sp. (3)			125	314
<i>Nitzschia sigma</i>		100		
<i>Pleurosigma</i> sp. / <i>Gyrosigma</i> sp.		100	200	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3620	200	25	29
<i>Skeletonema costatum</i>	1640			
<i>Thalassiosira</i> sp.	3200	400		
<b>דינופלגלטים (Dinoflagellates)</b>				
<i>Ceratium furca</i>	20			
<i>Ceratium kofoidii</i>	130			
<i>Dinophysis caudata</i>	10	13		
<i>Dinophysis diegensis</i>	10			
<i>Gymnodinium elongatum</i>	90	100		
<i>Gymnodinium</i> sp. (1)	1480	300		
<i>Gymnodinium</i> sp. (3)			3375	114

סוג האצה	פתח נמל הקישון	מעגן הדייג	גשר יוליוס סימון	גשר הסתדרות
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	50			
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	1970	4800	75	
<i>Prorocentrum gracile</i>	400	100		
<i>Prorocentrum micans</i>	1190	300	25	
<i>Prorocentrum minimum</i>	$1.0 \times 10^4$			
<i>Protoperdinium oblongum</i>	330	100		
<i>Protoperdinium</i> sp. (54)	9440	1100	75	
<i>Protoperdinium</i> spp.	5640	400		
<i>Torodinium</i> sp.	70			
<b>Chlorophyceae</b>				
<i>Oltmannsiella lineata</i>	$1.1 \times 10^4$	3900		
<i>Oocystis pusila</i>				171
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>opoliensis</i>			825	800
<b>Cyanophyceae</b>				
<i>Oscillatoria</i> sp. (1)		$2.2 \times 10^4$		
<i>Oscillatoria</i> sp. (2)		2347		
<i>Merismopedia glauca</i>				400
<b>Ebriales</b>				
<i>Ebria tripartita</i> .	60			
<b>Ciliates</b>				
<i>Mesodinium rubrum</i>	600	200		

#### מגוון מיני המיקרו פלנקטון בדגימות פני השטח

בפתח הקישון ובמעגן הדייג הופיע מגוון גדול יותר מיני מיקרופלנקטון בכלל ומיני דינופלגלטים בפרט (איור 13). מספר מיני הצורניות היה דומה בכל התחנות. מגוון המינים הגדול ביותר נמצא בפתח הקישון והוא הלך וקטן במעלה הנחל.

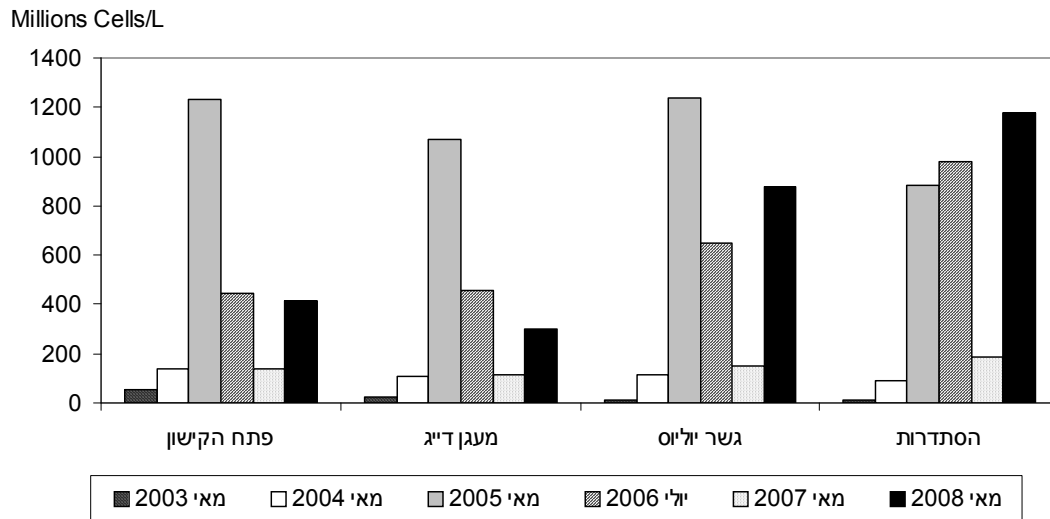
איור 13 : מספר המינים בדיגום מאי 2008 בהתאם לתחנות השונות



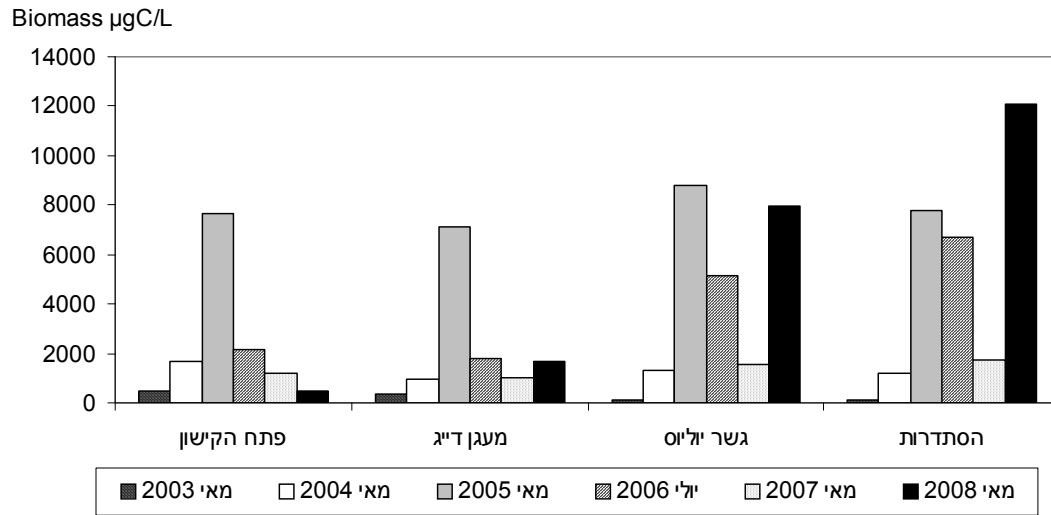
## השוואה רב-שנתית של דיגומי מאי – דגימות פני השטח

1. ריכוז התאים - ריכוז תאי המיקרופלנקטון בכל דגימות פני השטח במאי 2008 היו גבוהים יותר מהריכוזים שנמדדו במאי 2007. בגשר יוליוס סימון ריכוז התאים גבוה יותר יחסית לשנתיים קודמות ואילו בגשר ההסתדרות ריכוז התאים במאי 2008 הוא הגבוה ביותר יחסית לכל דיגומי מאי הקודמים (איור 14).
2. הביומסה וריכוז הכלורופיל – במאי 2008 הביומסה וריכוז הכלורופיל גבוהים יותר יחסית לשנה קודמת בכל התחנות להוציא את תחנת פתח הקישון, שבה הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הנמוכים ביותר יחסית לכל דיגומי מאי (איור 15). בגשר יוליוס סימון הביומסה וריכוז הכלורופיל גבוהים יחסית לשנתיים קודמות ואילו בגשר ההסתדרות ערכים אלה נמצאו הגבוהים ביותר יחסית לכל דיגומי מאי (בדומה לריכוז התאים). בגשר יוליוס סימון ובגשר ההסתדרות ערכי הכלורופיל נמצאים בתחום הערכים של מים היפר איאוטרופיים בשלוש מתוך ששת הדיגומים, לעומת דיגום אחד במעגן הדייג ובפתח הקישון (מאי 2005) (איור 16).
3. פריחות – בחמש השנים נצפו מיני אצות שונים בפריחה. מיני צורניות היו בדרך כלל השכיחות בפריחות השונות בדיגומי מאי. צורנית קטנה מהמין *Chaetoceros sp.* פרוחה בצורה מתונה במאי 2003 ובאופן מסיבי יותר במאי 2006. הצורנית *Thalassiosira pseudonana* פרוחה בשלושה דיגומים (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 סימון וגשר ההסתדרות (איור 15). במאי 2007 פרוחה האצה הירוקית *Chlamydomonas coccooides*.
4. מגוון המינים – בארבעת דיגומי מאי האחרונים, מגוון המינים נמצא נמוך יותר בתחנות גשר יוליוס סימון וגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון ומעגן הדייג (איור 11). בדיגומי יולי 2006 ומאי 2008 מגוון המינים הלך וירד בהדרגה מפתח הקישון במעלה הנחל, כאשר בגשר ההסתדרות נמצא מגוון המינים הקטן ביותר.

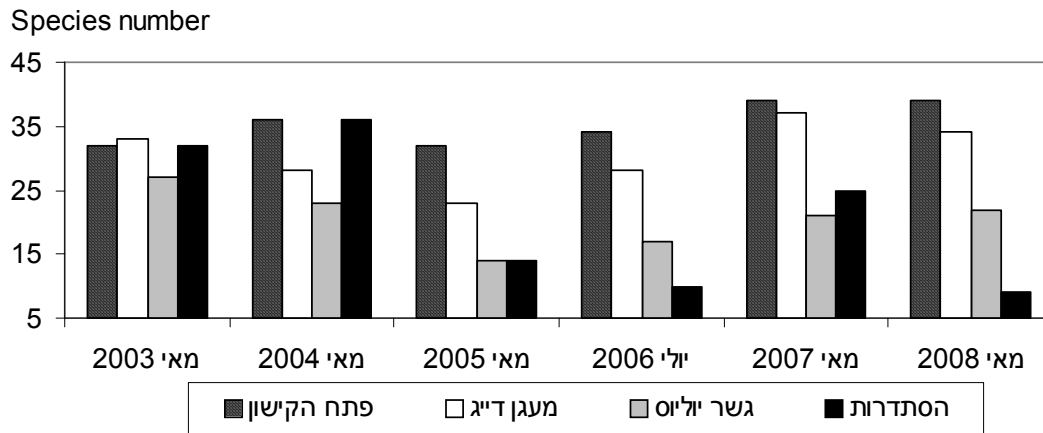
איור 14 : השוואת ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי – פני השטח



איור 15 : השוואת הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי – פני השטח



איור 16 : השוואת מספר המינים בדיגומי מאי – פני השטח



#### 4. סיכום

1. עמודת המים בכל התחנות משוכבת מבחינת מליחות וטמפרטורה. כללית, המליחות עולה לכוון מורד הנחל. הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות והשכבה העמוקה קרה יותר מהשכבה העליונה. רק במי העומק בגשר ההסתדרות המים חמים ומלוחים יותר מאשר מי השטח.
2. בכל התחנות, המים בחלק העליון של העמודה רוויים ביתר בחמצן, ככל הנראה כתוצאה מפריחת אצות ואחוזי הרוויה יורד עם עליה בעומק המים.

3. ריכוזי חמצן בתחום המסמן עקה ביולוגית (בין 2 ל- 5 מג"ל) נמדדו בתחנות גשרי ההסתדרות ויוליוס סימון ובמעגן הדייג בדגימות העמוקות יותר מ-1.5 מ'). היפוקסיה נמדדה רק בדגימה העמוקה בגשר יוליוס סימון.
4. ערכי ההגבה (pH) היו בתחום שבין 7.1 ל- 8.4. בדגימות פני השטח נמצאה מגמת עליה של ערכי ה-pH לכוון מורד הנחל עד לערכים דומים למי ים פתוח.
5. ה-pH בפני השטח בגשר ההסתדרות גבוה יותר מהערכים שנמדדו בשלושת התחנות האחרות ככל הנראה בגלל תהליכי פוטוסינתזה מוגברים המתבטאים גם באחוזי רוויה גדולים מאוד של החמצן. פרופיל העומק של ה-pH בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס סימון מראה מבנה המתאים לתהליכי פוטוסינתזה ונשימה בעמודת המים: pH גבוה יותר במי השטח בהם פריחה משמעותית של הפיטופלנקטון, וירידה חדה עם עליה בעומק המים לערכים נמוכים בהרבה מערכי ההגבה במי ים, למרות שמליחות המים מגיעה עד 39.5. גם במעגן הדייג ובפתח נמל הקישון רואים מגמה של ירידה מתונה של ערכי ההגבה עם העומק, במיוחד בפתח נמל הקישון.
6. המים בכל תחנות הדיגום היו עכורים מאוד, בתחום NTU 15-85. המים העכורים ביותר היו בגשר ההסתדרות עם מקסימום של עכירות באמצע עמודת המים. ביתר התחנות העכירות עלתה עם העומק להוציא דגימת פני השטח בגשר יוליוס סימון בה המים העכורים יותר מאשר באמצע העמודה. ריכוזי החומר המרחף היו גבוהים ודומים לאלה שנמדדו באוקטובר 2005.
7. ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום להוציא פוספאט וניטריט בגשר ההסתדרות ואמוניום בכל תחנות הדיגום. הריכוזים ירדו בכוון מורד הנחל בשני עומקי הדיגום, להוציא ניטראט ופוספאט בפני השטח בגשר יוליוס סימון שהיו גבוהים יותר מהריכוזים בגשר ההסתדרות.
8. המים בארבע דגימות מדורגים ברמת זיהום (דרגת איאורופיקציה) גבוהה לגבי N: דגימות גשר ההסתדרות פני שטח בגשר יוליוס סימון ומעגן הדייג, ושתי דגימות בדרגה בינונית (דגימות עומק בגשר יוליוס סימון ומעגן הדייג). בפתח נמל הקישון דרגת האיאורופיקציה לגבי N היא נמוכה. לגבי P דרגת איאורופיקציה גבוהה בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון, ובינונית במעגן הדייג ופתח נמל הקישון.
9. ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנות דיגום וריכוזם יורד בכוון מורד הנחל בשני העומקים, להוציא דגימת עומק בגשר ההסתדרות בה נמדד ריכוז כלורופיל נמוך. הריכוזים בפני השטח בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס סימון, מצביעים על רמה היפר-איאורופית, בפני השטח במעגן הדייג על רמת איאורופיקציה גבוהה וביתר הדגימות על רמת איאורופיקציה בינונית. רק בדגימת העומק בפתח נמל הקישון ריכוז הכלורופיל היה נמוך ומתאים לרמת איאורופיקציה נמוכה.
10. ניתוח רב שנתי מראה כי ריכוז כלורופיל בפני השטח היה בדרגת איאורופיקציה גבוהה או היפר-איאורופית ללא מגמה ברורה בזמן. בדגימות העומק ברוב המקרים הריכוזים הצביעו על רמת איאורופיקציה בינונית או נמוכה עם מספר חריגות, במיוחד בגשר

ההסתדרות. לא ניכרת מגמה של שינוי עם הזמן. האם ניתן להסביר או לשער גורמים מגבילים?

11. ריכוזי הפוספאט בפני השטח ירד בין מאי 2003 למאי 2005 ונשאר נמוך עד יולי 2006. בדיגומי אוקטובר 2006 ומאי 2007 ו-2008 נמדדו ריכוזים גבוהים יותר של פוספאט אך באוקטובר 2007 הריכוזים שנמדדו היו נמוכים יותר ודומים לאלה שנמדדו בין מאי 2005 ו-יולי 2006. בדגימות העומק בולטת העונתיות בריכוזי הפוספט במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות.

12. בניגוד לפוספאט, ובדומה לריכוז הכלורופיל, לא נראית מגמה של שינוי עם הזמן בריכוז החנקן האי אורגני הכללי, לא בדגימות פני השטח ולא בדגימות העומק. ברוב דגימות פני השטח ובדגימות העומק בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון הריכוזים גבוהים כאשר ביתר הדגימות הם לרוב ברמה בינונית.

13. לא נראית מגמה של שינוי עם הזמן בריכוזי החמצן. דגימות פני השטח רוויות עד רוויות יתר בחמצן (בהתאם לריכוזי כלורופיל גדולים) ואילו בעומק הריכוזים בדרך כלל קטנים מ-5 מג"ל, במצב של עקה ביולוגית עד אנוקסיה. המקום המושפע ביותר הוא עומק עמודת המים בתחנה של גשר ההסתדרות.

14. הביומסה וריכוז הכלורופיל גבוהים מאד בפני שטח תחנת גשר ההסתדרות וגשר יוליוס סימון ונמצאים בהם במצב היפר איאוטרופי בהתאם לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. במעגן הדייג פרמטרים אלה גבוהים ואילו בפתח הקישון בינוניים.

15. הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בגשר ההסתדרות והם הלכו וירדו במורד הנחל לכיוון פתח הנמל אל הים.

16. ריכוז המיקרופלנקטון נמצא גבוה מאד בכל התחנות. ריכוז התאים היה דומה בפתח הקישון ובמעגן הדייג והוא הלך ועלה עם העלייה במעלה הנחל.

17. נמצאו הבדלים בהרכב מיני האצות בין התחנות השונות. מגוון מיני הדינופלגלטים היה הגבוה ביותר בפתח הקישון והוא הלך וירד עם העלייה במעלה הנחל. מספר מיני הצורניות היה דומה בכל התחנות. הירידה במליחות עם העלייה במעלה הנחל, יכולה להוות הסבר חלקי להבדל במגוון מיני הדינופלגלטים בין התחנות, כיוון שמרבית המינים אפיינים למי ים.

18. פריחות – בתחנות מעגן הדייג, גשר יוליוס סימון וגשר ההסתדרות הייתה פריחה מסיבית של הצורנית *Thalassiosira pseudonana* שהיוותה את עיקר הביומסה בתחנות אלה. בתחנת גשר ההסתדרות וגשר יוליוס סימון נמצאו בנוסף פריחה של הצורנית *Cyclotella sp.* ושל אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*.

19. מגוון המינים הגדול ביותר הופיע בתחנת פתח הקישון ומגוון המינים הקטן ביותר הופיע בתחנת גשר ההסתדרות.

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.