

# איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2010





חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.  
תל-שקמונה, ת"ד 8030, חיפה 31080, P.O.B. 8030, Tel-Shikmona,  
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8565200 טלפון :  
<http://www.ocean.org.il>

# איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2010 דוח חיא"ל H68/2011

ברק חרות - עורך הדוח ומנהל מדעי של תכנית הניטור

חוקרים שותפים: עדנה שפר, נורית גורדון, בלה גליל, גדעון טיבור,  
משה תום, גיל רילוב, ג'ק סילברמן

בעבודה השתתפו:

דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים: ירון גרטנר  
כימיה: נוטריאנטים: ד"ר יעל סגל, לורה יזראלוב  
מתכות: אביב שכנאי, מיה מוריס, גרטה פינשטיין, ד"ר אפרת שהם-פרידר (כלורופיל)  
חי הקרקעית: לימור שובל, אוה מזרחי, כנרת גל, נגה פרסמן  
השפעות ביולוגיות: יאנה יודקובסקי  
בסיסי נתונים: ד"ר איסק גרטמן, אירנה לונין  
צוות ים: גדעון עמית, יונה בישוב

תכנית הניטור של מימי החופין ממומנת ע"י

**המשרד להגנת הסביבה**

ובמימון חלקי ע"י משרד האנרגיה והמים  
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

נובמבר 2011

© כל הזכויות שמורות. אין לעשות שימוש בנתונים לצורך פרסום מדעי ללא אישור בכתב מחיא"ל.

שם הדוח לצורך ציטוט בעברית/אנגלית:

חרות ב', שפר ע', גורדון נ', גליל ב', טיבור ג', תום מ', רילוב ג' וסילברמן ג' (2011). איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2010, דוח חיא"ל H68/2011.

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B., Tibor G., Tom M., Rilov G. and Silverman J.  
(2011). Environmental quality of Israel's Mediterranean coastal waters in 2010, IOLR  
Report H68/2011.

## תוכן

### עמוד

#### חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- 1-א • מבוא
- 4-א • סיכום הממצאים העיקריים
- 12-א • מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף
- 15-א • המלצות

#### חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

- 1-ב • מתכות בסדימנטים
- 5-ב • מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות
- 11-ב • מתכות במים
- 12-ב • מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית
- 17-ב • מתכות בדגים
- 20-ב • סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (Biomarkers)
- 24-ב • מתכות במשקעים אטמוספיריים
- 25-ב • נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים
- 25-ב • נוטריאנטים בנחלי החוף
- 29-ב • הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין
- 32-ב • נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין
- 40-ב • אוכלוסיות חי הקרקעית
- 41-ב • פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי
- 46-ב • רשימת ספרות

#### חלק ג - איורים וטבלאות

- נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2010
- נספח 2 - המספר הכולל של בדיקות מתכות כבדות במסגרת תכנית הניטור
- נספח 3 - שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות
- נספח 4 - מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים
- נספח 5 - מיני המיקרופלנקטון וריכוזם במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף, אוגוסט 2010
- נספח 6 - הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010
- נספח 7 - מילון מונחים מקצועיים

## חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

### מבוא

דוח זה מציג מידע על איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2010, על סמך התוצאות של ניטור זיהום הים ומקורותיו ושל מחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל". הדוח מציג גם מגמות של שינויים במצב מימי החופין על סמך נתונים רב-שנתיים.

תכנית הניטור של איכות מימי החופין מונחת ע"י אגף ים וחופים של המשרד להגנת הסביבה ומהווה מרכיב של מערכת המינהל הסביבתי המופעלת ע"י הממשלה.

היעד הכוללני של הניטור הוא יצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים ושל האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על ניצול וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

המטרות הספציפיות של הניטור אשר נגזרות מהיעד לעיל הן:

- איתור מקורות לזיהום מימי החופין והערכת תחומי השפעתם וחשיבותם היחסית;
- קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב מימי החופין, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות;
- יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה מזיהום מימי החופין;
- יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות ניטור מקומיות באתרים לסילוק שפכים בים.

תכנית הניטור כוללת תשעה מרכיבים:

- ניטור זיהום מימי החופין במתכות כבדות (מתבצע מאז 1978);
- ניטור ההזרמות של נוטריאנטים (חומרי דשן) וחלקיקים למימי החופין דרך נחלי החוף (החל מ-1990);
- ניטור השטפים האטמוספיריים של נוטריאנטים ומתכות כבדות למימי החופין (החל מ-1996);
- ניטור ריכוזי הנוטריאנטים והאצות באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-2000);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לוויינים (החל מ-2005);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-2005);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-2005, לא בוצע ב-2006 כתוצאה מחוסר מימון);

- פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי (החל מסוף 2009) ;
- הערכת עומס הזיהום הכללי במימי החופין המתבסס על מאגר המידע של מקורות הזיהום הנקודתיים (החל מ-2002).

תכנית הניטור עודכנה במהלך השנים בהתאם למידע על מקורות הזיהום של מימי החופין. מקורות הזיהום העיקריים לאורך החוף מוצגים באיור 1. תחנות הדיגום של תכנית הניטור מוצגות באיור 2. מיקום תחנות הדיגום והפרמטרים הנבדקים בכל תחנה מפורטים בנספח 1.

בנוסף לתכנית הניטור הכללית של איכות מימי החופין, המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה מבצע בדיקות תקופתיות של זיהום הים גם במסגרת תכניות ניטור מקומיות באתרים בהם מסולקים לים שפכים ופסולת (המתכונת של תכניות ניטור אלה נקבעת בהיתרי ההזרמה/סילוק הפסולת). כמו כן מתבצעים במכון מחקרים שונים, שתוצאותיהם מהוות בסיס לפענוח ממצאי הניטור ולהכוונה של מתכונת הניטור. הממצאים הרלוונטיים של תכניות הניטור המקומיות והמחקרים הנלווים לניטור משולבים בדוח זה.

החל משנת 2000 המכון מבצע עבור חיל הים ניטור שנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון, במסגרת היישום של המלצות ועדת החקירה בעניין פעילות צה"ל באזור נחל הקישון ("ועדת שמגרי"). חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע"י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה"ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדוח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).

הדוח כולל שלושה חלקים ושבעה נספחים. בחלק א מוצגים עיקרי הממצאים על איכות מימי החופין והמלצות הנובעות מהם. פעולות הניטור וממצאי הניטור מפורטים בחלק ב ומוצגים באיורים ובטבלאות בחלק ג. ניתוח המגמות של שינויים בזמן ובמרחב באיכות מימי החופין מתבסס על כלל הנתונים הרב-שנתיים שנאספו במסגרת תכנית הניטור. נתונים אלה כוללים אלפי בדיקות כמפורט בנספח 2.

שיטות הדיגום, הבדיקה ובקרת איכות התוצאות במסגרת הניטור מפורטות בנספח 3. המערכת למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים מוצגת בנספח 4. נספחים 5 ו-6 מציגים את הרכב מיני המיקרופלנקטון וחי תוך המצע בשנת 2010. נספח 7 מבהיר מונחים מקצועיים שנעשה בהם שימוש בגוף הדוח.

הנתונים הגולמיים של הניטור נשמרים ב"מרכז המידע הימי הלאומי", אשר מרכז, מתעד ומפיץ נתונים ומידע על הסביבה הימית של ישראל. במרכז המידע פותחו מערכות לטיפול בנתוני הניטור המאפשרות גישה קלה לנתונים ועיבודם למידע שימושי לצרכי ניהול סביבתי ([www.ocean.org.il](http://www.ocean.org.il)).

חלק מנתוני הניטור מועבר, באמצעות המשרד להגנת הסביבה, למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה, אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה".

על מנת שתכנית הניטור תענה לנדרש בפרוטוקול הניהול החופי המשולב (ICZM) וב"גישת המערכת האקולוגית" Ecosystem Approach, שאומצו על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (מיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (MAP) באמצעות ארגון MEDPOL), מתחייב להרחיב את תכנית הניטור הלאומית כלהלן (ההצעה מוגשת מזה מספר שנים למשרד להגנת הסביבה). הרחבה זו תאפשר גם, להיערך למחויבויות של הדירקטיבות של הקהילה האירופית ( Water Framework Directive; ) (Marine Strategy Framework Directive), והיא חיונית לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

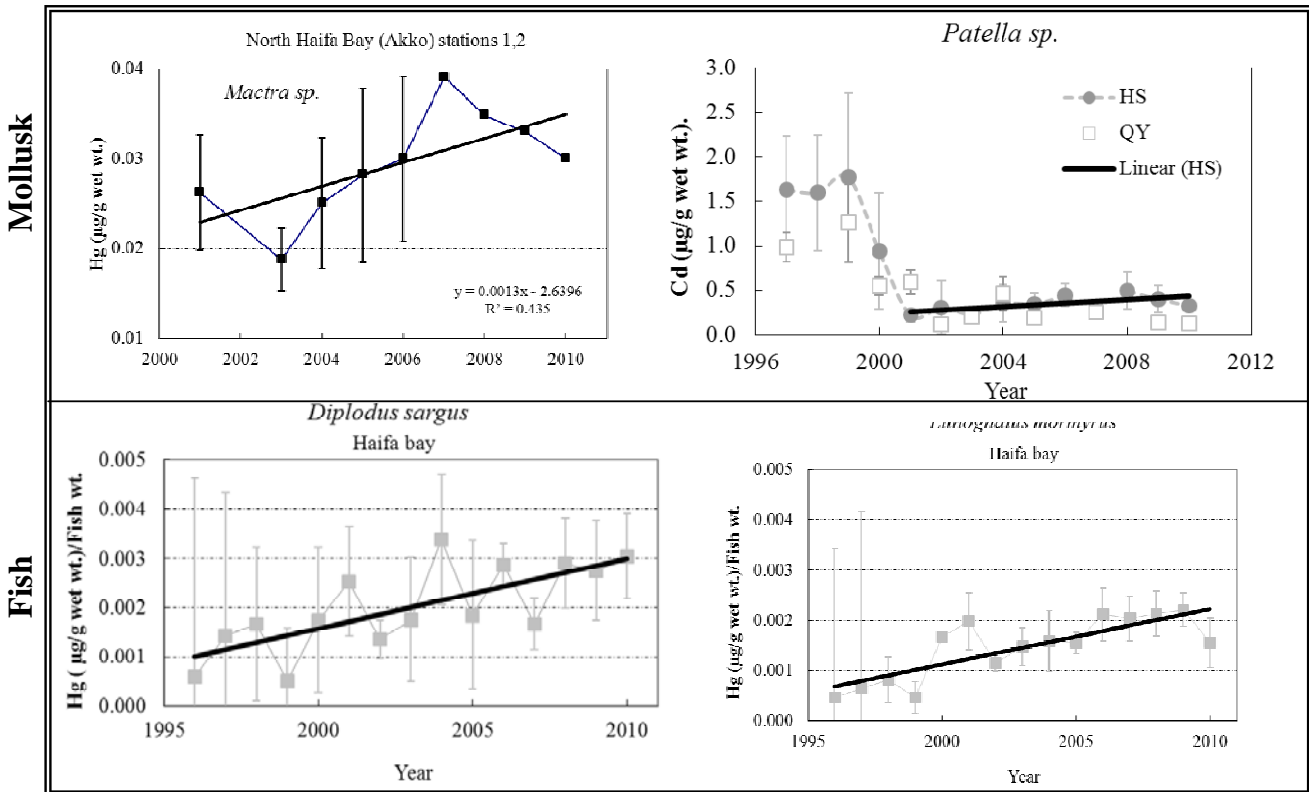
הרחבת תכנית ניטור תכלול:

1. ניטור זיהום הים והחופים (פרמטרים כימיים, סמנים ביולוגיים, בריאות הציבור);
2. ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים);
3. ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק);
4. ניטור השלכות שינויי אקלים (מפלס ים, החמצה/טמפי/מליחות, מינים פולשים).

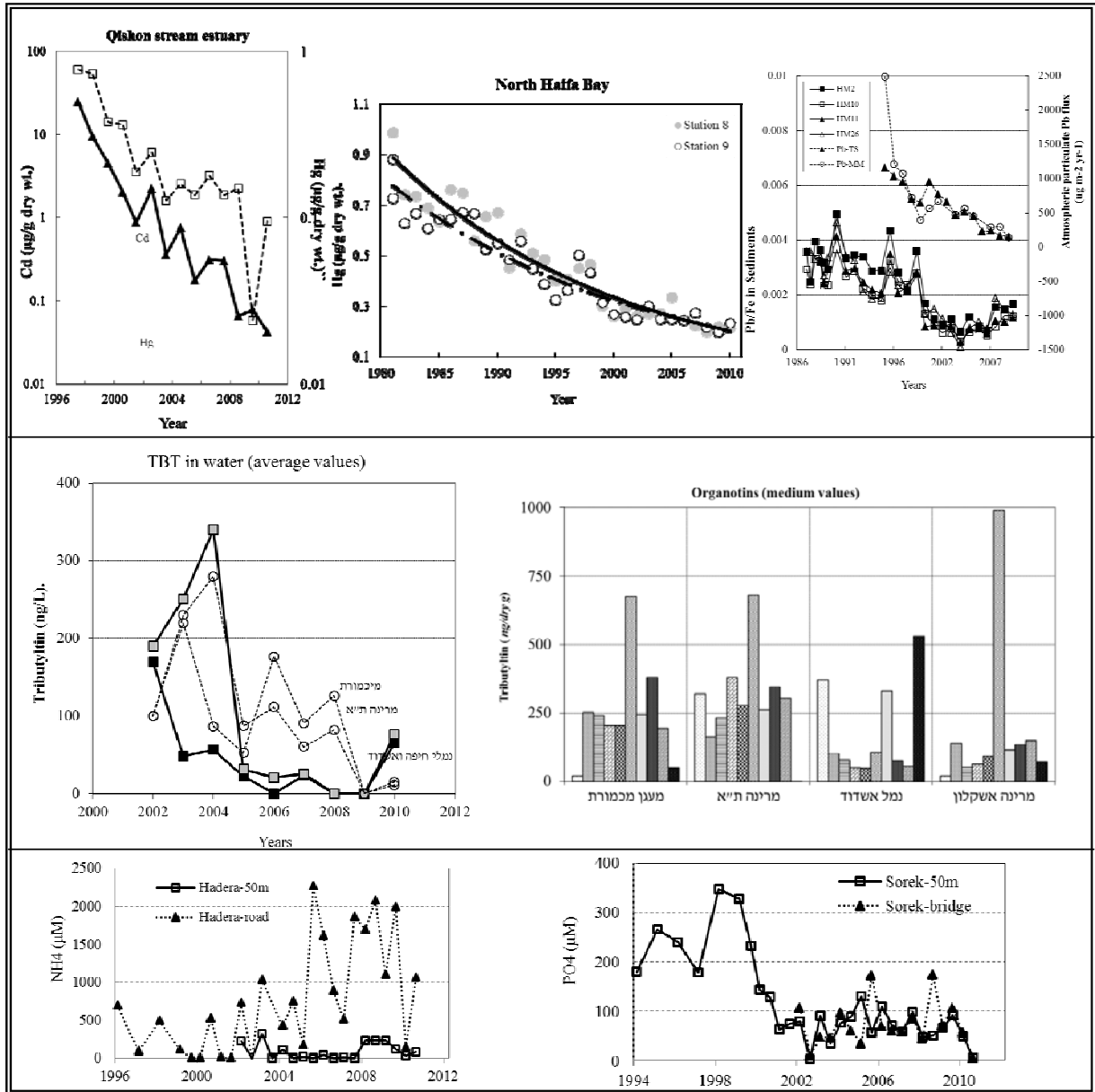
## סיכום הממצאים העיקריים

בדוח מוצגת תמונת מצב (2010) ומגמות עיקריות של השינויים בזמן, המתייחסות לרמת הזיהום במימי החופין, בשפכי נחלים, בנמלים ובמעגנות. מגמת השיפור ברמות הזיהום שנצפתה עד למחצית העשור האחרון בד"כ נעצרה. ערכי הזיהום של המרכיבים השונים וביניהם: מתכות כבדות, חומרי דשן ומזהמים אורגניים, התייצבו (דבר שלא בהכרח מעיד על מצב טוב), או שאף חלה עלייה מסוימת ברמתם.

האיור שלהלן מציג את עיקר המגמות בזמן של מספר מזהמים.



Water & Sediment





הרמה הנוכחית של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים בחלק משפכי הנחלים, הנמלים והמעגנות לא משביעה רצון, מאחר שעומדת על רמת זיהום אקולוגי בינונית עד חמורה. מסיכום הממצאים ראוי לציין שחלה הרעה ברמת הזיהום ב-TBT במי נמלים, אך לא במי מעגנות ולא בקרקעית, ואת מגמת העלייה של ריכוזי הכספית בצפון מפרץ חיפה הן ברכיכות והן בדגי מאכל. גם ב-2010 נמצאה חריגה מהקו המנחה של שירות המזון הארצי (או מתקנים מקובלים במדינות אחרות) לריכוז כספית, בכ-13% מהדגים החופיים במפרץ חיפה. בבחינת המדדים המעידים על המצב הסביבתי המושפע מהעשרה בחומרי דשן והגברת היצרנות הראשונית ומהעשרה בחומר אורגני בקרקעית נמצא, כי מספר שפכי נחלים ומפרץ חיפה מראים את ההעשרה הגבוהה ביותר. באופן אבסולוטי, המצב במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי טוב יותר מאשר באזורים אחרים בים התיכון בהם קיימת בעיית אאוטרופיקציה. לעומת זאת, בחלק משפכי הנחלים המצב עדיין רחוק מהסביר. כל זאת ללא שינוי ממצב השנה שעברה.

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי העובר כרגע תהליכי שינוי העלולים לפגוע בו באופן משמעותי. זו השנה השנייה בה היא"ל מבצעת ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי, והממצאים, שהינם עדיין ראשוניים, מוצגים בדוח. גם בשנת 2010, בכל האתרים ובכל העונות, לא נמצאו פרטים חיים של *הצינורן הבונה*, ובטבלאות מסוימות חסר כבר הכרכוב עצמו כמעט לחלוטין. להיעלמות אוכלוסיות החילוץ בונה הכרכוב עלולות להיות השלכות מרחיקות לכת על בית הגידול והחברה האקולוגית המתקיימת בו. בשימוש בנתונים משנות התשעים ומתוכנית ניטור זו אפשר לראות את הקריסה של אוכלוסיות מין חשוב נוסף, החילוץ הטורף הגדול ארגמנית אדומת פה (*Stramonita haemastoma*) שהיה פעם נפוץ בחופינו. יתכן שבית הגידול כולו מצוי בסכנה הכחדה עקב בליה מכיוון שנעלמה ההגנה הביוגנית, ולכן חשוב לעקוב אחר מצב הצינורן ולהבין את ההשלכות של היעלמותו מהחוף הישראלי במסגרת תכנית הניטור הלאומית.

סיכום ממצאי הדוח מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלת איכות מימי החופין בשנת 2010 ומגמות בעשור האחרון עפ"י **סמנים סביבתיים**; השני - מפות של המצב הסביבתי היחסי של אזורים שונים לאורך החוף עפ"י **מדדים סביבתיים**. מפות ראשוניות אלה מבוססות על חמישה מדדים סביבתיים: (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים (ראה הסבר בפרק ב) - חלוקה לארבע רמות; (2) מצב אזור המים הרדודים עפ"י הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני; (3) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות, לפי הקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) לאיכות מי נחלים (**נספח 7**); (4) מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT ו-PCB's ביחס לקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (**נספח 7**); (5) מצב הסדימנטים מבחינת הזיהום ב-TBT (ראה הסבר על החומר ב**נספח 7**) - חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג סדימנט.

**מצב מימי החופין בשנת 2010 ומגמות בעשור האחרון**

	<b>מגמות בעשור אחרון</b>	<b>מצב בשנת 2010</b>	<b>סמן סביבתי</b>
↓ ↔	פחת הזיהום בכספית עד העשור הקודם. בעשור האחרון מסתמנת התייצבות או ירידה כתוצאה מפעילות חפירה.	<p><b>מפרץ חיפה</b>: ☹️ רמת זיהום בינונית של כספית בצפון המפרץ ובינונית-קטנה בשפך הקישון.</p> <p>אין שינוי משמעותי ברמות הכספית בשפך נחל הקישון לעומת 2009 ככל הנראה בגלל חפירת העמקה באזור.</p>	<p><b>מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)</b></p>
↔	פחתו ריכוזי העופרת. בשנים האחרונות (מאז 2004) מסתמנת עלייה מסוימת. ירידה בריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ.	<p>😊 ריכוזים קטנים יחסית של מתכות כבדות אחרות.</p> <p><b>נחלים</b>:</p>	
↓ ↔	פחת הזיהום בשפך הקישון. ב-5 שנים אחרונות התייצב ריכוז הקדמיום.	<p>☹️ רמת זיהום גבוהה של עופרת וניקל בנחל לכיש, וניקל בנחל נעמן. רמת זיהום בינונית בכספית בנחל נעמן וקישון; רמת זיהום בינונית בקדמיום במורד הקישון ולכיש; רמת זיהום בינונית בנחושת ואבץ בנחלים קישון, נעמן, חדרה ולכיש; רמת זיהום בינונית בכרום בנחלים נעמן, קישון ולכיש; רמת זיהום בינונית בניקל בנחלים בצת, נעמן, תנינים, חדרה, אלכסנדר, שורק וירקון.</p>	
↔	אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים.	<p><b>לאורך החוף</b>: כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות:</p> <p>☹️ באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום בינוני בכספית, נחושת ואבץ.</p>	
↔	אין מגמה ברורה במוצא שפד"ן; קיימות תנודות עונתיות ברמת הזיהום כתוצאה מפיזור הבוצה בד"כ בעונת החורף במרחב משתנה.	<p>באזור מוצא צינור אג"ן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד העשרה בכרום ממקור לא ברור.</p>	
↑ ↓	<p><b>נמל חיפה</b>: תיתכן מגמת עלייה של כספית בנמל חיפה. שינויים בריכוזי שאר המתכות ללא מגמה ברורה, תיתכן ירידה בריכוזי הקדמיום.</p>	<p>☹️ <b>נמלים ומעגנות</b>: רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה ומעגן עכו; רמת זיהום בינונית בקדמיום וכרום בנמלים חיפה ואשדוד; בנחושת בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות ת"א אשקלון ועכו; באבץ בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות חדרה ועכו; בעופרת בנמל חיפה ועכו; בניקל בנמלים חיפה, אשדוד מעגן אשכול, עכו, חדרה, הרצליה, ת"א ואשדוד.</p>	
↓	<p><b>נמל אשדוד</b>: הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית.</p>		

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2010	סמן סביבתי
↑	<p><b>מעגנות:</b> אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במעגן מכמורת, מרינה ת"א, מרינה אשדוד ומעגן חדרה (כולל כספית מאז 2001).</p>		
↔  ↓	<p>אין מגמה מובהקת</p> <p>ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000.</p>	<p><b>מפרץ חיפה, שפכי נחלים, לאורך החוף:</b></p> <p>☹ בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של כספית, קדמיום, נחושת, עופרת, אבץ וכרום המצביעים על זיהום. יחד עם זאת, השגיאה בשיטת הקביעה גדולה.</p>	<p><b>מתכות כבדות בחומר מרחף במים</b></p>
↑	<p>בדגים חופיים ממינים מסוימים ממפרץ חיפה הכספית התייצבו ברמה פחותה מאשר בעשור הקודם, אולם מראים מגמת עלייה בשנים האחרונות (החל מ- 2006).</p>	<p>בדגים חופיים ממינים מסוימים ממפרץ חיפה העשרה בכספית יחסית לדגים מאזורים אחרים. בכ- 8% מהדגים החופיים שנבדקו נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל. בתוך מפרץ חיפה החריגות בדגים חופיים הן כ- 23%.</p> <p>ריכוזי קדמיום ועופרת (נבדקו שנים קודמות) קטנים מהקו המנחה של רשות המזון.</p> <p>בכ- 51% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב אשר ייתכן ומעיד על ריכוז ארסן אי אורגני גדול מהקו המנחה של רשות המזון (טעון בדיקה).</p> <p>נמצאו הבדלים בחלק מהמתכות בדגי המכמורת מאזורים שונים לאורך החוף.</p>	<p><b>מתכות כבדות בדגים</b></p>
↑	<p>ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 2002 החלה מגמת עלייה בריכוז הכספית בצדפות מאזור עכו.</p>	<p><b>מפרץ חיפה ועכו:</b> העשרה בכספית בצדפות ובחלזונות יחסית לאזורים אחרים.</p> <p>העשרה מסוימת של כספית בצדפות מצפון המפרץ לעומת חלקו הדרומי.</p> <p>ריכוזי נחושת ואבץ גדולים יותר בחלק הדרומי של המפרץ.</p> <p>ריכוזי ארסן בצדפות דומים בכל חלקי המפרץ.</p> <p>העשרה של כספית בחלזונות ממפרץ חיפה ביחס לאזורים מדרום למפרץ.</p>	<p><b>מתכות כבדות בבעלי חיים שוכני קרקעית</b></p>

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2010	סמן סביבתי
↓	ריכוזי הקדמיום והאבץ בחלזונות פחתו בשפך הקישון החל משנת 2000.	<p>העשרה מסוימת בקדמיום בחלזונות ממפרץ חיפה (למעט קריית ים) יחסית לאזורים אחרים לאורך החוף.</p> <p><b>לאורך החוף (אתרים נבחרים):</b> העשרה של נחושת בחלזונות מאזור אשדוד, וכספית מאזור פלמחים ביחס לתחנות אחרות לאורך החוף (למעט מפרץ חיפה).</p>	
↓  ?	<p>ירידה בשטף האטמוספירי של עופרת, וב-5 שנים האחרונות גם של קדמיום.</p> <p>אין מגמה מובהקת של ריכוזי הנחושת והאבץ.</p>	<p>ריכוזים דומים לאירופה וגדולים מאשר באזורים לא מתועשים.</p>	מתכות כבדות באבק
	<p>רמות PCB קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2005 ודומות לשנים 2006-2010.</p>	<p><b>נמלים ומעגנות:</b></p> <p>זיהום משמעותי של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) (ERL~) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה. ריכוזי PCBs נמצאו בנמל אשדוד, מעגן עכו ומרינה ת"א. ריכוזים מעל סף הגילוי נמצאו גם במעגנות אחרות, אולם הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL).</p> <p>לא נמצאו דיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי הכמותי של הבדיקות.</p> <p>ריכוזי חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL) ובד"כ קטנים מגבול הגילוי האנליטי. ריכוזים קטנים של מספר חומרים נמצאו בעיקר במעגן</p> <p>חדרה: Benzo(b)fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benzo(a)pyrene, Fluoranthene, anthracene.</p> <p>⚠ זיהום גבוה ב-TBT ונגזרותיו (&gt;100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה ואשדוד, ובמעגן חדרה. זיהום משמעותי נמצא במעגנות מכמורת, אשדוד, אשקלון וקצא"א.</p>	מזהמים אורגניים בקרקעית

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2010	סמן סביבתי
↔	לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2010.	<p><b>נמלים ומעגנות:</b></p> <p>😊 בכל האתרים שנבדקו ריכוזי המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה (PAHs) היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות או קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה באוכלוסיות החי הימי.</p> <p>ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (20 ng/L). במעגן חדרה, נמצא החומר Ametryne ובעתלית ובמעגן חדרה נמצא גם החומר Simazin בריכוזים קטנים.</p> <p>☹️ ב-2010 נמצא ערך מדיד של TBT בנמל חיפה, נמל אשדוד, מעגן עכו, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מרינה ת"א, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה. הריכוזים גדולים מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד להגנת הסביבה.</p>	מזהמים אורגניים במים
↔	אין מגמה ברורה בנמלים בשנים 2002 - 2010.		נוטריאנטים במי גשם
↔	שטפי חנקן והזרחן תלויים בכמות המשקעים השנתית. לא חל שינוי משמעותי בשטף החנקן במהלך העשור האחרון.	שטפי חנקן וזרחן גדולים מבאוקיינוסים הפתוחים, אולם קטנים מאשר באירופה.	נוטריאנטים במי גשם
↓ ↔ ↑	בעשור האחרון הפחתה מסוימת בריכוזי הנוטריאנטים (במיוחד בנחלים שורק וקישון). לא חל שינוי משמעותי במהלך 6 השנים האחרונות, למעט עלייה מסוימת של פוספאט ואמוניום בשפך נחל חדרה.	☹️ זיהום בינוני עד חמור ברוב הנחלים.	נוטריאנטים בשפכי נחלי החוף
↔	אין שינוי משמעותי במהלך 6 השנים האחרונות.	מוצאים ימיים < שפכי נחלים, במיוחד עבור זרחן.	עומס נוטריאנטים ממקורות נקודתיים
?	יתכן שב-2002 החלה מגמה של הפחתה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית ביחס חנקן/זרחן בשפך נחל הקישון.	<p><b>מפרץ חיפה:</b> העשרה בקרבת החוף ומול שפך הקישון ועכו.</p> <p><b>לאורך החוף:</b> השנה לא נצפית העשרה של</p>	נוטריאנטים במימי החופין

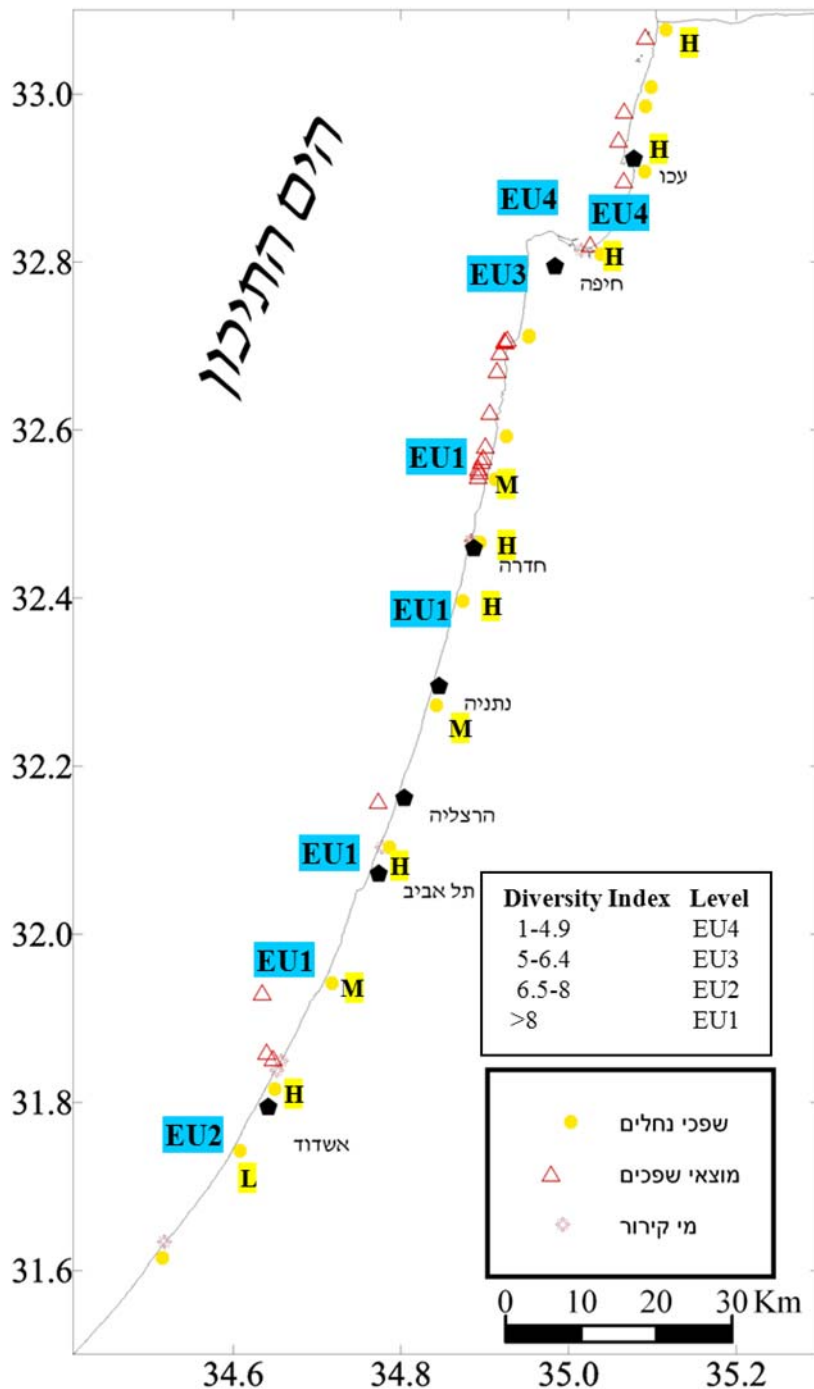
מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2010	סמן סביבתי
	סיליקה דרומית לאשקלון. כללית, הפחתה של ריכוזי הנוטריאנטים עם ההתרחקות מהחוף.	
?	<p>הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז.</p> <p>בעשור הקודם נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. בשפך הקישון נצפו מספר אירועי פריחות.</p> <p>מהתפלגות ביומסה רב-שנתית (2001-2010) ממוצעת, נראה שהביומסה בתחנת הירקון היא הגבוהה ביותר, ובתחנת אלכסנדר הנמוכה ביותר. במרחק מהחוף (תחנות עמוקות) נראה שהביומסה הגדולה ביותר היא באזור אשקלון.</p>	<p><b>נוכחות מיקרואצות</b></p> <p><b>מפרץ חיפה:</b></p> <p>ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף.</p> <p>☹️ כמויות גדולות במיוחד בשפך נחל הקישון.</p> <p>נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים.</p> <p><b>לאורך החוף:</b></p> <p>ריכוזים גדולים יחסית במים רדודים (עד 10 מ') לעומת מים עמוקים יותר (30 מ').</p> <p>בכל האזורים נמצאו סוגי אצות הכוללים מינים העלולים ליצור פריחות רעילות.</p> <p>אינדקס השונות הממוצע קטן במידה מסוימת בתחנות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2010, יחסית לתחנות הצפוניות יותר.</p>
	הניטור החל ב-2005.	<p><b>הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית) (אנתרופוגנית)</b></p> <p><b>מפרץ חיפה:</b> סימנים להעשרה אורגנית.</p> <p><b>לאורך החוף:</b> סימנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן (בדוח נפרד) ואזור אשקלון.</p>
	הניטור החל ב-2005 (לא התקיים ניטור ב-2006).	<p><b>סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים:</b></p> <p>* מטלותיונין (מתכות כבדות)</p> <p>* ציטוכרום P4501A (חומרים אורגניים)</p> <p>* כוריוגנין וויטלוגנין (חומרים משבשי פעילות רבייה)</p> <p>ב-2008-2010, בניגוד לשנים קודמות, לא נמצא הבדל מובהק בהשפעת מזהמים אורגניים על דגים ממפרץ חיפה לעומת דגים מחוף דור/מכמורת.</p> <p>☺️ לא נמצאו השפעות של חומרים משבשי רבייה בדגים הן ממפרץ חיפה והן דרומית לו.</p>

מקרא לסימונים בטבלה:

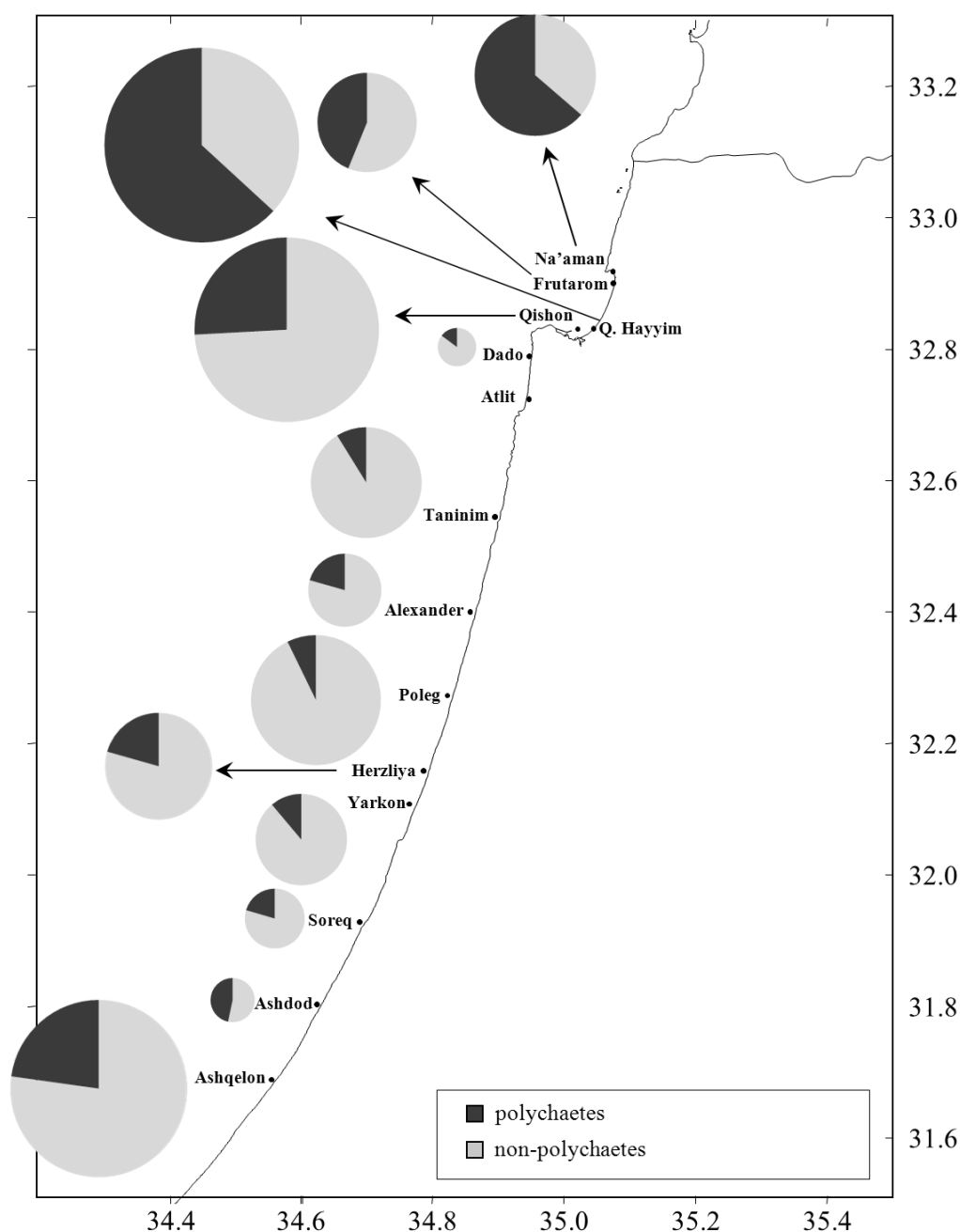
- ☺️ - הדגשה של מצב טוב.
- ☹️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↓ - מגמת שיפור; ↔ אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

## מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU1 – EU4). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. עפ"י מדד זה מפרץ חיפה ושפך הירקון חשופים לעומס הגדול ביותר. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות של העשרה בנוטריאנטים (גבוהה (H),  $>60\mu\text{g/L}$ ), בינונית (M),  $20-60\mu\text{g/L}$ ), נמוכה (L),  $0-5\mu\text{g/L}$ ), לפי הקריטריונים של NOAA לאיכות מי נחלים (נספח 5).

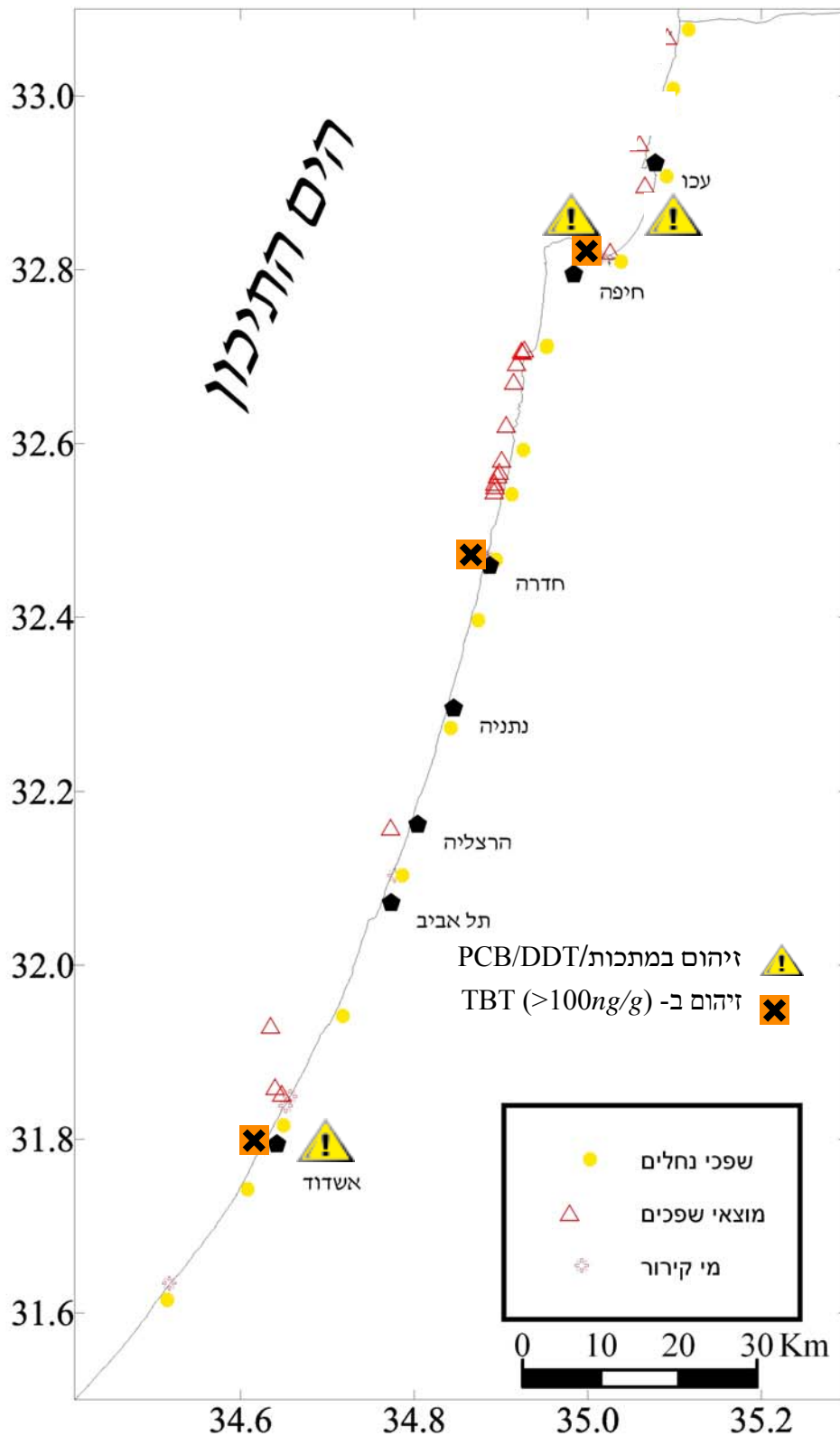


ב. מצב אזור המים הרדודים (~10 מ' עומק מים) עפ"י הרכב ועושר אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל, והחלוקה מציגה את היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות (polychaete) לבין כלל הפרטים. שילוב זה מהווה מדד להעשרה של חומר אורגני בקרקעית. ככל שזמינות החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרן הכולל, ובד"כ גם היחסי של התולעים הרב-זיפיות, שהינן מינים עמידים יחסית לזיהום. עפ"י מדד משולב זה נמצאה העשרה במפרץ חיפה, בשפך נחל הקישון והנעמן. ביחס לתחנות לאורך החוף מחוץ למפרץ נמצאה העשרה במידה מסוימת בסמוך לצינור מוצא ימי קולחי מטי"ש הרצליה ומול אשדוד אשקלון.





ג. מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT או PCB's. מצוינים אתרים שבהם ריכוזי אחת מקבוצות מזהמים אלה חורגים מהקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (ERM, נספח 7) ומבחינת הזיהום ב-TBT (חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג).



## המלצות

ההמלצות להלן מבוססות על נתונים שנאספו בשנת 2010 במסגרת דוח זה ועל המגמות בזמן ובמרחב שנצפו בשנים האחרונות, ומופנות למשרדי הממשלה הרלוונטיים (במיוחד משרדי הגנת הסביבה, החקלאות, הבריאות, התחבורה והביטחון). יישום ההמלצות יביא לצמצום זיהום מימי החופין, מניעת הסכנות הפוטנציאליות לבריאות הציבור ונזקים אקולוגיים כתוצאה מהזיהום. למרות שנצפתה מגמת שיפור וירידה ברמות הזיהום עד השנים 2000-2003 (בחלק מן המקומות), בשנים האחרונות נעצרה מגמה זו, ובמקרים מסוימים אף נצפתה עלייה ברמות הזיהום. חלק מן ההמלצות הבאות כבר צוינו בדוחות קודמים בהתאם לממצאים דומים.

### 1. יש לפעול ל:

- א. בחינת האפשרות להגבלה זמנית של דייג/שיווק דגים חופיים מצפון מפרץ חיפה, בגלל רמות חריגות של כספית (ביחס לקו המנחה של שירות המזון הארצי במשרד הבריאות).
- ב. צמצום סה"כ ההזרמות של חומרי דשן/ביוב לנחלי החוף.
- ג. סילוק/טיפול במשקעי קרקעית מזהמים שהצטברו בנמל חיפה ובמעגנות לפי הצורך.

### 2. יש לפעול לאיתור/צמצום מקורות זיהום:

- א. של כספית בצפון מפרץ חיפה, בגלל מגמת העלייה הרב-שנתית ברמות הכספית בבע"ח (במיוחד דגים) באזור.
- ב. של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות, במיוחד כספית וביפנילים מותמרי כלור (PCBs) נמל חיפה.
- ג. של נוטריאנטים בשפכי הנחלים, ובמיוחד לפעול לעצירת מגמת העלייה בזיהום חומרי דשן בנחל חדרה.
- ד. של TBT במי הנמלים והמעגנות.
- ה. יש לתת את הדעת למציאת פתרונות חדשניים נוספים לצמצום נוסף של הזיהום המזורם לים, בעדיפות טיפול בשפכים במקורותיהם.

### 3. יש להסדיר חקיקה ולפעול לאכיפה בתחומים הבאים:

- א. הסדרת התקינה לריכוז המירבי המותר של כספית, מתכות אחרות ומזהמים אורגניים בדגי מאכל ובע"ח ימיים אחרים. בהקשר למתכות, שירות המזון הארצי במשרד הבריאות פועל לפי קווים מנחים לגבי כספית (0.5 חל"מ חומר רטוב, כספית אורגנית), קדמיום, עופרת וארסן בדגי מאכל, על סמך המקובל בעולם. השירות הווטרינרי (פיקוח מוצרים מן החי) במשרד החקלאות פועל ע"פ תקנות (תקנות מחלות בעלי חיים (מניעת שאריות ביולוגיות), התש"ס-2000) בדגים עד הוצאתם משערי משק הגידול בלבד. יש צורך בשימוש במושגים

אחידים והגדרות משותפות. לא ברור מעמדו של התקן לריכוז המותר המירבי של כספית בדגי מאכל, אשר נקבע לפני שנים רבות ע"י שר הבריאות (1 חל"מ חומר רטוב).

ב. פרסום המלצות תזונתיות לכמות מקסימלית מומלצת של צריכת דגים לפי אוכלוסיות (מבוגרים, נשים בהריון, ילדים עפ"י גיל), כמקובל במדינות מפותחות, בעיקר בהקשר לכספית.

ג. דרוש המשך מעקב אחר יישום הפעולות הרגולטיביות (הודעה לימאים, תנאי ברישוי עסק של מרינות ומספנות, איסור בצו יבוא של המכס, ובתקנות חומרים מסוכנים) בנושא איסור השימוש בצבעים המכילים TBT, במיוחד במרינות ומעגנות.

ד. איסור כל פעילות דייג במקומות מזהמים במימי החופין ובמקומות שבהם קיים חשש להצטברות חומרים מזהמים וסיכון פוטנציאלי לבריאות הציבור. כל זאת על סמך מידע על הזרמת שפכים לים.

ה. הסדרת ניטור בקטריאלי שגרתי גם בחופי רחצה לא מוכרזים אך מותרים לרחצה עפ"י החוק, ובמיוחד בסמוך לשפכי נחלי החוף. כבשנים קודמות, גם הממצאים בדוח זה מעידים על הזרמת ביוב למימי החופין דרך נחלי החוף, ומעלים חשש שעם השפכים מוחדרים לים גם חיידקים ונגיפים ממקור צואתי, ובכללם גורמי מחלות.

#### 4. יש לפעול לשיפור מתכונת הניטור בהיבטים הבאים:

א. לאור ממצאים המראים כי בכ-15% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב, מומלץ לבצע סקר מדגמי בדגים מסחריים לאורך החוף הישראלי לבחינת הריכוז היחסי של ארסן אי אורגני (הרעיל) מתוך כלל הארסן, וזאת על מנת להבטיח כי ריכוזו של הארסן האי אורגני אינו חורג מהקו המנחה. כמו כן, מומלץ לבחון הקווים המנחים לריכוז ארסן, זאת בהתבסס על היחס בין ארסן אי אורגני (רעיל) לארסן כללי בדגי מאכל.

ב. גיבוש ואימוץ קריטריונים לאיכות סדימנטים ימיים, אשר ישמשו גם כמדדים מוסכמים לבחינת הממצאים של תכניות ניטור ימי מקומי (compliance monitoring).

ג. מומלץ לבדוק זיהום בקטריאלי בדגי מאכל בסמוך לשפכי נחלי החוף ומוצאים ימיים.

ד. יש להפעיל באופן שוטף במשרד להגנת הסביבה את המערכת שפותחה לניהול נתוני ההזרמות של שפכים אל הים. בדומה, יש לפתח ולהפעיל מערכת לארגון וניהול נתוני ההזרמות לנחלים. מערכות אלה ישפרו את היכולת להעריך את עומס הזיהום המוחדר למימי החופין ויאפשרו היזון חוזר בין המידע על מקורות הזיהום ותוצאות הניטור במימי החופין.

ה. יש לקדם את התיאום בין הגופים השונים העוסקים בפעילות ניטור לאורך החוף, בנחלי החוף ובמקורות הזרמת שפכים. לצורך כך מומלץ להקים ועדת היגוי לגיבוש תפישה כוללת למתכונת הניטורים הנדרשים.

1. כפי שנכתב בפרק המבוא: על מנת שתכנית הניטור תענה לנדרש בפרוטוקול הניהול החופי המשולב (ICZM) וב"גישת המערכת האקולוגית" Ecosystem Approach, שאומצו על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (מיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (MAP) באמצעות ארגון MEDPOL), מתחייב להרחיב את תכנית הניטור הלאומית כלהלן. הרחבה זו חיונית לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

הרחבת תכנית ניטור תכלול:

- ניטור זיהום הים והחופים (פרמטרים כימיים, סמנים ביולוגיים, בריאות הציבור);
- ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים);
- ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק);
- ניטור השלכות שינויי אקלים (מפלס ים, החמצה/טמפי/מליחות, מינים פולשים).

## חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

### מתכות בסדימנטים

נבדקו מתכות כבדות בסדימנטים (משקעי קרקעית) בשלושה אזורים: מפרץ חיפה, מדף היבשת לאורך החוף ומוצאי נחלי החוף (איור 2). הסדימנטים במפרץ חיפה נדגמו בחודש יולי ב-14 תחנות; סדימנטים ממדף היבשת (לאורך החוף מאשדוד ועד חיפה) נדגמו בחודש אוגוסט ב-20 תחנות בעומק מים של 5 – 10 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-29 תחנות.

**מפרץ חיפה** - תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים משקפת השפעתם בעבר של שני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון, שנסגר בנובמבר 2004, ושפך נחל הקישון בדרום. מוקד הזיהום הצפוני הוא הסדימנטים המזוהמים באזור שמול המפעל. עוצמתם של שני מוקדים אלה והשפעתם על המפרץ השתנו במידה ניכרת במהלך השנים מאז תחילת הניטור, לפני יותר משני עשורים. ההשפעה העיקרית על תפוצת הכספית בסדימנטים היא של המוקד הצפוני.

מאז אמצע שנות השמונים פחתו ריכוזי הכספית בסדימנטים של המפרץ, במיוחד בתחנות בחלקו הצפוני של המפרץ (בפקטור של פי 3 לערך) ובאזור שפך נחל הקישון, כפי שמוצג באיור 3. מגמה זו התמתנה בשנים האחרונות ומראה הבדלים קטנים בין 2010 ל-2009 (איור 3). תפוצת ריכוזי הכספית בתחנות בצפון המפרץ השתנתה. בעוד בעבר הריכוזים הגדולים ביותר נמדדו בתחנות מול "התעשיות האלקטרוכימיות", כיום הריכוזים הגדולים ביותר נמדדים בתחנות סמוך לעכו (תחנות 1 ו-2). למרות מגמת ההפחתה ביחס למצב בשנות ה-80, הסדימנטים בחלקו הצפוני של המפרץ, עד כ-5 ק"מ דרומית לעכו, מראים דרגת זיהום בינונית של כספית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) (ראה הסבר הקריטריונים בנספח 7). ההפחתה בריכוזי הכספית נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים), הקרובות לאתר בו הייתה בעבר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 4), אולם קצב ההפחתה בשנים האחרונות קטן ביותר. באזור שמול המפעל (תחנות 8-11) ההפחתה בריכוזי הכספית היא בפקטור של פי 3 לערך, באזור עכו בפקטור 2, ומידת ההפחתה קטנה בהדרגה ככל שמדרימים או מצפינים (איור 3). בעשור האחרון קטן גם ההבדל בריכוזי הכספית בין תחנה 8 לבין תחנה 9, ובהתאם נעלם הגרדיאנט של ריכוזי הכספית כתלות במרחק מהחוף. מגמת השינוי הרב-שנתי של מאגר הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ נראית גם מתפוצת הכספית בגלעיני סדימנט שנדגמו כל 4 שנים בתחנה 9 מאז 1985. כפי שדווח בדוח משנת 2008, כמות הכספית הצבורה בסדימנט עד לעומק של כ-30 ס"מ הייתה קטנה בכ-70% מהכמות ב-1985. משינויים אלה נמצא שקצב הסילוק באזור הרדוד בצפון המפרץ הוא איטי ביותר (מהמדידות ב-2008 נראה שכמעט ונעצר), ולכן סביר להניח שאזור זה יישאר מזוהם במשך שנים רבות. זאת למרות שבאוקטובר 2003 הופסק הייצור במפעל "התעשיות האלקטרוכימיות", ובנובמבר 2004 הופסקה לחלוטין הזרמת השפכים ממנו לאחר שנסגר. השינויים בכמות הכספית שהוזרמה מאז הקמת המפעל ועד לסגירתו מוצגים באיור 5.

כפי שהוסבר בעבר, הסיבה העיקרית להידלדלות מאגר הכספית בשני העשורים האחרונים היא הרחפת חלקיקי סדימנטים מועשרים בכספית, במיוחד בעת סערות, והסעתם אל הים הפתוח, ובמידה פחותה יותר - גם לכיוון החוף. אכן בדיגום גלעיני סדימנט, שנעשה מערבית למפרץ חיפה, נמצאה העשרה אנטרופוגנית של כספית בחלקו העליון של הגלעין, שמקורה בהסעה של חלקיקים עשירי כספית מהמפרץ (ברקת מ', עבודת מסטר בהכנה). ייתכן שבנוסף מתקיימת פליטה של כספית גזית מהמים לאוויר. כמו כן, חלק קטן מהכספית עובר לבע"ח (דגים, רכיכות), שבד"כ מראים העשרה ברמות הכספית ביחס לאותם מינים מחוץ למפרץ (ראה בפרקים להלן). ייתכן שה"עצירה" של הפחתת ריכוזי הכספית בצפון המפרץ נובעת גם מהפחתה משמעותית של אספקת חול נילוטי וירידה בקצבי הסדימנטציה בצפון המפרץ (או עצירה מוחלטת ואולי אף גריעה).

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלי חיפה וקישון ובמעגן עכו, בהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (איור 6), ומייצגים דרגת זיהום גבוהה או בינונית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA).

למעט כספית, קדמיום ועופרת, ריכוזי המתכות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2010 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו מעט גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה (איור 7). ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בתחנה 27, אשר נבדקה ברציפות במשך כשני עשורים, מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים, אך קטנים, מגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות, וקטנו בשנת 2010 (איור 7). השינויים ברמת המתכות בשלוש השנים האחרונות קשורים, ככל הנראה, לפעילות החפירה בבניית נמל הכרמל ולביצוע חפירת העמקה באתר התחנה. כללית, השינויים בריכוזי המתכות בתחנה זו במהלך 20 השנים האחרונות משקפים כמה גורמים: שינויים בהזרמת מתכות לנחל, שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ומוצאו הימי ופעולות חפירה באזור. כתוצאה מהשילוב של גורמים אלה, רמת הזיהום בכספית ובקדמיום ירדה מאז 1992 (באותה שנה אירע בקישון שיטפון גדול אשר הסיע לשפך הנחל כמויות גדולות של סדימנטים מזוהמים). מהשינויים שנצפו בשנים 2003-2010 נראה שהירידה בריכוזי הקדמיום בשפך הנחל יותר משמעותית מאשר הירידה בריכוזי הכספית (פקטור של כ-50 לעומת 6, בהתאמה), ונובעת, ככל הנראה, מההפחתה הדרסטית בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). מגמה זו באה לידי ביטוי גם בריכוזי הקדמיום בחומר מרחף ובריכוזי מאזור שפך נחל הקישון ודרום מפרץ חיפה. באזור שבין נמל חיפה לנמל הקישון (חוף שמן), אשר כולל את מיקום תחנה 27, נמצאה שונות רבה בריכוזי המתכות הן בשכבה העליונה של הסדימנט והן בתת-הקרקע. באזור זה התקיימה פעילות ההרחבה של נמל חיפה (הקמת "נמל הכרמל") ומתוכננת העמקת תעלת הכניסה והארכת שובר הגלים. פעילויות אלו ישפיעו על הרכב הקרקעית בתחנה 27. מערבית לתחנה זו, בתוך נמל חיפה, נמצאו ריכוזי מתכות המייצגים דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA.

ממצאים נוספים של ניטור, המתבצע באזור שפך הקישון ודרום המפרץ<sup>1</sup> ובמוצא צינור א.ל.א. בצפון המפרץ<sup>2</sup>, מפורטים בדוחות נפרדים המוגשים להתאחדות התעשיינים ולחברת א.ל.א. תשתיות בע"מ (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה. בדיגום קרקעית שבוצע בניטור מוצא צינור א.ל.א. בשנת 2009 נמצאה העשרה של נחושת ואבץ (במאי) בעיקר בתחנה 400 מטר צפונית למוצא.

מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה (איור 8), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. נתוני 2005 - 2007 מצביעים בד"כ על מגמת התייצבות ונתוני 2008 - 2010 על מגמת עלייה מסוימת. מגמה רב-שנתית זו משקפת כנראה את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), בישראל (אמצע שנות ה-90) ובמצרים (סוף שנות ה-90). יחד עם זאת, בשלוש השנים האחרונות נמצאה העשרה יחסית הדורשת המשך מעקב. מאחר שהעשרה זו נצפית בתחנות שונות במפרץ חיפה, נראה שהיא קשורה בשינוי השטף האטמוספירי או פיזור חלקיקים מרחפים עשירים יחסית בעופרת בכל האזור הרדוד של המפרץ.

שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה 23 (מול קריית ים) (איור 9) מראים מגמת ירידה משמעותית החל משנת 2000, שקשורה ככל הנראה להפחתה המשמעותית בהזרמת מתכות כבדות אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנת 2010 נמדד ריכוז גבוה וחריג שמקורו אינו ברור. גם בתחנות בצפון המפרץ נצפו שינויים דומים בריכוזי הנחושת בסדימנט. השינויים בעשור האחרון קשורים ככל הנראה בעיקר להפחתת עומס המתכות שהוזרם לנחל הקישון.

**מדף היבשת -** בדומה לשנים קודמות, גם ב-2010 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 10).

העשרה אנתרופוגנית משמעותית בכספית, נחושת ואבץ (דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA), נמצאה בסדימנטים בשטח של כמה קמ"ר, בסמוך למוצא צינור הבוצה של המפעל לטיפול בשפכי גוש דן הנמצא במרחק של כ-5 ק"מ מהחוף. בבעלי חיים שוכני קרקעית באזור (חסרי חוליות ודגים) לא נמצאה העשרה במתכות. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזור מוצא הבוצה כלולים בדוח נפרד, המוגש ל"מי אזור דן" אגודת מים שיתופית חקלאית בע"מ (הגורם שעבורו מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

כמו בשנים קודמות, באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, מול תחנת הכוח באשדוד, נמצאה העשרה בכרום (עד 165 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש), המלווה בהעשרה במנגן וברזל; לא נמצא זיהום במתכות אחרות. למרות שקיימת העשרה טבעית של כרום בסדימנטים בכל חלקו הדרומי של חוף הים התיכון של ישראל (אשקלון-פלמחים), רמות הכרום

<sup>1</sup> ניטור זה אינו מתבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".

<sup>2</sup> עד שנת 2009 ניטור זה לא התבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".

והמנגן באזור המוצא חורגות מהערכים הטבעיים ומצביעות על זיהום אנתרופוגני שמקורו לא ברור. כפי שהוצג בדוח קודם, הקשר בין כרום לברזל בסדימנטים לאורך החוף, בגלעיני סדימנט מאשקלון ופלמחים ובסדימנטים בשפכי הנחלים מצביע על כך, שהסדימנטים הרצנטיים בחלקו הדרומי של החוף וסדימנטים שהצטברו לפני עשרות שנים במדף היבשת הם בעלי ריכוזים טבעיים של כרום, הגדולים מערכי ERL. העשרה זו קשורה ככל הנראה למקור מינרלוגי טבעי (מינרלים כבדים) בעל תכולה גבוהה יחסית של כרום וברזל. ממצאים מפורטים של הניטור שמתקיים באזור המוצא כלולים בדוחות נפרדים, המוגשים לאגן יצרני כימיקלים בע"מ ולפז-בית זיקוק אשדוד בע"מ (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

באופן כללי ניתן לומר כי לא נמצאו שינויים משמעותיים בריכוזי שאר המתכות הכבדות בתחנות הרדודות לאורך החוף. הריכוזים היו קטנים מהקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. כאמור, החל משנת 1996 קיימת מגמה רב-שנתית של ירידה בריכוזי העופרת בכל התחנות לאורך החוף (איור 8). יחד עם זאת ב-2008 - 2010 נמצאה העשרה מסוימת. העשרה מקומית נמצאה מול שפכי הנחלים אלכסנדר ותנינים, שייתכן שקשורה לתחנת הכח אורות רבין בחדרה.

שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנות מול תנינים, שפך הירקון ושפך נחל שורק (H8, H17, H18) (איור 9) מראים מגמת ירידה משמעותית מול הירקון (החל משנת 2000) ושורק (החל משנת 2003), שקשורה, ככל הנראה, להפחתה המשמעותית בהזרמת הנחושת מתחנת הכח רידינג ובהזרמה מנחל שורק. מול שפך תנינים לא נצפית מגמה ברורה עם הזמן.

**מוצאי נחלי החוף** - הסדימנטים במרבית נחלי החוף, בסמוך למוצאיהם לים, מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשת, במיוחד לעומת סדימנטים חוליים באזור הרדוד. אם נתעלם מהשפעות גודל הגרגר על ריכוז המתכות, הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים והעדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשטפונות בתקופת החורף.

הטבלה ממיינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 7). לא כלולים בטבלה נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). מבין נחלי החוף, בנחלי נעמן ולכיש נמצאו ריכוזי ניקל ועופרת (לכיש בלבד) המייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. בחלקו המלוח של נחל הקישון (גשר יוליוס-כרמלית) והנחלים נעמן, חדרה, ולכיש נמצאו בד"כ הריכוזים הגבוהים ביותר, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים מייצגים דרגת זיהום בינונית לפי הקריטריונים של NOAA. בסדימנטים בנחלים קישון ונעמן נמצאה העשרה בכספית (בין 0.17 ל-0.3 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). מקור הכספית בנעמן הוא כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו.



קריטריון	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr
$\geq$ ERM					לכיש (417)	נעמן (60)  לכיש (55)	
$>$ ERL $<$ ERM	נעמן (0.17)  קישון (0.30)	קישון (3.4)  לכיש (5.1)	קישון (79)  נעמן (53)  חדרה (50)  לכיש (83)	נעמן (187)  קישון (288)  חדרה (151)  לכיש (353)		בצת (49)  קישון (48)  תנניים (51)  אלכסנדר (33)  חדרה (49)  שורק (30)  ירקון (30)	נעמן (109)  קישון (92)  לכיש (96)

### מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

במסגרת סקר שבוצע עבור חיל הים נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמעגנות חדרה, עתלית, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד, אשקלון וקצא"א. מים מעומק של עד 5 ס"מ מפני השטח וסדימנטים של פני שטח נדגמו בחודש אוגוסט 2010. מתכות כבדות נבדקו ע"י חקר ימים ואגמים לישראל בשיטות המפורטות בדוח זה וע"י המכון הגיאולוגי במערכת ICP-MS. מזהמים אורגניים נבדקו ע"י מעבדת CRG - Marine Laboratories Inc. בארה"ב (מעבדה מאושרת ע"י הרשות להסמכת מעבדות של מדינת קליפורניה, ארה"ב, California ELAP certificate #2261), מעבדת Columbia Analytical Services בארה"ב ומעבדת "אמינולב" בישראל.

### איכות מי הים בנמלים ובמעגנות

ריכוזי המתכות הכבדות במים (ריכוזים מומסים) היו בד"כ קטנים מסף הגילוי. ריכוזי כל המתכות הכבדות היו קטנים מערכי התקן המוצע ע"י ועדת "אמית-אלמוג", מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000) או של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA), ומהתקנים לאיכות מי ים (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה

באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת) המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה או ע"י ה-EPA, למעט ריכוז הנחושת במרינה הרצליה שנמצא זהה לערך הסף האקולוגי.

ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (0.1mg/L) ומהתקן המוצע ע"י ועדת "אמיתי-אלמוג" (1mg/L).

ריכוזי התרכובות הנדיפות שנמצאו במים היו קטנים מסף הגילוי האנליטי (> 0.05-100 ug/L). כללית, הריכוזים קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי.

ריכוזי המיקרו-מזהמים האורגניים הנדיפים-למחצה במים (PAHs) היו מתחת לסף הגילוי של בדיקות המעבדה בארץ (5-10 ug/L), אולם בחלק גדול מהתחנות מעל סף הגילוי של המעבדה בארה"ב (1 ng/L). כללית, הריכוזים שנמצאו קטנים מהריכוזים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA). יחד עם זאת, בנמל אשדוד ובקצא"א נמצאו בריכוזים קטנים קבוצת חומרים (ראה טבלה להלן), שרובם לא נמדדו באתרים אחרים וככל הנראה קשורים לזיהומי דלק/פחם:

CONSTITUENT	UNITS	נמל אשדוד	נמל אשדוד	מעגן קצא"א
1-Methylnaphthalene	ng/L	29.7	9.23	12.3
1-Methylphenanthrene	ng/L	18.5	5.99	2.87
2,3,5-Trimethylnaphthalene	ng/L	11.7	3.13	3.23
2,6-Dimethylnaphthalene	ng/L	14.1	4.27	8.34
2-Methylnaphthalene	ng/L	31.1	10.2	17.2
Acenaphthene	ng/L	5.11	2.23	2.85
Acenaphthylene	ng/L	26.2	8.37	3.77
Anthracene	ng/L	6.23	<2	<2

בנמל חיפה (76 ng/L), נמל אשדוד, נמל היובל, אילת חוף נחשון, מעגן עכו, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מרינה ת"א, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה נמצא זיהום של מי הים בתרכובת אורגנית של בדיל: Tributyltin (TBT) או/ו בתוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) (ראה הסבר בנספח 7). בכל האתרים רמות הזיהום היו גבוהות בהרבה מהתקן לאיכות מי הים התיכון המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה (2 ng/L). תקן זה דומה לתקנים המקובלים כיום בעולם, ובכלל זה התקן המעודכן של הסוכנות להגנת הסביבה של

ארה"ב (EPA) ( $10 \text{ ng/L}$ ). דירוג כל הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום במים מוצג באיור 11. בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT ( $>100 \text{ ng/L}$ ) בנמלים (חיפה ואשדוד), בשנת 2009 הערכים ברוב הנמלים והמעגנות נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי ( $<0.5 \text{ ng/L}$ ), אולם בשנת 2010 שוב נמצאו ערכים גבוהים יחסית של TBT. כלומר, לא נצפית מגמת ירידה ברורה כפי שהיינו מצפים כביטוי לפעולות שננקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. גם הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן. פעולות אלה עדיין לא באות לידי ביטוי סביבתי.

ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות. במספר אתרים, ובריכוז יחסית גבוה במעגן חדרה, נמצא החומר Ametryne ובעתלית ובמעגן חדרה נמצא גם החומר Simazin בריכוזים קטנים.

ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה ( $\sim 1 \text{ pg/L}$ ).

#### **איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות**

רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמזהמים אורגניים נבחנו עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 7). הטבלה להלן ממינת את מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים אלה. בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו נמצאו רמות זיהום בינוניות עד גבוהות במתכות כבדות, ב-TBT ובנמל חיפה בביפנילים מותמרי כלור (PCBs).

הטבלה להלן ממיינת את מצב תחנות הדיגום ביחס לקריטריונים:

	Hg	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	DDT	PCB's
>ERM	נמל חיפה, מעגן עכו										
>ERL <ERM	נמל חיפה			נמל חיפה, נמל אשדוד	נמל חיפה, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן עכו, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשקלון	נמל חיפה, מעגן עכו	נמל חיפה, מעגן עכו, מעגן חדרה, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, מרינה אשדוד, נמל אשדוד, נמל היובל	נמל חיפה, מעגן עכו, מעגן חדרה, נמל אשדוד		
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, מעגן חדרה, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	

רמות זיהום גבוהות של כספית בסדימנטים נמצאו בנמל חיפה ובמעגן עכו. רמות זיהום בינוניות של רוב המתכות הכבדות נמצאו בנמל חיפה ושל חלק מהמתכות במעגנות ונמלים נוספים.

כללית רוב החומרים הפוליציקלים הארומטיים (PAHs) נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate שנמצא כמעט בכל התחנות, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה: Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(a)pyrene anthracene. בכל מקרה, הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL).

זיהום משמעותי של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) (~ERL) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה (כניסה, 22.6 ng/g). ריכוזי PCBs גדולים יחסית נמצאו בנמל אשדוד, מעגן עכו ומרינה ת"א. ריכוזים מעל סף הגילוי נמצאו גם במעגנות אחרות, אולם הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL).

כללית, למעט DDE ו-Trifluralin, לא נמצאו שאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מעל גבול הגילוי האנליטי. בתחנות מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה ת"א, מעגן עכו ונמל צבאי באילת נמצא זיהום של DDE מעל ערכי ERL. הריכוז הגבוה ביותר נמצא במעגן אשכול, בו נמצא גם החומר Trifluralin.

ריכוזי הדיאוקסינים בסדימנטים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה, למעט במספר תחנות בנמל חיפה, בנמל אשדוד ובמעגן עכו בהן נמצאו סימנים (ערכים מעל גבול הגילוי האנליטי אולם מתחת לגבול הדיווח הכמותי).

ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (> 0.2-100 ננוגרם/גרם יבש או רטוב), למעט החומרים: Methane thiobis, Xylene's, Cyclotetrasiloxane, Ethanthiol, Trimethylbenzene-1,2,4, octamethyl שנמצאו במספר תחנות.

זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים (< 100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה, אשדוד ומעגן חדרה (איור 12). היחס הגבוה יחסית של Tributyltin/Dibutyltin בנמל אשדוד ומעגן חדרה מלמד על זיהום טרי יחסית (איור 12).

### **מגמות ההשתנות בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים**

איור 13 מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000 – 2010) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) ומזהמים אורגניים (TBT, PCBs) בסדימנטים (משקעי קרקעית) בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ומעגנות. השינויים בריכוזי המזהמים בתחנות מוכתבים על-ידי: שינויים בכמויות המזהמים המוחדרות אל היס ממקורות יבשתיים; שינויים בקצבי הסדימנטציה

המקומיים; פעולות חפירה והעמקה ובהרחפה והסעה של הסדימנטים בהשפעת הגלים ופעילות ימית.

סיכום הממצאים העיקריים של המגמות בזמן מוצג להלן:

מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2010	סמן סביבתי
<p><b>נמל חיפה:</b> רמת זיהום גבוהה של כספית ובינונית במתכות אחרות. שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה.</p> <p><b>נמל אשדוד:</b> רמות זיהום בינוניות. אין שינוי בנמל הצבאי. בנמל האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום.</p> <p><b>מעגנות לאורך חוף הים התיכון:</b> זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במעגן מכמורת, מרינה ת"א, מרינה אשדוד ומעגן חדרה (כולל כספית מאז 2001).</p>	<p><b>מתכות כבדות בקרקעית</b></p>
<p><b>נמל חיפה:</b> רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001 - 2004 וללא מגמה ברורה בהמשך.<sup>3</sup></p> <p><b>נמל אשדוד:</b> רמות זיהום קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2004, ללא מגמה ברורה בהמשך.</p> <p><b>מעגנות לאורך חוף הים התיכון:</b> מגמת עלייה במעגן חדרה מאז 2005 ומרינה הרצליה מאז 2006.</p>	<p><b>ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) בקרקעית</b></p>
<p><b>נמל חיפה:</b> רמות זיהום גבוהות, ייתכן מגמת הפחתה.</p> <p><b>נמל אשדוד:</b> רמת זיהום בינונית עד גבוהה,</p>	<p><b>TBT ונגזרותיו בקרקעית</b></p>

<sup>3</sup> ייתכן שחלק מהשינוי קשור לשינוי המעבדה האנליטית.

סמן סביבתי	מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2010
	אין מגמה ברורה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: ייתכן מגמת הפחתה, למעט במעגן חדרה.
חומרים פוליציקליים ארומטיים (PAHs) בקרקעית	רוב החומרים נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate, שנמצא כמעט בכל התחנות, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה.

\* עפ"י קריטריונים לאיכות סדימנטים המתייחסים לרמות זיהום העלולות לגרום להשפעות מזיקות על בעלי חיים ימיים.

## מתכות במים

ריכוזי החומר המרחף במים והריכוזים של מתכות כבדות בחומר המרחף (ריכוזים חלקיקיים) נבדקו ב-12 אתרים לאורך החוף בין אשקלון לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-9 אתרים במפרץ חיפה (יולי) וב-22 ו-18 תחנות בשפכי נחלי החוף (מרץ וספטמבר/אוקטובר, בהתאמה).

תפוצת ריכוזי החומר המרחף לאורך החוף מוכתבת בעיקרה ע"י שפכי הנחלים וכמה מוצאים ימיים. בים הרדוד, מחוץ למפרץ חיפה, תפוצת החומר המרחף (1.1 – 9.3 מ"ג בליטר באוגוסט 2010) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים, מוצאים ימיים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים (בממוצע בפקטור פי 5) מהריכוזים לאורך החוף (איור 14). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ 2010 (13 - 108 מ"ג בליטר) דומה לתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר 2010 (3 - 161 מ"ג בליטר). יחד עם זאת, ברוב הנחלים הריכוזים במרץ גדולים מאלה של ספטמבר. במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר<sup>4</sup> נמצא, שעיקר כמות הרחופת השנתית מוסעת ע"י הנחלים אל הים במספר מצומצם של אירועים שטפוניים, ושקיימת שונות גדולה בין השנים, בעיקר כתוצאה משינויים במשטר ההידרולוגי.

ריכוזי אלומיניום וברזל בנחלים היו בד"כ גדולים יותר מאשר בים, אולם יחסי ברזל/אלומיניום היו דומים (איור 14). כללית, ריכוזי שאר המתכות הכבדות (למעט מנגן) בחומר המרחף בנחלים היו דומים לריכוזים בים. בחומר המרחף בשפכי הנחלים נמדדו בד"כ ריכוזים דומים של מתכות

<sup>4</sup> הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל – נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

כבדות בדיגומי מרץ וספטמבר, למעט עבור אלומיניום וברזל. בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של כספית, קדמיום, נחושת, עופרת, אבץ וכרום המצביעים על זיהום. יחד עם זאת, השגיאה בשיטת הקביעה גדולה (עשרות אחוזים), בגלל שהבדיקות נעשות על כמות קטנה של חומר מרחף (מ"ג בודדים).

כדי לאפיין את מקור המתכת החלקיקית במים (טבעי או אנתרופוגני) ו/או את מנגנון ההסעה של המתכות, נעשה שימוש גם בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis). מניתוח זה מתקבל, שעיקר השונות של הריכוזים החלקיקיים של המתכות במים מוכתבת ע"י כמה מרכיבים עיקריים (PC's). מרכיב עיקרי מבדיל באופן ברור בין מתכות ממקורות אנתרופוגניים לעומת אלה שמקורן טבעי. ברוב הנחלים המקור העיקרי של אלומיניום, ברזל וכרום הוא טבעי. נראה שהמתכות האחרות הן בעיקר ממקור אנתרופוגני. בחומר מרחף במי הים נראה שהמתכות כספית, קדמיום ועופרת בעלות אסוציאציה משותפת (איור 15).

### מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 181 פרטים של צדפות, 634 פרטים של חלזונות ו-54 פרטים של סרטנים כלהלן: 65 פרטים של הצדפה *Maetra corallina* ממפרץ חיפה; 67 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה וממעגן מיכאל; 44 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה; 4 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 10 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 345 פרטים של החילזון *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה ובחוף אכזיב, חוף שמן, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 123 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו באכזיב, בקריית ים, בחוף שמן, בבעתלית, בחדרה, בפלמחים ובמרינה אשדוד; 140 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 7 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-54 פרטים של סרטן נזיר (*Diogenes pugilator*) ממפרץ חיפה. 2 פרטים של החילזון *Murex trunculus*, פרט אחד של החילזון *Murex tribulus* ופרט אחד של הצדפה *Flavia fragilis*.

במהלך שלושת העשורים האחרונים מתקיים מעקב אחר ריכוזי הכספית בצדפות מהמין *Donax sp.* שנדגמו במפרץ חיפה. במהלך העשור האחרון התייצבו הריכוזים ברמה נמוכה, לאחר ירידה חדה בשני העשורים הקודמים (איור 16). בשנת 2007 נמצאה עלייה קטנה אך משמעותית בריכוזי הכספית, בהשוואה לממצאים של שלוש השנים האחרונות (2004-2006). בשנת 2008 נמצא ריכוז דומה לריכוז שנמצא ב-2007 ( $0.034 \pm 0.006$ ). בשנת 2009 חלה ירידה מסוימת ונמצא ריכוז כספית של  $0.026 \pm 0.003$  חלקים למיליון חומר רטוב בתחנה ממול פרוטרום. בשנת 2010 לא חל שינוי בריכוזי הכספית בפרטים שנדגמו בתחנה מול חוף התמרים (HOT), והוא התייצב על ריכוז



דומה לזה שנמצא שנה קודם -  $0.025 \pm 0.004 \text{ppm}$ . הסיבה לשינויים לא ברורה, משום שמפעל תעשיות אלקטרוכימיות הפסיק להזרים שפכים לים בנובמבר 2004. יחד עם זאת האזור חשוף להזרמות שפכים דרך נחל הנעמן וצינור מוצא ימי (א.ל.א.) במרחק של כ-1 ק"מ מהחוף. ייתכן שמתקיים תהליך של בליה, החושף חלקיקי קרקעית עשירים יחסית בכספית.

אזור צפון מפרץ חיפה בקרבת שפך נחל הנעמן מיוצג ע"י פרטים של *Donax trunculus*, שנדגמו בשנים 2007 ו-2008 הן באזור הדיגום שמול התעשיות האלקטרוכימיות (לשעבר) והן מאזור דיגום שמול חוף התמרים (אתר חדש יחסית בדרום עכו). שתי התחנות מראות בשנים האחרונות ריכוזים דומים של מתכות כבדות. הואיל והאזור מול תעשיות אלקטרוכימיות נחסם למעבר, הצדפות נדגמו בתחנה מול חוף התמרים. החל מ-2006 נמצאו צדפות מהמין *Donax trunculus* גם באזור שמול קריית חיים בדרום המפרץ, לאחר מספר שנים שבהן לא נמצאו בתחנה זו. אולם בשנת 2010 שוב לא נמצאו צדפות בתחנה זו. בשנת 2009 לא נמצאו צדפות ממין *Donax trunculus* באזור מעגן מיכאל, אולם שנה לאחר מכן (2010), שוב נדגמו מספר פרטים בתחנה זו. ריכוז הכספית בצדפות אלו היה קטן משמעותית יחסית לפרטים שנדגמו במפרץ ( $0.004 \pm 0.002$  ppm). בתוך מפרץ חיפה, בפרטים שנדגמו באזור קריית ים, היתה רמת כספית נמוכה משמעותית מאשר בצדפות מאזור פרוטרום (טבלה 1, איור 17).

בשנת 2010 נמצאו ריכוזים גבוהים משמעותית של נחושת וארסן בפרטים שנדגמו בקריית ים יחסית לאלה שנדגמו בחוף התמרים ובמעגן מיכאל, בעוד שבריכוז האבץ לא נמצא הבדל בין התחנות (איור 17). בצדפות מאזור פרוטרום לא נמצא שינוי משמעותי בריכוזי המתכות כספית, נחושת, אבץ וארסן בין השנים 2009 לשנת 2010. ריכוזי הארסן בצדפות מאזור זה היו ללא שינוי משנת 2007 ועד 2010. בצדפות מחוף קרית ים נמצא הבדל משמעותי (עלייה) בריכוזי הנחושת והארסן בשנת 2010 בהשוואה לשנת 2009. ייתכן שהשינויים ברמות הנחושת בפרטים מדרום המפרץ נובעים מפעולות חפירה תחזוקתית בנמלים ואלה שהתבצעו במסגרת הקמת נמל הכרמל. ההעשרה היחסית של נחושת בפרטים מקריית חיים נובעת ככל הנראה מהקרבה לשפך נחל הקישון.

בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (איור 18). השינויים הרב-שנתיים (1980-2010) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) GLM בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות: 1980-1994 ו-2003-2010 על פרטים מתחנות במפרץ חיפה על פי החלוקה להלן: מקבץ תחנות מול פרוטרום (8,9,10,11,12), שתי תחנות ליד עכו (1,2) ותחנה מול הקריות (18, ללא 2009 מאחר שלא נמצאו פרטים) (איור 18). הנתונים עד 1994 מראים כאמור מגמת ירידה מובהקת. בשנת 1992 נראים ערכים גבוהים יחסית, שייתכן שנבעו מאספקה מוגברת של כספית בחורף הגשום של 1991/2 (ספיקות גדולות יחסית של הנחלים ונגר עילי). באותה שנה נמדדו ערכים גבוהים במיוחד של כספית בסדימנטים בתחנה בשפך הקישון (תחנה 27, איור 7).

בשנים 2003 - 2010 ריכוזי הכספית הראו מגמת עלייה בתחנות 1 ו-2 בצפון המפרץ ליד עכו ובתחנה 18 מול הקריות, ואילו בתחנות 8-12 בצפון המפרץ הערכים היו יציבים, ללא שינויים משמעותיים.

כמות הצדפות ממין זה נמצאת בירידה החל משנת 2001. בעוד שעד 2001 נדגמו כמה מאות פרטים, הרי בשנים 2002 - 2005 נדגמו כמאה פרטים, והחל מ-2006 עשרות פרטים בלבד בכל תחנות המפרץ. בשנת 2008 נדגמו 3 פרטים בתחנות 18 ו-22 לעומת כ-30 חיות בתחנות הצפוניות (12-1), ובשנת 2009 נדגמו 4 פרטים בתחנות הצפוניות בלבד. בשנת 2010 נדגמו 65 פרטים של הצדפה. מתחנה 1 נדגמו 3 פרטים בלבד - ריכוזי הכספית בצדפות אלה  $0.03\text{ppm}$  (אנליזה אחת). סה"כ מתחנות 8,9,10,12 נדגמו 55 פרטים כאשר ריכוזי הכספית הממוצע הוא  $0.031\pm 0.050\text{ppm}$ . בהשוואה סטטיסטית לשנת 2009 לא נמצא הבדל. ריכוזי הכספית הממוצע בתשע צדפות מתחנות 18 ו-23, שהן דרומיות יותר, היה  $0.008\pm 0.000\text{ppm}$ . בבדיקה סטטיסטית נמצא כי ההבדל בין התחנות הצפוניות לדרומיות משמעותי. בשאר המתכות לא נמצא הבדל.

בשנת 2010 נדגמו 44 פרטים מהצדפה *Rudicardium tuberculatum*. פרטים אלו נדגמו בתחנות 2, 9, 10, 11 ו-23. ריכוזי הכספית בתחנות 2, 9 ו-10 אינו שונה משמעותית מזה שנמצא בשנים 2006-2009 ( $0.022\pm 0.00\ \mu\text{g/g wet wt.}$ ). ריכוזי הכספית והנחושת קטן משמעותית בצדפות ממין זה שנדגמו בתחנות בצפון המפרץ ביחס לצדפות שנדגמו בתחנה 23. מהצדפה *Camelea galina* נמצאו 4 פרטים בלבד בתחנה מול קריית חיים (23).

החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (טבלה 1, איור 19). בכל התחנות הצפוניות יש ריכוז גבוה יותר של כספית ביחס לתחנות דרומיות למפרץ. ריכוזי הכספית בחלזונות מנמל עכו ומתחנת "ביוב" עכו (צפונית לעכו) היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים שנמצאו בחלזונות שנדגמו בתחנות אחרות (אכזיב, קריית ים וחוף שמן), וכמובן גבוהים משמעותית מריכוזים שנמדדו בחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (איור 19). ריכוזי הכספית בפטלות מנמל עכו ב-2010 היו  $27.7\pm 7.5\text{ppb}$  ואינם שונים משמעותית מאלה של השנים הקודמות (2008-2009) (איור 20). ריכוזי הכספית שנמצאו בפטלות מחוף שמן ב-2010 זהים לריכוזים שנמצאו ב-2009. בפטלות מחוף שקמונה לא נמצאה מגמה ברורה בשנים האחרונות (איור 20).

בפרטים שנדגמו בנמל עכו נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים משמעותית בהשוואה לריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות צפוניות אחרות ובפרטים מאתרים אחרים לאורך החוף (איור 19). בפרטים מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים נצפית מגמת ירידה בריכוזי הקדמיום החל משנת 2000 (איור 21), ככל הנראה, כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000; רשות נחל הקישון, 2004).

בשנת 2010 נמצא בפטלות מנמל עכו ירידה בריכוזי הנחושת והקדמיום ועלייה בריכוזי העופרת בהשוואה לשנת 2009. בפטלות מקריית ים נמצאה ירידה בריכוזי הנחושת, האבץ והארסן,

ובפטלות מחוף שמן נמצאה ירידה בריכוז הכספית, כל זאת בהשוואה לשנת 2009. בריכוזי מתכות אחרות לא נמצאו שינויים משמעותיים.

בפטלות שנדגמו בתחנות מחוף למפרץ, בעתלית ובחוף פלמחים, חלה ירידה בריכוזי הכספית בהשוואה לשנת 2009. בשאר התחנות לאורך החוף לא חל שינוי. עלייה בריכוזי הקדמיום נמצאה בפטלות מ"ביוב" עכו, ממעגן מיכאל ומחדרה. ירידה בריכוזי הקדמיום נמצאה בפטלות מחוף אכזיב, ובריכוזי הנחושת בפטלות מ"ביוב" עכו, תל שקמונה, עתלית, חדרה, פלמחים. ירידה בריכוזי הארסן נמצאה בפטלות מעתלית, מעגן מיכאל, חדרה, פלמחים ותל שקמונה. ירידה משמעותית בריכוזי העופרת נמצאה בפטלות מחוף שקמונה. נמצאה עלייה בריכוזי האבץ בתחנות מעגן מיכאל ומכמורת.

החל משנת 2003 נדגמו חלזונות רבים מהסוג *Cellana rota*, חילזון ממשפחת הצלחיתיים שאליה משתייך גם *Patella*, אשר היגר לים התיכון מים סוף. נערכה השוואה בין ריכוזי המתכות בשני החלזונות, בתחנות בהן נמצאו שני פרטים ויותר משני המינים (אכזיב, חוף שמן, קריית ים, עתלית, חדרה, פלמחים ואשדוד). על אף שבחלזונות ממין *Cellana rota* מחוף שמן נמצאו ריכוזים גבוהים משמעותית של אבץ בהשוואה לריכוזי אבץ בפטלות, ריכוזי הכספית, הקדמיום והנחושת נמוכים יותר בחילזון זה יחסית לפטלה. ריכוזי הארסן בחלזונות ממין *Cellana rota* בד"כ גבוהים יותר מאלה שבפטלות (5 תחנות מ-7 תחנות שנבדקו), ב-3 תחנות ריכוזי הנחושת וב-2 תחנות ריכוזי הקדמיום היו גבוהים יותר ב-*cellana* מאשר בפטלה. בשאר התחנות ושאר המתכות לא נמצאו הבדלים משמעותיים.

כללית, ב-2010 נמצאה ירידה מסוימת בריכוזי חלק מהמתכות בפרטים של חיות ממין *Cellana* ביחס לערכי 2009. רק בפלמחים נמצאה עלייה בריכוזי הקדמיום יחסית ל-2009.

בדומה לשנים קודמות נבדקו בחלק מהחלזונות ארסן ועופרת. בפטלות מחוף שמן ומנמל עכו נמצא הריכוז הגבוה ביותר של עופרת וארסן. בפטלות מחוף שמן ומנמל עכו חלה עלייה בריכוזי העופרת יחסית לשנת 2009, בתל שקמונה חלה ירידה בריכוזי העופרת, בשאר התחנות לא חל שינוי. בפטלות מקריית ים, תל שקמונה, עתלית, חדרה, מעגן מיכאל ופלמחים נמצאה ירידה בריכוזי הארסן יחסית לשנה קודמת.

להלן ריכוזי הארסן והעופרת ( $\mu\text{g/g wet wt.}$ ) במספר תחנות לאורך החוף:

תחנה	ארסן	עופרת
Ak-p נמל עכו	$2.8 \pm 1$	$0.32 \pm 0.14$
HS חוף שמן	$2.11 \pm 0.49$	$0.931 \pm 0.361$
QY קריית ים	$1.79 \pm 0.30$	$0.160 \pm 0.042$
TS תל שקמונה	$1.20 \pm 0.296$	$0.167 \pm 0.083$
AT עתלית	$1.85 \pm 0.45$	$0.26 \pm 0.05$
MM מעגן מיכאל	$1.75 \pm 0.28$	$0.17 \pm 0.06$

תחנה	ארסן	עופרת
HAD חדרה	1.85±0.56	0.106±0.042
PAL פלמחים	1.49±0.33	0.22±0.05
ASH אשדוד	1.55±0.32	0.16±0.03

בשנת 2010 נבדקו 10 פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה. מין זה נפוץ במפרץ ונמצא השנה בתחנות 2 (5 פרטים), 10 (פרט אחד) ו-11 (3 פרטים) בצפון המפרץ בקרבת המפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר) ובתחנה 22 מול קריית חיים (פרט אחד). בחילזון האחד שנדגם מתחנה 10 נמצא ריכוז גבוה במיוחד של כספית וקדמיום (2.88 ו-2.76 חל"מ בהתאמה), אולם לא ניתן להסיק מסקנה סטטיסטית על סמך מידע זה. החלזונות צמחוניים וצוברים מתכות כבדות ברמה גבוהה בהרבה מהצדפות שנמצאות באותו אזור. לא ניתן לעשות השוואה בין שני האזורים בגלל מיעוט פרטים מתחנה 22.

בחילזון *Arcularia gibosulla*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של פגרים, נמצאו הבדלים בריכוזי הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בין תחנות מצפון מפרץ חיפה, הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים לשעבר, לתחנות הקרובות יותר לשפך הקישון (בדרום המפרץ). ריכוזי הכספית היה גבוה יותר בחלזונות שנאספו בתחנות מצפון המפרץ (0.466±0.254 חלקים למיליון ברקמת חילזון רטובה) לעומת פרטים שנאספו בתחנה 22 הדרומית יותר (0.138±0.04). לעומת זאת, ריכוזי הנחושת והאבץ גבוהים משמעותית בתחנה הדרומית. בריכוזי הקדמיום אין הבדל. ריכוזי הכספית והאבץ בחלזונות מהאזור של צפון המפרץ לא הראו שינוי משמעותי יחסית ל-2008, בעוד שקיימת עלייה בריכוזי הנחושת והקדמיום. אין הבדלים בריכוזי המתכות בפרטים שנדגמו מדרום המפרץ.

השינויים בריכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחילזון *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 - 2010 מוצגים באיור 22. נראה כי ריכוזי הכספית, הקדמיום והנחושת מתייצב בפרטים בתחנות הצפוניות הסמוכות לעכו בצפון המפרץ, לעומת זאת ריכוזי האבץ עלה משמעותית יחסית ל-2009 בתחנות אלו. לא נמצאה מגמת שינוי מובהקת בנחושת וקדמיום בפרטים מתחנות אחרות במפרץ. בשנתים האחרונות (2008-10) מסתמנת עלייה ברמות האבץ בתחנות שונות במפרץ אולם ההבדלים השנתיים משנה לשנה אינם משמעותיים.

ב-54 פרטים של סרטן הנזיר (*Diogenes pugilator*), שנמצא בתוך קונכיות של *Arcularia gibosulla* מתחנות בצפון המפרץ ומול הקריות, לא נמצא הבדל משמעותי בריכוזי הנחושת, האבץ והכספית בהשוואה לשנת 2009 (ריכוזי הקדמיום היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה).

## מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 201 פרטים של 9 מיני דגים חופיים נפוצים ו-87 פרטים של דגי מכמורת מ-4 מינים. הדגים החופיים כללו 94 פרטים של *Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה, גסר-א-זרקא, מכמורת, חבצלת השרון, אשדוד ושורק; 34 פרטים של *Diplodus sargus* מעכו, אשדוד וגסר-א-זרקא; 29 פרטים של *Siganus rivulatus* מעכו, מפרץ חיפה ומגסר-א-זרקא; 23 פרטים של *Sargocentron rubrum* מעכו ומגסר-א-זרקא ו-4 פרטים של *Pargus coeruleostictus*. כמו כן נבדקו 2 פרטים של המין *Diplodus cervinus* מאזור פלמחים, 7 פרטים של המין *Siganus luridus* מעכו ו-7 פרטים של המין *Mullus surmuletus* מעכו ופרט אחד של *Sparus aurata* מפלמחים. דגי המכמורת כללו 39 פרטים של *Pagellus erythrinus* שנידוגו באזורי התיכון והצפון, 19 פרטים של *Mullus barbatus* באזורי התיכון והצפון ו-19 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנידוגו באזורי הצפון, התיכון והדרום. כמו כן נבדקו 10 פרטים של המין *Namipterus randalli*, שהוא מין פולש. כמו כן נבדקו מתכות ב-25 דגימות כבד של דגים מסוג *Lithognathus mormyrus*, *Diplodus sargus* ו-*Mullus surmuletus*.

ריכוזי הכספית בכל הדגים שנבדקו היו קטנים מהתקן הישראלי לריכוז המירבי המותר בדגי מאכל (1 חל"מ (ppm) משקל רטוב). תקן זה נקבע לפני שנים רבות, ובהרבה מדינות קיימים כיום תקנים יותר מחמירים (0.3-0.5 חל"מ משקל רטוב), כאשר התקן הנפוץ הוא 0.5 חל"מ (משקל רטוב). בהתאם לכך בשנת 2007, שירות המזון הארצי במשרד הבריאות אימץ ערך של 0.5 חל"מ (משקל רטוב, כספית מטילית, עדכון ינואר 2009) כקו מנחה לריכוז מירבי מותר בדגים (למעט מספר מינים ודגים טורפים). כמו כן, ריכוז מירבי דומה בדגים עד הוצאתם משערי משק הגידול בלבד אומץ ע"י השירות הווטרנרי (פיקוח מוצרים מן החי) במשרד החקלאות הפועל ע"פ תקנות (תקנות מחלות בעלי חיים (מניעת שאריות ביולוגיות), התש"ס-2000). בכמה מדינות, כגון ארה"ב, מתקיים עתה תהליך של בחינה מחדש של התקנים לריכוז כספית בדגים, והמגמה הכללית היא בכיוון המלצה להגבלת הכמות הנצרכת בהתאם למאפייני אוכלוסיות שונות (נשים בהריון, ילדים וכד'). מבין הדגים שנבדקו בשנת 2010, ריכוז הכספית היה מעל 0.5 חל"מ ב-6 דגים מהסוג *Sargocentron rubrum*, ב-2 דגים מסוג *Diplodus sargus* ובפרט אחד של *Mullus surmuletus*, כולם מאזור עכו, ובחמישה פרטים של הדג *Pagellus erythrinus* שנידוגו במכמורת באזור המרכז. החריגות מייצגות 4.9% מכלל הדגים שנבדקו. בדגים החופיים שנבדקו ממפרץ חיפה החריגה מהווה 13%. בדגי המכמורת החריגה היא 5.7% מכלל דגי המכמורת שנבדקו. בנוסף, ב-13 דגים חופיים ודגי מכמורת נמצאו ריכוזים בין 0.3 ל-0.5 חל"מ. בין הדגים החופיים 4 פרטים של *Sargocentron rubrum*, 2 דגים מסוג *Diplodus sargus* ופרט אחד מסוג *Mullus surmuletus*, כולם נדוגו באזור עכו. חריגות אלה מייצגות כ-23% מהדגים החופיים שנבדקו במפרץ חיפה.

מבין דגי המכמורת נמצאה חריגה מעל 0.3 (חל"מ משקל רטוב) בארבעה פרטים של *Pagellus erythrinus* ובשני פרטים של *Mullus barbatus*, מאזור המרכז ומפרץ חיפה. חריגות אלה מייצגות כ- 12.6% מכלל דגי המכמורת שנבדקו.

כמו בשנים קודמות, בכל הדגים שנבדקו לא נמצאה העשרה במתכות האחרות (Zn, As, Cu, Cd) **טבלה 2**, בהשוואה לריכוזי המתכות הידועים מאזורים אחרים בים התיכון.

לאור האמור לעיל וכפי שכבר הומלץ בדוחות קודמים, יש להאיץ ולהשלים את התהליך של בחינה וקביעה של תקן ישראלי עדכני לריכוז המותר של כספית (ומתכות נוספות) בדגי מאכל (העניין נדון לפני כמה שנים בין משרד הבריאות למשרד החקלאות אולם לא סוכם). יחד עם זאת בשנת 2007 אימץ שירות המזון הארצי במשרד הבריאות קווים מנחים לריכוז מירבי מותר בדגים (למעט מספר מינים ודגים טורפים) של כספית מטילית, עופרת, קדמיום וארסן אי אורגני (0.05, 0.3, 0.5, 1 חל"מ, בהתאמה).

בכל הדגים נמצאו ריכוזי הקדמיום קטנים מסף הגילוי הכמותי של השיטה (0.035 חל"מ משקל רטוב), ובהתאם קטנים מערך הקו המנחה לריכוז מירבי.

בסקר ספרות שנעשה ע"י הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) פורסם, כי ארסן אי אורגני יכול להוות עד כ-10% (בד"כ הרבה פחות) מהריכוז הכולל של ארסן בדגים (השאר ארסן אורגני לא מזיק). לפיכך אפשר להניח, כי רק בדגים בהם הריכוז הכולל של הארסן היה מעל 10 חל"מ חומר רטוב, ייתכן כי ריכוז הארסן האי אורגני חורג מהקו המנחה. ריכוז הארסן נבדק ב-2010 במדגם של 170 דגים. תחום ריכוזי הארסן שנמצא היה 0.7-45.7 חל"מ חומר רטוב. ב-167 דגים ריכוז הארסן היה מעל 1 חל"מ חומר רטוב. ריכוז נמוך מ-1 חל"מ חומר רטוב נמצא בפרט אחד של הדג *Lithognathus mormyrus* ושני פרטים של *Siganus rivulatus* מאזור פלמחים. בשנת 2010 נבדק ריכוז הארסן בשריר של הדגים החופיים *Diplodus sargus*, *Lithognathus mormyrus*, *Siganus rivulatus* וכן בדג *Mullus barbatus* המייצג את דגי המכמורת. ב-51% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב, אשר ייתכן ומעיד על ריכוז ארסן אי אורגני גדול מהקו המנחה. כדי לבחון את הריכוז היחסי של ארסן אי אורגני מתוך כלל הארסן בדגים מסחריים לאורך החוף הישראלי, יש לבצע סקר ייעודי מתאים.

היות שבחלק ממיני הדגים קיים מתאם חיובי בין גודל הדג (אורך) או משקלו לריכוז הכספית ברקמת השריר (ביטוי לצבירת כספית עם הגיל), הערכה של רמת ההעשרה בכספית נעשית ע"י נרמול ריכוזי הכספית במשקל (יחס כספית/משקל). מאז סוף שנות ה-70 נמצא שדגי *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* במפרץ חיפה מועשרים בכספית ביחס לפרטים של אותם מינים שנאספו באזורים אחרים (**איורים 23-25**, **טבלה 3**). במהלך שני העשורים האחרונים חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית בדגים מהמפרץ. בשנים האחרונות רמות הכספית בדגים מהמפרץ נמצאו בערכים נמוכים יחסית למצב בראשית שנות ה-80 אבל מראים מגמת עלייה במהלך 8 השנים האחרונות, החל משנת 2002 (**איורים 23-25**).

בשנת 2010 לא נמצא הבדל משמעותי ביחסי כספית/משקל גוף בין פרטים של דגי *Sargocentron rubrum* שנידונו במפרץ חיפה (רמות גדולות יותר), בהשוואה לדגים מאזורים אחרים מחוץ למפרץ חיפה. גם בדג *Lithognathus mormyrus* נמצאו הבדלים ברמת הכספית (מנורמל למשקל דג) בין פרטים ממפרץ חיפה לעומת כאלה מאזורים אחרים (טבלה 3). לא נמצאו הבדלים משמעותיים ברמת הכספית בדג *Diplodus sragus* ממפרץ חיפה לעומת אזורים אחרים (טבלה 3).

בדג המכמורת *Mullus barbatus* לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית, הנחושת, האבץ והארסן בדגים שנידונו באזורים שונים לאורך החוף.

בדג *Upeneus moluccensis* לא נמצאו הבדלים בריכוזי אבץ, נחושת וכספית (לאחר נרמול למשקל הדג) בפרטים מדרום הארץ ומהמרכז. מאחר שמהצפון נבדקו רק 2 פרטים, לא נעשתה השוואה סטטיסטית.

בדגי *Pagellus erythrinus* מצפון הארץ לא נמצאו הבדלים ברמות הנחושת והאבץ בהשוואה לדגים מהמרכז. דג זה התקבל משני דיגומים מאזור המרכז. דגים שנידונו בעומק רב יותר היו שונים משמעותית בריכוזי הכספית (מנורמל למשקל גוף) מאשר דגים מצפון הארץ ומדגים שנידונו במרכז קרוב יותר לחוף.

החל משנת 2003 נבדק ריכוז הארסן בדגים, ובשנת 2010 נבדקו דגים חופיים מהמין *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* ודג המכמורת *Mullus barbatus*. ריכוז הארסן ב-*Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה ( $5.92 \pm 2.47$ ) לא שונה משמעותית מדגים שנידונו באזורים אחרים (גסר-א-זרקא, פלמחים, אשדוד,  $8.2 \pm 8.9$ ). בדג *Diplodus sargus* נמצא הבדל משמעותי בריכוז ארסן בין הדגים שנידונו באזור עכו ( $10.5 \pm 3.3$ ) לבין דגים שנידונו באזור דור ( $6.19 \pm 2.17$ ).

ריכוז הארסן בדג *Mullus barbatus* מאזור המרכז אינו שונה משמעותית ( $16.9 \pm 6.62$ ) מאשר בדגים שנידונו צפונית לעתלית ( $12 \pm 3.65$ ). על אף שבחלק מההשוואות הני"ל בין ריכוזי המתכות בדגי המכמורת מהאזורים השונים נמצאו הבדלים משמעותיים במבחנים סטטיסטיים, לא ברור האם הם מצביעים על משמעות אקולוגית.

כפי שנכתב בדוח הקודם, דגים אשר שוהים בסביבה מזוהמת יכולים בתנאים מסוימים לקלוט מזהמים כגון מתכות, חומרים אורגניים ומיקרואורגניזמים פתוגניים. לכן מומלץ, כאמצעי ביטחון להגנה על הציבור וגם כאשר אין עדויות להצטברות חומרים מזהמים בדגים, לאסור כל פעילות של דיג ולאכוף איסור זה בקפדנות באזורים שבהם נמצא זיהום משמעותי או שקיים חשש לזיהום עקב הזרמת שפכים. על סמך המידע הקיים, האזורים בתחום מימי החופין שבהם מומלץ לאסור פעילות דיג כוללים את המוצא הימי של בוצת השפד"ן, המוצא הימי של צינור אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, המוצא הימי של מט"ש הרצליה, מוצאי הנחלים קישון, שורק, אלכסנדר, נעמן והתחום הפנימי בכל הנמלים והמעגנות (בחלקם אזורים אלה הם ממילא שטחים

צבאיים סגורים או אזורים אסורים לדייג). ההמלצה על איסור דייג הוגשה כבר בדוחות קודמים. כפי שנמסר ע"י אגף הדייג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דייג במקומות מזהמים (למעט האיסור הכללי על דייג בשטחי נמלים). יש להסדיר עניין זה בחקיקה.

## סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (Biomarkers)

סמנים להשפעות ביולוגיות של מתכות כבדות, מזהמים אורגניים וחומרים משבשי רבייה (שאריות תרופות משימוש אנושי או חקלאי וחומרים תעשייתיים שמדמים הורמונים) נבדקו בדג הקרקעית החופי שישן משורטט (*Lithognathus mormyrus*) משנת 2004. ב-2010 נבדקו דגים בשני אתרי דיגום: דרום מפרץ חיפה (18 דגים) וחוף מכמורת (10 דגים). הדגים נדונו בעונות החורף בעומקי מים של 5 - 10 מטרים. נדגמה ונבדקה גם דגימה מחוף אשדוד מתוך כוונה להרחיב את הכיסוי הגאוגרפי של הדיגום. היא אינה מוצגת בתוצאות הואיל ונדגמה בחודש מאי, כחודשיים אחר הדגימות האחרות. מטרתה הייתה לאתר את סביבת החיים של השישן המשורטט באתר.

סמנים ביולוגיים (biomarkers) הם פרמטרים ביולוגיים המושפעים מהפרעות סביבתיות, ובכלל זה נוכחות של חומרים ממוצא אנתרופוגני, כגון מתכות כבדות, מזהמים אורגניים ומגוון של חומרים בשימוש אנושי, אשר עלולים להימצא בביוב עירוני, שפכי תעשייה ומי נגר חקלאיים. מדידות של סמנים ביולוגיים באורגניזמים נבחרים מספקות מידע על תגובות ביוכימיות ופיסיולוגיות לחומרים מזיקים, ולכן על הסיכון הפוטנציאלי לחי הימי כתוצאה מנוכחותם של חומרים אלה בסביבה. מדידות אלה מספקות מידע חשוב מעבר לזה המתקבל מניטור כימי של הרמות של חומרים מזיקים בסביבה וברקמות אורגניזמים, מאחר שהמדידות הכימיות כשלעצמן אינן מעידות בהכרח על השפעות ביולוגיות מזיקות. בשני העשורים האחרונים נעשה בעולם שימוש נרחב בסמנים ביולוגיים לזיהוי חשיפה/תגובות של יצורים ימיים לחומרים מזיקים (Moore et al. 2004). בשנים האחרונות התחיל תהליך של שילוב ניטור של סמנים ביולוגיים בדגים ורכיכות בתכניות ניטור לאומיות ובינלאומיות של זיהום הסביבה הימית. במסגרת פרויקט מחקר שנוהל ע"י חיא"ל (במימון האיחוד האירופי) פותחו ונבחנו סמנים ביולוגיים בדג שישן משורטט, שרמתם משתנה בהשפעת מתכות כבדות, מזהמים אורגניים וחומרים משבשי רבייה. סמנים אלה הם תוצרי גנים מהכבד של הדג - מקטעים של רנ"א (תעתיקים) וחלבונים הנגזרים מהם<sup>5</sup>.

רשימת הסמנים כוללת את הגן המקדד את האנזים ציטוכרום P4501A, שהתבטאותו מושרית ע"י מזהמים אורגניים (PCBs, PAHs), מטלותיונין, שהתבטאותו מושרית ע"י מתכות כבדות, וכוריונין, המושרה פרמקולוגית בזכרים ובנקבות מחוץ לעונת הרבייה ע"י חומרים המשבשים

---

<sup>5</sup> הסמנים הם כלי דיאגנוסטי לזיהוי השפעות מזהמים על הדגים ואין להם כל משמעות בהקשר של שיווק ומאכל דגים.



פעילות רבייה בדגי שישן משורטט; ראוי לציין שבנקבות המפתחות שחלות, רמת הכוריוגנין גבוהה מאוד באופן טבעי. הגן המקדד את בטא-אקטין נמדד אף הוא ושימש לנרמול התוצאות.

בשנים 2004/5 הוספנו את הניטור הביולוגי, המבוסס על הסמנים שפותחו, לדוח איכות מימי החופין של ישראל לשנת 2005. הדיגום התבצע בשני אתרים: (1) דרום מפרץ חיפה, צמוד לנמל חיפה אך מחוצה לו. אתר זה נחשב מזוהם הן בגלל קרבתו לאזור התעשייתי והאורבני של חיפה וסביבתה והן מתוך תוצאות הניטור הכימי המתבצע בו זה שנים; (2) חוף דור הרחוק מאזורי תעשייה וישוב צפופים וצמוד לשמורת הטבע הימית "הבוניים" אשר נבחר כאתר נקי.

התוצאות הרב-שנתיות המוצגות בטבלה להלן מראות שהתעתיק של ציטוכרום P4501A הראה בשנים 2004-2007 הבדלים בין שני אתרי הדיגום. בדגימות מאתר מפרץ חיפה היו ריכוזים גבוהים יותר של סמן זה בכבדי השישן. תופעה זו מצביעה על השפעה גדולה וקבועה של מזהמים אורגניים באזור מפרץ חיפה לעומת חוף דור. מטלותיונין לא הראה הבדלים גבוהים כמו אלו של ציטוכרום P4501A בין שתי התחנות, גם אם בשנים מסוימות ההבדלים היו משמעותיים סטטיסטית. מסקנת הביניים בשנה שעברה הייתה לכן, שרצף זה של תוצאות מראה, אמנם בצורה התחלתית בלבד הנובעת מרצף השנים המועט, כי השפעתן הביולוגית של מתכות כבדות באתר מפרץ חיפה קטנה מזו של מזהמים אורגניים שאינם מזוהים עדיין.

הכוריוגנין הראה בשנים 2004-2007 ערכים נמוכים מאוד בשני האתרים בכל שנות הדיגום, ונראה שלא קיימת בחוף הישראלי השפעה של מזהמים המשבשים פעילות רבייתית בשישן. הערכים שלו זניחים שלא בנוכחות מזהמים, הן בזכרים והן בנקבות בהן קוטר הביצה נמוך מ- $100 \mu\text{m}$ , מצב אופייני לחורף כאשר השישן אינו נמצא בפעילות רבייתית. רמות המכסימום האפשריות של תעתיק הכוריוגנין הן גבוהות מאוד, ונמדדו בנקבות בהן קוטר הביצה עולה מעל  $100 \mu\text{m}$  ובזכרים שהוזרקו באסטרדיול (האסטרואן המרכזי בדגים). יש לנו, איפוא, ערכי יחוס לרמות הכוריוגנין בזכרים ובנקבות לצורך השוואת התוצאות שהתקבלו מהדיגום בים.

בשנים 2008 ו-2009 לא היו הבדלים משמעותיים ברמות של אף סמן ביולוגי בין שתי התחנות (טבלה להלן ואיור 26). עובדה זו כשלעצמה מעודדת, אבל חשוב לציין שמשמעותה האמיתית תימדד בתוך רצף עתידי של תוצאות שיצביע על מגמה. בשנת 2010 הוכנסו שני שינויים בתכנית הדיגום. בתחנת הדיגום בדור נתקלנו בקשיים טכניים לדגום בגלל פעילות דייג אינטנסיבית, ולכן ב-2010 ניסינו לשנות את מיקום תחנת הדיגום הנקייה יחסית ולדגום בחוף מכמורת. בדיעבד, זה היה שינוי מוטעה, ובשנת 2011 חזרנו לדגום בחוף דור על אף הקשיים הטכניים. הסיבה היא שחוף מכמורת קרוב לשפך נחל אלכסנדר שעדיין מנקז לים פסולת מזוהמת. שינוי שני אותו נאמץ הוא הוספת תחנת דיגום בחוף אשדוד. ב-2010 דגמנו שם מאוחר יחסית, במאי, ולכן לא נכניס את התוצאות לדו"ח זה למרות העניין הרב שיש בהן.

היות שהניטור הביולוגי הוא תוספת חדשה לדוח איכות מימי החופין וכשיטה כמותית הוא חידוש בכלל, נראה לנו נכון להוסיף הערות טכניות. כל שיטות המדידה אותן פיתחנו כוללות סטנדרטים שמטרתן ליצור תאימות בין המדידות לאורך שנים ומסקנות שאינן תלויות בהשוואה לאתר ביקורת. יחד עם זאת, המדידה המדויקת של הסטנדרטים לא הושגה בשנים 2004-5, ואנו

משערים שחלק מן ההבדל בערכים המוחלטים שנמדדו בין השנים 2004-5 לשנת 2007 נובע משיפור בשיטות המדידה של הסטנדרטים לתעתיקים (נספח 3). לכן במסקנות אנו מתייחסים עדיין להשוואה בין שני אתרי הדיגום באותה שנה בלבד, ולא לרצף הערכים עם הזמן. בשנת 2008 הגענו, הודות לשימוש במכשור חדש מדויק יותר, לרמת דיוק מוחלטת טובה יותר, וניתן להשוות גם ערכים מוחלטים של רמות הסמנים הביולוגיים בין 2007 ל-2008.

גורם מפתח, המאפשר השוואת ערכי הסמנים לאורך שנים, הוא נרמול מדויק לגורם שרמתו בכבד קבועה תמיד. הנרמול הנוכחי של התעתיקים התבצע לרמות של בטא-אקטין, חלבון המשתתף בבניית שלד התא ומקובל להשתמש בו כגורם מנרמל. גורם נרמול נכון במדידת רמות של חלבונים ותעתיקים הוא קריטי למדידה נכונה ומעסיק את המחקר הביולוגי והביו-רפואי. אנחנו עוקבים אחרי מחקרים אלו וניישם אותם בצורה מושכלת בעתיד אם יהיו רלוונטיים.

המסקנות הסביבתיות משבע השנים שבמהלכן מבוצע הדיגום הן:

- 1) אין בסביבת החיים שנבדקה השפעה של חומרים משבשי פעילות רבייה בדגים.
- 2) הסמן הביולוגי שהושפע בצורה החזקה ביותר ע"י מזהמים הוא ציטוכרום P4501A. ברוב השנים בהן התבצע ניטור זה היו הבדלים מובהקים ברמות הסמן הזה בין שני אתרי הדיגום, הבדל המעיד על השפעת מזהמים אורגניים בולטת וקבועה. השיפור הנראה בדיגום 2008-2009, חייב להיבחן בטווח של כמה שנים, כדי שנוכל לומר שהוא מעיד על מגמת הפחתה ברמת השפעתם של המזהמים האורגניים במפרץ חיפה. התוצאות מצביעות על כך שיש לתת את הדעת למדידה יותר אינטנסיבית של רמות מזהמים אורגניים בסביבה נשוא דו"ח זה, תוך שימוש בשיטות חדישות הקיימות היום של מדידת רמות של מזהמים אורגניים בשיטות ביולוגיות. שיטת מדידה כזו משלבת הערכה כימית כמותית עם זיהוי השפעה ביולוגית.
- 3) ההבדלים ברמות המטלורגניים בין שתי תחנות הדיגום היו קטנים לאורך השנים אף כי בשנים מסוימות היו משמעותיים סטטיסטית. כלומר רמת ההשפעה הביולוגית של מתכות כבדות היא לא גבוהה למרות נוכחותן באזור מפרץ חיפה.
- 4) הערכים המוחלטים של רמות הסמנים היו השנה יותר גבוהים מבשנים קודמות. יחד עם זאת התוצאות שלא הוצגו מתחנת אשדוד נתנו ערכים נמוכים מאוד של ציטוכרום P4501A - עובדה המעידה על כך שהמדידות הן נכונות. מוצע לתת פרשנות לערכים אלה לאחר שיצטברו נתונים משנים נוספות.

רמות הסמים [atomol / femtomol $\beta$ -actin]									
סמים	מטלותיונין			ציטוכרום P4501A			כוריוגנין		
חומרים משפיעים	מתכות כבדות			מזהמים אורגניים [PAHs, PCBs]			חומרים משבשי רבייה		
שנת דיגום	מכמורת	דור	חיפה	מכמורת	דור	חיפה	מכמורת	דור	חיפה
2004		(8) 130±240	(20) 400±430		(8) 250±530	(20) 1480±2070		BDL	BDL
2005		470±310 (20)	(20) 0480±790		(8) 360±540	(8) 3860±3840		BDL	BDL
2007		(11) 51±55	(11) 56±71		(11) 32±51	(11) 444±551		(12) 0.44±0.2	(11) 0.41±0.27
2008		(12) 100±180	(12) 70±120		(12) 100±100	(12) 70±70		(11) 2.0±1.9	(12) 1.7±0.8
2009		(5) 13±70	(7) 36±54		(8) 27±77	(5) 28±64		BDL	BDL
2010	(10) 3266±3554		(18) 1210±2412	(10) 647±1011		(18) 629±1473	(7) 193±198		(10) 42±91

רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A, מטלותיונין וכוריוגנין בכבדישישן משורטט מאתרי הדיגום השונים בשנים 2004-2010. רקע אפור מציין הבדל משמעותי סטטיסטית בין שתי התחנות (t-test;  $p < 0.05$ ). השוואת ערכים מוחלטים של רמות תעתיקים נכונה רק משנת 2007 לאחר שיפור ברמת הדיוק של רמות הסטנדרטים. הסברי המונחים בטבלה נמצאים במילון המונחים.

## מתכות במשקעים אטמוספיריים

אבק מרחף (ארוסולים) נבדק ב-2010 בשני אתרים: תל שקמונה, חיפה (46 דוגמאות) ומעגן מיכאל (45 דוגמאות). הדיגום במעגן מיכאל בוצע בשיתוף עם איגוד ערים חדרה לאיכות הסביבה. כל דוגמה מייצגת את התכולה הממוצעת של מתכות באבק מרחף במשך כ-3 ימים. תכולת המתכות הכבדות באבק מרחף באוויר נבדקה במטרה להעריך את מקורותיהן ואת השטפים האטמוספיריים שלהן אל הים.

בדומה לשנים קודמות, מהשוואת הרכב המתכות באבק שנדגם במסגרת הניטור להרכבן באבק מדברי טבעי עולה, שהמקור של ברזל, אלומיניום, מנגן וכרום (במידה רבה) באוויר לאורך החוף הישראלי הוא קרקעות ואבק מדברי טבעי. המקור העיקרי של העופרת, הקדמיום, הנחושת והאבץ הוא אנתרופוגני. המקור של חלק מהמתכות האנתרופוגניות באוויר הוא כנראה חלקיקי אבק מאירופה, אולם קשה להעריך את התרומה הכמותית של מקור זה יחסית לתרומה האנתרופוגנית המקומית/האזורית.

השטפים האטמוספיריים של המתכות (כמויות המתכות השוקעות על פני יחידת שטח של הים ביחידת זמן) חושבו ע"י מכפלה של ריכוזי המתכות באבק (הממוצע הגיאומטרי או החציון של הריכוזים של כל מתכת) בהערכה של מהירות שקיעת האבק. רמת אי הוודאות בהערכת השטפים האטמוספיריים של המתכות הוצגה ע"י Herut et al. (2001) ונובעת גם מכך שהדיגום מייצג רק כשליש מימי השנה<sup>6</sup>. השטפים המחושבים של המתכות (טבלה 4) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 - 2010, במיוחד בריכוזי המתכות שמקורן באבק מדברי. ההבדלים בין השטפים שחושבו לשנים שונות נובעים גם מהשונות הטבעית הרב-שנתית (ארועים של סופות אבק) וגם משינויים בעוצמת הפליטה של מתכות ממקור אנתרופוגני. במהלך 15 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 27), כפי שמתבטא גם במגמת ההפחתה הרב-שנתית של ריכוזי העופרת בסדימנטים לאורך החוף. ב-2010 חושבו שטפי עופרת דומים לערכי 2009. השטפים של נחושת לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2010 (איור 27), אולם ייתכן כי הנתונים מצביעים על מגמת עלייה במעגן מיכאל. שטפי הקדמיום מראים ירידה בתל-שקמונה. ב-2010 נמצאה עלייה מסוימת של ריכוזי הקדמיום במעגן מיכאל. השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך ייתכן שהם מושפעים ממקורות דומים. התרומה האטמוספירית לכמויות הכוללות של עופרת ואבץ המוחדרות למימי החופין (כל אזור מדף היבשת) משמעותית ביחס לתרומה הידועה של המקורות האחרים (הזרמת שפכים לים).

בבדיקה של התפלגות צורוני המתכות בדגימות החלקיקים באוויר (באמצעות עיכול רב-שלבי של הדגימה) נמצא, כי עבור מתכות שמקורן העיקרי הוא אנתרופוגני (כמו עופרת וקדמיום), הפאזה החליפה (exchange phase), ולפיכך גם זמינה ביולוגית, כוללת את עיקר המתכת (מעל 50%) בדגימה (Kocak et al., 2007).

<sup>6</sup> במאמר שפורסם ב-2005 מוצגת הערכה כוללת יותר של שטף המתכות הכבדות עבור דרום וצפון אגן הלבנט (Kocak et al., 2005).

## נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2010/11 (36 דוגמאות) באתר תל שקמונה. בדוגמאות נבדקו ריכוזי הנוטריאנטים וה-pH, במטרה להעריך את השטפים ומקורות הנוטריאנטים במי הגשם.

אופן ניתוח הנתונים ורמת אי הוודאות בהערכת השטפים האטמוספיריים של הנוטריאנטים פורטו ע"י Herut et al. (1999). השטפים האטמוספיריים חושבו ע"י מכפלה של הריכוז המשוקלל (volume-weighted mean) או הממוצע הגיאומטרי של הנוטריאנטים המומסים במי הגשם, בכמות המשקעים השנתית.

בחורף 2010/11 כ-40% מהגשמים (15 מתוך 36 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ( $\text{pH} < 5.6$ ).

נמצא מתאם חיובי לינארי של ריכוזי הניטראט והאמוניום במי הגשם. המקור העיקרי של ניטראט קשור ככל הנראה לשריפת דלקים ויצירת תחמוצות חנקן. מקור האמוניום במי הגשם עדיין לא ברור, וככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים, ובד"כ קשור למקורות מקומיים בגלל סילוק מהיר יחסית מהאוויר. יחד עם זאת קיימת גם אפשרות לריאקציה בין חומצה חנקתית לאמוניה היוצרת אאירוסולים של  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

בחורף 2010/11 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, שגדולים מהערכים שהתקבלו בחורף הקודם (איור 28). מאז חורף 1997/8 נמצא מתאם חיובי בין כמות המשקעים לשטפי החנקן והזרחן (איור 28). שטף החנקן היה במגמת עלייה בין החורפים 1992/3 ל-1996/7, ובשנים שלאחר מכן התחילה מגמת התייצבות עם שינויים חדים, למעט בארבע השנים 2005/6-2008/9 בהן השטפים די קבועים ולאחריהן עלייה בחורף 2010/11 (איור 28). לעומת זאת, שטף הזרחן הראה שינויים רב-שנתיים חדים ללא מגמה ברורה, התייצבות בשנים האחרונות ועלייה ב-2010 (איור 28). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו עבור אזורים נקיים יחסית ברחבי העולם, וקטנים מהשטפים שחושבו עבור אזורים באירופה, כמו הים הבלטי והים הצפוני.

## נוטריאנטים בנחלי החוף

ריכוזי הנוטריאנטים ופרמטרים נוספים של איכות המים נבדקים בנחלי החוף מאז 1990, במטרה להעריך את ההשפעות האפשריות של זיהום הנחלים על איכות מימי החופין. כל נחל נדגם בשתיים או שלוש תחנות בסמוך למוצאו לים: תחנה אחת במוצא הנחל לים באזור משברי

הגלים, השנייה במעלה הנחל כ-50 מ' ממוצאו לים, והשלישית בהמשך המעלה מתחת לגשרים של הכבישים הראשיים. עד 1997 מי הנחלים נדגמו פעם בשנה בחודש מרץ. החל מ-1998 בוצעו שני דיגומים במהלך החודשים מרץ וספטמבר/אוקטובר. ב-2010 נדגמו מוצאי הנחלים בכ-29 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2010 והן לכל התוצאות של הניטור הרב-שנתי מאז 1990.

ריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו במי הנחלים כוללים את הנוטריאנטים האי אורגניים המומסים במים ואינם כוללים את הנוטריאנטים האורגניים המומסים ואלו הספוחים לחלקיקים. עפ"י דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2009 (רשות הטבע והגנים, אפריל 2010), במים שנדגמו באביב ובסתיו בחלק מנחלי החוף, הריכוזים הכוללים של חנקן מומס היו גדולים משמעותית מהריכוזים של הצורונים האי אורגניים. בשנת 2010 נעשתה במסגרת ניטור זה בדיקה של חנקן אורגני מומס. בבדיקה זו נמצא שהמקטע האורגני המומס של חנקן בד"כ משמעותי ביחס למקטע האי אורגני בנחלים בהם ריכוזי החנקן קטנים יחסית (>100 מיקרומולר). לכן סביר להניח, שהריכוזים הכוללים של הנוטריאנטים בנחלים מסוימים גדולים מאלה שנמדדו, ובהתאם ההערכות בדוח זה של כמויות הנוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל מימי החופין הן הערכות בחסר.

ערכי מליחות, ה-pH וריכוזי החמצן המומס והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) מוצגים בטבלה 5. בכל הנחלים מליחות המים עולה ככל שמתקרבים לים, כתוצאה מחזירה של מי-ים במעלה הנחל. המליחות בנחלים בדיגום מרץ הייתה בד"כ קטנה יותר מהמליחות שנמדדו בספטמבר (בתחנות מעלה הנחל, איור 29). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (בין 7.6 ל-9). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-223%) ועד לחוסר חמצן (במי עומק). העל-רוויה קשורה בד"כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות (איור 29), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים שמתבטא בד"כ בערכי BOD (איור 29). בנחלים רבים, למרות ריכוזי כלורופיל גדולים, נמדדו ערכי חמצן נמוכים יחסית. בחלק מהנחלים נמדדה ירידה חדה בריכוזי החמצן ועלייה במליחות בשכבת המים העמוקה (איור 30).

מבחינת ריכוזי החמצן במי פני השטח, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 7), מעלה הנחלים נעמן, קישון, ירקון, חדרה ולכיש נמצאו במצב של היפוקסיה (ספטמבר/מרץ). מבחינת ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה, הנחלים נעמן, קישון, לכיש, נעמן, אלכסנדר וירקון (מעלה, לא מוצג) נמצאים במצב של היפוקסיה עד אנוקסיה (איור 30). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2009 היו בד"כ קטנים מ-14 mg/L.

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, בספטמבר האזורים של מעלה הנחלים בצת, נעמן, קישון, דליה, חדרה, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק ולכיש, ובמרץ הנחלים חדרה, אלכסנדר, ירקון ושורק, היו במצב היפר-איאוטרופי (>60 ug/L), על סמך הקריטריונים של NOAA. ריכוזי הכלורופיל בחודש מרץ היו בד"כ קטנים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בספטמבר, למעט בנחל תנינים (טבלה 5).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים באיור 31. ההבדלים בריכוזי הנוטריאנטים בין הנחלים הם בטווח של סדר גודל ויותר. באופן כללי, ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאוד בהשוואה לריכוזים המירביים שנמדדו במימי החופין. במרבית הנחלים, הריכוזים הגדולים של פוספאט ואמוניה קשורים בעיקר בהזרמת שפכים ביתיים וקולחים. מקורם של ריכוזי ניטראט גדולים הוא, ככל הנראה, מי נגר חקלאיים המועשרים בחומרי דשן וגלישות מבריכות לחמצון שפכים. פירוט מקורות הזיהום במעלה חלק מהנחלים (נעמן, קישון, דליה, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדוח ניטור מים ונחלים לשנת 2009 של רשות הטבע והגנים (אפריל 2010), הכולל דיווחים מרשות נחל הקישון ומרשות נחל הירקון). הסיליקה בנחלים נובעת משני מקורות עיקריים, בליה של סלעים והזרמות של שפכים המכילים דטרגנטים (סיליקון משמש כמרכיב ראשי בדטרגנטים).

גם ב-2010, בדומה לשנים קודמות (Herut et al., 2000), נמצאו הבדלים בין ריכוזי הנוטריאנטים במי הנחלים במרץ ובספטמבר. הסיבה העיקרית להבדלים אלה היא שינויים של הזרימה הטבעית, ובהתאם תרומות מאגן הניקוז ושינויים בהזרמות של שפכים. בהשוואה למצב בשפכי נחלים במקומות אחרים בעולם (טבלה 1.1, Kennish, 1997), ריכוזי הנוטריאנטים במרבית נחלי החוף של ישראל גדולים בשיעור ניכר, במיוחד כתוצאה מהשילוב של זרימה טבעית מועטה והזרמות של שפכים. ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 7), מרבית הנחלים מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה.

ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריאנטים בשנת 2010 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

#### עבור פוספאט:

שורק(57)<לכיש(34.8)<קישון(30)<פולג(25)<ירקון(19.9)<נעמן(15)<חדרה(14.6)<אלכסנדר(13.3)  
<ירקון(10)<דליה(6.1)<לכיש(3.9)<תנינים(3.6)<בצת(3.4)<אבטח(1.9)

#### עבור אמוניה:

קישון(717)<שורק(461)<ירקון(256)<נעמן(136)<חדרה(134)<לכיש(123)<פולג(33)<תנינים(11)<דל  
יה(8.2)<בצת(0.55)<אבטח(0.15)

#### עבור ניטראט+ניטריט:

קישון(797)<שורק(518)<נעמן(448)<פולג(445)<תנינים(334)<חדרה(292)<ירקון(247)<דליה(180)  
<אלכסנדר(172)<לכיש(124)<בצת(67)<אבטח(0.35).

#### עבור חומצה סיליצית:

דליה(1030)<קישון(725)<תנינים(515)<פולג(225)<שורק(188)  
חדרה(185)<נעמן(167)<אלכסנדר(156)<ירקון(152)<לכיש(149)<בצת(60)<אבטח(5.5).

#### עבור TN

קישון(1576)<שורק(1099)<נעמן(663)<ירקון(476)<חדרה(427)<פולג(420)<אלכסנדר(368)<תנינים  
(280)<לכיש(223)=דליה(223)<בצת(107)<אבטח(21).

## עבור TDP

שורק(44)<קישון(26)<לכיש(25)<פולג(24)<נעמן(17)<ירקון(14)<אלכסנדר(12)<חדרה(9.6)<דליה(6)  
(6)<בצת(4.3)<תנינים(2.4)<אבטח(1.1).

למרות הבדלים גדולים בריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו בכל נחל בשנים שונות, ההבדלים בין הנחלים השונים מצביעים על מגמה קבועה, רב-שנתית של נחלים מזוהמים במיוחד.

בגלל ההשפעה של גורמים רבים על ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים כאמור לעיל, המתכונת הנוכחית של הניטור לא מאפשרת קביעה ודאית של מגמות רב-שנתיות בריכוזי הנוטריאנטים בנחלים. יחד עם זאת, כמוצג ב**איורים 31 ו-32**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) לעומת העשור הקודם. הפחתת הריכוזים קשורה למגמת ההפחתה בעומס הנוטריאנטים, מוצגת בדוח של המשרד להגנת הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ועד 2006 (התפרסם ביוני 2008), בדוח עומסי מזהמים בנחלים 2009 (התפרסם בדצמבר 2010) ובדוחות הניטור השנתיים של רשות נחל הקישון.

מאז 2001-2 ברוב הנחלים אין מגמה של הקטנת ריכוזי הנוטריאנטים (למעט ניטראט בנחל דליה), ובנחלים מסוימים אף קיימת הגדלה של הריכוזים (**איור 32**). בנחלים נעמן וחדרה מסתמנת עלייה בריכוזי הפוספאט והאמוניום בשנים האחרונות, למעט ירידה מסוימת ב-2010 ובנחל פולג עלייה בריכוזי הניטראט בדיגומי מרץ. בחלק מהנחלים קיימת תנודתיות עונתית בריכוזי הנוטריאנטים כמוזכר לעיל. הנחלים קישון, אלכסנדר ופולג מראים עלייה משמעותית של ריכוזי החנקן (בד"כ ניטראט) בדיגום מרץ שנובע ככל הנראה מתרומת דשנים באגן הניקוז.

כמויות הנוטריאנטים האי אורגניים המומסים, המוזרמות מדי שנה הידרולוגית (אוקטובר עד ספטמבר) מהנחלים אל מימי החופין (עומס הנוטריאנטים), חושבו ע"י הכפלת ריכוזי הנוטריאנטים במי הנחלים בנתוני הספיקה השנתית של הנחלים שהתקבלו מהשירות ההידרולוגי. הערכת עומס הנוטריאנטים באופן זה התבססה על ההנחה שריכוזי הנוטריאנטים בנחל קבועים במהלך השנה, ולפיכך העומס משתנה בהתאם לשינויי הספיקה של הנחל. החישוב נעשה על-פי הריכוזים שנמדדו בחודש מרץ. היות שבדיגום 2010 המליחיות בתחנות במעלה הנחלים היו בד"כ קטנות יחסית (פחות מ-10% מי-ים), בחישוב לא נלקחה בחשבון החדירה של מי-ים בעת הדיגום.

חישובי עומס הנוטריאנטים השנתי מהנחלים מוצגים ב**טבלה 6**. הטבלה אינה כוללת את נחל פולג, מאחר שאין עבורו נתוני ספיקה. בשיטת חישוב העומס יש אי ודאות רבה עקב הנחות היסוד. המטרה העיקרית של הטבלה היא לספק הערכה ראשונית של תרומת הנוטריאנטים מנחלי החוף ע"מ לנסות לקשר בין ממצאי הניטור במימי החופין למקורות הזיהום. מהנתונים שבטבלה ברור שעבור נחל מסוים השגיאה עלולה להיות של סדר גודל או יותר.



מבין נחלי החוף, התורמים העיקריים של נוטריאנטים למימי החופין בשנת 2010 הם :  
פוספאט : ירקון < קישון < שורק < חדרה  $\approx$  אלכסנדר < נעמן  $\approx$  תנינים < לכיש  
חנקן אי אורגני : קישון < ירקון < חדרה < שורק < תנינים  $\approx$  אלכסנדר < נעמן < לכיש

בנחלים ירקון, קישון, שורק ולכיש החנקן מוסע כאמוניום וניטראט בערכים דומים, ובנחלים נעמן תנינים, חדרה, ואלכסנדר כניטראט (טבלה 6).

**טבלה 6** כוללת גם את הערכת עומסי ההזרמה של חנקן וזרחן כללי אל הנחלים בשנת 2009, בעיקר ממתקני הטיפול בשפכים (נתוני המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים). הנתונים מראים שהעומס הגדול ביותר של זרחן כללי מוזרם אל הנחלים שורק (בעיקר ממט"ש ירושלים) ולאחריו ירקון, קישון וחדרה בערכים דומים. הזרמות החנקן הכללי מדורגות כלהלן :  
שורק < קישון < חדרה  $\approx$  ירקון < אלכסנדר < נעמן < תנינים < לכיש.

ברור שצפויים הבדלים בין ההערכות של דוח זה לבין האומדן המבוסס על ההזרמות לנחלים, הן מאחר שהאחרון מתייחס לריכוזים הכוללים של חנקן וזרחן (תרכובות אורגניות ואי אורגניות), הן כתוצאה מתהליכי שיקוע, צריכה ופירוק (דניטריפיקציה) של הנוטריאנטים בנחלים עצמם, והן מאחר שההזרמות לנחלים מתייחסות לשנת 2009 (שנה קלנדרית ולא הידרולוגית). יחד עם זאת, ברוב הזרמות השפכים ובשפכי הנחלים מתקבלים עומסים ויחסי החנקן/זרחן דומים (איור 33).

על אף אי הוודאות הרבה בחישובי עומס הנוטריאנטים, התרומה הכוללת של נחלי החוף לזיהום מימי החופים בנוטריאנטים מהווה כנראה מרכיב משמעותי ביותר של עומס הזיהום הכולל ממקורות יבשתיים (ראה להלן הערכת עומס הנוטריאנטים ממקורות יבשתיים). לכן, כפי שכבר הומלץ בשנים קודמות, לצורך גיבוש מתודולוגיה אמינה יותר להערכת הכמויות הכוללות של נוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל הים, יש לבצע מחקר אינטנסיבי במשך שנתיים על השינויים העונתיים בריכוזי הנוטריאנטים בשפכי כמה מנחלי החוף (המזוהמים ביותר) ותלותם בעוצמת מקורות הזיהום, הספיקה ועוד.

## **הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין**

המידע על המקורות להעשרת מימי החופין של ישראל בנוטריאנטים עדיין לוקה בחסר. מקורות אלה הם בחלקם נקודתיים ובחלקם מבוזרים. על מנת לשפר את היכולת להעריך את עומס הזיהום הכללי במימי החופין, לחזות השפעות סביבתיות אפשריות ולהשוות את התחזיות למצב בפועל במימי החופין, יש צורך למסד קשר והיזון חוזר בין המידע על מקורות הזיהום, אשר מצוי במשרד להגנת הסביבה, לבין מאגר המידע של תוצאות הניטור במימי החופין. המידע שבידי המשרד להגנת הסביבה מבוסס בעיקר על היתרים להזרמת שפכים לים (עפ"י חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים) וניטור של ההזרמות. כיום קיימים היתרי הזרמה לים תיכון לכ-70 מפעלים.

המקורות הנקודתיים העיקריים של נוטריאנטים הם: מוצא הבוצה המשופעלת של המפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), המוצא הימי לשפכי מפעלי "אגן-כימיקלים" ובתני הזיקוק אשדוד, המוצאים הימיים של מט"ש הרצליה ומט"ש אשדוד, מוצא ימי א.ל.א., הזרמת מקורות באשקלון ונחלי החוף. הערכת התרומה הכוללת של נחלי החוף (טבלה להלן) מראה, שמקור זה משמעותי ביחס למקורות האחרים ומדגישה את הצורך באומדן כמותי משופר.

המקורות המבוזרים העיקריים הם מי נגר ומשקעים אטמוספיריים (מי גשם ואבק), וייתכן שבמידה מסוימת גם דליפה של מי תהום למימי החופין.

להלן הערכה כמותית גסה של מקורות הנוטריאנטים הידועים :

נוטריאנט	שנה	נחל הקישון <sup>1</sup>	כלל נחלי החוף <sup>1</sup>	מוצא ימי אלא <sup>2</sup>	מפעלי קישון <sup>2</sup>	מוצא ימי הרצליה <sup>2</sup>	מוצא ימי שפד"ן <sup>2</sup>	מוצא ימי אג"ן/בז"א <sup>2</sup>	מט"ש אשדוד <sup>2</sup>	מקורות אשקלון <sup>2</sup>	סה"כ מוצאים ימיים	משקעים אטמוספיר יים <sup>3</sup>
חנקן טון/שנה	2004	960	1776		349	265	2,983	321	61		3978	
	2005	668	1557		350	325	3,453	278	368		4773	
	2006	679	2177	6.6	238	294	3,174	188	114	49	4064	
	2007	186	1795	7.8	304	342	3,403	171	159	46	4433	
	2008	135	1332	3.4	181	293	3,448	276	35	58	4294	5000~
	2009	185	1536	6.1	189	91.3	3,178	236	9.8	56	3766	
	2010	436	1166		249					54.1		
זרחן טון/שנה	2004	88	144		7.7	59.1	1,420	5.9	29.6		1523	
	2005	49	344		5.2	59.5	1,510	12.0	40.9		1628	
	2006	68	452	0.8	6.2	52.1	1,633	0.2	20.8	0.5	1714	
	2007	20	230	0.3	8.2	54.5	1,529	0.3	14.0	0.4	1607	
	2008	9	168	0.2	8.9	47.0	1,387	1.4	19.1	1.2	1465	150~
	2009	6.4	196	0.6	6.4	24.7	1,133	3.94	1.6	1.2	1171	
	2010	18.9	80.8		78					1.2		
פחמן אורגני טון/שנה	2004				134	170	20347	1191			21841	
	2005				142	169	21984	1350			23646	
	2006			43	103	159	22140	1335			23780	
	2007			55	108	112	16884	1276	39		18475	
	2008			28	152	125	10430	1567	50		12351	
	2009			20.5	111	74	21000	923	5		22133	
	2010				112							

הערות לטבלה

- מבוסס רק על הממצאים בדוח זה (בהקשר לתרומת נחלי החוף ראה הערה 1 בטבלה 6). הערכה זו כוללת את עומס החנקן והזרחן האי אורגניים במרבית נחלי החוף המתייחסים לשנה הידרולוגית (אוקטובר 2009 עד ספטמבר 2010 ולא לשנה הקלנדרית של 2010).
- עומס החנקן והזרחן הכללי (אי אורגני+אורגני). הערכים חושבו על סמך דיווחי המפעל על הזרמות בשנת 2009, נתוני המשרד להגנת הסביבה. לא נתקבלו נתוני 2010, למעט עבור מפעלי הקישון.
- תרומת המשקעים האטמוספיריים חושבה לכל שטח מימי החופין של ישראל בים התיכון (180 ק"מ) עד למרחק 12 מילים ימיים מהחוף. החישוב כולל חנקן וזרחן מומסים במי גשם מאזור תל שקמונה ותוספת חנקן וזרחן באבק (נבדק במחקר נפרד, Herut et al., 1999; 2002).

לפי הנתונים שבטבלה, הכמות הידועה הכוללת של נוטריאנטים אשר מוחדרת מדי שנה למימי החופין ממקורות נקודתיים (נכון ל-2009) היא כ-5,300 טון חנקן וכ-1,400 טון זרחן. לכך יש להוסיף את הכמות המוחדרת במשקעים אטמוספיריים וכמויות שעדיין לא הוערכו של נוטריאנטים המוזרמות לים במי נגר, מי תהום, דרך נחלים שלא נכללו בטבלה ומקורות נקודתיים קטנים יחסית, כגון שפכי בריכות דגים והזרמות חרום של ביוב עירוני. כמו כן יש להוסיף את הכמויות של הנוטריאנטים האורגניים המומסים והחלקיקיים המוזרמות דרך כל נחלי החוף.

## נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין

מעקב אחר תפוצת הנוטריאנטים, הכלורופיל והאצות התבצע באזור המים הרדודים לאורך החוף (עד עומק של כ-30 מטר או כ-5 ק"מ מהחוף). דוגמאות מי פני שטח נדגמו בהפלגות ב-33 תחנות לאורך החוף במהלך אוגוסט. בנוסף נדגמו במפרץ חיפה 14 תחנות ביולי ו-5 תחנות באוגוסט. דוגמאות מי שטח לבדיקת מיקרואצות נדגמו ב-14 תחנות לאורך החוף וב-5 תחנות במפרץ חיפה באוגוסט. מיפוי של הרמות היחסיות של כלורופיל במימי החופין על סמך נתוני לוויינים בוצע באמצעות מערכת SISCAL (Satellite Information System on Coastal Area and Lakes).

כללית, עודפי נוטריאנטים בסביבה הימית, עקב העשרה אנתרופוגנית, עלולים לגרום לתהליכי אאוטרופיקציה (פריחת מסיביות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיגות ביותר העולות להתפתח בתנאים אלה הן פריחת של מיני אצות מיקרוסקופיות המייצרות רעלנים. אצות כאלה עלולות להופיע באזורים חופיים שיש בהם העשרה כללית ברמת הנוטריאנטים או שינויים ביחסים בין חנקן לזרחן כתוצאה מתרומות אנתרופוגניות של נוטריאנטים, גם כאשר לא מתפתחים תנאי אאוטרופיקציה חמורים.

ההשפעות המזיקות של העשרה בנוטריאנטים מורגשות במיוחד באזורים חופיים שתחלופת המים בהם מוגבלת. במימי החופין של ישראל תנאים כאלה קיימים רק באזורים מסוימים במפרץ חיפה ובחלק מנחלי החוף בהם מתקיימת חדירה של מי-ים. כתוצאה מהזרמה חריגה של נוטריאנטים למפרץ דרך נחל הקישון, אירעו בו בשנות ה-2000 כמה פריחות חריגות של אצות, שכללו מינים המשתייכים לקבוצות המייצרות רעלנים ומינים שגרמו למטרדים בחופי הרחצה, ובשנים האחרונות פריחות חריגות במורד נחל הקישון.

מחוץ למפרץ חיפה קיימים תנאים נוספים היכולים לעודד התפתחות פריחות מזיקות של אצות בנוכחות עודפי נוטריאנטים: שיכוב עמודת המים במשך חלק ניכר של השנה (המגביל את תחלופת המים), טמפרטורת מים גבוהה, קרינת אור חזקה ונוכחות גורמי גידול, כגון מתכות ותרכובות אורגניות ממקורות זיהום שונים. על מנת להעריך את הפוטנציאל להתפתחות ריכוזים חריגים של אצות (ובכללן אצות מזיקות) במימי החופין כתוצאה מהעשרה בנוטריאנטים, מופו ריכוזי הנוטריאנטים והכלורופיל באזור הרדוד של מימי החופין.

### נוטריאנטים

מפרץ חיפה: בשפך נחל הקישון בדרום המפרץ נמצאו ריכוזים גדולים יחסית של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, פוספאט וחומצה סיליצית). גם בשפך נחל הנעמן (צפון המפרץ) נמדדו ריכוזים יחסית גדולים. שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות. יחסי חנקן/זרחן (יחס מולארי) בשפכי נחל הקישון ( $<20$ ) גדולים משמעותית מהיחס בשפכי נחל נעמן ( $>10$ ) (איור 33).

למרות יחסי חנקן/זרחן גדולים במי השטח בנחל הקישון (**איור 33**), לא נצפתה העשרת חנקן (יחסי חנקן/זרחן < 16 (יחס רדפילד)) במי המפרץ. במי המפרץ נמדדו יחסי חנקן/זרחן קטנים יחסית בדומה ליחס בשפך נחל הנעמן. הסבר אפשרי לשינוי היחס בדרום המפרץ הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון כתוצאה מקבורה בסדימנט, וייתכן תהליכי דניטרופיקציה.

**אורך החוף:** תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2009 מוצגת ב**איור 34**. בד"כ ריכוזי הנוטריאנטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספאט והניטראט בתחום הרדוד של מימי החופין מוכתבת, לפיכך, בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני. במיוחד נראה שקיימת השפעה מקומית של שפך נחל תנינים ונחל הירקון על ריכוזי הניטראט, ובמידה מסוימת גם הפוספאט במים הרדודים. ריכוזי הסיליקה מראים העשרה משמעותית בחלקו הדרומי של החוף. הערכים שנמדדו גדולים מריכוזי הרקע וייתכן שקשורים לזיהום ממקור דרומי (לא נראה שקיימת שגיאת מדידה).

### **כלורופיל**

**מדידות במים:** ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2009 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 34d**). הגרדיאנט החד של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה הרבה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. קיימת העשרה של ריכוזי כלורופיל מול רוב שפכי הנחלים (בסביבות  $0.5 \mu\text{g/L}$ ) והשנה במיוחד באזור הדרומי של החוף (אזור אשקלון ודרומה). העשרה זו ייתכן שנובעת מזיהום של נוטריאנטים ממקור בלתי ברור באזור הדרומי (הזרמות ביוב מעזה או אחר). הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאאוטרופים הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם.

### **תפוצת כלורופיל על סמך צילומי לוויינים**

במהלך 2010 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 283 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ, 64 צילומי לוויין מסוג MERIS FR (ברזולוציה 300X300 מטר).

משנת 2008 מתבצע כיוול של האלגוריתים של כלורופיל באמצעות הפלגות דיגום מזדמנות. נתוני הכיוול אפשרו לנו לכייל רק את האלגוריתם של ים פתוח (דוח חי"ל 2009/H19). בדוח זה הערכים של ריכוזי כלורופיל מלוויין ה-MODIS הם בערך יחסי ואילו הערכים מלוויין ה-MERIS FR הם בערכים לא מכוויילים. האנליזות של ריכוזי הכלורופיל, טמפרטורת פני הים

ועומק סקי במדף היבשת של ישראל מאפשרות מעקב סינופטי אחר שינויים עונתיים ורב-שנתיים של מאפייני המים, תוך איתור והערכת השפעתם של מקורות יבשתיים על איכות המים. תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף (עומק מים של 200 מטר), בערכים יחסיים (0-1), כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה 1X1 ק"מ), מוצגת באיור 35. כמו כן בכל חודש שולבה תמונה של הממוצע החודשי (ערכים אמיתיים לא מכוויילים) ברזולוציה של 4X4 ק"מ שחושב ע"י סוכנות החלל האירופית (ESA) והתבסס על צילומי לוויין מסוג MERIS. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל ולאתר מוקדים בהם הריכוזים היחסיים גבוהים (hot spots). כמו כן ניתן לראות בברור את השפעת המרחק מהחוף והמרחק מהדלתא של הנילוס על ריכוזי הכלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של מדף היבשת. בעקבות ריבוי התשתיות (תחנות כוח, מתקני התפלה, כלובי דגים ועוד) בחלקו הדרומי של החוף, באזור אשדוד ואשקלון, פותחו כלים אינטרנטיים המאפשרים לצפות על אזורים אלו ברזולוציה גבוהה יותר (לוויין ה-MERIS FR ברזולוציה 300X300 מטר - איורים 37 ו-38).

באיור 35 ניתן לראות את הפיזור המרחבי של ההתפלגות החודשית הממוצעת של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) לאורך מדף היבשת ובתמונות המשולבות בהם, ערכים אמיתיים לא מכוויילים ברזולוציה של 4X4 ק"מ. השינויים בריכוזים לאורך החוף מושפעים משלושה גורמים עיקריים: 1. ריכוזים יחסית גבוהים במזרח הים התיכון (ינואר, פברואר, מרץ ודצמבר), הסעה מהדלתא של הנילוס שהשפעתה מגיע עד אזור נתניה (מרץ, אפריל, ספטמבר ונובמבר) וריכוזים מגורמים מקומיים (כגון: שפכי נחלים, מוצאים ימיים וביוב בעיקר מעזה). דוגמא לכך ניתן לראות במפרץ חיפה בחודשים ינואר-מרץ, מאי ואוקטובר.

השוואה של הערכים היחסיים הממוצעים בכל המדף יחסית ל-2009 מראה שהתופעות הסינופטיות הן די דומות אולם בעוצמות שונות (איור 36). בשנת 2010 הריכוז הגבוה ביותר התקבל בחודש מרץ (0.55) ואילו הנמוך ביותר (0.13) בחודש אוקטובר. ריכוזים מעל 0.3 נמדדו בחודשים ינואר-אפריל, אוגוסט-ספטמבר ובחודש דצמבר ואילו ריכוזים הקטנים מ-0.3 נמדדו בחודשים מאי-יולי ובאוקטובר. בהשוואה לשנת 2009 הריכוזים השנה היו גבוהים יותר בחודשים ינואר-אפריל ובספטמבר. גרף השוואתי משנת 2005 ניתן בנספח 4.

בדומה לשנים קודמות, גם בשנת 2010 ניתן לזהות מספר מוקדים בהם ערכי הכלורופיל גדולים יחסית. הבולט שבהם הוא מפרץ חיפה. מוקד נוסף הוא האזור שבין עזה לאשקלון. באזורים אלו ובמוקדים אחרים נעשתה אנליזה באמצעות צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR), והערכים מוצגים באיורים 37 ו-38. הערכים המוצגים התקבלו באמצעות הפעלת אלגוריתם חדש המושפע מפלורוסנציה של הכלורופיל ועדיין לא מכוויילים וניתנים כערכים יחסיים.

מפרץ חיפה: באיור 37 מוצגות אנליזות של ריכוזי כלורופיל מצילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR) מחודשים ינואר, פברואר, אפריל, יוני, אוגוסט, ספטמבר ואוקטובר 2010, בהם ניתן להבחין בברור בהשפעת שפך נחל הקישון, ובחודשים מסויימים גם הנעמן, על תפוצת

הכלורופיל במפרץ חיפה וסביבתו. תפוצת כתמי הכלורופיל מושפעת מהזרמים והרוחות במפרץ ונצפית עד כ-3 ק"מ מהחוף ולעיתים גם צפונית לעכו (פברואר 2010).

עזה-אשדוד: במספר צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה בעיקר במהלך חודשים ינואר, מרץ, מאי-ספטמבר ובדצמבר 2010 (**איור 38**) ניתן לראות ריכוזי כלורופיל (במיקרוגרם לליטר - לא מכוויילים) גבוהים יחסית לסביבה משלושה מקורות, ובפיזור צפונה ע"י הזרמים. המקור העיקרי הוא הדלתא של הנילוס (חודשים מרץ, יוני-ספטמבר ובדצמבר), ביוב עזה (ינואר, מאי-יוני, ספטמבר) והזרמות צפונית לנמל אשדוד (מאי, יוני וספטמבר).

### אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו האצות סווגו לשתי קבוצות גודל: 1. אצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$  כללו בתוכן את הפיקופלנקטון, שחולק בדו"ח לשתי קבוצות: א. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus*. ב. אצות אאוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ ; 2. אצות גדולות מ- $5\mu\text{m}$  שכללו את הננופלנקטון והמיקרופלנקטון ובהם דינופלגלטים והצורניות, ובנוסף פלגלטים מקבוצות שונות.

ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר במפרץ חיפה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו (**איורים 39, 40**). הביומסה הגבוהה בשתי תחנות אלה נבעה מריכוז גבוה של מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$  ואצות צורניות (**איור 41**). לאורך החוף הביומסה וריכוז הכלורופיל היו הגבוהים ביותר בתחנת אשקלון, בדומה לשנה קודמת, אך במים הרדודים בלבד (**איור 42**). הביומסה הגבוהה בתחנה זו נבעה מביומסה גבוהה של כל הקבוצות, ובראשם דינופלגלטים ואצות איאוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$  (**איור 43**).

חלק ניכר מהמינים שהופיעו בדיגום זה אפיין גם דיגומים קודמים. כמו בשנים קודמות נמצא הבדל מובהק בהתפלגות המינים השונים במפרץ חיפה בין תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה ובין התחנות העמוקות יותר, אם כי תחנת הביניים HB4 נמצאה השנה דומה יותר לשתי התחנות הרדודות (**איור 44**). בשתי התחנות הרדודות ביותר הופיעו מינים אופייניים לתחנות אלה, שבחלקם ידועים כיוצרי פריחות. מאידך מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו במספר קטן ובריכוז נמוך מאוד השנה, בשונה ממצאי שנה קודמת.

לאורך החוף נמצא הבדל מובהק במגוון המינים בין המים הרדודים לעמוקים ובין שלוש התחנות הצפוניות לאלה הדרומיות. בתחנת ירקון נראית עלייה רציפה במגוון המינים ובאינדקס השונות בשלוש שנים אחרונות (**איור 58**). השנה הופיע מגוון גדול של מיני בקטריות כחוליות יחסית לשנים קודמות בכל התחנות לאורך החוף ובשתי התחנות העמוקות במפרץ חיפה. כמו כן מתאפיין דיגום זה בהופעת אצה חוטית ירוקית מהמין *Percursaria percursa*. דינופלגלט מהמין *Akashiwo sanguinea*, בעל הפוטנציאל ליצירת רעלנים היה שכיח יותר (בריכוז נמוך עדיין) במים הרדודים בתחנות הדרומיות שורק ואשקלון, ואילו המין *Prorocentrum minimum*, שהופיע בריכוז נמוך השנה בכל התחנות, היה שכיח יותר בתחנה הרדודה באשקלון.

**אצות במפרץ חיפה** – בפתח נמל הקישון ובתחנה HB5 הסמוכה ריכוז התאים היה הגבוה ביותר (איור 39). הוא נבע בעיקר מריכוז גבוה של מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu\text{m}$ , שהיוו 52% מסך כל התאים בשתי התחנות (איור 45). בקטריות כחוליות מהמין הנפוץ במי ים *Synechococcus* (1) sp. היוו 38% מריכוז התאים הכללי בשתי התחנות, ואילו הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (2) המאפיינות תחנות אלה, הופיעו בריכוז נמוך יחסית השנה והיוו 7% מריכוז התאים הכללי לעומת 70% בדיגום 2009. בשתי התחנות העמוקות והמרוחקות ביותר מפתח הקישון (HB2-HB1) שלטו מספרית הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ יותר במי ים, *Synechococcus* sp. (1) והיוו  $97\% \pm 2\%$  מסך כל ריכוז התאים, כפי שנמצא בדיגומים קודמים וכפי שנמצא בתחנות לאורך החוף.

**ביומסת האצות** וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בפתח הקישון, בהתאמה לריכוז התאים, והם הלכו וירדו עם היציאה מהמים הרדודים לחלקו המערבי העמוק של המפרץ (איור 40). הביומסה הממוצעת בתחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה היו גבוהים מאוד יחסית לביומסה הממוצעת בתחנות הרדודות לאורך החוף (פי 9). בתחנות העמוקות HB1 ו-HB2 הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים יותר לממוצע התחנות העמוקות לאורך החוף. מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu\text{m}$  שלטו מספרית והיוו גם את עיקר הביומסה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה HB5, ושיעורם עמד על  $70\% \pm 6\%$  מהביומסה הכללית (איור 46). הקבוצה השנייה מבחינת חשיבותה בביומסה הייתה קבוצת הצורניות, שהביומסה שלהן השנה עלתה יחסית לשנה קודמת (איור 47). ביומסת הצורניות כמו ביומסת המיקרואצות הקטנות מ-  $5\mu\text{m}$  הלכה וירדה מפתח הקישון מערבה לכיוון המים העמוקים (איור 41). ביומסת הבקטריות הכחוליות הייתה גדולה יותר בתחנות הרדודות במפרץ, אך שיעורן בביומסה הכללית הלך ועלה עם ההתרחקות מפתח הקישון, כפי שנמצא לאורך שנים, והן היוו 64% מהביומסה הכללית בשתי התחנות העמוקות ביותר (איור 46). ביומסת הדינופלגלטים ירדה באופן ניכר יחסית לשנה קודמת בתחנת פתח הקישון ובתחנה הסמוכה לה (איור 47) והייתה נמוכה מאוד השנה יחסית לשלוש שנים אחרונות. מיני דינופלגלטים קטנים מ-  $15\mu\text{m}$ , היוו את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים במפרץ, כמו גם לאורך החוף. ריכוזם היה גבוה יותר בפתח הנמל (HB5) והתחנה הסמוכה (HB4), והם היוו בממוצע  $79\% \pm 5\%$  מהביומסה הכללית של הדינופלגלטים בתחנות אלה. השנה, בשונה ממצאי שנה קודמת, מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו בתחנות מפרץ חיפה, במספר קטן ובריכוז נמוך יחסית (נספח 5).

האצות הצורניות בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה היוו 66% ו-30% מהביומסה הכללית בהתאמה (איור 47). האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, מין שכיח מאוד בפריחה בקישון, היוותה בשתי תחנות אלה  $95\% \pm 3\%$  מביומסת הצורניות. מינים שכיחים נוספים היו המין *Navicula* sp. ( $12\mu\text{m}$ ) והמין *Skeletonama costatum* (נספח 5). המינים *Chaetoceros* spp. ומיני *Pseudonitzschia* spp. הופיעו גם בתחנות העמוקות יותר במפרץ, בהן ביומסת האצות הצורניות הייתה נמוכה מאוד ודומה לזו שבתחנות העמוקות לאורך החוף.



**מיקרואצות מקבוצות שונות** - בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, הופיעו, בריכוז גבוה יחסית פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* הנפוצים בקישון והמאפיינים מים במליחות נמוכה ממי ים, בנוסף הופיעו בשתי התחנות העמוקות ביותר HB1 ו-HB2 בקטריות כחוליות חוטיות, שאינן אופייניות לדיגומים עד כה והופיעו בדיגום זה גם בכל התחנות לאורך החוף (נספח 5).

**מגוון המינים** – בהשוואה לשנה קודמת, בפתח הקישון ובשתי התחנות הרדודות יותר במפרץ ישנה ירידה משמעותית במספר הכללי של המינים (איור 48). ירידה זו במספר המינים נובעת מירידה חדה במגוון מיני הדינופלגלטים בתחנת פתח הקישון ומירידה גם במספר מיני הצורניות בשתי התחנות הרדודות הסמוכות לה. לעומת זאת בשתי התחנות המרוחקות ביותר מפתח הקישון (HB1, HB2) מספר המינים נותר דומה לשנה קודמת. אינדקס השונות המתחשב במספר המינים ובביומסה, עלה באופן מובהק משפך נחל הקישון לכיוון המים העמוקים (איור 49). בהתאמה עם הירידה במגוון המינים בפתח הקישון ובשתי התחנות הרדודות הקרובות אליו, הייתה השנה ירידה באינדקס השונות בתחנות אלה, ובמיוחד בתחנה HB4, והוא נמצא נמוך יחסית לממוצע הרב שנתי. בתחנה העמוקה HB2 לעומת זאת הוא נמצא גבוה מהממוצע. בנייתו היררכי של מגוון המינים (איור 43), נמצא שתחנות פתח הקישון ושתי התחנות הסמוכות אליו נבדלות באופן מובהק מהתחנות האחרות במפרץ ומכל התחנות לאורך החוף. כמו כן מגוון המינים בתחנת HB1 שבעומק המפרץ נמצא דומה לזה שבתחנה הסמוכה לו HB2 ומגוון המינים בשניהם נמצא דומה לתחנה העמוקה של חוף דדו.

**אצות לאורך מדף היבשת** - הריכוז הממוצע של תאי המיקרופלנקטון בתחנות הרדודות ( $1.2 \times 10^8 \pm 2.6 \times 10^7$ ) היה גדול מזה שבתחנות העמוקות ( $7.1 \times 10^7 \pm 3.3 \times 10^7$ ) (איור 39). באשקלון בתחנה העמוקה חלה ירידה משמעותית (פי 10) בריכוז התאים יחסית לשנה קודמת. הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ (1) *Synechococcus sp.* היו בממוצע  $5\% \pm 92\%$  מסך כל ריכוז התאים בכל התחנות, בדומה לשנים קודמות. בתחנת ירקון חלה עלייה ניכרת בריכוז הבקטריות הכחוליות יחסית לשנה קודמת, ואילו בתחנה העמוקה באשקלון חלה ירידה ניכרת בריכוזן (איור 50).

הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים יותר במים הרדודים יחסית לעמוקים, בדומה לממצאים בדיגומים קודמים (איור 42). הבקטריות הכחוליות והמיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu m$  היו יחד את עיקר הביומסה בפני השטח בשלוש התחנות הצפוניות (איור 43). בשלוש התחנות הדרומיות, לעומת זאת, הייתה התפלגות גדולה יותר של הביומסה בין קבוצות המיקרואצות השונות. התחנה הרדודה באשקלון הייתה יוצאת דופן הן בביומסה הגבוהה יחסית לתחנות האחרות והן בכך שקבוצת הבקטריות הכחוליות היוותה בה שיעור נמוך בביומסה הכללית (19%), יחסית לתחנות האחרות ( $3\% \pm 39$ ). במים העמוקים בארבע התחנות הצפוניות ביומסת הבקטריות הכחוליות הייתה דומיננטית והבקטריות הכחוליות היו  $5\% \pm 61$  מהביומסה הכללית, לעומת  $5\% \pm 29$  בשתי התחנות הדרומיות ביותר, שורק ואשקלון.

ביומסת האצות הצורניות הייתה גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 43), והיא הייתה גבוהה יותר בתחנות הרדודות בירקון ובאשקלון יחסית לתחנות האחרות.

ביומסת הצורניות ירדה באופן ניכר בכל התחנות הרדודות יחסית לשנה קודמת, להוציא התחנה הרדודה באשקלון שם היא עלתה (**איור 52**). המינים הדומיננטיים מבין האצות הצורניות היו מיני *Chaetoceros spp.* שהופיעו בריכוז גדול יותר במים הרדודים, ואפיינו בדרך כלל את שלוש התחנות הדרומיות יותר. מיני *Pseudonitzschia spp.* ו-*Cylindrotheca closterium*, הופיעו במרבית התחנות ובדרך כלל בריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות. בשלוש התחנות הרדודות הדרומיות ביומסת הדינופלגלטים הייתה גבוהה יחסית לתחנות הצפוניות ולמים העמוקים (**איור 43**). כמו כן נמצאה בתחנות אלה עלייה הדרגתית בביומסת הדינופלגלטים מכיוון צפון לדרום, כשבתחנת אשקלון הביומסת שלהם הייתה הגדולה ביותר, והם היוו 25% מהביומסה הכללית בתחנה זו. מבין הדינופלגלטים המינים הקטנים (עד 15µm) היו הנפוצים ביותר (**נספח 5**) והיוו בממוצע כ-18%±44% מביומסת הדינופלגלטים בכל התחנות. המין *Ceratium kofoidii*, הנפוץ בדיגומים לאורך החוף, היה שכיח יותר בתחנות הרדודות הדרומיות. הדינופלגלט *Ceratium furca*, הידוע כבעל פוטנציאל ליצירת פריחות, הופיע בריכוז גבוה יחסית לדיגומים אחרים בתחנה הרדודה באשקלון. המין השכיח בכל הדיגומים (**54**) *Protoperdinium sp.* הופיע בריכוז גדול יותר במים הרדודים. מבין הדינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיע המין *Prorocentrum minimum* בריכוז נמוך מאוד בדרך כלל, ובתחנה הרדודה באשקלון בריכוז בינוני. גם המין *Akashiwo sanguinea* הופיע בתחנות הרדודות שורק ואשקלון בריכוז גבוה יחסית לתחנות האחרות ולשנה קודמת אם כי בריכוז הנחשב עדיין נמוך. מינים אחרים בעלי פוטנציאל ליצירת פריחות רעילות הופיעו בריכוז נמוך מאוד.

**מגוון המינים** – בתחנת ירקון נראתה עלייה גדולה יחסית לשנה קודמת במספר המינים (**איור 48**) ומקורה בעלייה במגוון מיני דינופלגלטים ומיני בקטריות כחוליות. גם בתחנה הרדודה בתנינים, הייתה עלייה במספר המינים מכל הקבוצות. תחנה זו מאופיינת גם השנה במגוון גדול של מיני אצות מקבוצת הירוקיות ושל מיני בקטריות כחוליות יחסית לתחנות האחרות (**נספח 5**). בחוף דדו לעומת זאת נראתה ירידה חדה במגוון מיני הצורניות והדינופלגלטים יחסית לשנה קודמת. השנה באופן יוצא דופן, הופיע בכל התחנות לאורך החוף מגוון גדול של בקטריות כחוליות, שהשכיחה בהן הייתה בקטריה כחולית חוטית מהמין *Lyngbya spp.* בנוסף, נמצאה במרבית התחנות לאורך החוף אצה ירוקית חוטית מהמין *Percursaria percursa*, מסדרת ה-Ulvales. אצה רב תאית זו לא איפיינה את הדיגומים עד כה, אם כי נראתה בריכוז קטן מאוד בעבר.

### **מגמות בזמן ובמרחב (2002 – 2010)**

**אצות במפרץ חיפה** – קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול הביומסה וריכוז הכלורופיל מחלקו המערבי של המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (**איורים 53, 54**). גם הרכב המינים משתנה לאורך חתך זה, כאשר קרוב לשפך מופיעים מיני צורניות קטנות בריכוז גבוה, מיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר, ומיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים. גבוה יחסית. אולם השנה נראתה ירידה חדה במגוון מיני הדינופלגלטים ובריכוזם בשפך הקישון ובתחנה הסמוכה. המגמה של שיעור (באחוזים מהביומסה הכללית) נמוך

יחסית של ביומסת בקטריות כחוליות מהמין הנפוץ בים (1) *Synechococcus sp.* בפתח הקישון, ועלייה הדרגתית לכיוון המים העמוקים במפרץ נשמרת (איור 46), ובאופן דומה שיעורן גדול יותר בדרך כלל, במים העמוקים יחסית למים הרדודים לאורך החוף (איור 51).

בהשוואה עם ממוצעי הביומסה בשנים 2002-2010 (איור 53) נמצאה השנה עלייה בביומסה בתחנה הרדודה הסמוכה לפתח הקישון (HB5), ואילו בריכוז הכלורופיל הייתה עלייה ניכרת בתחנות פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה (איור 54). בשתי התחנות העמוקות של המפרץ ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נשארים נמוכים יחסית וקבועים לאורך השנים.

**אצות לאורך מדף היבשת** – קיימת מגמה רב-שנתית שמראה ביומסה של מיקרופלנקטון וריכוז כלורופיל גדולים יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות לאורך החוף (איורים 55, 56). בנוסף, בהשוואה רב-שנתית (שנים 2002-2010) בין התחנות הרדודות נמצא שהביומסה וריכוזי הכלורופיל הממוצעים היו הגבוהים ביותר בתחנה הרדודה בירקון. בתחנה הרדודה באשקלון הביומסה הממוצעת הייתה גבוהה גם כן ולא נבדלה באופן מובהק מתחנת ירקון, אך גם לא מהתחנות הרדודות האחרות, להוציא תחנת אלכסנדר שבה הביומסה הייתה הנמוכה ביותר (איור 55). בהשוואה רב-שנתית בין התחנות העמוקות נמצא שהביומסה וריכוז הכלורופיל בתחנה העמוקה באשקלון היו הגבוהים ביותר, אולם הבדל זה נמצא מובהק רק לגבי הביומסה.

ב-2010 הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל היו הגבוהים ביותר במים הרדודים בתחנות אשקלון כפי שנמצא בשנה שעברה (איור 42). גם השנה ממוצע הביומסה הרב-שנתי של המיקרופלנקטון בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף גדול באופן מובהק באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) מאשר בחלקו הצפוני של החוף (איור 55).

מעקב אחר מגוון המינים מאפשר לאמוד את השינויים בהרכב הפיטופלנקטון לאורך החוף. מגוון מינים קטן מאפיין בדרך כלל מים איאוטרופיים, ומלווה תדיר בפריחה של מספר מצומצם של מיני אצות כפי שנמצא לדוגמה בפתח נמל הקישון. במים אוליגוטרופיים מגוון המינים בד"כ כלל גדול הרבה יותר. השינויים במאסף המיקרואצות לאורך החוף הוערכו באמצעות "אינדקס השונות" המחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של ביומסת התאים. אינדקס השונות קטן לכיוון פנים מפרץ חיפה, ונמצא קטן באופן מובהק בתחנת פתח הקישון, ובתחנה הסמוכה לו יחסית לתחנות האחרות במפרץ (איור 49). גם בדיגום 2010 נראית ירידה באינדקס השונות בתחנה הסמוכה לפתח הקישון (HB5) כמו גם בתחנה הקרובה לה (HB4). ואילו בתחנה העמוקה HB2 נראתה עלייה באינדקס השונות.

לאורך החוף, ממוצע אינדקס השונות נמצא גדול באופן מובהק בתחנות העומק יחסית לתחנות הרדודות (איור 57). בכל התחנות הרדודות ובשתי התחנות העמוקות הדרומיות ביותר נראתה עלייה באינדקס השונות ב-2010 יחסית לממוצע הרב-שנתי. עלייה זו נובעת מעלייה במגוון המינים, ובעיקר של מיני דינופלגלטים ובקטריות כחוליות, ומירידה בביומסה כפי שנמצא באופן בולט בשתי התחנות הדרומיות העמוקות. אינדקס השונות הממוצע בתחנות ירקון ואשקלון נמצא הקטן ביותר יחסית לתחנות הרדודות האחרות. אולם בתחנת ירקון נראית מגמת עלייה במגוון המינים ובאינדקס השונות בשלוש השנים האחרונות (איור 58). מול נחל תנינים נמצא בכל הדיגומים מגוון מינים גדול יחסית עקב כניסה של מיני אצות המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יותר, ומספר המינים הממוצע מכל שנות הדיגום בתחנה הרדודה בתנינים גבוה באופן

מובהק יחסית לכל התחנות הרדודות האחרות. אזור זה מושפע ככל הנראה גם מהזרמות של שפכי בריכות דגים. אינדקס השונות הממוצע מהתחנות הדרומיות (ירקון עד אשקלון) קטן באופן מובהק, בשנים 2002 – 2010, יחסית לתחנות הצפוניות (אלכסנדר עד חוף דדו) (איור 57).

ריכוז תאים גבוה, ביומסה גדולה וריכוז כלורופיל גבוה בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות, יחד עם אינדקס שונות קטן יחסית בתחנות הרדודות לעומת התחנות העמוקות, מצביעים על העשרה של חומרי דשן במים הרדודים לאורך החוף. במפרץ חיפה בתחנות הקרובות לשפך נחל הקישון, הפרמטרים של ריכוז תאים וביומסה גדולים הרבה יותר יחסית לעומק המפרץ ולכל התחנות לאורך החוף, ובהתאמה אינדקס השונות נמצא בהם קטן יותר, במיוחד בשפך נחל הקישון. הדבר מצביע באופן ברור על איאטרופיקציה של המים בכל שנות הדיגום בתחנות הסמוכות לשפך הקישון.

## אוכלוסיות חי הקרקעית

הרכב חברות חי הקרקעית (infauna) נבדק ב-4 תחנות במפרץ חיפה (נעמן – 7.1 מ', פרוטארום – 8.5 מ' וקריית חיים בעומק 9.6 מ' לערך, ומול מוצא הקישון בעומק 10.9 מ') ו-9 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לזיקים, בעומק מים של כ-6.7-12.7 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, מוצא קולחי הרצליה, ירקון, שורק, אשדוד ואשקלון). בסה"כ נאספו, מיונו ונספרו 46,843 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות Spionidae (12,961 פרטים), סרטנאים מהסוגים *Canuella aff. perplexa* (2311) ו*Canuellina insignis* (2099 פרטים), *Cristapeudes omercooperi* (3167 פרטים) והצדפה *Mactra stultorum* (7314).

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בנספח 6. במרבית תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים.

קיבוצי חי המצע (הקרקעית) הם אוספי מינים בעלי תפוצה ייחודית, משום שכל מין מגיב למערכת הגדרות סביבתית ייחודית. כאשר התנאים ההידרולוגיים דומים ובהעדר השפעות אנתרופוגניות, אופי המצע, העומק והטמפרטורה קובעים במידה רבה את הרכב חברות החי בסביבתן הטבעית. בדרך כלל, אופי המצע הוא הגורם המכריע. גם בטווח עומקים קטן אנו מוצאים הבדלים בגודל גרגר המשפיעים על הרכב החי.

אחת ההשפעות האנתרופוגניות הבולטות לאורך החוף הישראלי היא העשרה בחומר אורגני במקומות מסוימים. תגובת חברות החי לרמות נמוכות של העשרה בחומר אורגני היא עלייה בייצור (השקול לביומסה) ובשונות החי (מגוון המינים). רמות גבוהות יותר של חומר אורגני מביאות לירידה בשונות, אף כי הייצור יכול להישאר גבוה. תולעים רב-זיפיות ממשפחות מסוימות מהוות סמנים (indicators) להעשרה אורגנית, משום שהן יצורים אופורטוניסטים המצויים בכמויות גדולות יותר באזורים מופרעים.

הדגימות שנאספו במפרץ חיפה מול נחל הקישון, נעמן, קריית חיים, היו מן העשירות ביותר במספר הפרטים כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית, אולם גם הדגימות מול אשקלון עתירות פרטים. אמנם מספר הפרטים של תולעים ממשפחת ה-Capitellidae הוא גדול יותר באזור שפך הקישון (נספח 6) ומעיד על זיהומו, אולם המספר הרב של תולעים וסרטנאים עמידים זיהום בכל המפרץ מעיד על מצבו השונה.

התחנות בהן נמצא המספר הממוצע הגבוה ביותר של פרטים הן (בסדר יורד): קריית חיים, אשקלון, קישון, נעמן, (4101, 2950, 2169, 1654 בהתאמה). המספרים הנמוכים ביותר נמצאו מול שורק (364), אשדוד (292) ודדו (286). ביתר התחנות נמצאו ערכי ביניים (איורים 59, 60a). היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג באיור 61. בקישון היוו התולעים כרבע ממספר הפרטים שנאספו, ובנעמן וקריית חיים יותר ממחצית (איור 59). אולם קבוצות נוספות, כ-Mollusca, בנתונים מסוימים, מהוות סמן להעשרה אורגנית גבוהה, והן אכן נמצאו במספרים גבוהים ביותר באשקלון.

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאונליסטית דומה. שיטות המיון שנבחרו הן אגד היררכיאלי (clustering) (איור 62) ופסיקה (ordination) (איור 63). קיבוץ היררכיאלי של הנתונים נעשה בנתונים שעברו טרנספורמציה של פעמיים שורש מרובע באמצעות מקדם דמיון Bray-Curtis, היעיל לסקירת חברות ימיות בהיותו חסר רגישות לערכים גבוהים (FAO, 1992). Multi Dimensional Scaling - MDS היא השיטה המועדפת בשיטות הפסיקה במחקרים העוסקים בהפרעות סביבתיות, ונבדקת באמצעות התוכנה Plymouth Primer 5, Routine In Multivariate Ecological Research.

הן במיון ההיררכיאלי והן בפסיקה בולט ההבדל בין הדגימות שנאספו בתוך מפרץ חיפה ודגימת אשקלון לבין אלו שנאספו לאורך החוף. הדגימות שנאספו מול ירקון, הרצליה, פולג, אלכסנדר ותנינים צבורות יחדיו.

השוואה בין נתוני 2010 והשנים הקודמות מראה על ירידה משמעותית במספר הפרטים שנאספו בכל התחנות לבד מקריית חיים ואשקלון. מספרי הטכסה המצויים בדגימות ירדו, לבד ממספרי הטכסה בתחנות קריית חיים ופרוטארום (איורים 64, 65).

## פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי

פיילוט של תכנית ניטור של חברת החי והצומח על טבלאות הגידוד החל בסוף 2009. במסגרת התכנית נדגמים עשרה אתרים פעם בשנה בעונת הסתיו, וארבעה אתרי ליבה (אכזיב, שקמונה, הבונים ופלמחים) נדגמים עונתית על מנת לבחון שינויים עונתיים (ראה איור להלן). הדיגום

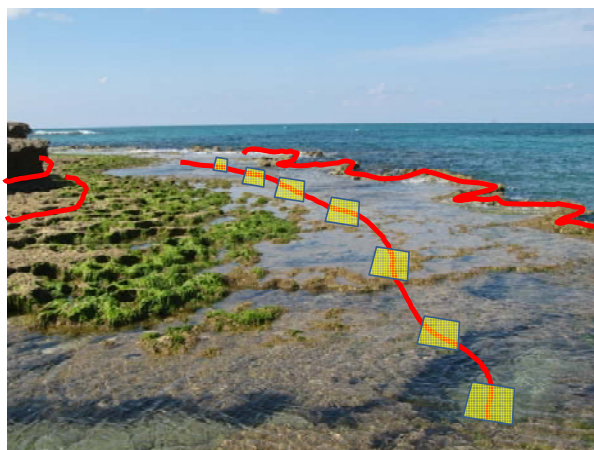
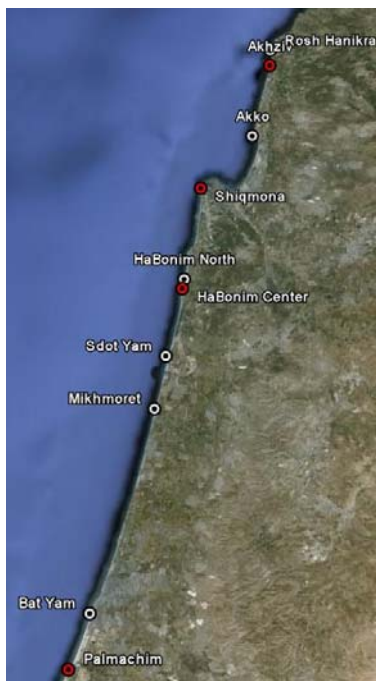
נעשה בעזרת ריבועי דיגום בגודל 50 על 50 ס"מ המונחים לאורך חתכים המסומנים בעזרת ברגי נירוסטה בארבע רצועות המקבילות לקו החוף מקו המים ועד גב הטבלאות (ראה איור להלן). ישנן שתי רצועות בחגורת הכרית האמצעי-תחתון (low-mid shore) על טבלת הגידוד: שולי הטבלה (platform edge) באזור הכרכוב ומרכז הטבלה (platform center), ושתי רצועות בגב הטבלה המאופיינת לרוב בסלע באוריינטציה אנכית או במדרון מתון: אמצע כרית תחתון (low-mid shore) ואמצע כרית אמצעי (mid-mid shore). בחלק מן האתרים היה חסר גב טבלה ורק החגורות על הטבלה נדגמו. במקביל לדיגום הביולוגי, מתבצע בארבעה אתרי הליכה כל חודש ניטור של תנאים סביבתיים הכוללים טמפרטורת אוויר ומי ים בעזרת אוגרי נתונים דיגיטליים קבועים על הסלע וכן נתונים ביוכימיים (נוטריאנטים וכלורופיל). הטבלה להלן מפרטת את תכנית הניטור. עד כה נעשה ניטור בסתיו 2009 וכן בחורף, אביב, קיץ וסתיו 2010 וב-2011 חורף, אביב וקיץ. דיגום המים החל בסוף פברואר 2010. הדיגום האקולוגי של חברות החי והצומח בקיץ הינו בעייתי בשל מפלסי ים גבוהים ומצב ים גרוע לאורך כל העונה שאפשר לעיתים דיגום חלקי בלבד.

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי המצוי רק בחופים דרומים של הים התיכון במקומות בהם הסלע רך יחסית (כמו כורכר או גיר). מיקומן בקצה האגן המזרחי של הים התיכון מהווה גם את קצה גבול התפוצה של חלק מן המינים הים תיכוניים. אחד הגורמים העיקרים ההופכים את טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל לבית גידול ייחודי מסוגו הינו קיום של מבנה ביוגני מוגבה בשולי הטבלה (כרכוב), ברוחב וגובה של כ-10-20 ס"מ, הנוצר על-ידי צינורות גירניים אותם בונים חלזונות קבועי מקום מהמין *צ'ינרון בונה*, *Dendropoma petraeum*. ההשערה היא כי בנייה ביוגנית מתמדת זו של צינורות החילזון שומרת על הטבלה מפני בליית הסלע בגובה פני הים. בית גידול זה לא נחקר בצורה יסודית עד כה וקיימים רק נתונים מועטים ביותר על השונות במרחב ובזמן במבנה החברה האקולוגית. מאידך, בית גידול זה חשוף לעקוות רבות, הן מקומיות והן אזוריות היכולות להשפיע על החברה האקולוגית.

טבלת הפרמטרים השונים הנבדקים במהלך פרויקט הניטור, כולל פרויקט נלווה של מדידת גיוס של חסרי חוליות דומיננטיים. האותיות מראות את תדירות הדיגום לפי הפירוט למטה.

		כימיה דיגמות מים										פיזיקה YSI		פיז'	ביולוגיה			
		BOD	סיליקה	פוספט	אמוניה	ניטרט	ניטרט	כלורופיל	המגן	מליחות	pH	טמפי'	טמפי'	Turbid loggers *	גיוס בלוטום *	גיוס צרפות *	חברה אקולוגית חת-כרית	חברה אקולוגית כרית
אתר	צ																Y	ראש הנקרה
	פ	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M			S	אכזיב
	ו																Y	עכו
	א	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M			S	שיקמונה צפון
	מ																Y	הבונים צפון
	ר	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M			S	הבונים מרכז
	כ																Y	שדות ים
	ז																Y	מכמורת
דרום	בת ים																Y	
	פלמחים	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M			S	

פרויקט מתלווה\*  
חברה אקולוגית = עושר מינים ושכיחות של כל המאקרו אצות וחסרי החוליות בחמישה-עשר ריבועים לאורך חתכים בארבע חגורות אנכיות או אופקיות בבית הגידוד  
Y = yearly      Oct-Nov  
S = Seasonally      Oct, Jan, May, July  
M = Monthly  
C = Continuous



מפת אתרי הדיגום בתכנית הניטור. באדום – אתרי

הליבה. צילום אילוסטרציה מחוף דור-הבוניס המדגים את מיקום חגורות הדיגום בתכנית הניטור

### עושר מינים

סך הכל נספרו בדיגומי סתיו 2010, שכללו את כל האתרים, 74 טקסונים, מהם 43 אצות ו-31 חסרי חוליות. חשוב לציין כי בסקר מסוג זה ישנה הערכת חסר גדולה של סרטנים ניידים ודגים וכן מינים קריפטניים יותר, כמו שושנות ים. לצורך תעודם הכמותי יש צורך בשיטות משלימות, שייתכן שיתוספו לניטור בהמשך. גם בשנת 2010 נמצא כי עושר המינים גבוה יותר בשולי הטבלה ברוב האתרים, לעומת מרכז הטבלה (איור 66 א'). נראה כי ב-2010 עושר המינים גדול יותר מאשר ב-2009 במרבית האתרים (איור 66 ב'). הסיבה לכך קרוב לוודאי היא שיפור ביכולת הזיהוי וההפרדה בין המינים עם התקדמות הפיילוט של תכנית הניטור.

### מבנה חברות

בעזרת שימוש בתוכנת PRIMER-6 התבצעה אנליזה רבת-משתנים של מדדי דימיון בין חברות ונבדק מבנה החברה וכיצד הוא משתנה במרחב ובזמן.

### שונות מרחבית

ניתוח נתונים מראה שונות רבה במבנה החברה בין האתרים השונים לאורך החוף גם ב-2009 וגם ב-2010 (איור 67). לא נראה דגם ברור של שינוי מבנה חברות לאורך החוף מצפון לדרום (אין התקבצות אתרים לפי אזורים) חוץ משולי הטבלה בבת-ים ופלמחים (האתרים הדרומיים) שנראים קרובים יחסית זה לזה. שני אתרים אלה חסרי כרכוב לחלוטין, והסיבה לדמיון ביניהם

אולי נעוצה בכך. השונות הרבה נגרמת כנראה בעיקר בשל מבנה וגודל הטבלאות - נושא שייבדק בשנים הקרובות. באיור של אזור שולי הטבלה מקיפות אליפסות את אותו אתר משתי שנות המחקר על מנת להראות כי ישנו דמיון רב יחסית בין השנים בכל אתר מחד, ומאיך האתרים שומרים על השוני ביניהם בין השנים, פרט לאתרים "הבוניס מרכז" (HB-2) ו"אכזיב" (AK).

**איור 68** מדגים את דגם השכיחות של שישה מינים דומיננטיים מבין חסרי החוליות המרפדים והאצות בעזרת עיגולים המציינים את אחוז הכיסוי לכל אתר על אורדינציה ה-MDS. חסרי החוליות הם צדפות (בעיקר הצדפה הפולשת בוצית מגוונת) ושלושולן משולש (Vermetus), החילזון הורמטיד שעדיין קיים בחופינו. ניתן לראות כי בכל המקרים הכיסוי משתנה מאוד בין האתרים. ניתן לראות כי מרבית אוכלוסיית השלושולנים נמצאת באתרים הצפוניים ואינה נמצאת כלל באתרי הדרום.

#### שונות בזמן

באורדינציה המתארת את דמיון החברות בארבעת אתרי הליבה בשש עונות הדיגום הראשונות כולל חורף 2011 (**איור 69**) ניתן לראות בברור את השינוי העונתי במבנה החברה, כאשר החברה חוזרת להיות דומה בין הסתיויים של שתי השנים בשלושה מבין ארבעת האתרים (באכזיב ניכר שינוי רב בין שתי השנים). השינוי ניכר במידה הפחותה ביותר באתר פלמחים, שם החברה לא השתנתה מאוד בין שש העונות יחסית לאתרים האחרים.

#### **מצבו של הורמטיד, צינורן בונה**

גם בשנת 2010 בכל האתרים ובכל העונות לא נמצאו פרטים חיים של הצינורן הבונה, ובטבלאות מסוימות חסר כבר הכרכוב כמעט לחלוטין.

להעלמות אוכלוסיות החילזון בונה הכרכוב עלולות להיות השלכות מרחיקות לכת על בית הגידול והחברה האקולוגית המתקיימת בו. ייתכן שבית הגידול כולו מצוי בסכנה הכחדה עקב בלייה מכיוון שנעלמה ההגנה הביוגנית. החשיבות של הצינורן לקיום בית הגידול הסלעי עצמו הינה קריטית, ולכן חשוב לעקוב אחר מצב הצינורן ולהבין את ההשלכות של היעלמותו מהחוף הישראלי.

בשימוש בנתונים משנות התשעים ומתוכנית ניטור זו אפשר לראות את הקריסה של אוכלוסיות מין חשוב נוסף, החילזון הטורף הגדול ארגמנית אדומת פה (*Stramonita haemastoma*), שהיה פעם נפוץ בחופינו (**איור 70**). האוכלוסייה הגדולה ביותר שנדגמה בשנות התשעים הייתה באתר מסוים באכזיב. נמצא כי בתקופה האחרונה אוכלוסייה זו לא קיימת יותר, והמין נעשה נדיר ביותר ולמעשה לא נצפה באף אחד מן החתכים גם בשנת 2010. רק שלושה פרטים גדולים וזקנים שלו נמצאו בלגונה בעכו בשנת 2009 ועוד אחד בצלילה בחוף הבונים ב-2010. במהלך שנות התשעים נמצא, כי לא היה כל גיוס של פרטים צעירים של חילזון זה באף אחד מאתרי הדיגום, כך שאין זה מפתיע שמין זה בסכנת הכחדה כיום. בשל העובדה שלא נעשה ניטור מסודר של החברה בבית הגידול הני"ל, לא ניתן לומר אם קריסת האוכלוסיות של שני מינים אלה הייתה מהירה או איטית, ולא ניתן לדעת מה הגורם העיקרי לקריסה זו. העלמות מינים אלה מעידה על תופעה רחבה יותר שבה מינים רבים אחרים כנראה הולכים ונעלמים מחופינו. דוגמה חשובה היא נדירות קיפודי הים



לאורך החוף בסלעי התת-כרית (**איור 70**, עבור הקיפוד הסגול *Paracentrotus lividus*) שנצפתה במחקר מקביל אחר בשנה האחרונה. קיפודי ים היו בעבר נפוצים מאוד והיום נצפים פרטים בודדים בלבד. בשלב זה קשה לומר אם העלמות מינים אלה נגרמת מסיבות דומות, למשל שינוי אקלים, או שכל אחד נעלם מסיבתו הוא. לצורך כך יש צורך בניטור ומחקר ארוך טווח.

#### **נתוני דגימות מים**

כאמור, בארבעת אתרי הליבה נדגמים המים פעם בחודש לכלורופיל ונוטריאנטים. התוצאות עד עתה מראות שאתר אכזיב בעל ערכי כלורופיל גבוהים באופן משמעותי מאתרים אחרים ואילו שקמונה הנמוכים ביותר, בעיקר בתקופת סוף האביב ותחילת הקיץ (**איור 71**). באתר אכזיב נמצאו גם ערכי ניטראט גבוהים ביותר מסדר גודל לעומת האתרים האחרים. ייתכן שבאזור יש דליפה של נוטריאנטים ממי תהום, אך בשלב זה אין הסבר מלא לתופעה ויש צורך להמשיך ולחקור אותה.

ערכי הנוטריאנטים שנמדדו במהלך 2010 בארבעת אתרי הליבה מוצגים ב**איור 72**. המגמות העיקריות הנשקפות מנתונים אלה מראות, כי ערכי החנקן הכללי (TN) הגבוהים ביותר נמדדו ברוב החודשים באתר אכזיב, כאשר התרומה המרכזית היא זו של הניטרט ( $\text{NO}_3$ ), ורק בחודש מאי ישנה עלייה חדה באזור שקמונה. ישנה גם ירידה כללית בערכי הניטריט ( $\text{NO}_2$ ) בכל האתרים בין מרץ לדצמבר. ערכי הפוספט היו גבוהים יותר באזור פלמחים ברוב חודשי השנה אך לא באופן בולט. בשישה חודשים מתוך העשרה שנמדדו ערכי הסיליקה היו גם הם גבוהים יותר באכזיב.

- ASTM (1983) Designation - D3683-78. Standard test method for trace elements in coal and coke ash by atomic absorption. American Society for Testing and Materials Publisher. Pennsylvania, USA .pp.472-475.
- Booth, B.C. (1987). The use of autofluorescence for analyzing oceanic phytoplankton communities. *Marina*. 30: 101-108.
- Cuhel, R.L. and Waterbury, J.B. (1984). Biochemical composition and short term nutrient incorporation patterns in unicellular marine cyanobacterium, *Synechococcus* (WH7803) *Limnol. Oceanogr.*29(2): 370-374.
- Gordon, N. Angel D. L., Neori, A., Kress, N. and Kimor, B. (1994). Heterotrophic dinoflagellates with symbiotic cyanobacteria and nitrogen limitation in the Gulf of Aqaba. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107: 83-88.
- Herut, B., Nimmo, M., Medway, A., Chester, R. and Krom, M. D. (2001). Dry atmospheric inputs of trace metals at the Mediterranean coast of Israel (SE Mediterranean): sources and fluxes. *Atmos. Environ.*, 35: 803-813.
- Herut, B. and Kress, N. (2000). Nutrients pollution at the lower reaches of Mediterranean coastal rivers in Israel. *Wat. Sci. & Tech.*, 24: 147-152.
- Herut, B., Krom, M.D., Pan, G. and Mortimer, R. (1999). Atmospheric input of nitrogen and phosphorus to the SE Mediterranean: sources, fluxes and possible impact. *Limnol. & Oceanog.*, 44, 1683-1692
- Herut, B., Collier, R. and Krom, M.D. (2002). The role of dust in supplying N and P to the SE Mediterranean. *Limnol. & Oceanog.*, 47, 870-878.
- Hewes, C.D. and Holm-Hansen, O. (1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification by microscope. The filter-transfer-freeze (FTF) technique. *Limnol. Oceanogr.* 28: 389-394.
- Karydis, M. and Tsiirtsis, G. (1996). Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in marine environment. *Sci. Total Envir.*186: 209-219;
- Kennish M.J. (1997). *Estuarine and Marine Pollution*. CRC Marine Sciences Series. CRC Press, Boca Rato, 524 pp.
- Koçak M., Kubilay N., Herut B. and Nimmo M. (2005). Dry atmospheric fluxes of trace metals (Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Zn, Cu) over the Levantine Basin; A refined assessment. *Atmos. Environ.* 39: 7330-7341.
- Koçak M., Kubilay N., Herut B. and Nimmo M. (2007). Trace Metal Solid State Speciation in Aerosols of the Northern Levantine Basin, East Mediterranean. *J. Atmos. Chem.* 56: 239-257.
- Li, W.K.W. (1986). Experimental approaches to field mesurments: methods and interpretation. In: Platt, T. and Li, K.W. (eds.) *Photosynthetic Picoplankton*. *Canad. Bul. Fish. and Aquatic Sci.* 214, pp. 251-286.
- Li, W.K.W., Dickie, P.M., Irwin, B.D. and Wood, A.M. (1992). Biomass of bacteria, cyanobacteria, prochlorophytes and photosynthetic eukaryotes in the Sargasso Sea. *Deep Sea Res.* 39(3/4): 501-519.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19, 81-97.

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

דוח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003), המשרד לאיכות הסביבה (2004).  
גורדון, נ', חרות, ב', קרס, נ', 2009. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח. דוח  
ניטור אוקטובר 2008, מוגש לרשות נחל הקישון. מוגש לרשות נחל הקישון. דוח חיא"ל  
H18/2009.

טיבור ג., אלמוגי-לבין א., חרות ב., 2009. כיול חישה מרחוק למיפוי סינופטי של כלורופיל וחומר  
מרחף במדף היבשת של הים התיכון, ישראל. דוח חיא"ל H19/2009.

קרס, נ', גליל, ב', שהם פרידר, א', 2009. השפעה בוצה משופעלת על הסביבה הימית תוצאות  
הניטורים שנערכו בשנת 2008 באזור המוצא הימי של השפד"ן. דוח סופי, מוגש למי אזור דן  
אגודת מים שיתופית. דוח חיא"ל H27/2009.

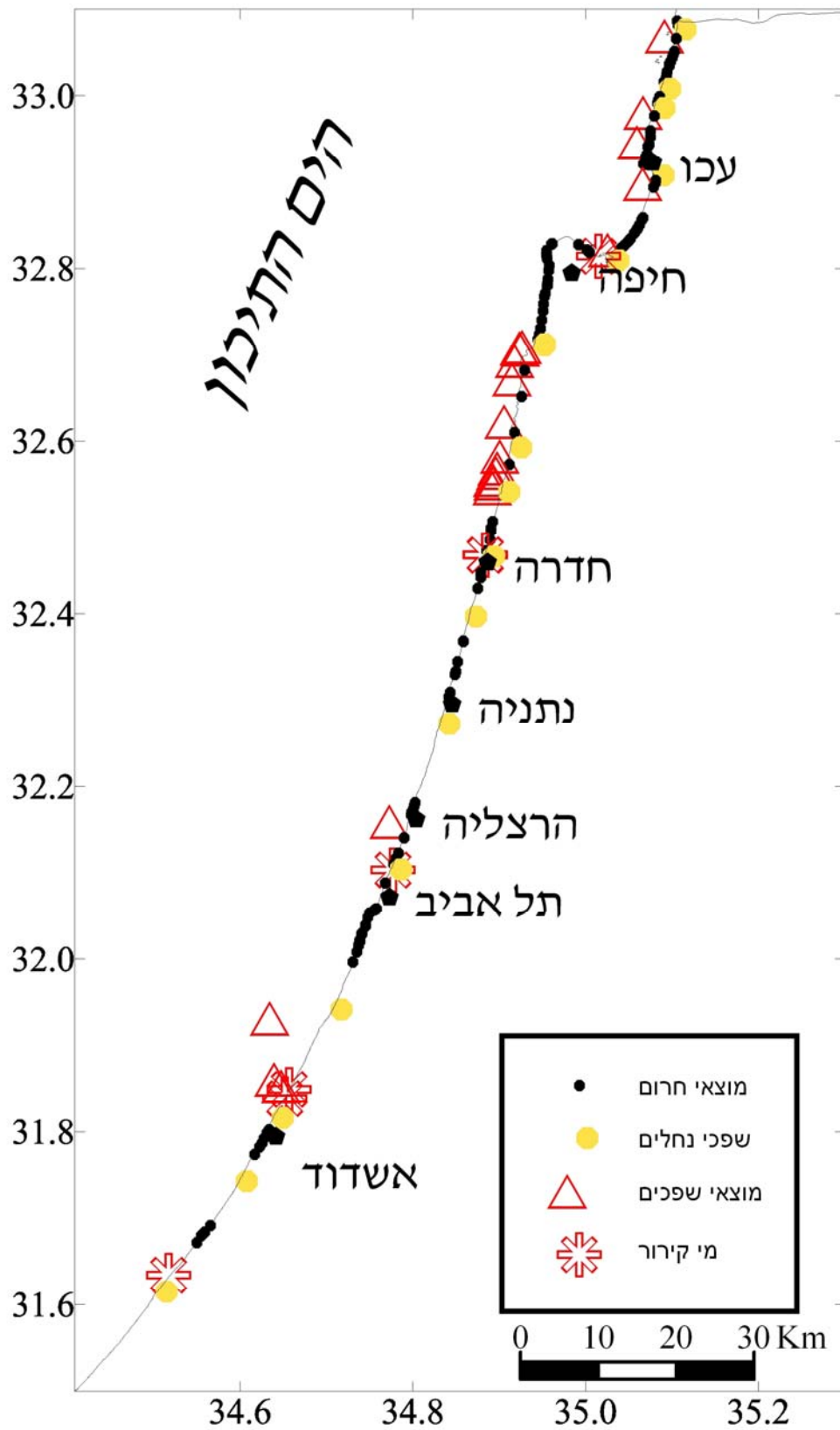
שהם-פרידר, א', קרס, נ', גורדון, נ', גליל, ב', 2009. ניטור במוצא הימי של שפכי המפעלים אגן  
יצרני כימיקלים בע"מ ופז בית זיקוק אשדוד בע"מ. דוח סופי לדיגומי 2008, מוגש לאגן יצרני  
כימיקלים בע"מ ולפז-בית זיקוק אשדוד בע"מ (טיוטה להערות). דוח חיא"ל H17/2009.

תקנות בריאות העם – איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000.

"תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל" המשרד לאיכות הסביבה, אוגוסט 2002.

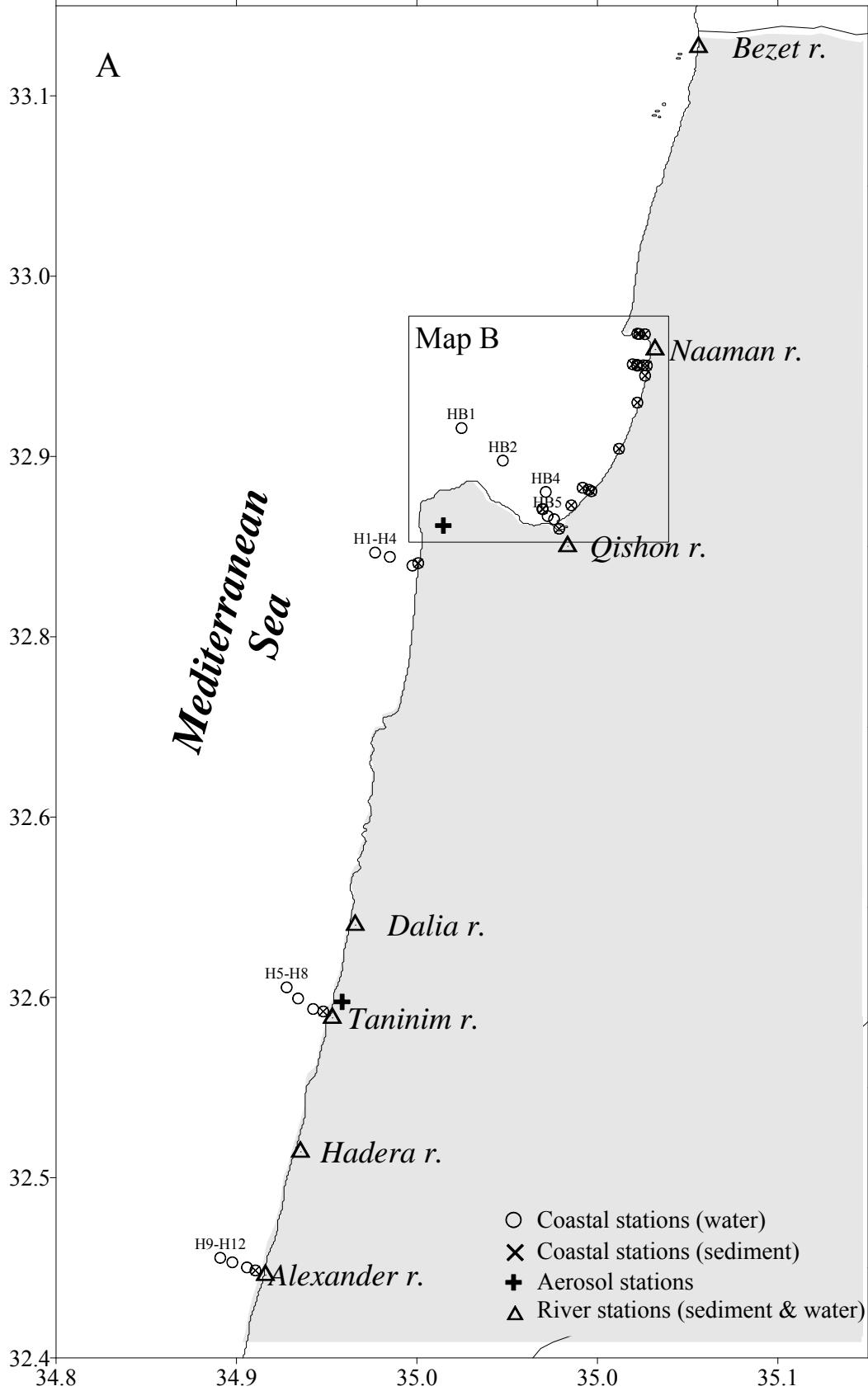
הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל-נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה  
וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2008 (רשות הטבע והגנים, יוני 2009).



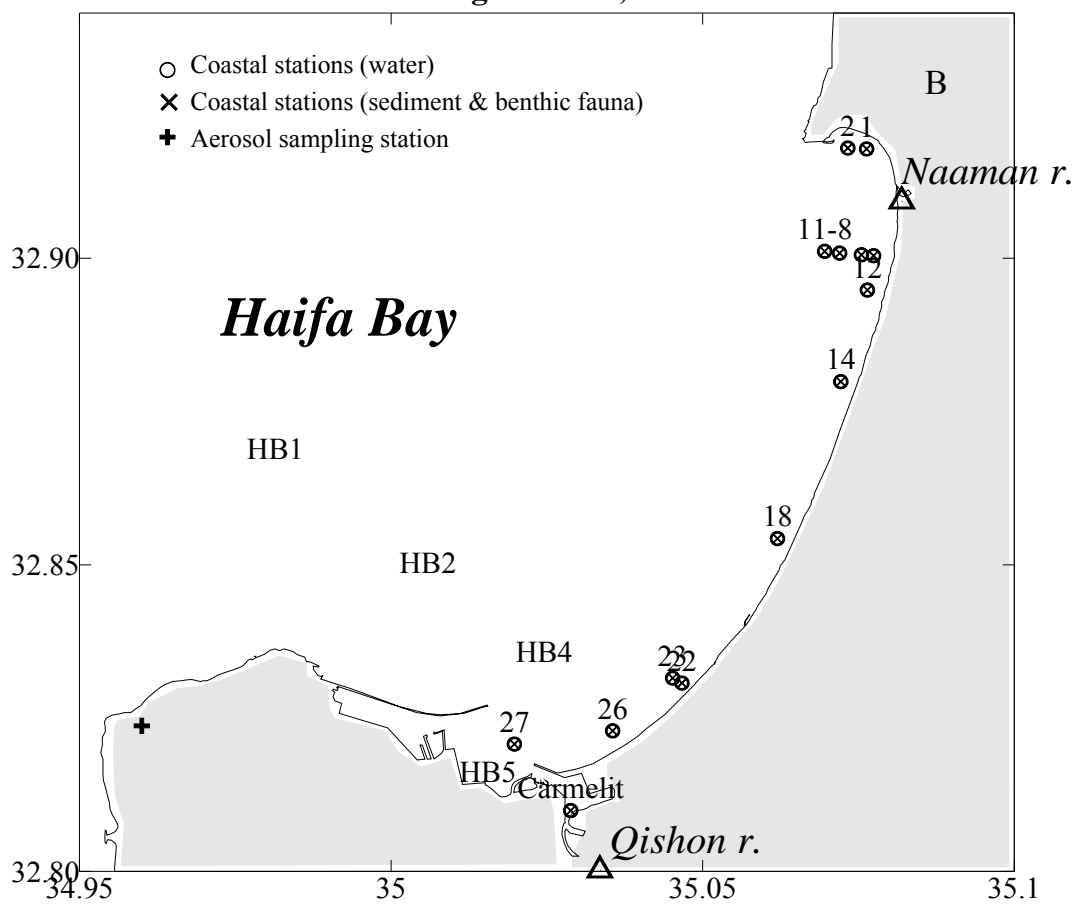
איור 1 : מפת מוצאי חירום ושפכים ממקורות יבשתיים.

Monitoring stations, 2010



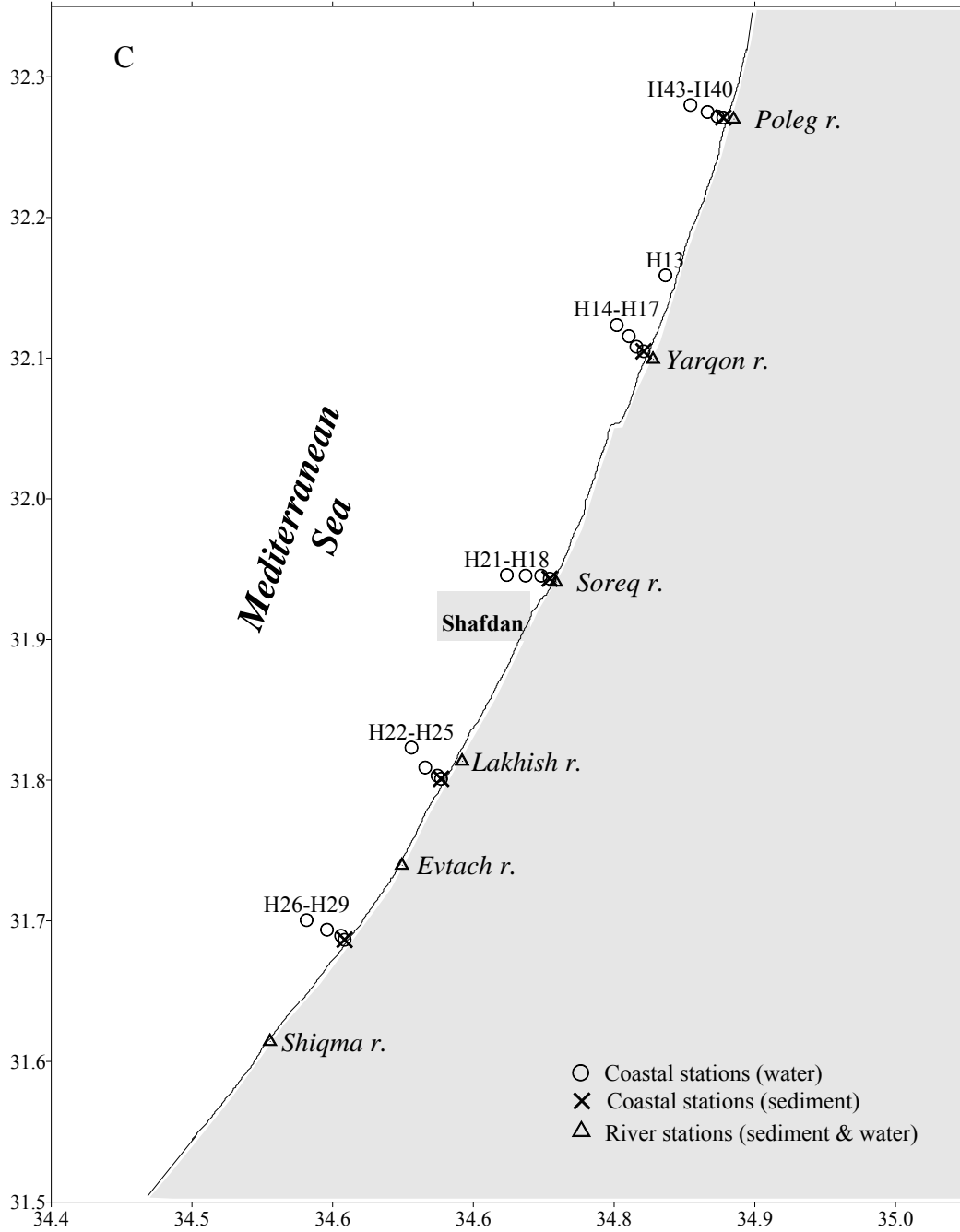
איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף (A) – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד"ן. תחנות ניטור חברות אקולוגיות ראה טקסט להלן.

### Monitoring stations, 2010

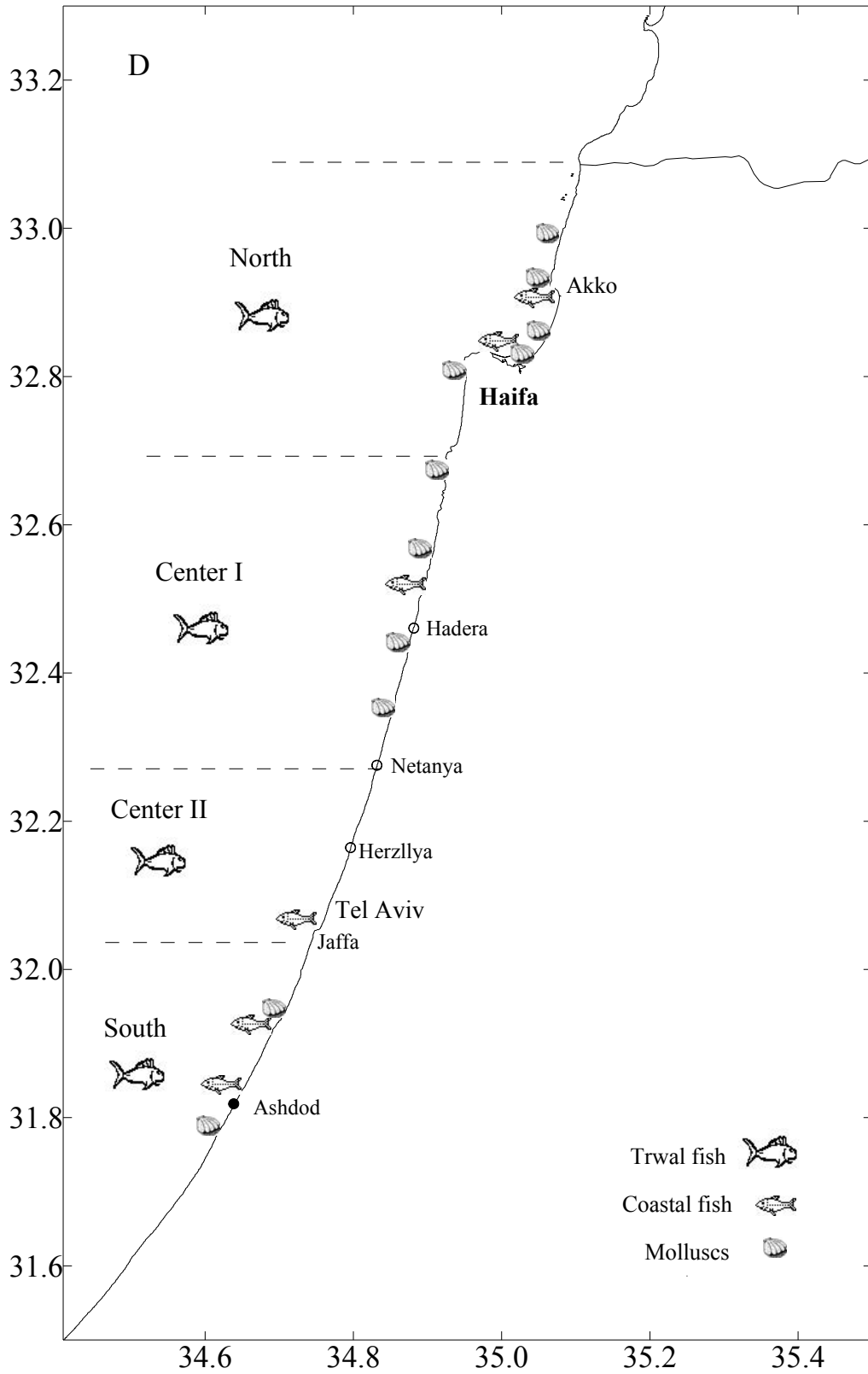


איור 2 : המשך

### Monitoring stations, 2010

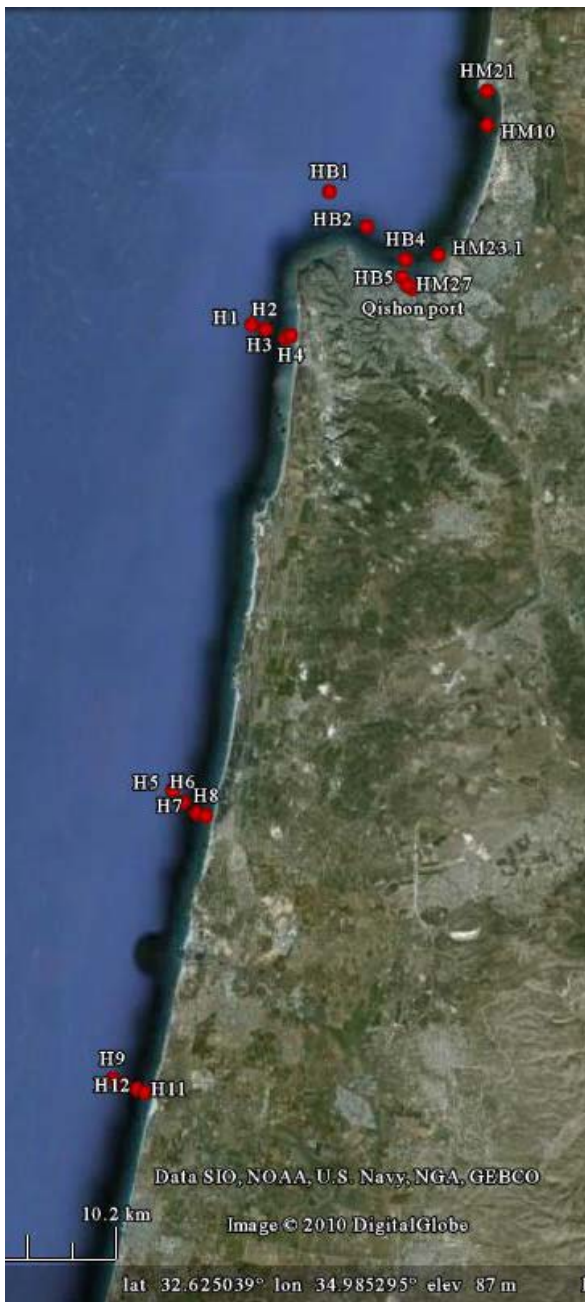


איור 2 : המשך

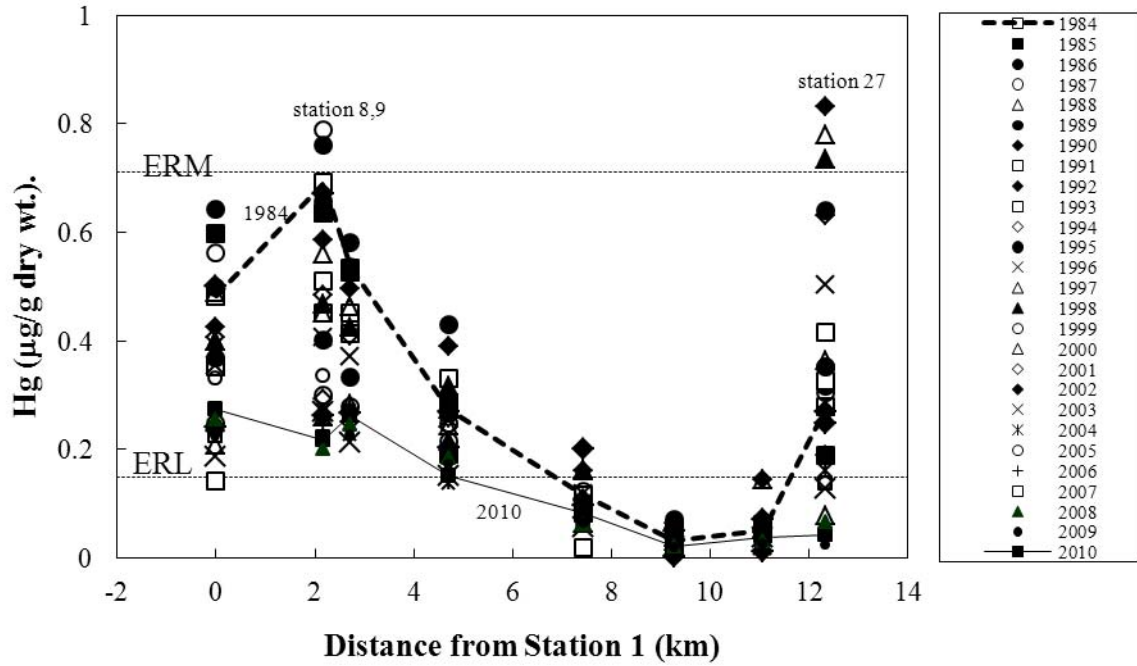


איור 2 : המשך

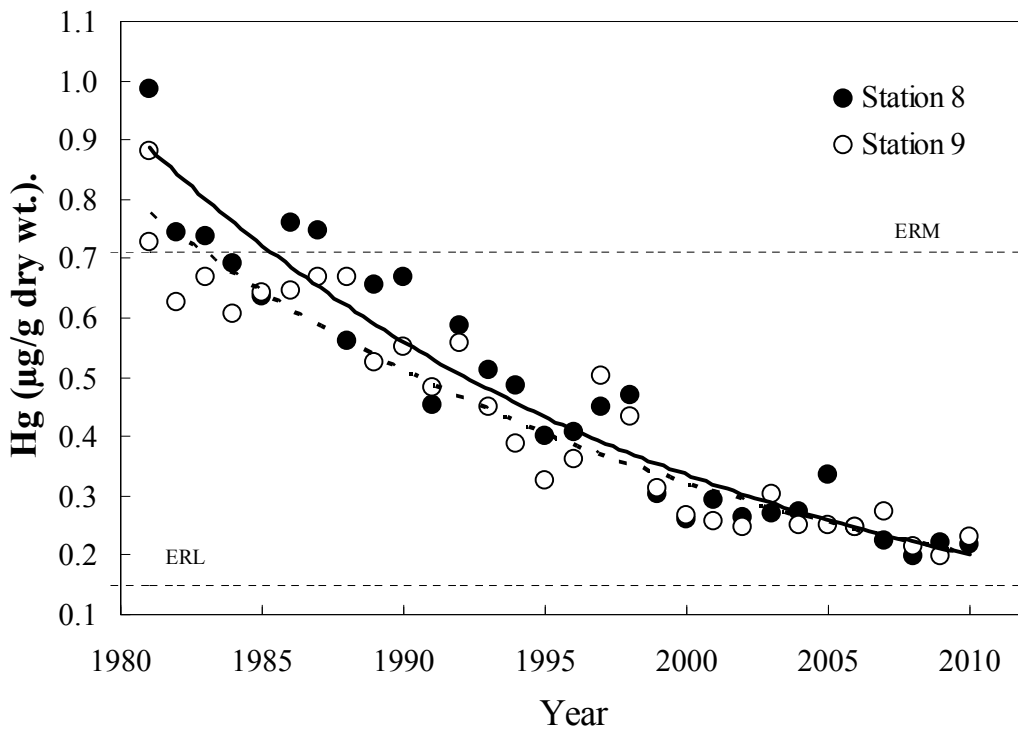




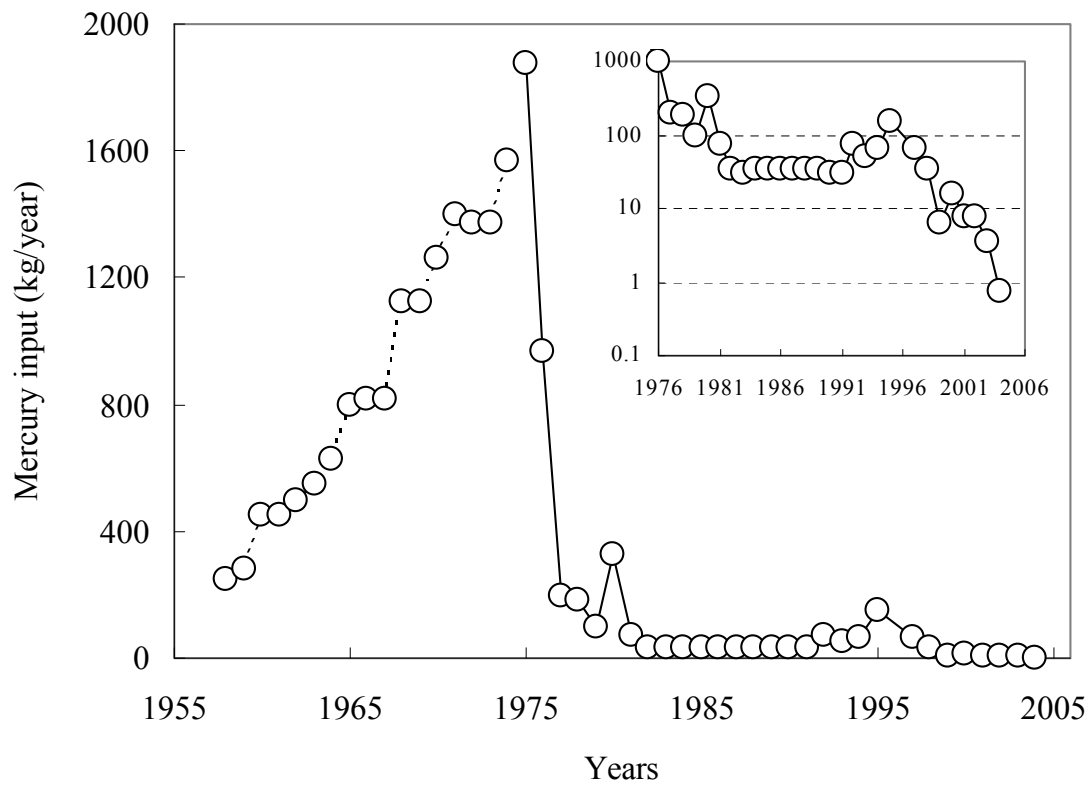
איור 2 : המשך



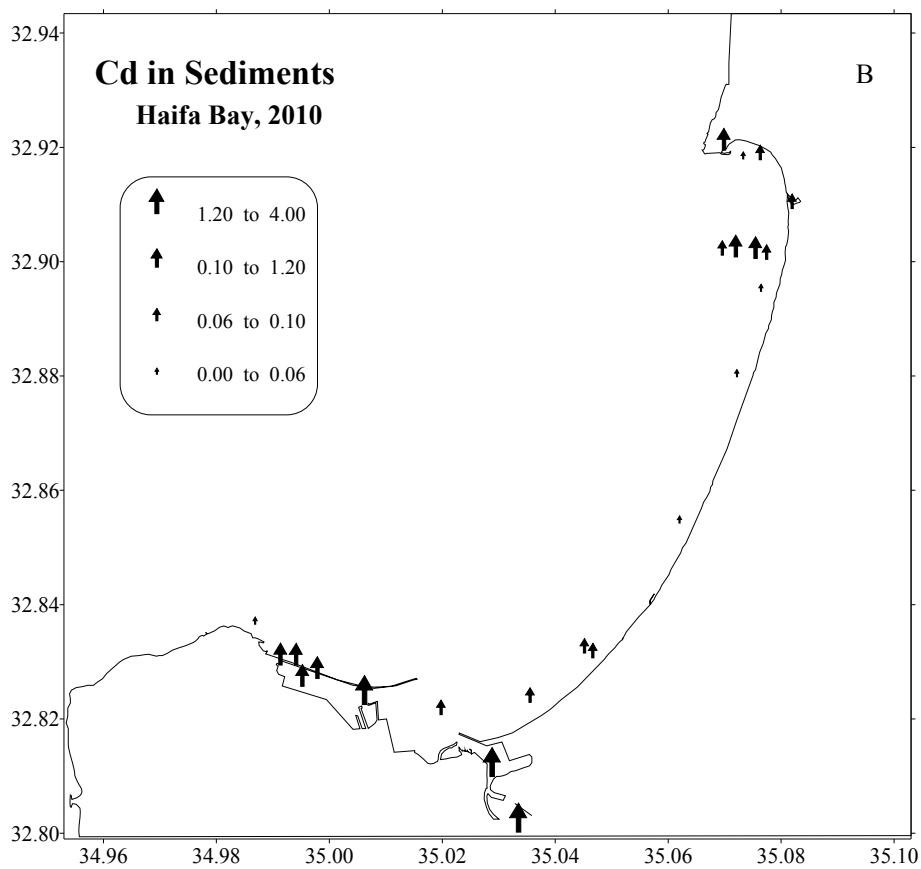
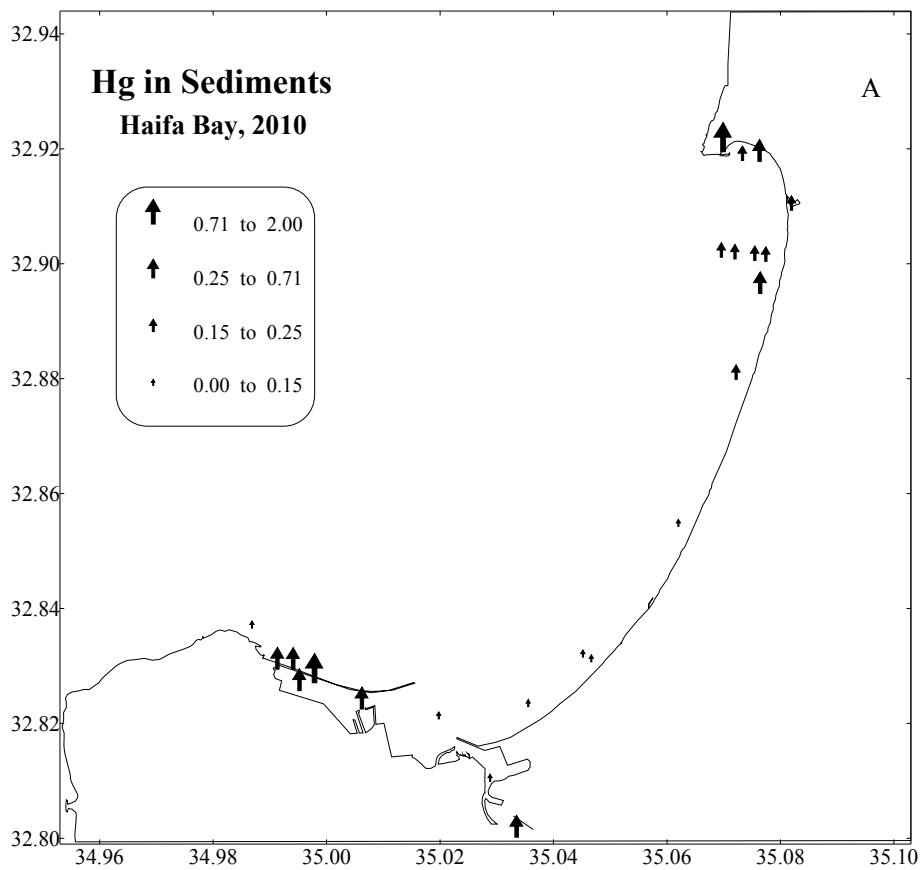
איור 3: ריכוזי כספית (µg g<sup>-1</sup> dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2010



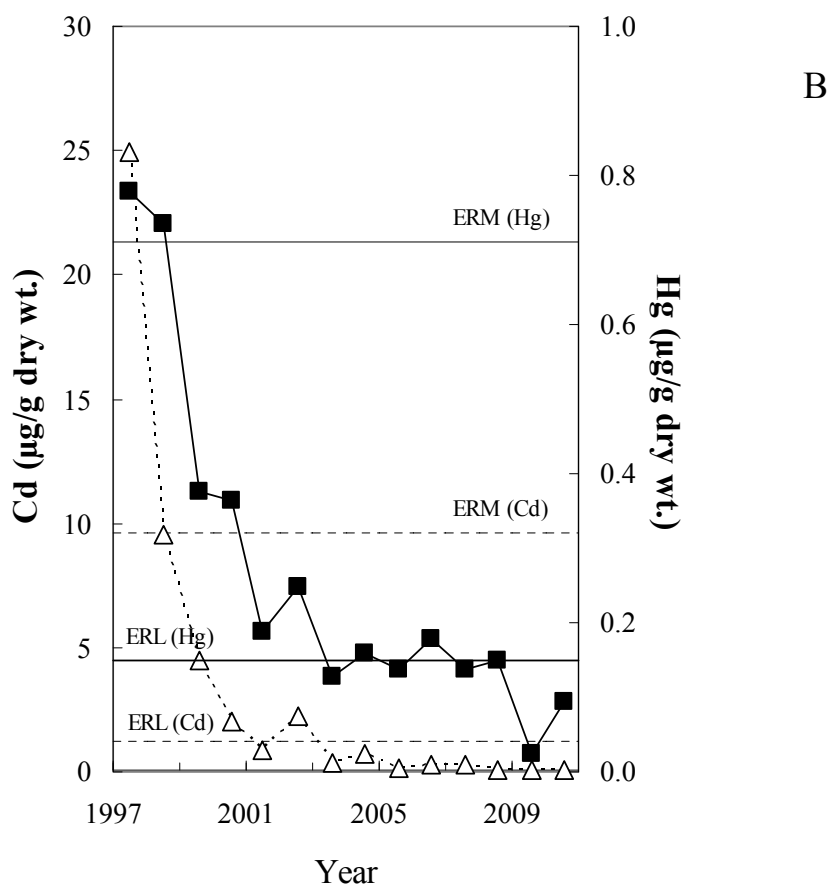
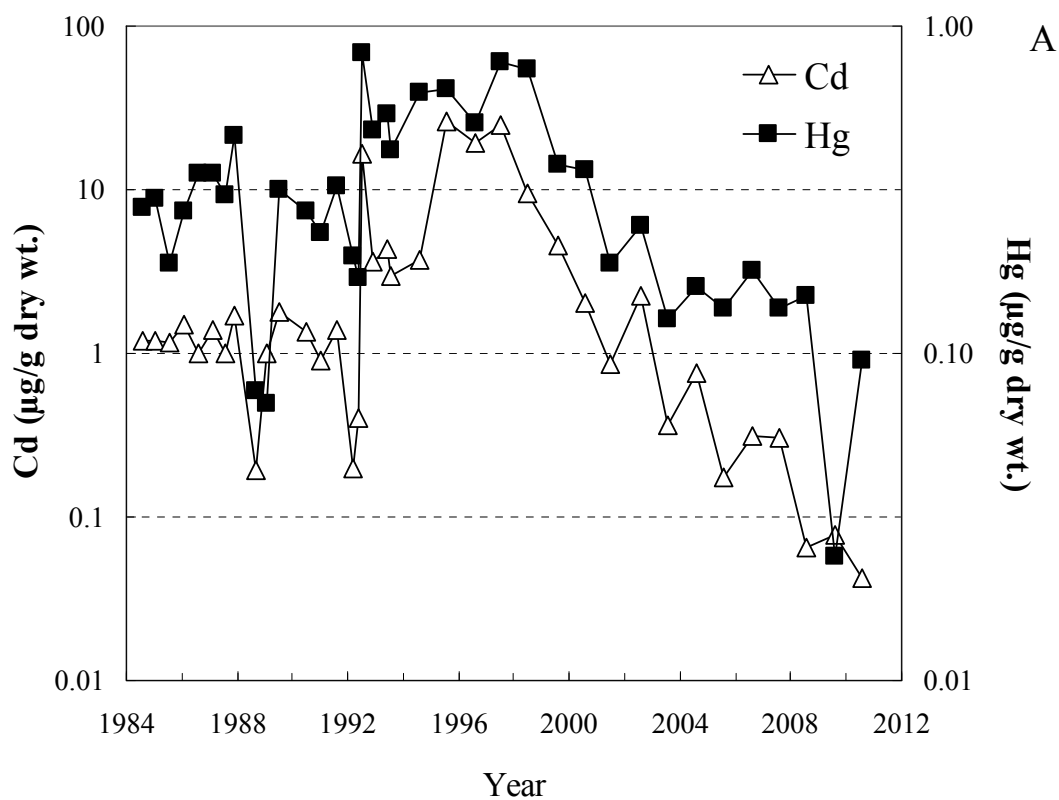
איור 4: ריכוזי כספית (µg g<sup>-1</sup> dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981-2010.



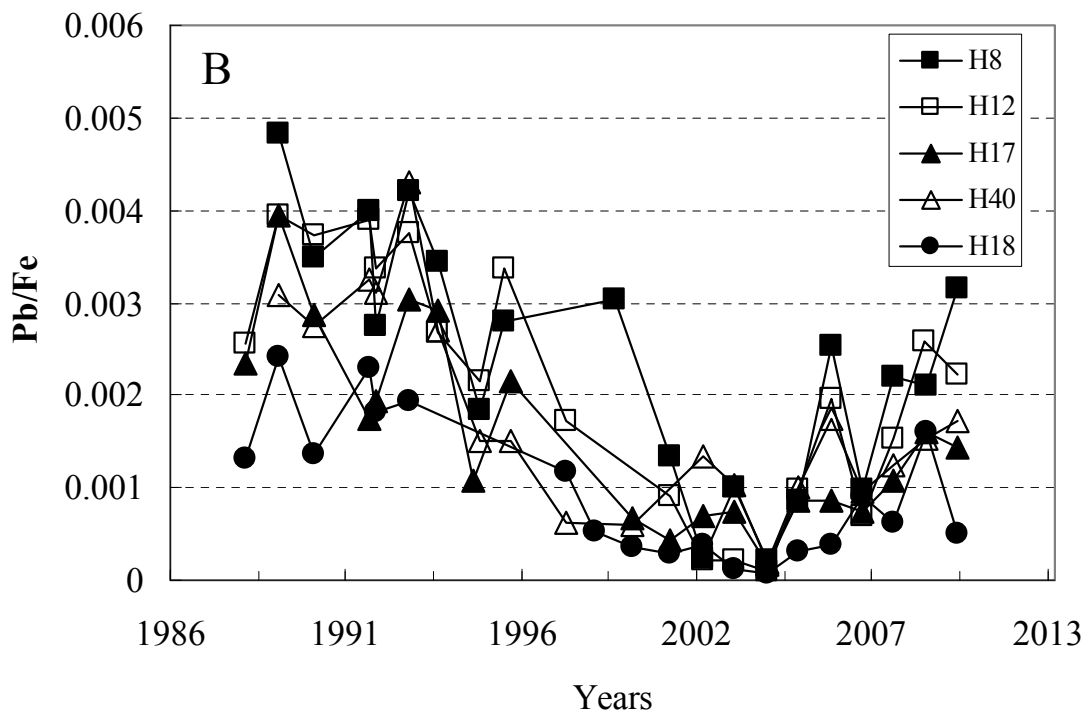
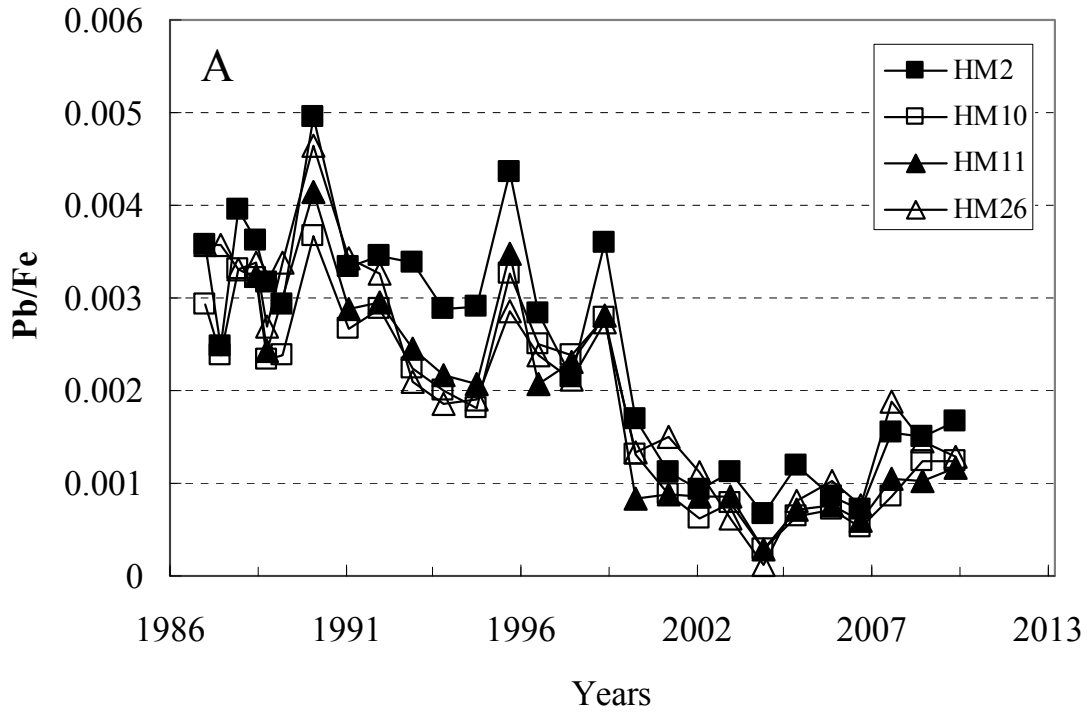
איור 5: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004.



איור 6: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2010 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).

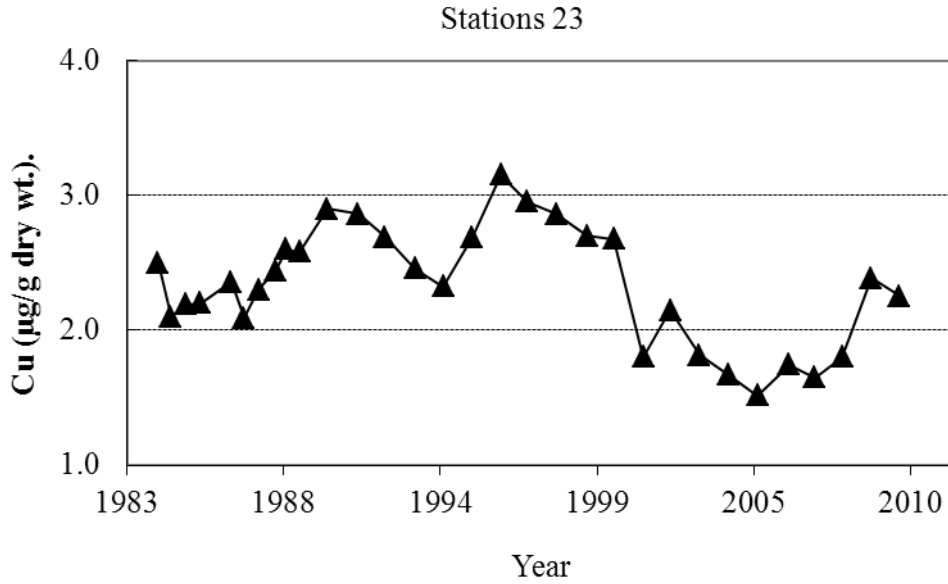
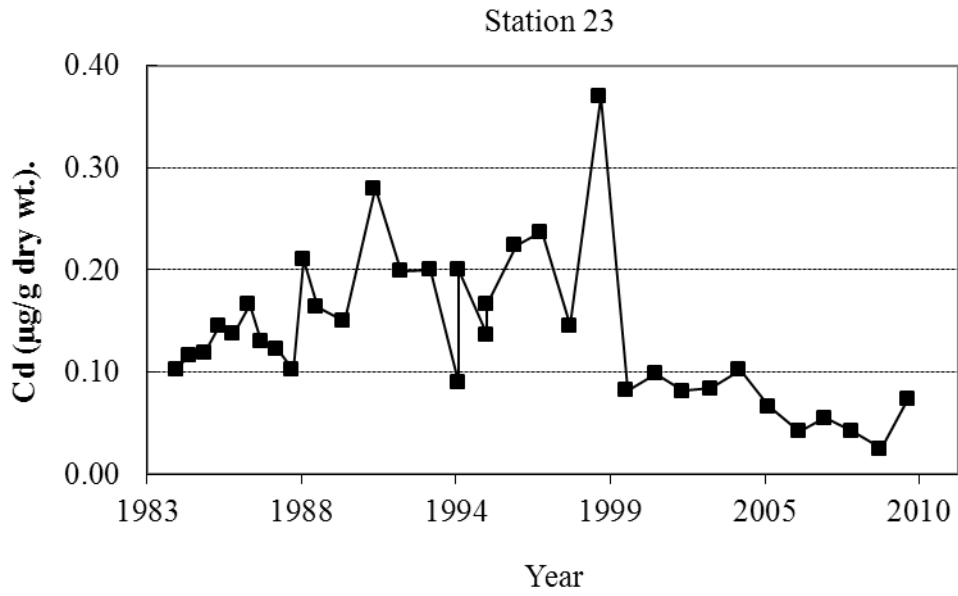


איור 7: ריכוזי קדמיום וכספית ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2010. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2010.



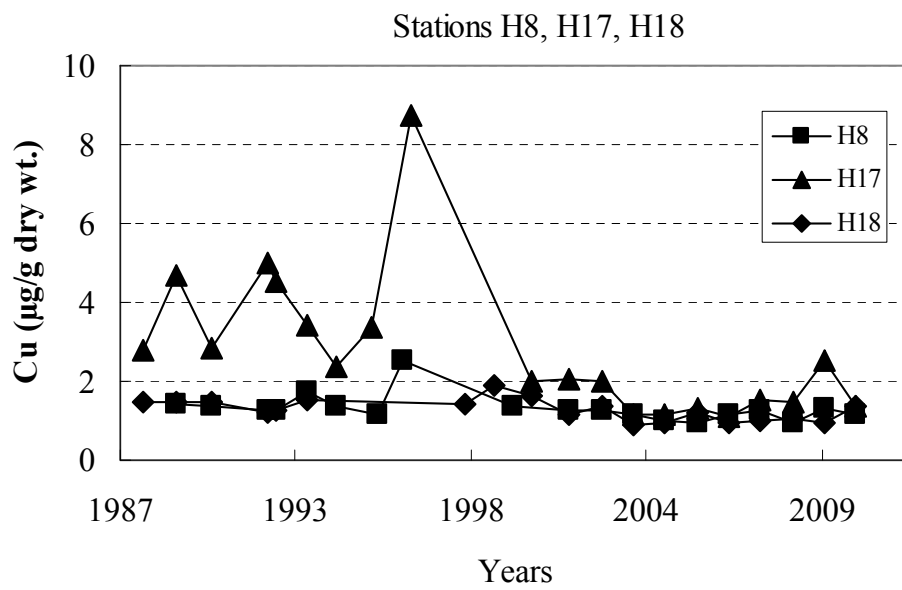
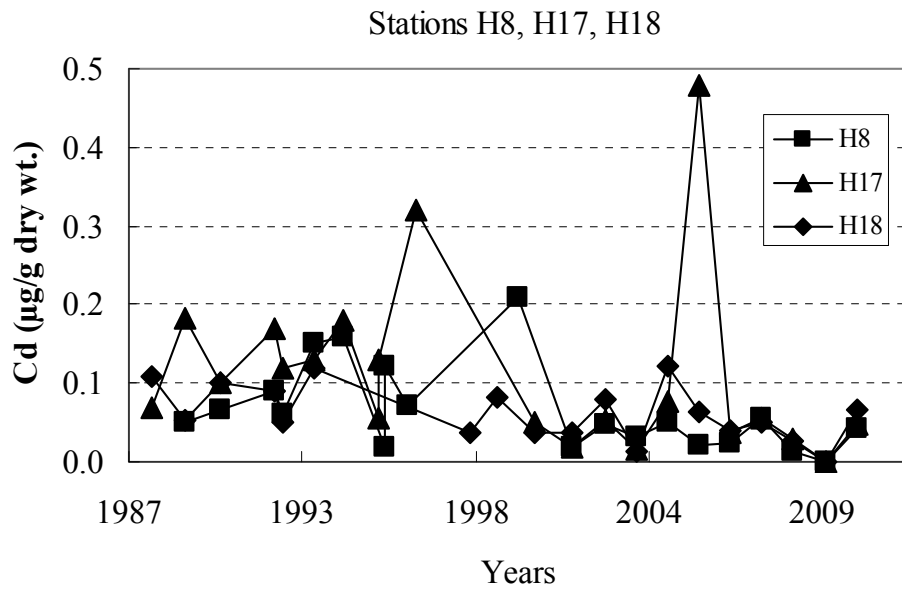
איור 8 : מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2010.

A



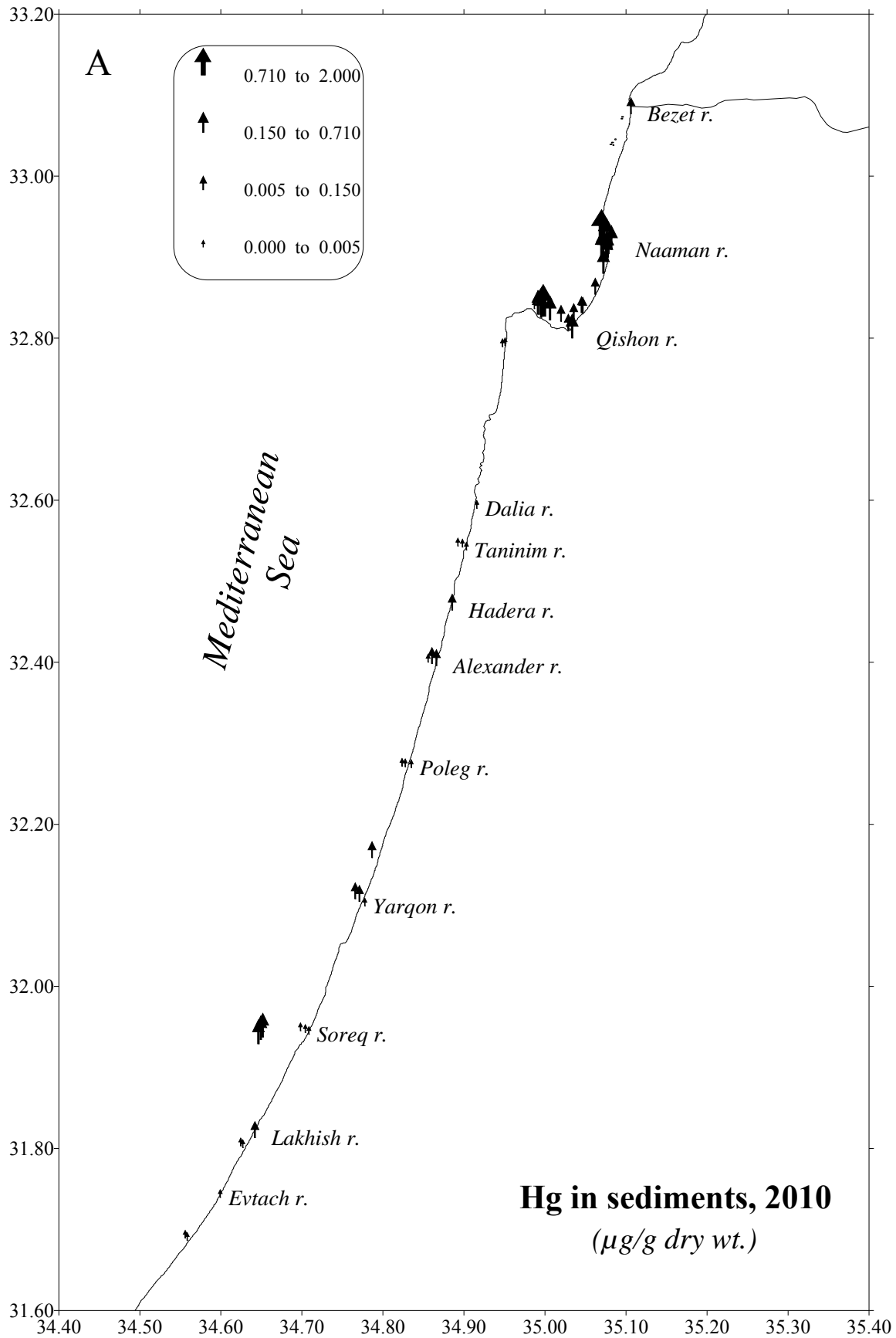
איור 9: שינויים רב שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה HM23 מול קרית חיים (A), ובתחנות מול תנינים, שפך הירקון ושפך נחל שורק (B), בשנים 1988 – 2010.

**B**

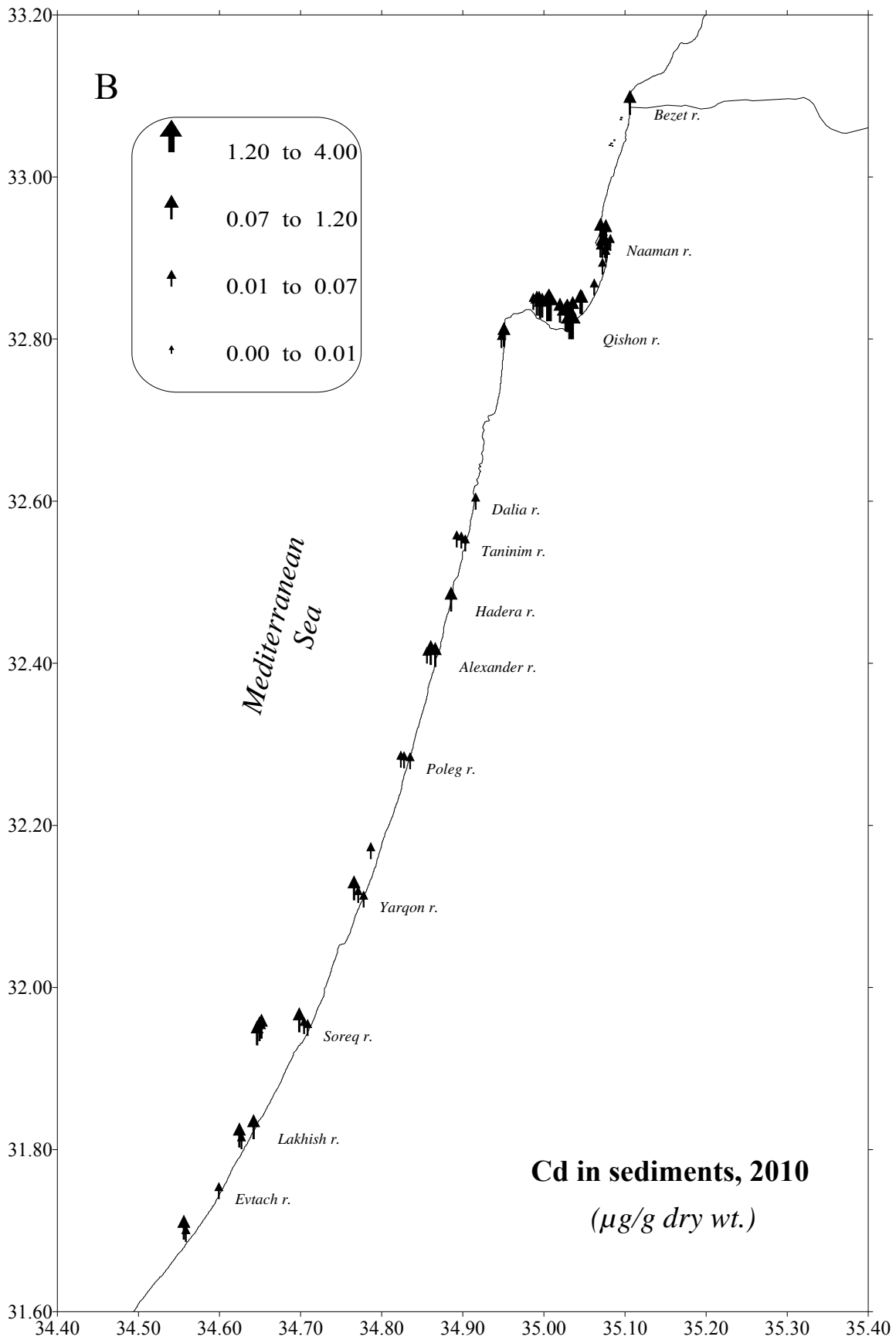


איור 9 : המשך

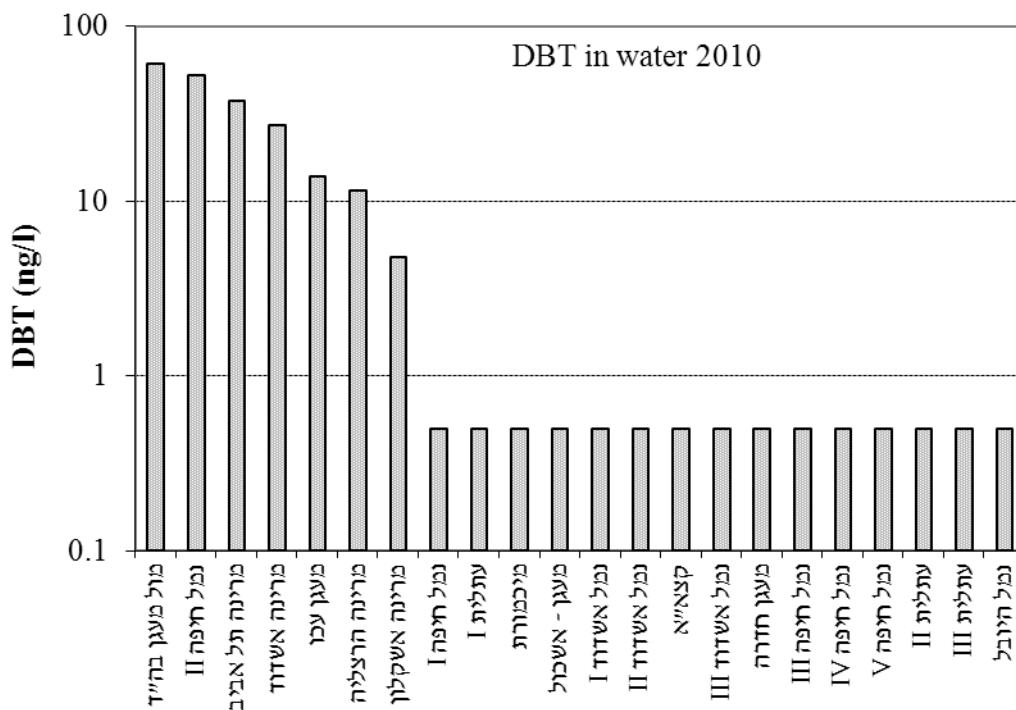
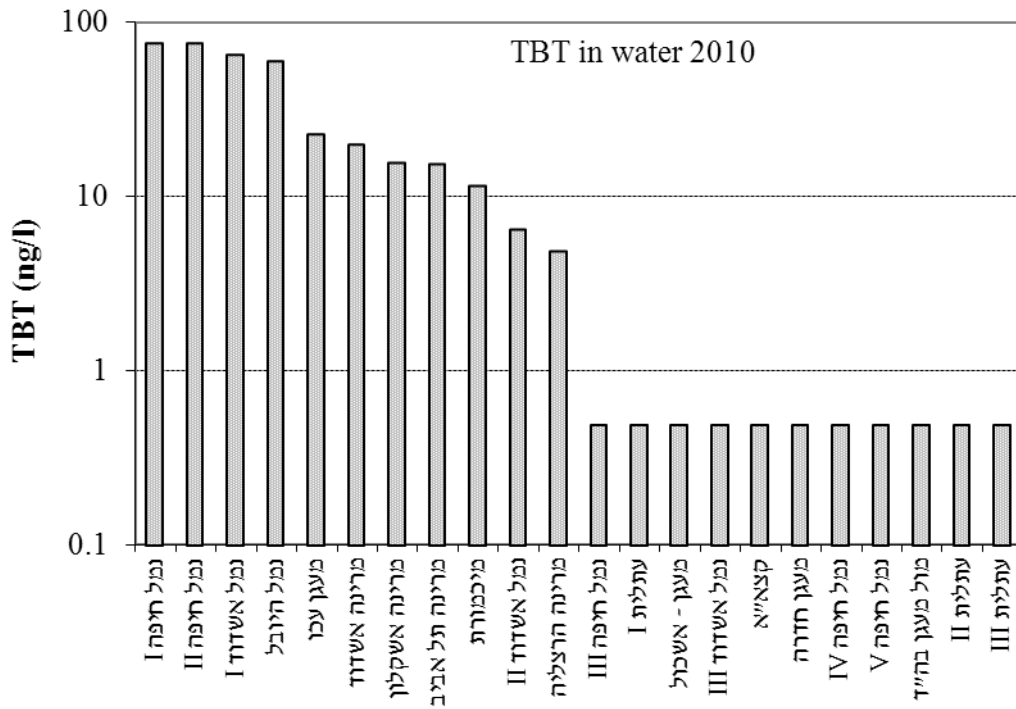




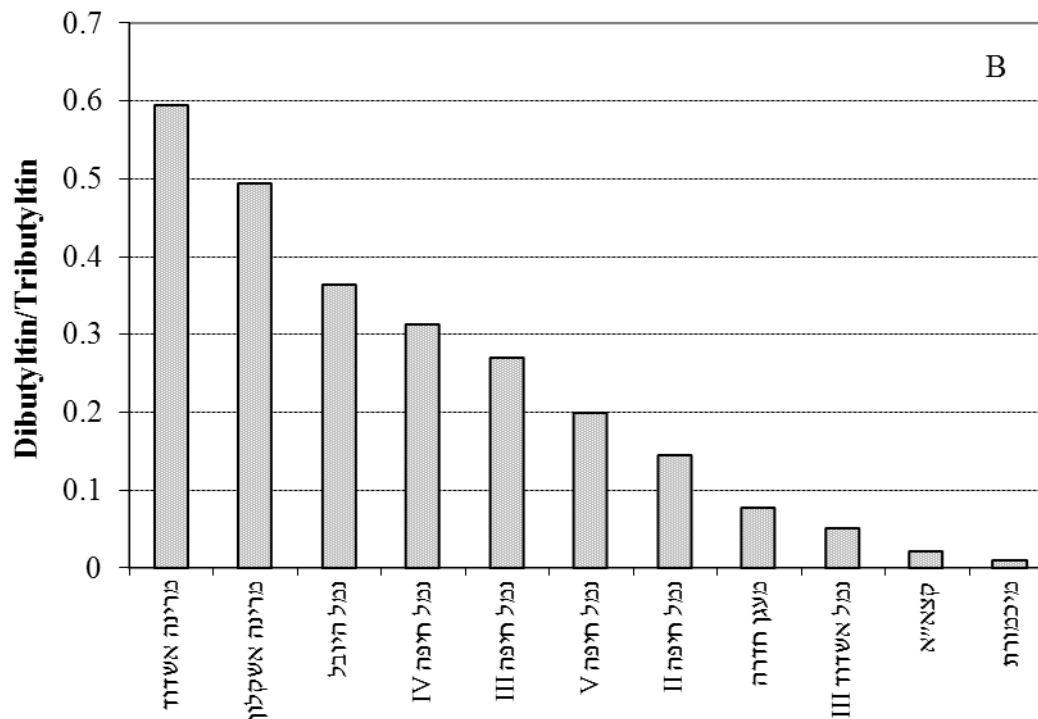
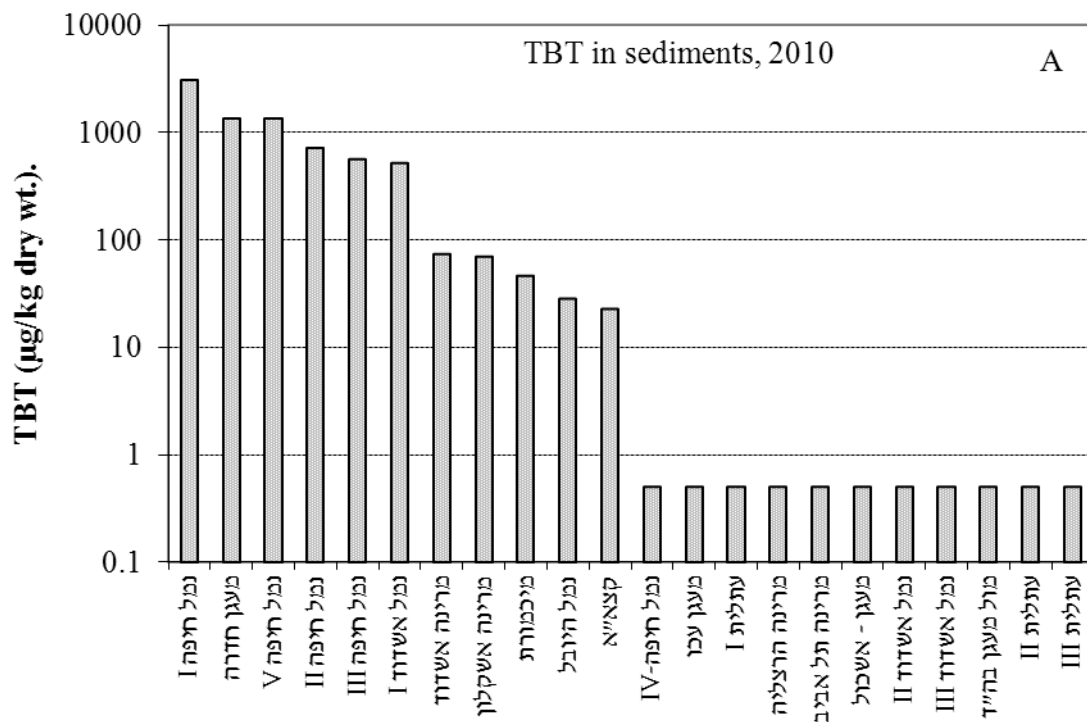
איור 10: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2010 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



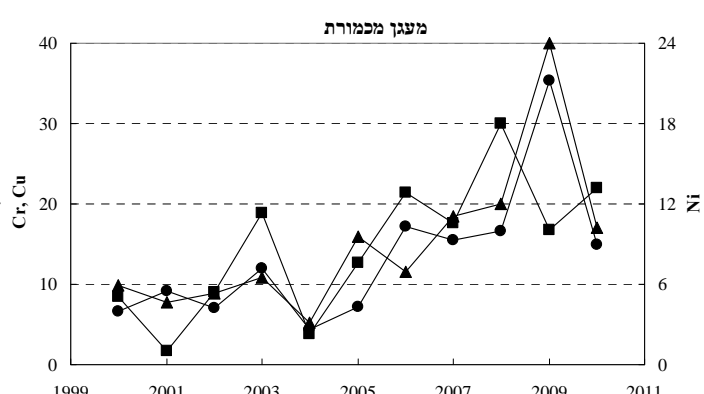
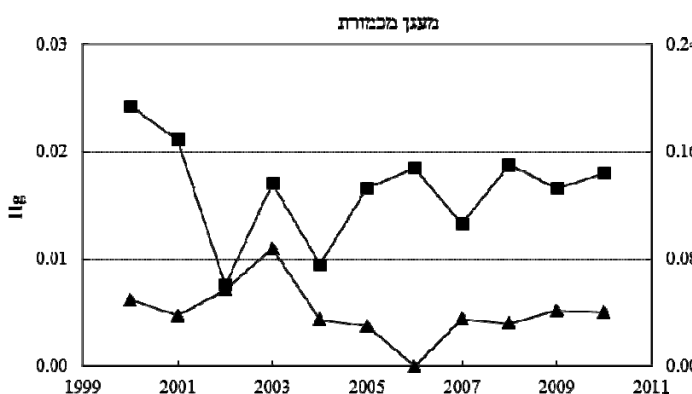
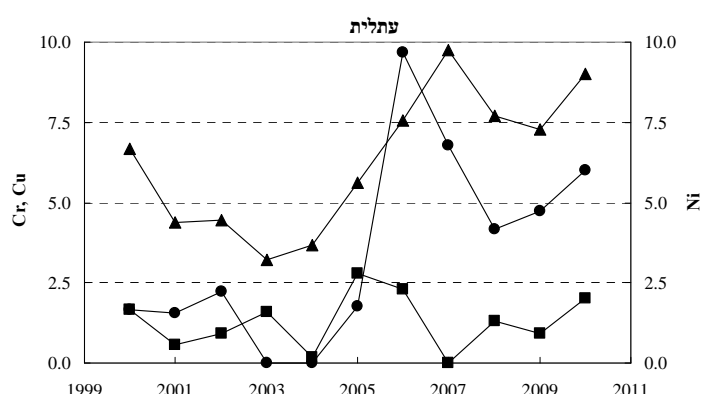
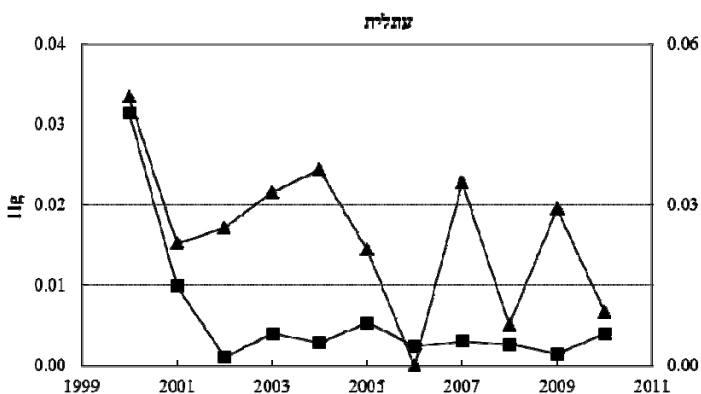
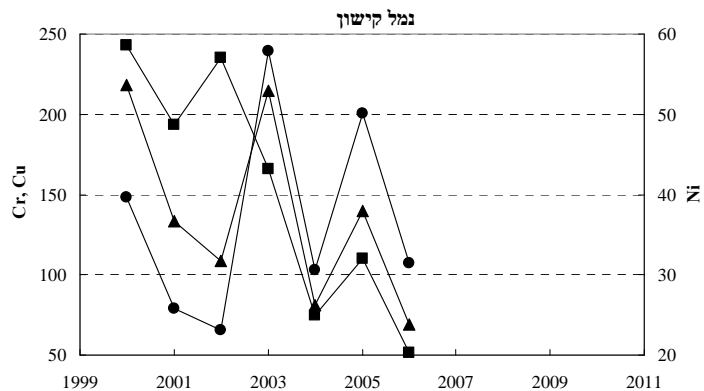
איור 10 : המשך



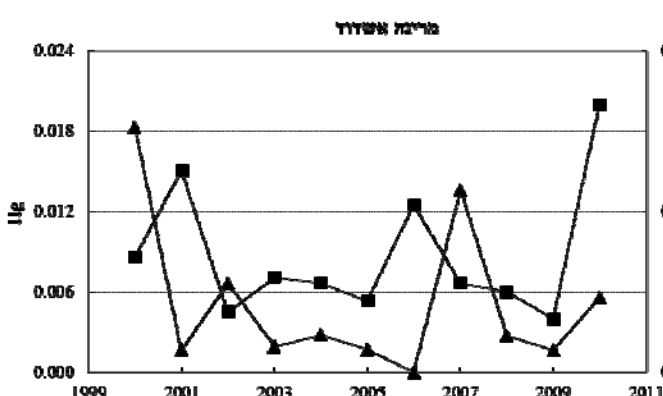
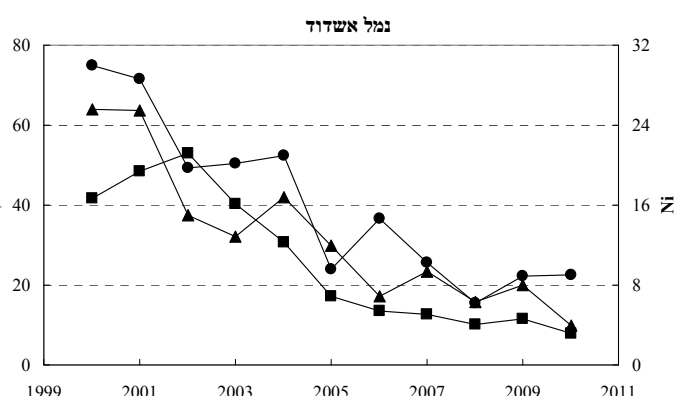
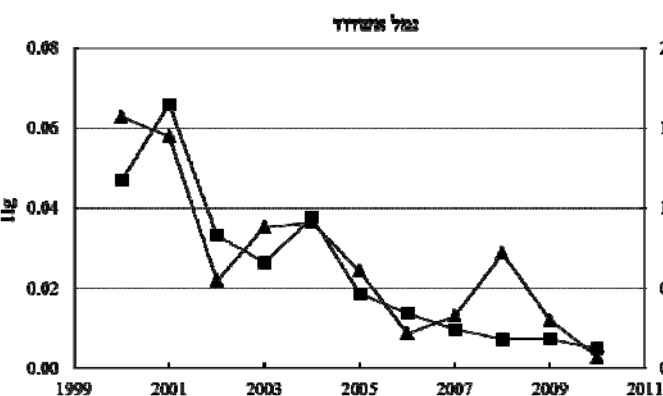
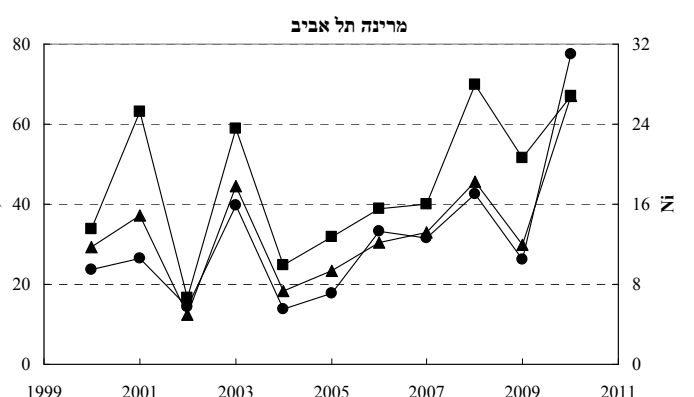
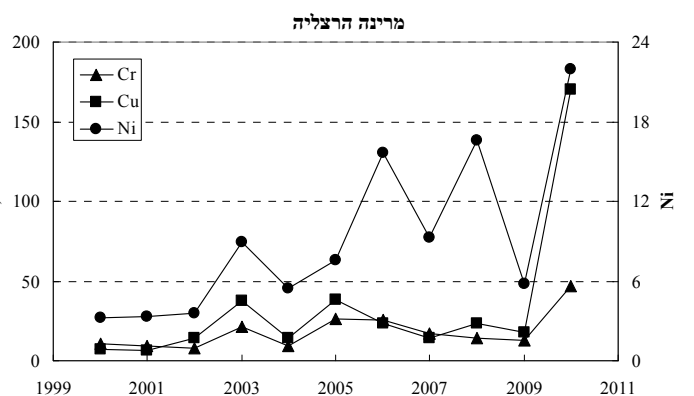
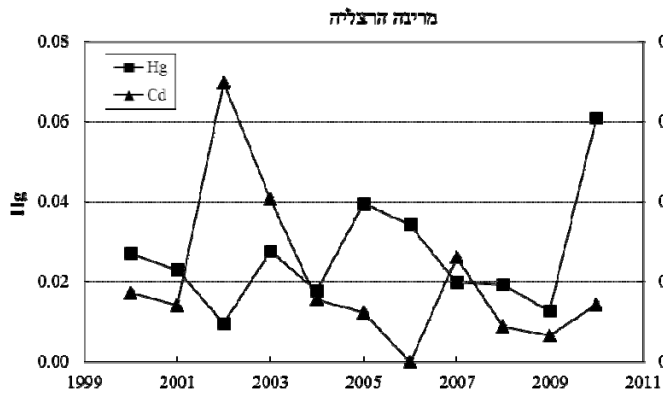
איור 11: ריכוזי TBT ו DBT במי הים (נוגרים/ליטר) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2010. הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.



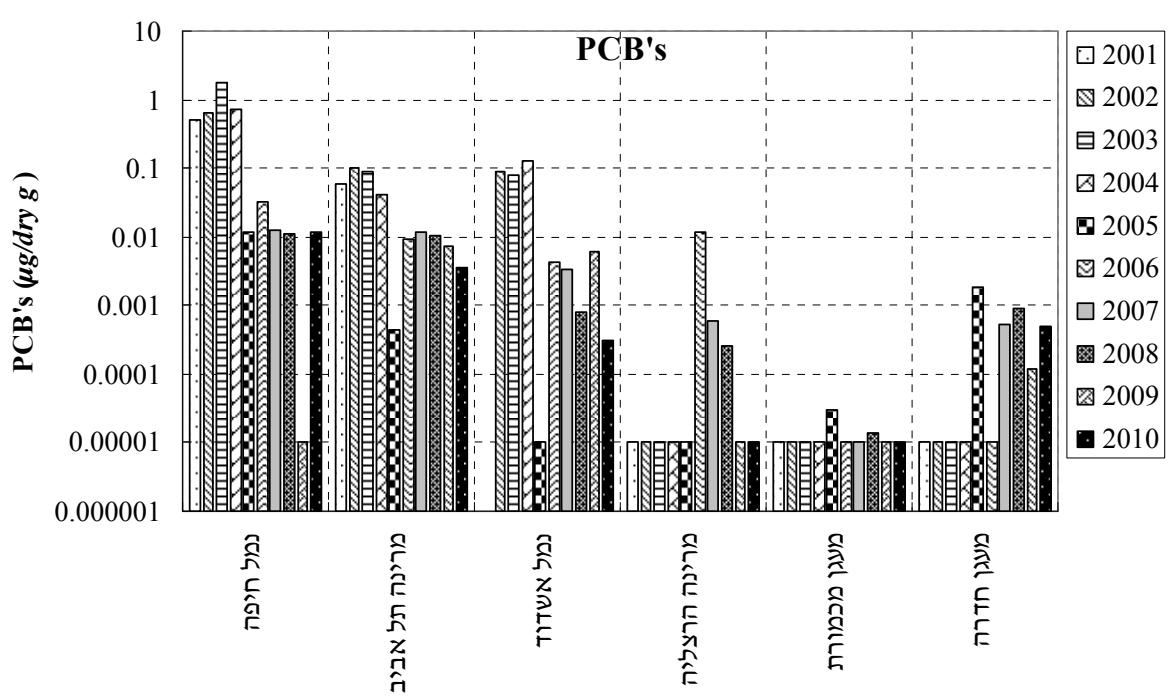
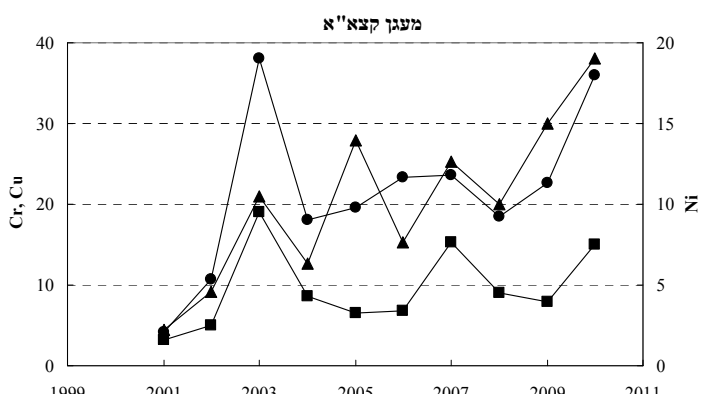
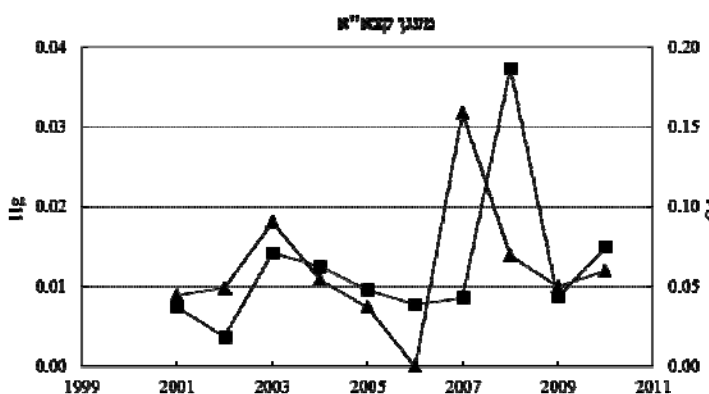
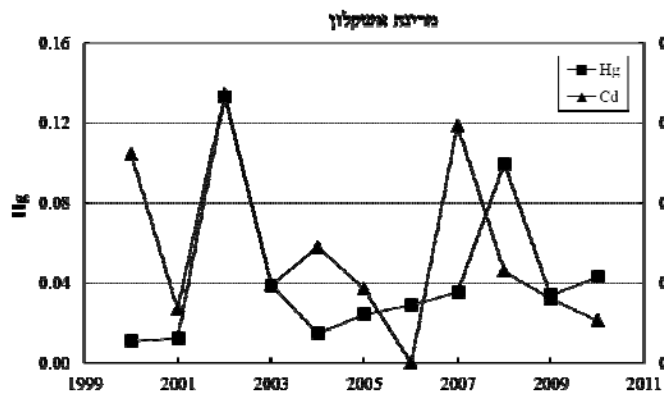
איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2010.



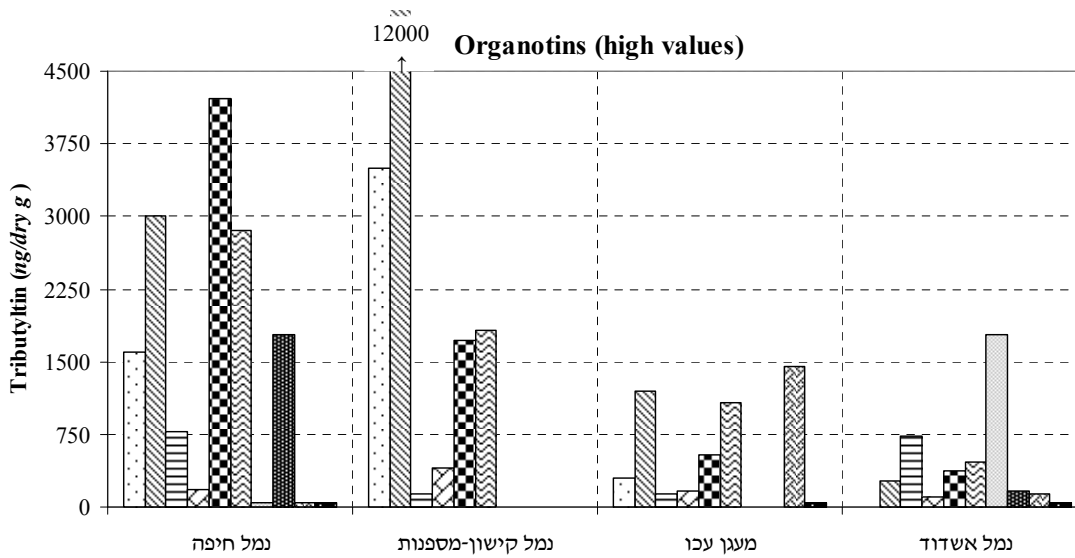
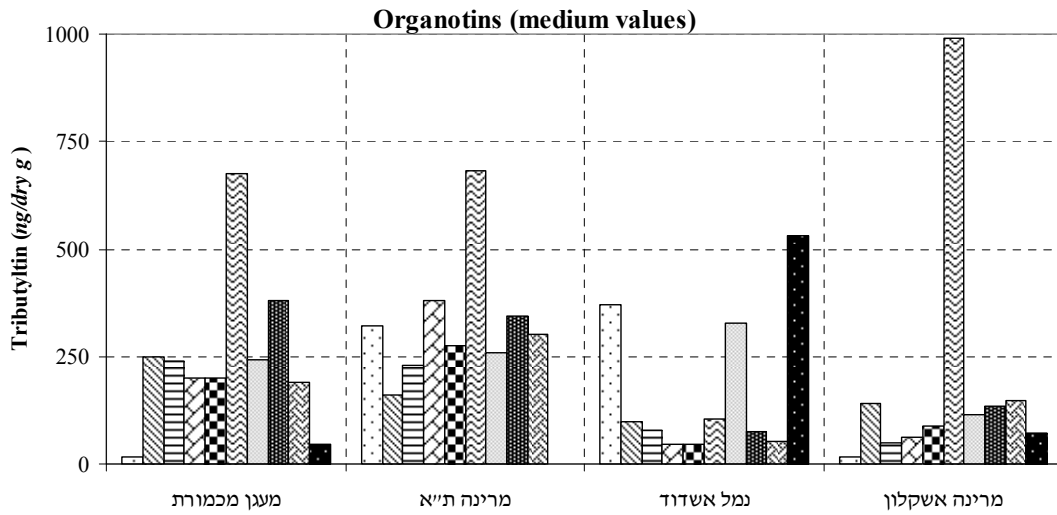
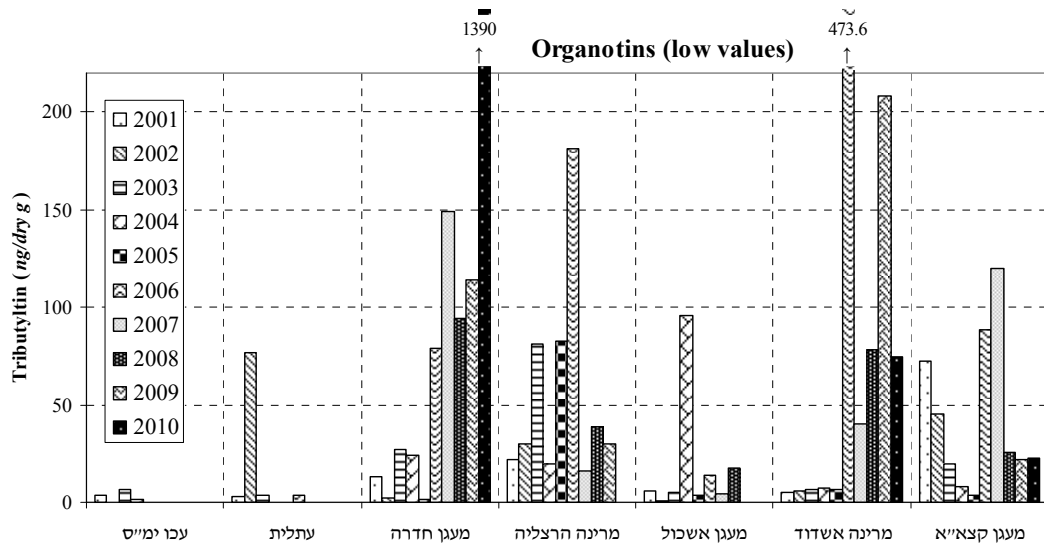
איור 13 : מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 – 2010.  
 מתכות כבדות ( $\mu\text{g/g dry wt.}$ ) TBT ; ( $\mu\text{g/g dry wt.}$ ) PCB's ; ( $\text{ng/g dry wt.}$ ) TBT ; ( $\mu\text{g/g dry wt.}$ ) מתכות כבדות



איור 13 : המשך (מתכות כבדות)

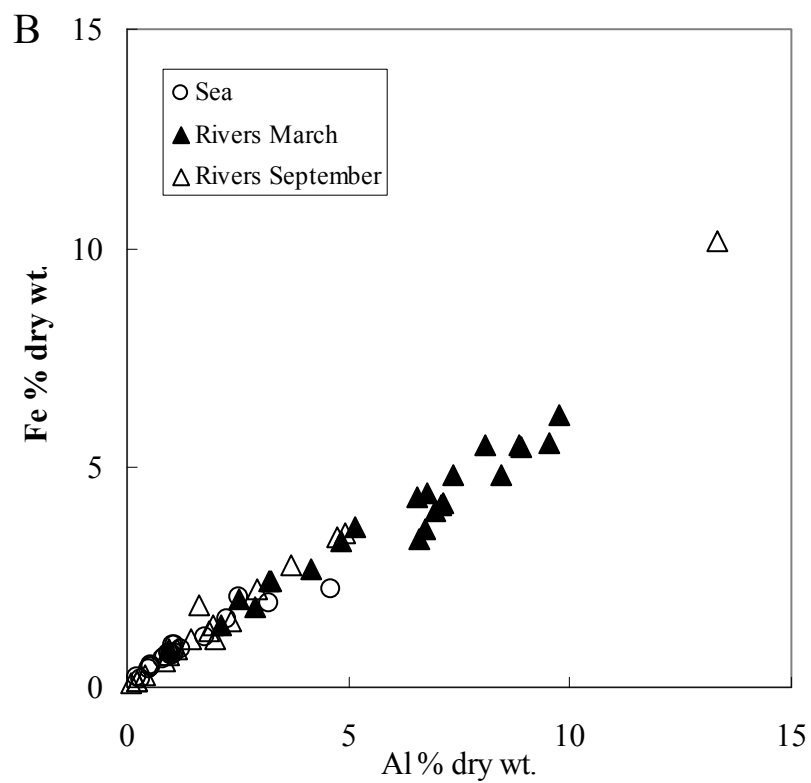
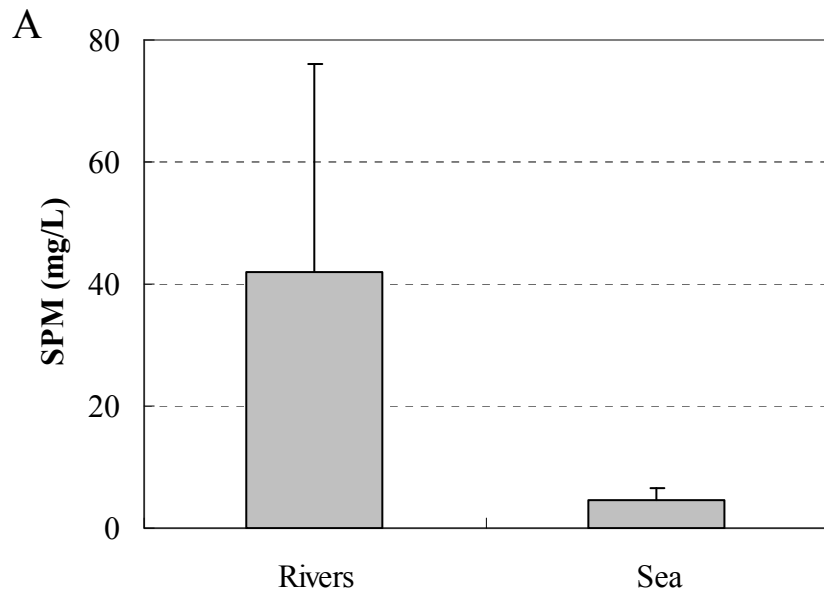


איור 13: המשך (מתכות כבדות ו PCB's)



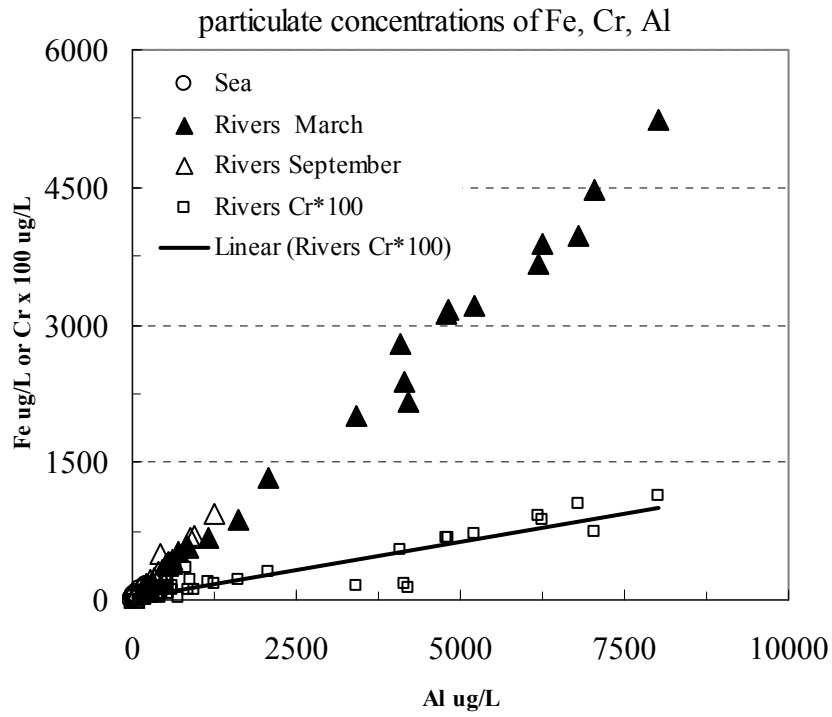
איור 13 : המשך (תרכובות בדיל אורגני)



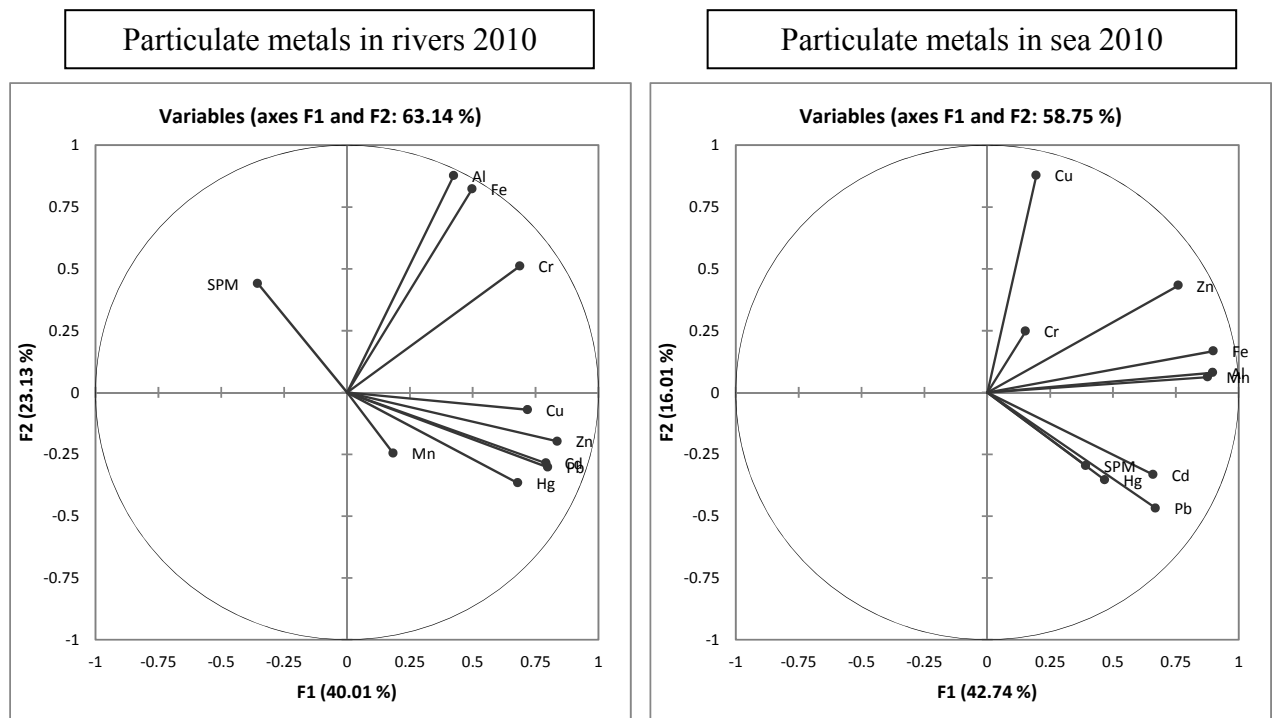


איור 14 : ממוצע וסטיות תקן של ריכוזי החומר המרחף (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2010.

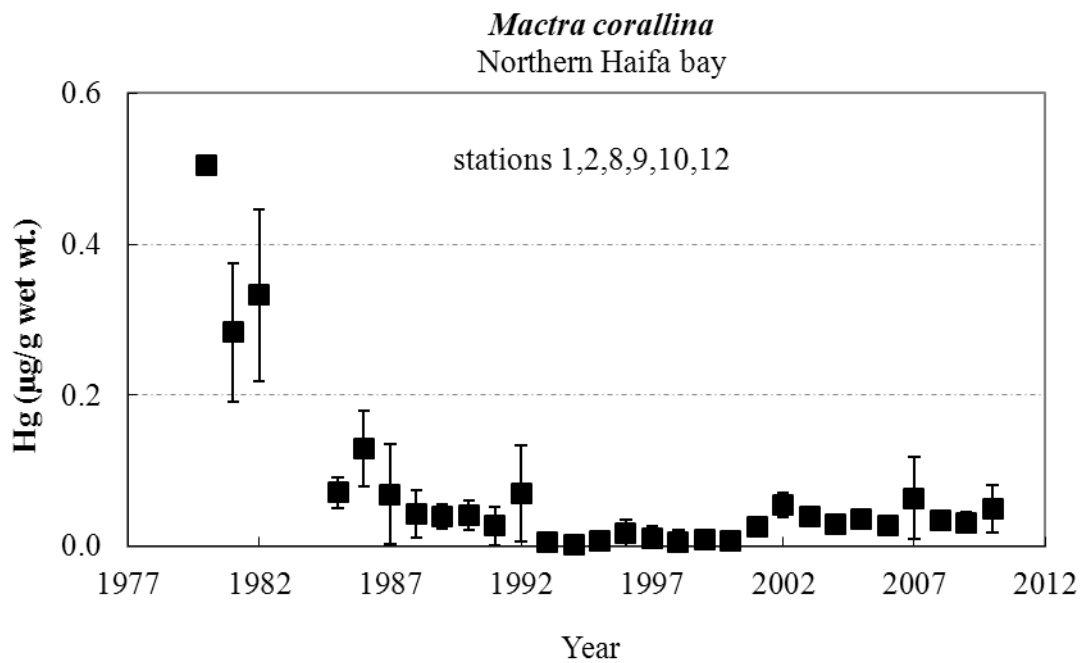
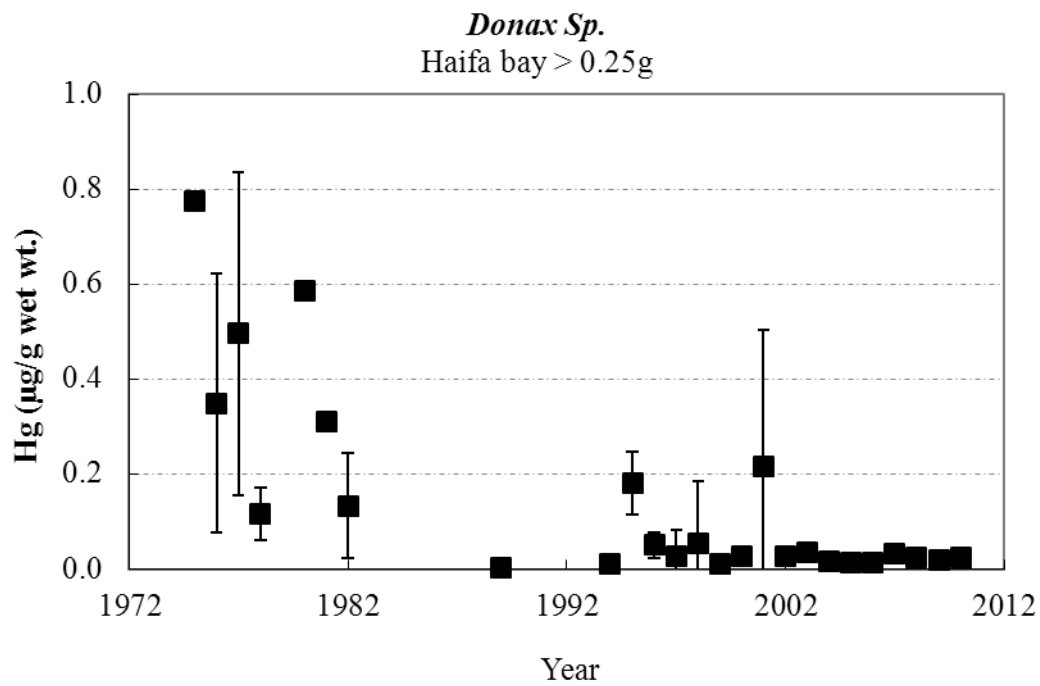
A



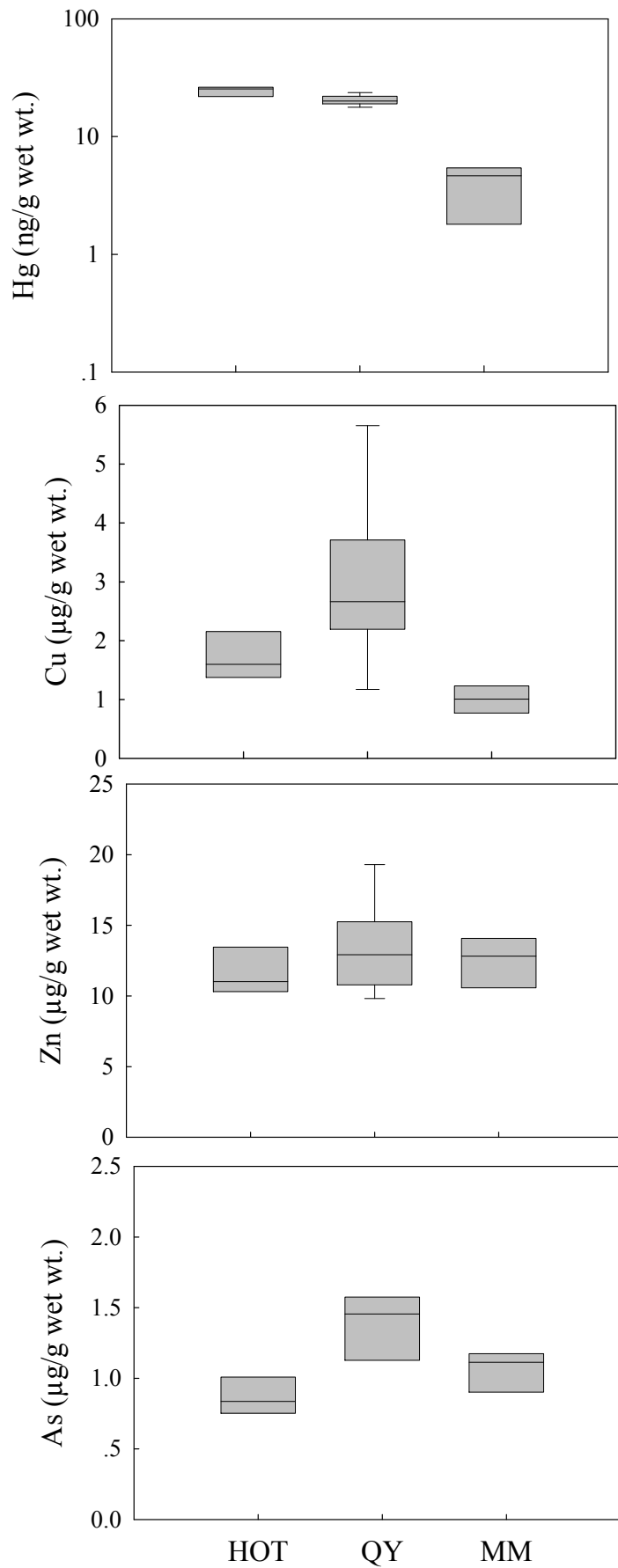
B



איור 15: הקשר בין ריכוזים חלקיקיים של מספר מתכות במי נחלים ומי ים שנדגמו ב- 2010 (A), ושימוש בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis) להערכת מקור המתכת החלקיקית במים (טבעי או אנתרופוגני) ו/או את מנגנון ההסעה שלה (B).

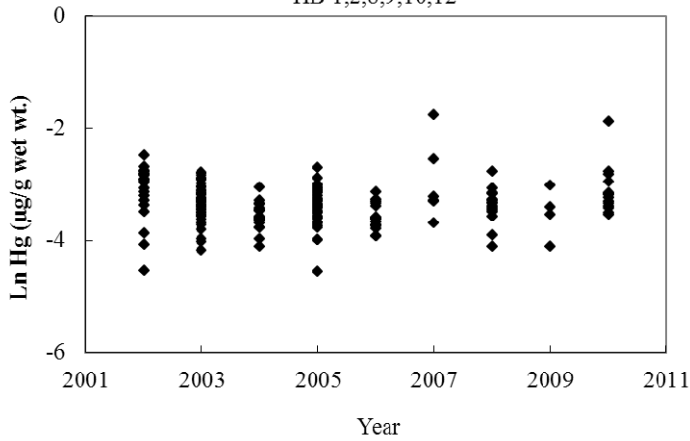


איור 16: ירידת ריכוזי הכספית ( $\mu\text{g g}^{-1}$  wet wt.) ממוצע שנתי  $\pm$  סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2009); *Mactra corallina* (1980 - 2010).

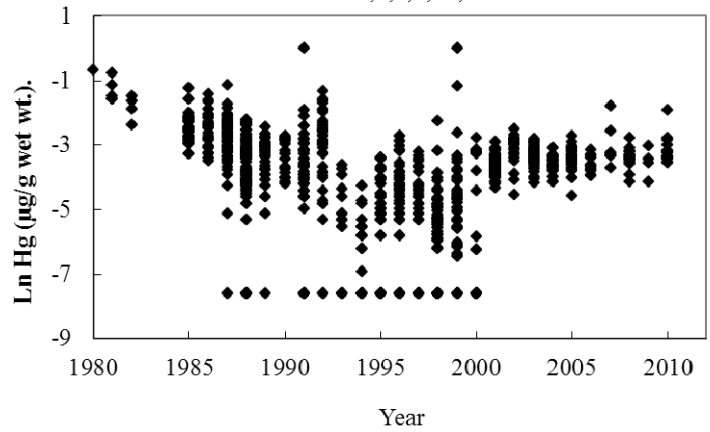


איור 17: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, אבץ וארסן בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2010. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (חוף=HOT, התמרים, QY=קריית ים, MM=מעגן מיכאל)

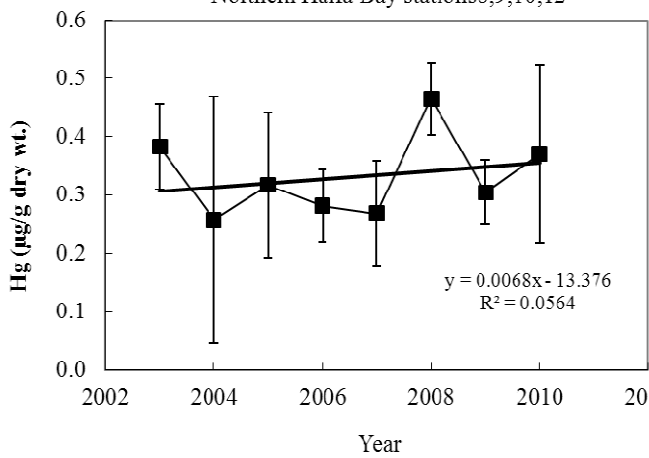
*Maetra corallina* 2002-2010  
HB 1,2,8,9,10,12



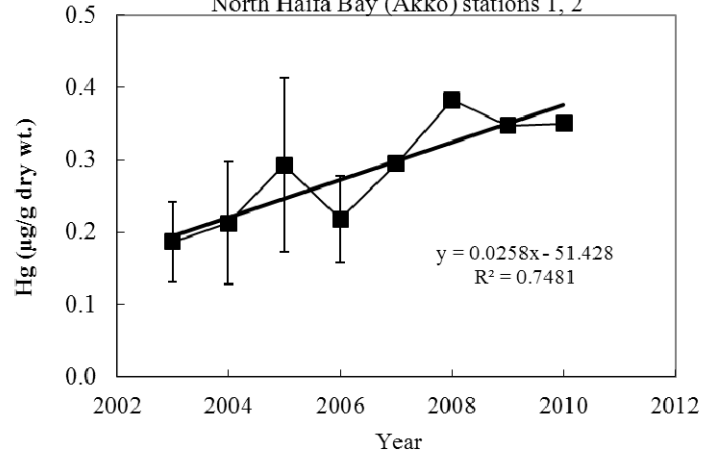
*Maetra corallina* 1983-2010  
HB 1,2,8,9,10,12



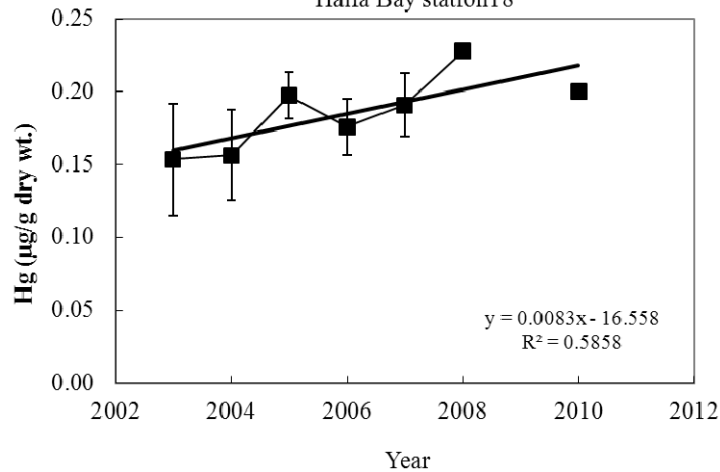
Northern Haifa Bay stations 8,9,10,12



North Haifa Bay (Akko) stations 1, 2

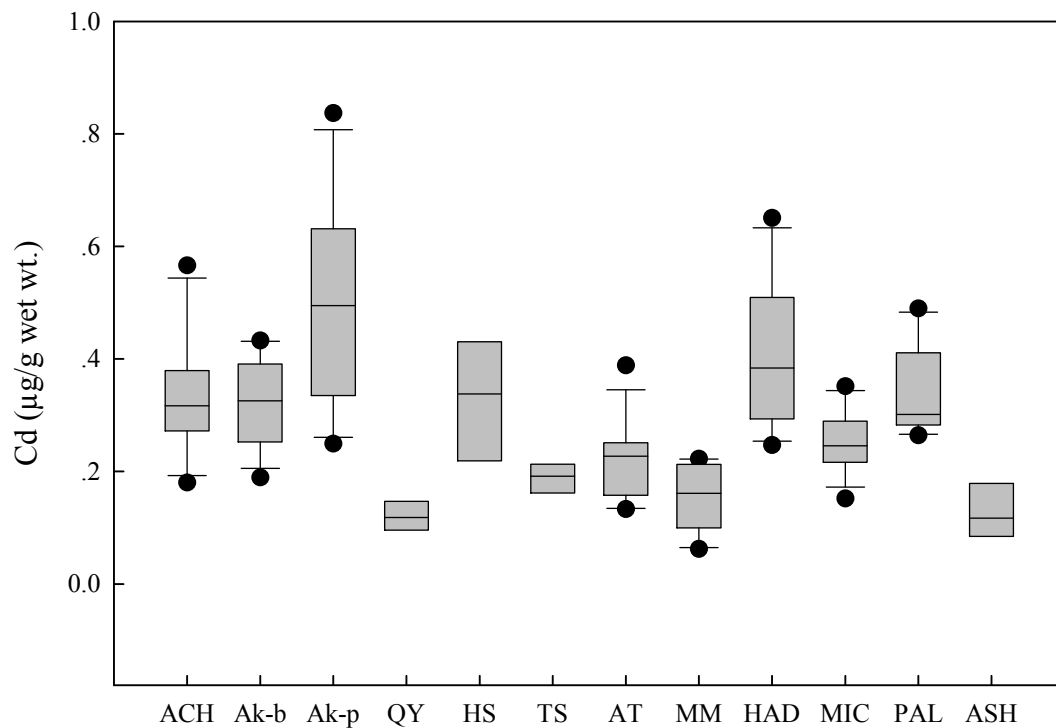
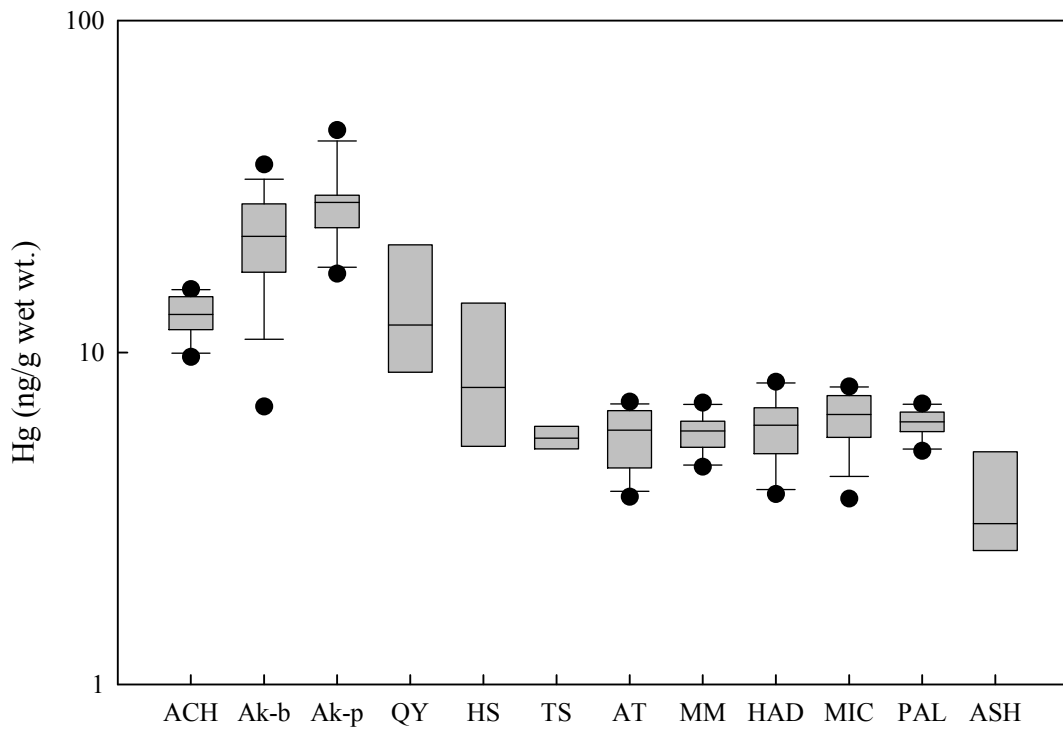


Haifa Bay station 18



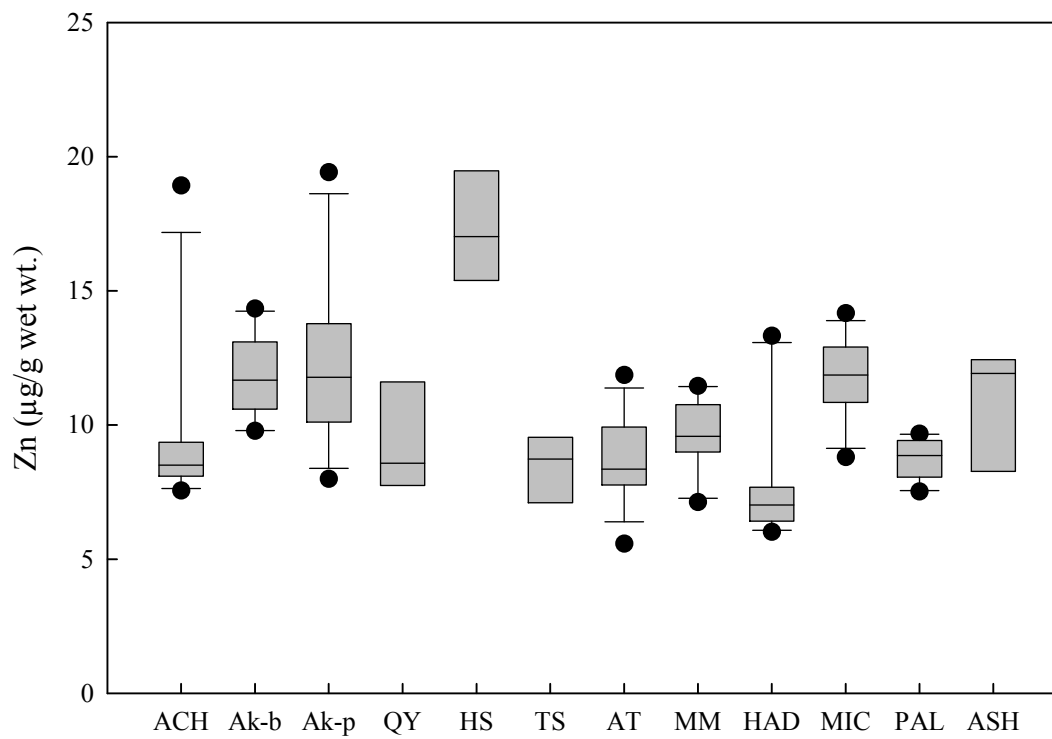
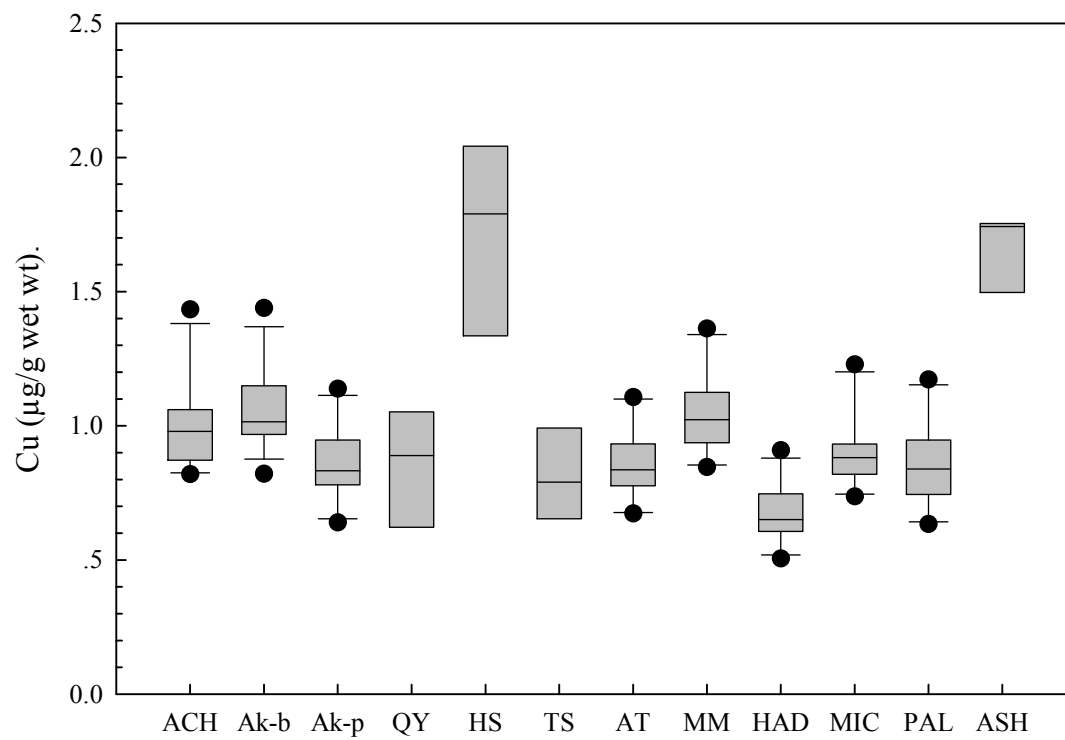
איור 18: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית ורגילה,  $\mu\text{g g}^{-1}$  wet wt.) בצדפה *Maetra corallina* בתחנות שונות מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2010.

A



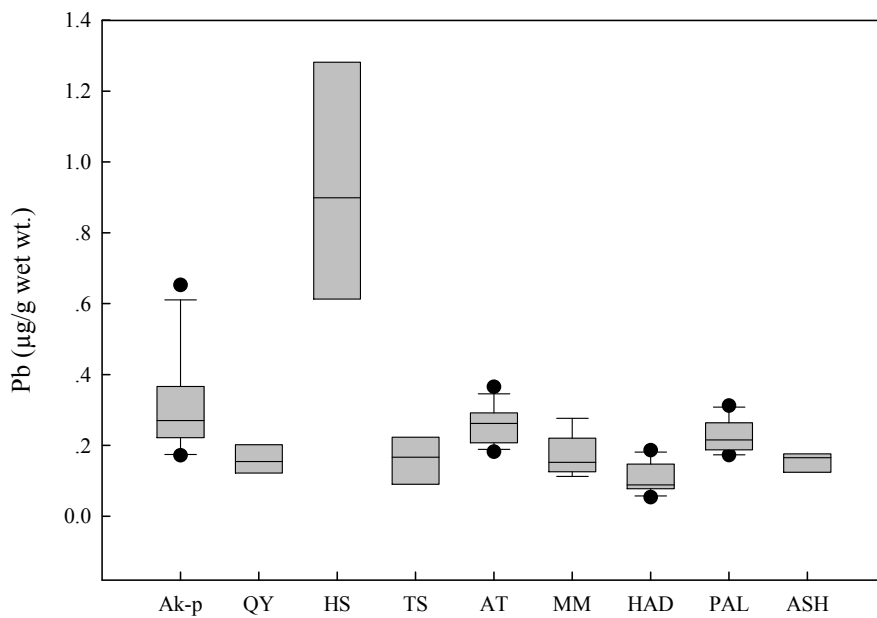
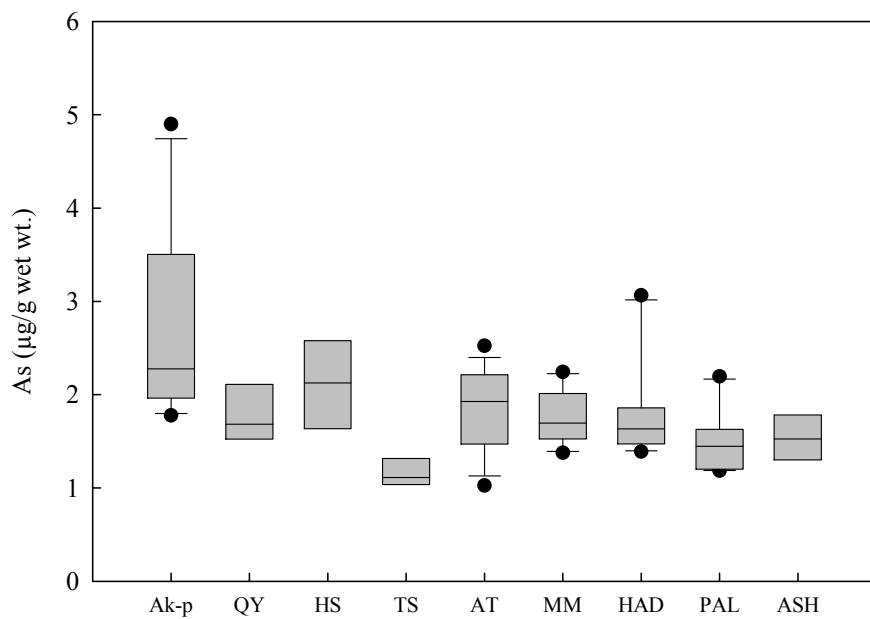
איור 19: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), עופרת וארסן (C) בחלזון *Patella sp.* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2010. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. ( ACH=אכזיב, AK-b=עכו ביוב, AK-p=עכו נמל, QY=קריית ים, HS=חוף שמו, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מיכמורת, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

**B**



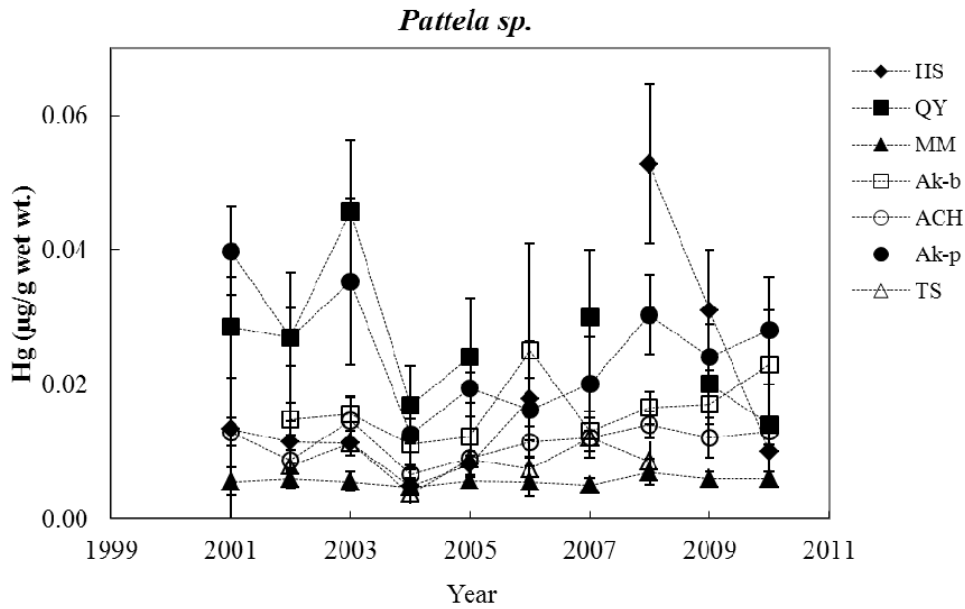
איור 19 : המשך

C

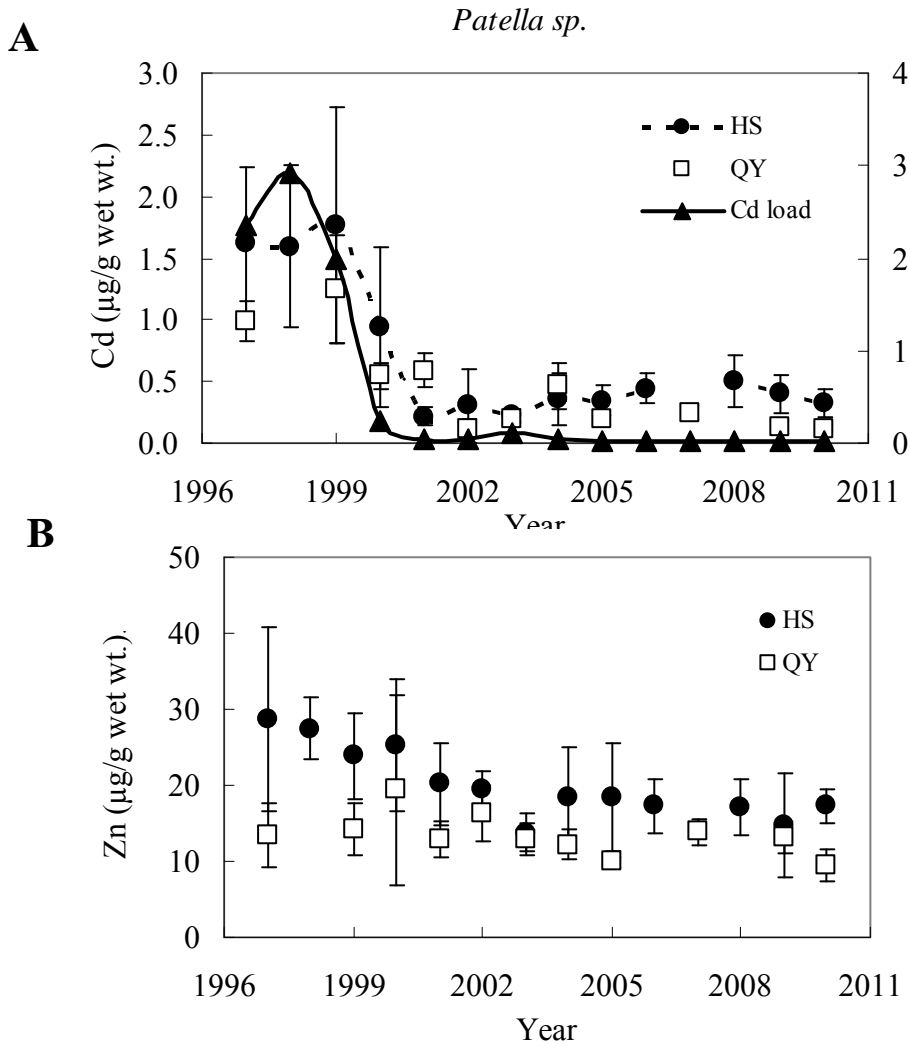


איור 19 : המשך

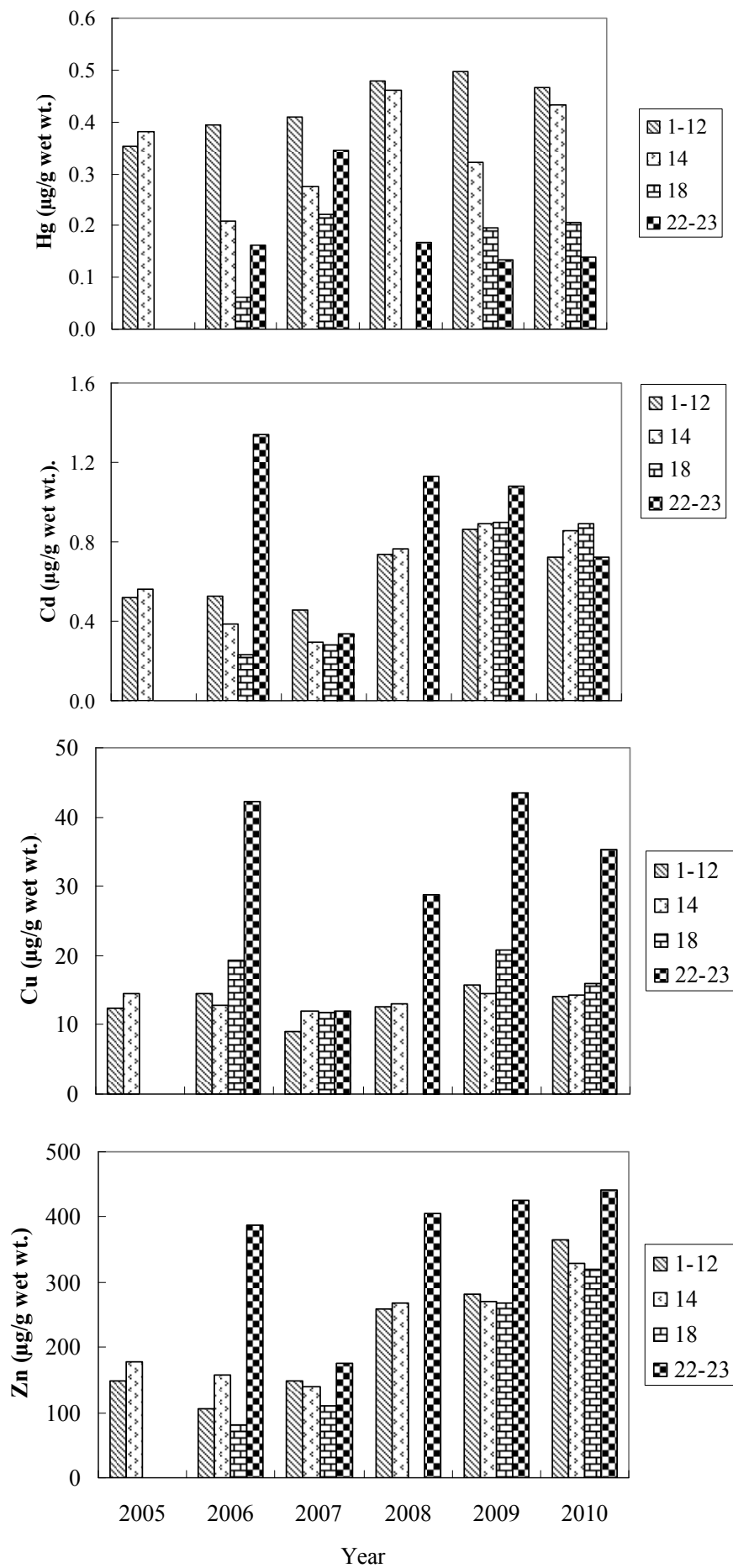




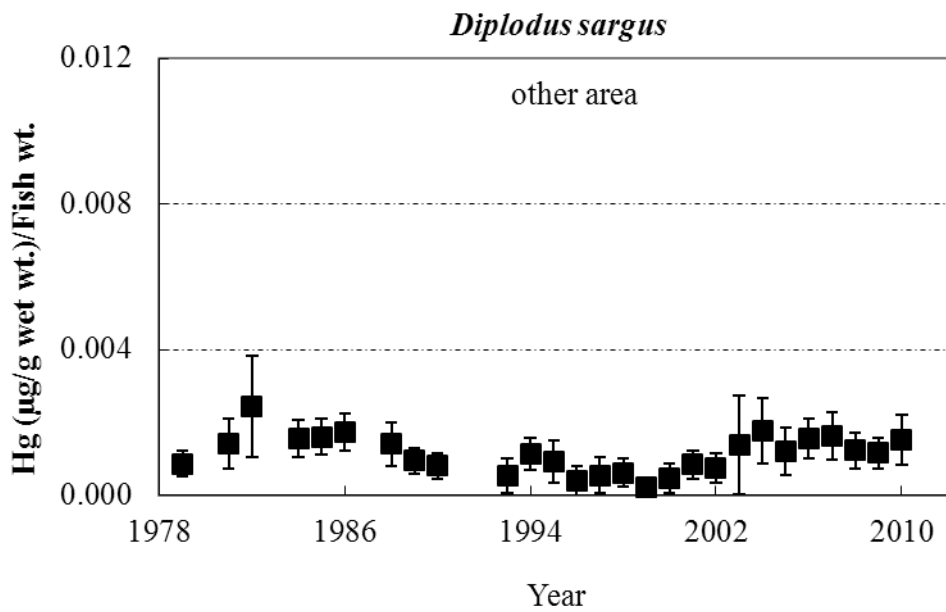
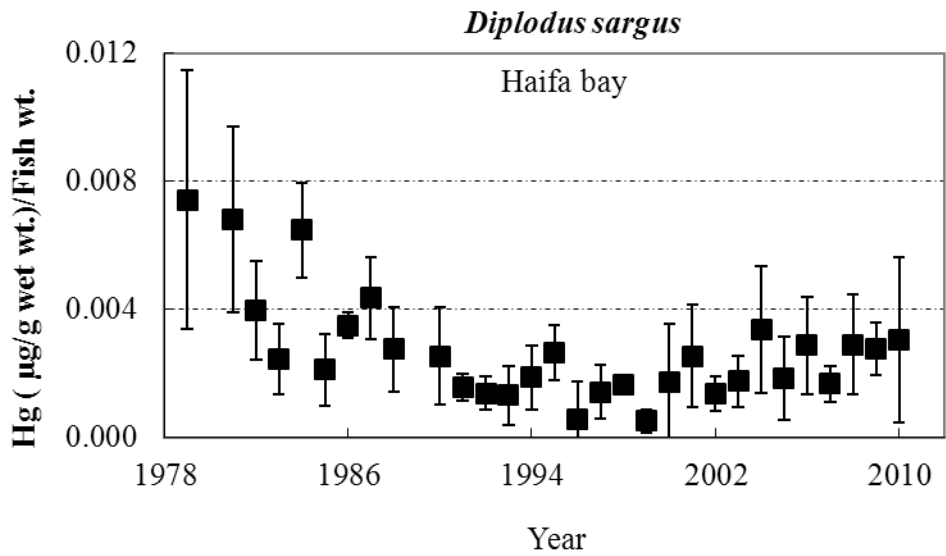
איור 20: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 – 2010.



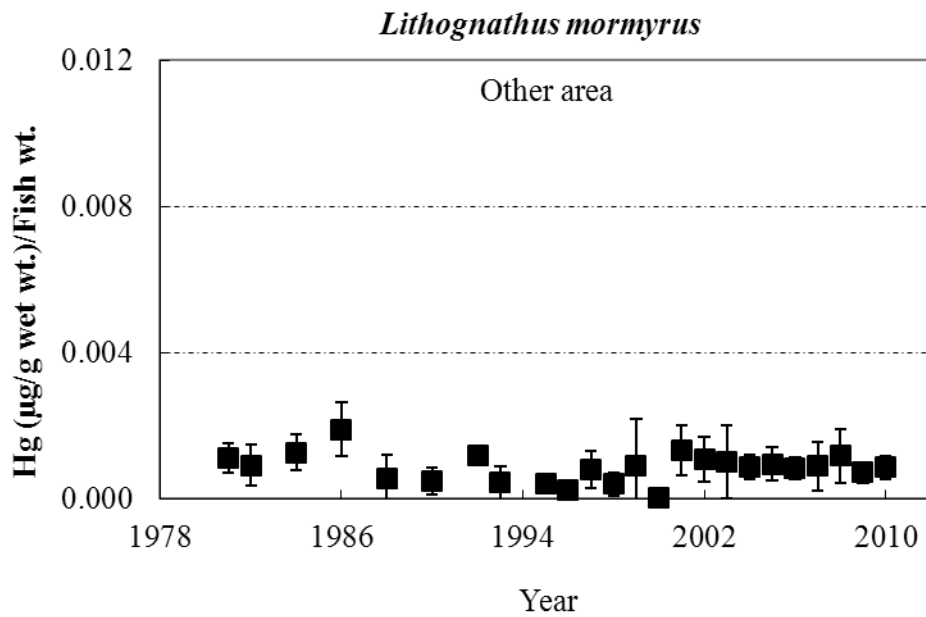
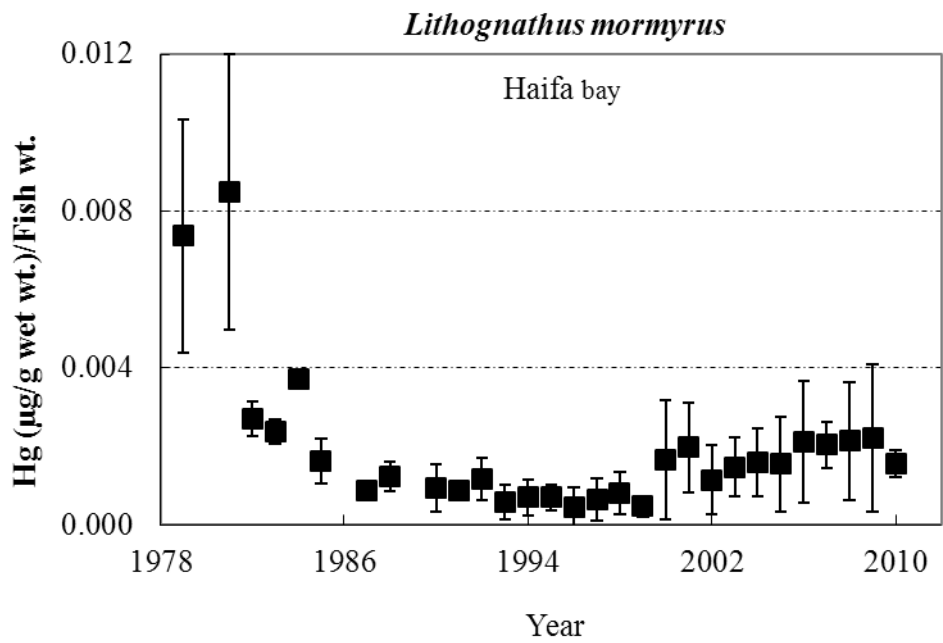
איור 21: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) ( $\mu\text{g g}^{-1}$  wet wt.) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2010. הקו הרציף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



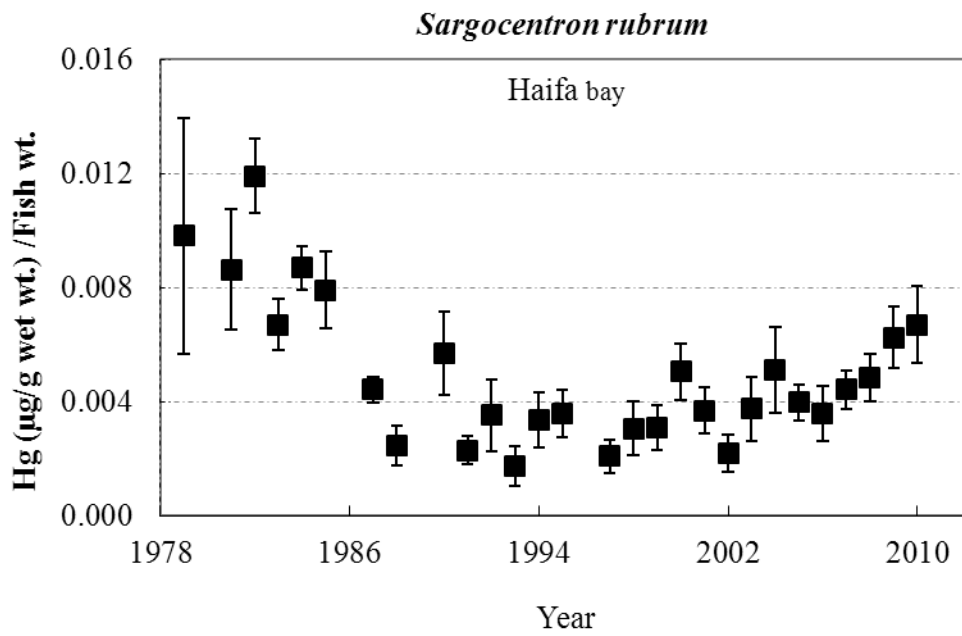
איור 22: השינויים ברכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחלזון *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 – 2010.



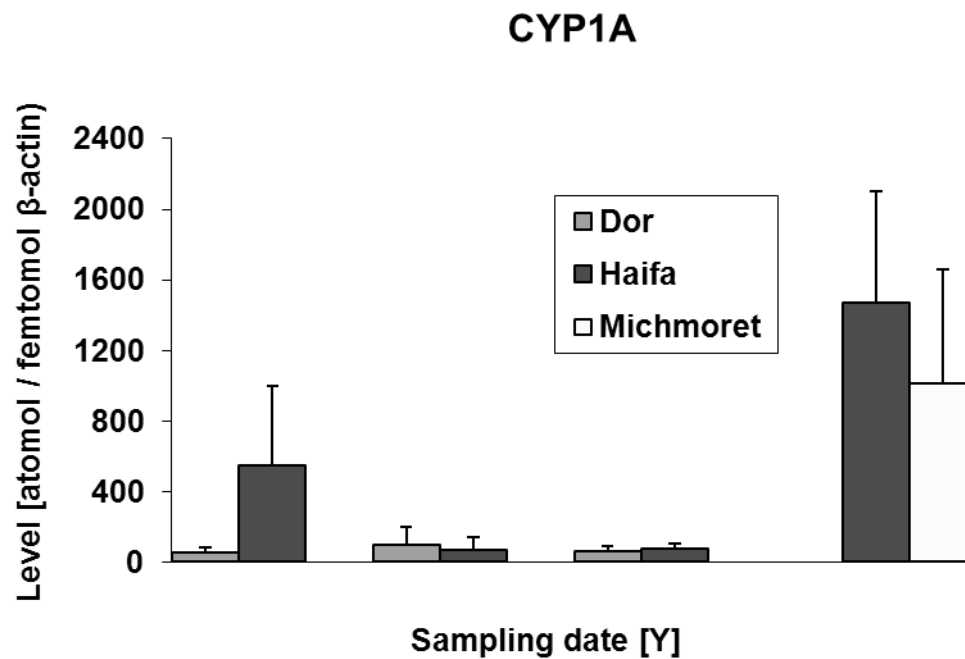
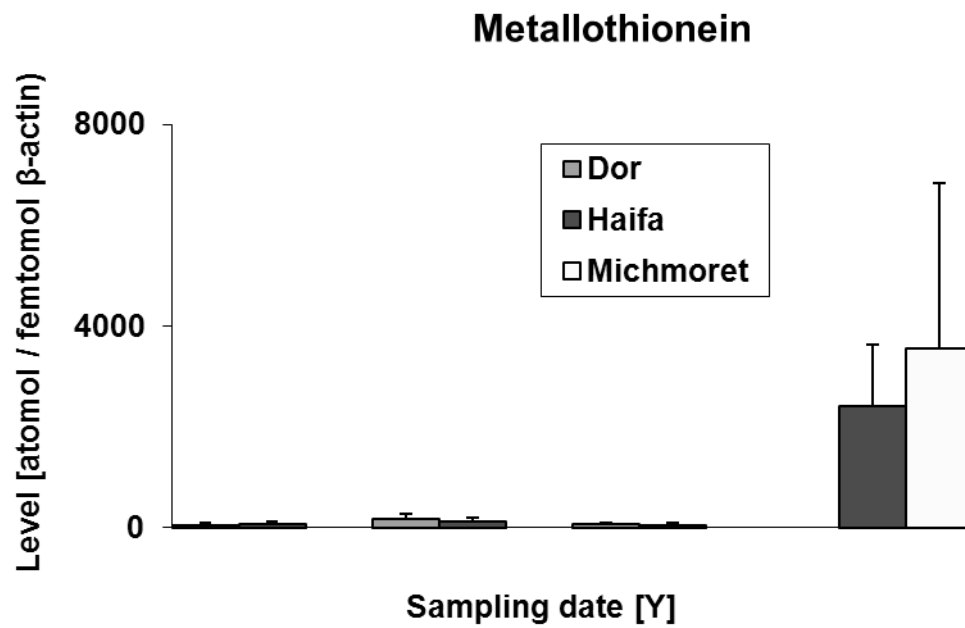
איור 23: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי  $\pm$  סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2010.



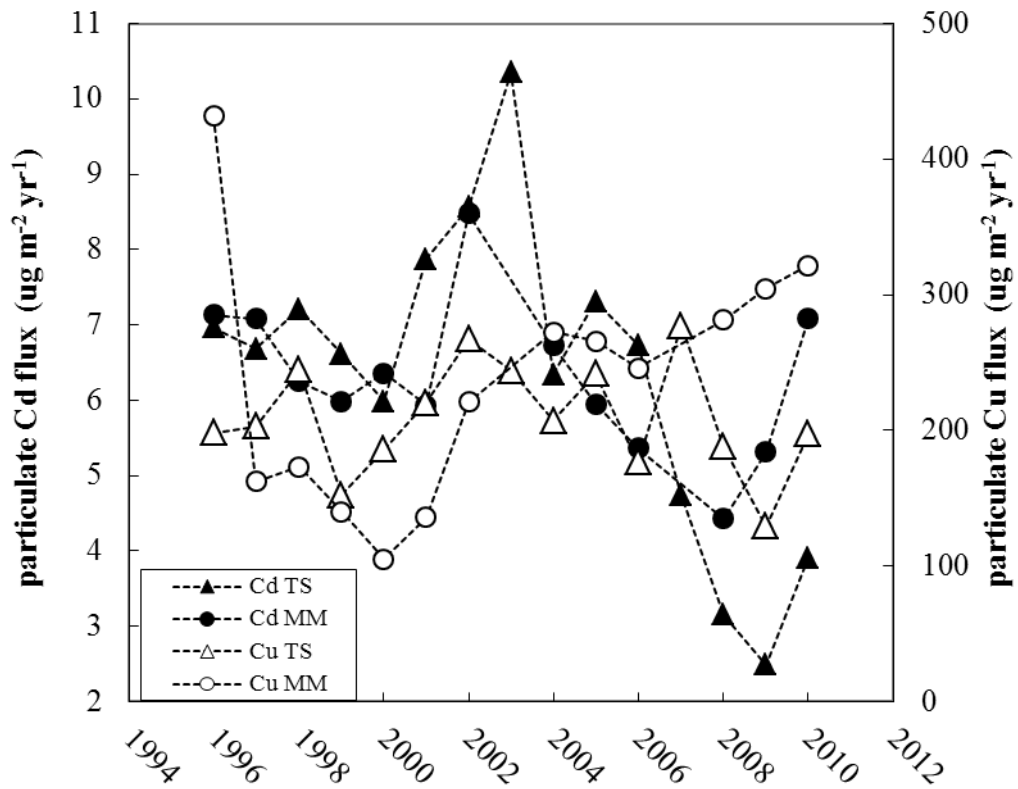
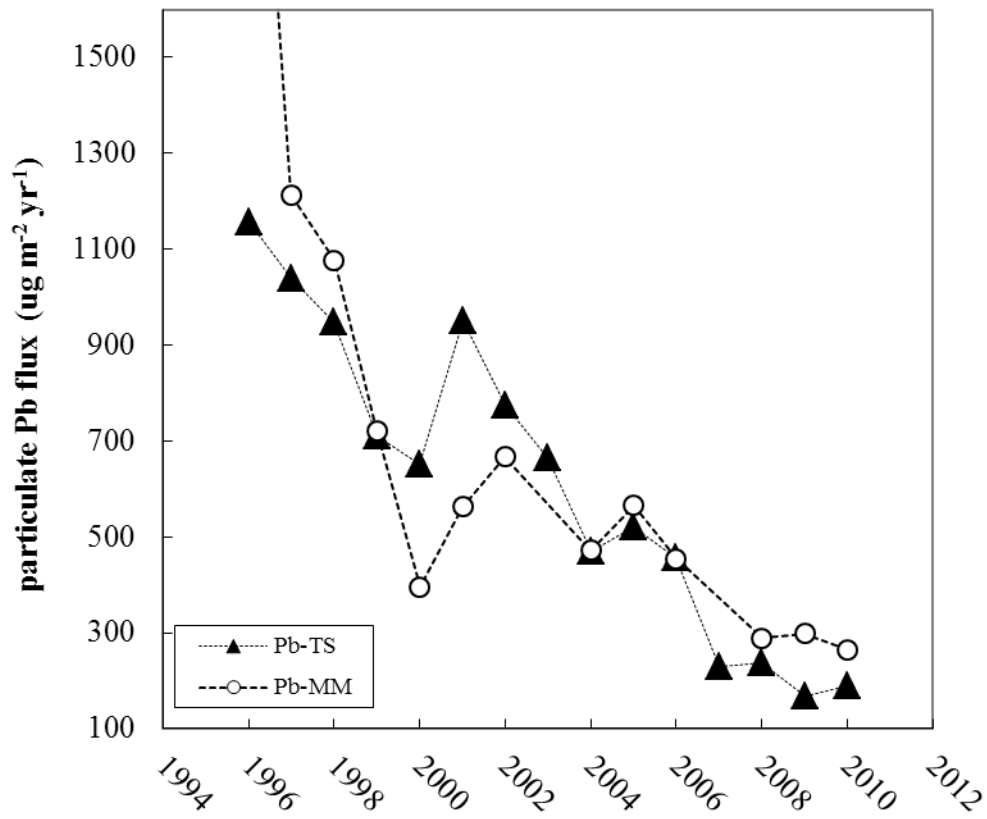
איור 24: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי  $\pm$  סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2010.



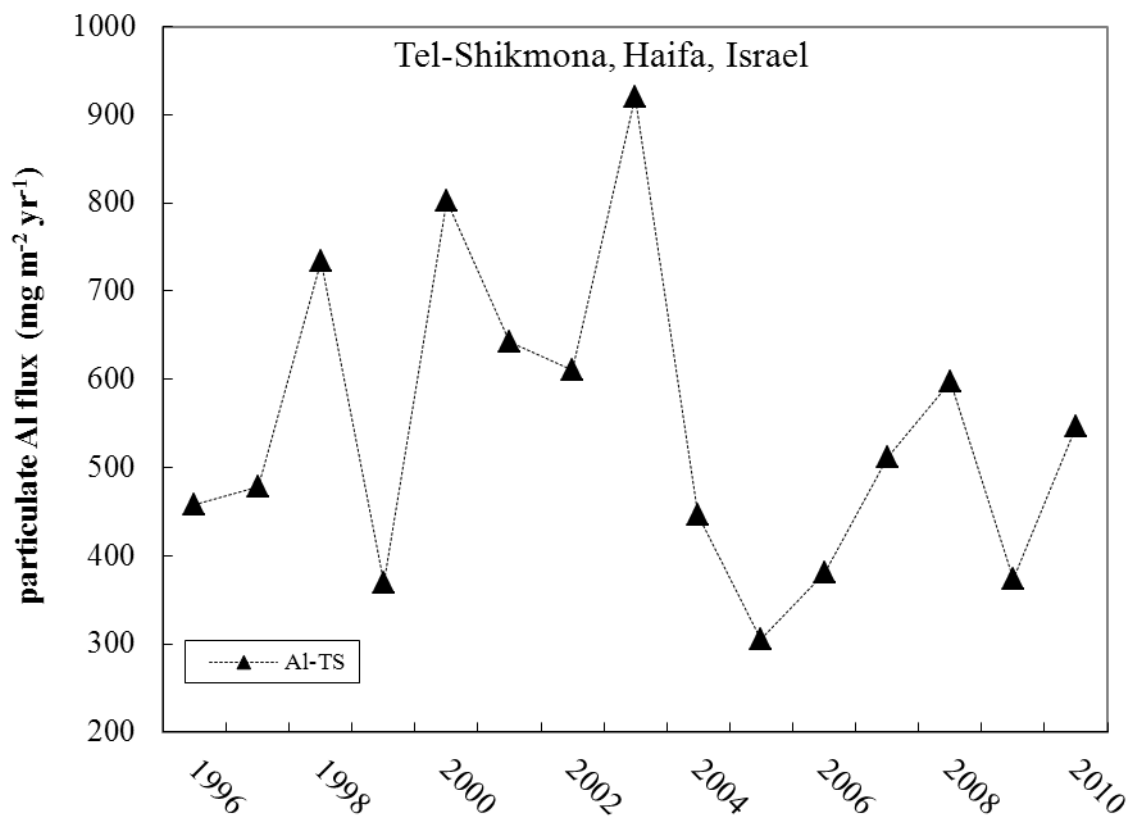
איור 25: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי  $\pm$  סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2010.



איור 26: רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A (CYP1A) ומטלותריונין מאתרי הדיגום במפרץ חיפה, חוף דור ומכמורת בשנים 2010-2007. \* - מציינת הבדל משמעותי סטטיסטית בין תחנות באותה שנת דיגום (t-test;  $p < 0.05$ ). הסברי המונחים בגרפים נמצאים במילון המונחים (נספח 7).

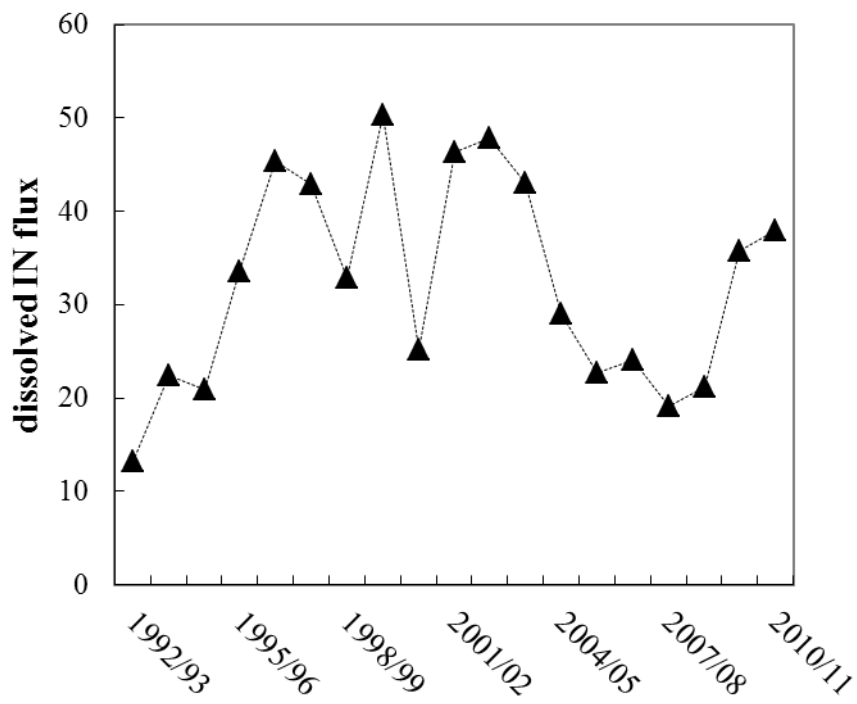
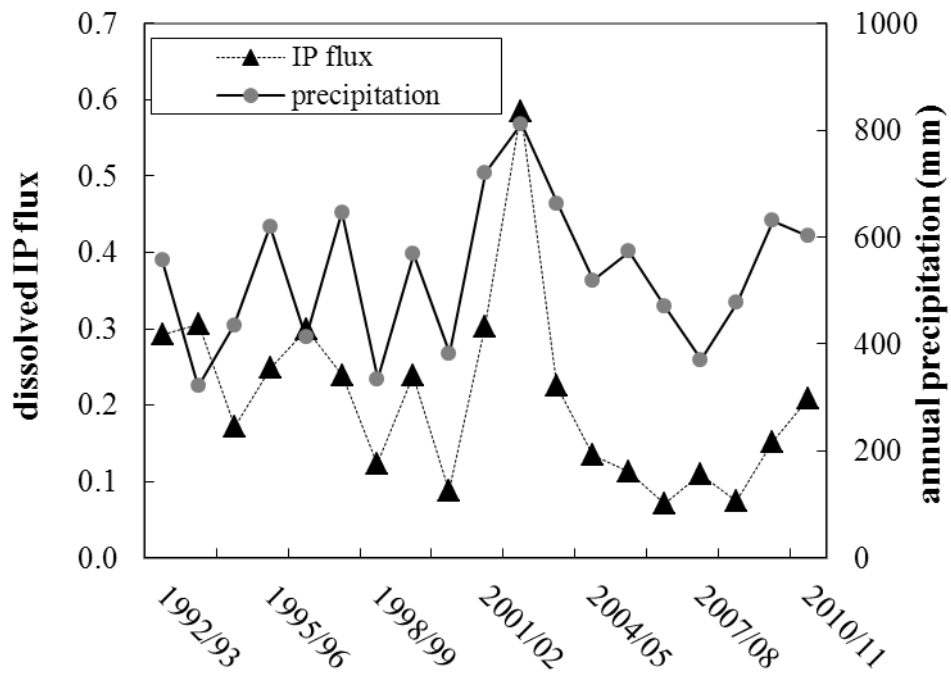


איור 27: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) ובמעון מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2010; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.

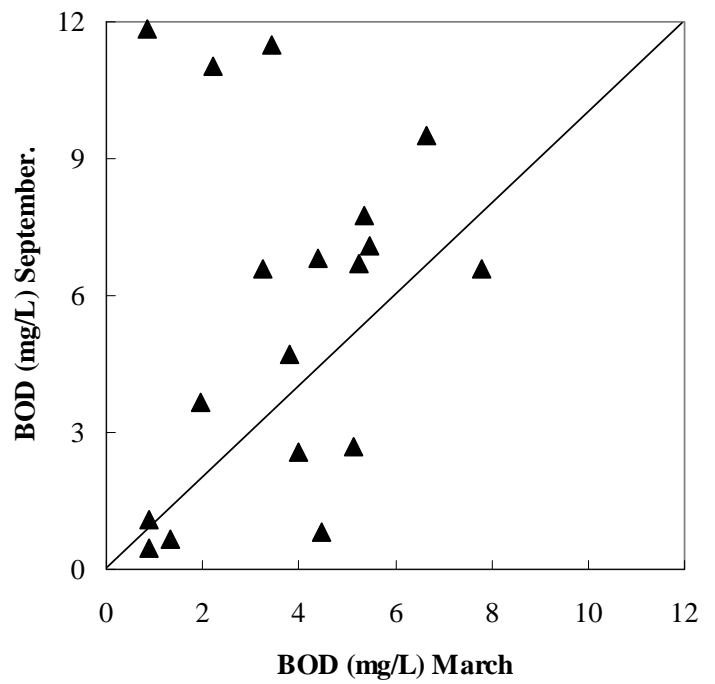
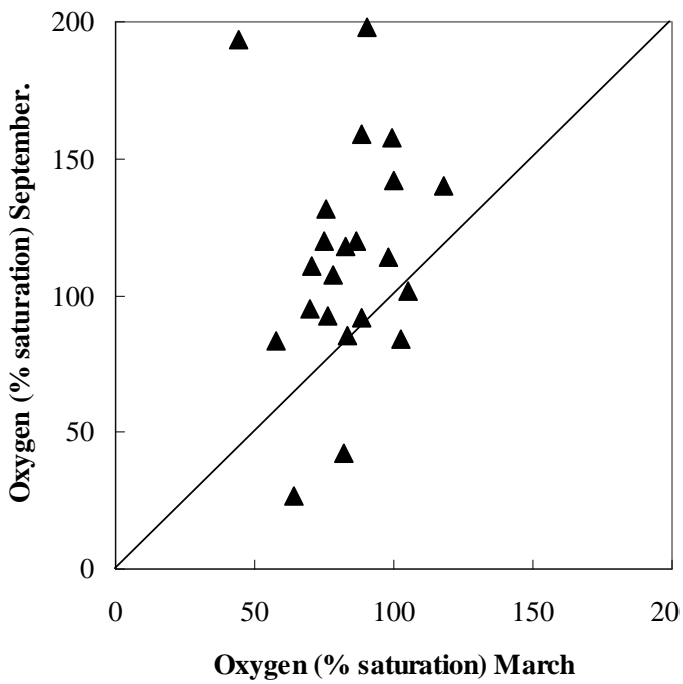
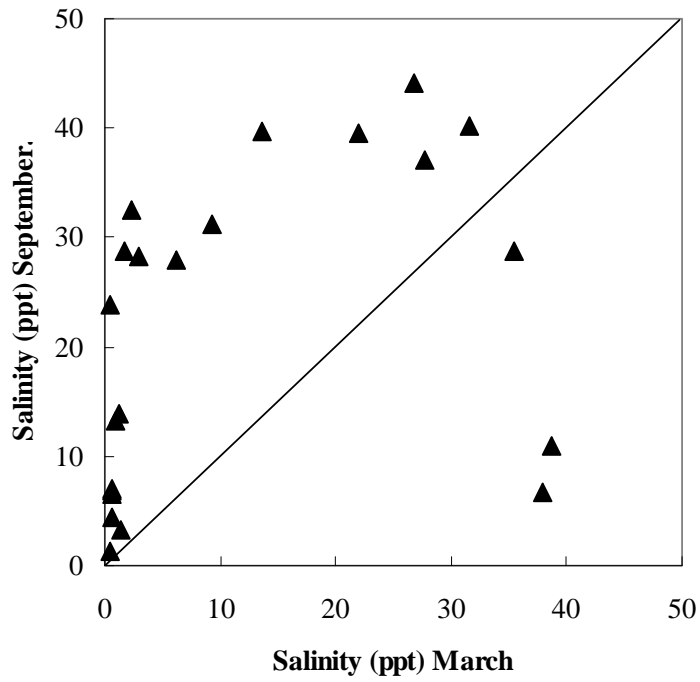


איור 27: המשך



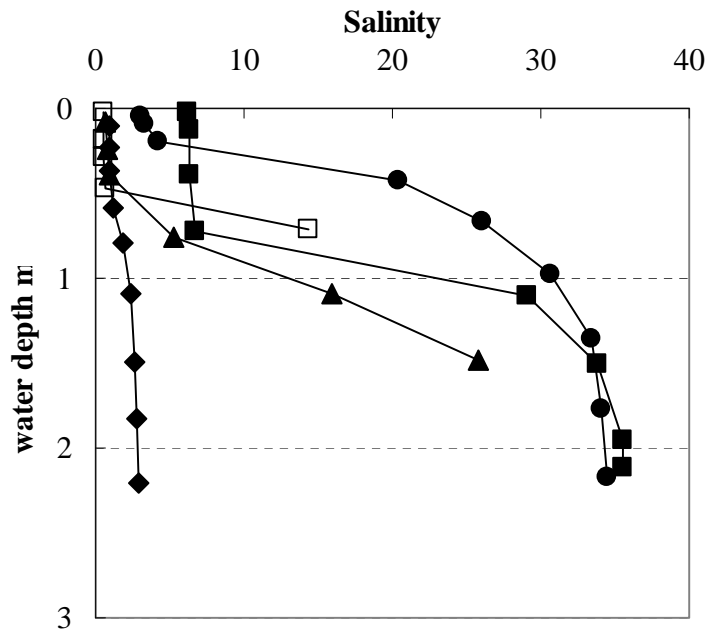
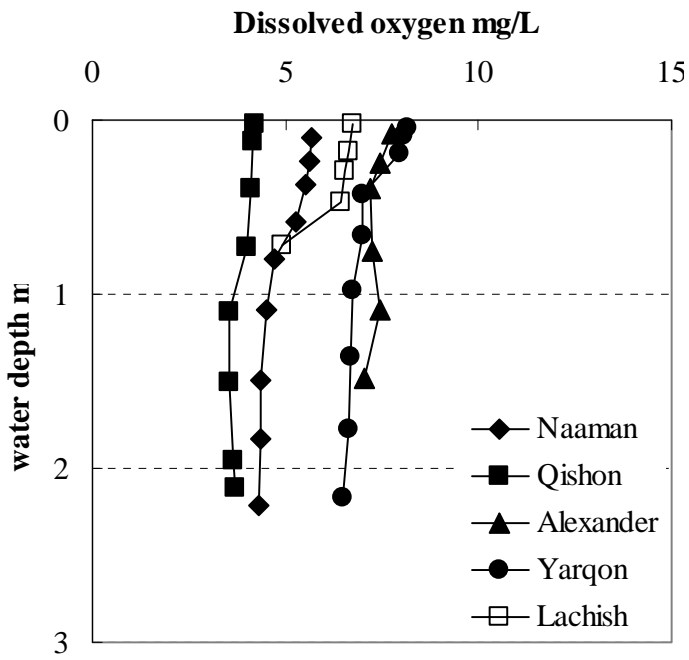


איור 28: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2010. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

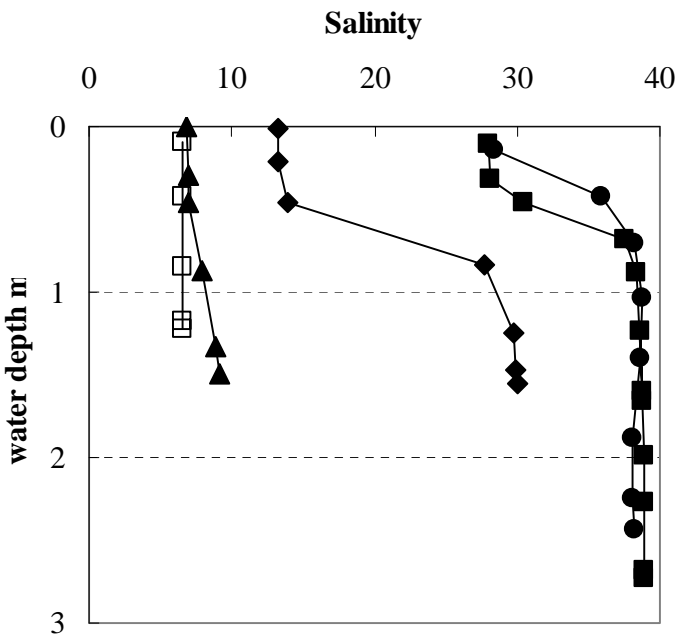
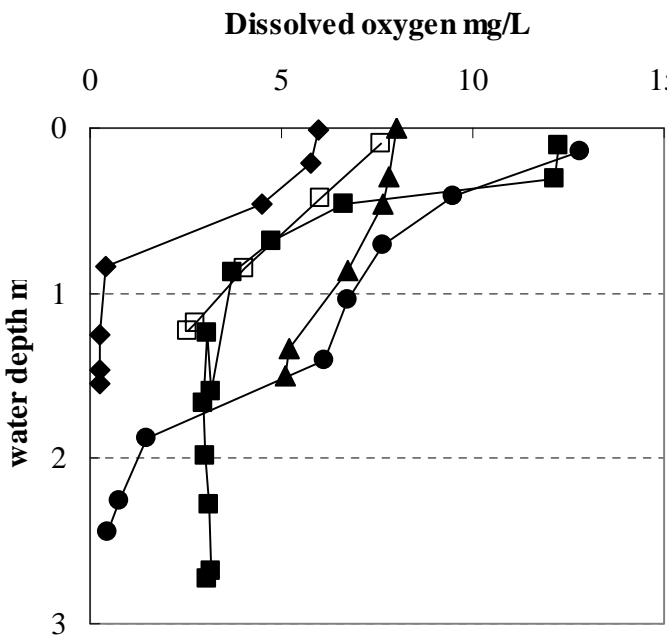


איור 29: הקשר בין ערכי מליחות, אחוז הרוויה בחמצן וצריכת חמצן ביולוגית (BOD) בדיגום ספטמבר לדיגום מרץ בשפכי הנחלים בשנת 2010.

## מרץ 2010

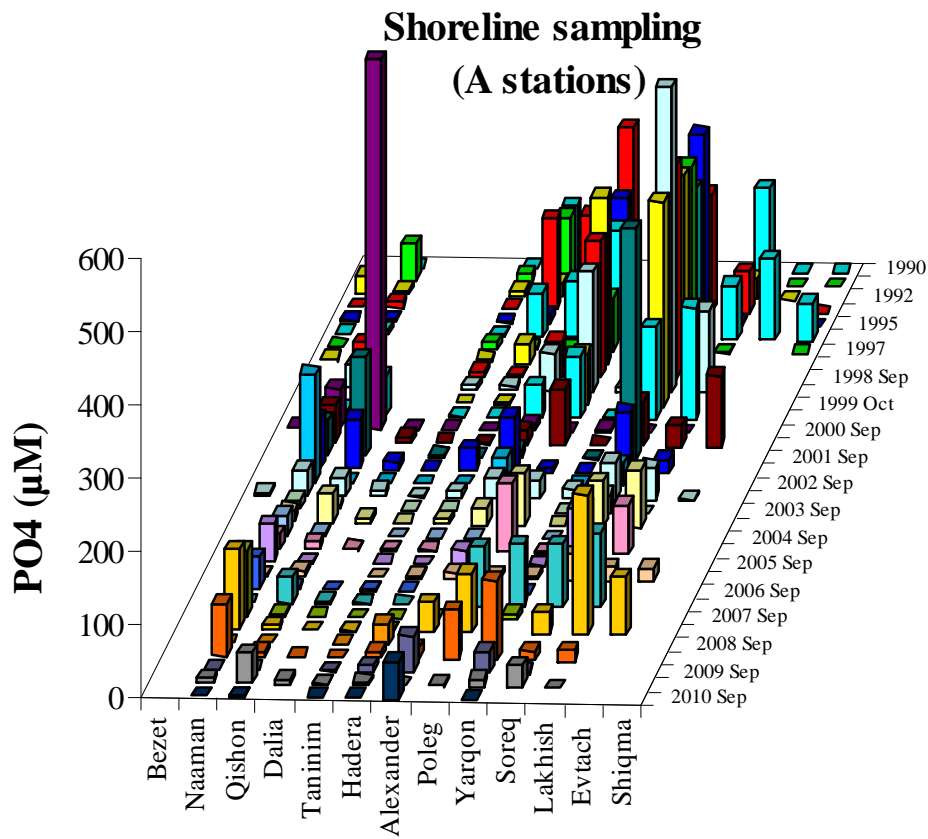


## ספטמבר 2010



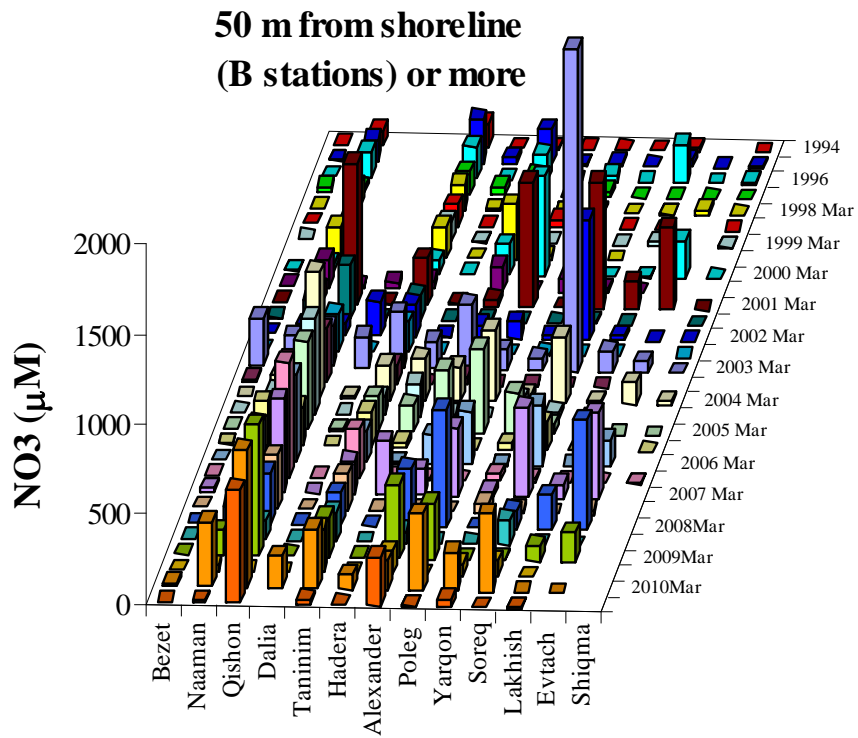
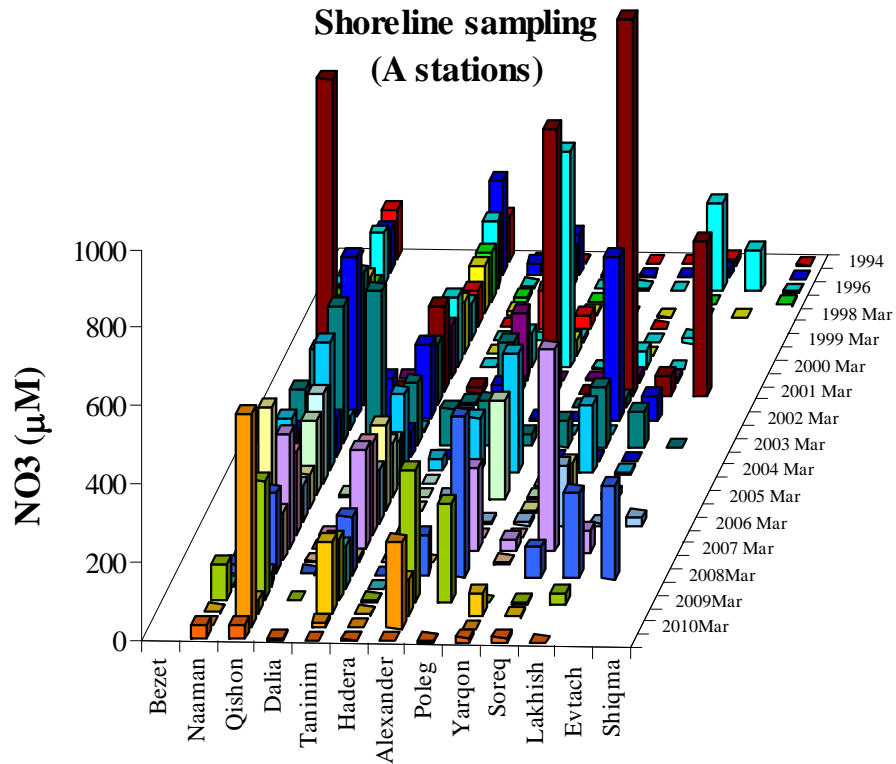
איור 30 : פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ וספטמבר 2010.

A



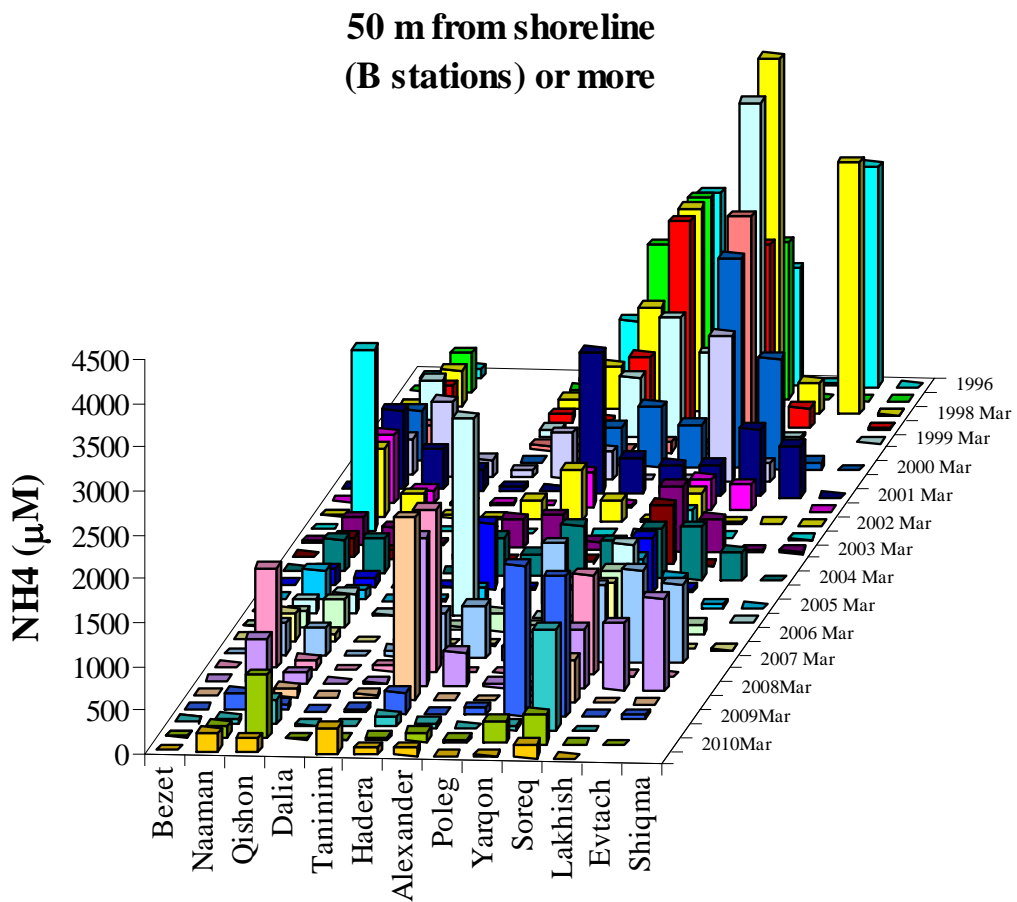
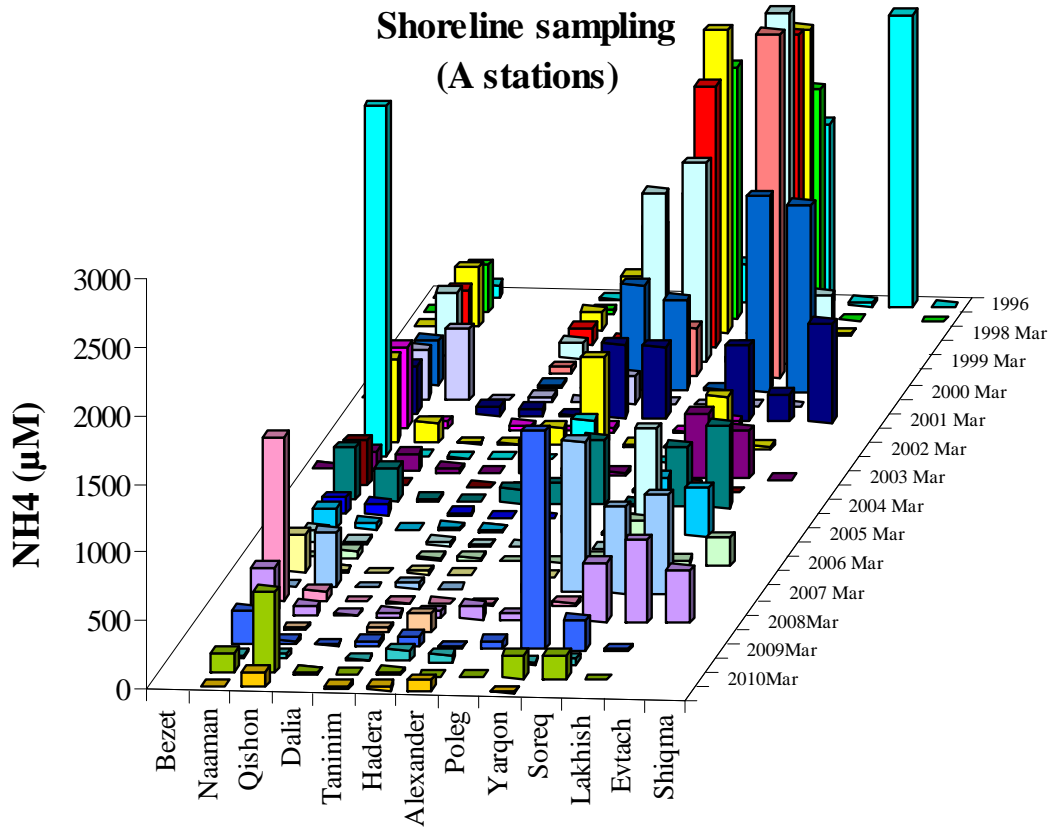
איור 31: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2010 (מרץ וספטמבר).

B

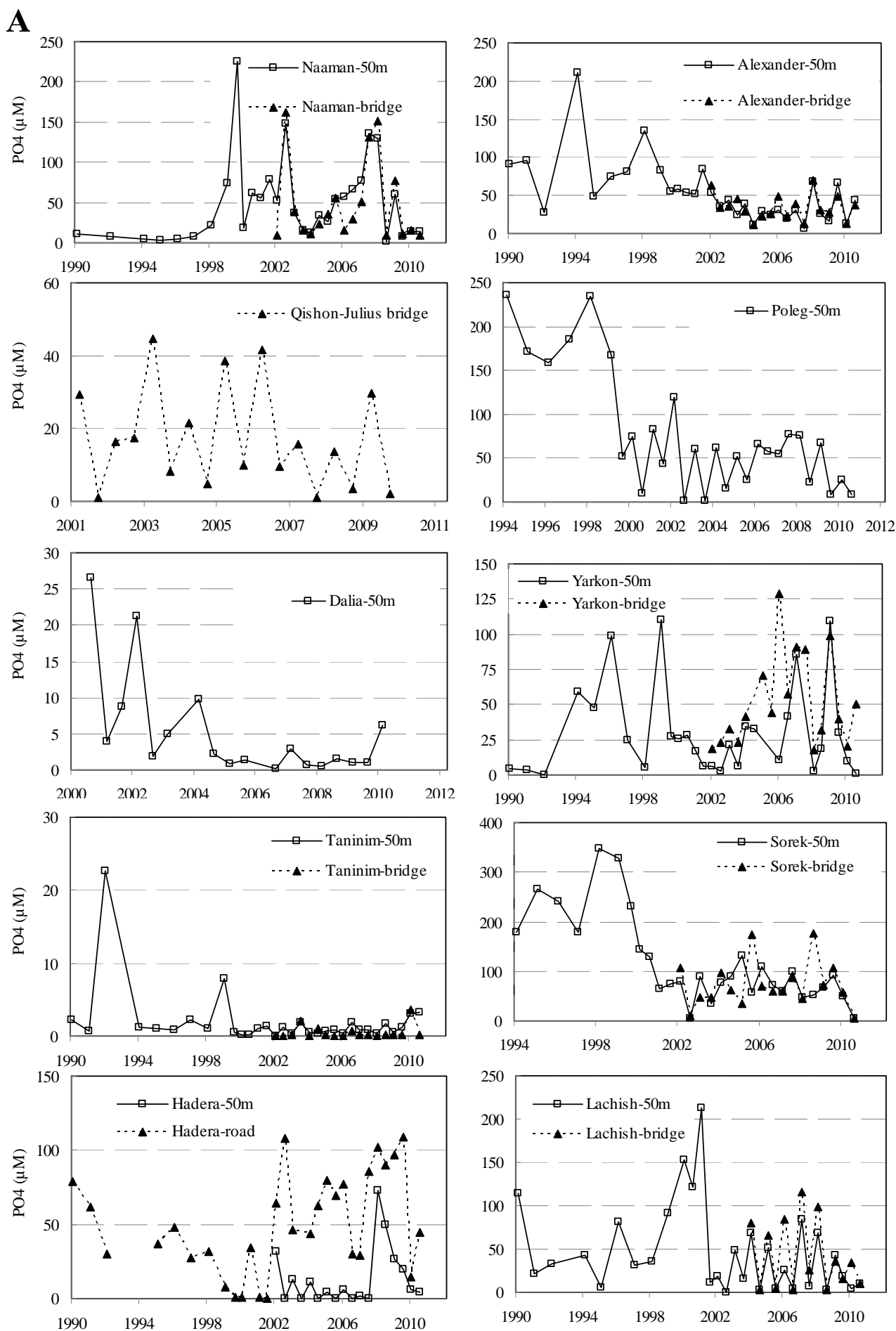


איור 31 : המשך

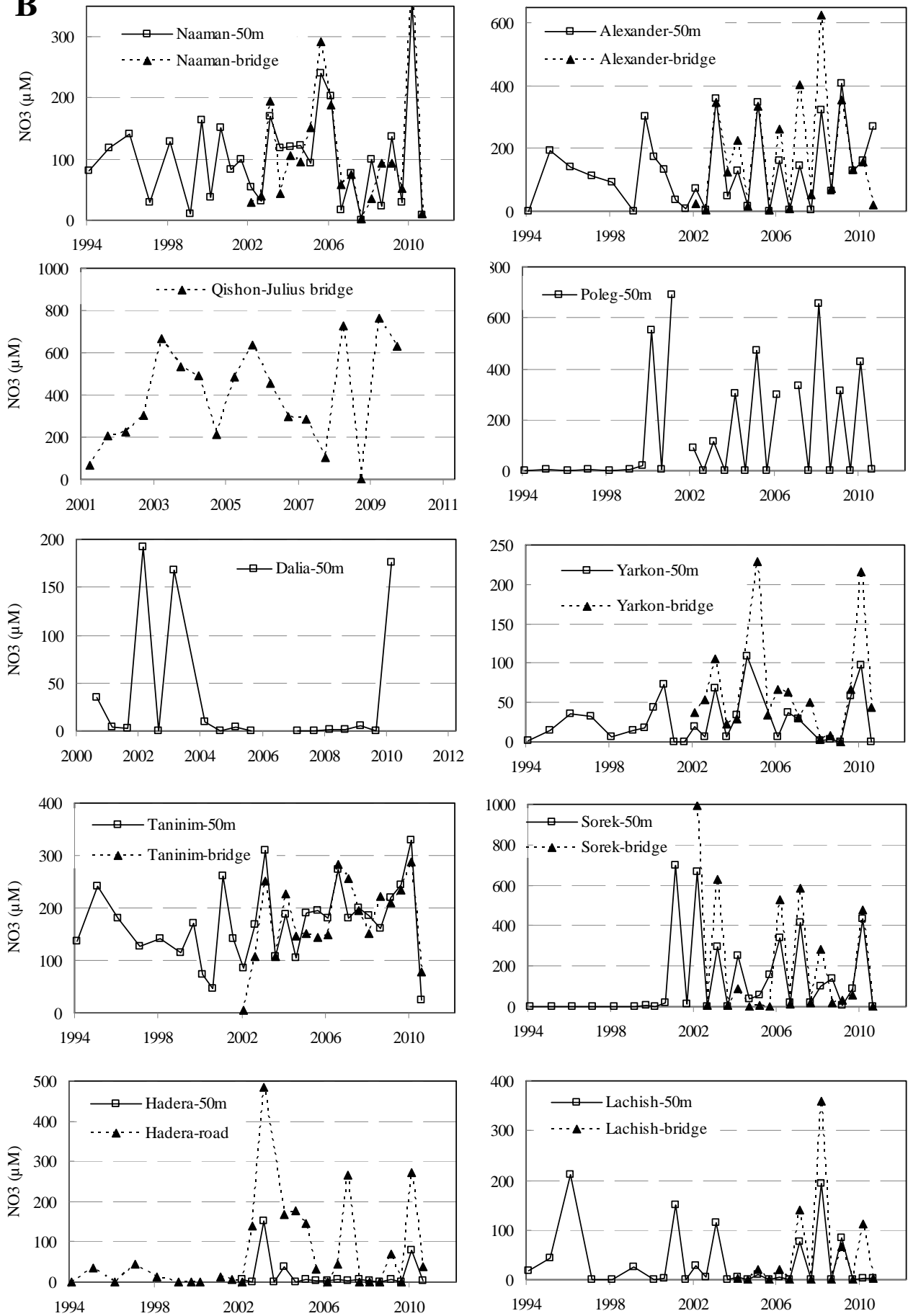
C



איור 31 : המשך

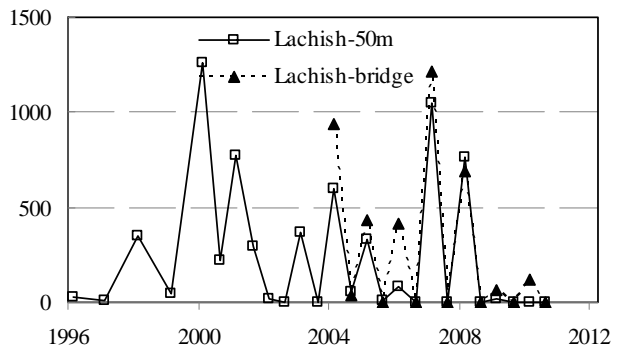
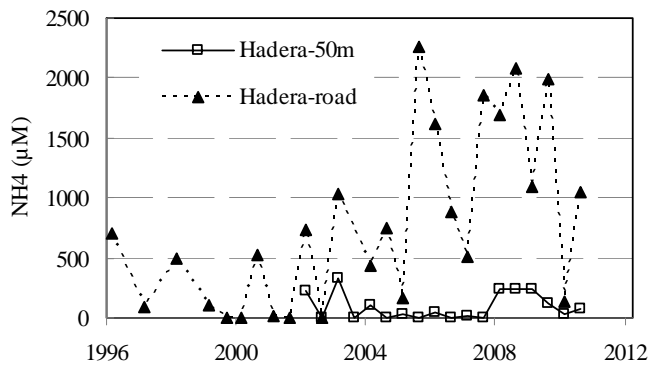
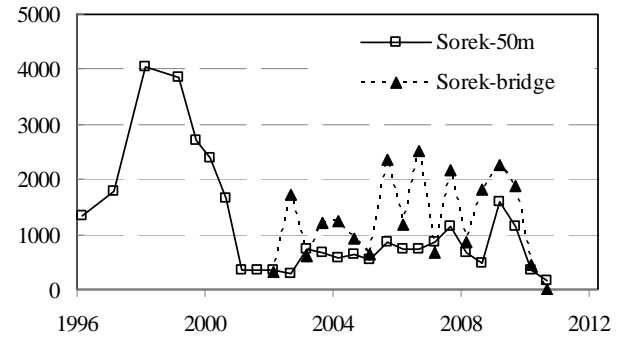
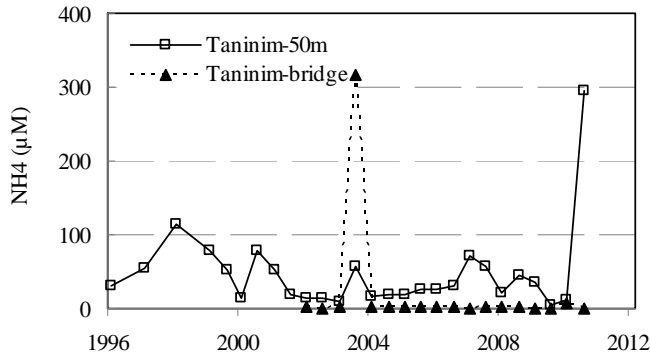
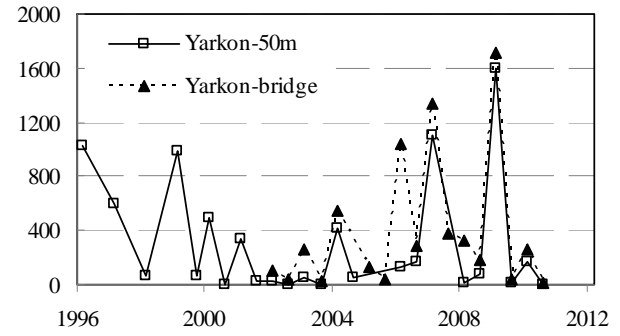
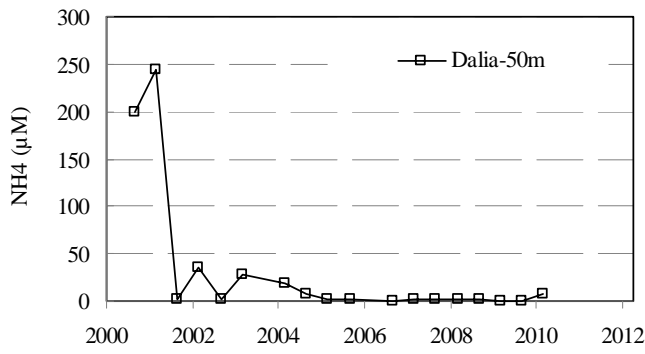
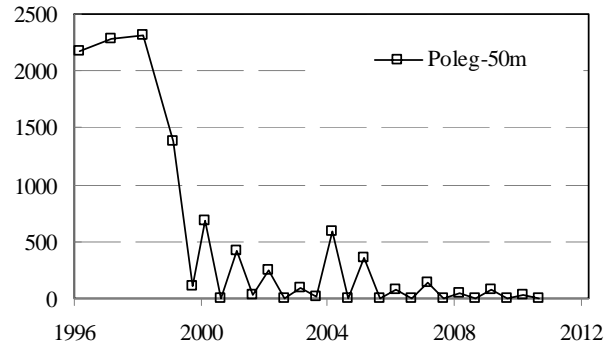
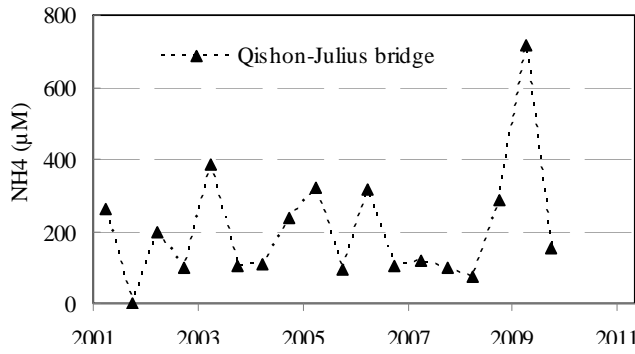
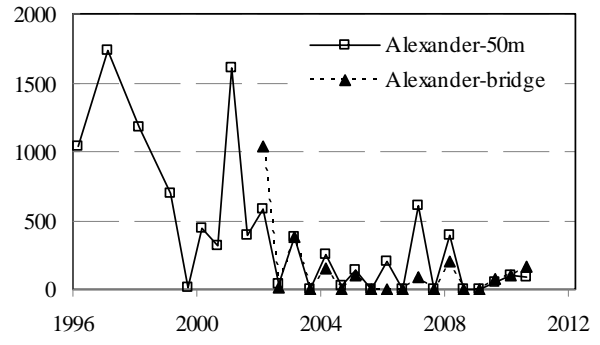
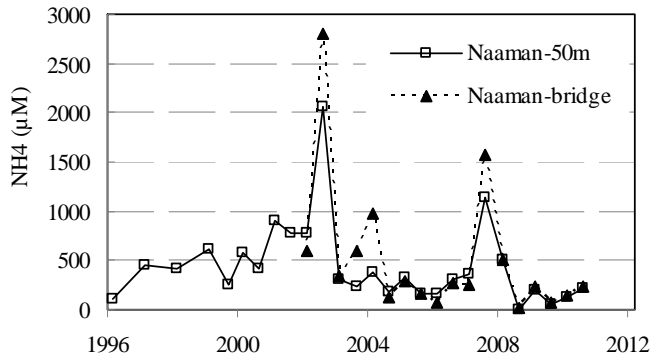


איור 32 : ריכוזי פוספט (A) ניטראט (B) ואמוניום (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2010 (מרץ וספטמבר).

**B**

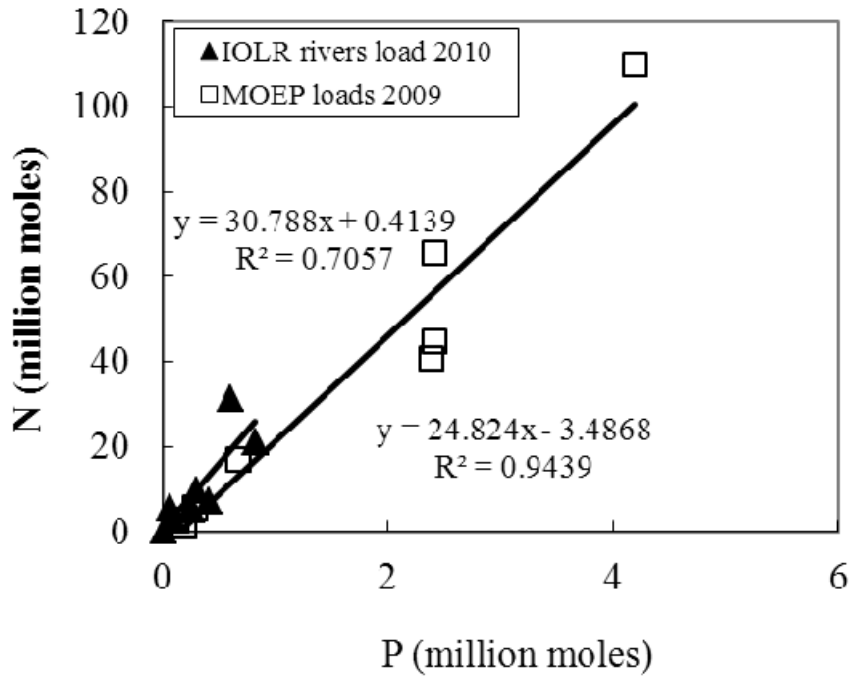


C

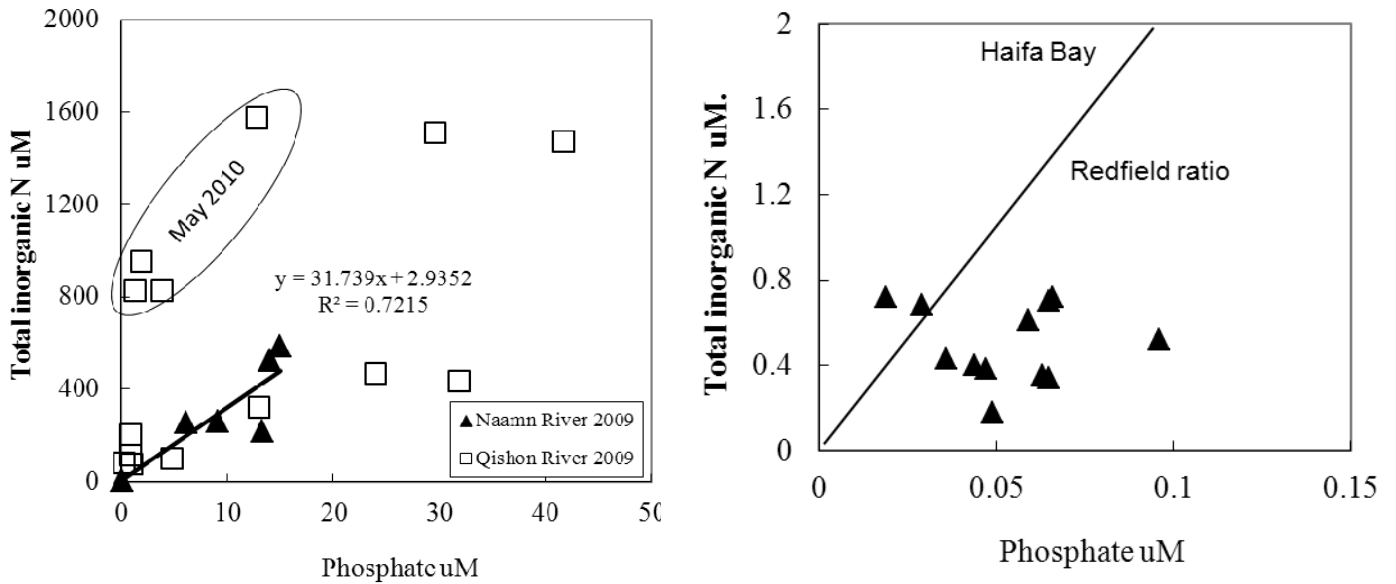


איור 32 : המשך

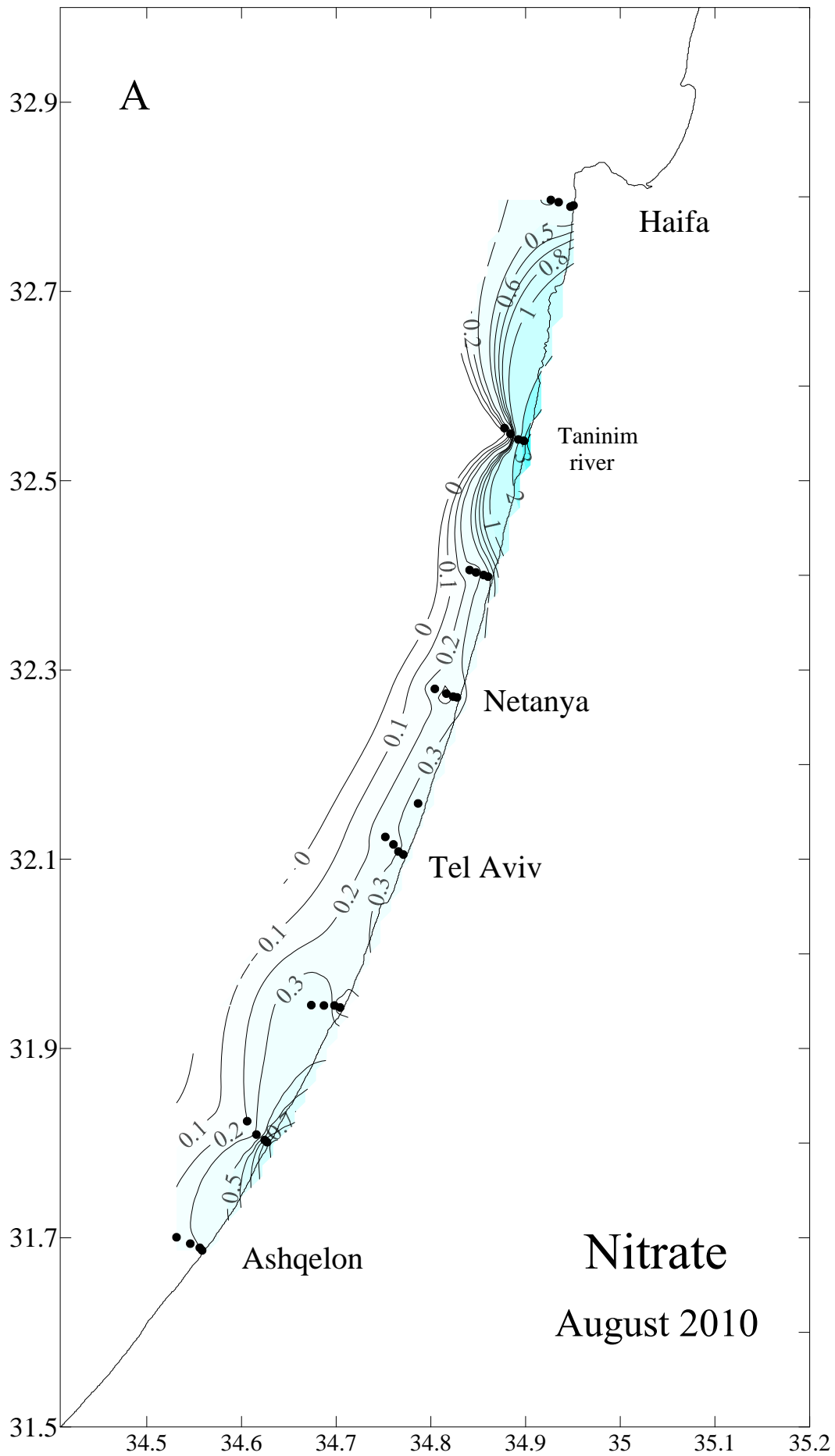
A



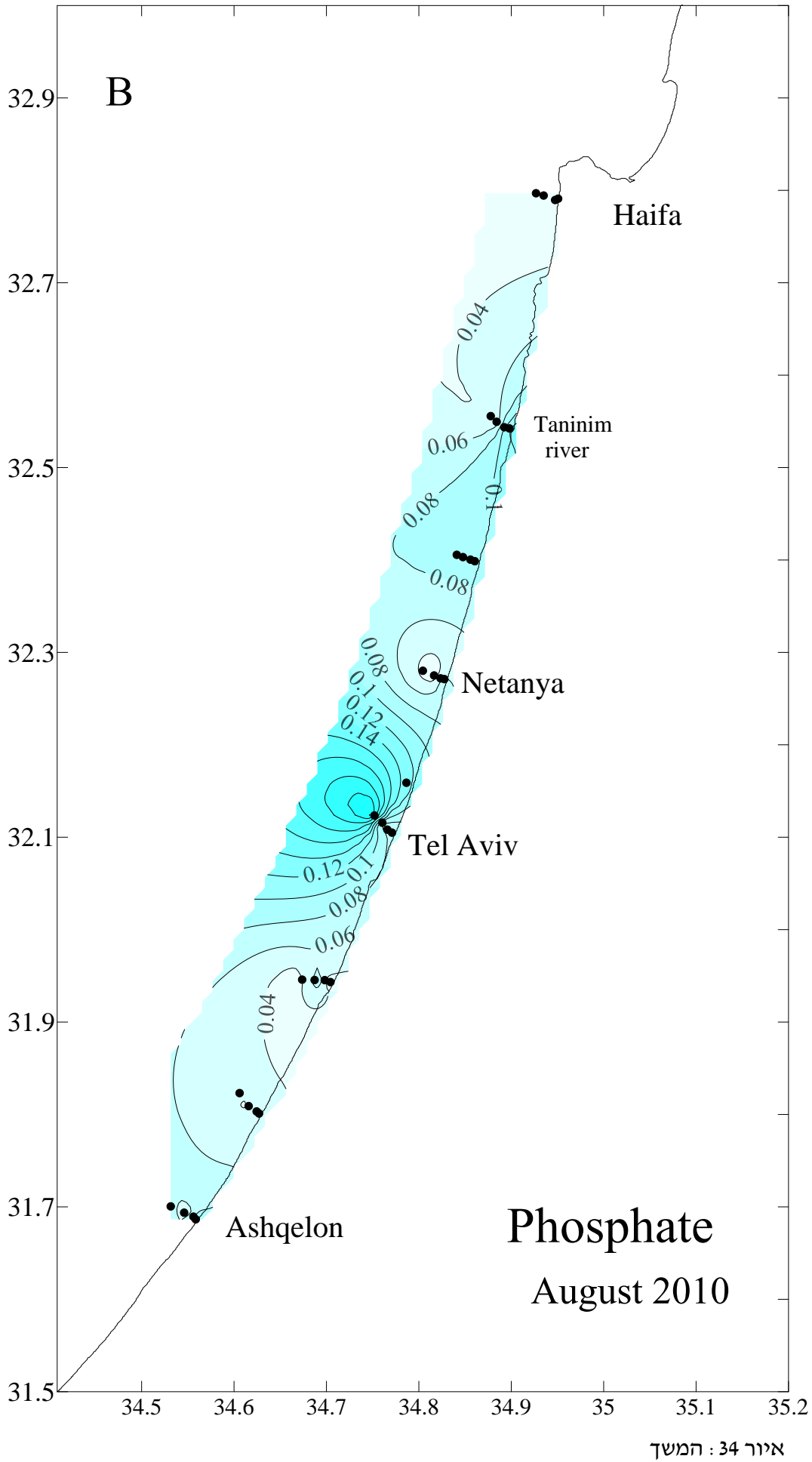
B

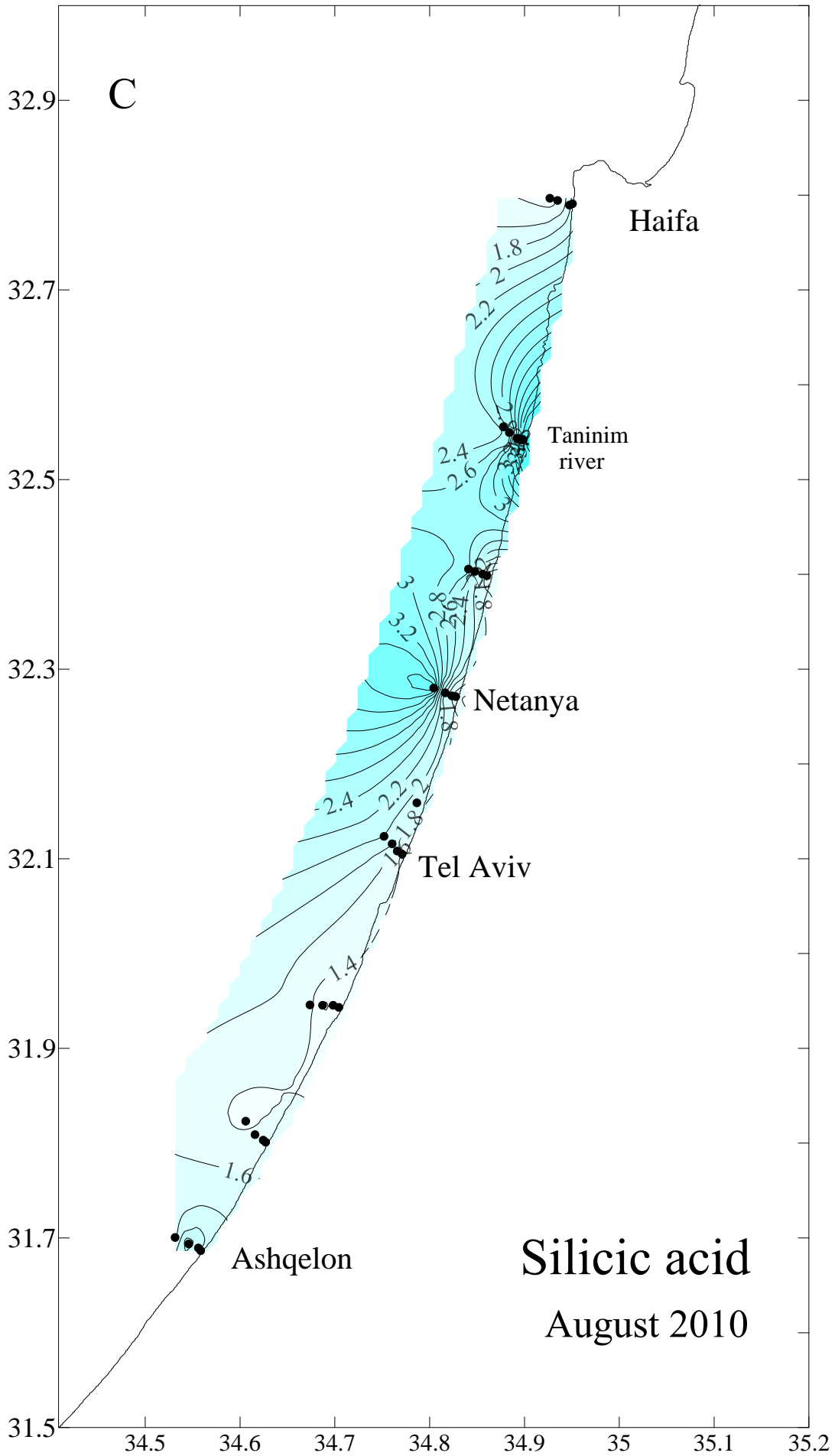


איור 33: הקשר בין עומסי החנקן והזרחן בהזרמות השפכים לנחלים ובשפכי הנחלים (ע"פ טבלה 6 (A), והקשר בין ריכוזי חנקן אי-אורגני לריכוזי פוספאט במי מפרץ חיפה (יולי 2010) ובשפך נחלי נעמן וקישון (2010) (B).



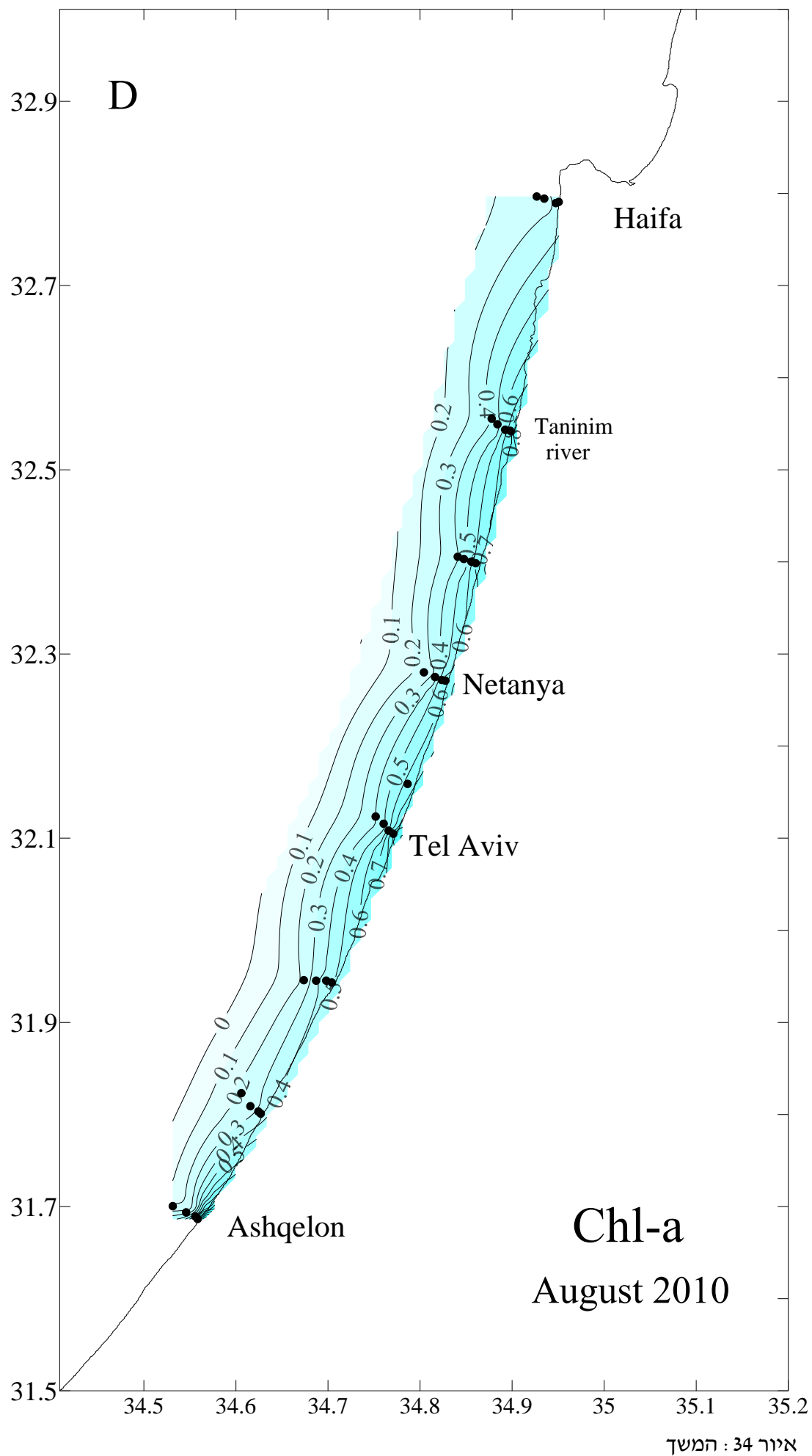
איור 34 : ריכוזי נטריאנטים ( $\mu\text{M}$ ) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) ( $\mu\text{g/L}$ ) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2010.

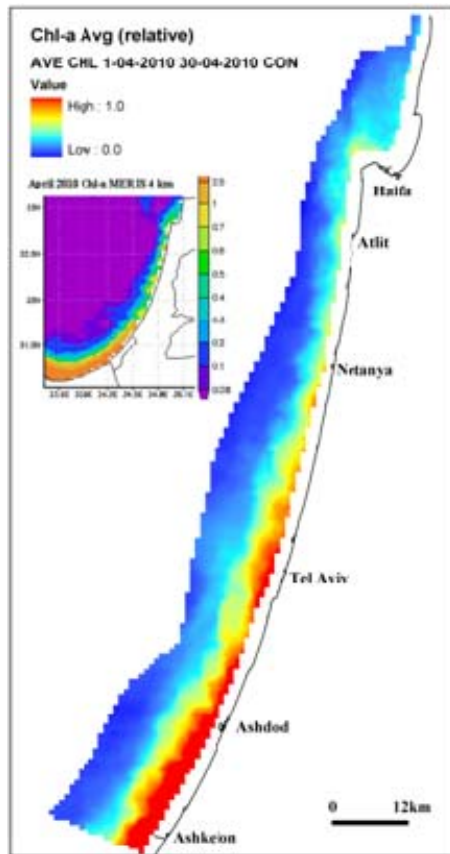




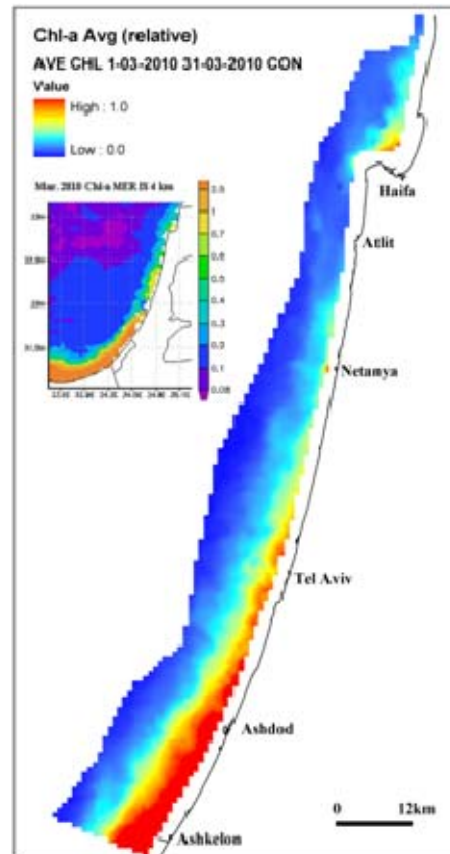
Silicic acid  
August 2010

איור 34 : המשך

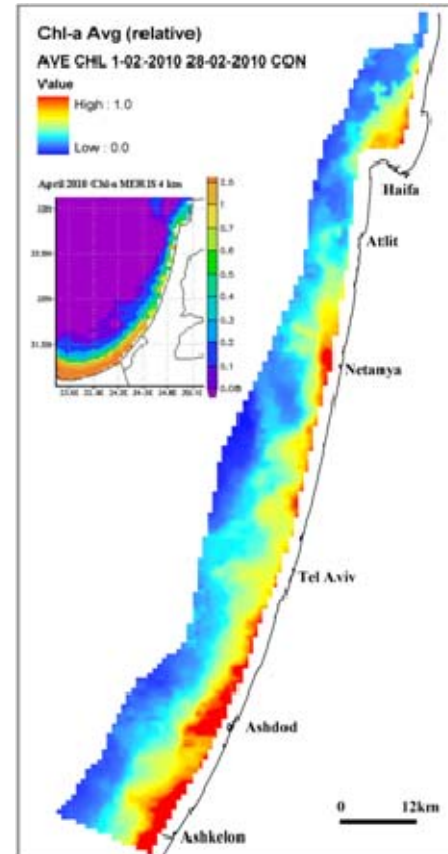




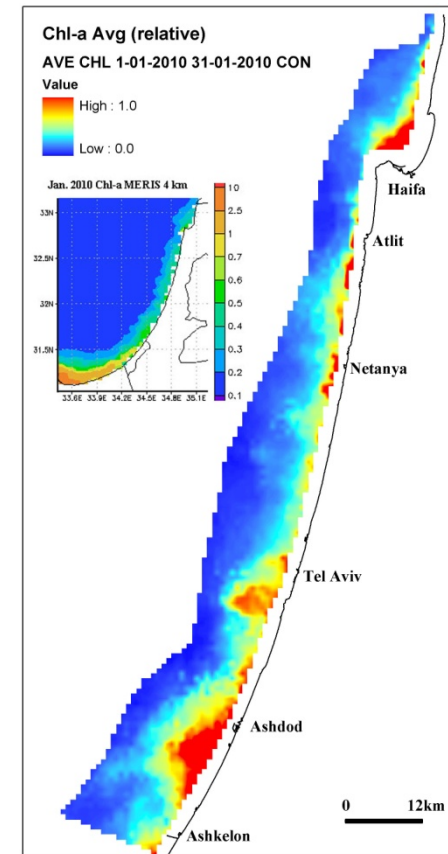
אפריל



מרץ

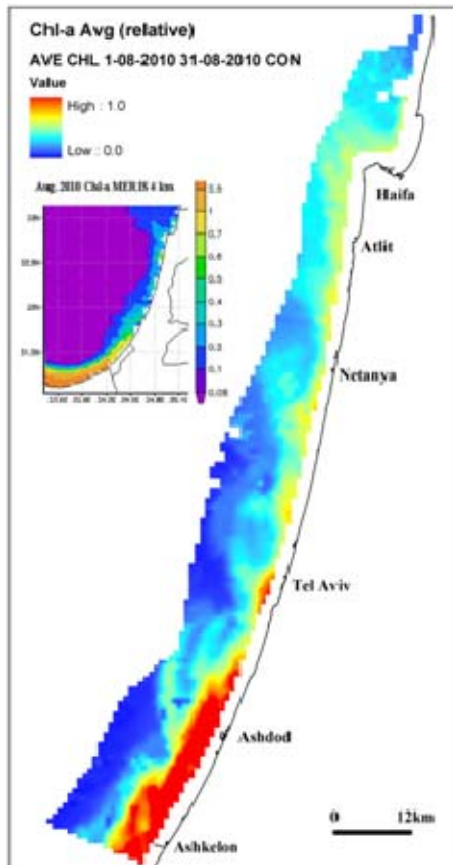


פברואר

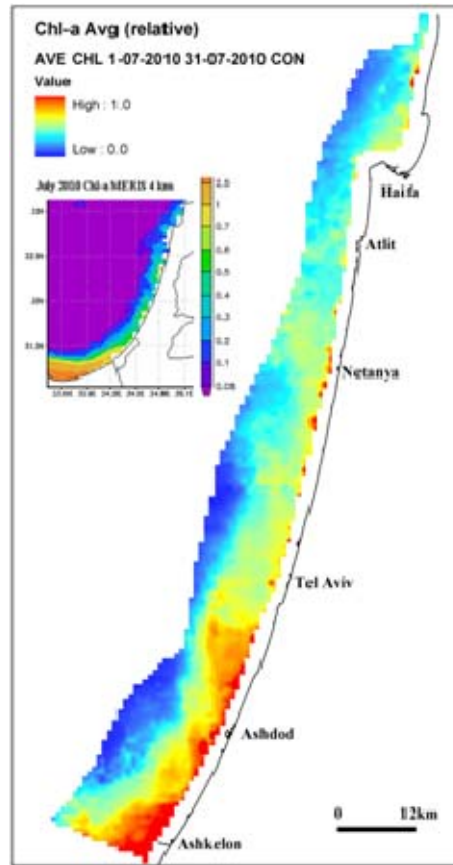


ינואר

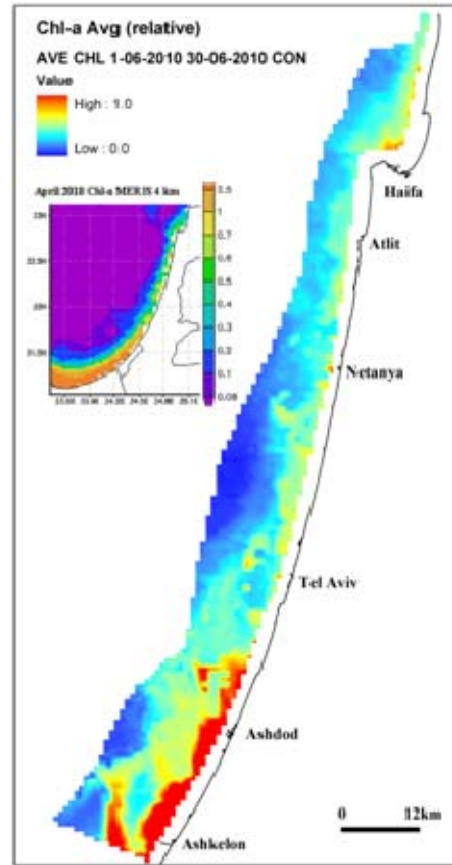
איור 35 : ממוצע חודשי (שנת 2010) של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (עומק מים 0-200 מטר) מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה- SISCAL



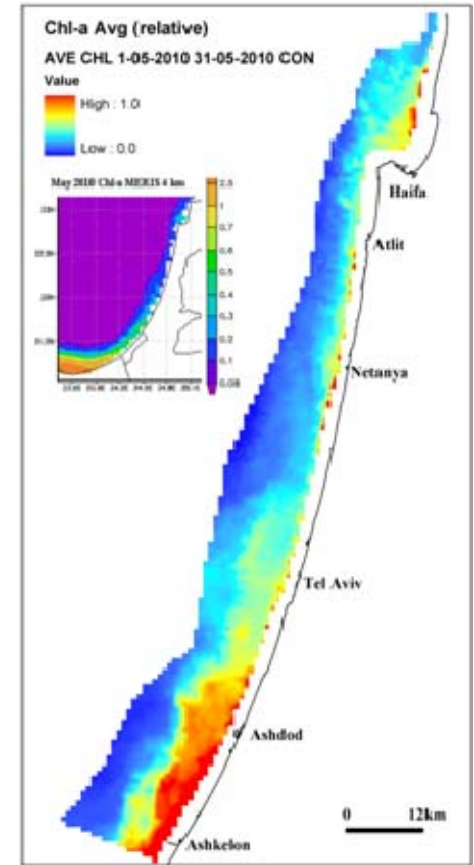
אוגוסט



יולי



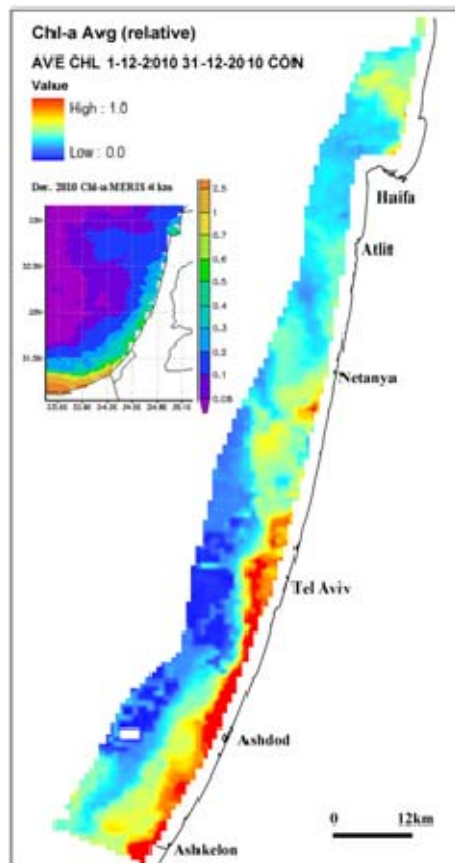
יוני



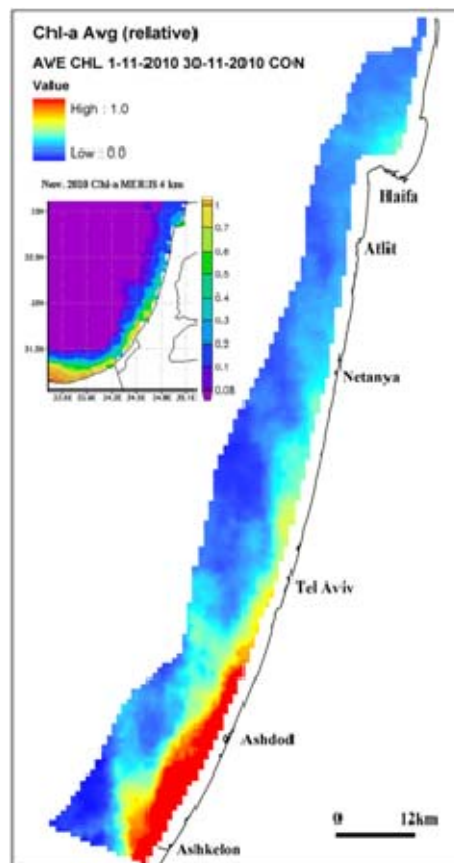
מאי

איור 35 : המשך

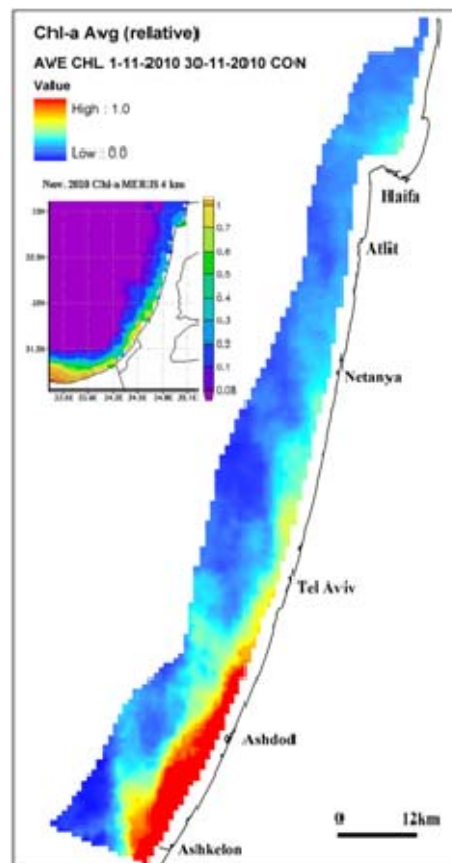




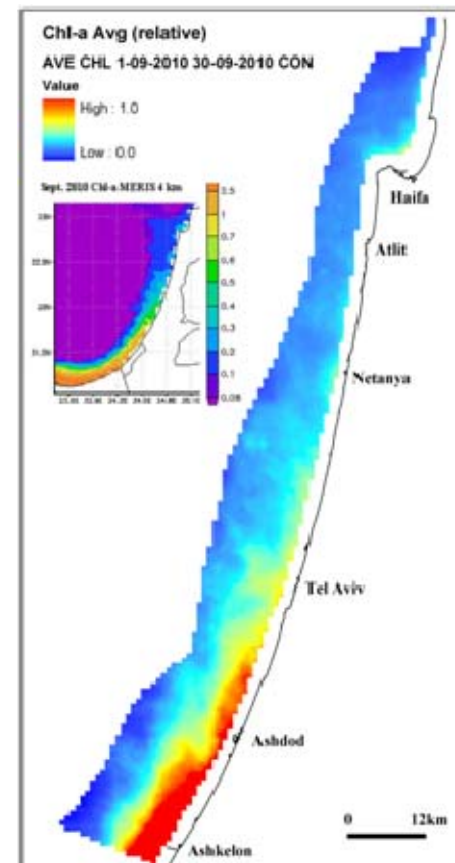
דצמבר



נובמבר



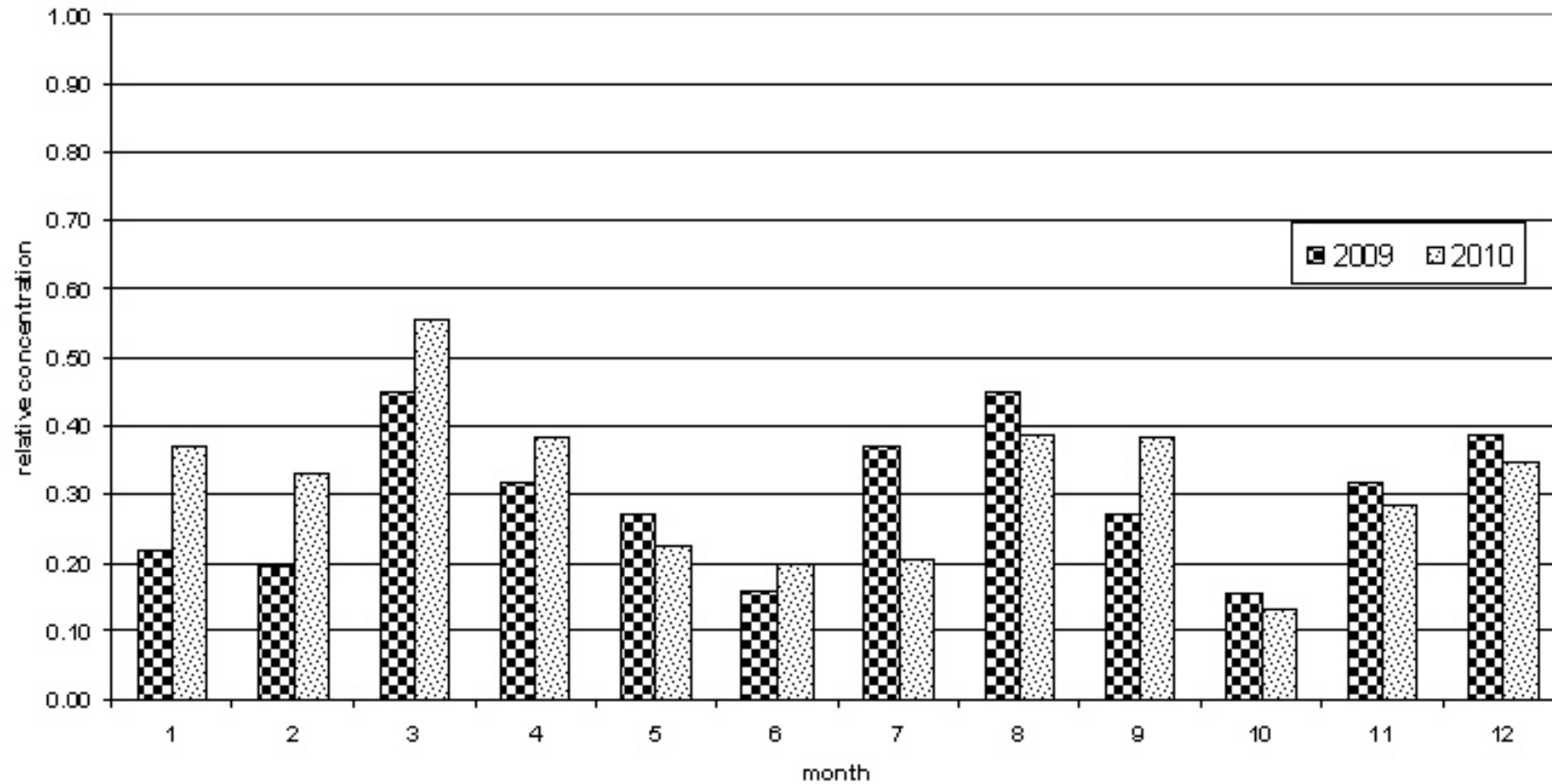
אוקטובר



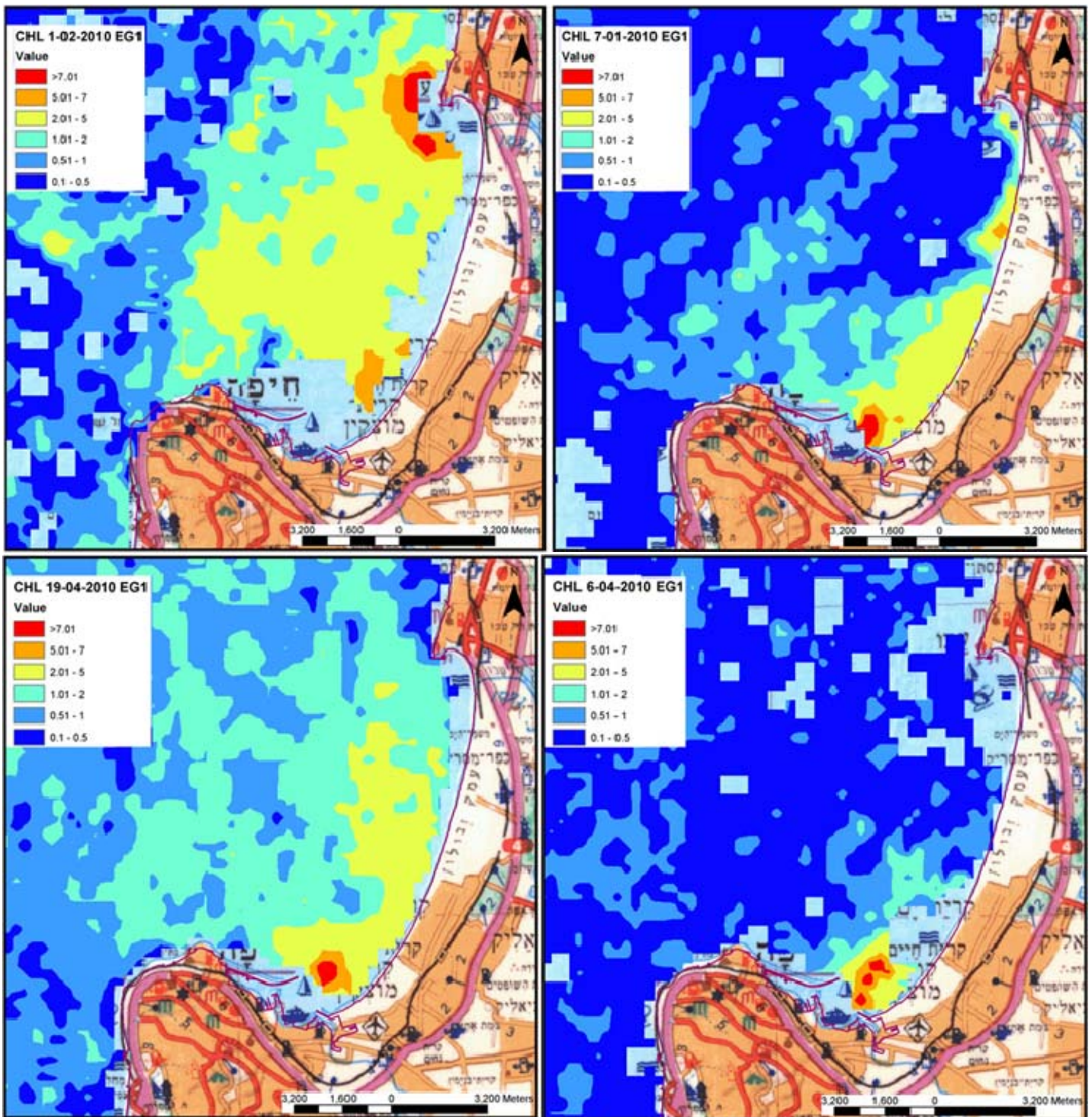
ספטמבר

איור 35 : המשך

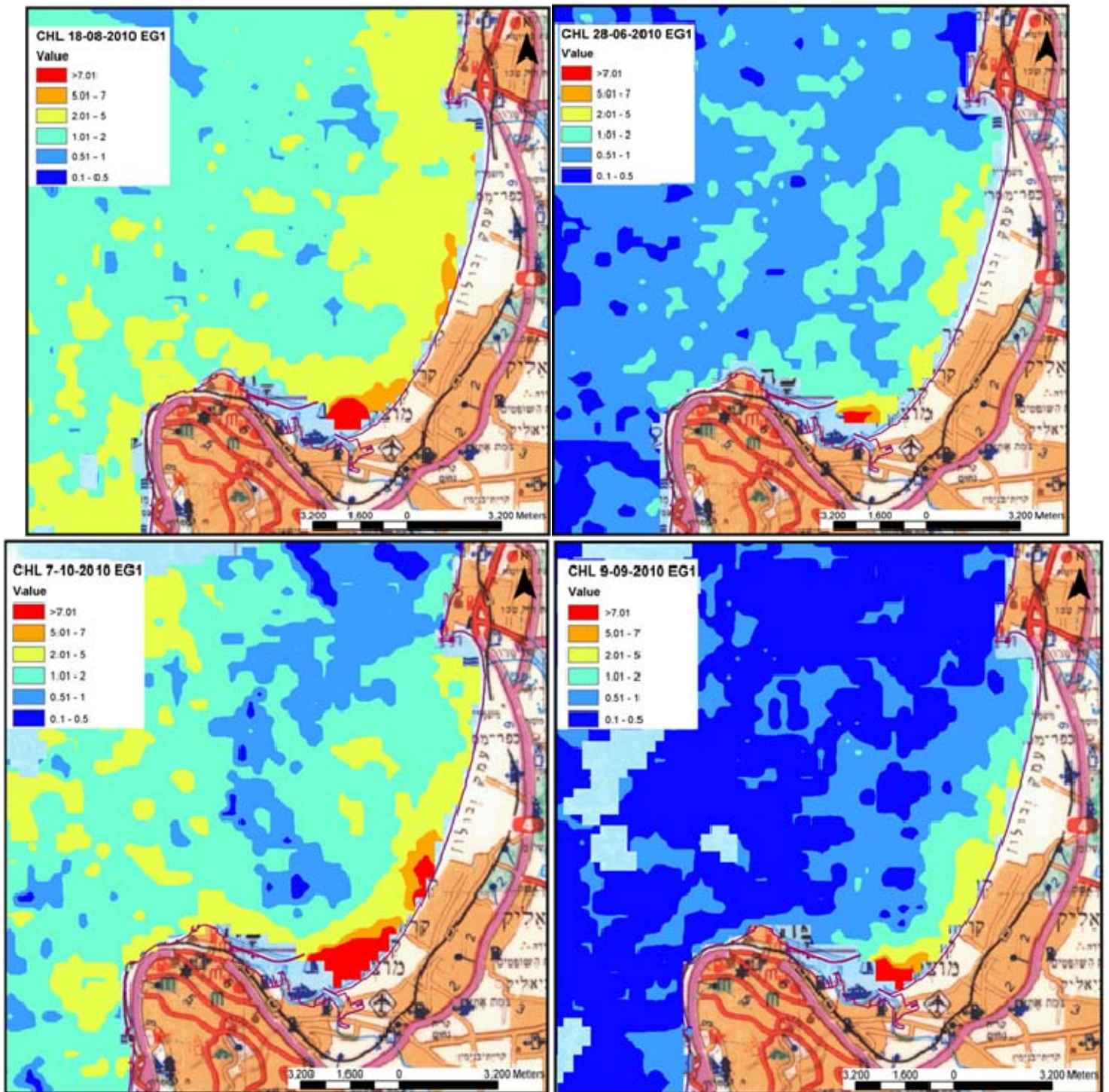
Average Chl-a concentration (relative) on the Israeli continental shelf (2 km offshore to WD=200m) derived from MODIS images



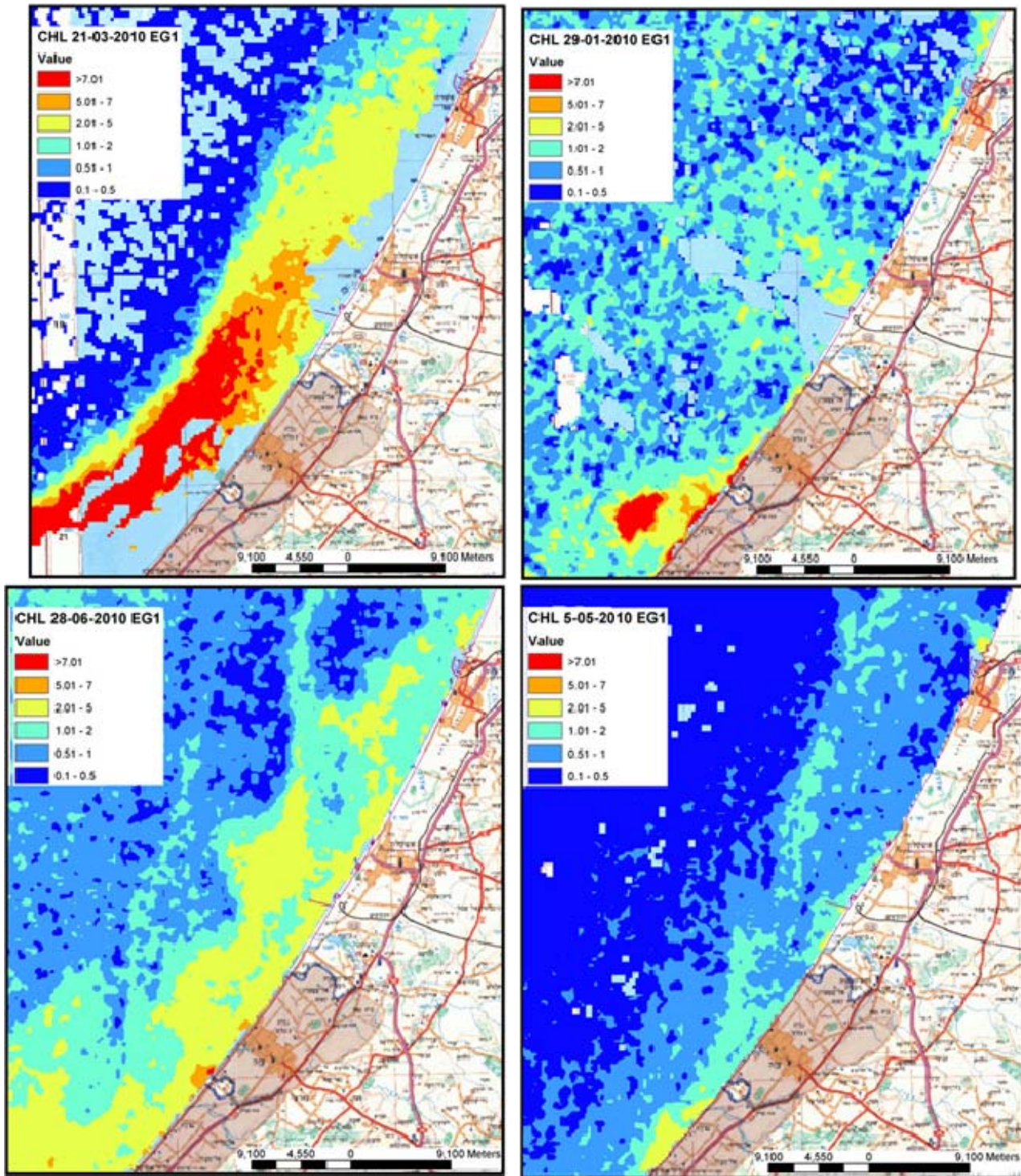
איור 36 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר בשנים 2009-2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



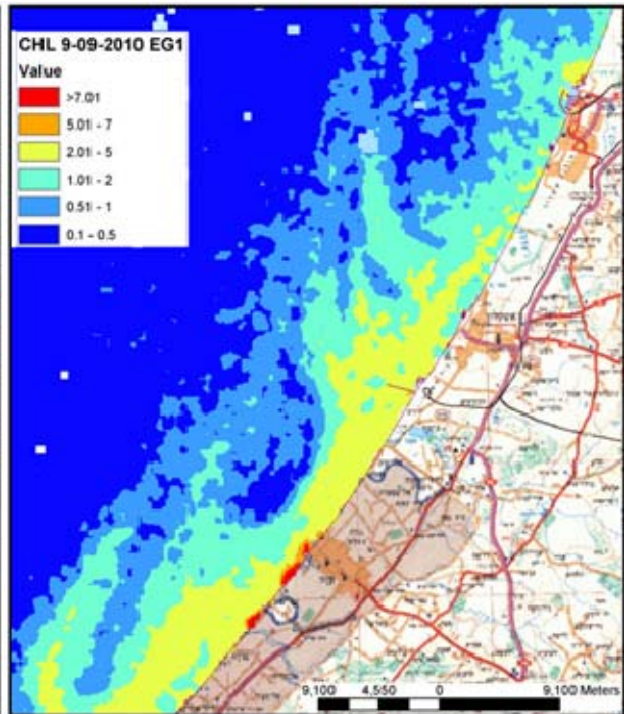
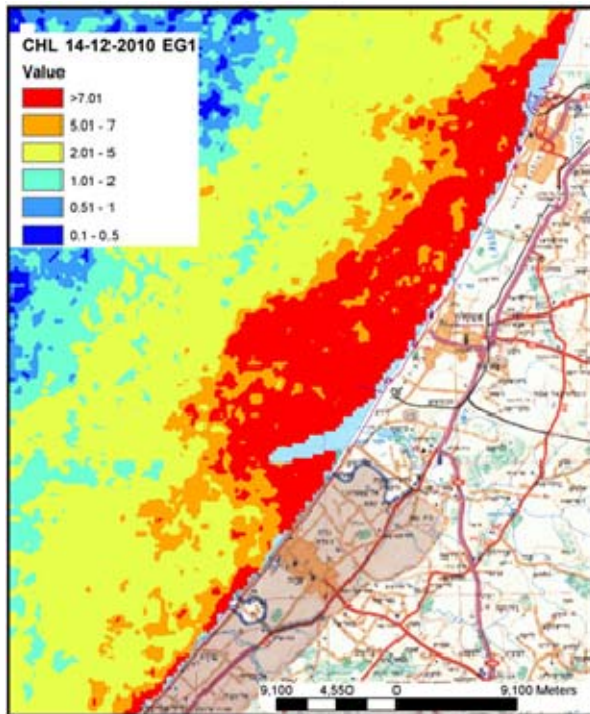
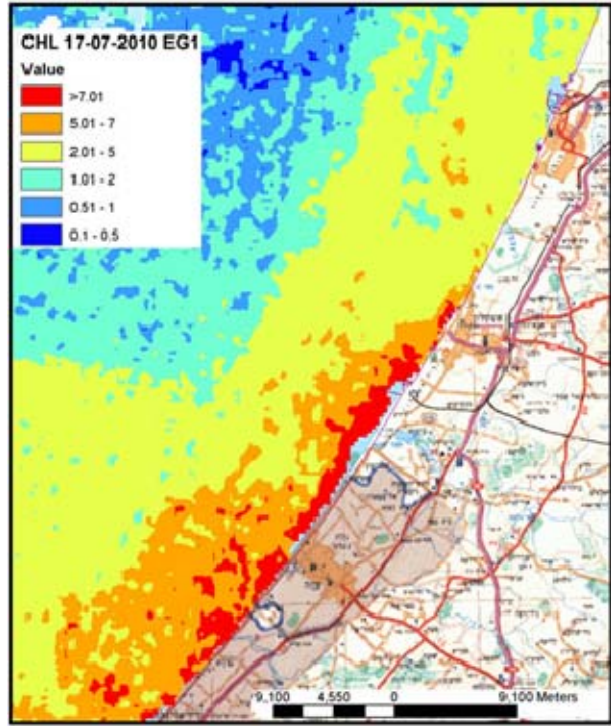
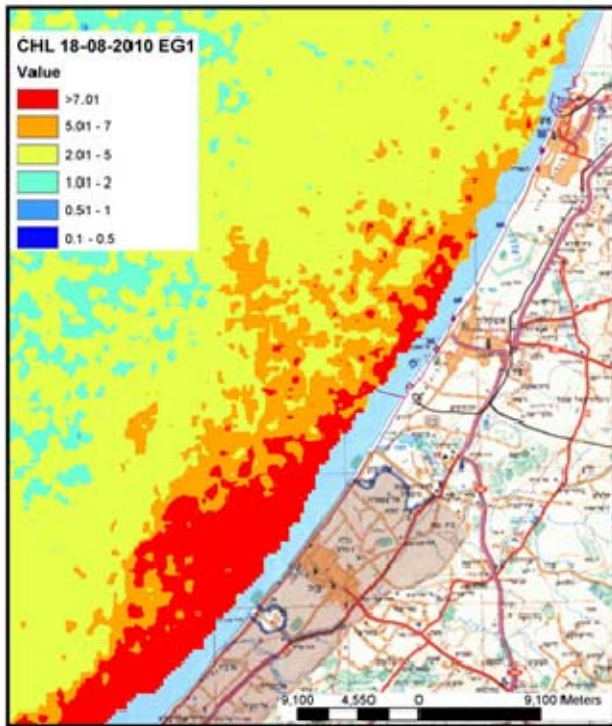
איור 37: השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל במפרץ (ערכים עדיין לא מכוילים). אנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים ינואר עד אוקטובר 2010.



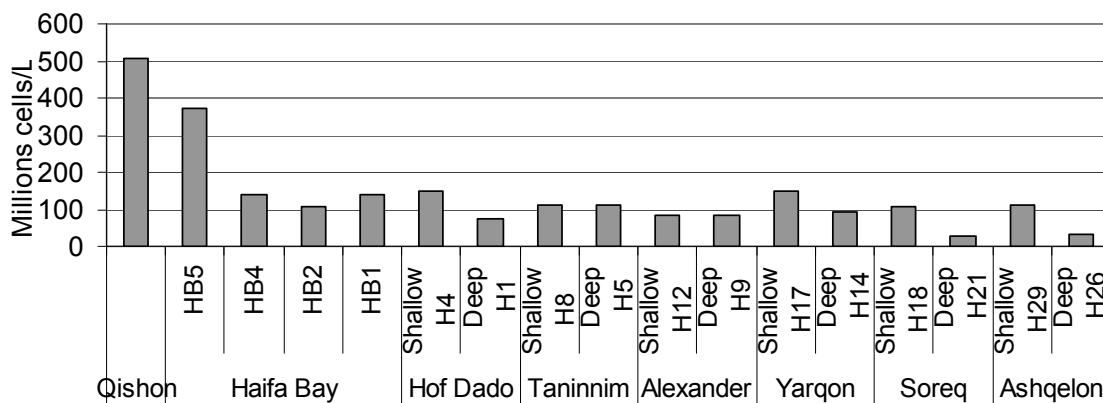
איור 37 : המשך



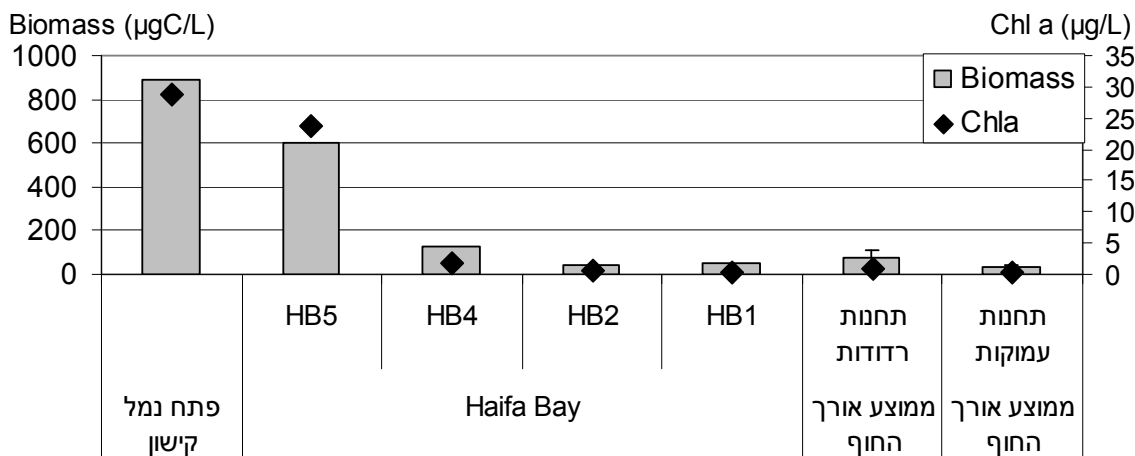
איור 38 : ריכוזי כלורופיל (לא מכוויילים) באזור שבין עזה לאשדוד כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים ינואר-דצמבר 2010. בצילומים אלו ניתן לראות את ההשפעות של ריכוזי הכלורופיל הגבוהים המגיעים מהדלתא של הנילוס, מהביוב המוזרם לים בעזה וצפונית לנמל אשדוד.



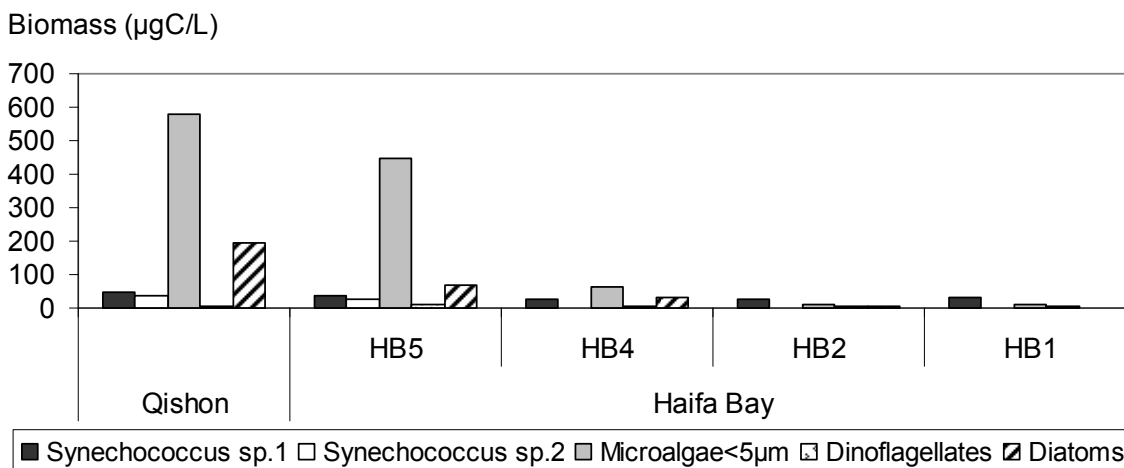
איור 38 : המשך



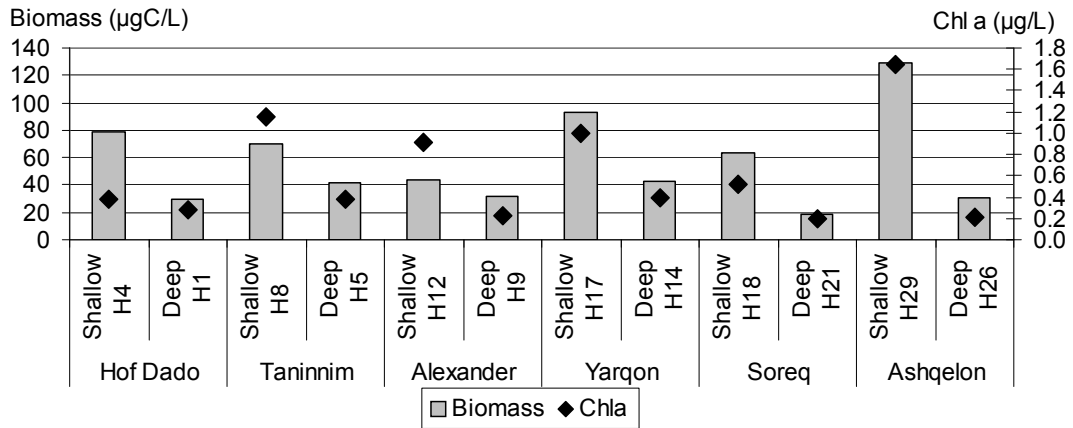
איור 39 : התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2010



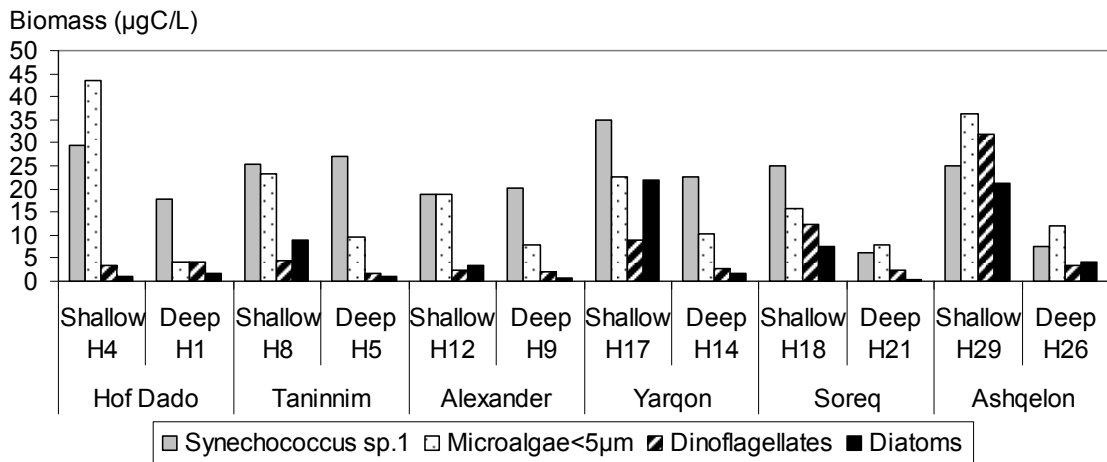
איור 40 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון וריכוז הכלורופיל ב תחנות מפרץ חיפה, כולל תחנת פתח הקישון בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2010



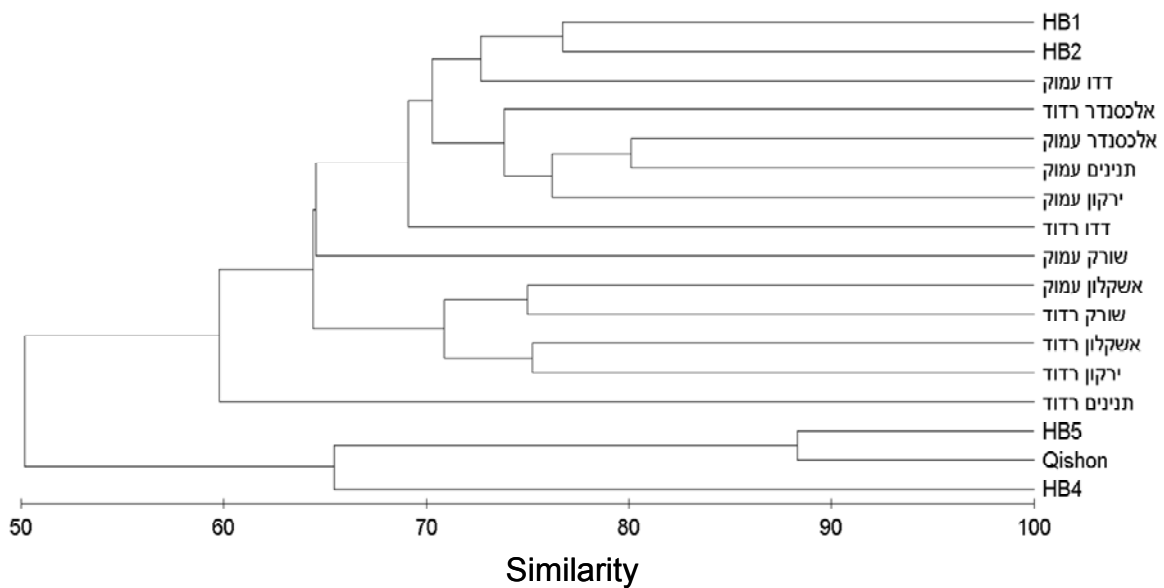
איור 41 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2010



איור 42: התפלגות הביומסה הכללית וריכוזי הכלורופיל במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2010

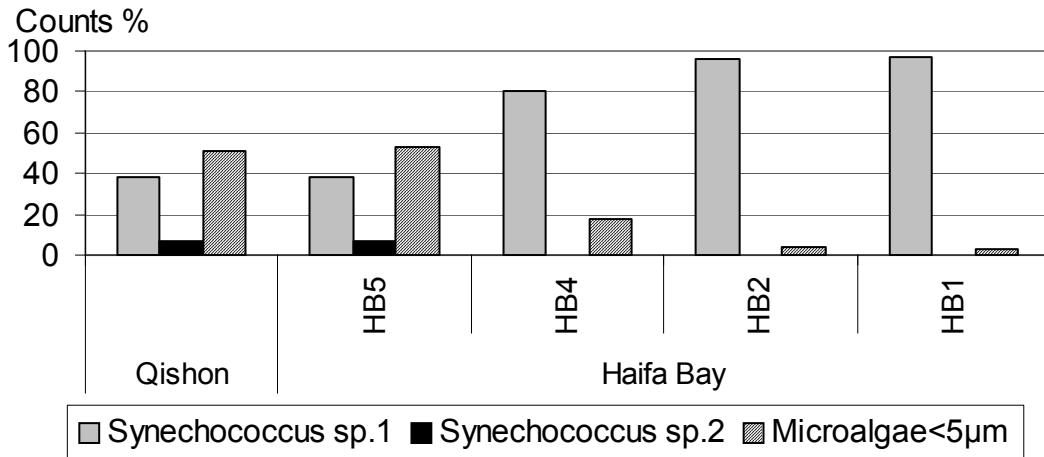


איור 43: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות לאורך החוף באוגוסט 2010

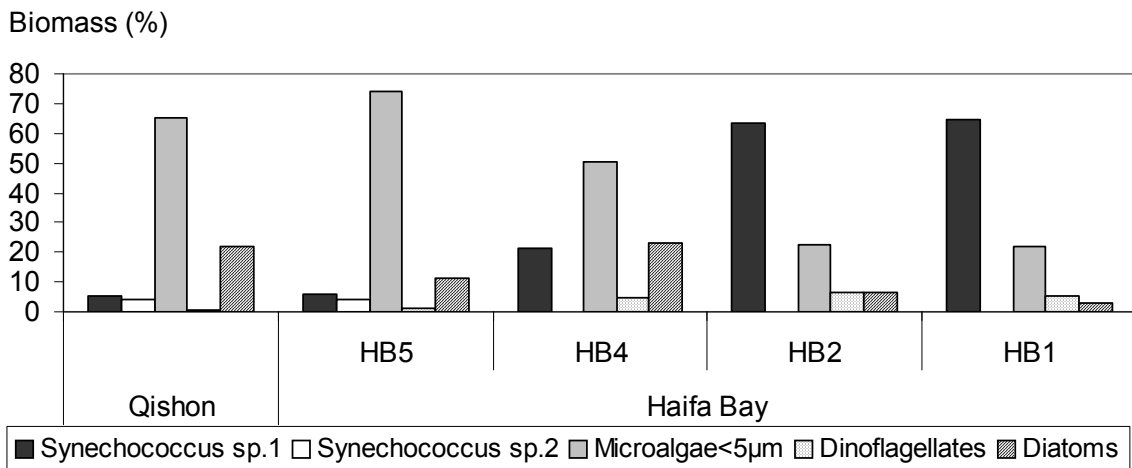


איור 44: אנליזה היררכיאלית של מגוון המינים במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2010

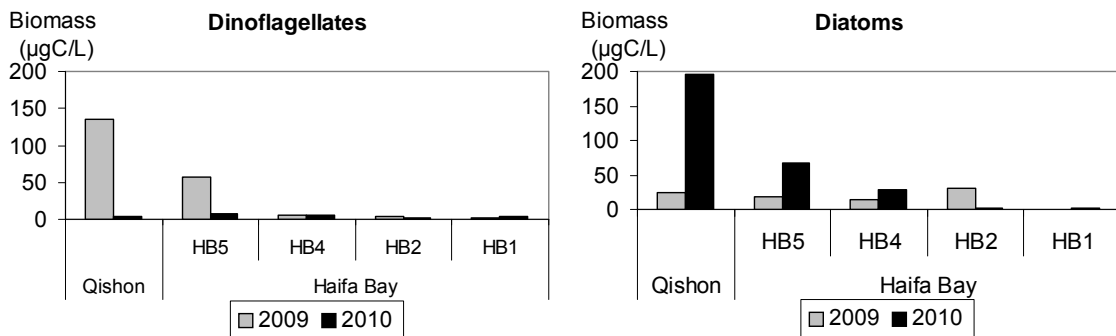




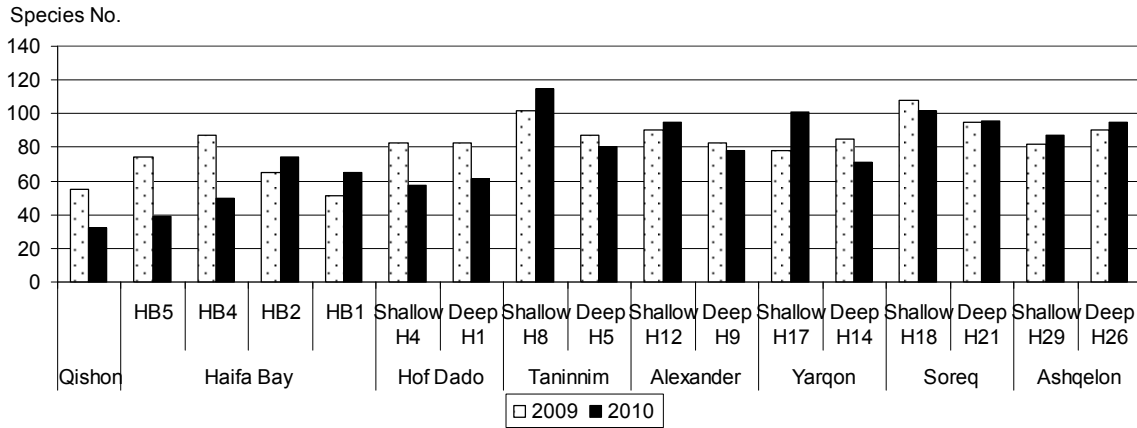
איור 45 : התפלגות באחוזים של ריכוז הפיקופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2010



איור 46 : התפלגות באחוזים של ביומסת המיקרואצות מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2010



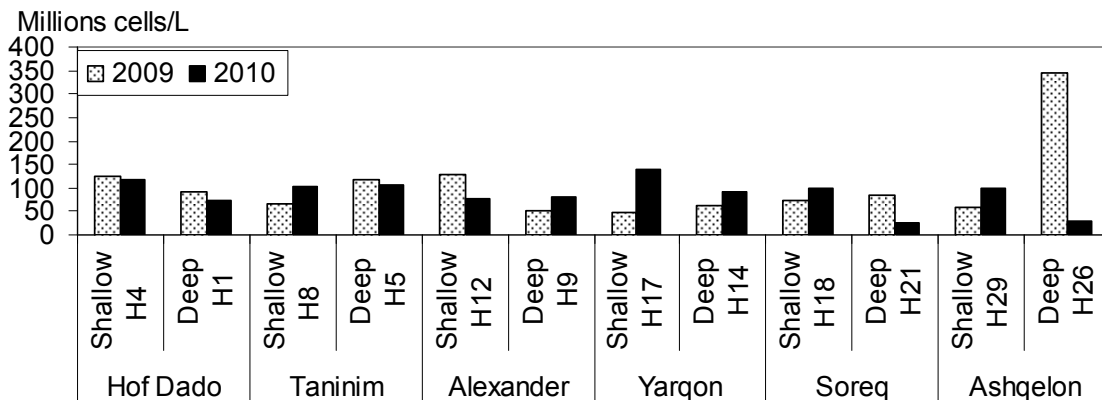
איור 47 : התפלגות ביומסת הדינופלגלטים והצורניות במפרץ חיפה בשנים 2009-2010



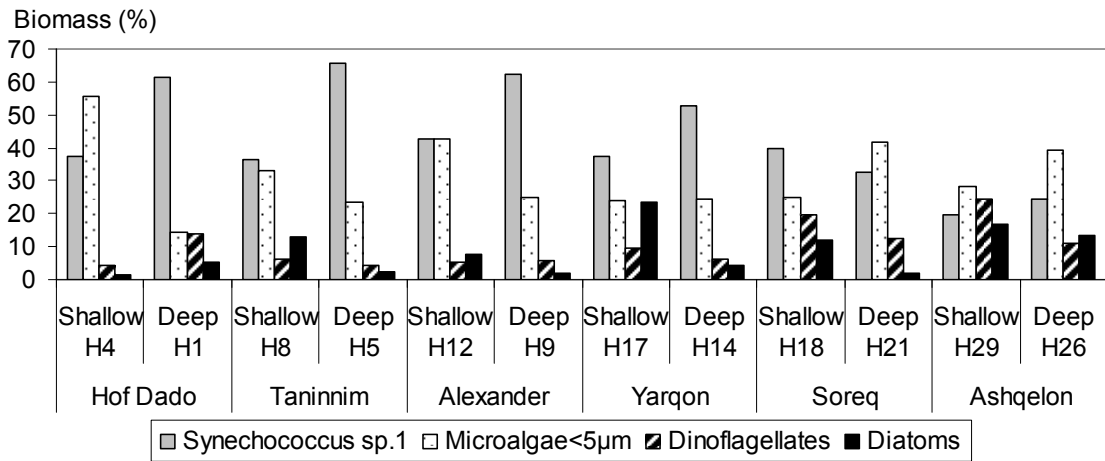
איור 48 : התפלגות מספר המינים בתחנות השונות בשנים 2009-2010



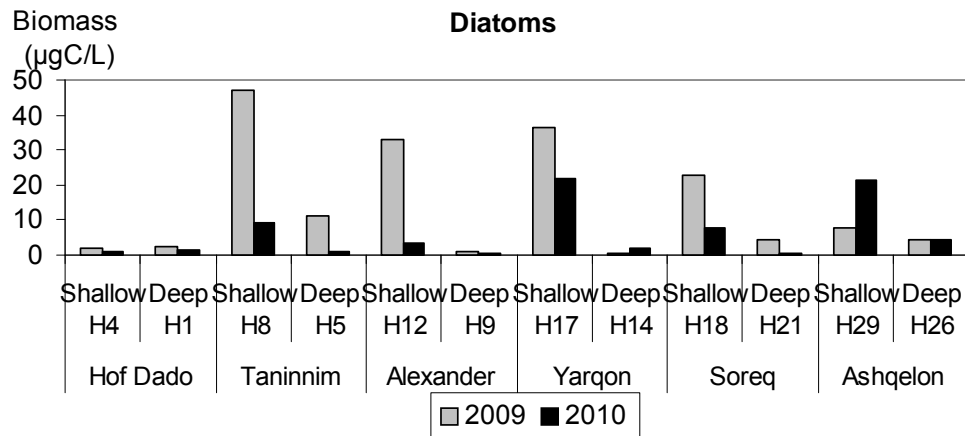
איור 49 : השינויים בממוצע אינדקס השונות במפרץ חיפה בשנים 2002-2010 בהשוואה עם נתוני שנת 2010 (כולל סטיית תקן, אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק במוצע). "אינדקס השונות" (Diversity Index) מחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של הבימסה.



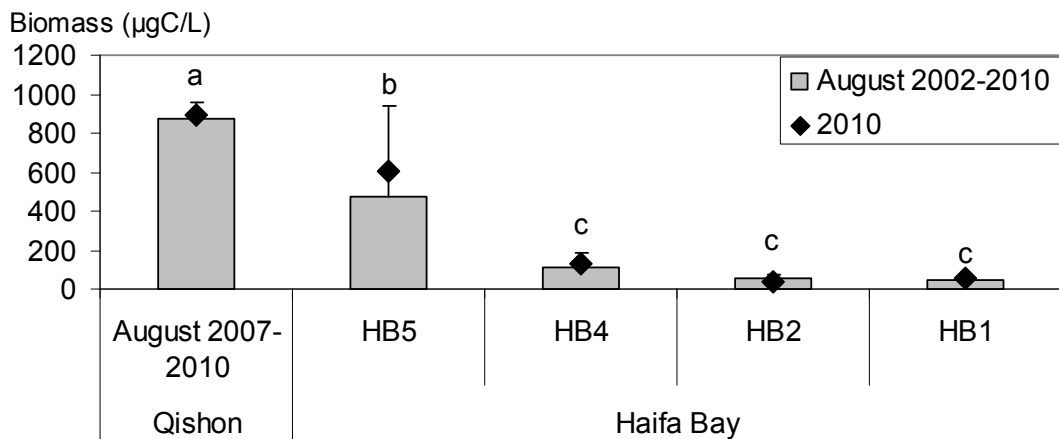
איור 50 : התפלגות ריכוז הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1) בפני השטח בתחנות הרדודות לאורך החוף, בדיגומי אוגוסט 2009-2010



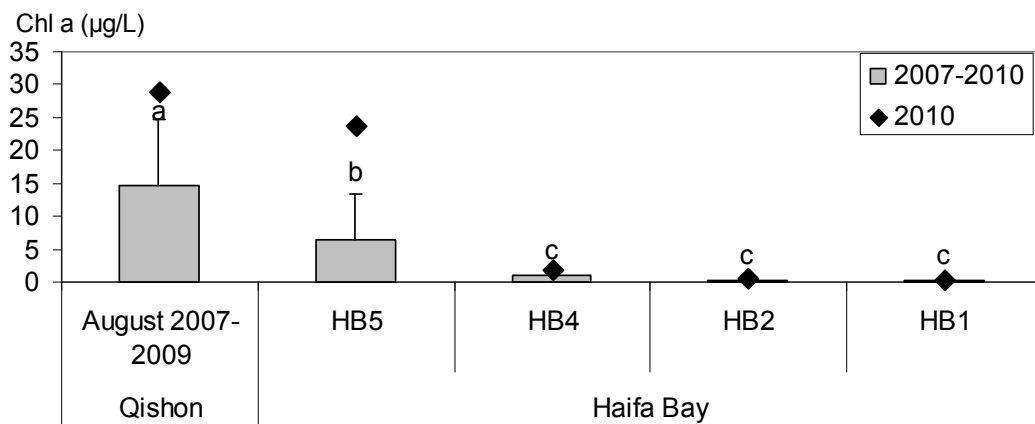
איור 51: התפלגות באחוזים של ביומסת הקבוצות השונות בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2010



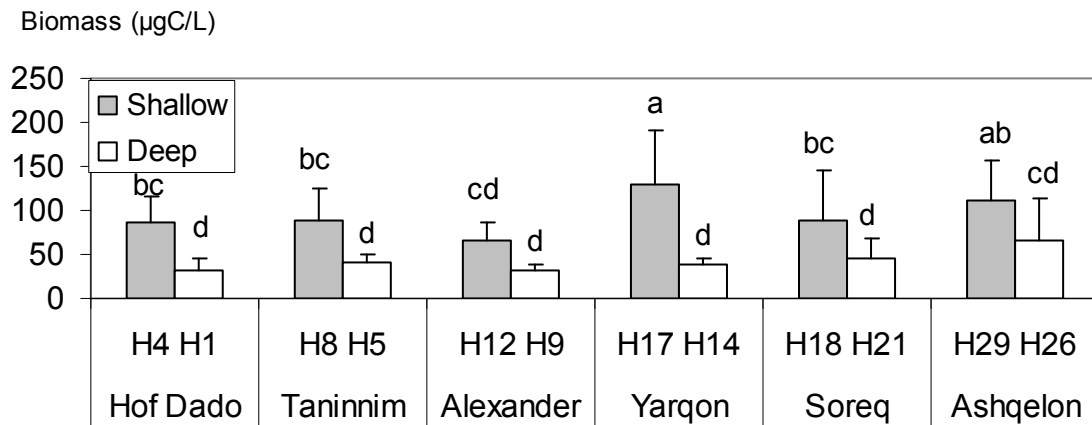
איור 52: התפלגות ביומסת האצות הצורניות במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2009-2010.



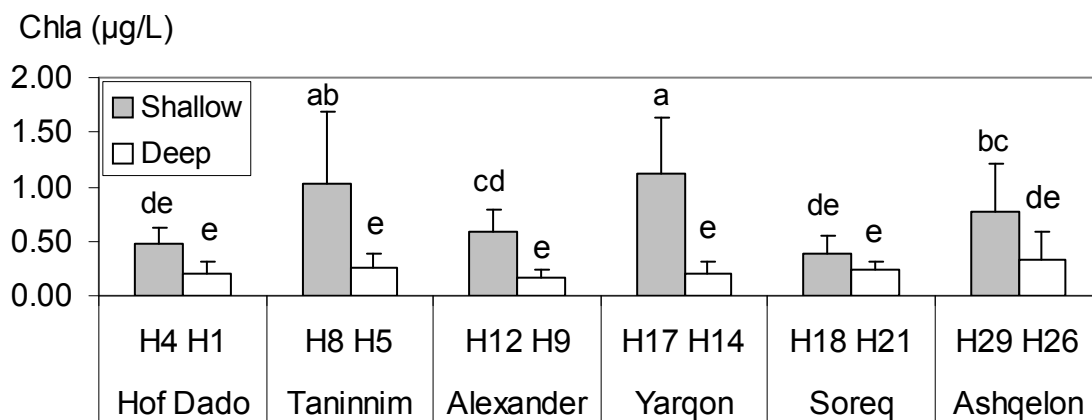
איור 53: ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2010) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2010) בהשוואה ל- 2010 (כולל סטיית תקן, אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק)



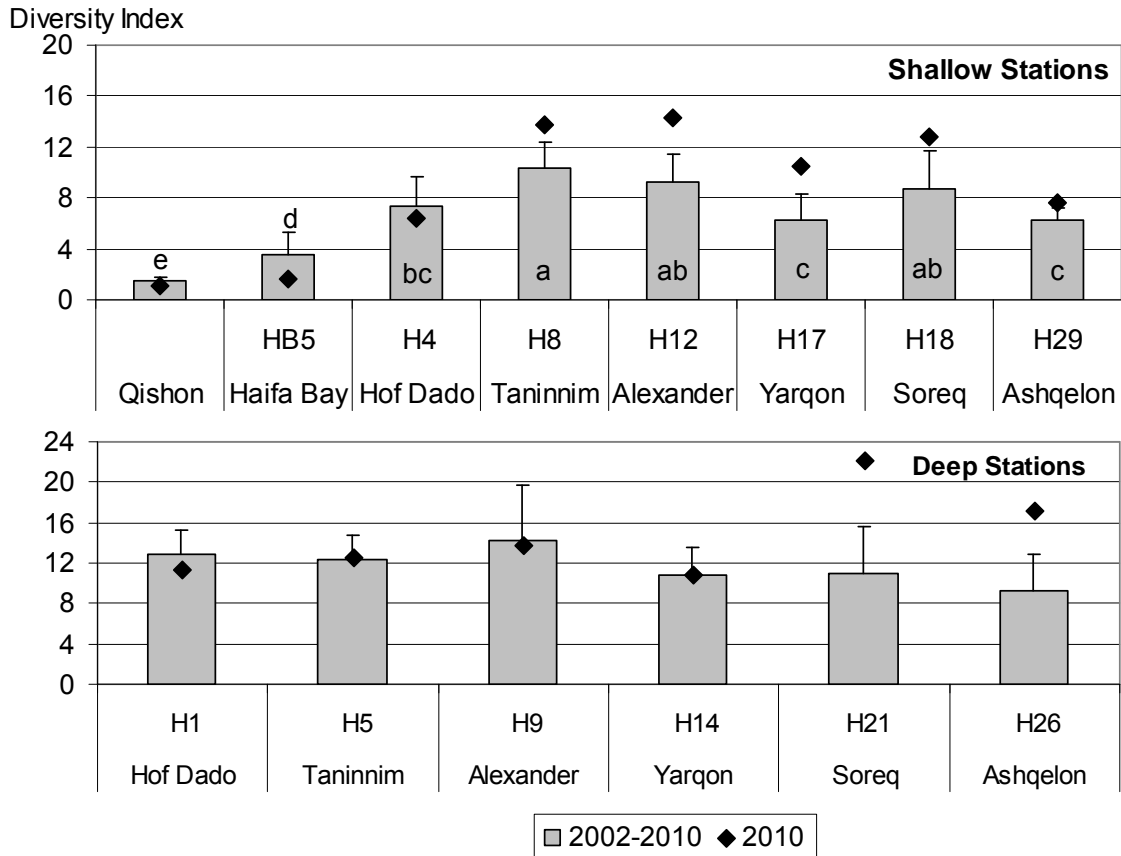
איור 54: התפלגות ממוצע ריכוז הכלורופיל במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2010) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2010) בהשוואה ל- 2010



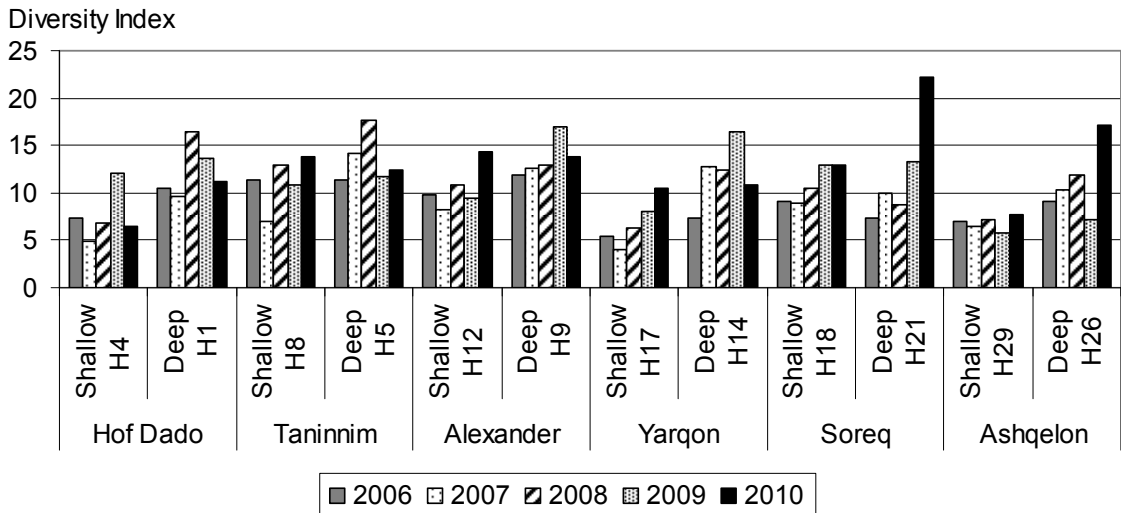
איור 55: התפלגות ממוצע הביומסה במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2010) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2010) בהשוואה ל- 2010



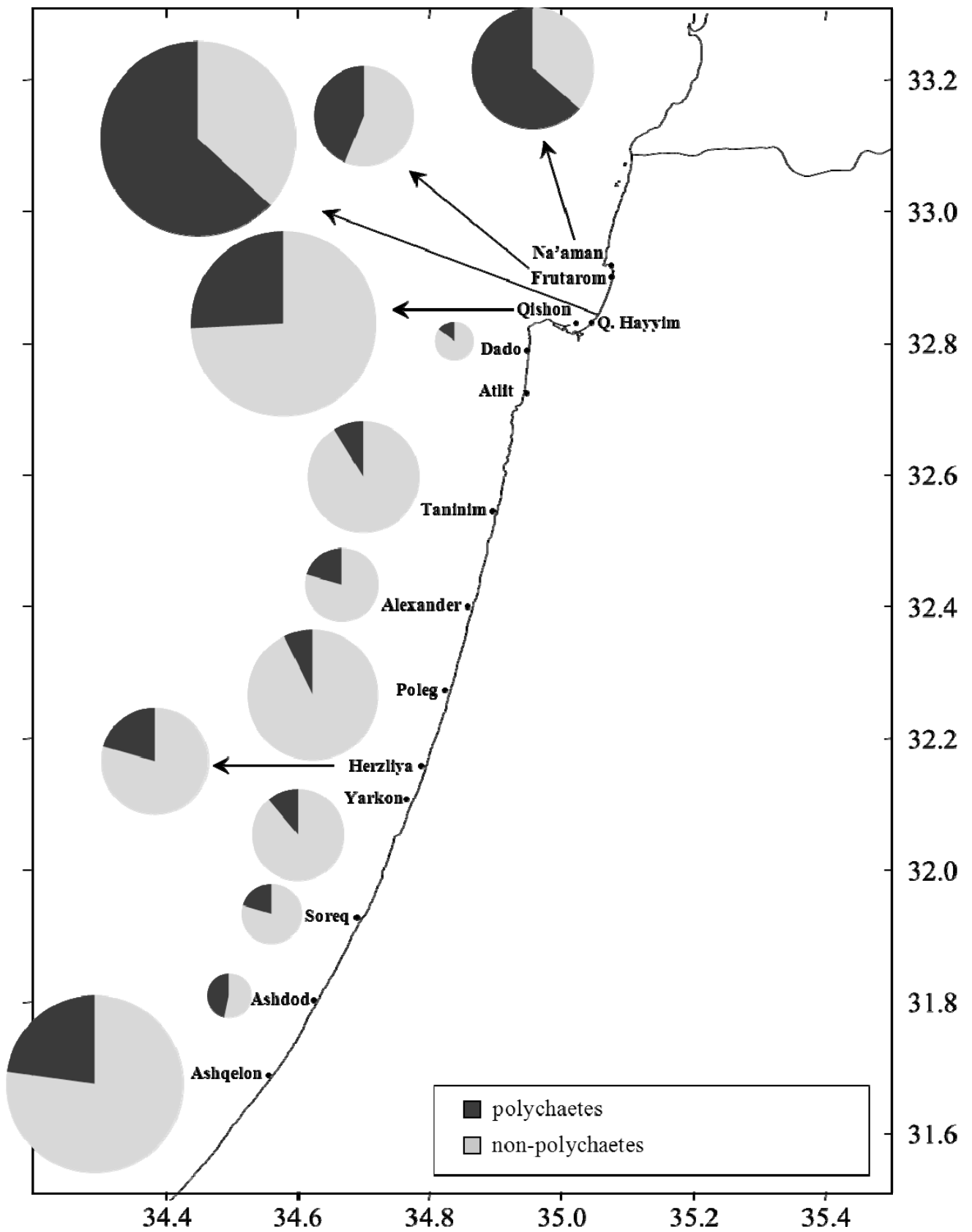
איור 56: התפלגות ממוצע ריכוז הכלורופיל במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2010) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2010) בהשוואה ל- 2010



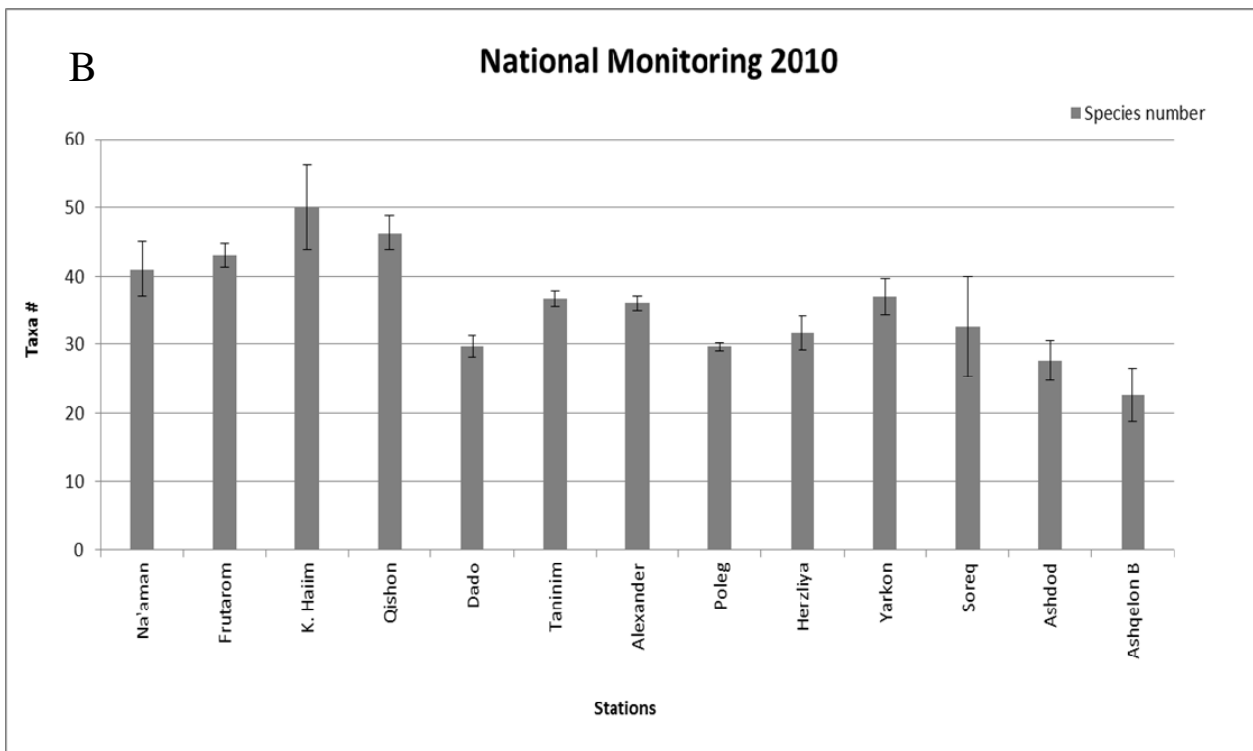
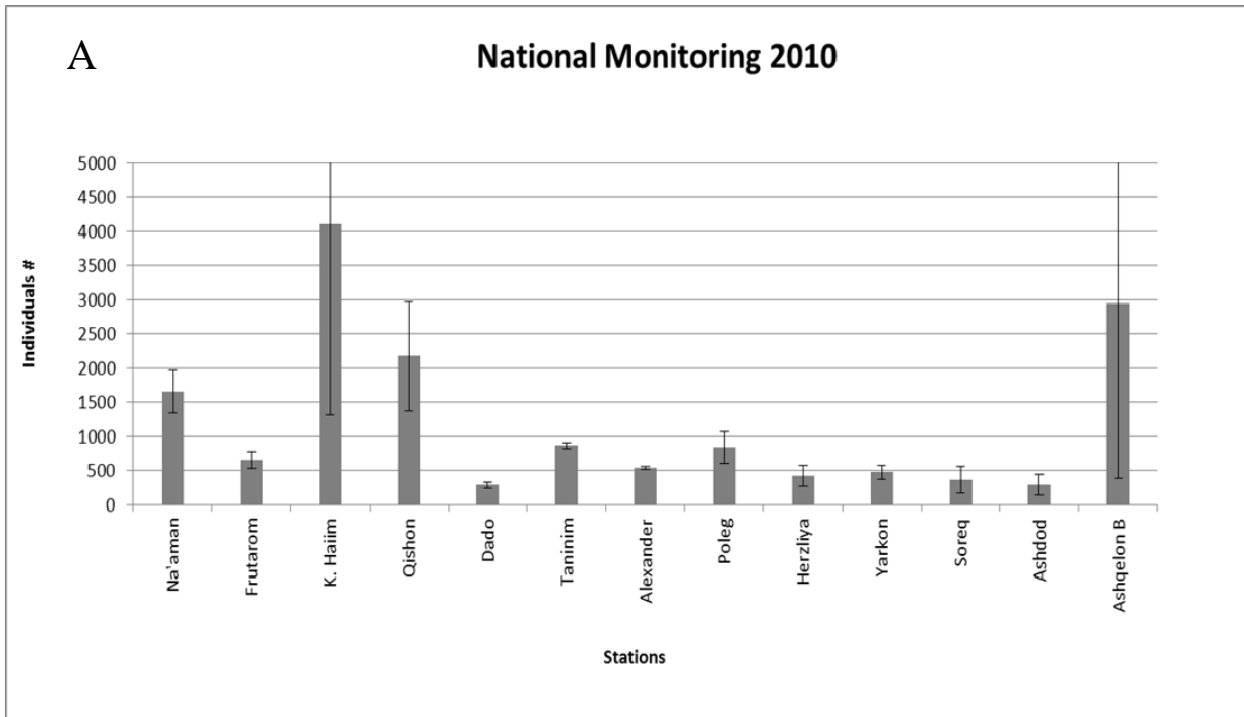
איור 57: ממוצע אינדקס השונות בתחנות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2010 בהשוואה עם ערכי שנת 2010. (אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק בממוצע).



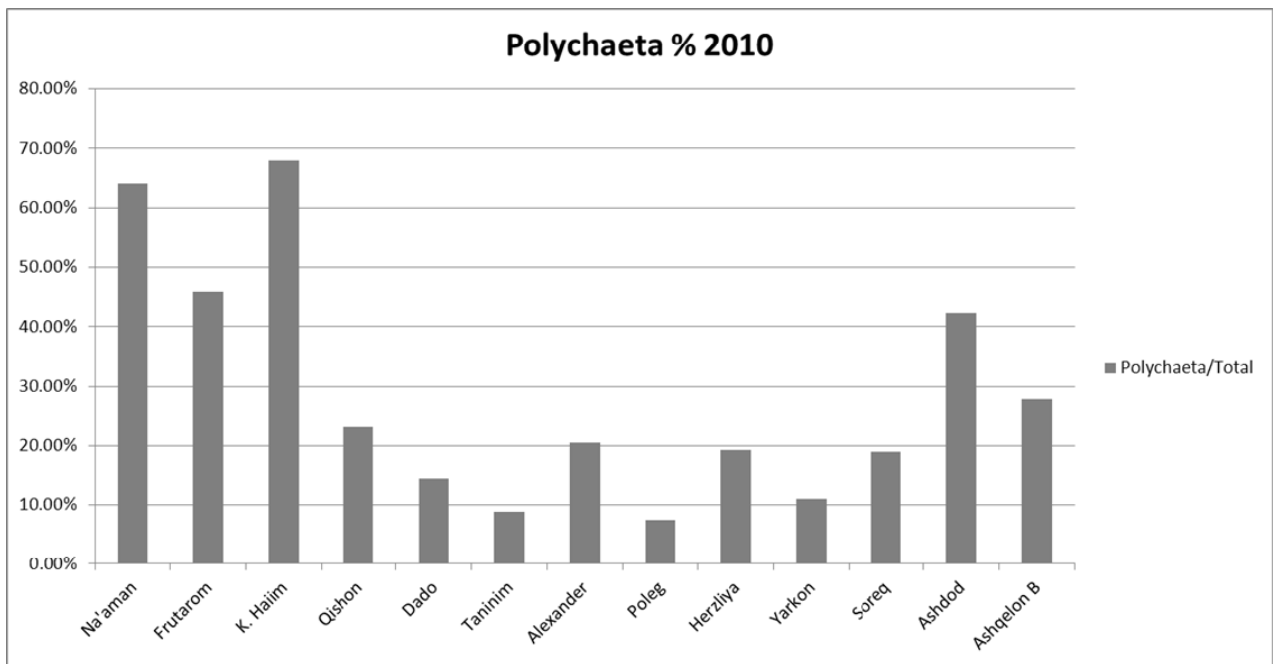
איור 58: אינדקס השונות במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2006-2010



איור 59: היחס בין מספר הפרטים של תולעים רב-זיפיות לכל שאר הפרטים. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל בכל תחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.



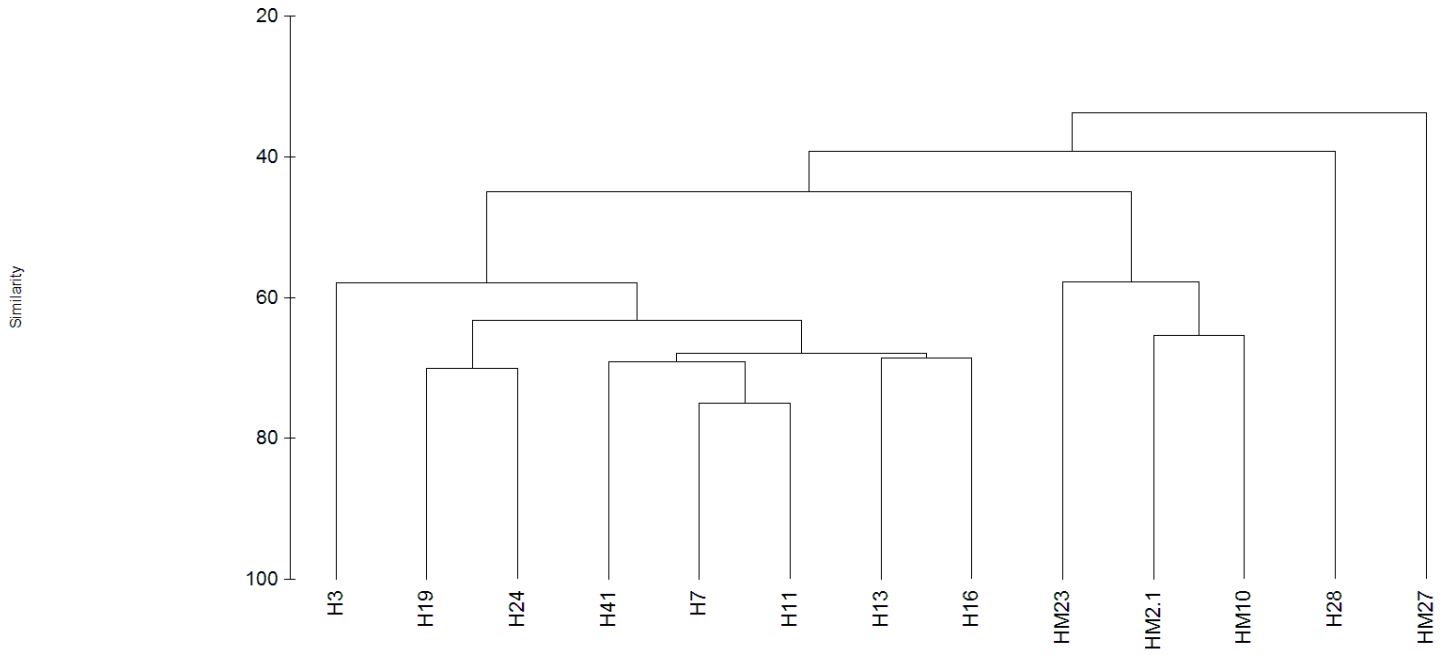
איור 60 : מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.



איור 61 : היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.

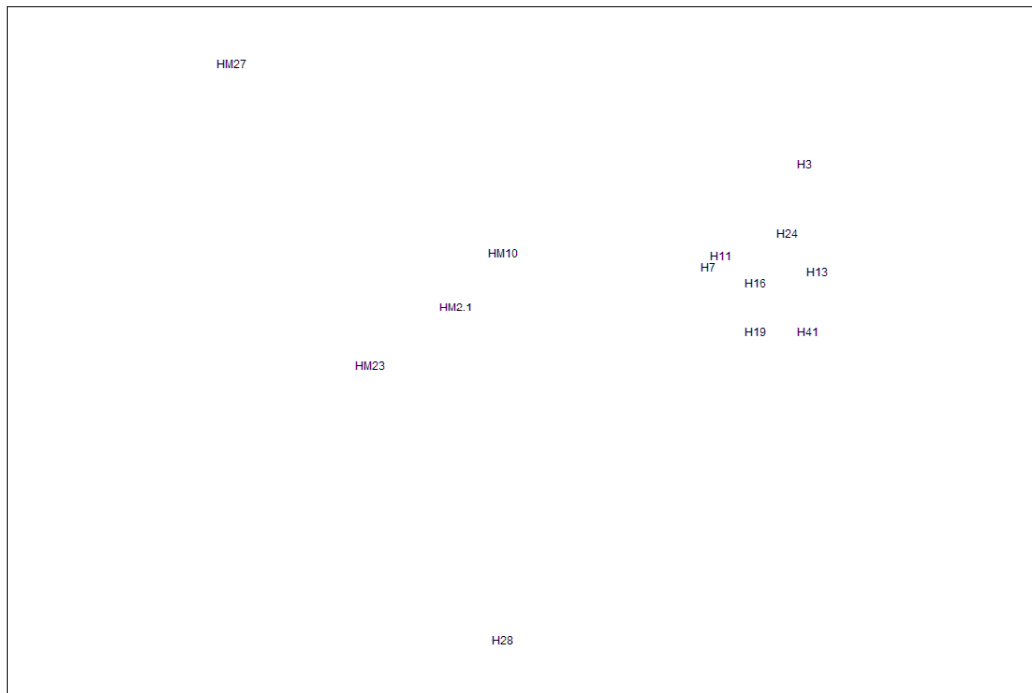


National Monitoring Aug 2010

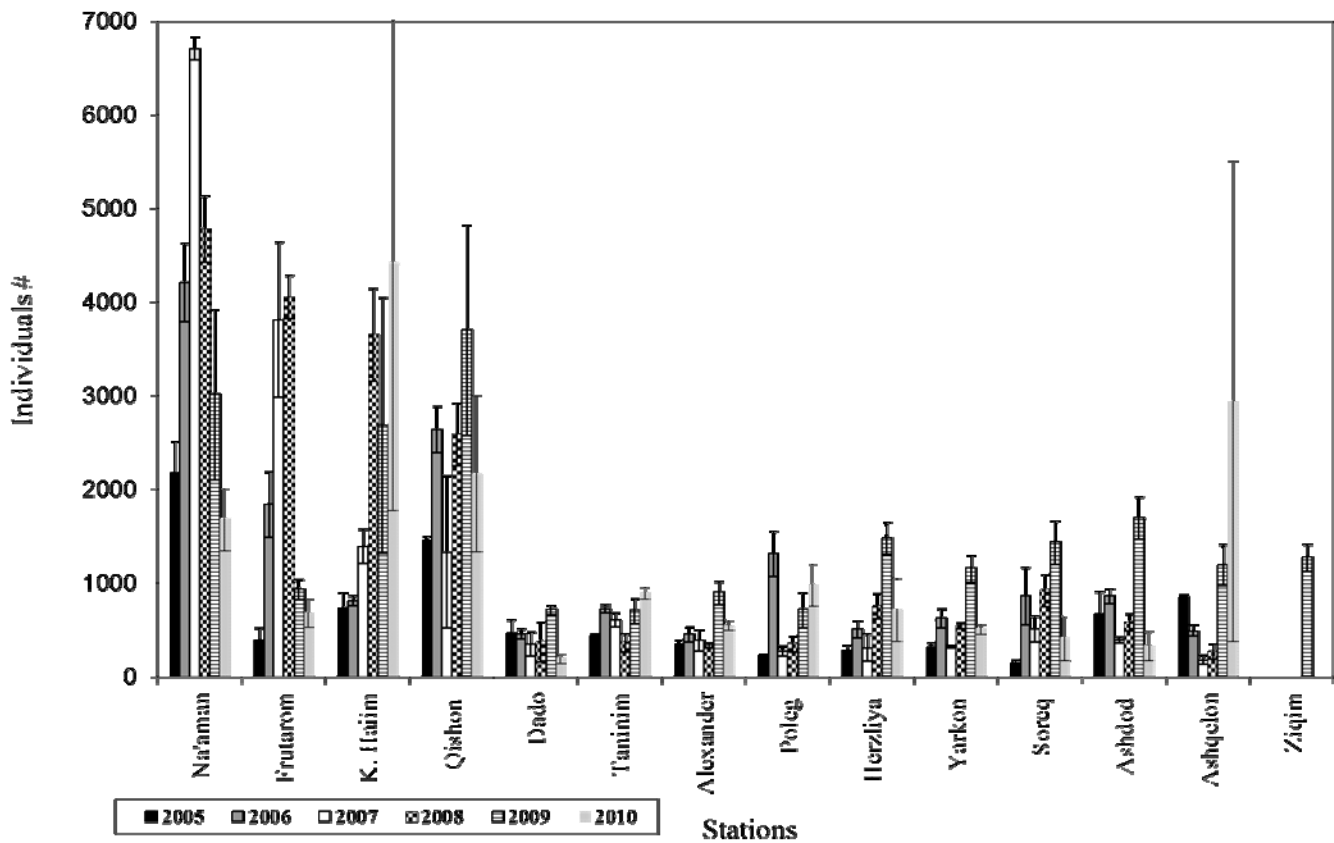


איור 62: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.

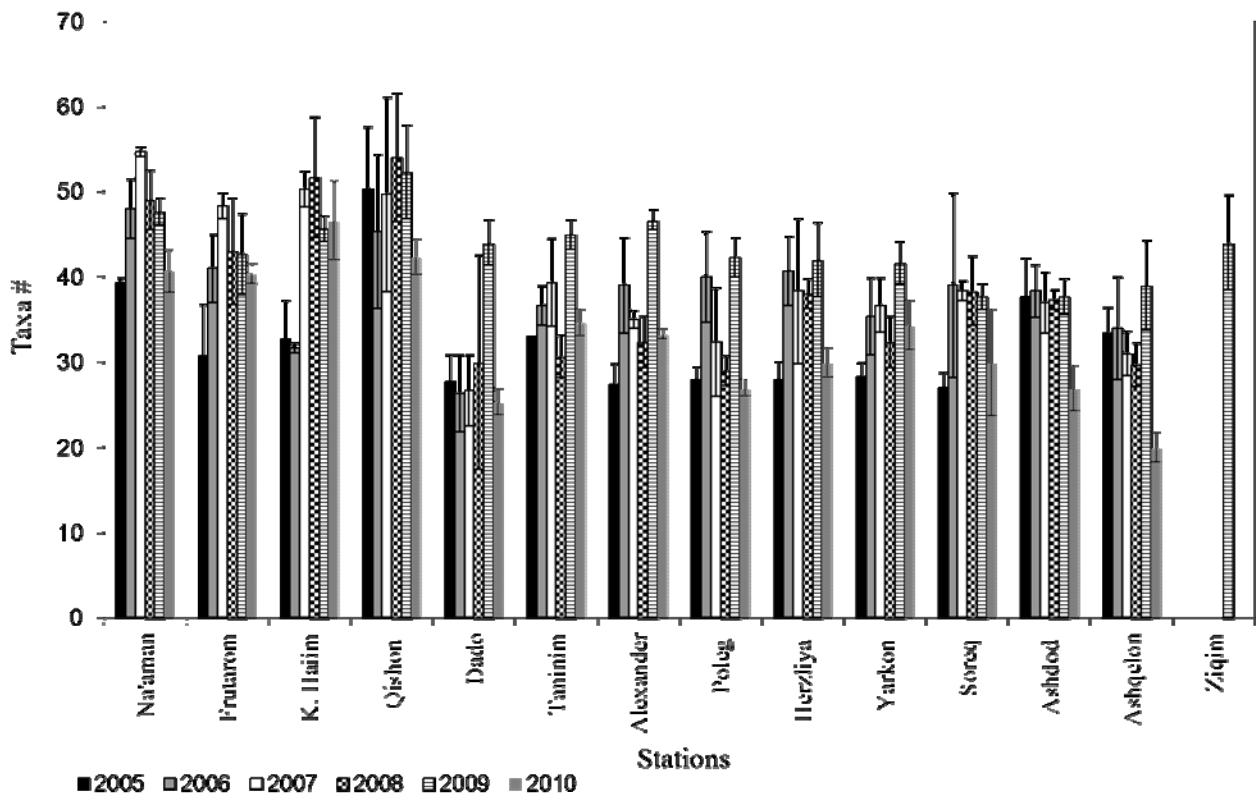
National Monitoring Aug 2010



איור 63: אנליזה פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.

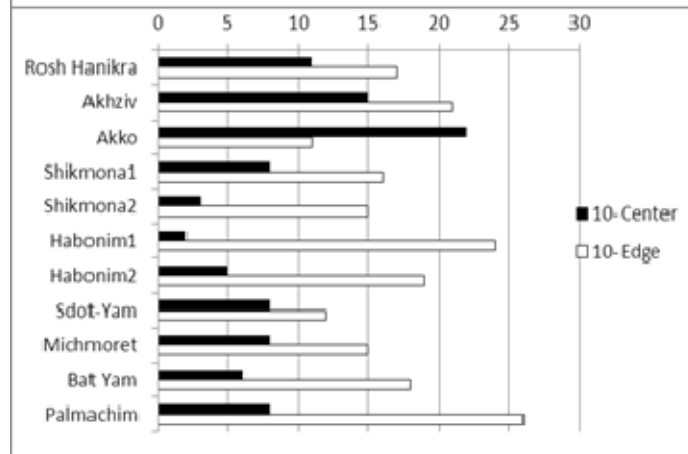
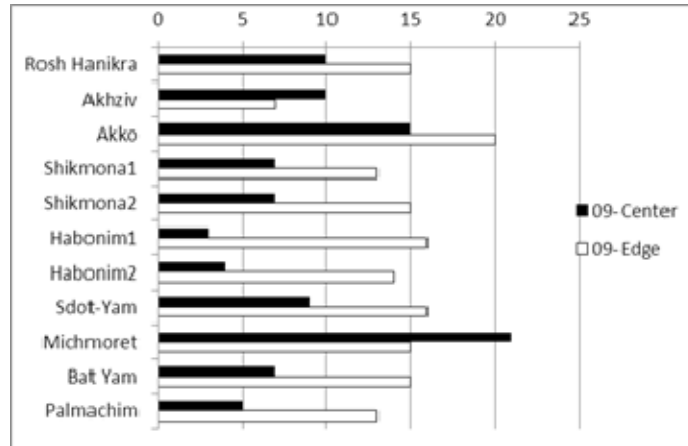


איור 64 : מספר פרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2010.

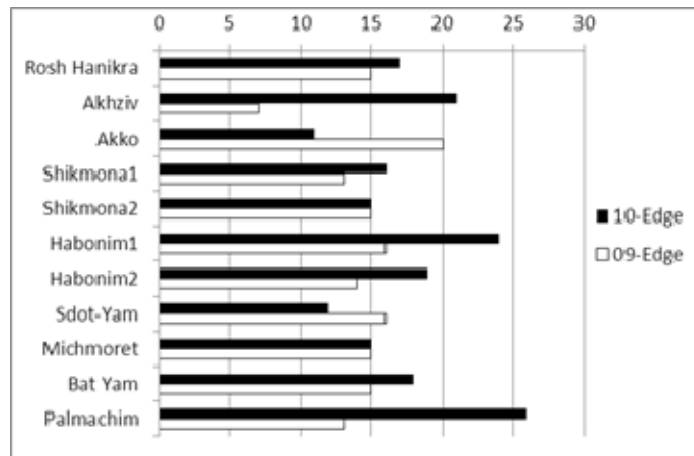


איור 65 : מספר מינים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2010.

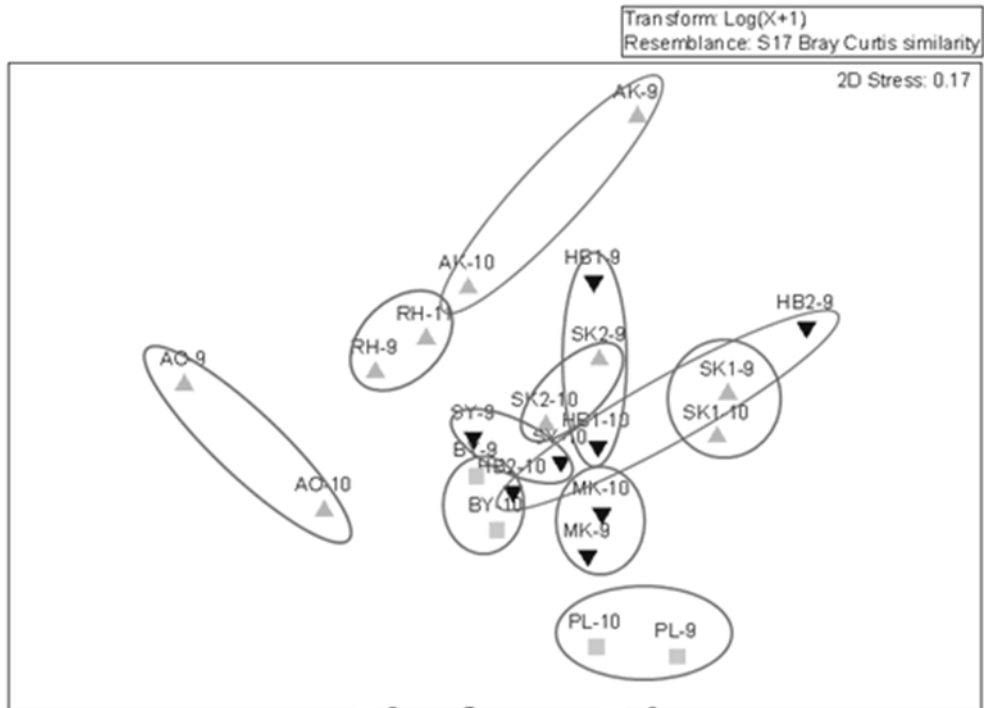
ז



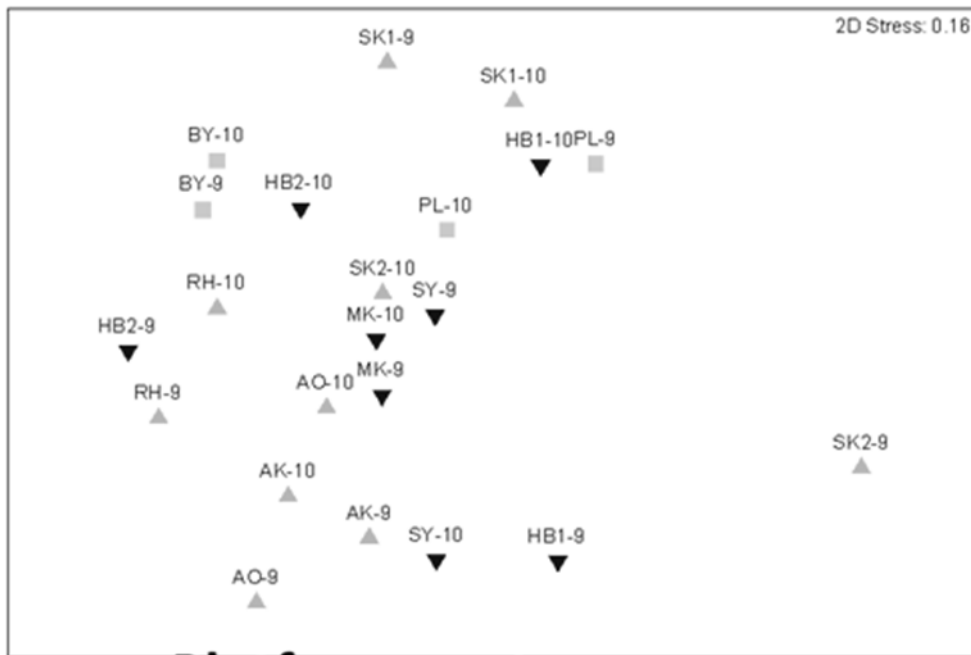
ב



איור 66 : א) עושר המינים באתרי הדיגום בחגורות ה- EDGE וה- CENTER בסתיו 2009 ו- 2010.  
 ב) השוואה בעושר המינים ב- EDGE בין 2009 ו- 2010.

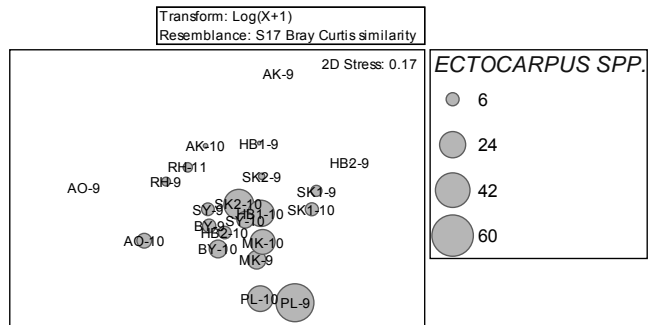
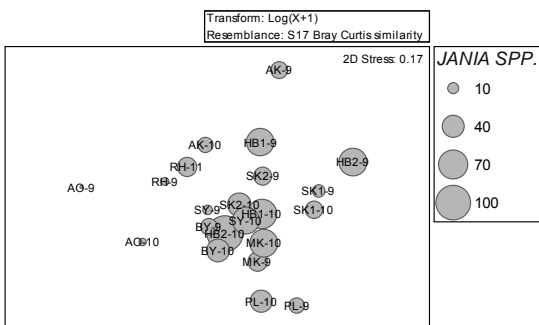
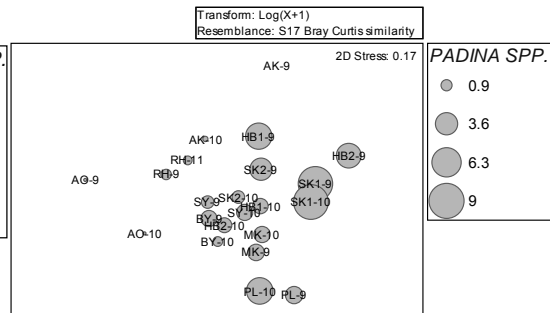
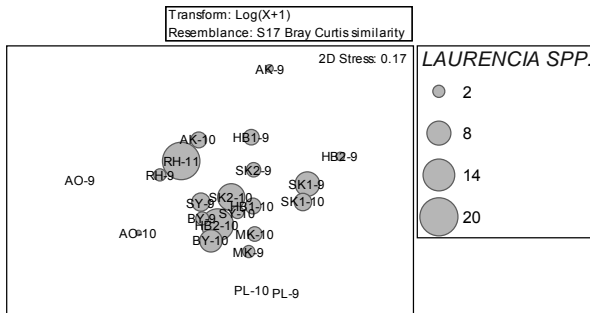
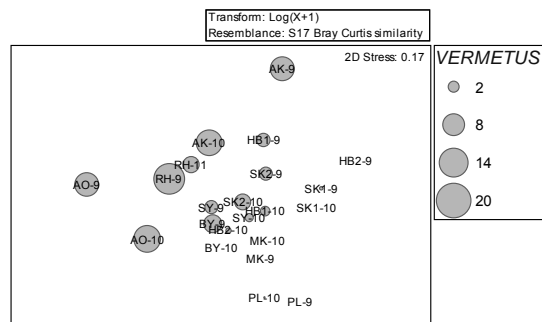
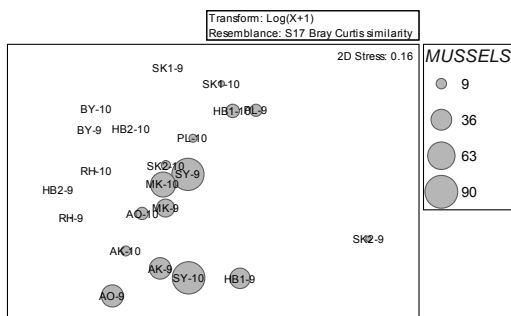


**Platform Edge**

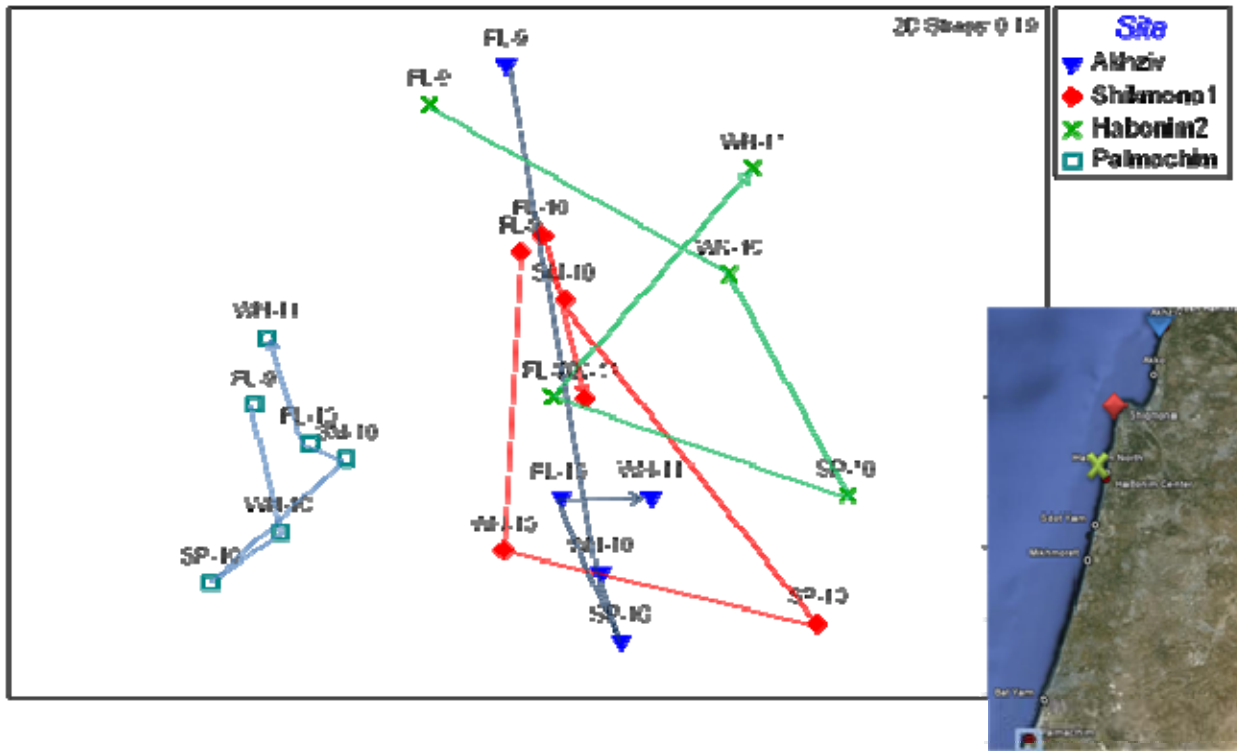


**Platform center**

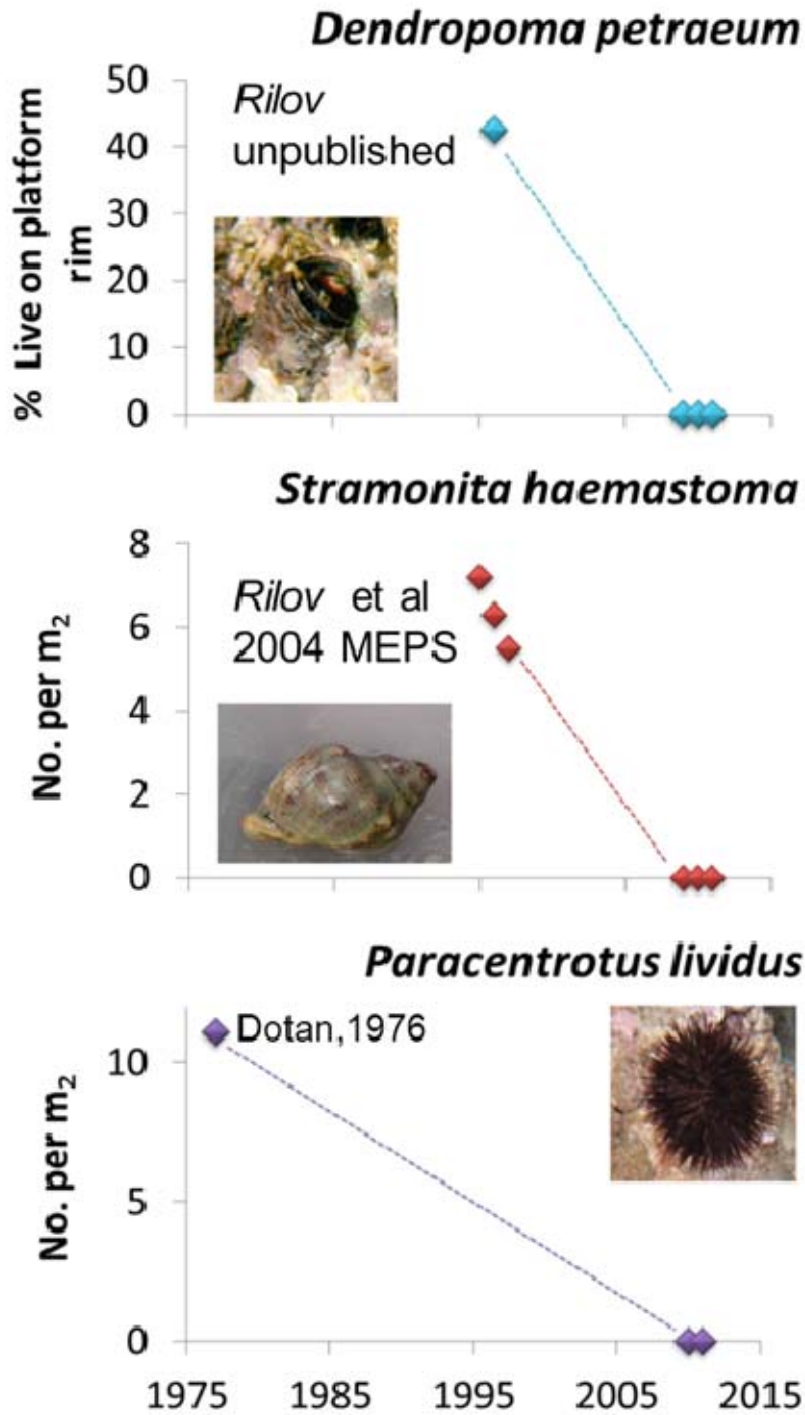
איור 67: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין חברות עבור שולי הטבלה ומרכז הטבלה לשנים 2009 ו-2010 כאשר באיור שולי הטבלה מקיפות אליפסות את אותו אתר משתי שנות המחקר



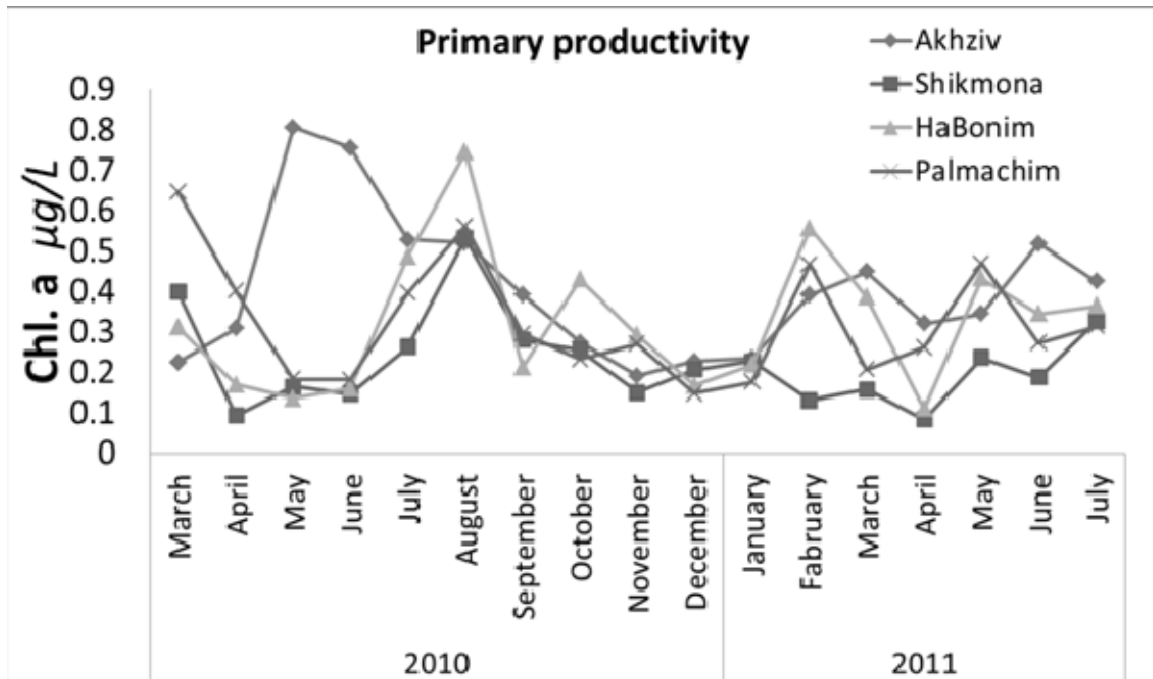
איור 68: אחוז הכיסוי של צדפות במרכז הטבלה (בעיקר הצדפה הפולשת בוצית מגוונת) ושל אורמטיד משולש (Vermetus) ושל ארבע מיני אצות בשולי הטבלה מושלך על פני אורדינציית ה-MDS של שתי שנות המחקר



איור 69: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין בארבעת אתרי הליבה בין העונות השונות לאורך שתי שנות המחקר (כולל חורף 2011)

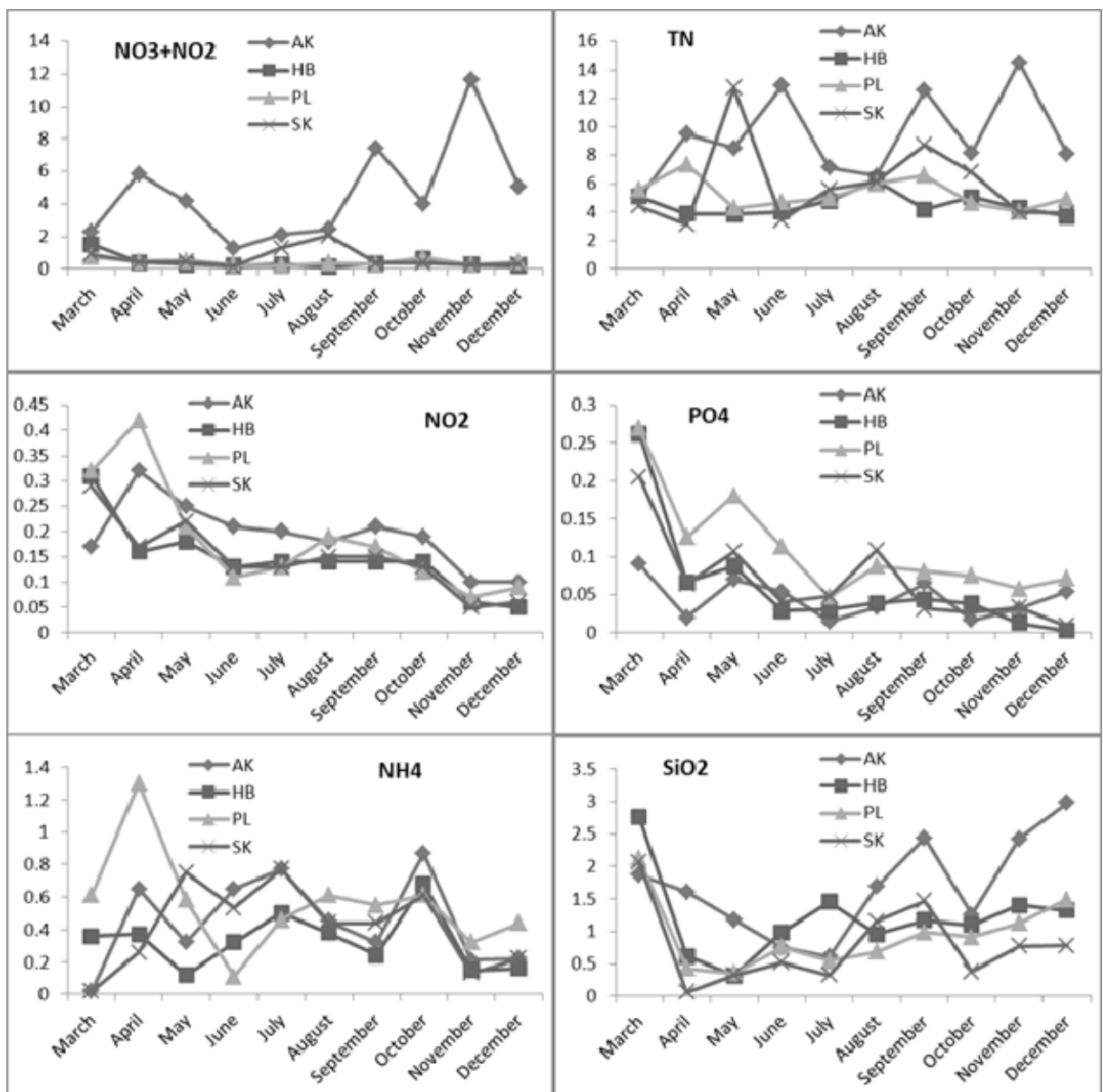


איור 70: צפיפות הצינורן הבונה (אחוז כיסוי במפנה הצפוני של אתר הבונים) ושל ארגמנית אדומת פה (פרטים למטר מרובע) ושל קיפודי ים (בתת-כרית) באכזיב בעבר ובשלושת השנים האחרונות.

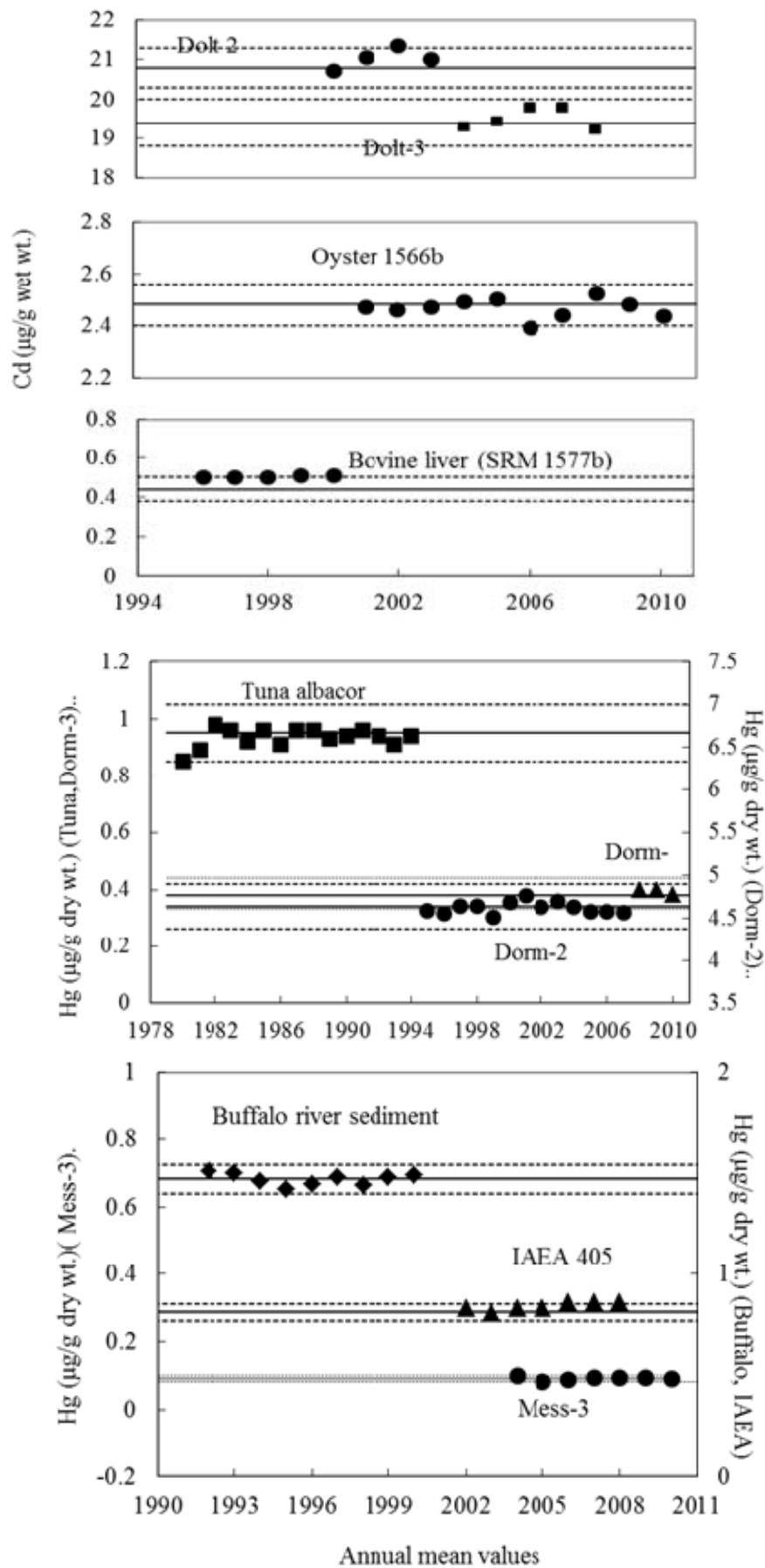


איור 71: ערכי יצרנות ראשונית מבוטאים בריכוז כלורופיל למיקרוגרם לליטר מים שנדגמו בשולי הטבלה בין מרץ 2010 ליולי 2011.





איור 72. ערכי הנוטריאנטים שנמדדו בדגימות מים שנלקחו בשולי הטבלה של ארבעת אתרי הליבה במהלך שנת 2010.



איור 73: נתוני בקרת איכות לבדיקות קדמיום (A) וכספית ברקמות דגים (B) וכספית בסדימנטים (C). הנקודות מייצגות תוצאות (ממוצע שנתי) של בדיקות סטנדרטים בינלאומיים. הקו המודגש מייצג את הריכוז המדווח והקווים לצידיו את סטיית התקן.

טבלה 1: ריכוזים ממוצעים של מתכות ( $\mu\text{g g}^{-1}$  wet wt.) בצדפה *Donax sp.* ובחילזון *Patella sp.* במפרץ חיפה בתחנות שונות לאורך החוף ב-2010. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק (Anova+dunken).

Biota	Length (mm)		Hg		Cd		Cu		Zn	
			ng/g				$\mu\text{g/g}$			
<i>Donax sp.</i>										
<b>HOT</b>	29.6±2.8	<b>a</b>	25±3.6	<b>a</b>			1.71±0.46	<b>b</b>	11.8±2.4	<b>a</b>
<b>QY</b>	27.8±3.5	<b>ab</b>	20.4±1.8	<b>b</b>			2.98±1.29	<b>a</b>	13.3±2.9	<b>a</b>
<b>MM</b>	25±3.7	<b>b</b>	3.69±2.0	<b>c</b>			1.25±0.75	<b>b</b>	12.4±2.9	<b>a</b>
<i>Patella sp.</i>										
<b>ACH</b>	29.7±4.1	<b>a</b>	13±1.9	<b>c</b>	0.333±0.105	<b>bc</b>	1.01±0.17	<b>bcd</b>	9.6±3.2	<b>cde</b>
<b>AK- B</b>	30.5±7.7	<b>a</b>	22.7±7.6	<b>b</b>	0.320±0.079	<b>cd</b>	1.07±0.16	<b>b</b>	11.9±1.5	<b>b</b>
<b>AK- P</b>	30.6±6.6	<b>a</b>	27.7±7.5	<b>a</b>	0.499±0.175	<b>a</b>	0.866±0.141	<b>cd</b>	12.4±1.3	<b>b</b>
<b>QY</b>	28.6±3.8	<b>a</b>	14.3±7	<b>c</b>	0.121±0.028	<b>g</b>	0.847±0.279	<b>cde</b>	9.5±2.1	<b>cde</b>
<b>HS</b>	29.4±10.3	<b>a</b>	9.05±4.8	<b>cd</b>	0.329±0.111	<b>bcd</b>	1.72±0.38	<b>a</b>	17.3±2.2	<b>a</b>
<b>TS</b>	25.9±6.3	<b>a</b>	5.8±1.1	<b>d</b>	0.195±0.043	<b>efg</b>	0.839±0.224	<b>de</b>	8.4±1.4	<b>de</b>
<b>AT</b>	28.2±5.8	<b>a</b>	5.5±1.2	<b>d</b>	0.233±0.072	<b>def</b>	0.860±0.195	<b>cd</b>	8.6±1.6	<b>de</b>
<b>MM</b>	31.0±5.7	<b>a</b>	5.8±0.7	<b>d</b>	0.152±0.056	<b>fg</b>	1.04±0.14	<b>bc</b>	9.6±1.3	<b>cde</b>
<b>HAD</b>	27.6±2.9	<b>a</b>	6.0±1.4	<b>d</b>	0.413±0.126	<b>b</b>	0.672±0.11	<b>e</b>	7.86±2.45	<b>e</b>
<b>MIC</b>	26.8±4.8	<b>a</b>	6.4±1.2	<b>d</b>	0.249±0.055	<b>de</b>	0.906±0.142	<b>cd</b>	11.8±1.5	<b>bc</b>
<b>PAL</b>	25.6±2.1	<b>a</b>	6.2±0.6	<b>d</b>	0.336±0.076	<b>bc</b>	0.857±0.154	<b>cd</b>	8.8±0.7	<b>de</b>
<b>ASH</b>	27.9±6.1	<b>a</b>	3.5±1.4	<b>d</b>	0.126±0.054	<b>g</b>	1.69±0.16	<b>a</b>	10.6±2.1	<b>bcd</b>

Biota	As		Pb	
				$\mu\text{g/g wet wt.}$
<i>Patella sp.</i>				
<b>AK- P</b>	2.8±1.05	<b>a</b>	0.32±0.14	<b>b</b>
<b>QY</b>	1.79±0.3	<b>bc</b>	0.16±0.042	<b>cd</b>
<b>HS</b>	2.1±0.49	<b>b</b>	0.93±0.361	<b>a</b>
<b>TS</b>	1.2±0.3	<b>c</b>	0.167±0.083	<b>cd</b>
<b>AT</b>	1.86±0.45	<b>b</b>	0.259±0.052	<b>bc</b>
<b>MM</b>	1.75±0.28	<b>bc</b>	0.170±0.062	<b>cd</b>
<b>HAD</b>	1.86±0.56	<b>b</b>	0.106±0.042	<b>d</b>
<b>PAL</b>	1.53±0.34	<b>bc</b>	0.225±0.046	<b>c</b>
<b>ASH</b>	1.51±0.32	<b>bc</b>	0.155±0.026	<b>cd</b>

טבלה 1 : המשך

HOT	שפך נעמן
QY	קרית ים
QH	קרית חיים
ACH	אכזיב
AK-B	עכו – ביוב
AK-P	עכו נמל
HS	חוף שמן
TS	תל שקמונה
AT	עתלית
MM	מעגן מיכאל – שפך תנינים
HAD	חדרה-אולגה
MIC	מכמורת
PAL	פלמחים
ASH	אשדוד - מרינה

טבלה 2. תחום ריכוזי מתכות ברקמות השריר של דגים חופיים ודגי מכמורת שנדוגו לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2010.

Species	Location	No. of specime	Size	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe	As
			(mm)	ng/g wet wt.	µg/g wet wt.				
<b>דגי מכמורת</b>									
<i>Mullus barbatus</i>	חלק תיכון של ישראל	9	140-180	21-373	bdl	0.227-0.333	3.10-4.81	0.54-3.51	9-30.5
	חלק צפוני של ישראל	9	120-155	17.6-27	bdl	0.203-0.416	2.73-4.34	0.51-4.66	6.06-17.5
<i>Upeneus moluccensis</i>	חלק תיכון של ישראל	10	100-175	14.3-297	bdl	0.238-0.433	3.57-5.27	1.53-6.20	
	חלק צפוני של ישראל	2	110-120	17.5-49.7	bdl	0.352-0.549	3.48-4.31	1.39-3.68	
	חלק דרומי של ישראל	7	130-150	55-102	bdl	0.278-0.497	3.17-4.73	1.75-5.42	
<i>Pagellus erythrinus</i>	חלק תיכון של ישראל	10	145-175	186-893	bdl	0.098-0.249	3.12-3.80	0.712-2.81	
	חלק תיכון של ישראל	17	170-210	45.7-429	bdl	0.136-0.464	2.69-3.73	0.895-4.13	
	חלק צפוני של ישראל	12	115-18/5	46-311	bdl	0.122-0.264	2.81-3.98	0.620-3.60	
<i>Namipterus randalli</i>	חלק דרומי של ישראל	10	170-225	33.6-119	bdl	0.130-0.252	2.66-3.26	0.477-1.91	
<i>Sprus aurata</i>	חלק תיכון של ישראל	1	210	17.7	bdl	0.200	3.48	0.99	
<i>Pagrus coeruleosticus</i>	חלק דרומי של ישראל	4	150-175	19.3-33.7	bdl	0.135-0.187	3.33-3.85	0.445-1.14	
<b>דגים חופיים</b>									
<i>Lithognathus mormyrus</i>	חיפה, בת גלים	18	145-175	53-130	bdl	0.147-0.496	3.73-4.87	0.497-2.19	2.64-10.7
	מפרץ חיפה	3	142-151	49-64.1	bdl	0.111-0.155	4.25-5.81	0.222-3.03	3.03-4.10
	מכמורת	10	139-170	28.6-74.5	bdl	0.193-0.290	5.05-6.57	0.45-6.57	2.49-12.0
	גסר-א-זרקא	6	185-205	5.03-111	bdl	0.177-0.231	4.17-5.29	0.37-2.05	2.03-10.3
	אשדוד	14	155-170	31-83	bdl	0.144-0.272	3.93-5.32	1.08-3.67	0.58-12.8
	נתניה	8	170-205	45.3-128	bdl	0.128-0.170	4.25-5.46	0.76-2.64	2.5-36.6
	פלמחים	24	110-185	14-65	bdl	0.089-0.395	3.87-6.86	1.04-5.29	1.13-26
<i>Diplodus sargus</i>	עכו	10	150-180	65-680	bdl	0.091-0.180	2.76-5.2	0.46-2.62	7.06-18.3
	גסר-א-זרקא	10	135-225	37-288	bdl	0.174-0.275	3.44-4.60	0.55-2.55	3.71-9.22
	פלמחים	1	215	123.0	bdl	0.185	3.69	0.88	3.71
<i>Diplodus cervinus</i>	פלמחים	2	170-175	24.2-28	bdl	0.225-0.269	3.30-4.2	1.34-2.64	
<i>Mullus surmuletus</i>	עכו	7	140-245	95-584	bdl	0.121-0.337	2.29-3.60	0.689-1.82	4.97-16.1
<i>Sargocentron rubrum</i>	גסר-א-זרקא	13	115-170	81-231	bdl	0.193-0.281	2.74-3.45	1.67-4.69	2.57-7.38
	עכו	10	155-190	376-812	bdl	0.152-0.542	2.69-3.83	2.02-6.4	0.857-4.33
<i>Siganus rivulatus</i>	גסר-א-זרקא	11	165-205	3.1-37.6	bdl	0.183-0.283	3.37-6.74	1.6-3.64	
	עכו	6	145-205	3.45-44.9	bdl	0.162-0.439	3.62-6.33	0.842-2.31	
	מפרץ חיפה	9	125-135	2.63-6.12	bdl	0.268-0.632	5.80-9.14	1.62-6.7	
<i>Siganus luridus</i>	עכו	7	160-205	2.21-7.45	bdl	0.234-0.389	2.13-3.23	0.870-1.88	

bdl = below detection limit Cd<0.04µg/g wet wt.

טבלה 3 : הבדלים ברמות הכספית (ריכוז מנורמל למשקל דג) בדגים ממינים שונים ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים בשנת 2010.  $p < 0.05$  - הבדל סטטיסטי מובהק.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.0016±0.0003	0.0009±0.00033	<0.05
<i>Diplodus sargus</i>	0.003±0.0026	0.0015±0.0007	ns
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.0067±0.0013	0.0022±0.0006	<0.05

Trawl Fish	North	center	South
<i>Mullus barbatus</i>	0.003±0.0026	a 0.0039±0.0022	a
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.0028±0.0033	b 0.0084±0.0029	a
		0.0024±0.0011	b
<i>Upeneus moluccensis</i>	0.0025±0.002	a 0.0019±0.0014	a 0.0023±0.0007

הבדלים ברמות כספית (מנורמל למשקל דג), נחושת ואבץ בדגים שונים מתחנות במפרץ חיפה.

	Hg	Cu	Zn
<i>Lithognathus mormyrus</i>			
HB	0.0016±0.0003	0.235±0.087	4.35±0.54
<i>Diplodus sargus</i>			
Akko	0.003±0.026	0.139±0.03	3.99±0.72
<i>Sargocentron rubrum</i>			
	0.006±0.001	0.256±0.123	3.03±0.35

טבלה 4 : ערכים מחושבים של שטפים יבשים של מתכות ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ ) בתל-שקמונה (TS) ומעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2010.

Station	Year	Cd	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr*	Fe	Al
TS	1996	7.0	198	1157	4044**	11173	1641	601927	458171
TS	1997	6.7	203	1038	1866	6804	1222	389454	477690
TS	1998	7.2	245	948	1487	14333	2357	704705	734461
TS	1999	6.6	152	710	595	8429	1274	341387	369135
TS	2000	6.0	186	652	868	11471		466954	802659
TS	2001	7.9	221	952	674	11678	1410	555016	642650
TS	2002	8.6	267	775	1055	12132	1750	536535	609921
TS	2003	10.4	244	664	1247	15313	1999	843581	920562
TS	2004	6.3	207	470	871	8725	1223	419420	446834
TS	2005	7.3	242	522	1261	8971	1855	473349	305288
TS	2006	6.7	176	457	1103	6587	1370	522146	381464
TS	2007	4.7	277	230	1073	14201	1463	514373	511765
TS	2008	3.1	188	238	974	11701	2271	549286	598004
TS	2009	2.5	129	167	565	5776	1175	298495	373822
TS	2010	3.9	197	190	695	8811	2325	492772	546473
MM	1996	7.1	432	2491	887	13796	1297	496060	455016
MM	1997	7.1	162	1213	2852	10003	3287	395393	-
MM	1998	6.3	173	1077	1032	8114	1490	380366	410553
MM	1999	6.0	140	722	508	5685	1025	257030	286231
MM	2000	6.4	105	395	154	4771	615	189666	302450
MM	2001	5.9	136	563	281	7941	731	322722	342977
MM	2002	8.5	221	667	739	8671	1143	361219	391416
MM	2004	6.7	273	472	883	10335	1810	596062	584918
MM	2005 <sup>&amp;</sup>	6.0	266	565	864	14603	2130	766990	682634
MM	2006 <sup>&amp;</sup>	5.4	246	455	855	8373	1619	564760	451678
MM	2008 <sup>&amp;</sup>	4.4	281	289	1149	11244	1970	597560	599167
MM	2009	5.3	305	299	1130	10601	1788	530737	739835
MM	2010	7.1	322	265	913	11084	1614	608051	704263

\*Probably overestimate due to association with small particles.

\*\*Possible contamination

<sup>&</sup> Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2006; May-Dec 2008

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2010

Station	River	Temp C	Salinity ppt	DO Conc mg/L	DO % %	pH	Turbidity+ NTU	SPM mg/l	Chl-a µg/l	BOD mg/L	Temp C	Salinity ppt	DO Conc mg/L	DO % %	pH	Turbidity+ NTU	SPM mg/l	Chl-a µg/l	BOD mg/L
R1a	בצת	17.98	26.85	9.5	118	8.08	5.1	18.5	32.40	7.79	29.97	44.16	8.32	140	8.37	12.8	11.1	222.57	6.57
R1b		17.62	12.32	11.15	126	8.19	9.7	20.9	40.25	9.86									
R1c																			
R4a	נעמן	16.71	13.62	6.85	76	7.63	30.7		6.46		29.82	39.66	5.63	92	8.14	0.7		1.30	
R4b		16.26	1.28	6.89	71	7.66	41.6	58.5	12.05	5.23	28.69	13.90	7.93	111	8.31	9.2	23.3	100.23	6.70
R4c		15.76	0.93	5.69	58	7.48	49.2	70.5	9.43	3.81	28.79	13.26	5.98	83	8.23	8.4	13.4	112.10	4.73
R5a	קישון	16.04	9.32	7.02	75	7.58	7.7	12.9	4.40	3.25	30.59	31.23	8.31	132	8.12	8.4	27.7	78.16	6.57
R5c		16.21	6.16	4.2	44	7.48	11.8	16.5	4.75	2.2	31.53	28.01	12.24	194	8.15	7.3	27.8	132.90	11.01
R5.5a		דליה	20.11	1.89	9.55	106	8.24	12.8		30.34									
R5.5b	19.67		1.08	9.95	109	8.4	13.1	21.6	31.72	5.13									
R6a	תנינים	19.35	35.43	7.64	102	8.03	10.9		0.71		29.11	28.68	5.49	84	7.88	5.0		22.27	
R6b		20.32	1.66	7.47	83	7.69	39.2	59.5	9.45	1.95	29.10	28.68	5.61	86	7.87	5.0	3.0	11.84	3.66
R6c		19.91	1.36	7.81	86	7.73	28.4	48.3	4.23	0.88	27.05	3.22	9.37	120	7.92	14.5	20.2	1.07	0.48
R7a	חדרה	23.49	31.65	6.25	88	8.04	24.2		2.16		34.69	40.24	5.17	92	8.17	1.7		11.84	
R7b		22.53	27.71	6.1	83	8.02	33.2	63.8	2.77	0.88	35.68	37.12	6.64	118	8.19	27.8	9.5	8.57	1.11
R7c		17.11	0.42	6.16	64	7.96	64.7	71.3	43.94	4.45	27.61	1.32	2.11	27	8.16	15.1	17.9	72.00	0.83
R8a	אלכסנדר	17.66	38.64	7.94	105	8.08	24.6		1.88		28.26	10.87	7.46	102	8.44	21.2		105.85	
R8b		16.97	0.63	7.25	75	7.87	60.6	70.4	6.60	5.34	28.11	7.06	9.00	120	8.43	24.1	45.0	119.30	7.74
R8c		15.74	0.62	7.76	79	7.72	61.7	73.4	6.03	5.45	28.54	6.84	8.03	108	8.51	21.1	29.9	87.60	7.08
R9a	פולג	19.53	35.07	7.51	101	8.03	28.6		3.05		25.88	4.43	3.36	42	7.80	30.7	34.0	50.11	2.59
R9b		17.89	0.64	7.78	82	7.86	59.8	72.2	7.90	3.97									
R10a	ירקון																		
R10b		22.48	21.93	7.47	98	7.99	14.8	24.1	1.71	1.33	33.69	39.48	6.54	114	8.04	8.0	26.9	6.85	0.65
R10c		19.5	2.98	8.17	91	7.88	12.4	13.8	3.17	3.42	29.94	28.34	12.82	198	8.21	6.9	24.8	334.83	11.50
R11a	שורק	19.7	25.95	7.77	99	8.01	26.6		1.63										
R11b		19.19	2.27	9.1	100	8.22	60	86.8	2.97	5.13	24.89	32.55	9.77	142	8.10	2.5	16.3	15.74	2.70
R11c		16.84	0.53	8.56	89	8.15	73.3	108.6	4.39	6.64	26.18	23.84	11.25	159	8.39	57.3	32.2	28.90	9.49
R12a	לכיש	18.37	38.88	7.32	98	8.11	9.7		3.05										
R12b		18.89	37.94	7.36	99	8.11	15.2	49.7	4.22	0.84	23.97	6.77	12.76	157	8.37	35.5	128.0	176.25	11.83
R12c		16.87	0.56	6.76	70	7.82	51.8	50.8	3.31	4.38	25.03	6.52	7.59	95	8.44	37.9	161.1	206.45	6.83
R13a	אבטח																		
R13b		17.06	37.35	7.24	94	7.96	7.9	14.5	3.16	3.75									



טבלה 6: הערכת העומס השנתי (טון) של נוטריאנטים אנאורגאניים המומסים (אוקטובר עד ספטמבר) מנחלי החוף. החישוב מניח ריכוזי נוטריאנטים קבועים במהלך השנה ושינוי עומס בהתאם לספיקה. החישוב נעשה לפי הריכוזים שנמדדו במרץ 2010<sup>1</sup>. כמו כן, מוצגים נתוני עומס החנקן והזרחן הכללי שהוזרמו לנחלים בשנת 2010 בעיקר ממתקני טיפול בשפכים (נתוני המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים).

River	Discharge	NO3+NO2-N	NH4-N	Total inorg. N	PO4-P	Si(OH)4-Si	<sup>2</sup> Total N	<sup>2</sup> Total P
<i>cubic meter * 1000 /yr.</i>								
נעמן	5958	37.9	11.5	49.4	2.8	175	77.5	9
קישון	22324	230	206	436	18.9	419	920	75
תנינים	16836	74.9	1.58	76.5	2.04	1083	36	4
חדרה	14275	87.1	48	135	9.6	111	627	75
אלכסנדר	13221	46.2	29.2	75.4	8.0	199	239	21
ירקון	37499	144	149	293	26	616	569	74
שורק	1501	53.1	47.1	100	12.9	280	1539	130
לכיש	2309	0.14	0.29	0.42	0.56	0.0	19	6

1. בשיטת חישוב העומס יש אי ודאות רבה עקב הנחות היסוד. המטרה העיקרית של הטבלה היא לספק הערכה ראשונית של תרומת הנוטריאנטים מנחלי החוף ע"מ לנסות לקשר בין ממצאי הניטור במימי החופין למקורות הזיהום.
2. נתוני המשרד להגנת הסביבה על הזרמות חנקן וזרחן כללי (אנאורגני ואורגני) לנחלים בשנת 2009 (בעיקר ע"ס דיווחי מתקני טיפול בשפכים).
3. נתוני נחלים קישון+ציפורי (ללא הזרמות מגינין).

# נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2010

\* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2010

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב	קו אורך	קו רוחב	קו אורך		
1	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.059	35	4.565	3.8	Sediment, Water, Benthic fauna
2	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.075	35	4.389	6.3	Sediment, Water, Benthic fauna
8	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.014	35	4.614	3.5	Sediment, Water, Benthic fauna
9	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.037	35	4.531	6.2	Sediment, Water, Benthic fauna
10	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.053	35	4.326	9.3	Sediment, Water, Benthic fauna
11	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.054	35	4.174	12.1	Sediment, Water, Benthic fauna
12	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.687	35	4.598	3.4	Sediment, Water, Benthic fauna
14	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.786	35	4.315	3.4	Sediment, Water, Benthic fauna
18	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.255	35	3.729	3.3	Sediment, Water, Benthic fauna
22	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.855	35	2.812	3.1	Sediment, Water, Benthic fauna
23	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.880	35	2.722	6.1	Sediment, Water, Benthic fauna
26	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.361	35	2.144	6.6	Sediment, Water
27	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.238	35	1.193	11.3	Sediment, Water
Carmelit	12-Jul-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.504	35	1.709	2	Sediment, Water
H1	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.802	34	55.608	30	Water, Phytoplankton
H2	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.659	34	56.099	21	Water
H3	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.370	34	56.850	10.8	Water, Sediment, infauna
H4	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.450	34	57.043	6.2	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.334	34	52.668	32	Water, Phytoplankton
H6	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.964	34	53.049	23	Water
H7	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.613	34	53.548	12.6	Water, Sediment, infauna
H8	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.532	34	53.885	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.333	34	50.460	30.6	Water, Phytoplankton
H10	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.184	34	50.861	22	Water
H11	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.014	34	51.347	12.5	Water, Sediment, infauna
H12	5-Aug-10	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.913	34	51.629	6.9	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.531	34	47.190	10.3	Water, Sediment, infauna
H14	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.409	34	45.115	30	Water, Phytoplankton
H15	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.937	34	45.629	20	Water
H16	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.486	34	45.951	12.6	Water, Sediment, infauna
H17	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.291	34	46.260	6.3	Water, Sediment
H18	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.592	34	42.255	5.7	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.719	34	41.892	11.6	Water, Sediment, infauna
H20	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.720	34	41.229	21.9	Water
H21	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.747	34	40.426	31.5	Water, Phytoplankton
H22	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.385	34	36.361	31.6	Water
H23	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.538	34	36.947	22.6	Water
H24	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.189	34	37.470	10.9	Water, Sediment, infauna
H25	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.056	34	37.623	5.9	Water, Sediment
H26	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.027	34	31.889	32.6	Water, Phytoplankton
H27	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.619	34	32.760	20	Water
H28	9-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.358	34	33.362	9.6	Water, Sediment
H29	10-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.190	34	33.510	6.7	infauna,
H40	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Ashqelon	32	16.261	34	49.655	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H41	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.288	34	49.475	10	Water, Sediment
H41	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.304	34	49.413	10	Water, Sediment, infauna
H42	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.499	34	48.985	20.2	Water, Sediment, infauna
H43	8-Aug-10	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.799	34	48.256	30.3	Water
HB1	5-Aug-10	Haifa Bay	32	51.946	34	58.483	25	Water, Phytoplankton
HB2	5-Aug-10	Haifa Bay	32	50.863	34	59.856	19	Water, Phytoplankton
HB4	5-Aug-10	Haifa Bay	32	49.821	35	1.284	15.6	Water, Phytoplankton
HB5	5-Aug-10	Haifa Bay	32	49.018	35	1.345	13	Water, Phytoplankton
Qishon port	5-Aug-10	Haifa Bay	32	48.912	35	1.561	12.2	Water, Phytoplankton
HM10	4-Aug-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.020	35	4.330	8.8	infauna
HM21	4-Aug-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.086	35	4.330	8	infauna
HM23.1	4-Aug-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.960	35	2.510	10	infauna
HM27	4-Aug-10	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.253	35	1.172	11	infauna

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2010 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1b	1-3 Mar-10	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378	Water, Sediment	
R1c	1-3 Mar-10	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592	Water, Sediment	
R4a	1-3 Mar-10	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899	Water, Sediment	
R4b	1-3 Mar-10	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924	Water, Sediment	
R4c	1-3 Mar-10	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065	Water, Sediment	
R5a	1-3 Mar-10	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736	Water, Sediment	
R5b	1-3 Mar-10	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093	Water, Sediment	
R5.5a	1-3 Mar-10	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855	Water, Sediment	
R5.5b	1-3 Mar-10	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888	Water, Sediment	
R6a	1-3 Mar-10	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133	Water, Sediment	
R6b	1-3 Mar-10	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173	Water, Sediment	
R6c	1-3 Mar-10	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923	Water, Sediment	
R7a	1-3 Mar-10	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054	Water, Sediment	
R7b	1-3 Mar-10	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306	Water, Sediment	
R7c	1-3 Mar-10	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024	Water, Sediment	
R8a	1-3 Mar-10	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929	Water, Sediment	
R8b	1-3 Mar-10	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993	Water, Sediment	
R8c	1-3 Mar-10	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175	Water, Sediment	
R9a	1-3 Mar-10	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965	Water, Sediment	
R9b	1-3 Mar-10	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water, Sediment	
R10b	1-3 Mar-10	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631	Water, Sediment	
R10c	1-3 Mar-10	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water, Sediment	
R11a	1-3 Mar-10	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479	Water, Sediment	
R11b	1-3 Mar-10	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water, Sediment	
R11c	1-3 Mar-10	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water, Sediment	
R12a	1-3 Mar-10	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379	Water, Sediment	
R12b	1-3 Mar-10	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water, Sediment	
R12c	1-3 Mar-10	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924	Water, Sediment	
R13b	1-3 Mar-10	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951	Water, Sediment	
R1b	6, 7, 11Sep-10	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378	Water	
R4a	6, 7, 11Sep-10	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899	Water	
R4b	6, 7, 11Sep-10	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924	Water	
R4c	6, 7, 11Sep-10	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065	Water	
R5a	6, 7, 11Sep-10	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736	Water	
R5b	6, 7, 11Sep-10	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093	Water	
R6a	6, 7, 11Sep-10	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133	Water	
R6b	6, 7, 11Sep-10	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173	Water	
R6c	6, 7, 11Sep-10	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923	Water	
R7a	6, 7, 11Sep-10	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054	Water	
R7b	6, 7, 11Sep-10	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306	Water	
R7c	6, 7, 11Sep-10	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024	Water	
R8a	6, 7, 11Sep-10	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929	Water	
R8b	6, 7, 11Sep-10	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993	Water	
R8c	6, 7, 11Sep-10	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175	Water	
R9b	6, 7, 11Sep-10	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water	
R10b	6, 7, 11Sep-10	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631	Water	
R10c	6, 7, 11Sep-10	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water	
R11b	6, 7, 11Sep-10	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water	
R11c	6, 7, 11Sep-10	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water	
R12b	6, 7, 11Sep-10	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water	
R12c	6, 7, 11Sep-10	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924	Water	
TS		Tel Shikmona	32	49.579	34	57.400	Dust, Rain	
MM		Magan Michael	32	32.946	34	54.871	Dust	

משקעים אטמוספריים

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2010 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
ACH	March-10	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Mollusks
AK-P	March-10	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Mollusks
QY	March-10	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Mollusks
AT	March-10	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Mollusks
MIC	March-10	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Mollusks
HAD	March-10	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Mollusks
PAL	March-10	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Mollusks
ASH	March-10	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Mollusks
HS	March-10	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Mollusks
MM	March-10	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Mollusks
AK-B	March-10	Patella - Biuv Akko	32	56.739	35	4.413	~5 cm	Mollusks
TS	March-10	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Mollusks
EI	March-10	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Mollusks
HOT	March-10	Donax - Hof Hatmarim	32	54.807	35	4.830	~60 cm	Mollusks
QY	March-10	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Mollusks
QH	March-10	Donax - Qiryat Haim	32	49.542	35	2.633	~60 cm	Mollusks

נספח 2: מספר כולל של בדיקות של מתכות כבדות בדגים, רכיכות, סדימנטים וחומר מרחף מאז תחילת הניטור.

**דגים (1974 – 2010)**

<i>Diplodus sargus</i>	1002
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1354
<i>Mullus barbatus</i>	924
<i>Sargocentron rubrum</i>	551
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	553
<i>Siganus rivulatus</i>	410
<i>Mullus surmuletus</i>	275
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	515
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	951
<b>סה"כ דגים</b>	<b>6826</b>

**רכיכות וסרטנים\* (1975 - 2010)**

<i>Maetra corallina corallina</i>	1858
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	217
<i>Neverita josephinia</i>	80
<i>Patella sp.</i>	1372
<i>Diogenes pugilator</i>	258
<i>Donax trunculus</i>	598
<i>C. gallina</i>	103
<i>Arcularia gibbosula</i>	362
<i>Cellana rota</i>	257
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longirois</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	11
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	378
<b>סה"כ רכיכות וסרטנים</b>	<b>5604</b>

**סדימנט וחומר מרחף**

Sea Sediments (1981-2008)	871
River Sediments (1988-2008)	730
SPM (1994-2008)	1623
<b>סה"כ דוגמאות</b>	<b>3224</b>

\* דוגמאות מורכבות (19575 פרטים)

### נספח 3: שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות

למחלקה לכימיה ימית בחיא"ל הסמכה מטעם הרשות הלאומית להסמכת מעבדות, לביצוע בדיקות ודיגום של מים, קרקע ויצורי מים. הבדיקות כוללות: בדיקת נוטריאנטים במי ים, מי נחלים ומי שתייה, ובדיקת מתכות כבדות ביצורי מים ובסדימנטים.

#### דיגום מי-ים ומי נחלים

מים וחומר מרחף נדגמו בים מספינות המחקר "שקמונה" ו"עציונה" בעזרת בקבוקי ניסקין או דלי אל-חלד, ובשפכי הנחלים בעזרת בקבוקי פלסטיק.

המליחות או צפיפות המים, ערכי ההגבה וריכוזי החמצן נמדדו במקום באמצעות חיישן מסוג YSI 6600. עבור בדיקות של ריכוזי נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, חומצה סיליצית ואמוניה), BOD, כלורופיל וחומר מרחף נדגמו מים ישירות מהנחל או מהים בעזרת בקבוקים ייעודיים לסוג הבדיקה. דוגמאות מים לבדיקת נוטריאנטים הועברו למעבדה והוקפאו עד לבדיקתן.

לבדיקות של חומר מרחף, נפח ידוע של מים סונן דרך פילטרים שקולים מסוג  $0.45 \mu\text{m}$  Millipore Type HA, לאחר סינון מוקדם דרך  $63 \mu\text{m}$ . הפילטרים יובשו בליאופיליזציה (הקפאה וייבוש בוואקום) במשך 24 שעות, נשקלו ונבדקו לתכולת המתכות הכבדות.

#### דיגום סדימנטים

סדימנטים ממפרץ חיפה נדגמו מספינת המחקר "עציונה". מרבית הדיגומים נעשו בצלילה בעזרת שקיות פלסטיק תחומות במסגרת אלומיניום. הדוגמאות מייצגות 2 ס"מ עליונים של הקרקעית בשטח של כ-1 מ"ר. סדימנטים בשפכי נחלים ובמוצאי שפכים לאורך החוף נדגמו בעזרת כף פלסטיק. הדוגמאות מייצגות 3 ס"מ עליונים של הקרקעית. סדימנטים ממדף היבשת נדגמו מספינת המחקר "עציונה" או "שקמונה" בעזרת מחפר (grab) מפלדת אל-חלד. הדוגמאות מייצגות 2 ס"מ עליונים של הקרקעית.

הדוגמאות הוקפאו ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) בספינה או מייד עם הגעתן למעבדה ויובשו בליאופיליזציה במשך 48 שעות לפחות. הדוגמאות היבשות נופו בנפות ניילון. מקטע הגרגרים הקטנים מ-250 מיקרון נלקח לבדיקת הסדימנטים הימיים. מקטע הגרגרים הקטנים מ-1000 מיקרון נלקח לבדיקת הסדימנטים הנחליים.

#### דיגום בע"ח שוכני קרקעית ודיגום לבדיקות כימיות

בע"ח שוכני קרקעית נדגמו הן מספינת המחקר "עציונה" ע"י צוללנים והן באזור הכרית. הדוגמאות קובצו לפי מינים, נמדדו, נשקלו, הוקפאו ויובשו בליאופיליזציה במשך 48 שעות. פרטים קטנים של אותו מין קובצו לדוגמת בדיקה אחת. פרטים גדולים נבדקו בנפרד. ברכיכות נבדקו רק החלקים הרכים.

דגי מכמורת נאספו משלל דיג מסחרי בעומקי מים של 36-50 מטר דגים חופיים נאספו משלל דיג מסחרי ברשתות סבחה שהוצבו לאורך החוף בעומקי

מים של 3-20 מטר. הדגים נשקלו, נמדדו ונשטפו במים מזוקקים. השריר משני צידי כל דג נדגם ונשמר בהקפאה עד לבדיקה. המתכות נבדקו לאחר ייבוש הדוגמאות בליאופיליזציה במשך 48 שעות והומוגניזציה.

#### **דיגום מי גשם ואבק מרחף**

מי הגשם נאספו ע"י דוגמים סטנדרטיים באמצעות משפך ובקבוק מפלסטיק (UNEP, 1992). החל מ-2004 הגשם נאסף ע"י דוגם אוטומטי מסוג Graseby, הדיגום נעשה על בסיס ארועי גשם. דוגמאות משנה עבור בדיקות נוטריאנטים וערכי הגבה נלקחו מייד לאחר איסוף הגשם. דוגמאות הנוטריאנטים הוקפאו. דוגמאות עבור בדיקות המרכיבים הראשיים נשמרו במקרר לאחר סינון.

אבק מרחף נדגם על גבי פילטרים מסוג Whatman 41 באמצעות דוגמי אוויר. הדיגום נעשה במשך כ-60 שעות. הפילטרים נשמרו במייבש (desiccator) לפני שקילתם. לאחר הדיגום הם נשמרו בהקפאה עד שקילתם ובדיקתם למתכות כבדות. הפילטרים נוטים לספוח לחות, ולפיכך קיים חוסר דיוק בחישוב משקל האבק. בהנחה שקיים פיזור הומוגני של האבק על גבי הפילטר, נעשה שימוש בכשמינית מהפילטר לבדיקת המתכות הכבדות.

#### **בדיקות מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס וערכי הגבה (pH)**

מליחות, טמפרטורה, ערכי הגבה וריכוזי חמצן נמדדו במקום באמצעות חיישן מסוג YSI 6600. בדיקות חמצן לחישוב BOD<sub>5</sub> נעשו באמצעות חיישן מסוג YSI 6600.

#### **בדיקות נוטריאנטים**

נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, חומצה סיליצית, אמוניה, חנקן כללי ופוספט אורגני מומס) נבדקו בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN<sup>plus</sup> Systems ו-AA3 תוצרת Seal. גבולות הקביעה של ניטראט, ניטריט, פוספאט, חומצה סיליצית ואמוניום היו 0.08, 0.008, 0.03 ו-0.05 μM, בהתאמה.

#### **בדיקות כלורופיל**

דגימות מים לבדיקת כלורופיל *a* סוננו דרך פילטרים של GF/F (0.7 μm) לאחר סינון מקדים דרך 63 μm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו. במעבדה הפילטרים עברו סוניקציה והושרו בתמיסת אצטון 90% למשך כ-12 שעות. ריכוז הכלורופיל חושב ממדידת הפליטה הפלואורוצנטית בפלואורומטר.

#### **בדיקות מתכות כבדות**

עבור בדיקות של Zn, Ni, Cu, Pb, Cd, Hg ו-Arsen, הדוגמאות עוכלו בחומצה חנקתית מרוכזת (65%) בתאי לחץ (Uniseal), במשך 4 שעות, בטמפרטורה של 140°C. עבור בדיקות של Cr, Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Zn, Cu ו-Fe בסדימנטים וחומר מרחף, הדוגמאות עוכלו בתערובת של חומצה פלואוריט ומי מלכים בשיטת ASTM (1983).

כספית נבדקה בספקטרוטומטריה של בליעה אטומית ללא להבה Coleman Mercury Analyzer MAS-50A עד 2003 ואח"כ עם גלאי פלואורסצנטי במכשיר Merlin Millennium System – PS Analytical. בשנת 2001 שונה מרכיב מסוים בשיטת הבדיקה של כספית בבע"ח, והחל שימוש בשיטה יותר רגישה בריכוזים נמוכים של כספית (פחות מעשירית מהתקן). התוצאות בשיטה החדשה גבוהות יותר. לשינוי אין השפעה משמעותית בריכוזים גבוהים, ולכן אין לו השלכות לגבי איכות הדגים ביחס לתקן. בהמשך ייעשה שימוש רק בשיטה החדשה. שאר המתכות נבדקו בספקטרוטומטריה של בליעה אטומית עם להבה ובתנור גרפיט (Varian Spectra AA220 and AA880).

### **בדיקת TOC בסדימנט**

פחמן אורגני בסדימנט נבדק ע"י חמצון עם אשלגן די כרומט בנוכחות חומצה גופריתנית וטיטרציה פוטנציומטרית עם ברזל אמוניום סולפט.

### **בדיקות מזהמים אורגניים**

מזהמים אורגניים נבדקו במעבדות מוסמכות בארה"ב בשיטות סטנדרטיות המאושרות ע"י הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (US EPA) ובישראל ע"י מעבדות "אמינולב". מרבית הבדיקות בוצעו באמצעות GC-MS.

### **בקרת איכות בדיקות מתכות כבדות**

במקביל לכל סדרת בדיקות, נבדקו סטנדרטים בינלאומיים מתאימים שטופלו באופן זהה לדוגמאות (Dorm-3, Dolt-3, Oyster tissue, Buffalo River Sediment, Estuarine sediment) ועוד). דוגמא לבקרה שנתית של תוצאות בדיקות החומרים הסטנדרטים מוצגת באיור 73. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיוול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

### **בדיקות ריכוזי מיקרואצות**

לבדיקת תאי כחוליות ותאי פיקופלנקטון בעלי כלורופיל (עד  $5\mu$ ), נעשה שימוש בשיטה המתוארת ע"י Booth, 1987 עם מספר שינויים. דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט  $0.45\mu$ , בשתי חזרות. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. נספרו 30 שדות אקראיים מכל שטח הפילטר באמצעות האובייקטיב  $\times 100$ .

לצורך ספירת המיקרופלנקטון, דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט  $3\mu$ , ומהם הוכנו שני פרפרטים בשתי שיטות שונות:



א. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. פילטר זה יועד לספירת המיקרופלנקטון השכיח יותר והקל לזיהוי באמצעות פלואורסנציה.

ב. שיטת FTF (Hewes & Holm-Hansen 1983, Gordon et al. 1994) - הפילטר עם פני הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת מי-ים שהושמה על זכוכית נושאת, אשר הונחה מייד על גבי משטח חלק של קרח יבש. לאחר קפיאת התאים, הפילטר נתלש והדוגמא כוסתה בשכבת גליצרין גילי. עם התייבשותו הונחה עליו טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה באור רגיל באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. כל פני שטח הפילטר נספרו באמצעות האובייקטיב  $\times 20$  או  $\times 40$ , תלוי בגודל התאים. פילטר זה יועד לספירת התאים שאינם ניתנים לאבחנה או זיהוי ע"י פלורוסנציה, אלא מחייבים אור רגיל לזיהוי.

ביומסת הכחוליות החד-תאיות חושבה לפי תכולת פחמן של 294 fgC לתא (Cuhel & Waterbury, 1984). זוהי הערכה מספרית המסתמכת על חישוב נפח התא ועל הנחת ריכוז פחמן לנפח המחושב, לכן היא אינה מספר אבסולוטי, ובספרות ניתן למצוא גם ערכים אחרים (Li, 1992, 1986, W.K.W). ביומסת המיקרופלנקטון חושבה לפי Strathmann, 1967. מגוון המינים חושב לפי Menhinick's index (Karydis and Tsirtsis, 1996).

#### **מדידת סמנים ביולוגיים בדגי שישן משורטט**

הדגים נדגמו בעונת החורף (מצב אופייני של העדר פעילות רבייה), הומתו תוך שעתיים-שלוש, נמדדו ונשקלו. הגונדות מכל דג נדגמו ונשמרו בתמיסת פורמאלדהיד 4% לצורך קביעת הזוויג ואיפיון הפעילות הרבייתית. רמות הסמנים הביולוגיים בחומר שהופק מפיסות כבד נבדקו בשיטות המפורטות ב- Tom et al. (2002, 2004), עם שיפורים שהוכנסו לשימוש לאחר כתיבת המאמרים.

#### **בדיקות חי הקרקעית (infauna)**

משקעי הקרקעית נדגמו באמצעות מחפר (Van Veen grab) בשטח של 0.08 מ"ר. בכל תחנה נאספו שלוש דגימות. הדגימות שומרו ב-10% פורמלין וכעבור מספר ימים נשטפו בנפה 0.25 מ"מ.

החומר שלא עבר את הנפה שומר בכוהל אתילי 70%, נצבע ב-Rose Bengal, מוין בעזרת בינוקולר והוגדר לרמה הטכסונומית הנדרשת.

#### **מדידת רמות התעתיקים בכבד השישן המשורטט**

שיטות עבודה מולקולריות סטנדרטיות בוצעו לפי Sambrook and Russell, (2001). רני"א כללי הופק מפיסות כבד. ריכוז רני"א בדגימות ובסטנדרטים נקבע במכשיר Nanodrop (Nonodrop technologies) ואיכותו ע"י Bioanalyzer 2100 (agilent). מדידה של רמות תעתיק ספציפי המשמש כסמן ביולוגי או כגורם נירמול, בוצעה בעזרת תיעתוק הפוך שאחריו PCR כמותי לפי Tom et al. (2004, 2008).

**מיפוי סביבתי מנתוני לוויינים ראה נספח 4**

השתתפות המעבדה לכימיה ימית בתרגילי אינטרקליברציה בינלאומיים בשנים 2000 – 2011.

Organizer	Date sent	Name of material	Material	Parameters measured
#NOAA	2000	-	Nutrients in seawater	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
IAEA	Mar-01	IAEA 407	Fish homogenate	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,,Zn.
IAEA	Nov-01	MA-Medpol-6/TM	Mussel tissue	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,,Zn,Cr.
IAEA	Jun-03	IAEA 433	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr.
^C-MARS	Jul-03	MARS-20	Fish homogenate	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,,Zn,Pb.
&Japan	Jul-03	-	Nutrients in seawater	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
IAEA	Mar-05	IAEA 436	Tuna fish	As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn
IAEA	Sept-05	SD-medpol-TM	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr.
IAEA	Sept-05	Medpol/nutrients	Nutrients in seawater	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
IAEA	Apr-06	IAEA 158	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As.
@ HKGL	Dec-06	APLAC T057	Shrimp homogenate	Cd,Pb,As
IAEA	Dec-07	MA-MEDPOL/TM	Fish tissue	Hg,Cd,Cu,Fe,Pb,Zn,As.
IAEA	Dec-07	Cocktail solution		Hg,Cd,Cu,Fe,Ni,Pb,Zn,Cr,As.
IAEA	Nov-08	SED-MEDPOL/TM	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IAEA	Nov-08	Cocktail solution		Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IAEA	Jun -09	IAEA 452	Scallop Tissue	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Pb,Zn,As
IAEA	Sep -10	IAEA 456	Sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IQTC	Sep -10	GLHK1002	Crustacean sea food	As,Cd,Pb
APLAC	Dec-10	T077	Bovine Liver	Cd,Fe,Pb,Zn
Quasimeme	Apr-10	Round 60 AQ-1	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Apr-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity open water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	July-30	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a

Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity open water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Jan-11	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
VKI	Nov-10		Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Apr-11	Round 65 AQ-4	Sea water	Hg in Sea Water
Quasimeme	July-11	Round 66 AQ-14	Sea water	DOC in Sea Water

\*IAEA - International Atomic Energy Agency, Marine environmental Laboratory, Monaco

#NOAA – National Oceanographic and Atmospheric Agency, USA (Willie, S., and W. Clancy, *NOAA Technical Memorandum, NOS NCCOS CCMA 143*. NOAA/NRC Intercomparison for nutrients in seawater. 36 pp, 2000.

^C-MARS- Centre for marine analytical reference & standards, Department of Ocean Development, Trivandrum, India.

&Japan - Intercomparison exercise for reference material of nutrients in seawater organized by the Geochemical Res. Dept. of the Meteorological Research Institute, Tsukuba, JP.

@ HKGL – Hong Kong Government Laboratory, Proficiency Testing Programme on Heavy metals in Food (APLAC T057).

Guangdong inspection and Quarantine technology center, Hong Kong.

APLAC- HKAS – Hong Kong Accreditation Service

Quasimeme- Quality Assurance of information for maine Enviromental monitoring Netherland.

VKI – Eurofins Lab

## נספח 4: מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

במסגרת מחקר SISCAL (Satellite Information System on Coastal Areas and Lakes) במימון האיחוד האירופי, פותחו כלים ייעודיים ונוחים לתפעול עבור משתמשי קצה לצורך מיפוי, מעקב, ניהול ובקרה של הסביבה הימית, המבוססים על פרמטרים הקשורים לאיכות מים אשר מפוענחים מנתוני לוויינים יומיים. מערכת SISCAL מספקת מיפוי של טמפרטורת פני הים (SST), ריכוזי כלורופיל, ריכוזי חומר מרחף (SPM), עומק סקי ועוד. מוצרים אלו מיוצרים ומועברים למשתמש הקצה דרך האינטרנט קרוב לזמן אמת (Near-Real-Time), תוך שימוש באלגוריתמים המקובלים בעולם ואו אלגוריתמים שפותחו במיוחד לאזורים מקומיים.

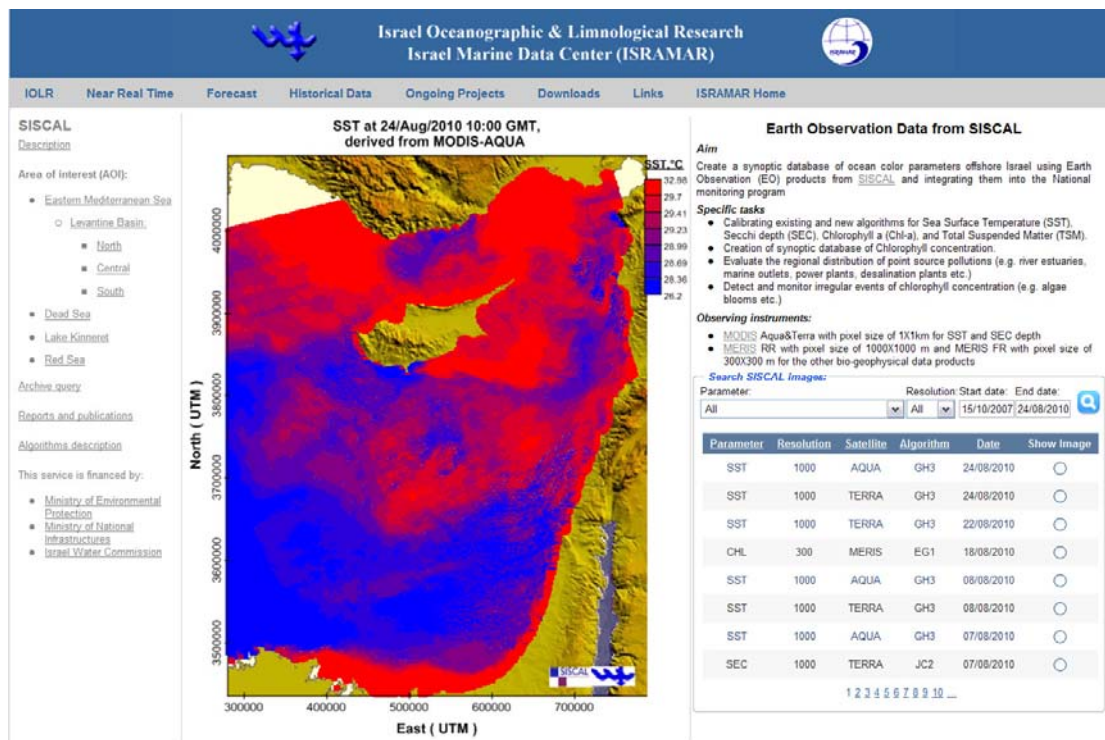
במסגרת המחקר פותח מודול של מ"מ"ג (מערכת מידע גיאוגרפית) למשתמש קצה (EU-GIS) אשר מאפשר לבצע מספר משימות: הורדת מוצרי לוויין (EO Products) מהשרת של SISCAL, בניית ארכיון לסדרות זמן של מוצרי לוויין, ניהול מערכת המידע וביצוע ניתוחים סביבתיים מורכבים באמצעות פונקציות מ"מ"ג ייעודיות. מערכת כזו הותקנה בחדר המצב של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה ומתעדכנת בתדירות דו-חודשית.

המיפוי מתבסס על שני לוויינים אמריקאים החולפים מעל אזור ישראל מידי יום בין השעות 10:00 – 12:30 (MODIS-Aqua, MODIS-Terra) ועל לוויין אירופאי (MERIS) החולף מעל אזורנו כול שלושה ימים. לשלושת הלוויינים יש רזולוציה (גודל פיקסל) של 1X1 ק"מ בערוצים המשמשים למיפוי סמנים לאיכות מי הים (Ocean color). ללוויין ה-MERIS יש גם מצב של רזולוציה גבוהה, שבה גודל הפיקסל 300 מטר. כול צילומי הלוויין מורדים בזמן אמת מהארכיונים "המתגלגלים" של NASA ושל ESA. כמו כן ניתן להוריד צילומי MERIS RR מתחנת הקליטה שהוקמה במכון בסוף שנת 2006.

משנת 2005 שולבה מערכת SISCAL בתוכנית הניטור של איכות מימי החופין ובוצעו הפעולות שלהלן:

- כיוול האלגוריתם לטמפרטורת פני הים;
- כיוול האלגוריתם לעומק סקי
- כיוול אלגוריתמים של כלורופיל לים עמוק
- המשך בדיקה ושיפור האלגוריתמים באמצעות דגימות ואנליזות המתבצעות במסגרת תוכנית הניטור
- יצירת בסיסי מידע סינופטיים של טמפרטורת פני הים (בערכים אבסולוטיים) וריכוזי כלורופיל (בערכים יחסיים) במדף היבשת, עד עומק מים של 200 מטר;
- מיפוי מוקדי זיהום יבשתיים (מוצאים ימיים, תחנות כוח ועוד);
- הפצת מפות באינטרנט קרוב לזמן אמת באמצעות מרכז המידע הימי הלאומי;

- במהלך 2009 נעשה עידכון של המימשק בארכיון התמונות/תוצרי האנליזות שנמצא במרכז המידע הימי הלאומי (תמונה 1)
- השוואת נתוני ה-SISCAL מול מפות מפוענכות (ריכוזי כלורופיל, טמפרטורת פני השטח ועוד). רגיונאליות (רזולוציה 4X4 ק"מ) שמופצות ע"י סוכנות החלל האמריקאית והארופית.
- התמקדות באזורי עינין שמוגדרים ע"י אגף ים וחופים (לדוגמא מפרץ חיפה)



תמונה 1 : ממשק SISCAL לחיפוש מוצרי לווין במרכז המידע הלאומי

טבלה 1 : רשימת אלגוריתמים ששולבו במערכת ה-SISCAL

SISCAL ALGORITHMS

MERIS

Product	Algorithm	Unit
SEC, Secchi depth	JC1, Secchi depth (obtained from SeaWiFS KDD)	m
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC1, Pigment concentration, OC4v4 algorithm	mg/m <sup>3</sup>
MAR, Marine reflectance at 550nm	XG1, Extract marine reflectance at 550nm	%
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC2, G/NIR, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), Sokoletzky algorithm for Lake Kinneret	mg/m <sup>3</sup>
CHL, Chlorophyll-a concentration	EG1, Chl-Fluo, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), uses Chl. fluorescence	mg/m <sup>3</sup>
TSM, Total suspended matter	FA2, Total suspended matter, DUP-POWERS	g/m <sup>3</sup>
CHL, Chlorophyll-a concentration	EE1, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), ANN for case 1 waters	mg/m <sup>3</sup>
TSM, Total suspended matter	FA3, Total suspended matter, MUMM	g/m <sup>3</sup>
TSM, Total suspended matter	FA1, Total suspended matter, Joergensen algorithm for Danish waters	g/m <sup>3</sup>
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC1, Diffuse attenuation coefficient (Kd) at 490nm, SeaWiFS algorithm	1/m

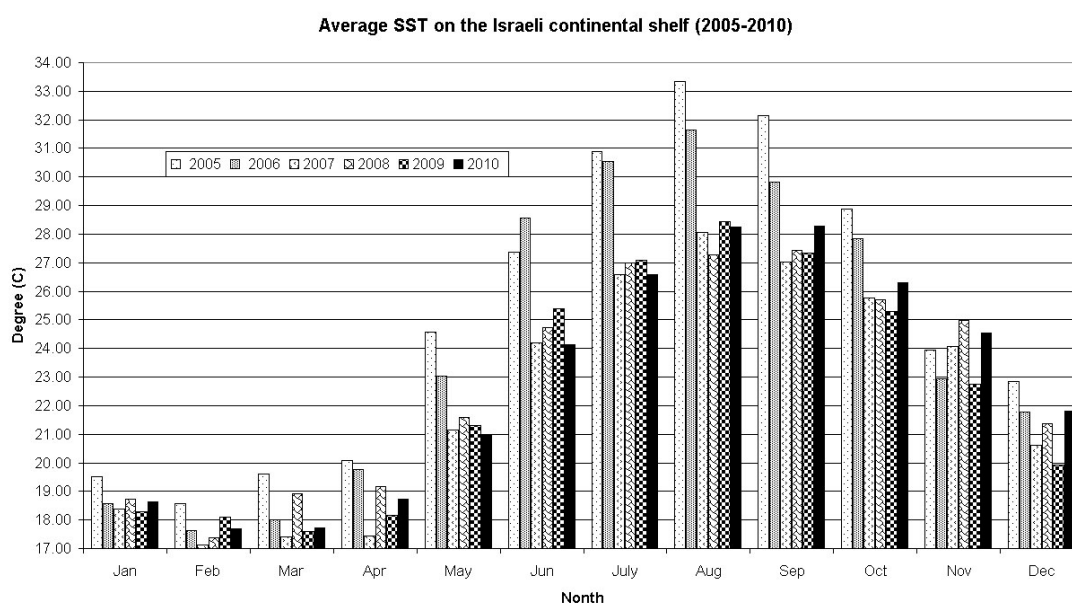
MODIS

Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FA4, Total suspended matter, Clark, MODIS SeaDAS 4.8.4	g/m <sup>3</sup>
SST, Sea surface temperature	GG5, Sea surface temperature, MODIS SeaDAS 4.8.4	°C
SST, Sea surface temperature	GG4, Sea surface temperature, MODIS split window, SISCAL specific noise reduction	°C
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC3, Pigment concentration, OC3M, MODIS SeaDAS 4.8.4	mg/m <sup>3</sup>
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC2, Diffuse attenuation coefficient (Kd), MODIS SeaDAS 4.8.4	1/m
SEC, Secchi depth	JC2, Secchi depth, based on Kd from MODIS SeaDAS 4.8.4	m

**מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים, ריכוזי כלורופיל (יחסי) ועומק סקי (secchi) במדף היבשת ובמפרץ חיפה**

במהלך 2010 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 283 צילומי לוויין מסוג MODIS ( Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ ו-64 צילומי לוויין מסוג MERIS FR ( ברזולוציה גבוהה 300X300 מטר).

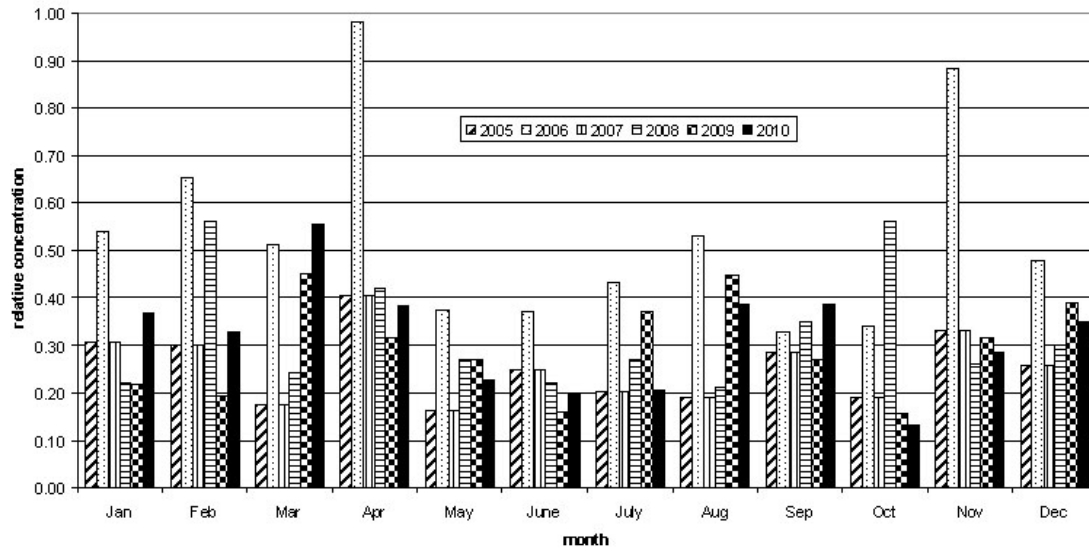
האנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה-EU-GIS. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST), עומק סקי (secchi), כמדד לעכירות וריכוזי הכלורופיל בערכים יחסיים במדף היבשת בשנים 2010-2005 מוצגים בגרפים להלן.



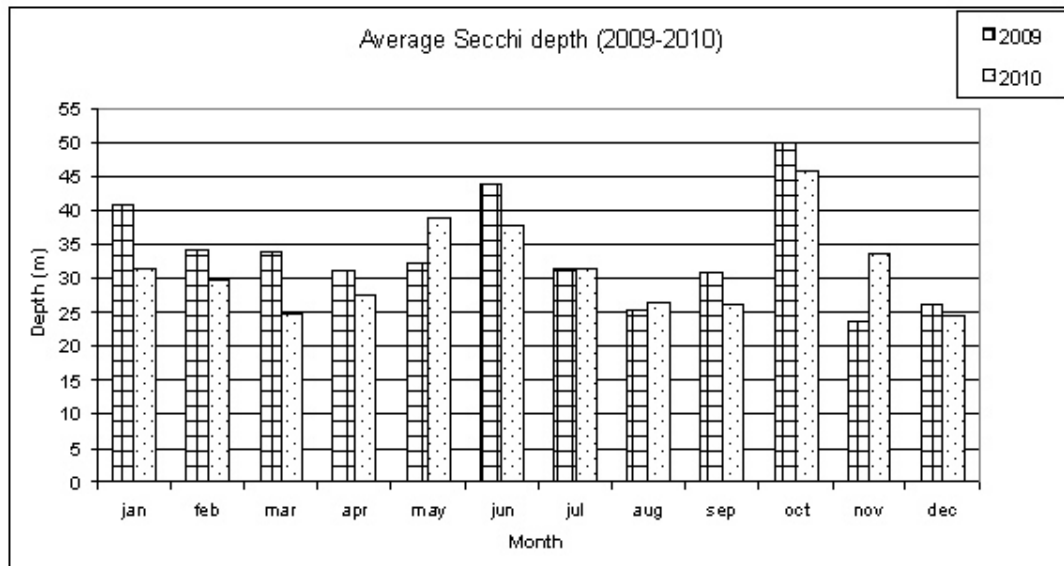
גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנים 2005-2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



Average Chl-a concentration (relative) on the Israeli continental shelf (2 km offshore to WD=200m) derived from MODIS images

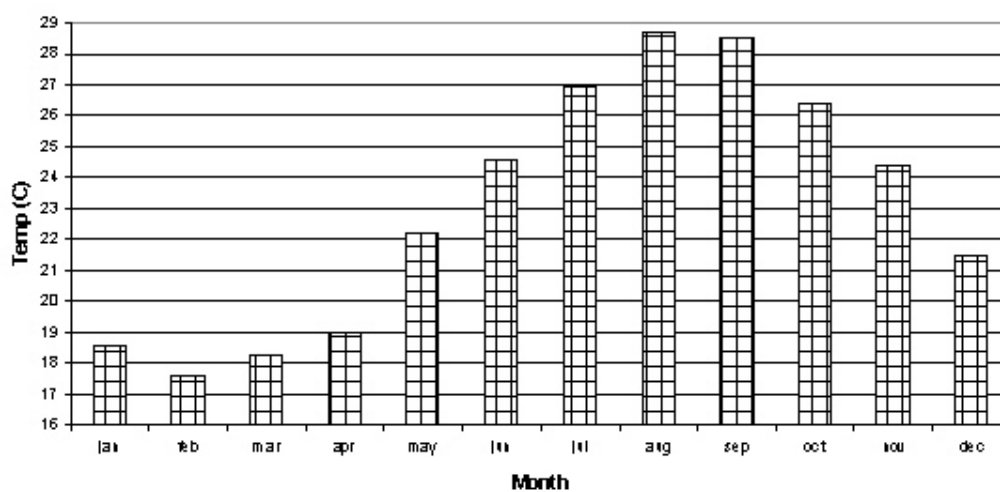


גרף התפלגות ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנים 2005-2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



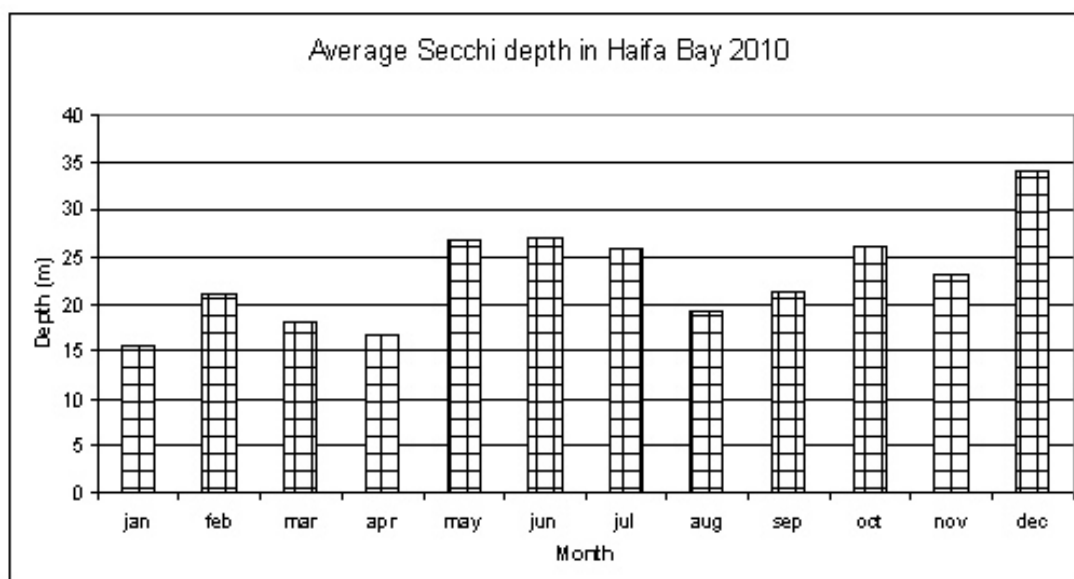
גרף התפלגות ממוצע חודשי של עומק סקי (secchi) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנים 2009-2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

Average SST Haifa Bay\_2010



גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים (SST) במפרץ חיפה בשנת 2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

Average Secchi depth in Haifa Bay 2010



גרף התפלגות ממוצע חודשי של עומק סקי (secchi) במפרץ חיפה בשנת 2010 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

נספח 5: מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים לליטר) במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף - אוגוסט 2010

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Dinoflagellates</b>																	
<i>Achradina pulchra</i>							2		2	4	4				10		2
<i>Akashiwo sanguinea</i> (=G. <i>sanguineum</i> )	31	15				8		4		36	12	63	13	274	8	290	3
<i>Alexandrium</i> spp.												46	188	206	4	7	88
<i>Ceratium candelabrum</i>								2				3			4		
<i>Ceratium declinatum</i> f. <i>majus</i>									2								
<i>Ceratium furca</i>	8		8	1	1	9	2	16	7	54	37	71	103	183	6	1072	44
<i>Ceratium fusus</i>				1	4		3	2	9	4	6	30	9	26	44	23	19
<i>Ceratium kofoidii</i>		67	32	24	68	44	136	107	166	46	52	597	60	223	62	228	57
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i>										2	2		3		2		1
<i>Ceratium pulchellum</i>									3	4	2		3		6		5
<i>Ceratium teres</i>			12	2	3	3	4	3	3	10	9		15		4		13
<i>Ceratium trichoceros</i>																	
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>atlanticum</i>					1				7								
<i>Ceratocorys gouretii</i>															2		
<i>Ceratocorys horrida</i>															2		
<i>Cochlodinium</i> sp. (980)				12					2				3		9	7	
<i>Cochlodinium</i> sp. (AG3)															2		
<i>Corythodinium</i> sp.	15	91	48	48	13	4	18										
<i>Dinophysis caudata</i>		6		2				4				10	20	17		7	5
<i>Dinophysis</i> cf. <i>punctata</i>								4				3		6	2		2
<i>Dinophysis exigua</i>				2					3	2	6				6		
<i>Dinophysis parvula</i>															2		
<i>Dinophysis porodictyum</i>								4									
<i>Dinophysis rotundata</i>				2		3		5	6	2	4	3	13	14	3		2
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>					3		9								8		6
<i>Dinophysis</i> spp.					27						4			6	8		5
<i>Diplopsalis</i> sp. (1227a)						7		8		4		71	8	34	9	48	7
<i>Diplopsalis</i> sp. (1604)															4		
<i>Diplopsalis</i> sp. (49A)								4									
<i>Gonyaulax polygramma</i>															1		
<i>Gonyaulax scrippsae</i>								8					8	11			
<i>Gonyaulax</i> sp. (186)		467				20		6		3		34		23	4	23	4

Dinoflagellates	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Gonyaulax spinifera</i> complex spp.					7				4		4	29		6			
<i>Gonyaulax</i> spp.		14	24	20		14	12	4	12	20		17		97	7	117	52
<i>Gymnodinium breve</i>				12					4	4	4						
<i>Gymnodinium elongatum</i>				4	3				20	48	80	20	10	57	216	20	68
<i>Gymnodinium</i> sp. (1402)												51	110	86	8	40	68
<i>Gymnodinium</i> sp. (179)										6	2	26	3	31	12	17	2
<i>Gymnodinium</i> sp. (70A)													5				
<i>Gymnodinium</i> spp.	8		40	80	67	33	100		32		24	17		103	8	3	
<i>Heterocapsa triquetra</i>								8									
<i>Lingulodinium polyedrum</i>		22										3		6			
<i>Mesoporos perforatus</i>										20	4			6	12		8
<i>Metadinophysis sinensis</i>						4						6		9		57	8
<i>Ostreopsis</i> sp.				2	7			35		3		3		3			
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>		42		6										3			2
<i>Oxytoxum caudatum</i>																	4
<i>Oxytoxum constrictum</i>																1	
<i>Oxytoxum coronatum</i>														3	4		
<i>Oxytoxum crassum</i>															4		
<i>Oxytoxum laticeps</i>			8												4		
<i>Oxytoxum pachyderme</i>						7			4						16		
<i>Oxytoxum sceptrum</i>											3				3		
<i>Oxytoxum scolpax</i>				2	3	7	10		4	4	3	29	5		4		4
<i>Oxytoxum tessellatum</i>										2							
<i>Oxytoxum variabile</i>				20	20	17	9		4		5	6			8		8
<i>Peridinium quinquecorne</i>								80				6				227	32
<i>Phalacroma operculoides</i>									4								
<i>Phalacroma</i> sp. (67A)										2							
<i>Phalacroma</i> sp. (86A)															2		
<i>Phalacroma</i> sp. (87A)															2		
<i>Podolampas palmipes</i>									2	2		3			12		
<i>Podolampas spinifera</i>										8	2	3					
<i>Pronoctiluca pelagica</i>					3												
<i>Pronoctiluca spinifera</i>			80	60	133	41	73	8	10		4						6
<i>Proocentrum balticum</i>												6			4		8
<i>Proocentrum compressum</i>				3	5	4	10		2	4	12		10	6	7		4
<i>Proocentrum gracile</i>		14	48	10	20	7	27	66	6	15	4	157	168	185	16	212	19

Dinoflagellates	Qishon	Haifa Bay		Hof Dado			Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Proocentrum micans</i>	8	14		6	3	7	5	12	2	3		6	10	17		68	
<i>Proocentrum minimum</i>			648	604	440	76	482	4	64	40	80	269	65	209	8	3822	884
<i>Proocentrum oblongum</i>									2	4	4		5	3			4
<i>Proocentrum rotundatum</i>							9			4	8	11			2	7	16
<i>Proocentrum</i> spp.				4					4						4		
<i>Protoceratium reticulatum</i>												3	5				8
<i>Protooperidinium abei</i>		14	8									11	1	26	2	10	2
<i>Protooperidinium bipes</i>				1520	20	71		24	13	28	4	46	5			333	92
<i>Protooperidinium brochii</i>														11	4	7	
<i>Protooperidinium claudicans</i>												3			4		
<i>Protooperidinium conicum</i>				1								11		9		3	6
<i>Protooperidinium depressum</i>								10	4	8	8	32		84	2	45	3
<i>Protooperidinium divergens</i>				2		4		4		4	4	32		3	3	3	3
<i>Protooperidinium joergensenii</i>					5			28				23	10	57		300	76
<i>Protooperidinium mediterraneum</i>								4									
<i>Protooperidinium nux</i>												6					
<i>Protooperidinium oblongum</i>								24				3					
<i>Protooperidinium oceanicum</i>										2							
<i>Protooperidinium oviforme</i>												6					
<i>Protooperidinium pentagonum</i>														3			
<i>Protooperidinium steinii</i>				12				8	16						6		
<i>Protooperidinium subinermis</i>											4						
<i>Protooperidinium</i> sp. (54)	148	630	215	356	44	195	24	659	39	244	16	457	20	201	24	482	76
<i>Protooperidinium</i> sp. (1600)																	2
<i>Protooperidinium</i> sp. (2007)																	2
<i>Protooperidinium</i> sp. (2056)					7					2							
<i>Protooperidinium</i> sp. (277k)														114			
<i>Protooperidinium</i> sp. (301k)												17		34		225	8
<i>Protooperidinium</i> sp. (51A)								4									
<i>Protooperidinium</i> sp. (72A)								12		4		23		63	8	30	53
<i>Protooperidinium</i> spp.	15	56	56	56	13	46	14	70	18	20	12	217	45	40	9	153	148
<i>Pselodinium</i> sp.					13							6					
<i>Pyrocystis lunula</i>											2						
<i>Pyrophacus</i> sp.											4	11	10	3		7	8
<i>Scripsiella</i> sp.		406	23	4		13		28	8		12	40	15	11	7	13	12
<i>Torodinium</i> sp.						4	55		20			6		17	24	7	4
Unidentified <15µm	4.3E+04	8.8E+04	7.4E+04	1.6E+04	3.1E+04	3.8E+04	4.6E+04	2.1E+04	1.2E+04	9.9E+03	1.2E+04	3.3E+04	1.2E+04	3.9E+04	1.5E+04	2.4E+05	1.7E+04

	Qishon	Haifa Bay			Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Diatoms</b>																	
<i>Achnanthes</i> sp.								20	4	16	4	31		11	4	13	12
<i>Amphora bigibba</i>								12									4
<i>Amphora</i> sp. (1998)								16						20			
<i>Amphora</i> sp. (741)					7		14	8		2			5			13	
<i>Amphora</i> spp.				4	13			4	4			10				67	
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	770	1544	1831	1280	158					56		31	80	154		67	96
<i>Asterolampra marylandica</i>												2					
<i>Asteromphalus hookeri</i>				4	3	10	7	4	4	4	4	6	5	6	5		12
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>					40							28		5		4	
<i>Bellerochea</i> sp.								12				6					
<i>Cerataulina bicornis</i>							8		4	20		46	70			23	
<i>Cerataulina pelagica</i>								12								40	8
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	991	767	1.4E+04	1.1E+04	693		36			24	52	377	880	4.0E+04	32	387	1.2E+04
<i>Chaetoceros danicus</i>							96			6						160	
<i>Chaetoceros didymus</i>			369							68			25	143	8		32
<i>Chaetoceros gracilis</i>								16									
<i>Chaetoceros rostratus</i>							16			4		9			8		
<i>Chaetoceros</i> sp. (4µm)								3.4E+05				1.3E+06					
<i>Chaetoceros</i> spp.	212	262	2.9E+04	1.3E+04	2520		1045		76	1676	200	2.3E+04	1.1E+04	3.2E+04	300	9.0E+04	1.2E+04
<i>Climacodium</i> sp.				56						20							
<i>Climacosphaenia</i> sp.							2	56									
<i>Coscinodiscus centralis</i>													6	8	20	3	
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	8			2								5					
<i>Coscinodiscus radiatus</i>		22			4			14	8	8	6	27	5	26	7	60	12
<i>Coscinodiscus stellaris</i>			8														
<i>Coscinodiscus</i> spp.												11					
<i>Cyclotella</i> sp.								24		8		10				67	
<i>Cylindrotheca closterium</i>			92	7253	18133	1.7E+04	2.6E+04	1.2E+05	7120	6.8E+04	3307	5.3E+04	960	7010	107	1.5E+05	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>														46	4	120	8
<i>Diploneis</i> spp.			15									3		3		5	
<i>Diploneis</i> spp. (1286)														11			4
<i>Ditylum</i> sp.																13	
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)			15														
<i>Entomoneis</i> sp. (1803)										8				6			

	Qishon	Haifa Bay		HB2	Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
		HB5	HB4		HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Diatoms</b>																	
<i>Guinardia delicatula</i>									8								
<i>Guinardia striata</i>		11	15	5				12	4		2		5		4		
<i>Guinardia flaccida</i>									16					6			
<i>Hantzschia</i> sp.						7										38	
<i>Hemiaulus hauckii</i>			123	137	307	233	240	40	193	58	86	19	30	77	8	87	58
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			16	12	18												
<i>Lauderia annulata</i>							5	12	16	18	14	66	36	131	10	187	128
<i>Leptocylindrus danicus</i>	185		123	24	93			16	12				50				
<i>Leptocylindrus minimus</i>		67															
<i>Licmophora</i> sp.			15	104	31	83	2	802	574	54	340	391	295	31	186	967	92
<i>Lithodesmium undulatum</i>			15					36	4	4		6		6			
<i>Lyrella clavata</i>						4											
<i>Melosira moniliformis</i>									16								
<i>Meuniera membranacea</i>	8	44	114	47	43		104	6	44	52	24	74	75	320	20	10	22
<i>Navicula</i> sp. (10µm)	1.1E+05	2.7E+04				1.3E+04		8427			16		150	411		1333	4600
<i>Navicula</i> sp. (1015)												11		6			
<i>Navicula</i> sp. (1315)									32								
<i>Navicula</i> sp. (1590)										4				6			
<i>Navicula</i> sp. (1883)						4				8				17	8	13	
<i>Navicula</i> sp. (1910)												6					
<i>Navicula</i> sp. (2014)										2							
<i>Navicula</i> sp. (313)						4	1	4	4	5		6				7	
<i>Navicula</i> sp. (320)			40	6	3		9		2	4		6		16		27	4
<i>Navicula</i> sp. (45A)								376									
<i>Navicula</i> sp. (55A)								8									
<i>Navicula</i> sp. (61A)								3									
<i>Navicula</i> sp. (62A)											16						
<i>Navicula</i> sp. (73A)												11					
<i>Navicula</i> sp. (968)	596	1311	1024	240	30	10	2	99	8	4		34		51	16	20	24
<i>Navicula</i> sp. (AG149)													3	6			
<i>Navicula</i> sp. (VM15)														11			4
<i>Navicula</i> sp.(1237)				2						2							
<i>Navicula</i> spp.	646		16	116	27	21	27	44	36	8	28	94		29	21	207	12

	Qishon	Haifa Bay		Hof Dado				Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Diatoms</b>																	
<i>Nitzschia longissima</i>					13									6			
<i>Nitzschia sigma</i>								4		4							
<i>Odontella aurita</i> var. <i>minima</i>		44						134		8		9				27	8
<i>Odontella mobiliensis</i>	31	28	24	2				4						3			2
<i>Pleurosigma</i> sp.	8	22	56	10		7	14	30	21	26	16	29	5	51	28	85	32
<i>Proboscia alata</i>	31	44	4	12	3					4		6					
<i>Proboscia indica</i>				4			2				2				4		8
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	9.0E+04	9.8E+04	1.1E+05	5896	27		36	8000	2000	2.8E+04	3840	3.1E+05	1.1E+04	2.3E+04	587	5.4E+05	2293
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>											4						
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>			120	106	133		91	8		4	4	6		6			
<i>Skeletonema costatum</i>	1.3E+04	17433	2424	703	187	90	35	28	8	436	254	657	1425	1.0E+04	164	6933	1.1E+04
<i>Stephanopyxis</i> sp.				4					16								
<i>Streptothecca tamesis</i>	8		16	10											4	7	
<i>Striatella</i> sp.								4									
<i>Surirella</i> sp.			8	4	3	4											
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1321	2028	152	92	15		109		32	128	110	537	363	1034	384	3557	864
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	1.5E+07	5.0E+06	1.9E+06														
<i>Thalassiosira</i> sp. (7µm)	6.9E+04																
<i>Thalassiosira</i> spp.	1380	1296	688	156	80	29	52	216	122	156	94	386	245	389	36	2243	2020
<i>Thalassiothrix</i> sp.							5							11		27	32
<i>Toxonidea</i> sp.												3					
<i>Triceratium dubium</i>			4					4									
<b>Cryptophyceae</b>																	
<i>Cryptomonad</i> sp.	1.6E+06	1.3E+06															
<b>Ebriidea</b>																	
<i>Hermesinium adriaticum</i>	11	202	200	140	35	40	345	52	50	162	384	1140	1965	834	184	1767	639
<b>Dictyochophyceae</b>																	
<i>Dictyocha fibula</i>		14					9										
<b>Euglenophyceae</b>																	
<i>Euglena</i> sp.			16	4		14	9	36	4	60	18	23	5	3		53	



	Qishon	Haifa Bay		Hof Dado				Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Cyanophyceae- בקטריות כחוליות</b>																	
<i>Synechococcus</i> sp.1	1.9E+08	1.4E+08	1.1E+08	1.0E+08	1.3E+08	1.2E+08	7.2E+07	1.0E+08	1.1E+08	7.6E+07	8.0E+07	1.4E+08	9.0E+07	1E+08	2.5E+07	1.0E+08	3.0E+07
<i>Synechococcus</i> sp.2	3.6E+07	2.4E+07															
<i>Aphanocapsa</i> sp.								132									
<i>Calothrix</i> spp.					3	167	27	32	24				8	11	8	110	4
<i>Chroococcopsis</i> sp. (29A)						1.1E+04	127	436	112	360	4276	2514	700	1269			
<i>Chroococcus giganteus</i>										12							
<i>Chroococcus</i> sp. (842a)				224	853	800		132		448	120	206	120	194		713	
<i>Chroococcus</i> spp.												23					
<i>Chroococcus tenax</i>						67											
<i>Eucapsis</i> sp.					53							57					
<i>Gloeocapsopsis</i> sp. (40A)									260		260	880		171		3447	2660
<i>Gloeocapsa</i> sp.									256								
<i>Gomphosphaeria</i> sp.								264				2400					
<i>Lyngbya</i> sp. (31A)				1800		6.4E+04		8.8E+04	6.3E+04	600	7.8E+04	7.3E+04	1.9E+04	1143	1.5E+04	1.7E+06	6.3E+04
<i>Lyngbya</i> sp. (535k)				4000						5000			1.5E+04				
<i>Lyngbya</i> sp. (536k)				940	4267	3.0E+04	282	1.1E+06	1.3E+05	5300	1.4E+04	3.2E+05	4.8E+04	3617	3.8E+04	5.0E+05	5.6E+04
<i>Lyngbya</i> sp. (1961)														7.1E+04			
<i>Lyngbya</i> sp.(537k)				400	1.4E+04				84						1832		668
<i>Merismopedia glauca</i>															104		
<i>Merismopedia</i> sp.												23		120			
<i>Merismopedia tenuissima</i>								2316									
<i>Microcystis aeruginosa</i>								5316									
<i>Microcystis</i> spp.					1067			3811			120						
<i>Microcystis viridis</i>								264									
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>limosa</i>								614				229		171			372
<i>Oscillatoria</i> sp. (534k)				320													
<i>Oscillatoria</i> sp. (539k)				464													
<i>Oscillatoria</i> sp. (914)												343					
<i>Oscillatoria</i> sp. (1830)					40		1545	132	104	80			750	686		1900	300
<i>Synechocystis</i> sp.								3056	532		248	2046	895	949	880	1687	2356
<i>Trichodesmium</i> sp.			800	818	4.3E+04	1667	1.0E+04		996	60	264	611	3050	754		220	828
Unidentified 78A												34				107	

	Qishon	Haifa Bay		Hof Dado			Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<b>Chlorophyceae ירוקות</b>																	
<i>Coelastrum microporum</i>								96									
<i>Crucigeniella rectangularis</i>								120		16	16						
<i>Oltmannsiella lineata</i>										32						20	
<i>Oocystis borgei</i>								13									
<i>Oocystis</i> sp. (1312)								416	48	92	16					133	
<i>Oocystis</i> spp.								64		108							
<i>Scenedesmus acuminatus</i> f. <i>maximus</i>								155		20	32						
<i>Scenedesmus acuminatus</i>								96									
<i>Scenedesmus acutus</i> f. <i>alternans</i>								44									
<i>Scenedesmus bijuga</i>								8									
<i>Scenedesmus peccensis</i>					13				6	16							
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i>								8									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>								16									
<i>Scenedesmus quadricauda</i>						16		48		16							
<i>Scenedesmus quadrispina</i>								48									
<i>Scenedesmus</i> sp. (48A)								16									
<i>Scenedesmus spinosus</i> var. <i>bicaudatus</i>								26									
<i>Selenastrum</i> sp.								4									
<i>Percursaria percursa</i>						403	33	2580	2004	500	372		1240	703	1728	9233	2048
<i>Pediastrum boryanum</i>								32									
Unidentified green macroalgal aggregates												4503		485	4503	4503	4503
<b>Flagellates</b>																	
Unidentified sp. (1339)				20		320		96		32							
Unidentified sp. (390k)						188	55	8									
<b>Ciliates</b>																	
<i>Mesodinium rubrum</i>					27		18					3		11			
<b>Microalgae &lt;5µm</b>	2.6E+08	2.0E+08	2.5E+07	3.8E+06	4.4E+06	3.1E+07	1.4E+06	9.9E+06	3.7E+06	6.0E+06	2.6E+06	7.8E+06	3.8E+06	4.5E+06	2.8E+06	1.0E+07	4.3E+06
<b>Total Cells/L</b>	5.1E+08	3.7E+08	1.4E+08	1.1E+08	1.4E+08	1.5E+08	7.3E+07	1.1E+08	1.1E+08	8.2E+07	8.3E+07	1.5E+08	9.4E+07	1.0E+08	2.8E+07	1.1E+08	3.5E+07

נספח 6: הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2010.

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c	
Polychaeta	<i>Capitellidae</i>	26	13	12					1		5	3		2	2					1	1		
	<i>Chaetopteridae</i>										1												
	<i>Cirratulidae</i>		2						5	3	3	5	7	2	1	3	1		2	1	1	2	
	<i>Glyceridae</i>	13	13	11	1	2				1		1					1	1					
	<i>Hesionidae</i>	1	1						1				1						1				
	<i>Lumbrineridae</i>																						
	<i>Magelonidae</i>	5	5	6	2	2		1	1	1	4	3	1	2	1		3	5	6		2	6	
	<i>Maldanidae</i>	6	8	1				1			5	2	2	1	1	2				1	1	1	8
	<i>Nephtyidae</i>	1		1	1			2	6	3	1	6		3	5	6	8	2	13	4	5	13	
	<i>Onuphidae</i>	13	11	12		1		2		2	24	27	17	1	3		2		1	2	2	2	
	<i>Ophellidae</i>																						
	<i>Orbiniidae</i>	35	28	27	13	12	3	2	3	2	33	52	55		2	2	4	1	8	2		1	
	<i>Oweniidae</i>											1											
	<i>Paraonidae</i>	50	61	56	1	1	1	7	15	19	7	17	8	6	9	12	5	1	8		4	10	
	<i>Phyllodocidae</i>	8	5				1	3	3		1	1	3		4		1		1	2		1	
	<i>Pilargidae</i>																						
	<i>Poecilochaetidae</i>	1	3	1		4	1	2		2	1	1	1	1	2	3	4	8	21	2	1	4	
	<i>Sabellidae</i>																						
	<i>Serpulidae</i>																						
	<i>Sigalionidae</i>	3	6	5	2	10	4	4	1	6	6	6	8	6	2	4	3	2	3	2	8	10	
<i>Spionidae</i>	767	771	680	18	16	12	44	38	38	220	117	138	61	67	81	38	7	70	12	34			
<i>Syllidae</i>	231	232	80	3	10	6	1	6	2	26	14	28	1	12	8	10	4	14	1		9		
Crustacea	<b>Amphipoda</b>																						
	<i>Ampelisca brevicornis</i>								2	3		7	9	6	5		1		1	1	4		
	<i>Ampelisca sp</i>				1			1			1	1		2		1			2		1	5	
	<i>Ampithoe sp</i>																						
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>				70	49	60	3															
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>											2											
	<i>Corophium sp.</i>																						
	<i>Erichthonius sp.</i>																						
	<i>Leucothoe occulta</i>		3								2	3											
	<i>Lileborgia sp.</i>		2		4								6					1					
	<i>Periocolodes longimanus</i>	3	7	3	12	4	3	1	12	6	4	35	15		1	1			3				
	<i>Pontocrates sp</i>					1	1																
	<i>Urothoe grimaldii</i>				17	37	24	21	17	26					19	9	4	8	17	15	16	9	30
	CAPRELLIDAE																						
	<i>Specimens not identified</i>												2				1						

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	M23.	M23.	M23.	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	
Polychaeta	<i>Capitellidae</i>			13	2	1	16		1		72	165	580							
	<i>Chaetopteridae</i>						6													
	<i>Cirratulidae</i>			6	7	1	26				5	3	14			1			4	
	<i>Glyceridae</i>	2		4	11	5	12	1	1	11	11	6	14	4	3	6				
	<i>Hesionidae</i>						3				2		3							
	<i>Lumbrineridae</i>			1																
	<i>Magelonidae</i>	1	2	5	2	1	2	1	1	4		3	3						1	1
	<i>Maldanidae</i>		1	2	4	4	25	1	1			5	9							1
	<i>Nephtyidae</i>	1	4	2	5	1	5	13	10	32	10	4	8	2	3	4	5	4	10	
	<i>Onuphidae</i>	7	1	5	6	10	14	1	5	1	1	2	4			1	1	1	2	
	<i>Ophellidae</i>											1								
	<i>Orbiniidae</i>	2	2	2	9	7	11		3	6		1		28	25	135	3	3	2	
	<i>Oweniidae</i>																			
	<i>Paraonidae</i>		3	8	35	56	74	1	1	2	1	1	1					3	3	1
	<i>Phyllodocidae</i>	2		2	9	9	19				21	4	8	2	8	16	1	1	2	
	<i>Pilargidae</i>			1								2	8							1
	<i>Poecilochaetidae</i>	9	2	17	1	3	7	1		2	9	1	8	7	12	15	3	1	2	
	<i>Sabellidae</i>										2		80							
	<i>Serpulidae</i>			12							1									
	<i>Sigalionidae</i>	1		6				2	3	2	2	1	5		1				6	3
<i>Spionidae</i>	22	19	66	1984	1362	3598	42	45	205	221	133	226	403	211	1125	29	20	21		
<i>Syllidae</i>		1	3	126	82	230	2	1	8	82	60	696			5	13	13	3		
Crustacea	<b>Amphipoda</b>																			
	<i>Ampelisca brevicornis</i>																13	1	3	
	<i>Ampelisca sp</i>	2		7	3	4	4		1	1	1							1	2	
	<i>Ampithoe sp</i>										1									
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>													3	1	1	3			
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>				4	6	9				55	43	10							
	<i>Corophium sp.</i>										5	3								
	<i>Erichtonius sp.</i>			1																
	<i>Leucothoe occulta</i>			1		4	2				3	1								
	<i>Lileborgia sp.</i>					1	3								1					
	<i>Periiculodes longimanus</i>				2	6	3				3		2			1	4	1		
	<i>Pontocrates sp</i>													4		4				
	<i>Urothoe grimaldii</i>	40	18	31				3	5	10					12	2	20	8	8	
	CAPRELLIDAE												1							
	<i>Specimens not identified</i>			8			1				26		9			4				

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HMI0a	HMI0b	HMI0c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
<b>Copepoda</b>																						
	<i>Longipedia coronata</i> Claus, 1863	12	8	7	4	8	3	33	44	23	3	10	16	22	27	15	2	5	8	4	3	9
	<i>Canuella</i> aff. <i>furcigera</i> Sars, 1903	5	4	6	2	5	2	11	16	10	2	5	8							4	5	8
	<i>Canuella</i> aff. <i>perplexa</i> Scott & Scott, 1893	221	167	126	23	77	50	258	301	233	23	67	78	77	56	44	13	10	14	15	21	33
	<i>Canuellina insignis</i> Gurney, 1927	257	201	134	11	33	22	99	78	61	21	55	63	45	53	72	7	8	13	17	38	45
	<i>Scottolana bulbosa</i> (Por, 1964)	55	33	11	3	2	5	45	66	54	11	24	43	62	77	68	17	22	28	23	33	53
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1	7	4	5	1	5	7	33	39	33	1	3	8	2	3	11				7	11	19
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i> (Por, 1964)	12	21	8	7	3	6	24	28	18	1	5	15	7	4	13	3	6	11	2	5	12
	<i>Halectinosoma diops</i> (Por, 1964)																	1	2			
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1	1	4	2	1		2	11	7	4				7	9	11				2	4	11
	<i>Halectinosoma</i> sp.2	3	2	1																5	11	14
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1	1	6	2	2	5	3	22	12	17				34	23	32	33	38	58	4	7	10
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2													12	7	4						
	<i>Specimens not identified</i>				1	1								1								1
	<i>Teissierella salammboi</i> Monard, 1935										1	4	8									
<b>CYCLOPOIDA</b>																						
	<i>Oithona</i> sp.																1	1				
	<i>Cyclopina</i> sp.										3	3	2	6	5	1						
	<i>Euryte</i> sp.								2	5												
<b>Cumacea</b>																						
	<i>Bodotria gibba</i>	9	12	1		1		1			1	3	7									
	<i>Bodotria pulchella</i>	7	10	1				1	1		1	7	11									
	<i>Eocuma rosae</i>																					
	<i>Iphinoe douniae</i>														1							
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	9	57	2		3		1	3	1	6	53	39		1							
	<i>Scherocumella gurneyi</i>																					
<b>Tanaidacea</b>																						
	<i>Apseudopsis mediterraneus</i>							30	22	42				24	8	11	47	37	79	50	128	62
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>				1											4						
	<i>Leptocheilia tanykeraia</i>		1																			
	<i>Tanaissus microthymus</i>		1		42	26	15	146	77	198				75	75	105	114	96	180	91	43	100
	<i>Specimens not identified</i>																			1		
<b>Decapoda</b>																						
	<i>Albunea carabus</i>				1																	
	<i>Alpheus</i>																					
	<i>Calianassa tyrrhena</i>																			1	1	
	<i>Diogenes pugilator</i>	3	3	1		2		1	4	5	1			12	12	15	9	5	2		3	1
	<i>Eucrate crenata</i>																					
	<i>macrophthalmus graeffei</i>			1																		

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	M23.	M23.	M23.	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	
<b>Copepoda</b>																				
	<i>Longipedia coronata</i> Claus, 1863	22	16	28	12	22	17	5	2	3	11	9	11	7	17	21	27	31	44	
	<i>Canuella</i> aff. <i>furcigera</i> Sars, 1903							2		3	1	2	4	5	13	27	6	11	23	
	<i>Canuella</i> aff. <i>perplexa</i> Scott & Scott, 1893	23	29	33	22	42	35	27	15	19	23	11	7	6	14	23	22	18	35	
	<i>Canuellina insignis</i> Gurney, 1927	11	15	21	29	39	34	10	6	7	21	14	13	61	98	145	67	77	98	
	<i>Scottolana bulbosa</i> (Por, 1964)	13	16	22	23	45	40	5	2	6	89	34	29	4	7	10	12	15	19	
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1	1	3	4	11	48	38	3	2	1	3			4	8	6	1			
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i> (Por, 1964)	2	1	2	1												11	5	15	
	<i>Halectinosoma diops</i> (Por, 1964)																			
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1				6	13	16													
	<i>Halectinosoma</i> sp. 2																			
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1																			
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2							1									23	19	33	
	<i>Specimens not identified</i>		2																	
	<i>Teissierella salammboi</i> Monard, 1935				3	11	7							7	11	23				
<b>CYCLOPOIDA</b>																				
	<i>Oithona</i> sp.				2	5	6													
	<i>Cyclopina</i> sp.										11	6	13	6	8	11				
	<i>Euryte</i> sp.				3	5	3													
<b>Cumacea</b>																				
	<i>Bodotria gibba</i>				1		2				1									
	<i>Bodotria pulchella</i>				3	4	6													
	<i>Eocuma rosae</i>				1	2	3				2	6	4							
	<i>Iphinoe douniae</i>																			
	<i>Pseudocuma longicorne</i>				1	7	7													
	<i>Scherocumella gurneyi</i>					1	1				1									
<b>Tanaidacea</b>																				
	<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	4	10	4	22	35	57	6		9							77	51	134	
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>	1								1	1096	936	1128							
	<i>Leptochelia tanykeraia</i>																			
	<i>Tanaissus microthymus</i>	76	19	135	1			75	48	47						2	578	259	367	
	<i>Specimens not identified</i>												1							
<b>Decapoda</b>																				
	<i>Albunea carabus</i>																			
	<i>Alpheus</i>										3	2	1							
	<i>Calianassa tyrrhena</i>																			
	<i>Diogenes pugilator</i>	1	1	3	6	5	9	1	1	1				4	4	4	4	2	2	
	<i>Eucrate crenata</i>										6	4								
	<i>macrophthalmus graeffei</i>																			

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	2	4	2		4	9	2	2	2			1	2	3	1	2		1	1	1	1
	penaeid juv.			1						1				1					1			
	<i>Philocheras monacanthus</i>			1												1		1				
	<i>Processa canaliculata</i>						1															
	<i>Upogebia tipica</i>																					
	<i>Trachysalambria palaestinensis</i>																					1
	Lucifer sp.									1												
	<b>Stomatopoda</b>																					
	<i>Erugosquilla massavensis</i>																					
Mollusca	<i>Acanthocardia tuberculata</i>										1											
	<i>Acteocina mucronata</i>				7	2	6		1					2		1		1	6	1	1	4
	<i>Ammonicera fischeriana</i>											1										
	<i>Bella brachistoma</i>																					
	<i>Bela</i> sp.										1		1									
	<i>Bittium latreillii</i>		3										7									2
	<i>Cerithidium parparvulum</i>																					
	<i>Cerithidium submamillarum</i>			3																		
	<i>Chrysallida limitum</i>												1									
	<i>Chrysallida maiae</i>	1																				
	<i>Chrysallida obtusa</i>																				1	1
	<i>Corbula gibba</i>																					
	<i>Crisilla semistriata</i>		1																			
	<i>Cylichna umbilicata</i>												1									
	<i>Diplodonta bogii</i>		1							1	4	3	1				1			1	2	4
	<i>Donax semistriatus</i>						1	1	2		1	3										
	<i>Dosinia lupinus</i>	32	32	29	9	4		2	1	2	64	136	114	1				1				
	<i>Finella pupoides</i>																				1	
	<i>Fulvia fragilis</i>																					
	<i>Glycymeris glycymeris</i>																				1	
	<i>Hemilepton nitidum</i>																					
	<i>Hiatella arctica</i>																					
	<i>Hydrobia acuta</i>			2									1									
	<i>Leucotina natalensis</i>	1						2	2	1	3	2									1	
	<i>Loripes lucinalis</i>	5	5	6		4	3	2	2	3	6	12	3	1	2	4	2	4	2	6	13	19
	<i>Mactra stultorum</i>	41	24	31		1				77	39	1	4	2	36	11	11	18	25	115	29	74
	<i>Mactra olorina</i>											1										
	<i>Manzonia crassa</i>			1							1											
	<i>Modiolula phaseolina</i>																					

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	M23.	M23.	M23.	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	1		3			1	2	1	4						1	3		
	penaeid juv.																		
	<i>Philocheras monacanthus</i>																		
	<i>Processa canaliculata</i>					1													
	<i>Upogebia tipica</i>										1								
	<i>Trachysalambria palaestinensis</i>																		
	Lucifer sp.																		
	<b>Stomatopoda</b>																		
	<i>Erugosquilla massavensis</i>										1								
Mollusca	<i>Acanthocardia tuberculata</i>																		
	<i>Acteocina mucronata</i>	1								5		1							1
	<i>Ammonicera fischeriana</i>																		
	<i>Bella brachistoma</i>												1						
	<i>Bela</i> sp.																		
	<i>Bittium latreillii</i>					1													
	<i>Cerithidium perparvulum</i>										6	5	32						
	<i>Cerithidium submamillarum</i>																		
	<i>Chrysallida limitum</i>			1		1													
	<i>Chrysallida maiae</i>										1	1	1						
	<i>Chrysallida obtusa</i>	1		1	2	4	16												
	<i>Corbula gibba</i>										1	2	2						
	<i>Crisilla semistriata</i>																		
	<i>Cylichna umbilicata</i>																		
	<i>Diplodonta bogii</i>					2	3	1		1	9	11	21						
	<i>Donax semistriatus</i>			2			11	2		3				16	45	36			
	<i>Dosinia lupinus</i>				255	310	520					6	29						
	<i>Finella pupoides</i>				8	25	66					3	9						
	<i>Fulvia fragilis</i>						3				16	13	14						
	<i>Glycymeris glycymeris</i>	3																	
	<i>Hemilepton nitidum</i>										5	10							
	<i>Hiatella arctica</i>																	1	
	<i>Hydrobia acuta</i>											1							
	<i>Leucotina natalensis</i>				2	1													
	<i>Loripes lucinalis</i>	4	1	6	16	34	49	11	12	4		6	5				2	1	4
	<i>Mactra stultorum</i>	65	21	91	29	36	145	14	5	62				345	1600	4200	125	37	
	<i>Mactra olorina</i>																		
	<i>Manzonia crassa</i>																		
	<i>Modiolula phaseolina</i>										1			1					



Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
	<i>Nassarius gibbosulus</i>																	2	1			
	<i>Neverita josephina</i>																					
	<i>Odostmia acuta</i>																					
	<i>Pandora inaequalvis</i>																					
	<i>Pusillina marginina</i>		1																			
	<i>Pusillina philippi</i>		3								5	3	11									
	<i>Retusa desgenettii</i>	18	12	4																		
	<i>Retusa fourieri</i>																					
	<i>Ringicula conformis</i>																					
	<i>Rinoclavis kochi</i>																					
	<i>Rissoa guerini</i>	3	2	9								2										4
	<i>Rissoa similis</i>	3																				
	<i>Rissoa</i> sp.																					1
	<i>Setia turriculata</i>										1											
	<i>Smaragdia viridis</i>																					
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>																					
	<i>Striarca lactea</i>																					
	<i>Strombus decorus</i>																					
	<i>Strombus persicus</i>																	2	2			1
	<i>Syrnola fasciata</i>																					
	<i>Tellimya ferruginosa</i>															3						
	<i>Tellina fabula</i>											2	1	4		2	2	2	1			
	<i>Tellina planata</i>		4	2						1		4										
	<i>Theora lubrica</i>																					
	<i>Thracia papyracea</i>				8		2	2	7	5	1	2	4	2	6	2						1
	<i>Turbonilla rufa</i>																				1	
	<i>Volvula acuminata</i>																					1
Echinodermata	<i>Echinocardium cordatum</i>			1	1		1				3	4		2		6		1		1		
Isopoda																						
Phoronida																						

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	M23.	M23.	M23.	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
	<i>Nassarius gibbosulus</i>																		
	<i>Neverita josephina</i>			1			2												1
	<i>Odostmia acuta</i>						1												
	<i>Pandora inaequalvis</i>						1												
	<i>Pusillina marginia</i>																		
	<i>Pusillina philippi</i>																		
	<b><i>Retusa desgenettii</i></b>				13	11	18				20	16	38						
	<b><i>Retusa fourieri</i></b>										5	10	10						
	<i>Ringicula conformis</i>				1														
	<b><i>Rinoclavis kochi</i></b>					7	7												
	<i>Rissoa guerini</i>																		
	<i>Rissoa similis</i>																		
	<i>Rissoa</i> sp.		1						2										
	<i>Setia turriculata</i>																		
	<i>Smaragdia viridis</i>			4	1														
	<b><i>Sticteulima lentiginosa</i></b>											1							
	<i>Striarca lactea</i>										1	2							
	<i>Strombus decorus</i>	2	2	2															
	<b><i>Strombus persicus</i></b>	2	2	3			3		1										
	<b><i>Syrnola fasciata</i></b>										10	3	5						
	<i>Tellimya ferruginosa</i>																		
	<i>Tellina fabula</i>		1		8	5	13										1	2	
	<i>Tellina planata</i>				2		5		1									1	
	<b><i>Theora lubrica</i></b>										1	1	2						
	<i>Thracia papyracea</i>				4	4	8			3			2				2	7	1
	<i>Turbonilla rufa</i>																		
	<i>Volvula acuminata</i>																		
Echinodermata	<i>Echinocardium cordatum</i>	6	3	3					1	3							5		
Isopoda							3				1								
Phoronida						1	2090												

## נספח 7: מילון מונחים מקצועיים

**אנתרופוגני** - נובע מפעילות אנושית.

**הגבה - pH** - מדד לחומציות/בסיסיות של המים שערכיו בתחום 0 - 14 (מוגדר כלוגריתם של אחד חלקי ריכוז יוני המימן בתמיסה המבוטא במולים). הערך 7 מציין תמיסה ניטרלית; ערכים קטנים יותר מאפיינים תמיסות חומציות, וערכים גדולים יותר מאפיינים תמיסות בסיסיות.

**ויטלוגנין** - גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חומרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערבים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

**זיהום הסביבה הימית** - ההגדרה המקובלת (בין היתר באמנת ברצלונה) היא: החדרה ע"י האדם, ישירות או בעקיפין, של חומר או אנרגיה לסביבה הימית, כולל שפכי נהרות, הגורמת או עלולה לגרום להשפעות מזיקות, כגון נזק למשאבי החי, סיכונים לבריאות האדם, הפרעה לפעילויות ימיות כולל דיג, פגיעה באיכות מי הים לשימושים שונים והפחתת ההנאה ממשאבי הים. עפ"י הגדרה זו המונח "זיהום" (Pollution) מתייחס רק לחומרים אנתרופוגניים הגורמים לנזקים סביבתיים. בדוח זה נעשה שימוש גם במונח "העשרה" (מקביל למינוח האנגלי Contamination), אשר מתייחס לשינוי הריכוז הטבעי של חומר מסוים בסביבה הימית כתוצאה מתוספת אנתרופוגנית, כאשר דרגת השינוי לא בהכרח עלולה לגרום לנזקים סביבתיים.

**חומר מרחף** - חלקיקים ממקורות טבעיים (כגון סחף) או ממקורות אנתרופוגניים (כגון שפכים) המרחפים בגוף המים בים או בנחלים.

**כוריוגנין** - גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חומרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערבים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק.

**כלורופיל a** - פיגמנט המצוי בצמחים ובאצות (פיטופלנקטון). מדידת ריכוז הכלורופיל במים משמשת כאינדיקציה לכמות הפיטופלנקטון.

**מטלותיונין** - גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר מתכות כבדות דו-ערכיות, חלקן רעילות. נבדק ברמת התעתיק. עוצמת ההשפעה היחסית של מתכות על התבטאות הגן היא  $Cd > Zn > Cu > Ag > Hg$ .

**מיקרואצות** - אצות מיקרוסקופיות (שאינן נראות בעין) מתחלקות לכמה קבוצות גודל. בדוח זה החלוקה היא: **פיקופלנקטון** - אצות בגודל של עד 5 מיקרון; **מיקרופלנקטון (כולל נופלנקטון)** - אצות גדולות מ-5 מיקרון.

**מיקרומזהמים אורגניים** - בדוח זה הכוונה לתרכובות אורגניות הכלולות ברשימת המזהמים הראשיים של הסוכנות להגנה על הסביבה בארה"ב (USEPA, priority pollutants list) עקב פוטנציאל להשפעות סביבתיות מזיקות.

**מתכות כבדות** - ככלל, המונח "מתכות כבדות" מתייחס למתכות שמשקלן האטומי גדול מזה של נתרן (22.9). בדוח זה המונח מתייחס למתכות כספית (Hg), קדמיום (Cd), נחושת (Cu), אבץ (Zn), עופרת (Pb), כרום (Cr), ניקל (Ni), מנגן (Mn) וברזל (Fe). מתכות אלה, למעט ברזל, נוכחות במרכיבי הסביבה הימית (מים, חלקיקים, סדימנטים, בעלי חיים) בד"כ בריכוזים קטנים (פחות מ-1000 חלקים למליון), ולכן לעיתים משתמשים לגביהן במונח "מתכות קורט". מתכות אלה נוכחות בסביבה הימית הן באופן טבעי והן ממקורות אנתרופוגניים; חלקן, כגון כספית וקדמיום, רעילות במיוחד בריכוזים ובתנאים מסוימים, ואחרות עלולות להיות רעילות בתנאים מסוימים.

**נוטריאנטים** - תרכובות זמינות ביולוגית של חנקן, זרחן וצורן (פוספאט, ניטראט ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית) המשמשות כחומרי דשן להתפתחות אצות. הנוטריאנטים מצויים באופן טבעי בסביבה הימית. עודפי נוטריאנטים אנתרופוגניים עלולים לגרום לפריחת מסיביות של אצות ולהגברה של פעילותן.

**ניטור** - מדידה תקופתית של אותם משתנים (פרמטרים).

**סמן ביולוגי (biomarker)** - פרמטר ביולוגי מדיד באורגניזם המעיד על פעילות או על השפעה ביולוגית. בהקשר של דוח זה, תעתיק או חלבון שרמתם משתנה בהשפעת מזהמים סביבתיים.

**סדימנטים** (משקעי קרקעית) - חומר חלקיקי המונח על קרקעית הים או קרקעית נחל.

**פלנקטון** - צורות חיים מיקרוסקופיות המרחפות במים. הפלנקטון כולל **פיטופלנקטון** (אצות פלנקטוניות) וזואופלנקטון (בע"ח פלנקטוניים).

**ציטוכרום P4501A** - גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר קבוצות של מזהמים אורגניים, כמו PCBs, PAHs. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

**קריטריונים לאיכות סדימנטים** - הערכת רמת הזיהום של סדימנטים במתכות כבדות ובמזהמים אורגניים בדוח זה מבוססת על הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) המבוסס על Long et al. (1995). קריטריונים אלה מתייחסים לרמות זיהום העלולות לגרום להשפעות מזיקות על החי הימי ומגדירים שתי רמות זיהום: ERL - ריכוזי חומרים שמתחת להם השפעות מזיקות צפויות רק לעיתים נדירות; ERM - ריכוזי חומרים שמעל להם השפעות מזיקות צפויות לעיתים קרובות. קריטריונים אלה אומצו לצורך הערכת הממצאים של תכניות ניטור בארה"ב ובהרבה מדינות אחרות.

ערכי ERL ו-ERM מפורטים להלן. בדוח זה ריכוזי מתכות הקרובים לערכי ERM או עולים עליהם צוינו כמייצגים "רמת זיהום גבוהה". ריכוזים בתחום שבין ERL ל-ERM צוינו כ"רמת זיהום בינונית".

	<u>ERL</u>	<u>ERM</u>
<u>מתכת</u>	<u>מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש</u>	
כספית	0.15	0.71
קדמיום	1.2	9.6
כרום	81	370
נחושת	34	270
עופרת	47	220
ניקל	21	52
אבץ	150	410

<u>מזהם אורגני</u>	<u>ננוגרם/גרם סדימנט יבש</u>	
DDT (DDE כולל)	1.6	46
PCB`s	23	180
PAH`s	4000	45,000

**קריטריונים לאיכות מי הנחלים** - הערכת רמת הזיהום של מי נחלי החוף בנוטריאנטים בדוח זה מבוססת על הקריטריונים של NOAA לאיכות המים בשפכי נהרות המפורטים להלן:

	רמת זיהום		
	גבוהה	בינונית	נמוכה
כלורופיל (מיקרוגרם/ליטר)	>60	60-20	5-0
חנקן מומס כללי (מיקרומול/ליטר)	>70	70-7	<7
זרחן מומס כללי (מיקרומול/ליטר)	>3	3-0.3	<0.3

חמצן מומס :  $0 < \text{hypoxia} < 2 \text{ mg/l}$   
 $\text{anoxia} = 0 \text{ mg/l}$   
 $2 < \text{biological stress} < 5 \text{ mg/l}$

**תקן לאיכות מי-ים** - המלצות לתקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל שפורסמו ע"י המשרד לאיכות הסביבה ביוני 2002. התקנים מתייחסים לריכוזי מתכות כבדות ומזהמים שונים, אולם לא כוללים נוטריאנטים.

**TBT (Tributyltin)** - תרכובת אורגנית של בדיל בעלת רעילות גבוהה, אשר משמשת כתוסף לצבעים של כלי שיט ומתקנים ימיים לשם מניעת צימדה (antifouling). TBT משתחרר באיטיות מהצבע אל מי הים, ובעת שהותו במים או בקרקעית הים יכול להתפרק בתהליכים כימיים וביולוגיים לתרכובות פחות רעילות ובלתי יציבות, תחילה DBT (Dibutyltin) ובהמשך MBT (Monobutyltin). ל-TBT המשתחרר אל מי הים יש נטייה חזקה להיצמד לחלקיקים וליצורים

המרחפים בגוף המים ולחלקיקים על פני הקרקעית, וכתוצאה מכך הוא מצטבר בסדימנטים. יצורים חיים יכולים לקלוט TBT הן בבליעה של מזון וחלקיקים והן בספיגה ישירה מהמים. כתוצאה מתהליכים אלה החומר יכול להצטבר ברקמות של בעלי חיים, לעבור הלאה בשרשרת המזון ולהגיע גם לדגים, יונקים ימיים וציפורי ים. עקב הרעילות הרבה והכמעט אוניברסלית של TBT, כבר בריכוזים זעירים של כמה ננוגרמים לליטר, ההשפעות הביולוגיות של החומר בסביבה הימית מגוונות ביותר, מפגיעות ביוכימיות, פיסיולוגיות ותמותה ביצורים בודדים ועד להכחדת אוכלוסיות. אחד הנזקים הבולטים של TBT הוא תופעת האימפוסקס (imposex) בחלזונות ימיים – הופעת מאפיינים זכריים (כולל אבר מין זכרי) בנקבות ואובדן הפוריות.

**גן** – מקטע של חומצת הגרעין דנ"א המקדד בעזרת הצופן הגנטי את האינפורמציה ליצור של חלבון ספציפי. בדגים נמצא בגרעין התא.

**תעתיק** – מקטע של חומצת הגרעין רנ"א, מועתק מגן בתהליך הנקרא תיעתוק ומכיל את האינפורמציה ליצור של חלבון ספציפי שהייתה בגן אשר שימש כתבנית. תפקידו הוא להעביר את האינפורמציה הגנטית מן הגרעין לאתר ייצור החלבון.

**סמן ביולוגי (biomarker)** – פרמטר ביולוגי מדיד באורגניזם המעיד על פעילות או על השפעה ביולוגית. בהקשר לדו"ח זה, תעתיק או חלבון שרמתם משתנה בהשפעת מזהמים סביבתיים.

**מטלותיונין** – גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר מתכות כבדות דו ערכיות, חלקן רעילות. נבדק ברמת התעתיק. עוצמת ההשפעה היחסית של מתכות על התבטאות הגן היא  $Cd > Zn > Cu > Ag > Hg$ .

**ציטוכרום P4501A** – גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר קבוצות של מזהמים אורגניים כמו PCBs, PAHs. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

**כוריוגנין** – גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חמרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערבים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק.

**בטא-אקטין** – גן המקדד לחלבון המהווה חלק משלד התא ומופיע ב"כ בכמויות קבועות בתא החי. משמש כגורם נירמול.

**Real time PCR** – שיטה למדידת רמת תעתיק ספציפי בתוך תערובת של תעתיקים.

**שישן משורטט** – (*Lithognathus mormyrus*) דג קרקעי חופי החי על מצע חולי או חולי-בוצי. משתייך למשפחת הספרוסיים (Sparidae) ותפוצתו רחבה וכוללת את כל הים התיכון ואת האוקיינוס האטלנטי המזרחי. השישן נמצא באיזורים נקיים ומזוהמים של החוף הישראלי, זמין לדיגום כל השנה וקל לאחזקה בשבי ולמניפולציות ניסוייות. לשישן מגע עם כל מרכיבי סביבתו הטבעית, גוף המים וקרקעית. השישן הוא טורף הניזון מבעלי חיים הנמצאים על ובתוך המצע הרך וכמו חברים אחרים במשפחתו, הספרוסיים הוא משנה את זוויגו במהלך חייו, מתחיל מזכר והופך לנקבה. לא ניתן לאפיין את זוויג השישן בהסתכלות חיצונית. הגונדות עוזרות באיבחון הזוויג רק כאשר הן מתפתחות. גונדות בלתי מפותחות מכילות מרכיב של אשך ושחלה בזכרים ונקבות כאחד. הקייץ היא עונת הרבייה שלו בים התיכון.