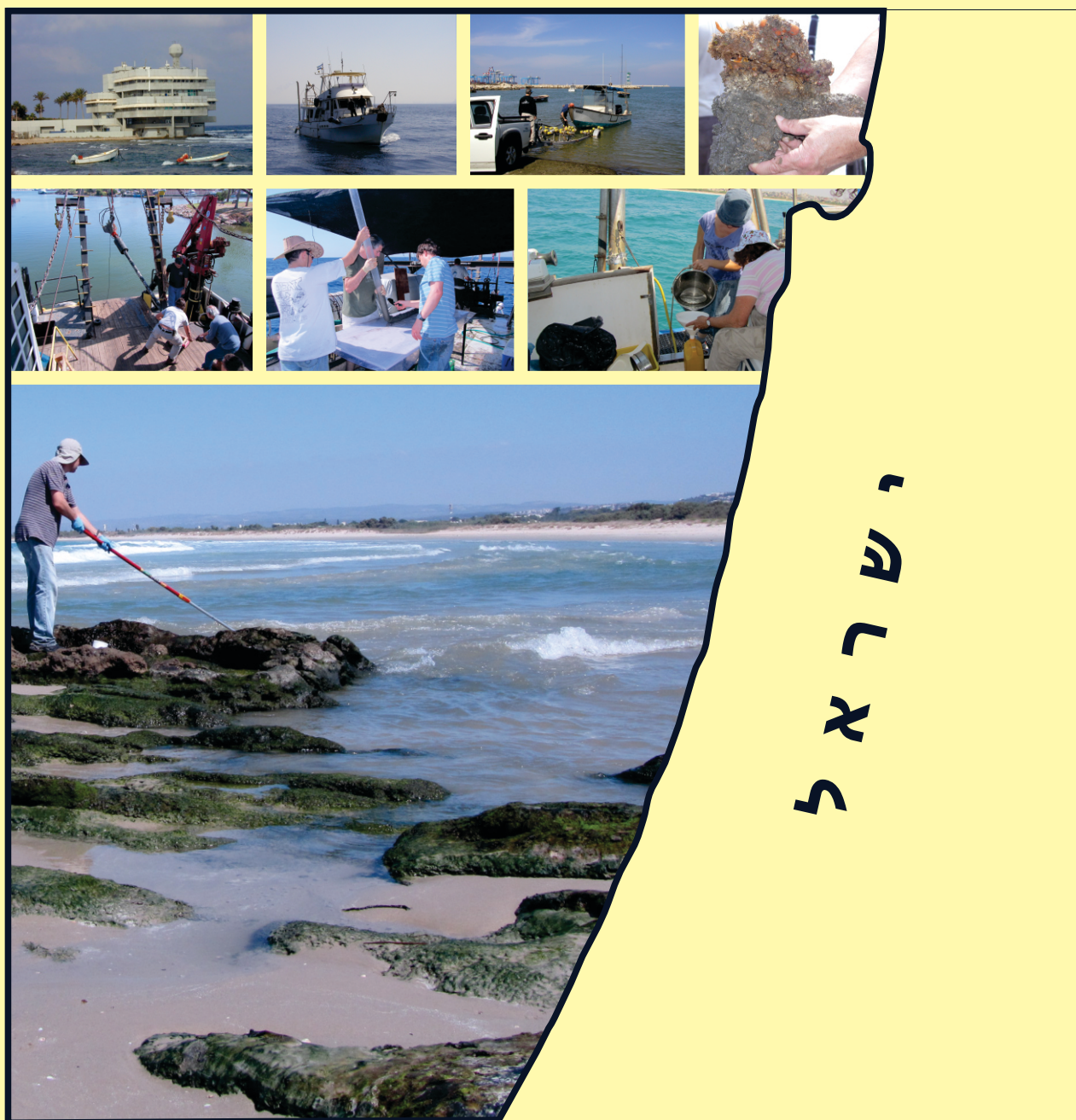


התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון דו"ח מדעי לשנת 2011





התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון – דו"ח מדעי לשנת 2011 דו"ח חיא"ל H78/2012

עורך הדו"ח ומנהל מדעי של תכנית הניטור – פרופ' ברק חרות

חוקרים שותפים:

ד"ר עדנה שפר, נורית גורדון, ד"ר בלה גליל, ד"ר הדס לובינסקי, ד"ר גדעון טיבור, ד"ר משה תום, ד"ר גיל רילוב, ד"ר אלוארו ישראל, ד"ר ג'ק סילברמן, פרופ' בוקי רינקביץ

צוות הניטור:

דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים: ירון גרטנר
כימיה: אביב שכנאי, ד"ר יעל סגל, רחלי גל, מאיה מוריס, רון פאר, ד"ר אפרת שהם-פריד
חי הקרקעית: אה מרחי, מרואה בולוס
חישה מרחוק: ד"ר גדעון טיבור, לנא אשקר, יבגניה קריבנקו
השפעות ביולוגיות: ד"ר יאנה יודקובסקי
אקולוגיה של החוף הרדוד (אופציונאלי): ד"ר גיל רילוב, אוהד פלג, אדם קונסטנטינובסקי,
אודי ארקין, אני ויצ'יק, יריב מילר
בסיסי נתונים: ד"ר איסק גרטמן, יבגניה קריבנקו
צוות ים: גדעון עמית, אייל חנני, ארז חגי

עזרה בדיגום משקעים אטמוספיריים: איגודי ערים לשמירת איכות הסביבה שרון כרמל.

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

דצמבר 2012

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

שם הדו"ח לצורך ציטוט בעברית/אנגלית:

חרות ב', שפר ע', גורדון נ', גליל ב', טיבור ג', תום מ', רילוב ג' וסילברמן ג' (2012). התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון – דו"ח מדעי לשנת 2011, דו"ח חיא"ל H78/2012.

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B., Tibor G., Tom M., Rilov G. and Silverman J. (2012). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2011, IOLR Report H78/2012.

תוכן

עמוד

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- 1-א • מבוא
- 4-א • סיכום הממצאים העיקריים
- 12-א • מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף
- 17-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)
- 25-ב • מתכות במשקעים אטמוספיריים
- 26-ב • נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים
- 26-ב • נוטריאנטים בנחלי החוף
- 30-ב • הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין
- 33-ב • נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין
- 42-ב • אוכלוסיות חי הקרקעית
- 44-ב • פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי
- 49-ב • פיילוט הקמת מרכז מידע על המגוון הביולוגי – barcoding
- 51-ב • רשימת ספרות

חלק ג - איורים וטבלאות

- נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2011
- 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 2011
- נספח 6 - הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011
- נספח 7 - מילון מונחים מקצועיים

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

מבוא

דו"ח זה מציג מידע על איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2011, על סמך התוצאות של ניטור זיהום הים ומקורותיו ושל מחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל". הדו"ח 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 בדו"ח 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 בדו"ח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).

הדו"ח 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 2011. נספח 7 מבהיר מונחים מקצועיים שנעשה בהם שימוש בגוף הדו"ח.

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).

כמו כן, החלה פעילות של הקמה ופיתוח של המרכז התשתיתי המדעי לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל, כחלק מפרויקט הברקודינג העולמי. מחקר זה נעשה על-ידי חקר ימים ואגמים לישראל ונעזר בטקסונומים מובילים בתחום. הקמת המרכז התשתיתי נעזרת בשני האוספים הלאומיים הביולוגיים המצויים באוניברסיטת תל-אביב

ובאוניברסיטה העברית (בהם יאוכסנו כל החיות עליהן נעשה המחקר) ובתשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי בחיא"ל), שבו יאוכסנו, יוצגו ויופצו תוצאות המחקר.

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.

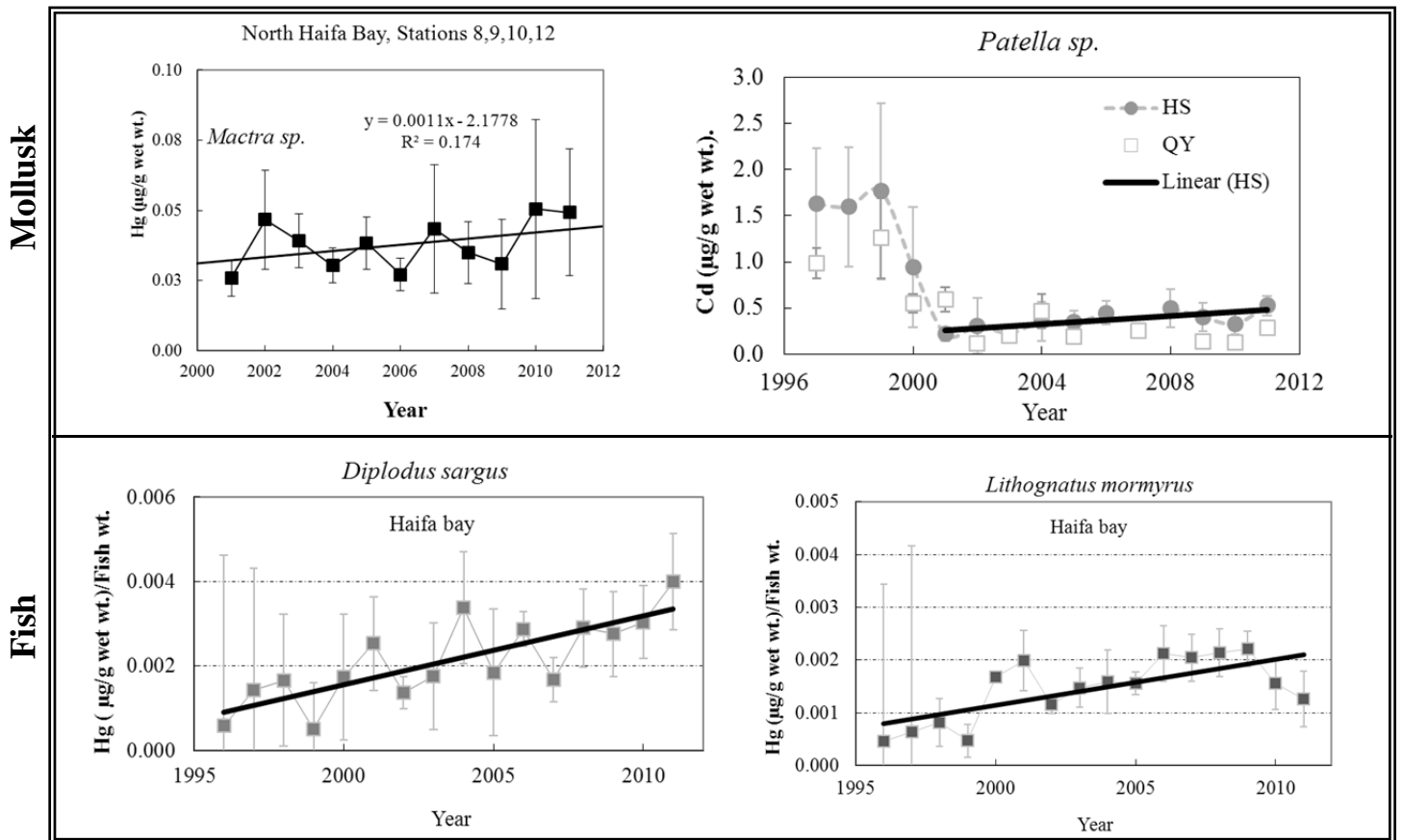
הרחבת תכנית ניטור תכלול:

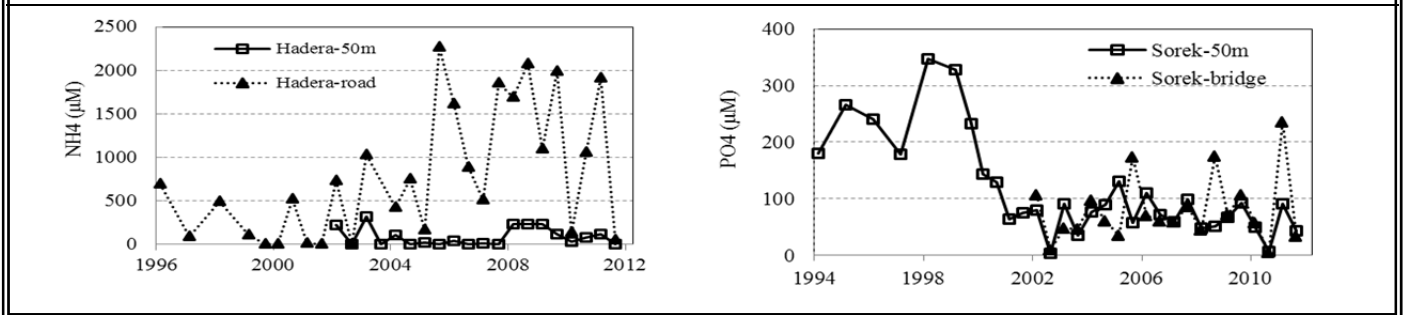
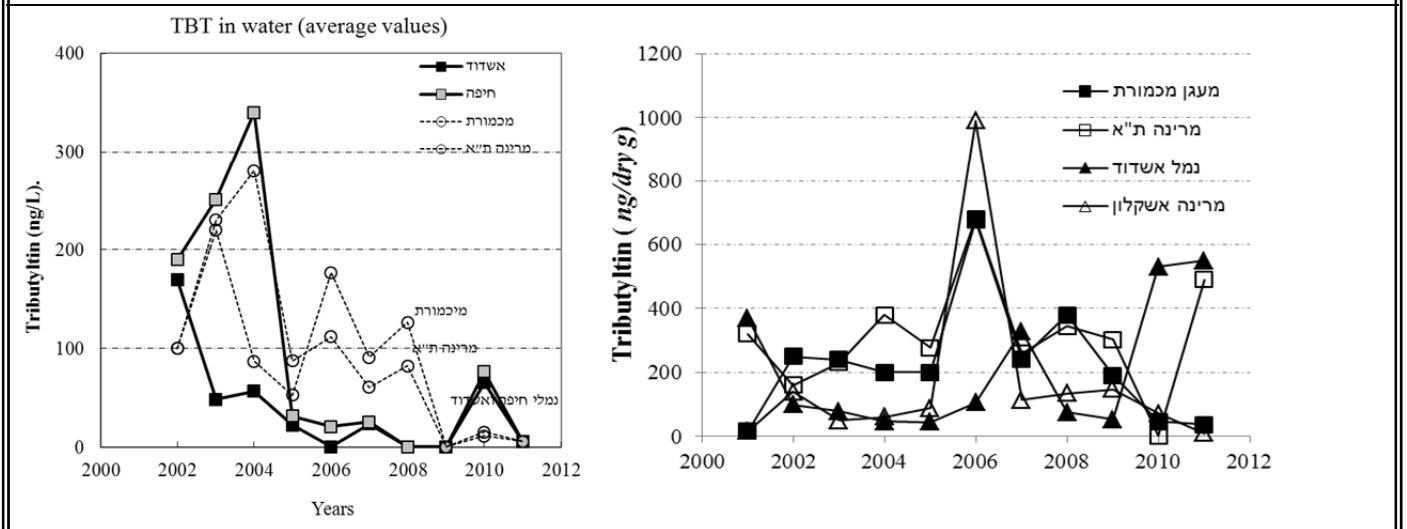
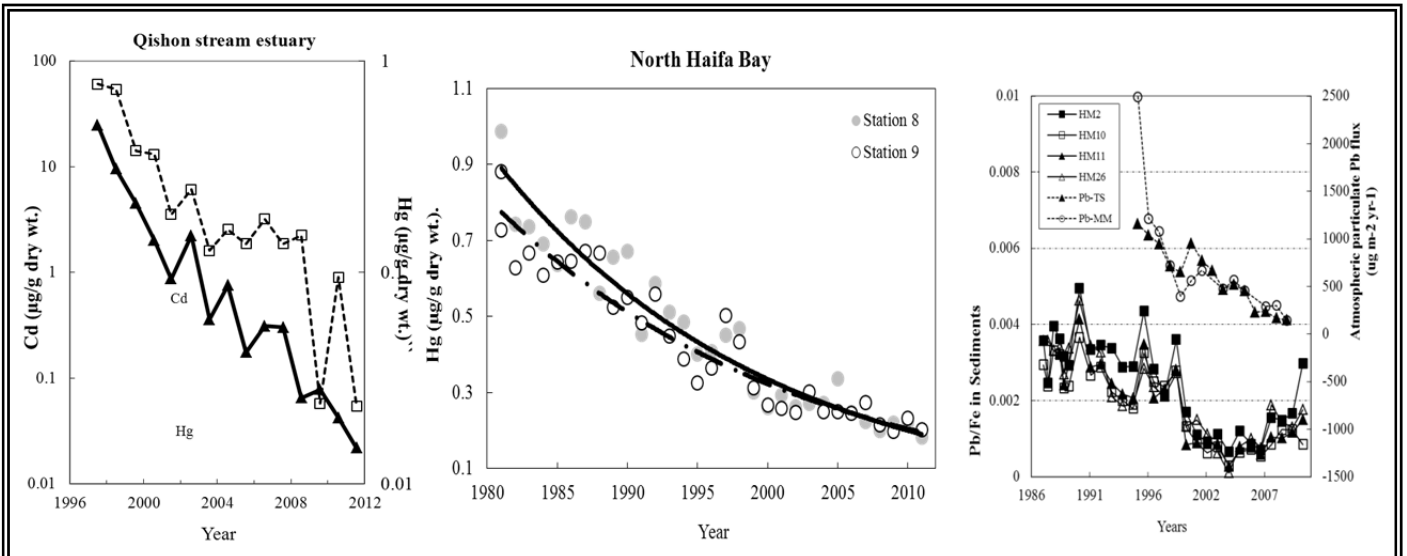
1. ניטור זיהום הים והחופים (פרמטרים כימיים, סמנים ביולוגיים, בריאות הציבור);
2. ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים);
3. ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק);
4. ניטור השלכות שינויי אקלים (מפלס ים, החמצה/טמפ' מליחות, מינים פולשים).

סיכום הממצאים העיקריים

בדו"ח מוצגת תמונת מצב (2011) 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 (למשל כספית בדגים ורכיכות במפרץ חיפה).

האיור שלהלן מציג את עיקר המגמות בזמן של מספר מזהמים.





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 שאמנם רמת הזיהום ב-TBT במי נמלים ככל הנראה קטנה, אך לא בקרקעית, ואת מגמת העלייה של ריכוזי הכספית בצפון מפרץ חיפה הן ברכיכות והן בדגי מאכל. גם ב-2011 נמצאה חריגה מהקו המנחה של שירות המזון הארצי (או מתקנים מקובלים במדינות אחרות) לריכוז כספית, בכ-7% 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 אולם במגמת שיפור מאז שנות ה-90.

סיכום ממצאי הדו"ח מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלת איכות מימי החופין בשנת 2011 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 2011 ומגמות בעשור האחרון

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
<p>↓</p> <p>↔</p> <p>פחת הזיהום בכספית עד העשור הקודם. בעשור האחרון מסתמנת התייצבות או ירידה כתוצאה מפעילות חפירה.</p>	<p>מפרץ חיפה: ☹️ רמת זיהום בינונית של כספית בצפון המפרץ ובינונית-קטנה בשפך הקישון.</p> <p>אין שינוי משמעותי ברמות הכספית בשפך נחל הקישון לעומת 2010 נעשתה חפירת העמקה באזור.</p>	<p>מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)</p>
<p>↔</p> <p>פחתו ריכוזי העופרת. בשנים האחרונות (מאז 2004) מסתמנת עלייה מסוימת. ירידה בריכוזי</p>	<p>😊 ריכוזים קטנים יחסית של מתכות כבדות אחרות.</p> <p>נחלים: ☹️ רמת זיהום גבוהה של ניקל</p>	

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
<p>↓</p> <p>↔</p> <p>↔</p> <p>↑</p> <p>↓</p> <p>↓</p> <p>↑</p>	<p>הקדמיום בדרום המפרץ.</p> <p>פחת הזיהום בשפך הקישון. ב-6 שנים אחרונות ריכוזי הקדמיום ממשיכים לפחות.</p> <p>אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים.</p> <p>אין מגמה ברורה במוצא שפד"ן; קיימות תנודות עונתיות ברמת הזיהום כתוצאה מפיזור הבוצה בד"כ בעונת החורף במרחב משתנה.</p> <p>נמל חיפה: תיתכן מגמת עלייה של כספית בנמל חיפה. שינויים בריכוזי שאר המתכות ללא מגמה ברורה.</p> <p>נמל אשדוד: הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית.</p> <p>מעגנות: אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במעגן חדרה ומרינה ת"א.</p>	<p>בנחל נעמן. רמת זיהום בינונית בכספית בנחל נעמן וקישון; רמת זיהום בינונית בנחושת בנחלים קישון, נעמן, חדרה, בצת ושורק; רמת זיהום בינונית באבץ בנחלים נעמן, לכיש ושורק; רמת זיהום בינונית בכרום בנחלים נעמן, קישון, בצת ושורק; רמת זיהום בינונית בניקל בנחלים בצת, חדרה, אלכסנדר ושורק; רמת זיהום בינונית בעופרת בנחל לכיש.</p> <p>לאורך החוף: כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות:</p> <p>⊘ באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום גבוהה בכספית ואבץ; רמת זיהום בינונית בנחושת.</p> <p>באזור מוצא צינור אג"ן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד העשרה בכרום הן ממקור טבעי והן ממקור נוסף לא ברור.</p> <p>⊘ נמלים ומעגנות: רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה ומעגן עכו; רמת זיהום בינונית בקדמיום בנמל חיפה, בכרום בנמלים חיפה ואשדוד, מעגן חדרה ומרינה ת"א; בנחושת בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות עכו, ת"א, הרצליה וחדרה; באבץ בנמל חיפה ובמרינות עכו ות"א; בעופרת בנמלים חיפה ואשדוד ומעגנות ת"א ועכו; בניקל בנמלים חיפה, אשדוד ומעגנות אשכול, עכו, חדרה ות"א.</p>	
<p>↔</p> <p>↓</p>	<p>אין מגמה מובהקת</p> <p>ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000.</p>	<p>מפרץ חיפה, שפכי נחלים, לאורך החוף:</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>מתכות כבדות בחומר מרחף במים</p>

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
↑	<p>בדגים חופיים ממפרץ חיפה ריכוזי 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-18% מהדגים החופיים שנבדקו במפרץ חיפה נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל.</p> <p>ריכוזי קדמיום ועופרת קטנים מהקו המנחה של רשות המזון.</p> <p>נמצאו הבדלים בחלק מהמתכות בדגי המכמורת מאזורים שונים לאורך החוף.</p>	<p>מתכות כבדות בדגים</p>
↑	<p>ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 2002 החלה מגמת עלייה בריכוז הכספית בצדפות מאזור עכו.</p>	<p>מפרץ חיפה ועכו: 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>העשרה מסוימת בקדמיום בחלזונות ממפרץ חיפה (למעט קריית ים) יחסית לאזורים אחרים לאורך החוף.</p> <p>לאורך החוף (אתרים נבחרים): העשרה של כספית באזור חדרה ועופרת באזור עתלית ביחס לתחנות אחרות לאורך החוף (למעט מפרץ חיפה).</p>	<p>מתכות כבדות בבעלי חיים שוכני קרקעית</p>
↓	<p>ריכוזי הקדמיום והאבץ בחלזונות פחתו בשפך הקישון החל משנת 2000.</p>	<p>העשרה מסוימת בקדמיום בחלזונות ממפרץ חיפה (למעט קריית ים) יחסית לאזורים אחרים לאורך החוף.</p>	<p>מתכות כבדות באבק</p>
?	<p>ירידה בשטף האטמוספירי של עופרת, וב-6 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>	<p>מזהמים אורגניים בקרקעית</p>
	<p>רמות PCB קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2004 ודומות לשנים 2006-2011.</p>	<p>נמלים ומעגנות: זיהום משמעותי של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) ($ERL <$) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה ומרינה ת"א. ריכוזי PCBs מעל סף הגילוי נמצאו גם במעגנות אחרות,</p>	

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
		<p>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. נמצאו ריכוזים קטנים של מספר חומרים: החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate, שנמצא במספר תחנות ובמיוחד בנמל חיפה, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה: Benzo(b)fluoranthene, Fluoranthene, Pyrene, Phenanthrene.</p> <p>☹ זיהום גבוה ב-TBT ונגזרותיו (>100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה, אשדוד, מעגן עכו ומרינה ת"א.</p>	
↔	<p>לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2011.</p>	<p>נמלים ומעגנות: ברב 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. יחד עם זאת, בנמלי חיפה ואשדוד נמצאו ריכוזים ברורים של מזהמים שונים שככל הנראה קשורים לזיהומי דלק.</p> <p>ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (20 ng/L).</p> <p>☹ בנמל אשדוד, מעגן אשכול ומרינה אשדוד נמצא חומר ההדברה Atrazin. בעתלית ובמעגן חדרה נמצא החומר Simazin, ובמעגן עכו נמצא החומר Terbutryne, כולם בריכוזים קטנים יחסית.</p>	<p>מזהמים אורגניים במים</p>
↔	<p>אין מגמת ברורה בנמלים בשנים 2002 - 2011.</p>		

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
		ב-2011 גבול הגילוי האנליטי של TBT היה גדול מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד להגנת הסביבה. בכל התחנות הריכוזים היו מתחת לסף הגילוי הגבוה יחסית.	
↔	שטפי חנקן וזרחן 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 עד ל-2010.	☹ 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.	מפרץ חיפה : העשרה בקרבת החוף ומול שפך הקישון ועכו. לאורך החוף : השנה לא נצפית העשרה של סיליקה דרומית לאשקלון. כללית, הפחתה של ריכוזי הנוטריאנטים עם ההתרחקות מהחוף.	נוטריאנטים במימי החופין
?	הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז. בעשור הקודם נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. בשפך הקישון נצפו מספר אירועי פריחות.	מפרץ חיפה : ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף. ☹ כמויות גדולות במיוחד בשפך נחל הקישון. נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלים. לאורך החוף : ריכוזים גדולים יחסית במים רדודים (עד 10 מ') לעומת מים עמוקים יותר (30 מ'). בכל האזורים נמצאו סוגי אצות	נוכחות מיקרואצות

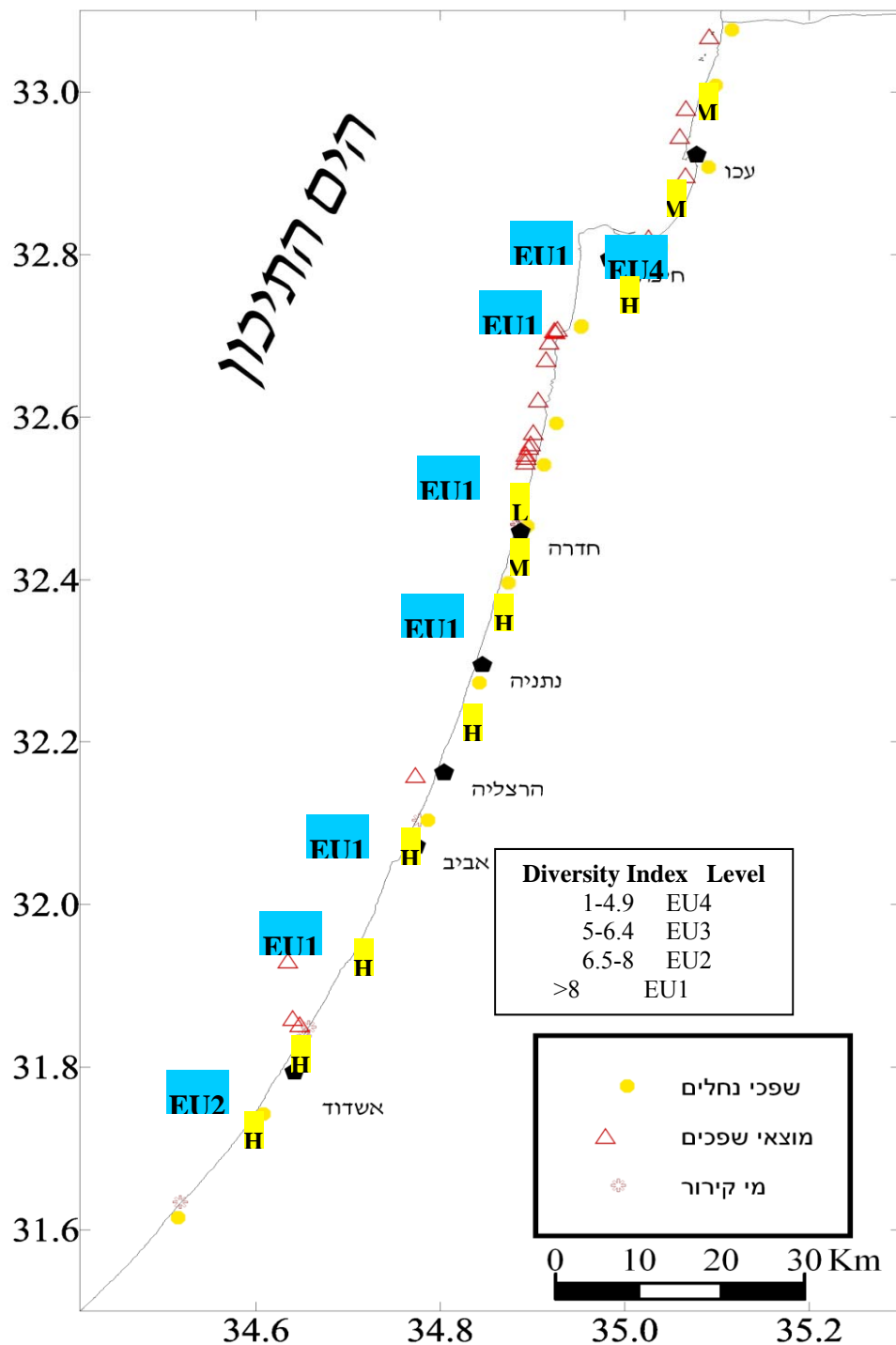
מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2011	סמן סביבתי
מהתפלגות ביומסה רב-שנתית (2001-2011) ממוצעת, נראה שהביומסה בתחנת הירקון היא הגבוהה ביותר, ובתחנת אלכסנדר הנמוכה ביותר. במרחק מהחוף (תחנות עמוקות) נראה שהביומסה הגדולה ביותר היא באזור אשקלון.	הכוללים מינים העלולים ליצור פריחות רעילות. אינדקס השונות הממוצע קטן במידה מסוימת בתחנות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2011, יחסית לתחנות הצפוניות יותר.	
הניטור החל ב-2005.	מפרץ חיפה : סימנים להעשרה אורגנית. לאורך החוף : סימנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן (בדו"ח נפרד) ואזור אשקלון ואשדוד.	הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית אנתרופוגנית)
הניטור החל ב-2005 (לא התקיים ניטור ב-2006).	ב- 2011 נמצא הבדל מובהק בהשפעת מזהמים אורגניים על דגים ממפרץ חיפה לעומת דגים מחוף דור/אשדוד. במפרץ חיפה נראה שיש גם סימנים להשפעה של מתכות כבדות. 😊 לא נמצאו השפעות של חומרים משבשי רבייה בדגים הן ממפרץ חיפה והן דרומית לו.	סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים: * מטלותיונין (מתכות כבדות) * ציטוכרום P4501A (חומרים אורגניים) * כוריוגנין וויטלוגנין (חומרים משבשי פעילות רבייה)

מקרא לסימונים בטבלה:

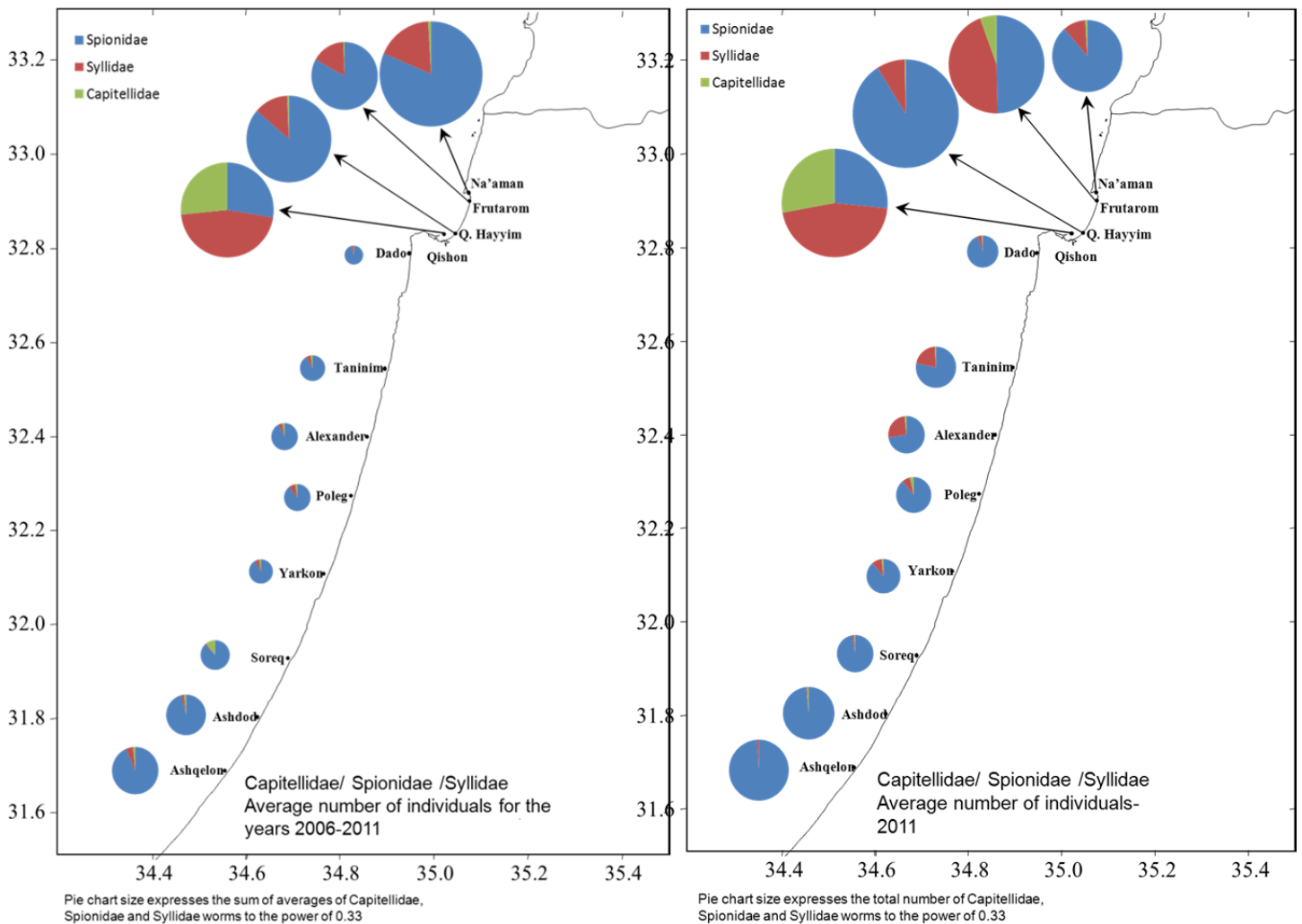
- 😊 - הדגשה של מצב טוב.
- ☹️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↓ - מגמת שיפור; ↔ אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

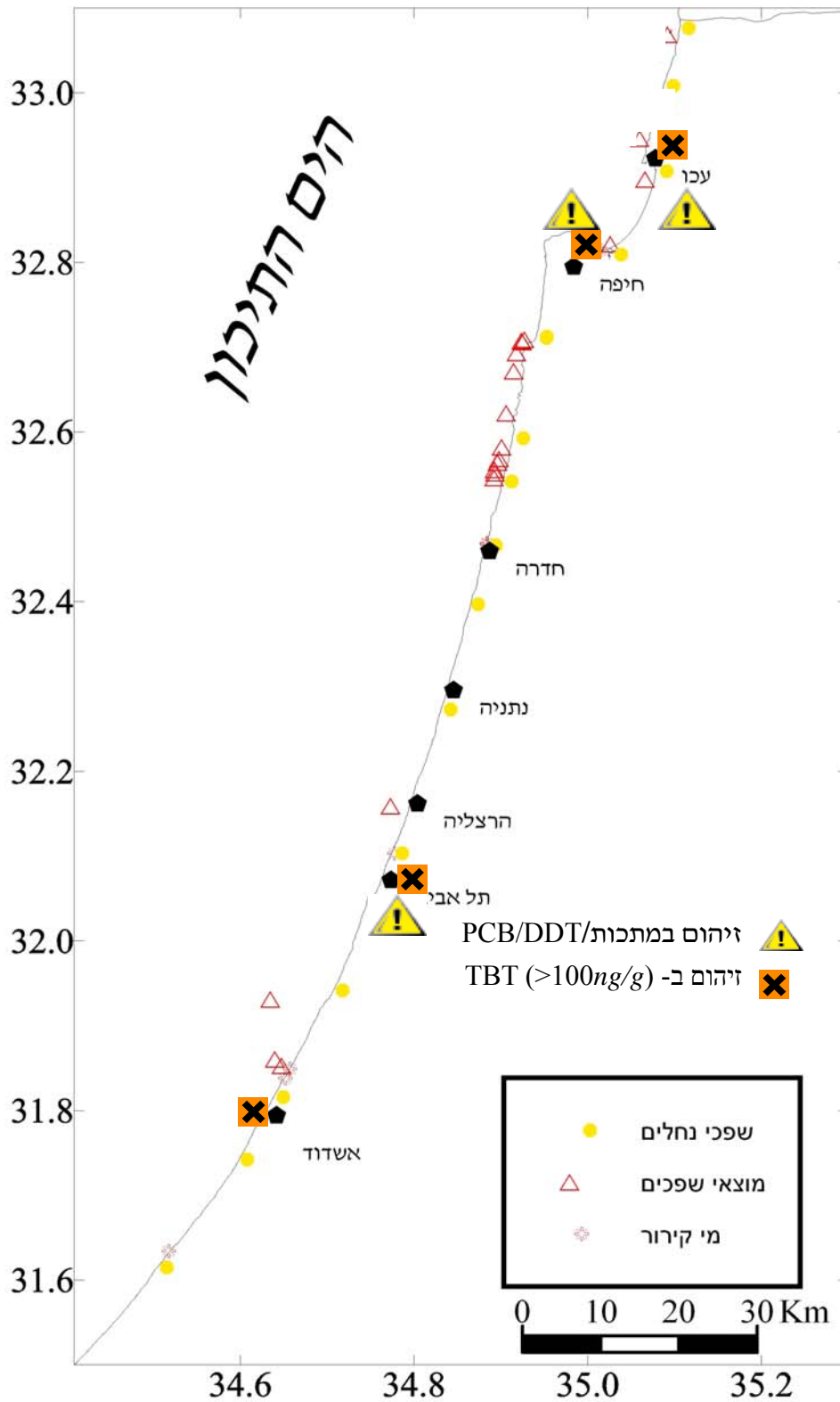
א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU1 – EU4). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. עפ"י מדד זה מפרץ חיפה חשוף לעומס הגדול ביותר. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות 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. ככל שזמינות החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרם הכולל של התולעים ממשפחות Spionidae, Syllidae, Capitellidae, שהינן משפחות עמידות יחסית לזיהום. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל של התולעים ממשפחות אלה, והחלוקה מציגה את היחס בין המשפחות השונות. שילוב זה מהווה מדד להעשרה של חומר אורגני בקרקעית. עפ"י מדד משולב זה נמצאה העשרה בכל מפרץ חיפה; ביתר התחנות לאורך החוף נמצאה העשרה אורגנית במידה מסוימת בסמוך לתחנות שנדגמו באשדוד ובאשקלון. באיור להלן ניתן לראות את מספר הפרטים הממוצע של שלוש משפחות אלה בין השנים 2006 - 2011 ואת מספר הפרטים הממוצע בשנת 2011 בלבד. ניתן לראות שהמגמה של אזורים החשופים להעשרה של חומר אורגני נשמרת לאורך כל השנים שנבדקו.

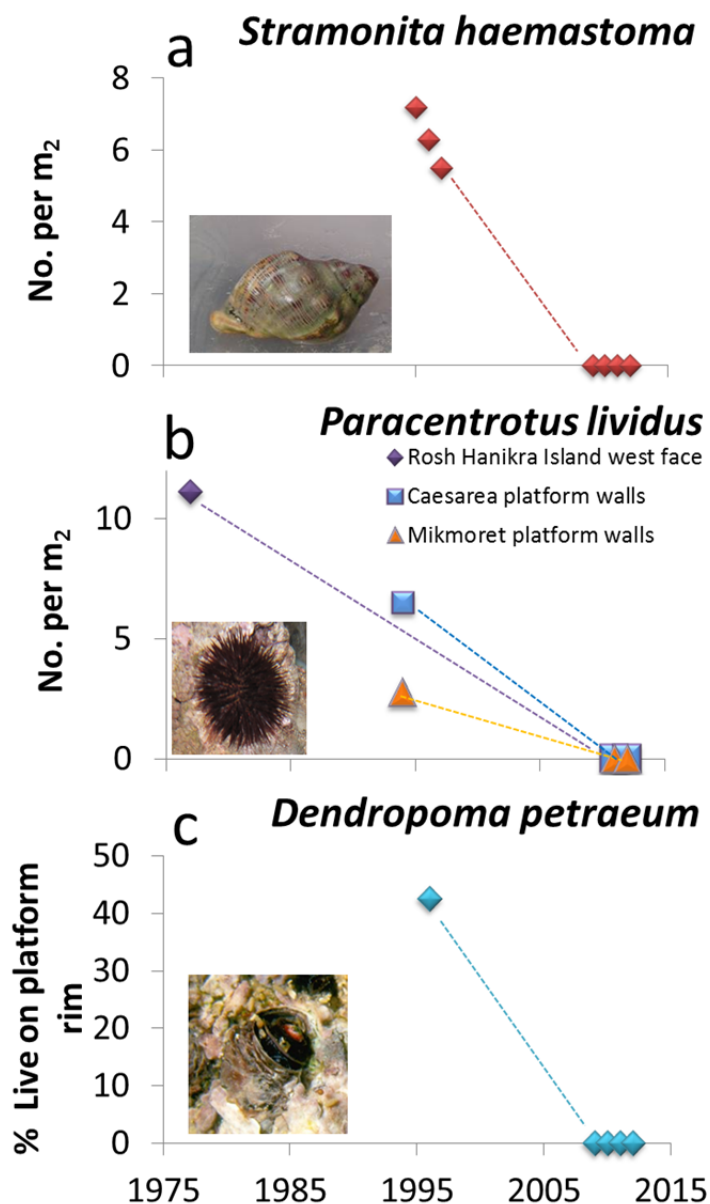


ג. מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT או PCB's. מצוינים אתרים שבהם ריכוזי אחת מקבוצות מזהמים אלה חורגים מהקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (ERM, נספח 7) ומבחינת הזיהום ב-TBT (חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג).

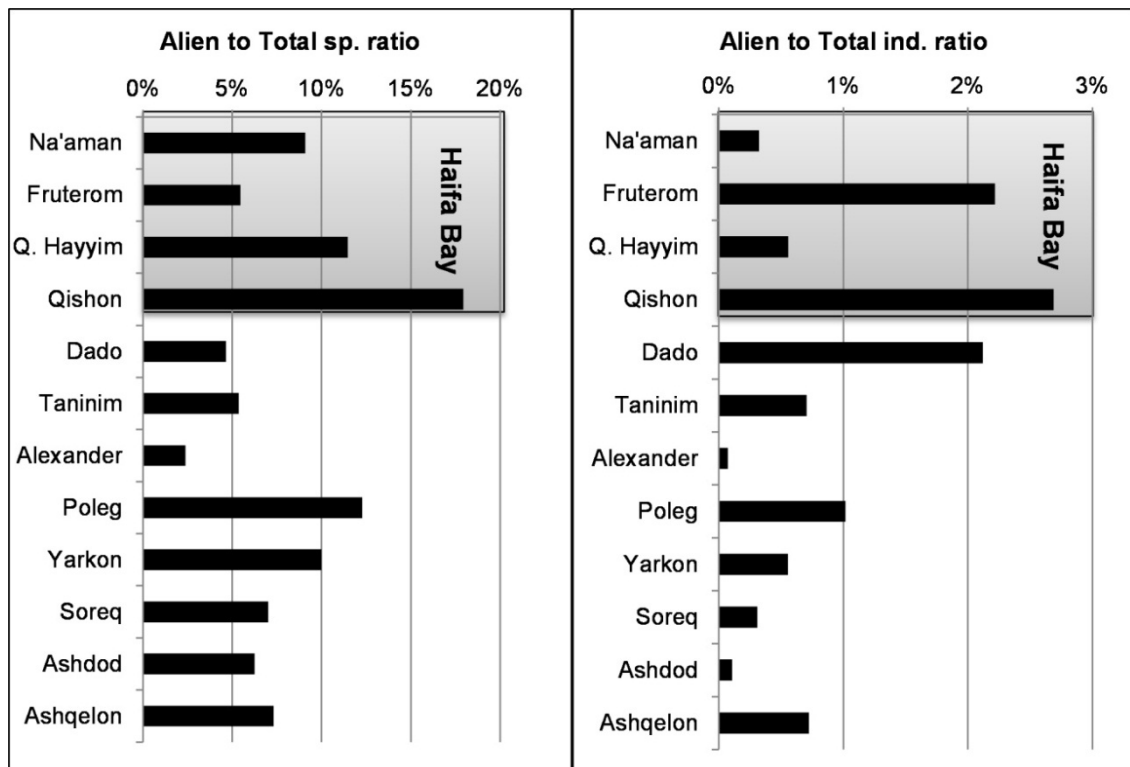


טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי, העובר כרגע תהליכי שינוי העלולים לפגוע בו באופן משמעותי. זו השנה השלישית בה היא"ל מבצעת ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי, והממצאים, שהינם עדיין ראשוניים, מוצגים בדו"ח. גם בשנת 2011, בכל האתרים ובכל העונות, לא נמצאו פרטים חיים של הצנינרן הבונה, ובטבלאות מסוימות חסר כבר הכרכוב עצמו כמעט לחלוטין.

להיעלמות אוכלוסיות החילוון בונה הכרכוב עלולות להיות השלכות מרחיקות לכת על בית הגידול והחברה האקולוגית המתקיימת בו. בשימוש בנתונים משנות התשעים ומתכנית ניטור זו אפשר לראות את הקריסה של אוכלוסיות מין חשוב נוסף, החילוון 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 הצנינרן ולהבין את ההשלכות של היעלמותו מהחוף הישראלי במסגרת תכנית הניטור הלאומית.



ישנם אזורים לאורך החוף המושפעים מנוכחות יחסית גדולה יותר של מינים מהגרים בקרקעית הרכה מאשר שאר החוף. האיור להלן מציג את אחוז המינים המהגרים במערכת הרכיכות מסך כל המינים שזוהו/נספרו ואת היחס בין מספר הפרטים המהגרים במערכת הרכיכות לבין סך הפרטים שנספרו. מהדיגום בשנת 2011 נראה כי אזור מפרץ חיפה ורצועת החוף מפולג לכיוון דרום עשירה יותר במינים מהגרים מאשר אזור חיפה עד נתניה. יש לבסס תצפית זו בהמשך מעקב אחר מינים אלה. ניתן לראות כי אחוז המינים המהגרים גבוה בהשוואה למספר הפרטים המהגרים, דבר המעיד על כך שמבחינה מספרית חלקם היחסי באוכלוסיה קטן.



המלצות

ההמלצות להלן מבוססות על נתונים שנאספו בשנת 2011 במסגרת דו"ח 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 בד"כ נעצרה מגמה זו, ובמקרים מסוימים אף נצפתה עלייה ברמות הזיהום. חלק מן ההמלצות הבאות כבר צוינו בדו"חות 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. המשך 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) בנמל חיפה.
- ג. של נוטריאנטים בשפכי הנחלים, ובמיוחד לפעול לעצירת מגמת העלייה בזיהום חומרי דשן בנחל חדרה.
- ד. של TBT במשקעי הנמלים והמעגנות.

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 ובמעגנות.

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 שגרתית גם בחופי רחצה לא מוכרזים אך מותרים לרחצה עפ"י החוק, ובמיוחד בסמוך לשפכי נחלי החוף. כבשנים קודמות, גם הממצאים בדו"ח 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. גיבוש ואימוץ קריטריונים לאיכות סדימנטים ימיים, אשר ישמשו גם כמדדים מוסכמים לבחינת הממצאים של תכניות ניטור ימי מקומי (compliance monitoring).

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

ג. 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.

ד. 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.

ה. 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-17 תחנות בעומק מים של 5 – 10 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-27 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-2011 (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 (תחנות 8 עד 11). מגמת השינוי הרב-שנתי של מאגר הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ נראית גם מתפוצת הכספית בגלעיני סדימנט (איור 5) שנדגמו כל 4 שנים בתחנה 9 מאז 1985. על-פי תפוצת ריכוזי הכספית בגלעין משנת 2011, כמות הכספית הצבורה בסדימנט עד לעומק של כ-30 ס"מ קטנה בכ-70% מהכמות ב-1985. משינויים אלה נמצא, שקצב הסילוק באזור הרדוד בצפון המפרץ הוא איטי ביותר (מהמידות ב-2011 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-2011 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו מעט גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה. 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 2011 (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 2003-2011 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 המפרץ¹ ובמוצא צינור א.ל.א. בצפון המפרץ², מפורטים בדו"חות 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 2011 נמצאה העשרה של כספית, בדומה לממצאי הניטור הלאומי, ולא נמצאה העשרה של המתכות האחרות.

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 - 2011 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 (במיוחד קדמיום) אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנים 2010 ו-2011 נמדדה עלייה קטנה בריכוז הקדמיום, שייתכן שקשורה לפעילות חפירה בנמל. גם בתחנות בצפון המפרץ נצפו שינויים דומים אבל פחות משמעותיים בריכוזי הנחושת בסדימנט. השינויים בעשור האחרון קשורים ככל הנראה בעיקר להפחתת עומס המתכות שהוזרם לנחל הקישון.

מדף היבשת - בדומה לשנים קודמות, גם ב-2011 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 10).

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

¹ ניטור זה אינו מתבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".
² עד שנת 2009 ניטור זה לא התבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".

כמו בשנים קודמות, באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, מול תחנת הכוח באשדוד, נמצאה העשרה בכרום (עד 167 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 והמנגן באזור המוצא חורגות מהערכים הטבעיים ומצביעות על זיהום אנתרופוגני שמקורו לא ברור. כפי שהוצג בדו"ח קודם, הקשר בין כרום לברזל בסדימנטים לאורך החוף, בגלעיני סדימנט מאשקלון ופלמחים ובסדימנטים בשפכי הנחלים מצביע על כך, שהסדימנטים הרצנטים 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 בדו"חות 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 - 2011 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 להלן ממינת 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, בנחל נעמן נמצאו ריכוזי ניקל המייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. בחלקו המלוח של נחל הקישון (גשר יוליוס-כרמלית) ובנחלים נעמן, חדרה ושורק נמצאו בד"כ הריכוזים הגבוהים ביותר, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים מייצגים דרגת זיהום בינונית לפי הקריטריונים של NOAA. בסדימנטים בנחל נעמן נמצאה העשרה בכספית (0.18 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						נעמן (87)	
$>$ ERL $<$ ERM	נעמן (0.18)		קישון (39) נעמן (64) חדרה (42) בצת (34) שורק (49)	נעמן (167) לכיש (165) שורק (163)	לכיש (65)	בצת (47) אלכסנדר (25) חדרה (38) שורק (48)	נעמן (92) קישון (97) בצת (86) שורק (88)

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 בדו"ח זה וע"י המכון הגיאולוגי במערכת ICP-MS. מזהמים אורגניים נבדקו ע"י 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 הסביבתי, מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשלי"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. ריכוז הנחושות במרינה הרצליה גבוה, קרוב לערך הסף האקולוגי, בדומה לממצא בניטור 2010.

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 (~2 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, בנמלי חיפה ואשדוד נמצאו ריכוזים ברורים של מזהמים שונים שככל הנראה קשורים לזיהומי דלק (ראה טבלה להלן). סימני זיהום נמצאו גם ברוב המרינות/מעגנות. בתחנות במפרץ חיפה (בים) לא נראו סימנים של קבוצת חומרים אלה. הממצאים מראים שריכוזי המיקרו-מזהמים האורגניים הנדיפים למחצה במים (PAHs) גדולים יחסית בנמלים < מעגנות < תחנות חופיות.

CONSTITUENT	units	חיפה נמל	נמל אשדוד	נמל אשדוד	נמל חיפה	נמל חיפה
Acenaphthene	ng/L	7.7 J	<4.5	7.3 J	16 J	5.4 J
Acenaphthylene	ng/L	45	20 J	36	74	26
Anthracene	ng/L	5.8 J	4.1 J	5.8 J	6.9 J	3.6 J
Benz(a)anthracene	ng/L	5.4 J	5.2 J	<2.6	<2.6	<2.6
Benzo(b)fluoranthene	ng/L	3.3 J	2.9 J	3.4 J	<2.3	<2.3
Benzo(k)fluoranthene	ng/L	3 J	2.7 J	<2.5	<2.5	<2.5
Benzo(g,h,i)perylene	ng/L	3.9 J	3.5 J	<2.9	<2.9	<2.9
Benzo(a)pyrene	ng/L	<4.4	<4.4	<4.3	<4.3	<4.3
Chrysene	ng/L	<3.5	<3.5	<3.4	<3.4	<3.4
Dibenz(a,h)anthracene	ng/L	2.7 J	<2.6	<2.5	<2.5	<2.5
Fluoranthene	ng/L	6.9 J	6.8 J	4.5 J	8.6 J	<4.4
Fluorene	ng/L	33	15 J	27	58	23
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ng/L	3.1 J	3.1 J	<2.6	<2.6	<2.6
Naphthalene	ng/L	150	26	96	280	94
Phenanthrene	ng/L	72	33	52	130	56
Pyrene	ng/L	12 J	6.7 J	6.9 J	27	8.7 J
2-Methylnaphthalene	ng/L	120	29	72	230	85
Dibenzofuran	ng/L	16 J	7.7 J	12 J	26	11 J

J The result is an estimated value.

ריכוזי התרכובת האורגנית של בדיל: Tributyltin (TBT) ו/או בתוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) (ראה הסבר בנספח 7) נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (12 ng/l) בכל האתרים. סף הגילוי האנליטי של TBT היה גדול מהתקן הסביבתי (2ng/L) ומהתקן לאיכות מי ים (2 ng/L) המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה או הסוכנות להגנה על הסביבה של ארה"ב (10 ng/L EPA). בהרבה מהתחנות נמצאו ריכוזים של התרכובת DBT (Dibutyltin) שהינה תוצר פירוק של TBT אך אינו נכלל בתקן הסביבתי (איור 11). סביר להניח שנוכחות DBT מעידה על ערכים קטנים יחסית של TBT שניתן שחורגים מהתקן הסביבתי.

בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT (>100 ng/L) בנמלים (חיפה ואשדוד), בשנת 2009 הערכים ברוב הנמלים והמעגנות נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (<0.5 ng/L), בשנת 2010 שוב נמצאו ערכים גבוהים יחסית של TBT, ובשנת 2011 שוב ערכים נמוכים. כלומר, לא נצפית מגמת ירידה יציבה, כפי שהיינו מצפים כביטוי לפעולות שנקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. יחד עם זאת נמדדות רמות קטנות יותר בשנים האחרונות. גם הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן. פעולות אלה עדיין לא באות באופן מלא לידי ביטוי סביבתי.

ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות. בנמל אשדוד, מעגן אשכול ומרינה אשדוד נמצא חומר ההדברה Atrazin (שמקורו ככל הנראה במוצא שפכי אגן כימיקלים צפונית לנמל אשדוד). בעתלית ובמעגן חדרה נמצא החומר Simazin, ובמעגן עכו נמצא החומר Terbutryne, כולם בריכוזים קטנים יחסית.

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 ממיינת 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									מרינה ת"א	
>ERL <ERM	עכו-ביה"ס קציני ים, נמל חיפה, מרינה ת"א		נמל חיפה, מעגן חדרה	נמל חיפה	נמל חיפה, מרינה ת"א, מעגן חדרה, נמל היובל	נמל חיפה, מעגן עכו, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מעגן חדרה	מעגן עכו, נמל חיפה, מרינה ת"א, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן עכו, מרינה ת"א, מעגן אשכול, מעגן חדרה, נמל היובל, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן עכו, מרינה ת"א		נמל חיפה, מרינה ת"א
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עכו-ביה"ס קציני ים, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, מרינה 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 במספר תחנות ובמיוחד בנמל חיפה, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה: Fluoranthene, Pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Phenanthrene.

זיהום משמעותי של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) ($ERL <$) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה ומרינה ת"א. ריכוזי PCBs גדולים יחסית נמצאו ברציף נחשולים באילת, בנמל מעגן עכו ובנמל אשדוד. 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, נמל היובל, מרינה ת"א ומעגן עכו נמצא זיהום של DDE מעל ערכי ERL . הריכוז הגבוה ביותר נמצא במעגן אשכול, בו נמצא גם החומר Trifluralin.

ריכוזי הדיאוקסינים בסדימנטים היה מתחת לסף הגילוי של הבדיקה, למעט במספר תחנות בנמל חיפה ובמרינה ת"א, 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: Vinyl chloride ו-Dioxane-1,4 שנמצאו במספר תחנות.

זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($< 100 \text{ ng/g}$) נמצא בתחנות בנמלים חיפה, אשדוד, מעגן עכו, מרינה ת"א וחוף נחשול באילת (איור 12). היחס הגבוה יחסית של Tributyltin/Dibutyltin בנמלי חיפה ואשדוד ומרינה ת"א מלמד על זיהום טרי יחסית (איור 12).

מגמות ההשתנות בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים

איור 13 מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000 – 2011) 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 הים 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 - 2011	סמן סביבתי
<p>נמל חיפה : רמת זיהום גבוהה של כספית ובינונית במתכות אחרות. שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה.</p> <p>נמל אשדוד : רמות זיהום בינוניות. אין שינוי בנמל הצבאי. בנמל האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום.</p> <p>מעגנות לאורך חוף הים התיכון : זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה של כרום, נחושת וניקל במעגן חדרה ומרינה ת"א (כולל כספית מאז 2001).</p>	<p>מתכות כבדות בקרקעית</p>
<p>נמל חיפה : רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2004 וללא מגמה ברורה בהמשך.³</p> <p>נמל אשדוד : רמות זיהום קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2004, ללא מגמה ברורה בהמשך.</p> <p>מעגנות לאורך חוף הים התיכון : אין מגמה ברורה למעט עלייה במרינה ת"א בה רמת הזיהום גבוהה.</p>	<p>ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) בקרקעית</p>
<p>נמל חיפה : רמות זיהום גבוהות, תיתכן מגמת הפחתה.</p> <p>נמל אשדוד : רמת זיהום בינונית עד גבוהה, תיתכן מגמת הפחתה.</p> <p>מעגנות לאורך חוף הים התיכון : תיתכן מגמת הפחתה.</p>	<p>TBT ונגזרותיו בקרקעית</p>
<p>רוב החומרים נמצאו מתחת לגבול הגילוי</p>	<p>חומרים פוליציקלים ארומטיים</p>

³ ייתכן שחלק מהשינוי קשור לשינוי המעבדה האנליטית.

ממצב* ומגמות בשנים 2000 - 2011	סמן סביבתי
האנליטי, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate, שנמצא במספר תחנות ובמיוחד בנמל חיפה, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה: Benzo(b)fluoranthene, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene.	(PAHs) בקרקעית

* 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-8 אתרים לאורך החוף בין אשקלון לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-13 אתרים במפרץ חיפה (יולי/אוגוסט) וב-20 ו-18 תחנות בשפכי נחלי החוף (מרץ וספטמבר, בהתאמה).

תפוצת ריכוזי החומר המרחף לאורך החוף מוכתבת בעיקרה ע"י שפכי הנחלים וכמה מוצאים ימיים. בים הרדוד, מחוץ למפרץ חיפה, תפוצת החומר המרחף (0.5 – 6 מ"ג בליטר באוגוסט 2011) 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 בסדר גודל) מהריכוזים לאורך החוף (איור 14). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ 2011 (7 - 73 מ"ג בליטר) דומה לתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר 2011 (6 - 172 מ"ג בליטר). יחד עם זאת, ברוב הנחלים הריכוזים במרץ גדולים מאלה של ספטמבר. במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר⁴ 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). בחומר המרחף בשפכי הנחלים נמדדו בד"כ ריכוזים דומים של מתכות 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).

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

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 (איור 15).

מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 286 פרטים של צדפות, 493 פרטים של חלזונות ו-99 פרטים של סרטנים כלהלן: 14 פרטים של הצדפה *Mactra corallina* ממפרץ חיפה; 203 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה וממעגן מיכאל; 66 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה; 3 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 28 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 271 פרטים של החילזון *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה, בחוף אכזיב, חוף שמן, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 94 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו באכזיב, בקריית ים, בחוף שמן, בעתלית, בחדרה, בפלמחים ובמרינה אשדוד; 88 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 44 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-99 פרטים של סרטן נזיר (*Diogenes pugilator*) ממפרץ חיפה. פרט אחד של החילזון *Murex trunculus*.

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). 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 החל משנת 2009 רק בתחנה מול חוף התמרים. משנת 2007 לא חל שינוי משמעותי בריכוזי הכספית בתחנה זו והם התייצבו על ריכוזים ממוצעים שביין 25-34 ng/g בחומר הרטוב. גם בריכוזי המתכות אבץ, נחושת וארסן לא נראים שינויים משמעותיים בשנים 2007-2011. ריכוזי הנחושת הממוצעים הם 1.07-1.71, ריכוזי האבץ 8.6-12 וריכוזי הארסן 0.985-1.0 (חלקים למיליון בחומר הרטוב). ריכוזי המתכות נחושת, אבץ וארסן דומים לאלו שנמצאו בחיות מחוץ למפרץ (אזור שפך התנינים).

ריכוז הכספית עדין גבוה משמעותית ביחס למה שנמצא ב- *Donax* מאזור שפך נחל תנינים ($28 \pm 3.5; 5.7 \pm 2.5$ בהתאמה).

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 2011 נמצאו צדפות בתחנה זו, אבל הן היו קטנות משמעותית מאשר הצדפות בתחנות האחרות ומאלו שנדגמו ב-2009. ריכוז הכספית בחיות מתחנה זו ב-2011 זהה לזה שנמצא בשנים 2007 ו-2008. ריכוז הנחושת שנמצא בשנת 2011 בחיות מחוף קריית חיים גבוה בסדרי גודל ממה שנמצא בתחנה זו בשנים קודמות ($11 \pm 4.8 \mu\text{g/g wet wt.}$).

ריכוז האבץ עלה בשנים 2009 ו-2011 והוא גבוה משמעותית מבשנים 2007 ו-2008. (18.2 ± 5.4). גם בריכוז הארסן נמצאה עלייה משמעותית.

ייתכן שהשינויים ברמות הנחושת בפרטים מדרום המפרץ נובעים מפעולות חפירה תחזוקתית בנמלים ואלה שהתבצעו במסגרת הקמת נמל הכרמל.

בפרטים מחוף קריית ים נמצאה עלייה בריכוז הכספית (26.6 ± 5.4) ובריכוז האבץ (11.2 ± 3.2). ריכוזי הנחושת והארסן ירדו בהשוואה לשנה הקודמת, אולם ב-3 השנים האחרונות 2009-2011 נמצאה עלייה בהשוואה ל-2007-2008.

בשנים 2010 ו-2011 נמצא רק מספר מועט של צדפות ממין *Donax trunculus* באזור מעגן מיכאל, לאחר שבשנת 2009 לא נמצאו צדפות כלל. ריכוז הכספית בצדפות אלו קטן משמעותית יחסית לפרטים שנדגמו במפרץ ($5.7 \pm 2.5 \text{ ppb}$).

השוואה של ריכוז המתכות בצדפות מהתחנות השונות במפרץ חיפה מראה, כי ריכוז הכספית הגבוה ביותר נמצא בצדפות מחוף התמרים (28 ± 3.5), אך אינו שונה משמעותית מריכוז הכספית שנמצא בפרטים שנדגמו באזור קריית ים (26 ± 5.4) (**טבלה 1, איור 17**). ריכוז הכספית יורד משמעותית בצדפות מקריית חיים (15.6 ± 4.1).

הצדפות מאזור קריית חיים מועשרות באבץ ובנחושת יחסית לצדפות מחוף התמרים ומקריית ים. ההעשרה היחסית של נחושת ואבץ בפרטים מקריית חיים נובעת ככל הנראה מהקרבה לשפך נחל הקישון. בצדפות מקריית חיים נמצא ריכוז גבוה משמעותית של ארסן ביחס לצדפות מחוף התמרים. ריכוז הארסן גבוה גם לגבי צדפות מקריית ים, אולם ההבדל איננו משמעותי. בהשוואה של ריכוזי המתכות בצדפות מהמפרץ לאלו שמחוץ למפרץ (שפך נחל תנינים), רק ריכוז הכספית גבוה משמעותית בצדפות מהמפרץ. אין הבדל בריכוזי אבץ, נחושת וארסן בצדפות מקריית ים ומחוף התמרים לריכוזים שנמצאו בצדפות משפך נחל תנינים (**איור 17**).

בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (**איור 18**). השינויים הרב-שנתיים (1980-2011) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) בתוכנת SPSS. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות, 1980-1994 ו-2003-2011, על פרטים מתחנות במפרץ חיפה על-פי החלוקה להלן: מקבץ תחנות מול פרוטרום (8,9,10,11,12), שתי תחנות ליד עכו (2,1) ותחנה מול

הקריות (18, ללא 2009 מאחר שלא נמצאו פרטים) (איוור 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, איוור 7). בשנים 2003 - 2010 ריכוזי הכספית הראו מגמת עלייה בתחנות 1 ו-2 בצפון המפרץ ליד עכו (לא נמצאו פרטים בשנת 2011) ובתחנה 18 מול הקריות, ואילו בתחנות 8-12 בצפון המפרץ הערכים היו ללא שינויים משמעותיים בשנים 2003-2011.

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. בשנת 2011 נדגמו רק 14 פרטים של הצדפה *Maetra carolina*. לא נמצאו צדפות ממין זה בתחנות 1 ו-2. בתחנות 8-12 נמצאו 11 צדפות שהיו קטנות יחסית (ממוצע 23 מ"מ) עם ריכוז כספית של $49 \pm 22 \text{ ng/g}$ בחומר הרטוב. אין הבדל בריכוז הכספית ביחס לערכים שנמדדו בשנת 2010. בשתי הצדפות מתחנה 18 נמצא ריכוז ממוצע של 24 ng/g בחומר הרטוב.

בשנת 2011 נדגמו 57 פרטים מהצדפה *Rudicardium tuberculatum*. 45 פרטים נדגמו בתחנות 1, 9, ו-10, 12 פרטים נדגמו בתחנות 18 ו-23. הפרטים שנדגמו בתחנות בצפון המפרץ קטנים משמעותית (15 ± 4 מ"מ) מהחיות שנדגמו בתחנות 18 ו-23 (36 ± 2 מ"מ). ריכוזי הכספית בתחנות 1, 9 ו-10 אינו שונה משמעותית מזה שנמצא בשנים 2006-2010 ($26 \pm 80 \text{ ng/g wet wt.}$). אולם ריכוז הכספית במין זה גבוה משמעותית בצדפות שנדגמו בתחנות בצפון המפרץ ביחס לצדפות שנדגמו בתחנות 18 ו-23. ריכוזי האבץ בחיות מתחנות 18 ו-23 גבוה משמעותית מאשר בחיות מהתחנות הצפוניות.

מהצדפה *Camelea galina* נמצאו 3 פרטים בלבד בתחנות 18 ו-23.

החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (טבלה 1, איוור 19). בכל התחנות הצפוניות של מפרץ חיפה יש ריכוז גבוה יותר של כספית ביחס לתחנות דרומיות למפרץ. ריכוזי הכספית בחלזונות מנמל עכו וקרית ים היו גבוהים משמעותית מהחלזונות שנדגמו בתחנות אחרות (אכזיב וחוף שמן), וכמובן גבוהים משמעותית מריכוזים שנמדדו בחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (איוור 19). ריכוזי הכספית בפטלות מנמל עכו ב-2011 היו 23.1 ± 4.6 ppb ואינם שונים משמעותית מאלה של השנים הקודמות (2008-2010) (איוור 20). רמות הכספית בתחנה זו מראות ככל הנראה מגמת ירידה במהלך ארבעת השנים האחרונות. בפטלות מחוף שקמונה לא נמצאה מגמה ברורה בשנים האחרונות (איוור 20).

בפרטים שנדגמו בנמל עכו נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים יחסית, אולם לא שונים משמעותית מהריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות צפוניות אחרות (אכזיב, חוף שמן ותל שקמונה). יוצא מהכלל הוא ריכוז הקדמיום הנמוך שנמצא בפטלות מחוף קריית ים (0.283 ± 0.089). קיים הבדל משמעותי בריכוז הקדמיום יחסית לפרטים מאתרים אחרים לאורך החוף (איור 19). בפרטים מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים נצפתה 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). אולם בשנת 2011 ניכרת שוב עלייה בריכוז הקדמיום בפטלות מחוף שמן (0.525 ± 0.104) יחסית לשנת 2010 (0.329 ± 0.111) ובפטלות מקריית ים (0.283 ± 0.086 לעומת 0.131 ± 0.019 , בהתאמה). ריכוזי הקדמיום מראה עלייה משמעותית בהשוואה ל-2009-2010 ורמות דומות לשנים 2007-2008. בפטלות מחוף שמן נמצאה ירידה משמעותית בריכוז העופרת בהשוואה לשנים קודמות. בריכוזי מתכות אחרות לא נמצאו שינויים משמעותיים.

לא נמצאו הבדלים בריכוזי הנחושת, העופרת, הקדמיום והארסן בפטלות מנמל עכו יחסית לשנת 2010, אך נמצאה ירידה משמעותית בריכוז האבץ. בפטלות מקריית ים נמצאה עלייה משמעותית בריכוזי כל המתכות שנבדקו (עופרת, קדמיום, נחושת, אבץ וארסן). בפטלות שנדגמו בתחנות לאורך החוף (מחוץ למפרץ חיפה) לא חל שינוי בריכוזי הכספית. עלייה בריכוזי הקדמיום נמצאה בפטלות ממעגן מיכאל, אשדוד, תל שקמונה ואכזיב. בפטלות מאזור חדרה נמצאה ירידה בריכוזי הקדמיום יחסית לשנת 2010. עלייה בריכוזי הנחושת, נמצאה בפטלות מתל שקמונה, חדרה, פלמחים ואשדוד. עלייה בריכוזי הארסן נמצאה בפטלות מפלמחים, אשדוד ותל שקמונה. עלייה משמעותית בריכוזי העופרת נמצאה בפטלות מחוף שקמונה, חדרה, מעגן מיכאל, פלמחים ואשדוד. נמצאה עלייה בריכוזי האבץ בתחנות מעגן מיכאל, חדרה ואכזיב. ירידה בריכוזי האבץ נמצאה בפטלות מאשדוד. בריכוזי הנחושת נמצאה עלייה בפטלות מתל שקמונה, חדרה ופלמחים.

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, תל שקמונה, עתלית, חדרה, פלמחים ואשדוד). על אף שבחלזונות ממין *Cellana rota* מחוף שמן נמצאו ריכוזים גבוהים משמעותית של אבץ בהשוואה לריכוזי אבץ בפטלות, ריכוזי הכספית והנחושת בתחנה זו נמוכים יותר בחילזון זה יחסית לפטלה. ריכוזי הארסן בחלזונות ממין *Cellana rota* גבוהים יותר מאלה שבפטלות (בכל התחנות שנבדקו). ב-3 תחנות ריכוזי אבץ גבוהים יותר בפטלות מאשר ב-*Cellana* (אכזיב, קריית ים ואשדוד). ברוב התחנות וברוב המתכות לא נמצאו הבדלים משמעותיים.

כללית, ב-2011 נמצאה עלייה בריכוזי מתכות מסוימות בהשוואה לאלו שנמצאו ב-2010: בריכוז העופרת נמצאה עלייה בתחנות חדרה ופלמחים, עלייה בריכוזי הכספית והקדמיום בחיות מחוף שמן ועלייה בריכוזי הארסן בחיות מתחנות קריית ים, אשדוד ופלמחים. ירידה בריכוזי אבץ

ונחושת נמצאה בחיות מאשדוד, ירידה בריכוז העופרת נמצאה בחיות מחוף שמן, וירידה בריכוז הקדמיום בחיות מחדרה ובריכוז הכספית בחיות מפלמחים.

בשנת 2011 נבדקו 27 פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה. מין זה נפוץ במפרץ ונמצא השנה בתחנות 1 (11 פרטים), 10 (פרט אחד) בצפון המפרץ בקרבת המפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר), בתחנה 22 מול קריית חיים (7) ובתחנה 23 (8 פרטים). ריכוז הכספית והארסן בתחנות מצפון המפרץ גבוה משמעותית מריכוזם בחלזונות מהתחנות הדרומיות. אין הבדל בריכוזי האבץ, הנחושת והקדמיום. החלזונות צמחוניים וצוברים מתכות כבדות ברמה גבוהה בהרבה מהצדפות שנמצאות באותו אזור.

בחילזון *Arcularia gibosulla*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של פגרים, נמצאו הבדלים בריכוז הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בין תחנות מצפון מפרץ חיפה, הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים לשעבר (תחנות 1, 8 ו-12), לתחנות הקרובות יותר לשפך הקישון (תחנות 18 ו-22 בדרום המפרץ). ריכוז הכספית היה גבוה יותר בחלזונות שנאספו בתחנות מצפון המפרץ (0.388 ± 0.191 חלקים למיליון ברקמת חילזון רטובה) לעומת פרטים שנאספו בתחנות הדרומיות יותר (0.192 ± 0.04). לעומת זאת, ריכוז הנחושת והאבץ גבוהים משמעותית בתחנות הדרומיות. בריכוז הקדמיום אין הבדל. ריכוזי הכספית והקדמיום בחלזונות מהאזור של צפון המפרץ לא הראו שינויים משמעותיים בשנים 2007-2011, בעוד שקיימת עלייה בריכוז הנחושת וירידה בריכוז האבץ. בפרטים שנדגמו מדרום המפרץ קיימת עלייה קלה ולא משמעותית בריכוז הכספית ביחס לשנים קודמות. בריכוז הנחושת קיימת עלייה הדרגתית החל משנת 2007.

השינויים בריכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחילזון *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 - 2011 מוצגים באיור 22. נראה כי ריכוז הכספית והקדמיום מתייצב בפרטים בתחנות הצפוניות הסמוכות לעכו בצפון המפרץ וכן בפרטים מהתחנות הדרומיות, לעומת זאת ריכוז האבץ ירד משמעותית בתחנות הצפוניות ונצפתה גם ירידה קלה בתחנות הדרומיות. ריכוז הנחושת עלה משמעותית בתחנות הצפוניות וקיימת גם עלייה הדרגתית בריכוז הנחושת בחלזונות מהתחנות הדרומיות.

ב-76 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.

מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 166 פרטים של 6 מיני דגים חופיים נפוצים ו-57 פרטים של דגי מכמורת מ-4 מינים. הדגים החופיים כללו 67 פרטים של *Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה, זכרון יעקב, אכזיב וראש הנקרה. 46 פרטים של *Diplodus sargus* ממפרץ חיפה, עתלית ושבי ציון; 23 פרטים של *Siganus rivulatus* ממפרץ חיפה, עתלית ושבי ציון; 25 פרטים של *Sargocentron rubrum* ממפרץ חיפה, עתלית וחבצלת השרון. כמו כן נבדקו 2 פרטים של המין *Diplodus vulgaris* מאזור פלמחים, 3 פרטים של המין *Oblada melanura* מחבצלת השרון. דגי המכמורת כללו 24 פרטים של *Pagellus erythrinus* שנידוגו באזור המרכז (התיכון) ובמפרץ חיפה, 21 פרטים של *Mullus barbatus* מאזור המרכז ו-9 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנידוגו באזור המרכז. כמו כן נבדקו 3 פרטים של המין *Namipterus randalli*, שהוא מין פולש. כמו כן נבדקו מתכות ב-47 דגימות כבד של דגים מסוג *Sargocentron rubrum*, *Diplodus sargus*, *Lithognathus mormyrus*.

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 הווטרינרי (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 2011, ריכוז הכספית היה מעל 0.5 חל"מ ב-9 דגים מהסוג *Sargocentron rubrum* שנידוגו במפרץ חיפה ובאזור עתלית, בדג אחד מסוג *Diplodus sargus* מאזור עכו, ובפרט אחד של *Lithognathus mormyrus* מראש הנקרה. החריגות מייצגות 4.9% מכלל הדגים שנבדקו. בדגים החופיים שנבדקו ממפרץ חיפה החריגה מהווה 6.6%. בנוסף, ב-16 דגים חופיים נמצאו ריכוזים בין 0.3 ל-0.5 חל"מ. בין הדגים החופיים 10 פרטים של *Sargocentron rubrum*, שנידוגו במפרץ חיפה ובאזורים שמחוץ למפרץ, 6 דגים מסוג *Diplodus sargus* שכולם נידוגו באזור עכו ומפרץ חיפה. חריגות אלה מייצגות כ-18% מהדגים החופיים שנבדקו במפרץ חיפה.

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 בדו"חות 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 סוכס). 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 קדמיום 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 להיות 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-2011 במדגם של 157 דגים. תחום ריכוזי הארסן שנמצא היה 0.025-18 חל"מ חומר רטוב. ב-152 דגים ריכוז הארסן היה מעל 1 חל"מ חומר רטוב. ריכוז נמוך מ-1 חל"מ חומר רטוב נמצא ב-4 פרטים של *Sargocentron Rubrum*, שלושה מהם מאזור עכו ופרט אחד של הדג *Siganus rivulatus* מאזור עכו. בשנת 2011 נבדק ריכוז הארסן בשריר של הדגים החופיים *Diplodus sargus*, *Lithognathus mormyrus*, *Sargocentron rubrum*, וכן בדג *Mullus barbatus* המייצג את דגי המכמורת. ב-19.7% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב, אשר ייתכן שמעיד 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.

על מנת לבדוק את אחוז הארסן האי-אורגני ברקמת השריר היבש של הדגים, נשלחו עשר דגימות שריר דג יבש למעבדות Brooks Rand labs בארה"ב המתמחות בבדיקת מיני ארסן אי-אורגני בבע"ח (EPA 1632). המעבדה מוסמכת ע"י *National Environmental Laboratory Accreditation Program (NELAP)*.

הדגימות שנשלחו הן לפי הפירוט הבא:

	Sample No.	Weight for Sending (g)	Total Arsenic ppm/dry wt.	Station
<i>D.Sargus</i>	16395	10	59.4	HB
<i>D.Sargus</i>	16399	6.5	75.8	HB
<i>D.Sargus</i>	16332	6	58.5	HB
<i>L.Mormyrus</i>	16327	7	82.0	RH
<i>L.Mormyrus</i>	15994	6	143	FR
<i>L.Mormyrus</i>	15995	6	127	FR
<i>M.Barbatus</i>	16421	3	76.9	TRC
<i>M.Barbatus</i>	16419	3	63.0	TRC
<i>M.Barbatus</i>	16416	4	56.6	TRC
<i>M.Barbatus</i>	16414	6	50.0	TRC

הקריטריון למשלוח הדגימה לבדיקה היה ריכוז גבוה של ארסן כללי, כמות מספקת של חומר יבש לביצוע הבדיקה וסוג הדג. כל התוצאות שהתקבלו עבור *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* הן בגבול הגילוי של השיטה (MDL) שהוא 10 ppb (ארסן אי-אורגני). התוצאות שהתקבלו עבור *Mullus barbatus* הן בין גבול הגילוי לגבול הדיווח של השיטה (MRL) שהוא 25 ppb (ארסן אי-אורגני). תוצאות אלו, על אף שמהוות מדגם בלבד, מעידות שריכוז הארסן האי-אורגני קטן מהקו המנחה ומהווה כ-0.01%-0.02 מריכוז הארסן הכללי.

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*, *Sargocentron rubrum* 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 9 השנים האחרונות החל משנת 2002 (איורים 23-25).

בשנת 2011 נמצא הבדל משמעותי ביחסי כספית/משקל גוף בין פרטים של דגי *Sargocentron rubrum* ודגים מהמין *Diplodus sragus* שנידוגו במפרץ חיפה (רמות גבוהות יותר), בהשוואה לדגים מאזורים אחרים מחוץ למפרץ חיפה. בדג *Lithognathus mormyrus* לא נמצאו הבדלים ברמת הכספית (מנורמל למשקל דג) בין פרטים ממפרץ חיפה לעומת כאלה מאזורים אחרים (טבלה 3).

דג המכמורת *Mullus barbatus* נידוג בשני אזורים שונים בחלק התיכון של החוף הישראלי. בחלק התיכון הצפוני (נתניה-עתלית) נמצאו רמות גבוהות יותר של כספית (מנורמל למשקל דג), נחושת ואבץ יחסית לדגים שנידוגו בחלק התיכון הדרומי (נתניה –יפו). ריכוז הארסן היה גבוה יותר בדגים מהחלק התיכון הדרומי.

בדגי *Pagellus erythrinus* ממפרץ חיפה לא נמצאו הבדלים ברמות הנחושת והאבץ ובריכוז הכספית (מנורמל למשקל גוף) בהשוואה לדגים מהמרכז.

החל משנת 2003 נבדק ריכוז הארסן בדגים, ובשנת 2011 נבדקו דגים חופיים מהמין *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* ודג המכמורת *Mullus barbatus*. ריכוז הארסן ב-*Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה (15.4 ± 19.7) גדול משמעותית מדגים שנידוגו באזורים אחרים (4.48 ± 2.89). בדג *Diplodus sargus* נמצא הבדל משמעותי בריכוז ארסן בין הדגים שנידוגו באזור עכו (9.2 ± 7.5) לבין דגים שנידוגו באזור דור (5.73 ± 2.67).

בדג *Mullus barbatus* שנידוג בשני אזורים באזור המרכז (צפונית לנתניה ודרומית לנתניה) נמצא הבדל משמעותי בריכוז הארסן. בדגים מהאזור הדרומי יותר, נמצא ריכוז של ארסן 13.8 ± 3.1 חל"מ לעומת 5.78 ± 1.46 חל"מ בדגים שנידוגו צפונית לנתניה.

במבחן סטטיסטי (אנובה) על השנים 2007-2011 ניכרת עלייה משמעותית ברמות הארסן בדג *L. mormyrus* שנידוג במפרץ חיפה. עלייה הדרגתית לאורך השנים ברמות הארסן ניכרת גם בדג *D. sargus*.

על אף שבחלק מההשוואות הנ"ל בין ריכוזי המתכות בדגי המכמורת מהאזורים השונים נמצאו הבדלים משמעותיים במבחנים סטטיסטיים, לא ברור האם הם מצביעים על משמעות אקולוגית.

כפי שנכתב בדו"ח 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 לדיג). ההמלצה על איסור דיג הוגשה כבר בדו"חות קודמים. כפי שנמסר ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דיג במקומות מזהמים (למעט האיסור הכללי על דיג 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-2011 נבדקו דגים בשלושה אתרי דיגום: דרום מפרץ חיפה (10 דגים), חוף דור (12 דגים) ומול המרינה של אשדוד (2 דגים). הדגים נידוגו בעונות החורף בעומקי מים של 5 - 10 מטרים. בשנת 2010 נדגמה ונבדקה דגימה מחוף אשדוד מתוך כוונה להרחיב את הכיסוי הגאוגרפי של הדיגום. היא לא הוצגה בתוצאות 2010 היות ונדגמה בחודש מאי, כחודשיים אחר הדגימות האחרות. מטרתה הייתה לאתר את סביבת החיים של השישן המשורטט באתר. יחד עם זאת, התוצאות הן מעניינות, ולכן הכנסנו אותן לנתונים והן מוצגות ונדונו כאן.

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 ופיסילוגיות 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 החל 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 מהם⁵. רשימת הסמנים כוללת את הגן המקדד את האנזים ציטוכרום P4501A, שהתבטאותו מושרית ע"י מזהמים אורגניים (PCBs, PAHs, dioxins), מטלותיונין, שהתבטאותו מושרית ע"י מתכות כבדות, וכוריוגנין המושרה פרמקולוגית בזכרים ובנקבות מחוץ לעונת הרבייה ע"י חומרים המשבשים 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, לדו"ח איכות מימי החופים 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 ויישוב צפופים וצמוד לשמורת הטבע הימית "הבונים" 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 מצביע, 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 (האסטרואגן המרכזי בדגים). כלומר יש בידנו ערכי יחוס לרמות הכוריוגנין בזכרים ובנקבות להם ניתן להשוות את התוצאות שהתקבלו מן הדיגום בים.

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

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 ביצענו שני שינויים בתכנית הדיגום. בתחנת הדיגום של דור היו לנו קשיים טכניים לדגום בגלל פעילות דיג חזקה, ולכן ניסינו ב-2010 לשנות את מיקום תחנת הדיגום היחסית נקייה 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 שבו נתמיד הוא הוספת תחנת דיגום בחוף אשדוד. ב-2010 דגמנו שם יחסית מאוחר, במאי, כפי שצוין למעלה.

היות שהניטור הביולוגי הוא תוספת חדשה לדו"ח איכות מימי החופים וכשיטה כמותית הוא חידוש בכלל, נראה לנו נכון להוסיף הערות טכניות. כל שיטות המדידה אותן פיתחנו כוללות סטנדרטים שמטרתם ליצור תאימות בין המדידות לאורך שנים ומסקנות שאינן תלויות בהשוואה לאתר ביקורת. יחד עם זאת, המדידה המדויקת של הסטנדרטים לא הושגה בשנים 5-2004, ואנו משערים שחלק מן ההבדל בערכים המוחלטים שנמדדו בין השנים 5-2004 לשנת 2007 נובע משיפור בשיטות המדידה של הסטנדרטים לתעתיקים (ראה **נספח 3**). לכן במסקנות אנו מתייחסים עדיין להשוואה בין שני אתרי הדיגום באותה שנה בלבד, ולא לרצף הערכים עם הזמן.

בשנת 2008 הגענו, עקב שימוש 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 נירמול מדויק לגורם שרמתו בכבד קבועה תמיד. הנירמול הנוכחי של התעתיקים התבצע לרמות של בטא-אקטין, חלבון המשתתף בבניית שלד התא ומקובל להשתמש בו כגורם מנרמל. הנושא של גורם נירמול 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 במידה ויהיו רלבנטיים.

המסקנות הסביבתיות משמונה השנים לאורכן 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 ברמות הסמן הזה בין שני אתרי הדיגום, כולל תוצאות 2011. הבדל זה עשוי להעיד על השפעת מזהמים אורגניים בולטת וקבועה. 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. שיטת מדידה כזו, המשלבת הערכה כימית כמותית עם זיהוי השפעה ביולוגית, הוכנסה על ידנו לארסנל הבדיקות של חקר ימים לזיהוי הרמה של חומרים דמויי דיוקסינים, שהם מזהמים אורגניים בלתי פריקים המופיעים בסביבות ימיות רבות וידועים כמשפיעים על הרמות של ציטוכרום P450.
- 3) ההבדלים ברמות המטלותיון 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. בשנת 2011 רמת המטלותיונין גבוהה משמעותית בחיפה ואשדוד לעומת דור.

(4) בשנים 2010 – 2011 (המגמה ממשיכה בשנת 2012 שתוצאותיה לא מוצגות כאן עדיין) יש עלייה ברמה המוחלטת של כל הסמנים לעומת רוב נתוני השנים הקודמות. שינוי כזה תמיד חשוד כנובע מסיבות טכניות. יחד עם זה אנו סוברים שמקורו לא טכני, כי המדידות בוצעו ע"י אותו אדם, עם אותם סטנדרטים, באותו מכשיר, ובנוסף גם בשנים 2007-2009 וגם בשנים 2010-2012 יש כמה נתונים חריגים כמו CYP1A מחיפה משנת 2007 וערכי CYP1A ומטלותיונין מאשדוד 2010, המעידים על כך שהשיטה מזהה ערכים נמוכים וגבוהים בצורה חריגה כאשר הם מופיעים. לכן מקור מגמת השינוי ברמה המוחלטת של הסמנים בשנים 2010 – 2012 עלול להיות עלייה בלחץ הסביבתי של מזהמים בחוף הישראלי. יחד עם זאת הסיבה לשינוי לא ברורה ויש להמשיך לבחון זאת.

רמות הסמנים [femtomol β -actin / atomol]												
סמנים	מטלותיונין				ציטוכרום P4501A				כוריוגנין			
חומרים משפיעים	מתכות כבדות				מזהמים אורגניים [PAHs, PCBs]				חומרים משבשי רבייה			
שנת דיגום	דור	חיפה	מכמורת	אשדוד	דור	חיפה	מכמורת	אשדוד	דור	חיפה	מכמורת	אשדוד
2004	240±130 (8)	430±400 (20)			530±250 (8)	2070±148 0 (20)			BDL	BDL		
2005	310±470 (20)	790±0480 (20)			540±360 (8)	3840±386 0 (8)			BDL	BDL		
2007	55±51 (11)	71±56 (11)			51±32 (11)	551±444 (11)			0.2±0.4 4 (12)	0.27±0.4 1 (11)		
2008	180±100 (12)	120±70 (12)			100±100 (12)	70±70 (12)			1.9±2.0 (11)	0.8±1.7 (12)		
2009	70±13 (5)	54±36 (7)			77±27 (8)	64±28 (5)			BDL	BDL		
2010		2412±1210 (18)	3554±32 66 (10)	13188±12892 (13)		1473±629 (18)	1011±64 7 (10)	53±21 (13)		91±42 (10)	198±193 (7)	(9) 2847±260 2
2011	2125±1251 (12)	4051±2252 (10)		4083±2359 (2)	1147±88 7 (12)	3013±128 2 (10)		1682±2 1 (2)	145±21 2 (10)	349±375 (10)		319±62 (2)

רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A, מטלותיונין וכוריוגנין בכבדישישן משורטט מאתרי הדיגום השונים בשנים 2004-2011. רקע אפור מצוין 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 (אארוסולים) נבדק ב-2011 בתל שקמונה, חיפה (43 דוגמאות) ובאופן חלקי, בגלל תקלה בדוגם, במעגן מיכאל (לא מוצגות תוצאות). הדיגום במעגן מיכאל בוצע בשיתוף עם איגודי ערים לשמירת איכות הסביבה שרון-כרמל. 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 השנה⁶. השטפים המחושבים של המתכות (טבלה 4) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 – 2011 (בשנה זו חסר מעגן מיכאל), 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-2011 חושבו שטפי עופרת דומים לערכי 2007-2010. השטפים של נחושת לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2011 (איור 27). שטפי הקדמיום מראים ירידה בתל-שקמונה, למעט בשנת 2011. 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 (exchangble phase), ולפיכך גם זמינה ביולוגית, כוללת את עיקר המתכת (מעל 50%) בדגימה (Kocak et al., 2007).

⁶ 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 (44 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 2011/12 כ-12% מהגשמים (5 מתוך 43 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ($pH < 5.6$).

נמצא מתאם חיובי לינארי של ריכוזי הניטראט והאמוניום במי הגשם ($r=0.82$). 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 NH_4NO_3 .

בחורף 2011/12 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, מעט קטנים 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, עלייה ב-2010 וירידה קטנה ב-2011 (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 זיגומים במהלך החודשים מרץ וספטמבר/אוקטובר. ב-2011 נדגמו מוצאי הנחלים בכ-27 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2011 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 דו"ח ניטור מים ונחלים בשנת 2011 (המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים), במים שנדגמו באביב ובסתיו בחלק מנחלי החוף, הריכוזים הכוללים של חנקן מומס היו גדולים משמעותית מהריכוזים של הצורונים האי-אורגניים. בשנת 2011 נעשתה במסגרת ניטור זה בדיקה של חנקן אורגני מומס. בבדיקה זו נמצא שהמקטע האורגני המומס של חנקן במקרים מסוימים 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 בדו"ח 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 מחדירה 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 7.5 ל-9.4). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-267%) ועד לכמעט חוסר 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 קישון ושורק (מרץ) וחדרה ובצת (ספטמבר) נמצאו במצב של עקה ביולוגית. מבחינת ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה נחל נעמן במרץ מראה מצב של היפוקסיה והנחלים קישון ואלכבנדר מצב של עקה ביולוגית (איור 30). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2011 היו בד"כ קטנים מ-20 mg/L.

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, האזורים של מעלה הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק ולכיש היו במצב היפר-איאוטרופי (>60 ug/L), על סמך הקריטריונים של NOAA. ריכוזי הכלורופיל בחודש מרץ היו בד"כ קטנים מהריכוזים שנמדדו בספטמבר (למעט), למעט בנחלים בצת ותנינים (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, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדו"ח ניטור מים ונחלים לשנת 2011 של המשרד להגנת הסביבה/רשות הטבע והגנים, 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-2011, 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 2011 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

עבור פוספט:

שורק(236)<חדרה(61.2)<לכיש(60.5)<פולג(36.7)<ירקון(31.3)<נעמן(25)<תנינים(19.7)<קישון(10.3)<אבטח(9.2)<בצת(7.54)<אלכסנדר(4.24).

עבור אמוניה:

חדרה(1909)<שורק(580)<אלכסנדר(399)<תנינים(355)<בצת(351)<לכיש(343)<ירקון(329)<נעמן(257)<פולג(244)<קישון(120)<אבטח(6.26).

עבור ניטריט + ניטראט:

קישון(695)<אלכסנדר(507)<בצת(431)<נעמן(358)<חדרה(340)<פולג(298)<תנינים(242)<לכיש(91)<ירקון(76)<שורק(10.8)<אבטח(0.9).

עבור חומצה סיליצית:

תנינים(282)<חדרה(258)<פולג(206)<קישון(190)<שורק(174)<נעמן(172)<אלכסנדר(133)<לכיש(108)<ירקון(68)<בצת(62.8)<אבטח(29.1).

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 בדו"ח של המשרד להגנת הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ועד 2006 (התפרסם ביוני 2008), בדו"ח עומסי מזהמים בנחלים 2011 (התפרסם באוגוסט 2012) ובדו"חות 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**). בנחל תנינים מסתמנת עלייה בריכוזי הפוספאט וירידה מסוימת בניטראט בשנים 2010-2011, בנחל אלכסנדר מסתמנת עלייה בריכוזי האמוניום ב-2011, ובנחלים נעמן ושורק מסתמנת ירידה בפוספאט ואמוניום, בהתאמה, בשנים 2010-2011. בחלק מהנחלים קיימת תנדודות 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 2011 המליחותיות בתחנות במעלה הנחלים היו בד"כ קטנות יחסית (למעט לכיש, אלכסנדר וירקון), 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 2011 הם: פוספאט: שורק < ירקון < נעמן < אלכסנדר < קישון < תנינים < חדרה < לכיש חנקן אי-אורגני: שורק < ירקון < אלכסנדר < קישון < נעמן < תנינים < חדרה < לכיש

בנחלים נעמן, אלכסנדר ולכיש החנקן מוסע כאמוניום וניטראט בערכים דומים, ובנחלים קישון ותנינים כניטראט, ובנחלים חדרה וירקון כאמוניום (טבלה 6).

טבלה 6 כוללת גם את הערכת עומסי ההזרמה של חנקן וזרחן כללי אל הנחלים בשנת 2011, בעיקר ממתקני הטיפול בשפכים (דו"ח עומסים של המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים, אוגוסט 2012). הנתונים מראים שהעומס הגדול ביותר של זרחן כללי מוזרם אל הנחלים שורק (בעיקר ממט"ש ירושלים) ולאחריו ירקון < נעמן < אלכסנדר \approx קישון. הזרמות החנקן הכללי מדורגות כלהלן: שורק < ירקון < אלכסנדר < קישון < נעמן < חדרה \approx תנינים < לכיש.

ברור שצפויים הבדלים בין ההערכות של דו"ח 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 2011 (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" ובתי הזיקוק אשדוד, המוצאים הימיים של מט"ש הרצליה, 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 הקיש ון ¹	כלל נחלי החוף ²	מוצא ימי אלא ²	מפעלי קישור ²	מוצא ימי הרצליה ²	מוצא ימי שפד"ן ²	מוצא ימי אג"ן/בז"א ²	מט"ש אשדוד ²	מקורות אשקלון ²	סה"כ מוצאים ימיים	משקעים אטמוספיריים ³
חנקן טון/שנה	2004	960	1776		349	265	2,983	321	61		3978	5000~
	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	
	2009	185	1536	6.1	189	91.3	3,178	236	9.8	56	3766	
	2010	436	1166		249					54.1		
2011	152	1142 #2706										
זרחן טון/שנה	2004	88	144		7.7	59.1	1,420	5.9	29.6		1523	150~
	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	
	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		
	2011	12	93 #306									
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							
2011	87			87								

הערות לטבלה

- מבוסס רק על הממצאים בדו"ח 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 הקישור. # דו"ח עומסי מזהמים בנחלים 2011, המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים (אוגוסט 2012).
- 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 and Satellite Information System on Coastal Area and Lakes).

כללית, עודפי נוטריאנטים בסביבה הימית, עקב העשרה אנתרופוגנית, עלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה (פריחות מסיביות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיות ביותר העולות להתפתח בתנאים אלה הן פריחות 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 אוטרופיקציה 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 ותרבויות 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 הנחלים הקישון והנעמן <16 (יחס רדפילד) (**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, דומים או קטנים מיחס רדפילד. הסבר אפשרי לשינוי היחס בדרום המפרץ הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון כתוצאה מקבורה בסדימנט, וייתכן תהליכי דניטריפיקציה.

אורך החוף: תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2011 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.

כלורופיל

מדידות במים: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2011 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 34d**). הגרדיאנט של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. 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 2011 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 305 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ ו-72 צילומי לוויין מסוג MERIS FR (ברזולוציה גבוהה 300X300 מטר).

משנת 2008 מתבצע כיוול של האלגוריתם של כלורופיל באמצעות הפלגות דיגום מזדמנות. נתוני הכיוול אפשרו לנו לכייל רק את האלגוריתם של ים פתוח (דו"ח חיא"ל H19/2009). בדו"ח 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. 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) לאורך החוף, פותחו כלים אינטרנטיים המאפשרים לצפות על אזורים אלו ברזולוציה גבוהה יותר (לוויין 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. השינויים בריכוזים לאורך החוף מושפעים משלושה גורמים עיקריים: שינויים טבעיים לאורך החוף (ינואר-פברואר, יוני-ספטמבר, נובמבר-דצמבר), הסעה מהדלתא של הנילוס שהשפעתה מגיע עד אזור נתניה (ינואר-אפריל, יוני-ספטמבר, נובמבר-דצמבר) והשפעה של גורמים מקומיים (כגון: שפכי נחלים, מוצאים ימיים) (איורים 37 ו-38).

השוואה של הערכים היחסיים הממוצעים בכל המדף יחסית ל-2010 מראה, שהתופעות הסינופטיות הן די דומות, אולם בעוצמות שונות (איור 36). בשנת 2011 הריכוז הגבוה ביותר התקבל בחודש פברואר (0.46) ואילו הנמוך ביותר (0.21) בחודש יוני. ריכוזים מעל 0.3 נמדדו בחודשים מרץ-אפריל, יולי-אוקטובר ובחודש דצמבר, ואילו ריכוזים הקטנים מ-0.3 נמדדו בחודשים ינואר, מאי-יוני ונובמבר. בהשוואה לשנת 2010 הריכוזים השנה היו גבוהים יותר בחודשים פברואר, מאי-יולי, באוקטובר-דצמבר. גרף השוואתי משנת 2005 מוצג בנספח 4.

בדומה לשנים קודמות, גם בשנת 2011 ניתן לזהות מספר מוקדים בהם ערכי הכלורופיל גבוהים 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.

מפרץ חיפה: באיור 37 מוצגות אנליזות של ריכוזי כלורופיל מצילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR) מחודשים מרץ, יוני, ספטמבר ואוקטובר 2011, בהם ניתן להבחין בברור בהשפעת שפך נחל הקישון, ובחודשים מסוימים גם בשפך נחל הנעמן, על תפוצת הכלורופיל במפרץ חיפה וסביבתו. תפוצת כתמי הכלורופיל מושפעת מהזרמים והרוחות במפרץ ונצפית עד כ-3 ק"מ מהחוף.

עזה-אשדוד: במספר צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה בעיקר במהלך חודשים יולי-אוקטובר 2011 (איור 38) ניתן לראות ריכוזי כלורופיל (ערכים לא מכוילים) גבוהים יחסית תוך בפיזור צפונה ע"י הזרמים. המקור העיקרי הוא הדלתא של הנילוס, הזרמת ביוב מעזה לים והזרמות של שפכים עם חומרי דשן צפונית לנמל אשדוד.

אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו האצות סווגו לשתי קבוצות גדול: 1. אצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ כללו בתוכן את הפיקופלנקטון, שחלק בדו"ח לשתי קבוצות: א. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus*. ב. אצות אוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$. 2. אצות גדולות מ- $5\mu\text{m}$ שכללו את הננופלנקטון והמיקרופלנקטון ובהם הדינופלגלטים 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 בעיקר מביומסה גבוהה של בקטריות כחוליות חד-תאיות מהמין (2) *Synechococcus sp.* ודינופלגלטים (איור 41). לאורך החוף הביומסה וריכוז הכלורופיל היו הגבוהים ביותר בתחנת אשקלון, במים הרדודים, בדומה לשנתיים קודמות. (איור 42). הביומסה הגבוהה בתחנה זו נבעה בעיקר מביומסה גבוהה של אצות צורניות (איור 43). חלק ניכר מהמינים שהופיעו בדיגום זה אפיין גם דיגומים קודמים, להוציא מגוון גדול יחסית של מיני בקטריות כחוליות, במיוחד במפרץ חיפה (נספח 5).

במפרץ חיפה, כמו בשנים קודמות, נמצא הבדל מובהק בהתפלגות המינים השונים בין תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה לבין התחנות העמוקות יותר (איור 44). בשתי התחנות הרדודות ביותר הופיעו מינים אפייניים לתחנות אלה, שבחלקם ידועים כיוצרי פריחות. מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו בדרך כלל בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו (נספח 5). דינופלגלט מהמין *Akashiwo sanguinea*, שהוא ככל הנראה בעל פוטנציאל ליצירת רעלנים, הופיע בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה בריכוז גבוה יחסית לריכוז בתחנות האחרות במפרץ ולאורך החוף, ויחסית לריכוזו בשנים קודמות. דיגום זה מתאפיין במגוון גדול ובריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות של בקטריות כחוליות בכל התחנות להוציא התחנה HB2, שנבדלה השנה בהתפלגות קבוצות האצות ובהרכב המינים שבה יחסית לתחנה העמוקה ביותר והסמוכה לה HB1 (איור 45, נספח 5).

לאורך החוף נמצא הבדל מובהק במגוון המינים בין המים הרדודים לעמוקים (איור 44) ובין שלוש התחנות הצפוניות לאלה הדרומיות, כפי שנמצא בשנים קודמות. השנה, בדומה לשנה קודמת, הופיע מגוון גדול של מיני בקטריות כחוליות בכל התחנות, וריכוזן היה גבוה יותר במים הרדודים, במיוחד בתחנות הדרומיות, שורק ואשקלון ובתחנה הצפונית, בחוף דדו (נספח 5), ריכוזן לאורך החוף ירד יחסית לשנה קודמת, בניגוד לעלייה בריכוזן במפרץ חיפה. באשקלון נמצאה ביומסה גבוהה יחסית של אצות צורניות.

אצות במפרץ חיפה – בפתח נמל הקישון ובתחנה HB5 הסמוכה ריכוז התאים היה הגבוה ביותר (**איור 39**). הוא נבע מריכוז גבוה של בקטריות כחוליות חד-תאיות מהמין *Synechococcus* spp., שהיוו 95% מסך כל התאים בשתי התחנות (**איור 45**). הבקטריה הכחולית מהמין *Synechococcus* sp. (2), אפיינה כמו בשנים קודמות את תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה, והיוותה 51% מריכוז התאים בפתח הקישון. ריכוז המין (1) *Synechococcus* sp., השכיח יותר במפרץ חיפה ולאורך החוף, היה הגבוה ביותר בפתח הקישון, וירד בהדרגה לכיוון המים העמוקים שבמפרץ. בקטריות אלה היוו 97% מריכוז התאים הכללי בתחנות HB4-HB1, כפי שנמצא בתחנות לאורך החוף, לעומת 47%-51% בתחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה HB5.

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**). גרדיאנט הירידה בביומסה לכיוון המים העמוקים איפיין את כל קבוצות המיקרופלנקטון (**איור 41**). הביומסה הממוצעת בתחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה היו גבוהים מאוד יחסית לביומסה הממוצעת בתחנות הרדודות לאורך החוף (פי 9). בתחנות המרוחקות יותר HB1 – HB4 הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים יותר לממוצע התחנות העמוקות לאורך החוף. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהמין (2) *Synechococcus* sp. היו את עיקר הביומסה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה HB5, ושיעורם עמד על $44\% \pm 5$ מהביומסה הכללית (**איור 46**). הביומסה של הבקטריות הכחוליות הנפוצות, (1) *Synechococcus* sp., ירדה בהדרגה מפתח הקישון לכיוון עומק המפרץ (**איור 41**), וזאת ביחס הפוך לעלייה בשיעורם היחסי בביומסה הכללית לכיוון עומק המפרץ (**איור 46**). הקבוצה השנייה מבחינת חשיבותה בביומסה הייתה קבוצת הדינופלגלטים, שהביומסה שלהן השנה עלתה משמעותית יחסית לשנה קודמת, בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה (**איור 47**). הם היוו 20% מהביומסה הכללית בתחנות אלה. מיני דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu\text{m}$, היוו חלק ניכר מהריכוז ומהביומסה של הדינופלגלטים במפרץ, כמו גם לאורך החוף (**נספח 5**). ריכוזם היה גבוה יותר בפתח הקישון והתחנה הסמוכה (HB5) והם היוו בממוצע $37\% \pm 4$ מהביומסה הכללית של הדינופלגלטים בתחנות אלה. השנה, בשונה מקודמתה, הופיע בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה ריכוז גבוה יחסית של דינופלגלט מהמין *Akashiwo sanguinea*, שהוא ככל הנראה בעל פוטנציאל ליצירת רעלים. כיוון שזהו מין גדול יחסית, תרומתו הייתה משמעותית לביומסת הדינופלגלטים והוא היווה כ-20% מביומסת הדינופלגלטים בתחנות אלה. מינים שכיחים נוספים שתרמו לביומסה הגבוהה יחסית של הדינופלגלטים בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, היו מיני *Gonyaulax* ובהם *Gonyaulax scrippsae* ו-*Gonyaulax polygramma* והמינים *Prorocentrum micans* ו-*Ceratium furca* המסוגלים ליצור פריחות. הם הופיעו בריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות ולתחנות האחרות. גם מיני *Protoperdinium*, הנפוצים בדרך כלל בפתח הקישון ובתחנות הרדודות לאורך החוף, הופיעו בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה, בריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות.

ביומסת האצות הצורניות ירדה משמעותית בפתח הקישון ובשתי התחנות הסמוכות לה יחסית לשנה קודמת (**איור 47**) והן היוו שיעור קטן מאוד מהביומסה בתחנות אלה. ביומסת הצורניות

בתחנה העמוקה ביותר במפרץ הייתה קטנה מאוד גם בהשוואה לתחנות העמוקות לאורך החוף. המינים הנפוצים ביותר היו צורנית קטנה מהמין (*Chaetoceros* sp. (3µm), שהופיעה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה והיוותה כ-60% מביומסת הצורניות בתחנות אלה, והצורנית *Thalassiosira pseudonana*, השכיחה מאוד בפריחה בקישון. היא היוותה בשתי תחנות אלה 6%±30% מביומסת הצורניות. הצורנית *Bacteriastrum delicatulum* הייתה נפוצה במיוחד

בתחנות HB2 ו-HB4 בהם היוותה 65% ו-83% מביומסת הצורניות בהתאמה (נספח 5).

מיקרואצות מקבוצות שונות - ביומסת המיקרואצות הקטנות מ-5µm ירדה בפתח הקישון ובשתי התחנות הסמוכות, יחסית לשנה קודמת, אולם עדיין הייתה גבוהה והיוותה 12% מהביומסה הכללית (איור 45). כבשנים קודמות, בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, הופיעו, בריכוז גבוה יחסית, פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* הנפוצים בקישון והמאפיינים מים במליחות נמוכה ממי ים.

בדומה לשנה קודמת גם השנה הופיעו בכל התחנות בקטריות כחוליות חוטיות, אולם ריכוזן השנה היה גבוה יחסית לשנה קודמת בכל התחנות (להוציא HB2). מגוון הבקטריות הכחוליות היה גדול יחסית לשנה קודמת וכלל גם מגוון מינים חד-תאיים (נספח 5). יש לציין עם זאת שלמרות ריכוזן הגבוה יחסית, תרומתן לביומסה הכללית הייתה קטנה בגלל גודלן.

מגוון המינים - בהשוואה עם שנה קודמת, בפתח הקישון ובשתי התחנות הרדודות יותר במפרץ הייתה השנה עלייה משמעותית במספר הכללי של המינים ובאינדקס השונות (המתחשב במספר המינים ובביומסה) (איורים 48, 58). עלייה זו נובעת מעלייה חדה במגוון מיני הדינופלגלטים והבקטריות הכחוליות בתחנות אלה. אינדקס השונות עלה משפך נחל הקישון לכיוון המים העמוקים (איור 49), אולם בתחנה העמוקה ביותר HB1 הוא נמצא קטן יותר מזה שבתחנות הסמוכות, וזאת משום מגוון מינים קטן יחסית (איור 48). בנוסף תחנה HB1 התאפיינה בשיעור גבוה יחסית של מיני בקטריות הכחוליות (30% מסך כל המינים בתחנה זו) (נספח 5). בנייתוח היררכי של מגוון המינים (איור 43) נמצא, שתחנות פתח הקישון והתחנה הסמוכה אליה נבדלו באופן מובהק מהתחנות האחרות במפרץ ומכל התחנות לאורך החוף. כמו כן מגוון המינים בתחנת HB1 שבעומק המפרץ, שבדרך כלל דמה לזה שבתחנה הסמוכה HB2, נמצא שונה בדיגום הנוכחי מכל תחנות המפרץ והתחנות לאורך החוף. מגוון המינים בתחנה הסמוכה HB2 נמצא דומה למגוון בחוף דדו, כפי שנמצא בשנה קודמת.

מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים - בדיגום זה הופיע מגוון מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים, בנוסף על הדינופלגלט *Akashiwo sanguinea* שהוזכר לעיל. אולם מינים אלה הופיעו בדרך כלל בריכוז נמוך. מבין מינים אלה המינים *Dinophysis*, *Dinophysis caudata*, *Lingulodinium polyedrum*, *Karenia brevis*, *rotundata* הופיעו בריכוז גדול יותר בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, ואילו המין *Prorocentrum minimum* הופיע בריכוז גדול יותר בתחנות המרוחקות מפתח הקישון. בדיגום זה הופיע בריכוז בינוני פלגלט מקבוצת ה-*Raphidophyceae*, ככל הנראה המין *Hetrosigma* cf. *akashiwo*, שהוא בעל פוטנציאל ליצירת רעלנים. מין זה הופיע בעבר בפריחה בפתח הקישון ב-2002, ובריכוז בינוני בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, בשנים 2007 ו-2009.

אצות לאורך מדף היבשת - הרכיבו הממוצע של תאי המיקרופלנקטון במים הרדודים ($1.3 \times 10^8 \pm 1.7 \times 10^7$) היה גדול מזה שבמים העמוקים ($8.5 \times 10^7 \pm 2.8 \times 10^7$) (איור 39). באשקלון ושורק בשני העומקים ובאלכסנדר רדוד הייתה עלייה בריכוז התאים יחסית לשנה קודמת, והיא נבעה בעיקר מעלייה בריכוז הבקטריות הכחוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.* (איור 50) הבקטריות הכחוליות הללו היוו בממוצע $1\% \pm 96\%$ מסך כל ריכוז התאים בכל התחנות, בדומה לשנים קודמות.

הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים יותר במים הרדודים לאורך החוף, יחסית למים העמוקים, בדומה לממצאים בדיגומים קודמים (איור 42), להוציא חוף דדו, בו פרמטרים אלה היו דומים השנה. ריכוז הכלורופיל והביומסה עלו בהדרגה במים הרדודים מכיוון צפון לדרום (איור 42). התפלגות הביומסה בין קבוצות המיקרופלנקטון הייתה שונה בין התחנות לאורך החוף (איור 43), ונמצא הבדל מובהק בהתפלגות שיעור הביומסה באחוזים של הקבוצות השונות, כשהתחנה הרדודה באשקלון נמצאה, בדומה לשנה קודמת, שונה מכל יתר התחנות (איורים 51, 52). בתחנות הדרומיות נמצאה ביומסה גדולה יותר של אצות צורניות, במיוחד באשקלון בשני העומקים. בתחנה הרדודה באשקלון היוו הצורניות 57% מהביומסה הכללית לעומת 25% בתחנות הרדודות האחרות (להוציא חוף דדו) (איור 51). בתחנות הצפוניות ביומסת הבקטריות הכחוליות הייתה דומיננטית יותר, במיוחד בחוף דדו. בשני העומקים בחוף דדו היוו בקטריות אלה $4\% \pm 67\%$ מהביומסה הכללית, לעומת כ-40% ביתר התחנות, להוציא התחנה הרדודה באשקלון, שם היוו בקטריות אלה 16% בלבד. המיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu\text{m}$ היוו $4\% \pm 23\%$ מהביומסה הכללית בכל התחנות להוציא תחנת אשקלון, בה הם הרכיבו 10% בלבד מהביומסה הכללית.

ביומסת הצורניות עלתה השנה בכל התחנות ובאופן משמעותי במיוחד בתחנת אשקלון. המינים הדומיננטיים מבין האצות הצורניות היו מיני *Chaetoceros spp.* הנפוצים לאורך החוף, שהופיעו בריכוז גדול יותר במים הרדודים (נספח 5). הם הרכיבו חלק ניכר מהביומסה בכל התחנות ויצרו פריחה במים הרדודים באשקלון. המין *Hemiaulus hauckii* היה נפוץ בכל התחנות ובריכוז גבוה יחסית לדיגומים עד כה בעומק התחנות הצפוניות, חוף דדו ואלכסנדר. מין זה מתאפיין בכך שיש בתוכו בקטריה כחולית חוטית סימביונטית המסוגלת לקבע חנקן. מינים אחרים הופיעו בריכוז גבוה רק בחלק מהתחנות, כמו המין *Thalassiosira pseudonana* המאפיין יותר את פתח הקישון, שם הוא יוצר לעיתים פריחות. הוא הופיע בריכוז גבוה יותר במים הרדודים בשורק וירקון. בשתי תחנות אלה הופיעו בריכוז גבוה, יחסית ליתר התחנות לאורך החוף, גם מיני *Navicula spp.* ומיני *Pseudonitzschia spp.*

נמצאה עלייה הדרגתית בביומסת הדינופלגלטים במים הרדודים מכיוון צפון לדרום, כשבתחנת אשקלון הביומסת שלהם הייתה הגדולה ביותר (איור 43). מבין הדינופלגלטים המינים הקטנים (עד $15 \mu\text{m}$) היו הנפוצים ביותר (טבלה 1) והיוו בממוצע כ- $9\% \pm 22\%$ מביומסת הדינופלגלטים בכל התחנות.

בדומה לשנה קודמת המין *Ceratium kofoidii*, הנפוץ בדיגומים לאורך החוף, היה שכח יותר בתחנות הרדודות הדרומיות. מיני *Protoperidinium spp.*, ובהם המין השכיח בכל הדיגומים

(54) *Protoperidinium* sp., הופיעו בריכוז גדול יותר במים הרדודים. מבין הדינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים המין *Prorocentrum minimum* הופיע בחלק מהתחנות בריכוז בינוני. המין *Akashiwo sanguinea* הופיע בדרך כלל בריכוז נמוך. בתחנות הרדודות הדרומיות ריכוזו היה גבוה יחסית לצפוניות, ובאשקלון ריכוזו היה גבוה יחסית לתחנות האחרות לאורך החוף ולשנה קודמת. המין *Dinophysis caudata* הופיע בריכוז נמוך, אם כי הייתה עלייה קטנה בריכוזו השנה. המין *Ostreopsis* sp., המופיע בדרך כלל בריכוזים נמוכים מאוד בתחנות תנינים ואלכסנדר, הופיע השנה בריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות במים הרדודים בתנינים. מינים אחרים בעלי פוטנציאל ליצירת פריחות רעילות הופיעו בריכוז נמוך מאוד.

מגוון המינים – במרבית התחנות, להוציא שתי התחנות הצפוניות, נראתה השנה עלייה במספר המינים יחסית לשנה קודמת (**איור 48**), ומקורה בעיקר בעלייה במגוון מיני האצות הצורניות בחלקו הדרומי של החוף (תחנות ירקון-אשקלון) ובעלייה במגוון מיני הדינופלגלטים בעיקר במים העמוקים. במים הרדודים בשתי התחנות הדרומיות הייתה גם עלייה במגוון הבקטריות הכחוליות. בשנתיים האחרונות, שלא כמו בשנים קודמות, הופיע בכל התחנות לאורך החוף מגוון גדול (ובריכוז גבוה יחסית) של בקטריות כחוליות, שהשכיחות בהן היו מהמין *Leptoyngbya* spp. ו-*Lyngbya* spp. בנוסף, בתחנת שורק נמצאו, בריכוז גבוה יחסית לתחנות האחרות, המינים *Thalassiosira pseudonana* ופלגלט מה-*Cryptophyceae* המאפיינים מים פחות מליחים ומופיעים תדיר בפתח הקישון. בשונה משנים קודמות, התחנה הרדודה בתנינים לא נבדלת במגוון המינים יחסית לתחנות האחרות.

מגמות בזמן ובמרחב (2002 – 2011)

אצות במפרץ חיפה – קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול הביומסה וריכוז הכלורופיל מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (**איורים 53, 54**). גם הרכב המינים משתנה בכיוון זה, כאשר קרוב לשפך מופיעים מיני צורניות קטנות בריכוז גבוה, מיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר, ומיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים בריכוז גבוה יחסית. השנה, בניגוד לשנה קודמת, נראתה עלייה חדה במגוון מיני הדינופלגלטים ובריכוזם במפרץ חיפה בכל התחנות (להוציא התחנה העמוקה ביותר HB1). כמו כן נראתה עלייה במגוון מיני הבקטריות הכחוליות ובריכוזן בכל התחנות (להוציא תחנה HB2) (**נספח 5**). 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 2002-2011 (**איור 53**) נמצאה השנה עלייה בביומסה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, לעומת זאת בריכוז הכלורופיל הייתה ירידה בפתח הקישון (**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 2002-2011) בין התחנות הרדודות נמצא, שהביומסה בתחנות הרדודות בירקון ואשקלון לא נבדלה באופן מובהק והייתה גבוהה באופן יחסי לתחנות האחרות (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-2011 הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל היו הגבוהים ביותר במים הרדודים בתחנות אשקלון (איור 42) כפי שנמצא בשנתיים קודמות. 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, ולאורך החוף (איורים 49, 57). בדיגום 2011 נמצאה עלייה משמעותית במספר המינים ובאינדקס השונות בתחנות פתח הקישון ושתי התחנות הסמוכות HB4 ו-HB5, שמקורה בעלייה במגוון מיני הדינופלגלטים ומיני הבקטריות הכחוליות (איורים 57, 58). בתחנה העמוקה במפרץ (HB1), לעומת זאת, נראית בשלוש שנים אחרונות ירידה באינדקס השונות (איור 58).

לאורך החוף, ממוצע אינדקס השונות נמצא גדול באופן מובהק במים העמוקים יחסית למים הרדודים (איור 57). במרבית התחנות בדיגום 2011 נראתה עלייה במספר המינים, להוציא התחנות הצפוניות דדו ותנינים (רדוד) (איור 48). אינדקס השונות ב-2011 עלה יחסית לממוצע הרב-שנתי, במרבית התחנות (איור 57). אינדקס השונות הממוצע בתחנות ירקון ואשקלון נמצא הקטן ביותר יחסית לתחנות הרדודות האחרות, אולם הוא לא נבדל באופן מובהק מתחנת דדו. בתחנת ירקון נראית המשכה של מגמת עלייה במגוון המינים ובאינדקס השונות בארבע השנים האחרונות, כמו גם בתחנת שורק (איור 58). במים העמוקים בחוף דדו, נראתה ירידה רציפה באינדקס השונות בשלוש שנים אחרונות, בדומה לתחנה העמוקה (HB1) במפרץ חיפה. בתחנה מול נחל תניני, מגוון המינים לא נמצא שונה או גדול יחסית לתחנות האחרות, בניגוד לממצאים בשנים קודמות. אינדקס השונות הממוצע בתחנות הדרומיות (ירקון עד אשקלון) קטן באופן מובהק בשנים 2002 – 2011, יחסית לתחנות הצפוניות (אלכסנדר עד חוף דדו) (איור 57).

לסיכום: שינוי בהרכב המינים שהתבטא בעלייה במגוון מיני הבקטריות הכחוליות (חוטיות וחד-תאיות) ובמגוון מיני הדינופלגלטים, במיוחד בתחנות פתח הקישון והתחנות הסמוכות, אך גם בתחנה העמוקה ביותר HB1, יכול אולי להצביע על אפשרות של שינוי בריכוז ויחסי נוטריאנטיים במיוחד במפרץ חיפה. גם לאורך החוף הופיע בשנתיים אחרונות מגוון וריכוז גדול יותר של

בקטריות כחוליות שאינן מאפיינות שנים קודמות. בנוסף, 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 – 7.5 מ', פרוטארום – 8.8 מ' וקריית חיים בעומק 9.8 מ' לערך, ומול מוצא הקישון בעומק 11 מ') ו-9 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לזיקים, בעומק מים של כ-8.6-13.7 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, מוצא קולחי הרצליה, ירקון, שורק, אשדוד ואשקלון). בסה"כ נאספו, מוינו ונספרו 49,541 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות *Spionidae* (6,849 פרטים) ו-*Syllidae* (2,173), סרטנאים מהסוגים *Canuella aff. perplexa* (4,893) *Canuellina insignis* (3,796 פרטים), *Cristapeudes omercooperi* (3,504 פרטים), *Scottolana bulbosa* (2,827 פרטים), *Calanoida*. Indet. (3,787 פרטים) ו-*Apseudes mediterranean* (4,272).

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בנספח 6. במרבית תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים. בתחנות קריית חיים, פולג והרצליה נמצאו הבדלים גדולים בין הדגימות החוזרות. בקריית חיים נספרו 1,500 פרטים מהמין *Apseudes mediterranean* בדגימה אחת ורק 500 פרטים באחרת, גם במין *Dosinia lupinus* נספרו 50 פרטים בדגימה אחת ו-150 בדגימה אחרת. ה-*Phoronida*: דגימה אחת הכילה 1,350 פרטים ושאר הדגימות ללא פרטים. בתחנות פולג והרצליה נמצאו הבדלים גדולים בין הדגימות השונות במין *Apseudes mediterranean*. מינים רבים שנמצאו בתחנות אלה, נספרו רק בדגימה אחת מתוך השלוש ולכן גרמו לסטיות תקן גדולות בגרף.

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 הגבוה ביותר של פרטים (ממוצע של שלוש דגימות חוזרות בתחנה) הן (בסדר יורד): קריית חיים, קישון, פולג, תנינים, (4,185, 3,012, 1,443, 1,180 בהתאמה). המספרים הנמוכים ביותר נמצאו מול פרוטארום (541), אשקלון (369), ודדו (173). ביתר התחנות נמצאו ערכי ביניים (איורים 59, 60a). היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג באיור 61. באשקלון היוו התולעים 60% מסך הפרטים שנאספו, בנעמן ובדדו יותר ממחצית (כ- 55%), בקרית חיים כשליש מסך הפרטים שנאספו ובפרוטארום כרבע מסך הפרטים שנאספו (איור 59). אולם קבוצות נוספות, כ-Mollusca, בנתונים מסוימים, מהוות סמן להעשרה אורגנית גבוהה, והן אכן נמצאו במספרים גבוהים בקישון ובקרית חיים.

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאונסטית 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 Primer 5, Plymouth 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.

מספר התולעים הכולל של שלושת המשפחות ממערכת התולעים הרב זיפיות (Capitellidae, Sillidae, Spyonidae) מושפע מהעשרה בחומר אורגני ובהתאם גדל באזורים מופרים בהעשרה בחומר אורגני. איור 64 מציג את הגודל היחסי של מספר הפרטים הכולל של התולעים ממשפחות אלה בשנת 2011 (לאחר ביצוע שורש שלישי של הממוצעים). לפי מדד זה אזור מפרץ חיפה מועשר בחומר אורגני בהשוואה לשאר האזורים לאורך החוף, אולם גם האזור מול אשקלון ואשדוד מראה העשרה. איור 64 מראה שמגמה זו נצפית לאורך השנים השונות (2005-2011) של ביצוע הניטור.

מספר מיני הרכיכות המהגרות בדגימות 2010 היה 14 ואילו ב- 2011 זוהו 20 מינים מהגרים. השוואה בין המינים הנפוצים בשנים אלה רואים כי המינים *Canuella aff. Perplexa* ו- *Canuellina insignis* היו נפוצים בתחנות נעמן, תנינים ופולג אך בשנת 2010 היה מספרם כמחצית ממספרם בשנת 2011. המינים *Cristapeudes omercooperi* ו- *Tanaissus microthymus* היו נפוצים בשתי השנים בערכים דומים. מהצדפה *Mactra stultorum* נספרו בשנת 2010 7,314 פרטים (רובם באשקלון) ואילו השנה נספרו 77 פרטים בלבד הפזורים במספר תחנות. מספר הפרטים של הצדפה *Dosinia lupinus* בשנת 2011 היה כשליש ממספרם בשנת 2010. ה- *Phoronida* כללה 2,091 פרטים בשנת 2010 וכולם היו בתחנה אחת בקריית חיים, ואילו בשנת 2011 נספרו 1,350 פרטים וגם הם נאספו בתחנה אחת בקריית חיים.

איור 65 מציג את אחוז המינים המהגרים במערכת הרכיכות מסך כל המינים שזוהו/נספרו (בכל המערכות) ואת היחס בין מספר הפרטים המהגרים במערכת הרכיכות לבין סך הפרטים שנספרו. ניתן לראות כי אחוז המינים המהגרים גבוה בהשוואה למספר הפרטים המהגרים, דבר המעיד על כך שמבחינה מספרית חלקם היחסי באוכלוסייה קטן. מהדיגום בשנת 2011 נראה כי אזור מפרץ חיפה ורצועת החוף מפולג לכיוון דרום עשירה יותר במינים מהגרים מאשר אזור חיפה עד נתניה. יש לבסס תצפית זו בהמשך מעקב אחר מינים אלה.

השוואה בין נתוני 2011 והשנים הקודמות מראה על ירידה משמעותית במספר הפרטים שנספרו מידי שנה באתרים נעמן ופרוטארום מאז שנת 2007. בשנת 2007, מספר הפרטים בפרוטארום ובנעמן עמד על כ- 3800 ו 6700 פרטים בהתאמה, ובשנת 2011 מספר הפרטים עומד על כ- 500 וכ- 1000 פרטים בהתאמה. מספר הפרטים שנספרו באתרים פולג ותנינים נמצא בעליה מתמדת מאז שנת 2008 (כשלוש מאות פרטים בשנת 2008 עד כ- 1500 פרטים בשנת 2011), ובשאר האתרים לא ניתן להצביע על מגמה מסוימת למעט העובדה שהשנה נספרו יותר פרטים ברוב התחנות בהשוואה לשנה שעברה (למעט אשקלון ודדו). בכל האתרים, מספרי הטכסה בדגימות עלו או נותרו בעינם בהשוואה לשנת 2010, למעט מספרי הטכסה בתחנות דדו ואלכסנדר, שם נצפתה ירידה של כחמישה אחוזים בהשוואה לשנה שעברה (איורים 66, 67).

פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי

פיילוט של תכנית ניטור של חברת החי והצומח על טבלאות הגידוד החל בסוף 2009. במסגרת התכנית נדגמים אחד עשר 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) הנדגמות רק באתרי הליבה. במקביל לדיגום הביולוגי, מתבצע בארבעה אתרי הליבה כל חודש ניטור של תנאים סביבתיים, הכוללים טמפרטורת מי ים בעזרת אוגרי נתונים דיגיטליים קבועים על הסלע וכן נתונים ביוכימיים (נוטריאנטים וכלורופיל). הטבלה להלן מפרטת את תכנית הניטור. עד כה נעשה ניטור מסתיו 2009 עד סתיו 2012 (בדו"ח זה נעשה ניתוח עד לסתיו 2011). 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 שמאפשר לעיתים דיגום חלקי בלבד.

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי, המצוי רק בחופים דרומיים 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 *צנורן בונה*, *Dendropoma petraeum*. ההשערה היא כי בנייה ביוגנית מתמדת זו של צינורות החילוון 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 לעקות רבות, הן מקומיות והן אזוריות, היכולות להשפיע על החברה האקולוגית.

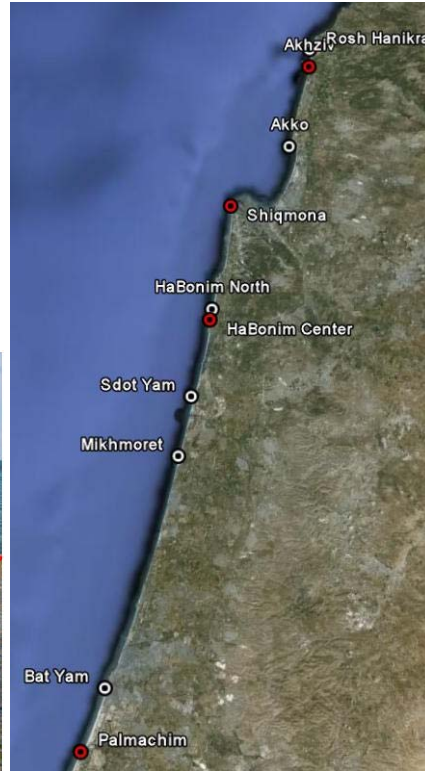
טבלת הפרמטרים השונים הנבדקים במהלך פרויקט הניטור, כולל פרויקט נלווה של מדידת גיוס של חסרי חוליות דומיננטיים. האותיות מראות את תדירות הדיגום לפי הפירוט למטה.

		כימיה דגימות מים											פיזיקה YSI		פיז'	ביולוגיה					
		אלקליניות											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		סיליקה											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		פוספט											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		צמובת											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		ניטרט											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		ניטריט											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		כלורופיל											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		התצן											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		מליחות											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		pH											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
		אלקליניות											טמפ'		טמפ' loggers	גיוס בלטים	גיוס צדפות	חברה אקולוגית כרית		אתר	אזור
																	Y	ראש הנקרה	צ	פ	
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M	S	S	אכזיב			
																	Y	עכו	ו	י	
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M	S	S	שיקמונה צפון			
																	Y	שיקמונה מרכז	מ	ר	
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M	S	S	הבונים צפון			
																	Y	הבונים מרכז	כ	ז	
																	Y	שדות ים			
																	Y	מכמורת	ד	רום	
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	C	M	M	S	S	בת ים			
																	Y	פלמחים			

חברה אקולוגית = עושר מינים ושכיחות של כל המאקרו אצות וחסרי החוליות בחמישה-עשר ריבועים לאורך חתכים בארבע (אתרי ליבה) או שתיים (אתרים שנתיים) חגורות אנכיות או אופקיות בבית הגידול

Y = yearly Oct-Nov
S = Seasonally Oct-Nov, Jan-Feb, Apr-May, July-Aug
M = Monthly
C = Continuous

הפרמטרים בבחול נמדדים בשדה בעזרת ה- YSI
הפרמטרים בירוק מחושבים במעבדה מדגימות מים הנאספות כל חודש



מפת אתרי הדיגום בתכנית הניטור. באדום – אתרי הליבה. צילום אילוסטרציה מחוף דור-הבונים המדגים את מיקום חגורות הדיגום בתכנית הניטור

הנתונים המתוארים מטה מתייחסים רק לשתי חגורות הכרית על פני הטבלה (השוליים ומרכז הטבלה).

עושר מינים

סך הכל נספרו בדיגומי סתיו 2010, שכללו את כל האתרים, 68 טקסונים, מהם 44 אצות ו-24 חסרי חוליות. חשוב לציין כי בסקר מסוג זה ישנה הערכת חסר גדולה של סרטנים ניידים ודגים וכן מינים קריפטיים יותר, כמו שושנות ים. לצורך תיעודם הכמותי יש צורך בשיטות משלימות, שיתכן שיתוספו לניטור בהמשך. בכל שלוש שנות ניטור הפיילוט נמצא כי עושר המינים גבוה יותר בשולי הטבלה ברוב האתרים, לעומת מרכז הטבלה (איור 68). נראה כי ב-2011 עושר המינים גדול יותר מאשר בשנים הקודמות במרבית האתרים (איור 68). הסיבה לכך קרוב לוודאי היא שיפור ביכולת הזיהוי וההפרדה בין המינים עם התקדמות הפיילוט של תכנית הניטור, אך יתכן גם כי ישנם הבדלים אמיתיים בין השנים. רק ניטור ארוך טווח יוכל לאבחן שינויים ומגמות בזמן ולהבין אותן.

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

נתוני הסתיו בשלוש שנות הניטור הראשונות מאפשר בחינת שונות מרחבית ב-11 אתרים. ניתוח הנתונים מראה שונות רבה במבנה החברה בין האתרים השונים לאורך החוף שהיה קונסיסטנטי בכל שלוש השנים (**איור 68**). ניתן לראות שינויים אתרים בהם ההבדלים בין השנים מועטים (הסמלים שלהם מקובצים מאוד, לדוגמה שקמונה 1 ואכזיב) ובאתרים אחרים ההבדלים ניכרים יותר (ישנו פיזור גדול בין השנים, לדוגמה שיקמונה 2). ישנם אתרים שמאוד נבדלים מכל האחרים, לדוגמה עכו בשולי הטבלה.

שונות עונתית ורב-שנתית

באורדינציה המתארת את דמיון החברות בארבעת אתרי הליבה בעונות הדיגום השונות לאורך שלוש שנים (**איור 69**) ניתן לראות בברור את השינוי העונתי במבנה החברה, כאשר ברוב המקרים החברות באותה עונה בשנים שונות באותו אתר דומות יחסית ושונות מן העונות האחרות. השינוי ניכר במידה הפחותה ביותר באתר פלמחים בשולי הטבלה, שם החברה לא השתנתה מאוד בין העונות יחסית לאתרים האחרים. אתר זה גם נבדל מאוד, בעיקר בשולי הטבלה, מן האתרים האחרים.

מצבו של הורמטיד, צינורן בונה

גם בשנת 2011 בכל האתרים ובכל העונות לא נמצאו פרטים חיים של הצינורן הבונה, ובטבלאות מסוימות חסר כבר הכרכוב כמעט לחלוטין (**איור 70**).

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 השלכות 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 71**). האוכלוסייה הגדולה ביותר שנדגמה בשנות התשעים הייתה באתר מסוים באכזיב. נמצא כי בתקופה האחרונה אוכלוסיה זו לא קיימת יותר, והמין נעשה נדיר ביותר ולמעשה לא נצפה באף אחד מן החתכים גם בשנת 2011. 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 71**, עבור הקיפוד הסגול *Paracentrotus lividus*) שנצפתה במחקר מקביל אחר בשנתיים האחרונות. 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. ניסוי מעבדה בפרויקט אחר מצביע על כך שכנראה הקיפודים מתים בזמן החשיפה לטמפי' המקסימום הנמדדות כיום בשיא הקיץ אך שורדים את טמפי' המקסימום שהיו לפני שני עשורים (כ-2 מעלות פחות). זוהי עדות ראשונית לכך שכנראה העלמות הקיפודים (ויתכן גם מינים אחרים) קשורה לעליית טמפרטורת הים הנובעת משינוי האקלים הגלובלי. זהו אות אזהרה לסכנות שינוי האקלים, המהווה עוד הוכחה לכך שיש צורך דחוף בהמשך מעקב וניטור של המגוון הביולוגי לאורך החוף.

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 ברוב מועדי הדיגום, ואילו שקמונה הנמוכים ביותר, בעיקר בתקופת סוף האביב ותחילת הקיץ (**איור 72**). 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. בארבעה מועדים נראים דווקא הערכים הגבוהים ביותר באתר פלמחים, פעמיים (מרץ 2010 ומרץ 2012) באופן משמעותי ביותר. יתכן שעובדה זו קשורה לשטיפה של זיהום אורגני בחורף מנחל שורק בעת שיטפונות המגבירה את היצרנות הראשונית באזור. נושא זה דורש בדיקה מעמיקה.

ערכי הנוטריאנטים שנמדדו במהלך 2010-11 בארבעת אתרי הליבה מוצגים ב**איור 73**. 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 (NO_3). ערכי הפוספט היו גבוהים יותר באזור פלמחים ברוב חודשי השנה אך לא באופן משמעותי. ערכי הסיליקה מראים גרדיאנט ברור מדרום לצפון, הערכים הגבוהים ביותר בפלמחים והנמוכים ביותר באכזיב.

נתונים פיסיקו-כימיים שנמדדו פעם בחודש באתרי הליבה מוצגים ב**איור 74**. כצפוי, ניכרת עונתיות ברורה בטמפרטורת פני הים, וניתן להבחין בערכים גבוהים יותר בקיץ 2010 ו-2012. גם חורף 2012 היה קר יותר מהחורפים הקודמים. בנתוני המליחות ניתן להבחין בירידה חדה בחורף האחרון, יתכן בשל גשמים רבים שירדו בחורף זה. רמות החמצן מראות על-רוויה בפני המים עם ערכים גבוהים ביותר בתקופה האביב, ככל הנראה בשל עלייה ביצרנות הראשונית בעונה זו. ערכי החומציות והאלקליניות מראים תנודות אך חוסר במגמה ברורה. ההבדלים בין האתרים נובעים כנראה בעיקר מהבדלים בשעת הדיגום ביממה. פלמחים תמיד נדגם בבוקר מוקדם, הבונים בצהרים המוקדמים, בעוד שאכזיב ושקמונה נדגמו אחר הצהרים כשם יותר ואחרי פעילות פוטוסינטטית לאורך היום.

איורים 75 ו-76 מראים את נתוני הטמפרטורה הרציפים שהתקבלו מאוגרי הנתונים המעוגנים לסלע בשלושה מפלסים, מעל לקו הגאות (מדידת טמפרטורת אוויר בלבד), על טבלת הגידוד (מתכסה במים ונחשף חליפות) ובעומק חצי מטר מתחת למים. **איור 75** מראה את הנתונים לפי מפלס **ואיור 76** לפי אתר. האתר הראשון בו הוצבו האוגרים היה שקמונה ובהמשך נוספו האתרים הנוספים. סדרת הזמן אינה רצופה במקרים רבים בשל העלמות או פגיעה באוגרים במקומות מסוימים או בעיות בפריקת הנתונים (הפריקה היא אופטית). כאשר ישנם נתונים מכל האתרים, ניתן לראות כי הערכים גבוהים במעט באתר הדרומי, פלמחים, לעומת האחרים. על הטבלה ניתן לראות תקופות בהם התנודות חזקות ואחרות בהן הן מועטות. הבדלים אלה נובעים כנראה בעיקר מהבדלים במשרעת הגאות והשפל. בחורף, כאשר זו גדולה, או בתקופות בחודש בהם היא גדולה (spring tide), נראה תנודות גדולות, ובתקופות אחרות הטבלה מכוסה בעיקר במים, ולכן יש פחות השפעה לטמפרטורת האוויר כיוון שהאוגר אינו נחשף. סדרת זמן כזו יכולה לשמש לחישוב זמני חשיפה של הטבלאות לתנאי יובש.

פיילוט הקמת מרכז מידע על המגוון הביולוגי – barcoding

מאז שנת 2011 היא"ל עוסקת בהקמה ובפיתוח של התשתית לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל כחלק מפרויקט הברקודינג העולמי. עד כה נערך המחקר על למעלה מ-300 מינים (ראה טבלה להלן). המטרה העיקרית של המחקר הנוכחי היא להקים ולפתח את המרכז התשתיתי המדעי הישראלי לקוד-הקווים המולקולרי של המגוון הימי בישראל, לאור השנויים הנצפים במדעי הימים בארץ בעידן של שינויים גלובליים ופיתוח סביבתי מואץ. ברור לנו שמחקר זה מהווה רק נקודת הפתיחה למחקר ארוך שנים שבו יבוסס הברקודינג הימי הישראלי. הקמת המרכז התשתיתי נעזרת בשני האוספים הלאומיים הביולוגיים המצויים באוניברסיטת תל-אביב והאוניברסיטה העברית (בהם יאוכסנו החיות עליהן נעשה המחקר) ועל תשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי שבמכון לחקר ימים בחיפה), שבו יאוכסנו, יוצגו ויופצו תוצאות המחקר. מטרה נוספת וחשובה של המחקר היא להביא את מדינת ישראל כחברה שוות ערך במרכז העולמי לקוד-הקווים המולקולרי הימי.

רקע מדעי: לפני פחות מעשור (שנת 2003) הוצע לראשונה להשתמש במקטע גן מיטוכונדריאלי (COI) כקוד-קווים להגדרת בע"ח, מכיון שיותר מ-95% ממיני בעלי החיים מציגים רצוף מולקולרי מבחין באתר זה. ההצעה, ביחד עם מספר עבודות מובילות בתחום, חוללה מהפכה בעולם הטקסונומיה והובילה בשנת 2004 להקמת המארג העולמי לברקודינג של עולם החי והצומח (CBOL) ומיד לאחריו למארג העולמי של הברקודינג הימי (MarBOL). ישראל עדיין לא חברה ב-MarBOL ואין בישראל מרכז לאומי לקוד-הקווים. בגלל הפשטות והנוחיות שהשיטות המולקולריות מוסיפות לענף הטקסונומיה ובגלל היכולת של הגישה המולקולרית להבחין בין מינים שיש להם מורפולוגיה זהה, שיטת הברקודינג תופסת כיום פרק נכבד ביותר בטקסונומיה מודרנית.

מתודולוגיה ושיתוף פעולה: לאור מצג הידע הנוכחי הדל והכיסוי התקציבי המצומצם, חוקרי חי"ל מתרכזים במשך השנים הראשונות למחקר בשלוש קבוצות ימיות עיקריות שיש עליהן ידע טקסונומי נרחב בארץ (דגים, סרטנים ורכיכות) ובמינים החיים באתרים של הים העמוק (לאור הפיתוח הסביבתי המואץ בים העמוק בשל תגליות אנרגיה). המחקר מתנהל במקביל על אסופים יזומים ועל חומר המצוי באוספים שבאוניברסיטאות תל-אביב וירושלים ושניתן לעבדו לצורך זה (חומר ששומר באלכוהול ולא בפורמלין). חוקרי חי"ל עוסקים בברקודינג מולקולרי של הדגימות שנאספות, אכסון התוצאות במאגרי מידע והצגתן. שיטות המחקר המולקולרי הן השיטות הנהוגות בברקודינג העולמי, בעזרת ההמלצות של מרכז הברקודינג העולמי בהקשר ללקיחת המידע והצגתו.

חדשנות ויישומיות: המרכז התשתיתי לקוד-קווים מולקולרי של המגוון הימי בישראל הינו שלב ראשון בפעילות מחקר תשתית מדעי בישראל ומיועד להמשיך ולפעול מספר רב של שנים. לפי הערכות רק לאחר כ-15-20 שנה של מחקר אפשר יהיה לסכם ולתעד חלק עיקרי של המגוון הביולוגי הימי בישראל (הכולל בע"ח, אצות וצמחים, וקבוצות חד תאיות מסוימות). המרכז הינו תוצר של רצון חוקרים ומוסדות במדינה לשים את הידע בנושא זה בקדימות גבוהה עם התחייבות רבת שנים להמשיך ולספק את התשתית המתאימה (אוספים לאומיים באוניברסיטאות, מרכז מידע בחקר ימים ואגמים). היישומיות של תוצאות המחקר הינה מיידיית.

Taxonomic group	Number of species
Algae	30
Sponges	34
Annelida	23
Bryozoa	10
Cnidaria	4
Crustacea	39
Echinodermata	3
Gastropoda	10
Bivalvia	20
Tunicata	30
Fishes	>150

- 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 Tsirtsis, 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.

דו"ח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003, 2009, 2011), המשרד לאיכות הסביבה (2004, 2012).

גורדון, נ', חרות, ב', קרס, נ', 2012. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח. דו"ח ניטור אוקטובר 2011, מוגש לרשות נחל הקישון. דו"ח חיא"ל H58/2012.

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

קרס, נ', גליל, ב', שהם-פרידר, א', 2012. השפעה בוצה משופעלת על הסביבה הימית תוצאות הניטורים שנערכו בשנת 2011 באזור המוצא הימי של השפד"ן. דו"ח סופי, מוגש למי אזור דן אגודת מים שיתופית. דו"ח חיא"ל H22/2012.

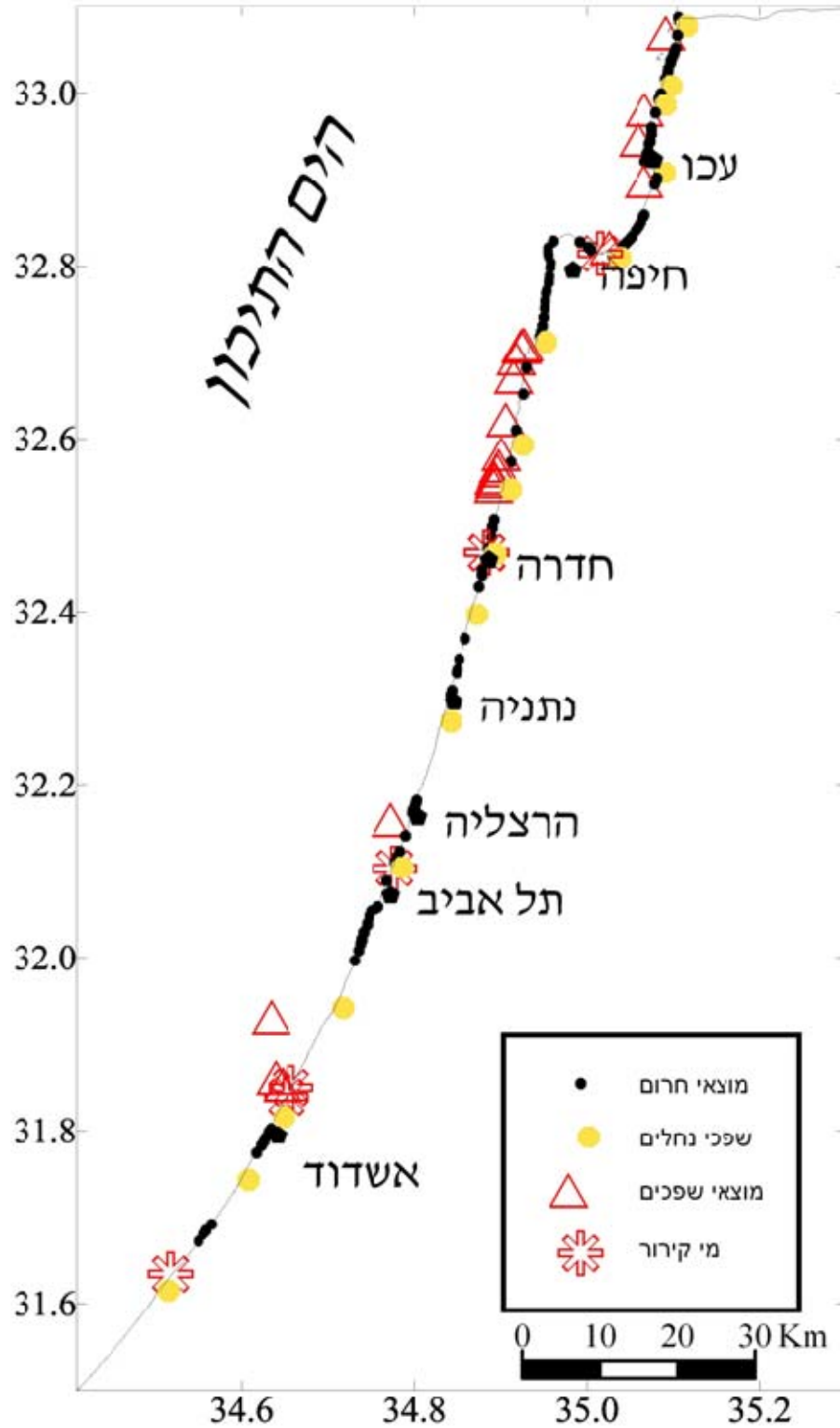
שהם-פרידר, א', קרס, נ', גורדון, נ', גליל, ב', 2012. ניטור במוצא הימי של שפכי המפעלים אגן יצרני כימיקלים בע"מ ופז בית זיקוק אשדוד בע"מ. דו"ח סופי לדיגומי 2011, מוגש לאגן יצרני כימיקלים בע"מ ולפז-בית זיקוק אשדוד בע"מ (טיוטה להערות). דו"ח חיא"ל H20/2012.

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.

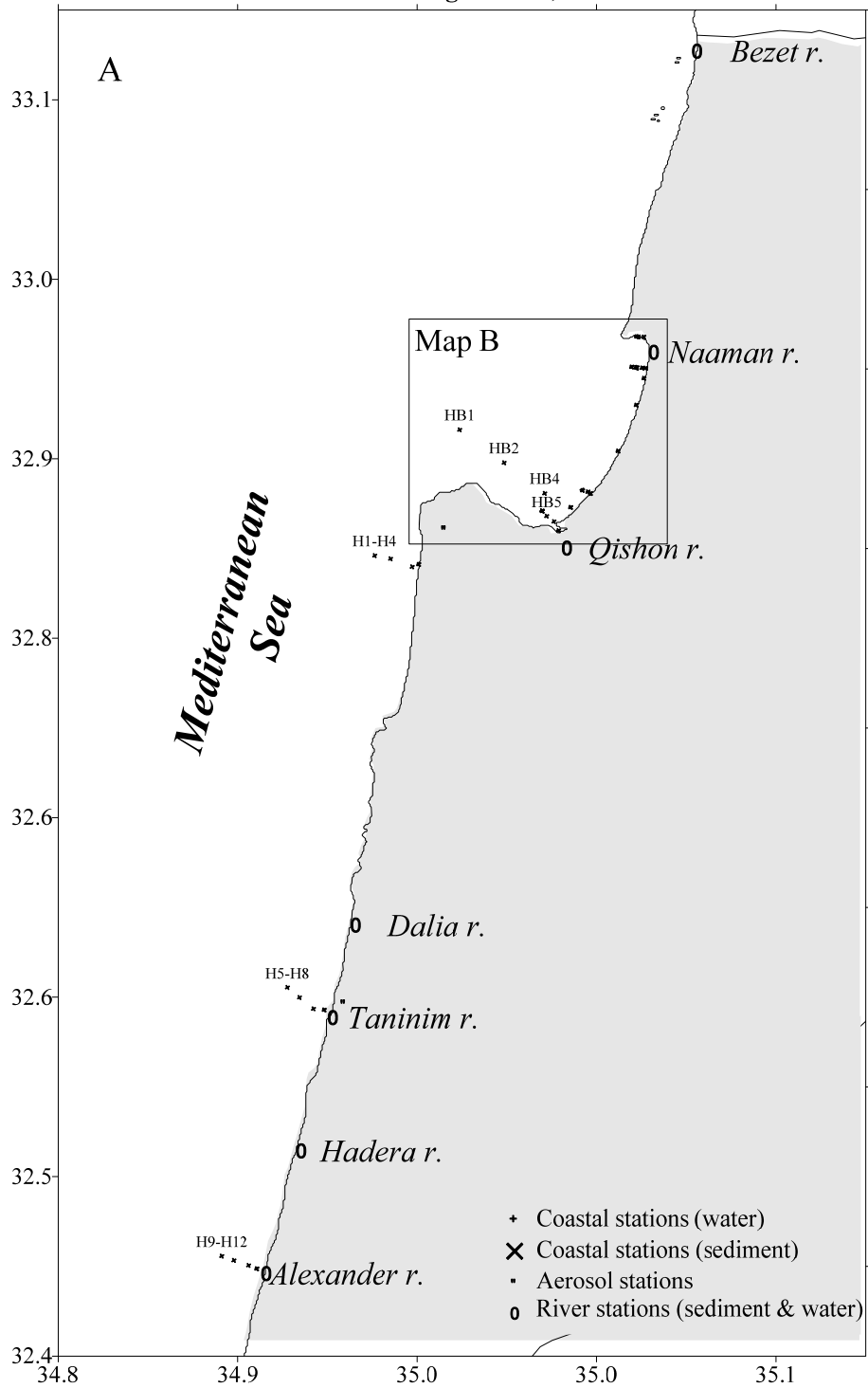
הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל-נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

דו"ח ניטור מים ונחלים בשנת 2008 (רשות הטבע והגנים, יוני 2009).



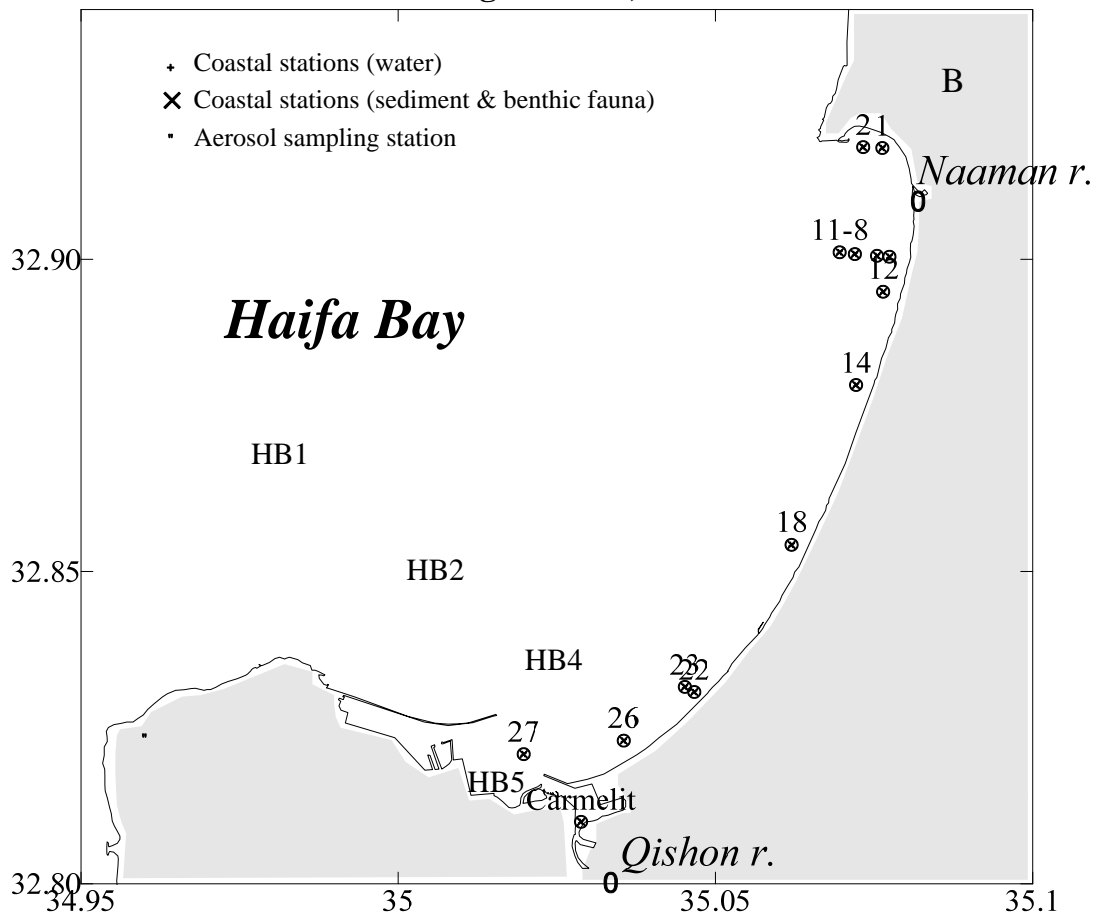
איור 1: מפת מוצאי חירום ושפכים ממקורות יבשתיים.

Monitoring stations, 2011



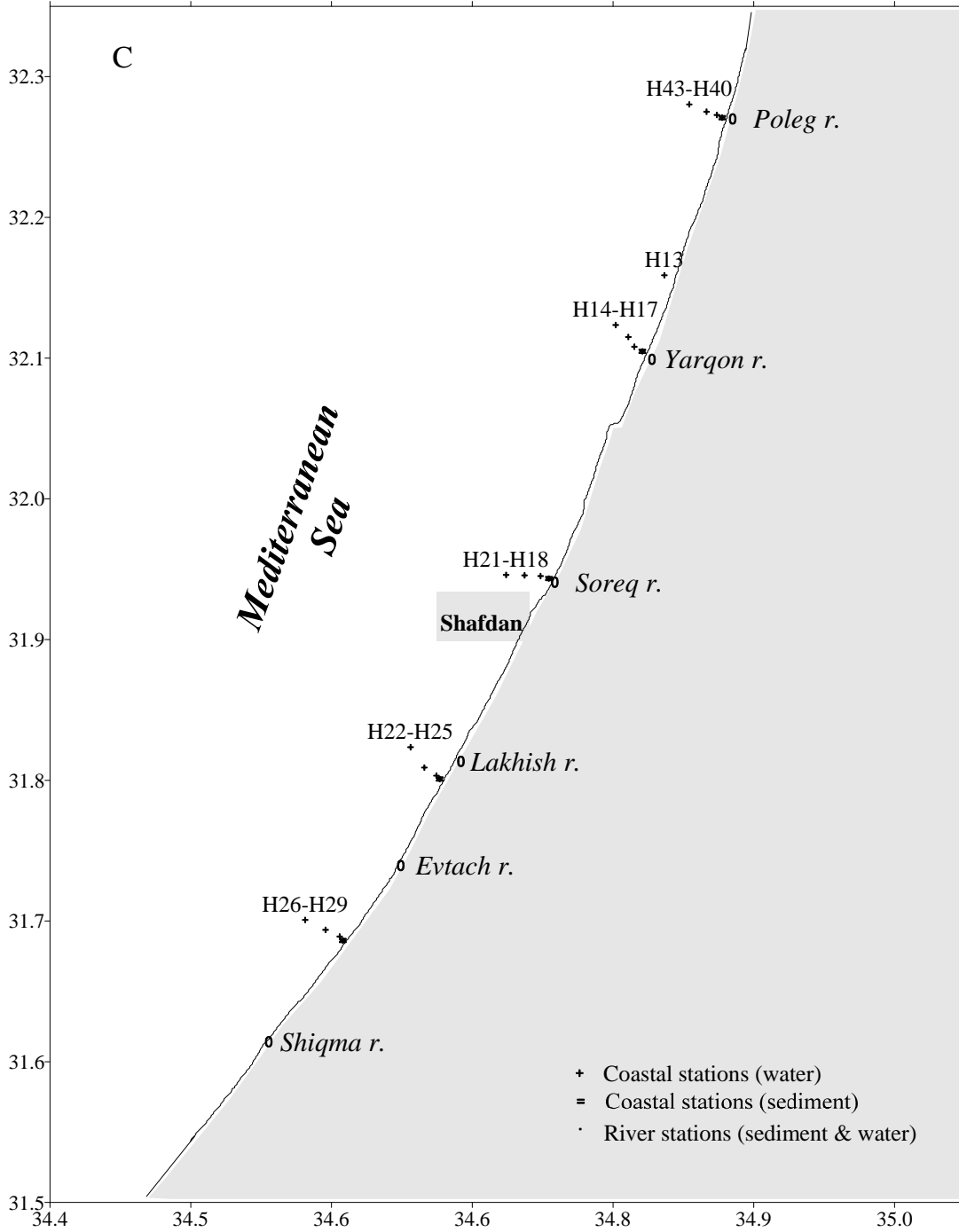
איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף A) – האזור הצפוני, B) – מפרץ חיפה, C) – האזור הדרומי, D) – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד"ן. תחנות ניטור חברות אקולוגיות ראה טקסט להלן.

Monitoring stations, 2011

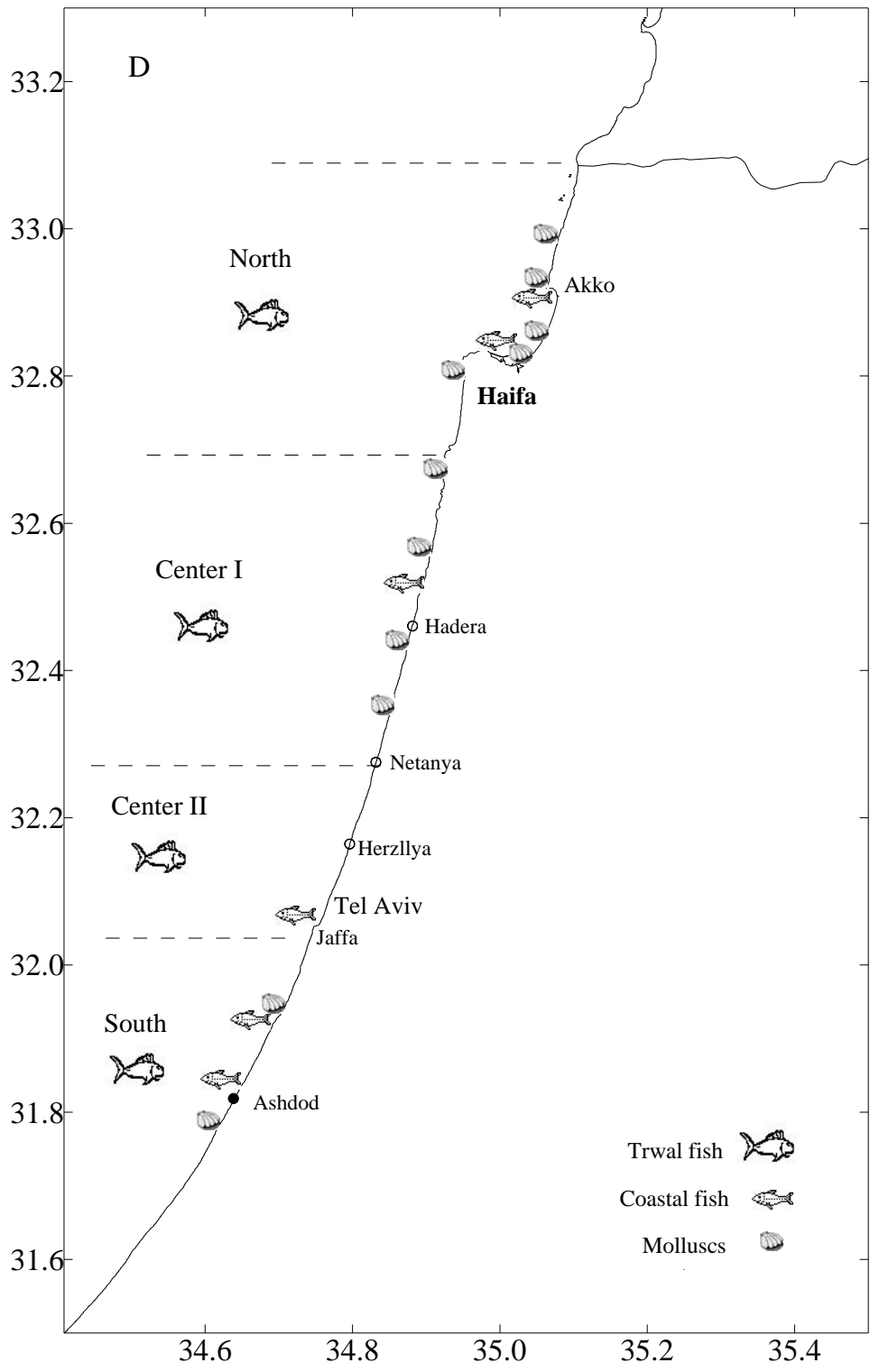


איור 2: המשך

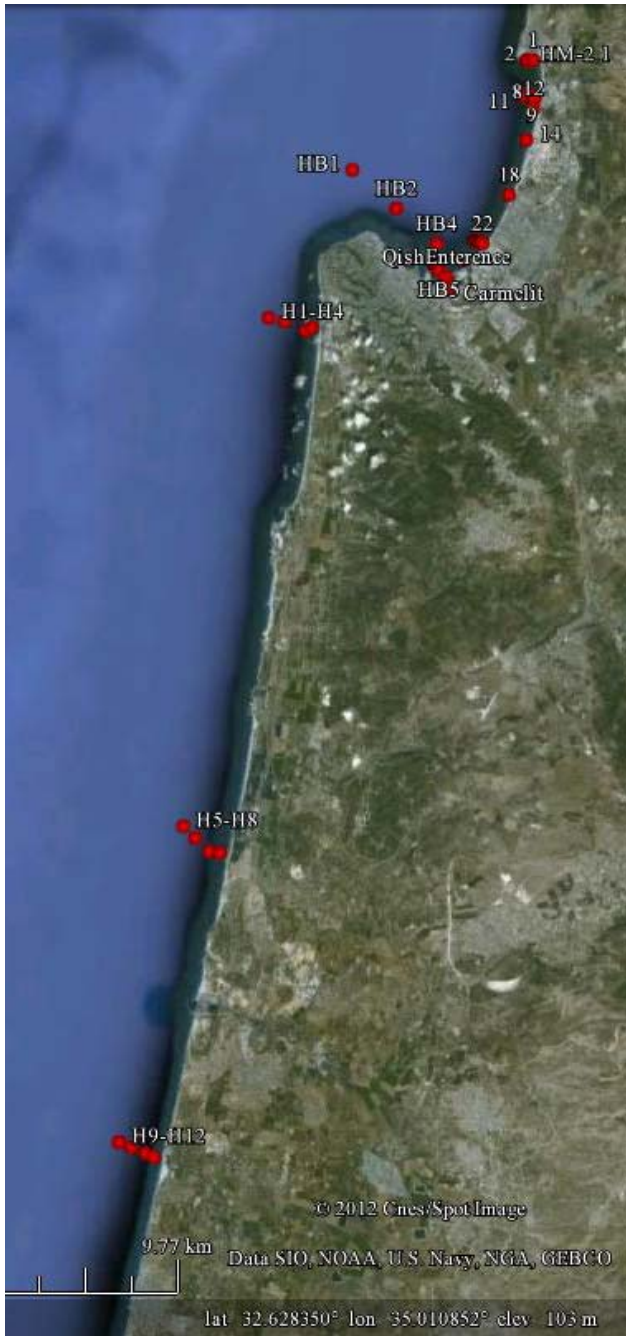
Monitoring stations, 2011



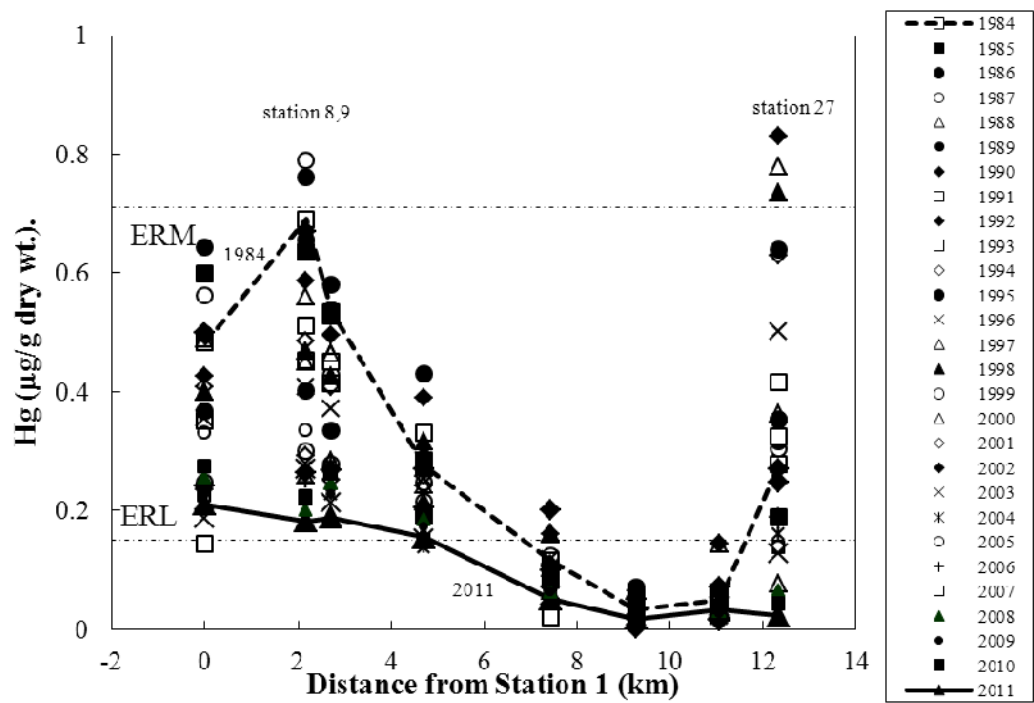
איור 2 : המשך



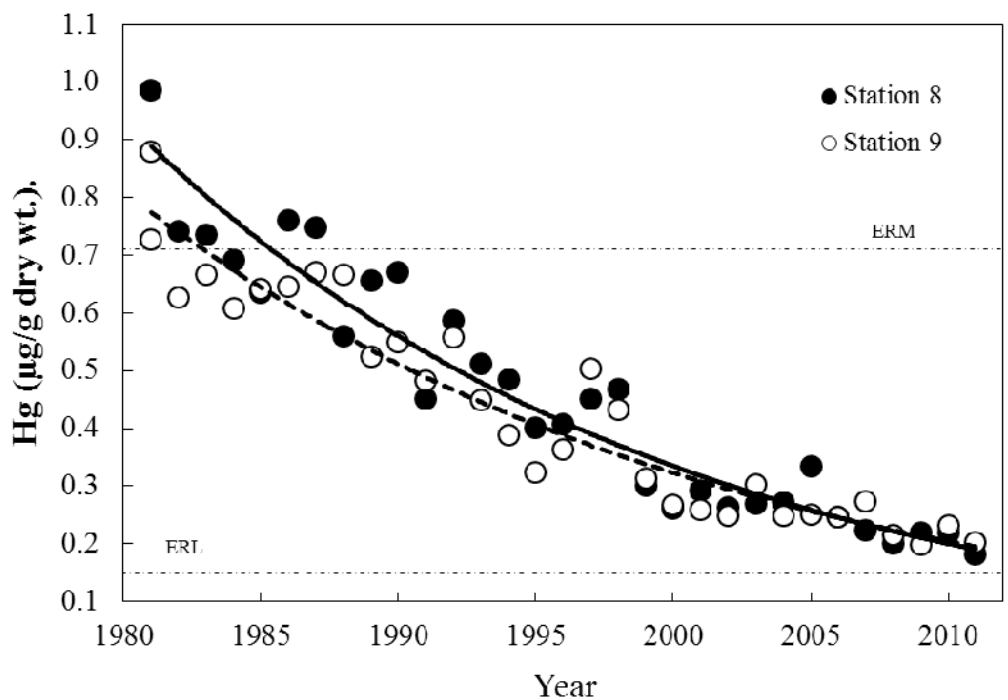
איור 2 : המשך



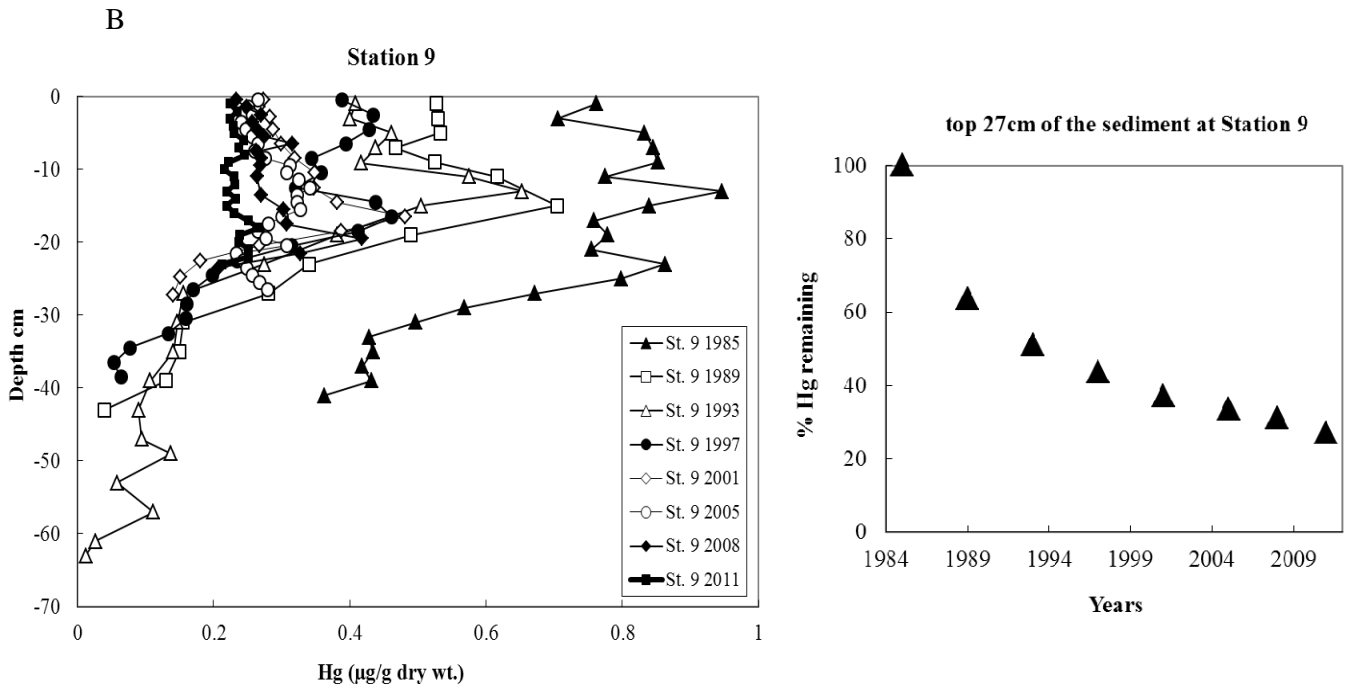
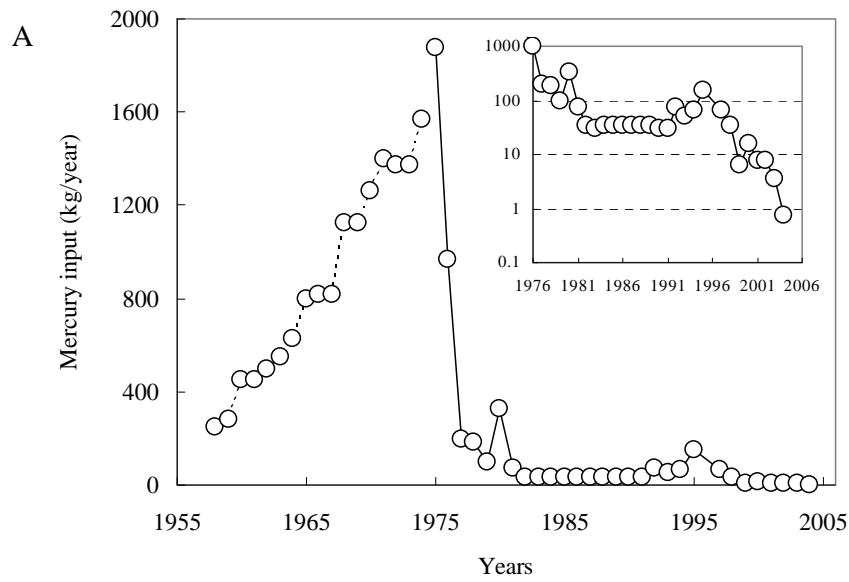
איור 2 : המשך



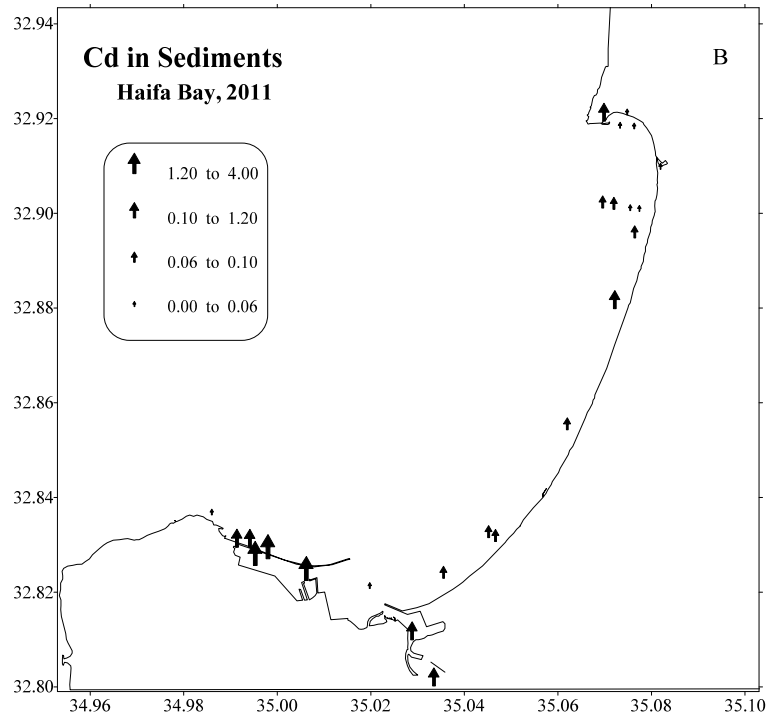
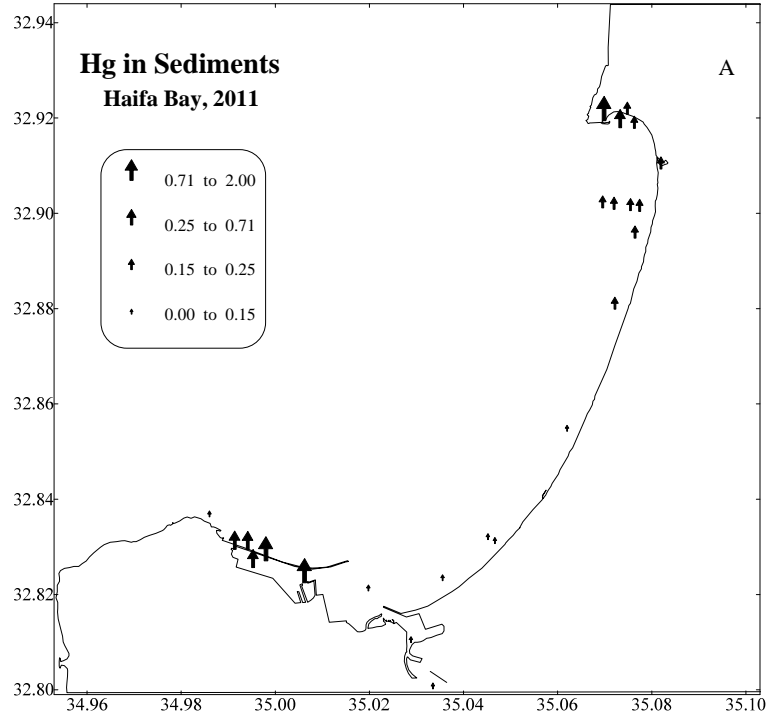
איור 3 : ריכוזי כספית (µg g⁻¹ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2011



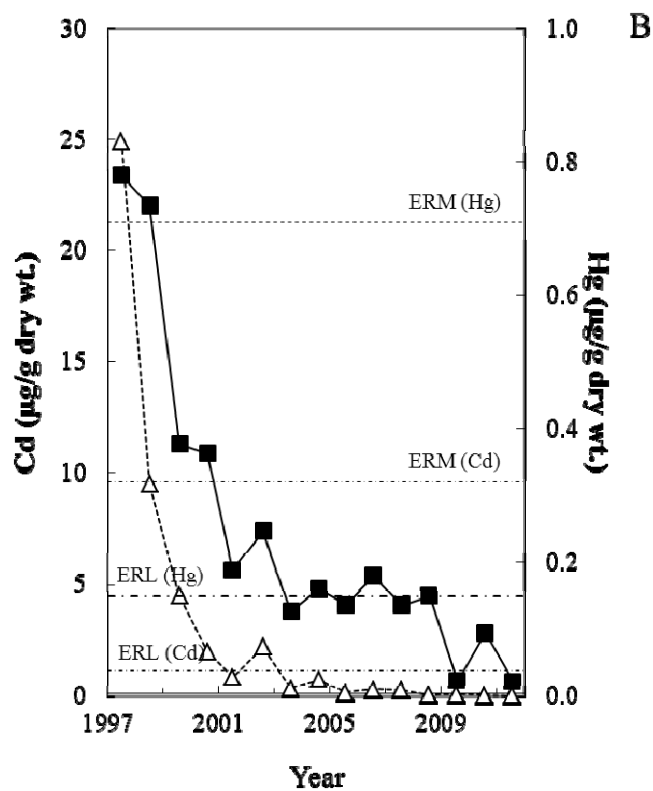
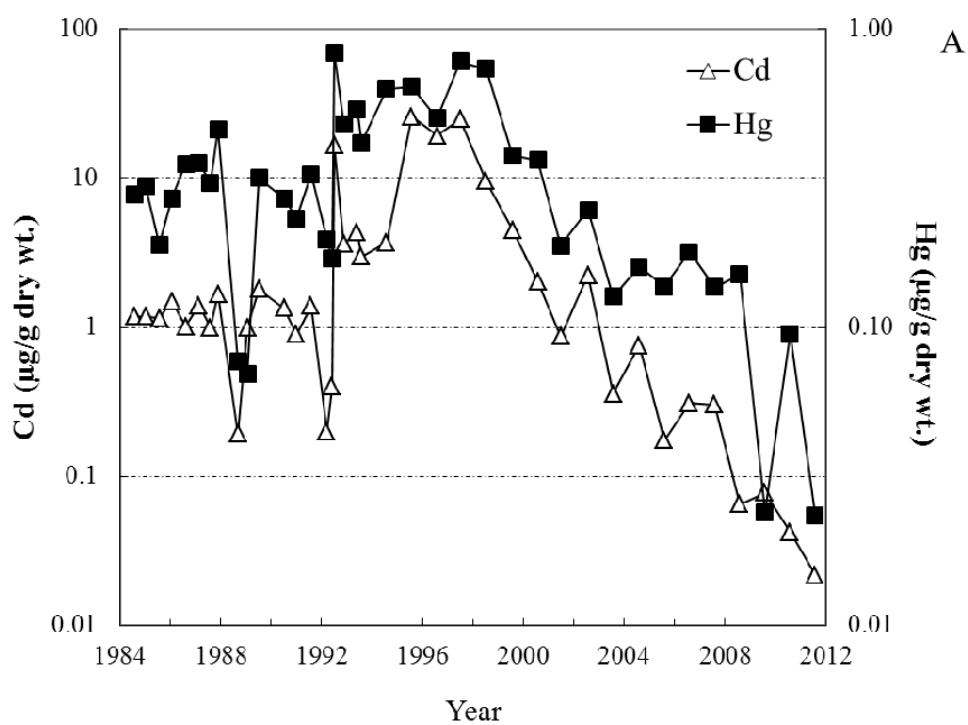
איור 4 : ריכוזי כספית (µg g⁻¹ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2011.



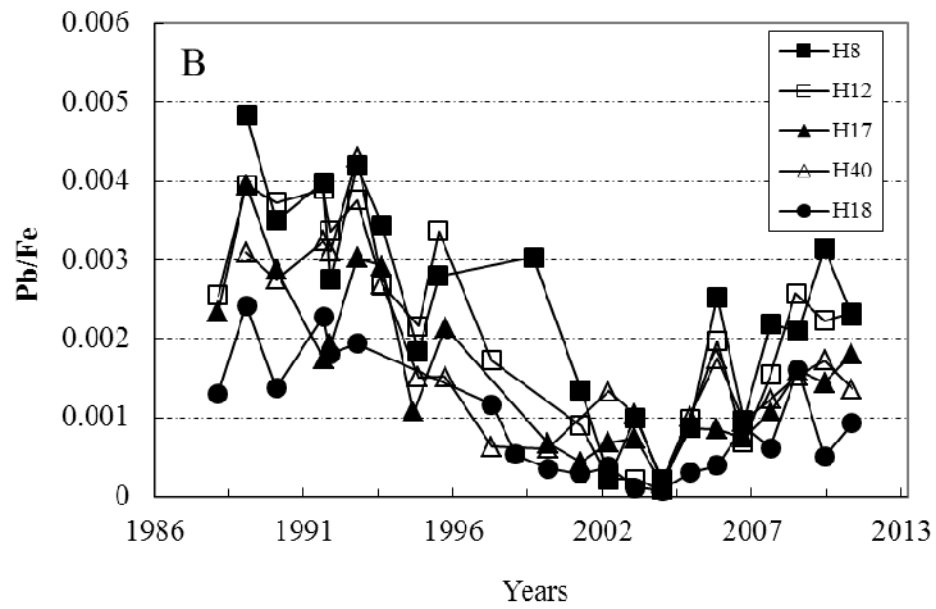
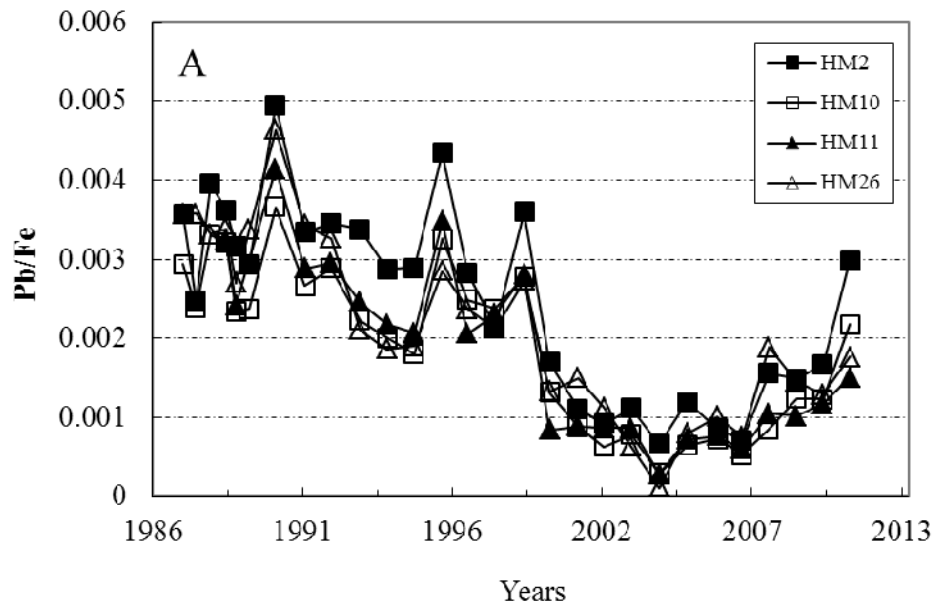
איור 5: A: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004. B: פרופילי עומק של ריכוזי הכספית בגלעיני סדימנט שנדגמו בתחנה 9 במפרץ חיפה בשנים 1985 – 2011 וירידת כמות הכספית (% ביחס לכמות ב-1985) ב-30 ס"מ העליונים של הסדימנט (השטח תחת פרופיל ריכוזי הכספית מייצג את הכמות הכוללת של הכספית בגלעין ליחידת שטח).



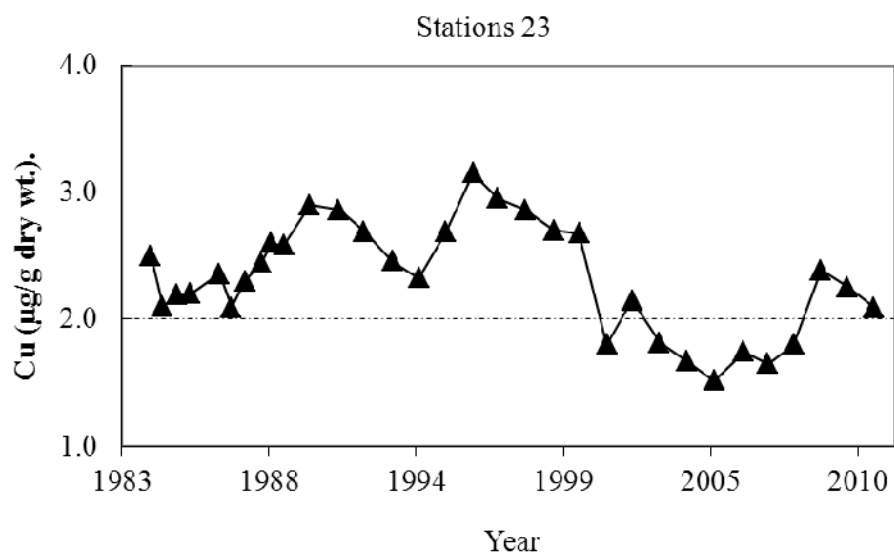
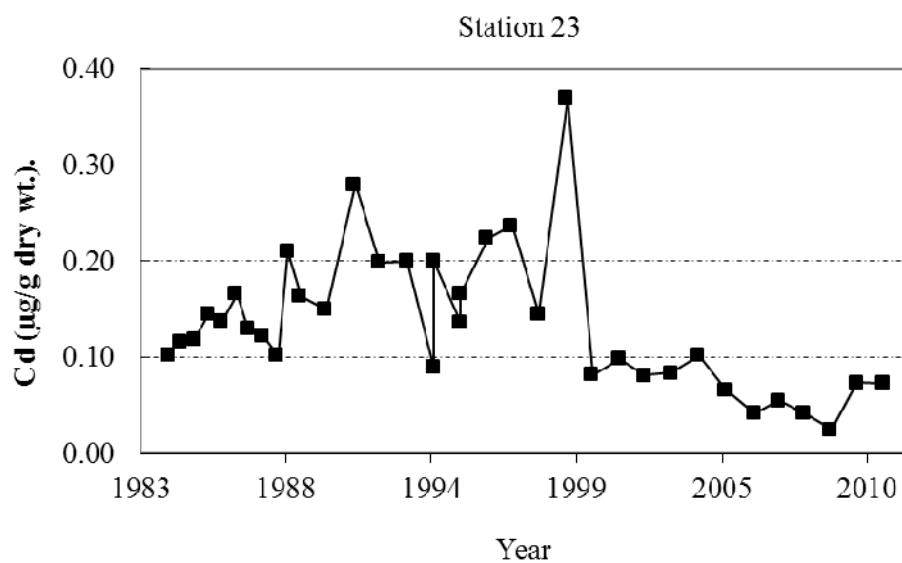
איור 6: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2011 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).
ג-9



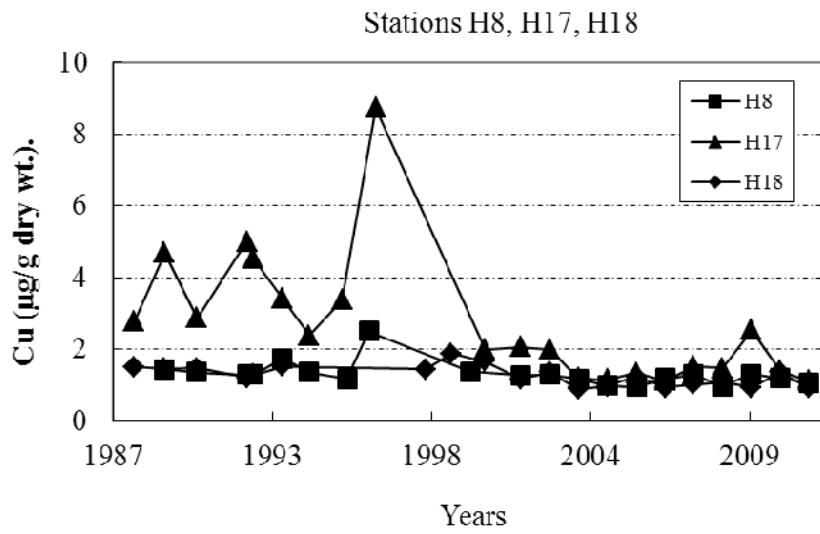
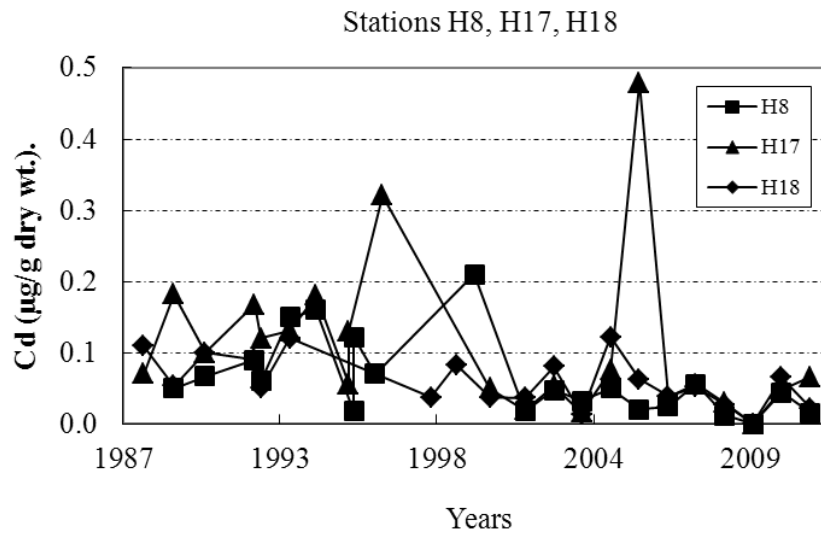
איור 7: ריכוזי קדמיום וכספית (µg g⁻¹ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2010. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2011. ג-10



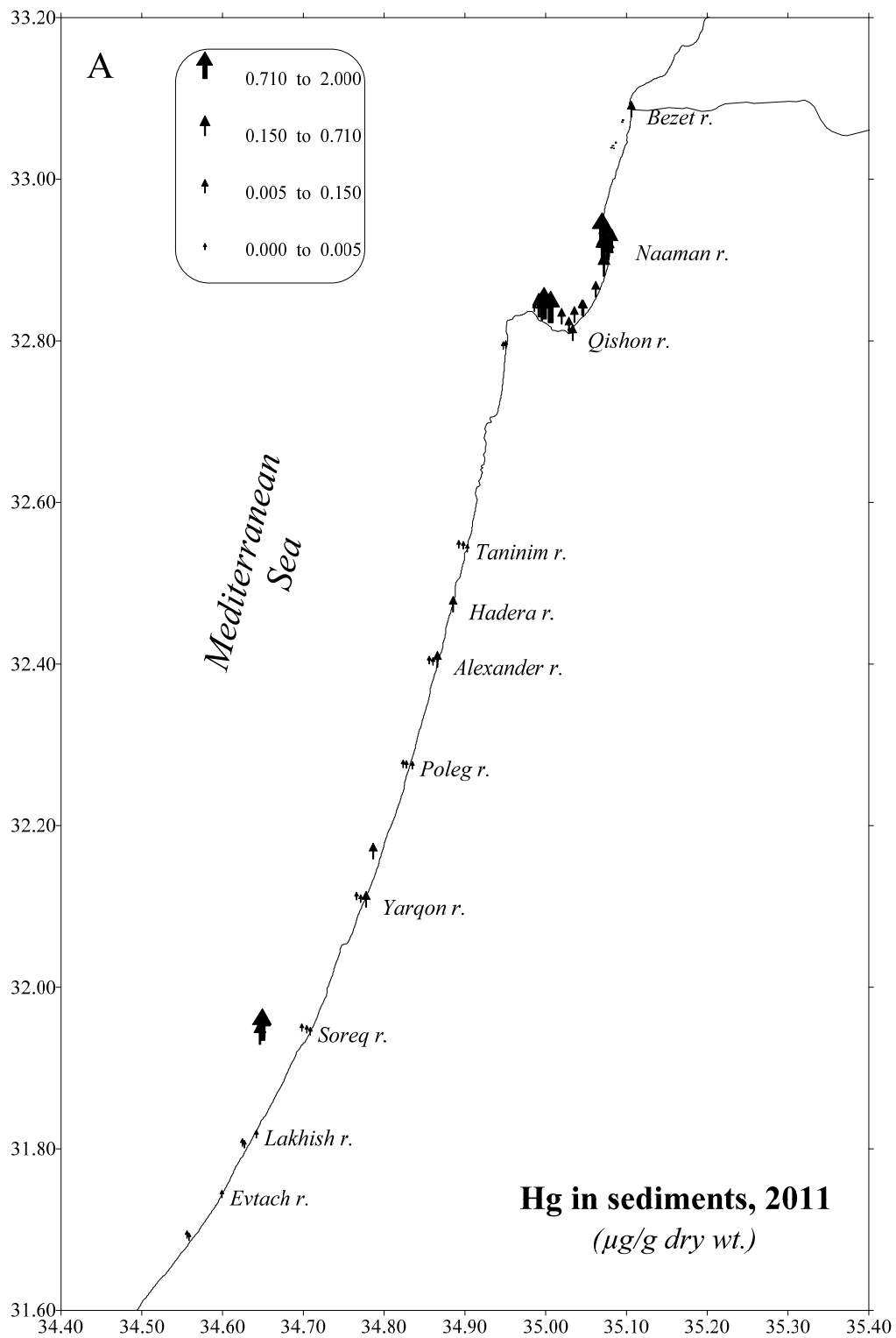
איור 8 : מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2011.



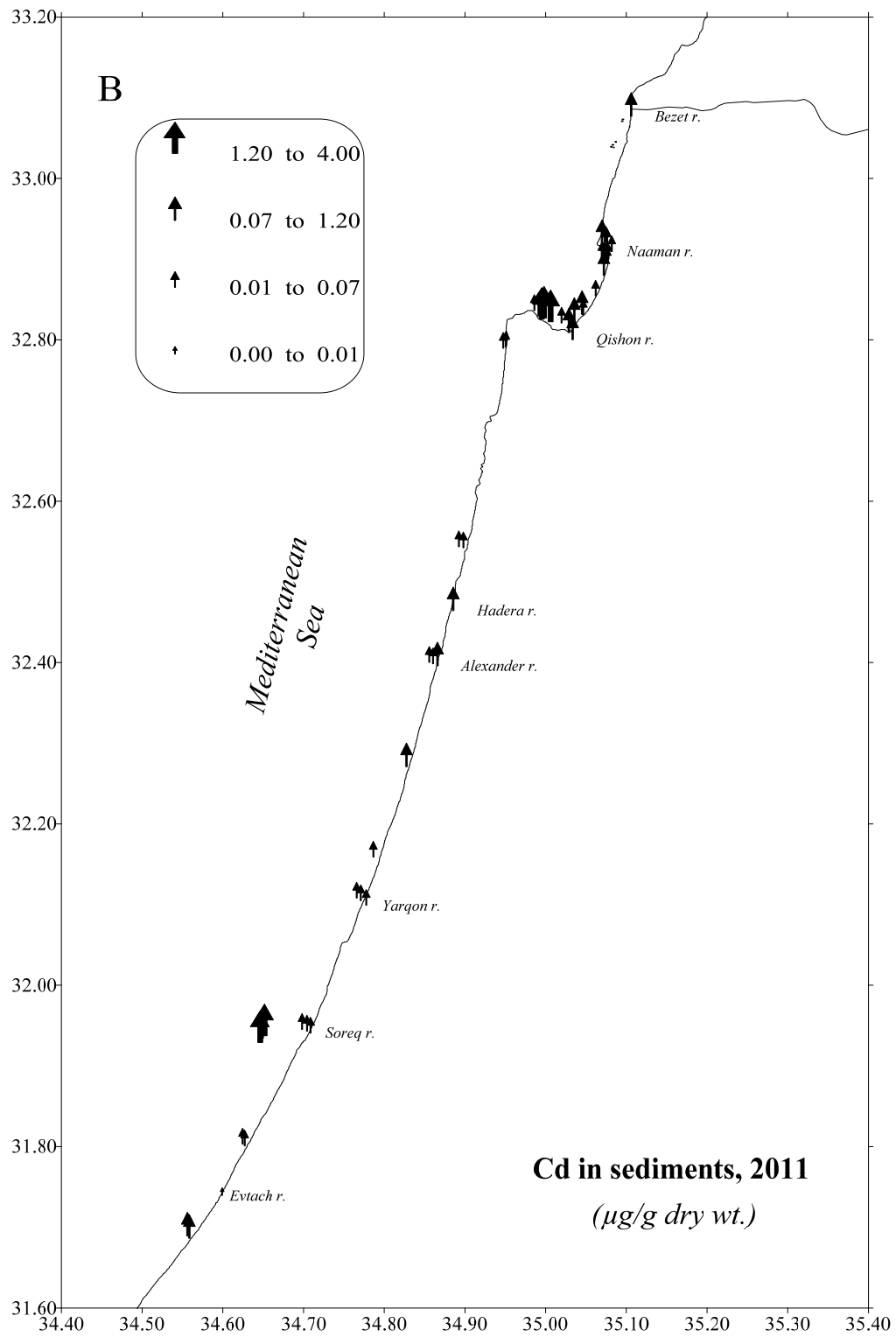
איור 9: שינויים רב שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה HM23 מול קרית חיים (A), ובתחנות מול תנינים, שפך הירקון ושפך נחל שורק (B), בשנים 1988 – 2011.



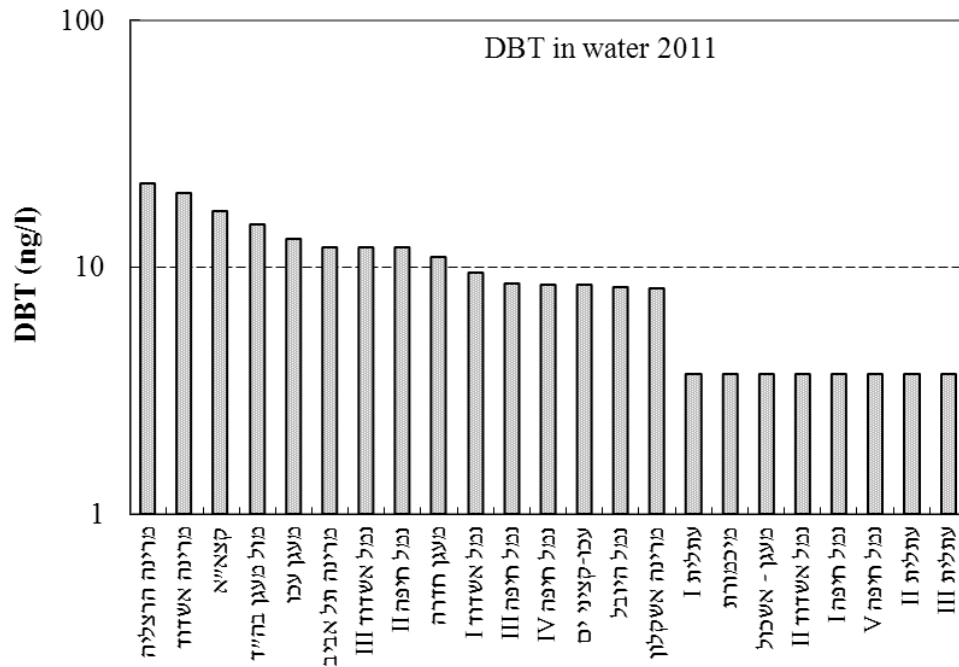
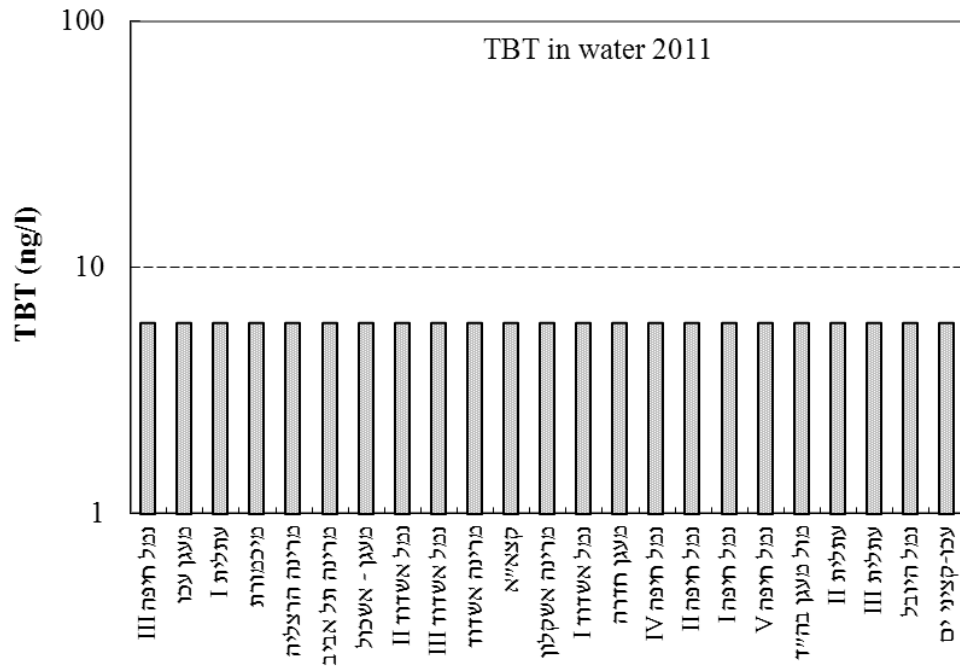
איור 9 : המשך



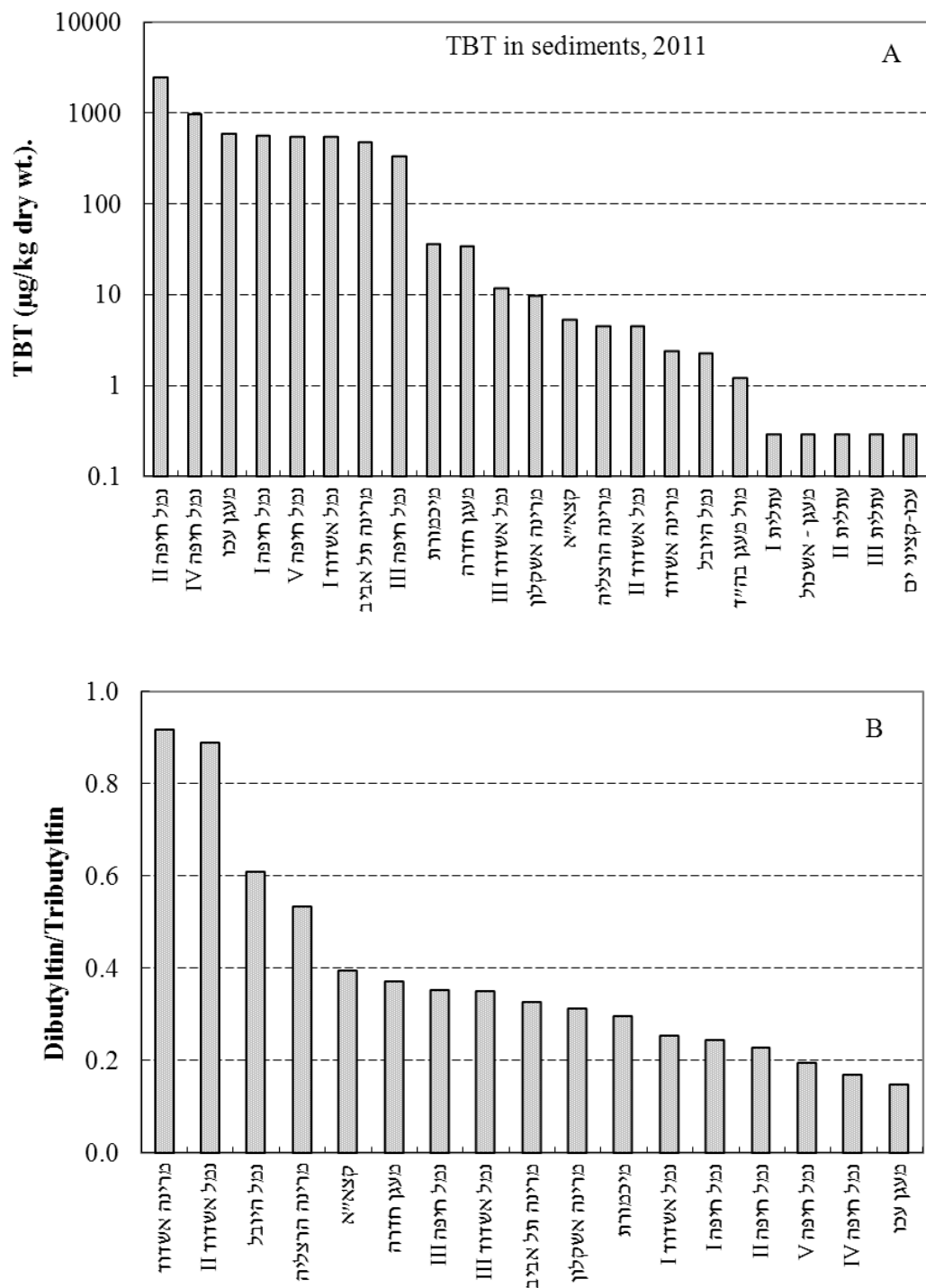
איור 10: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2011 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



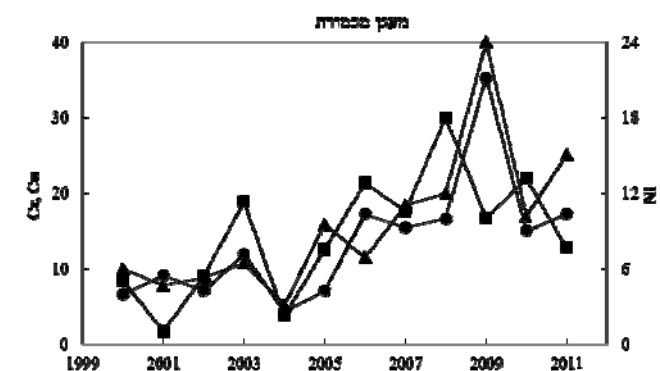
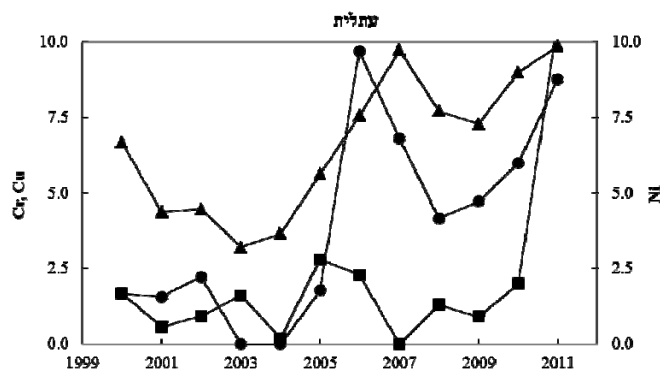
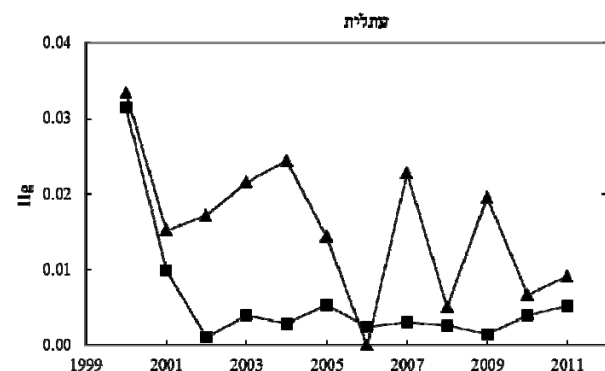
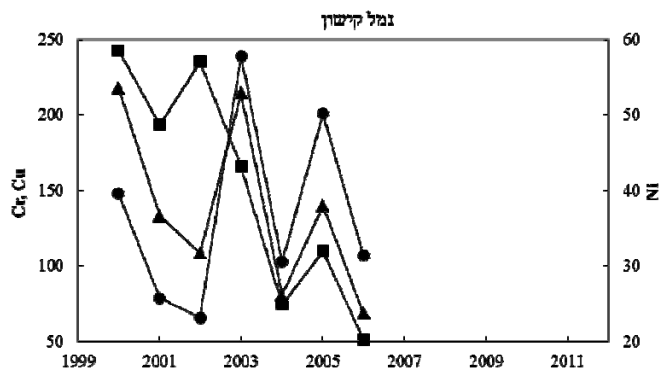
איור 10 : המשך



איור 11: ריכוזי TBT ו DBT במי הים (ננוגרם/ליטר) בממלים ובמעגנות בישראל בשנת 2011. הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.

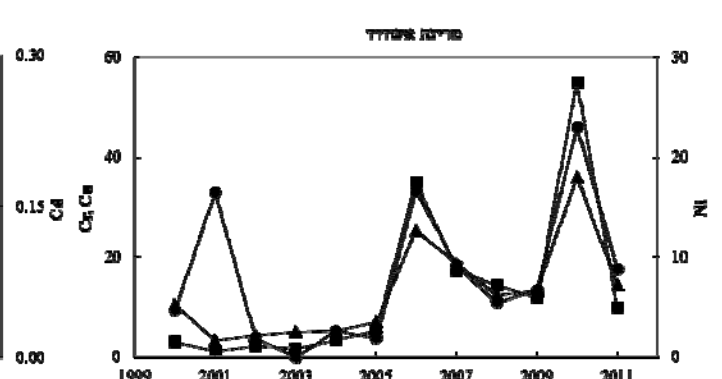
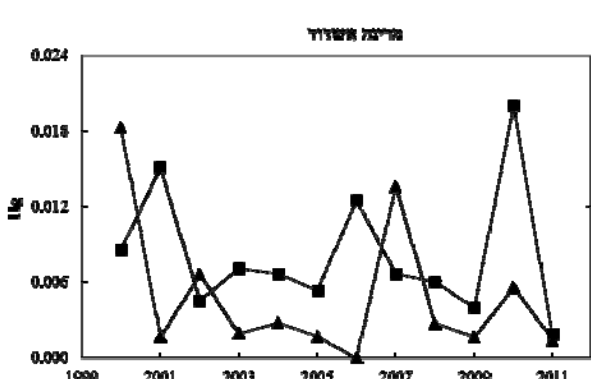
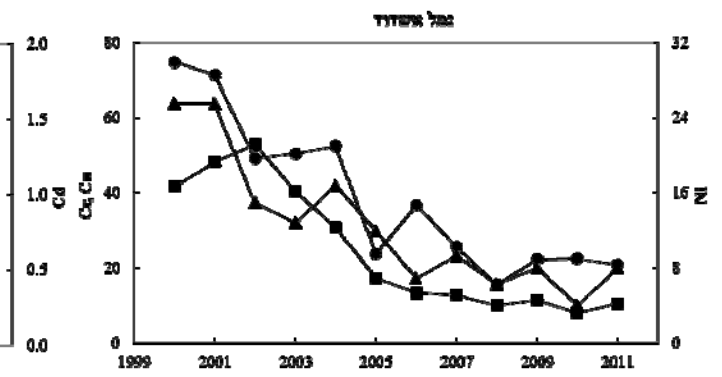
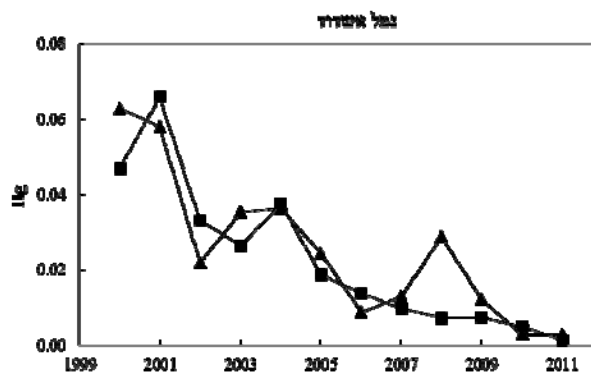
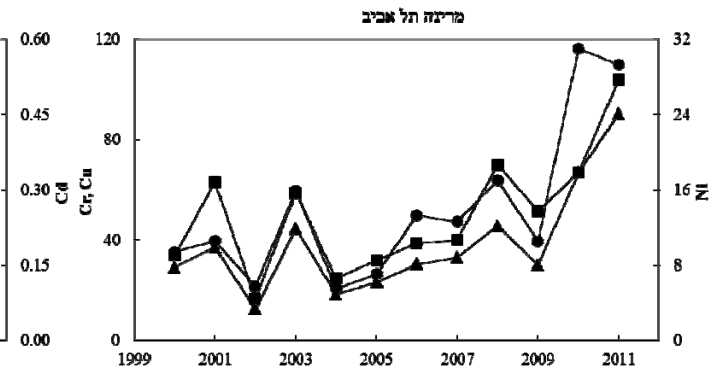
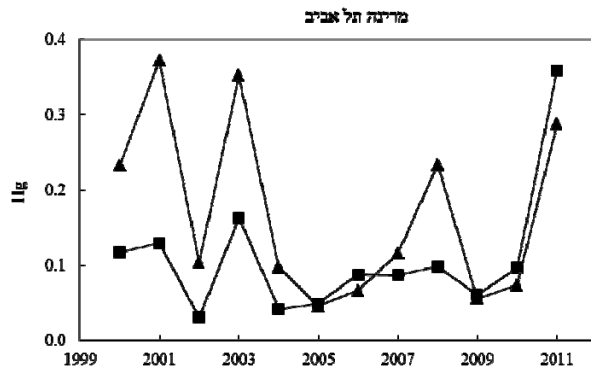
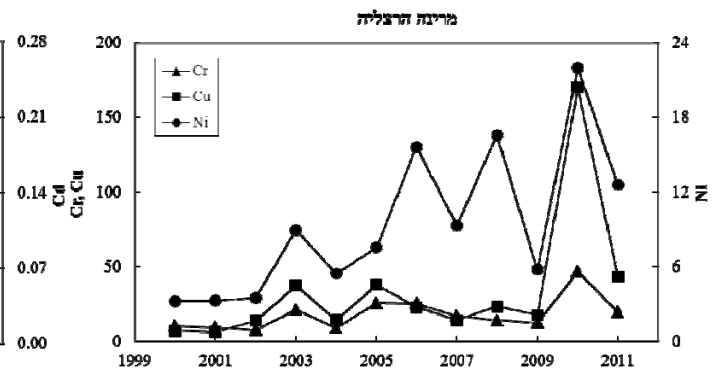
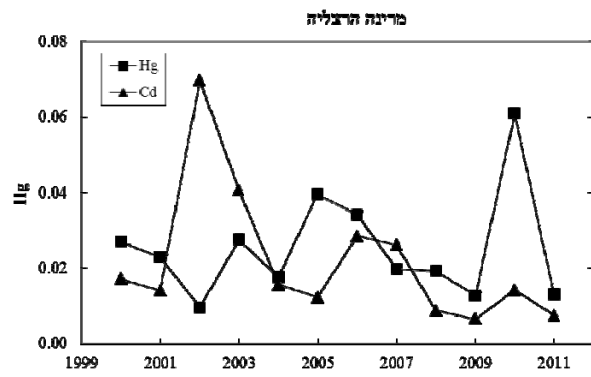


איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2011.

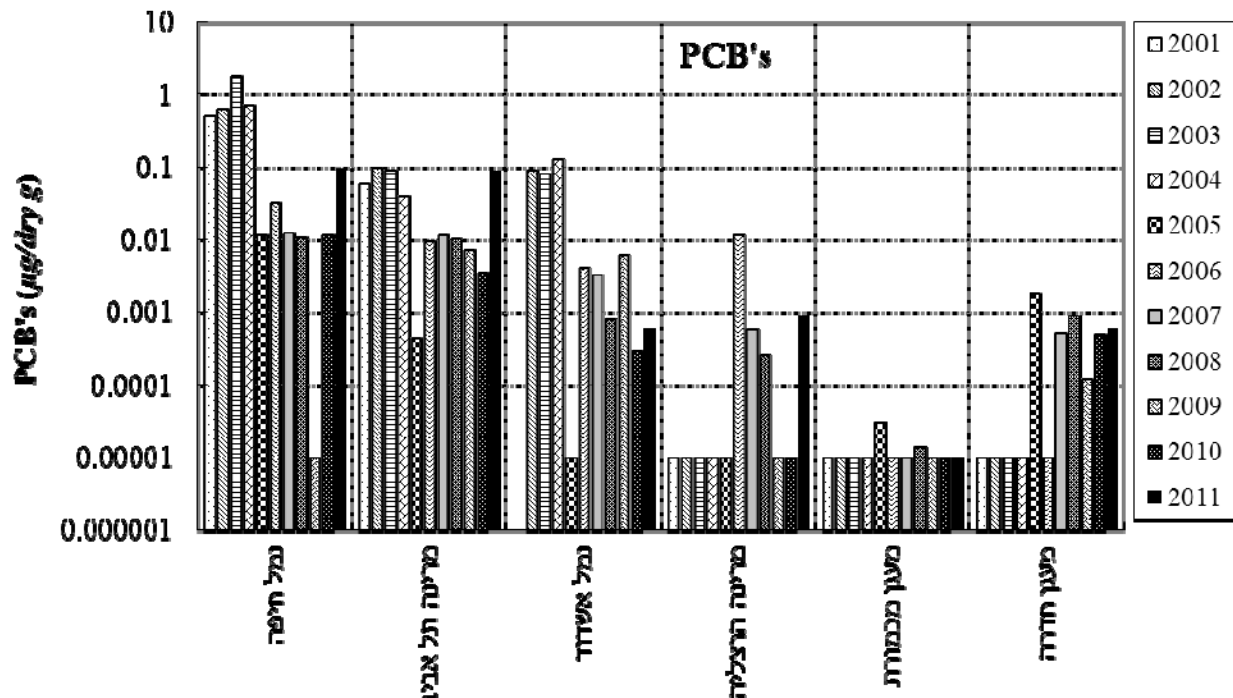
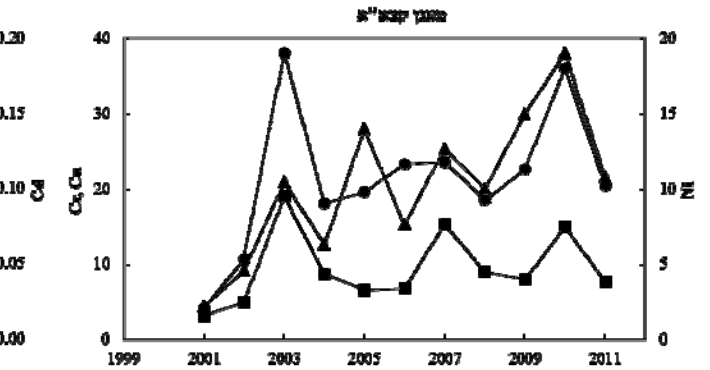
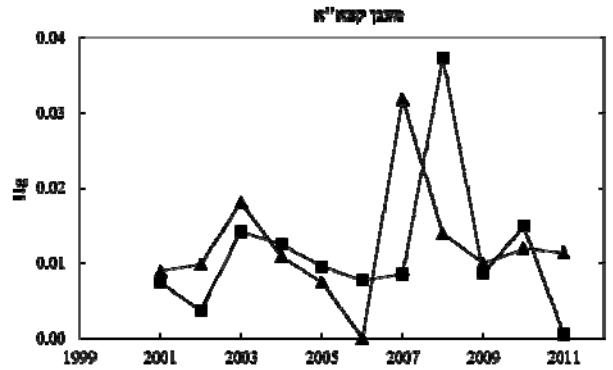
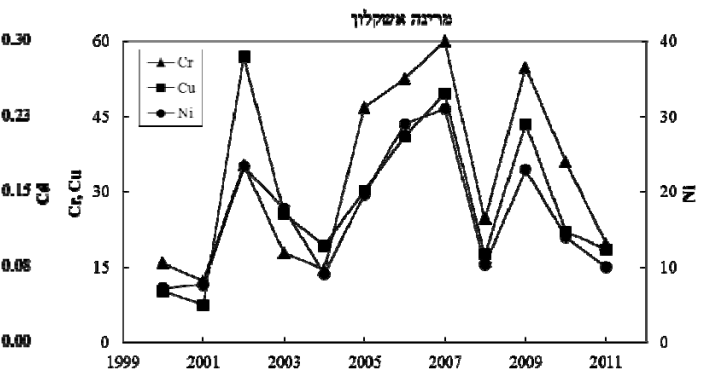


איור 13: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 – 2011.

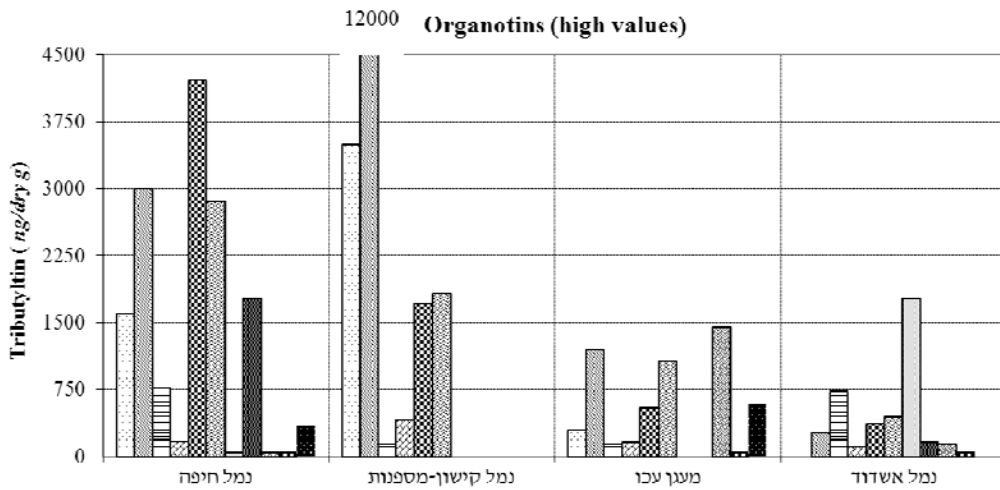
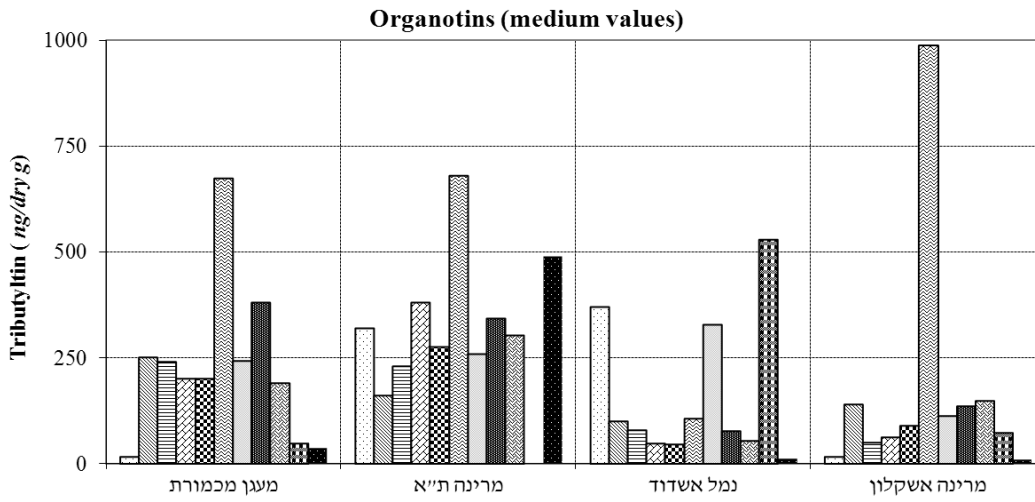
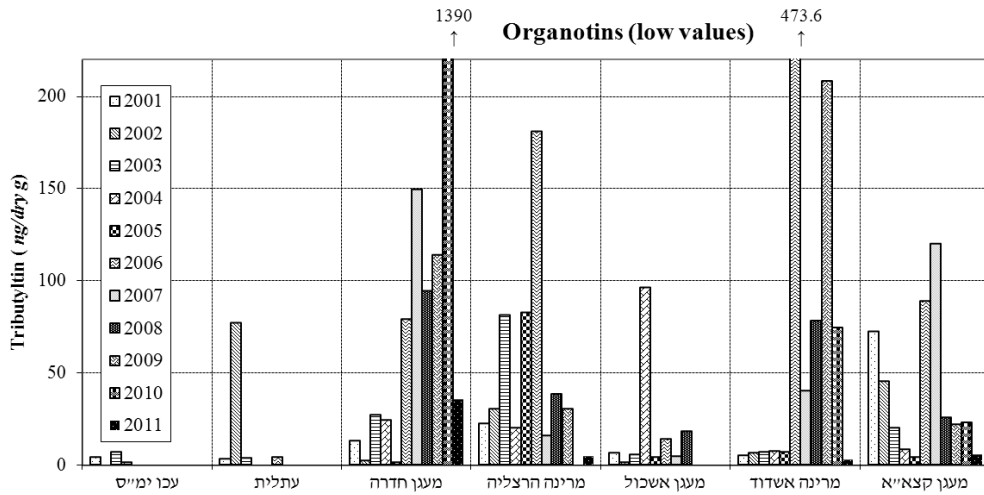
מתכות כבדות (µg/g dry wt.) PCB's ; (ng/g dry wt.) TBT ; (µg/g dry wt.)



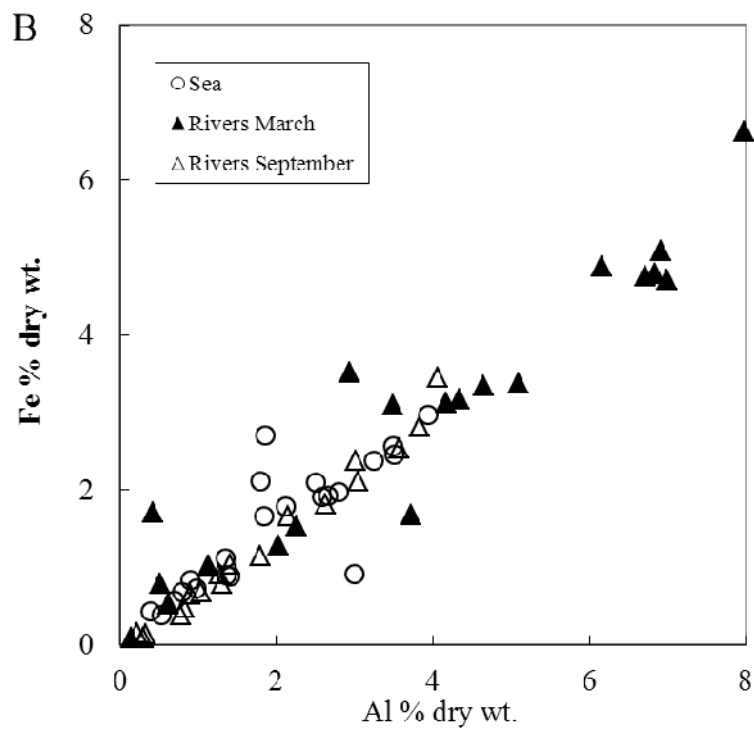
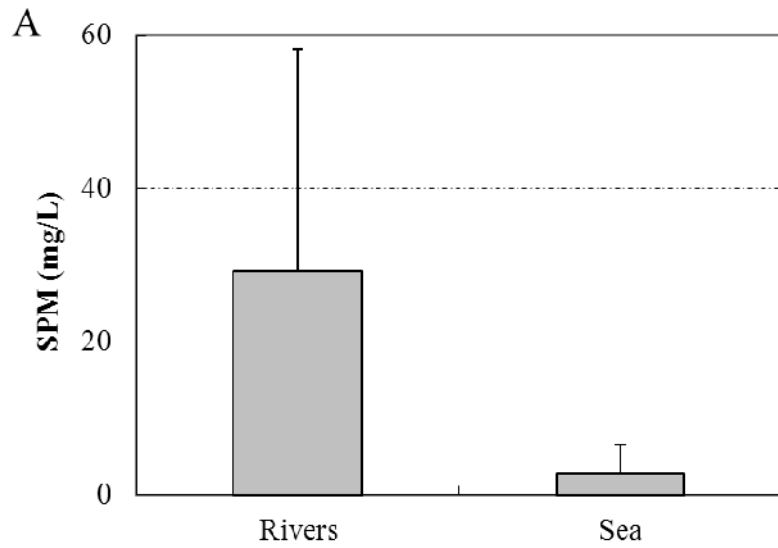
איור 13: המשך (מתכות כבדות)



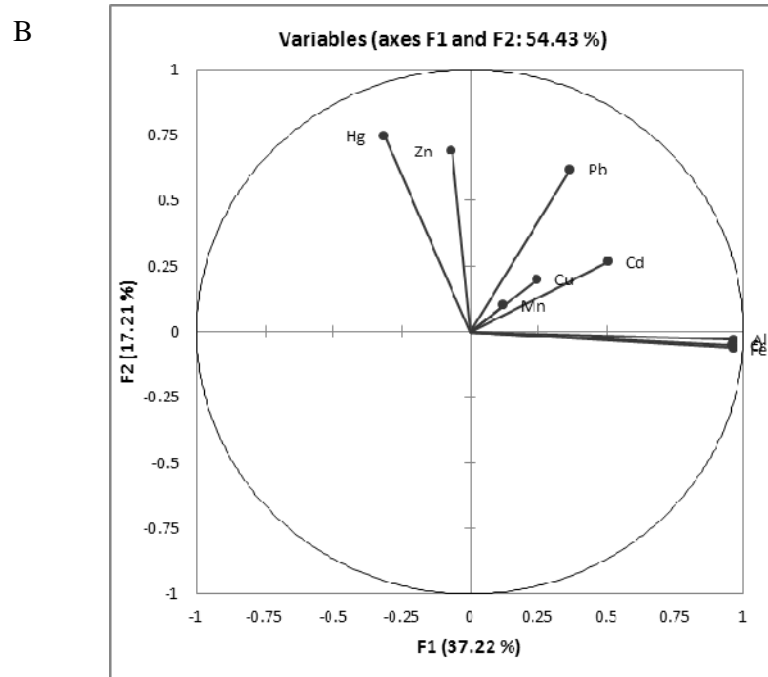
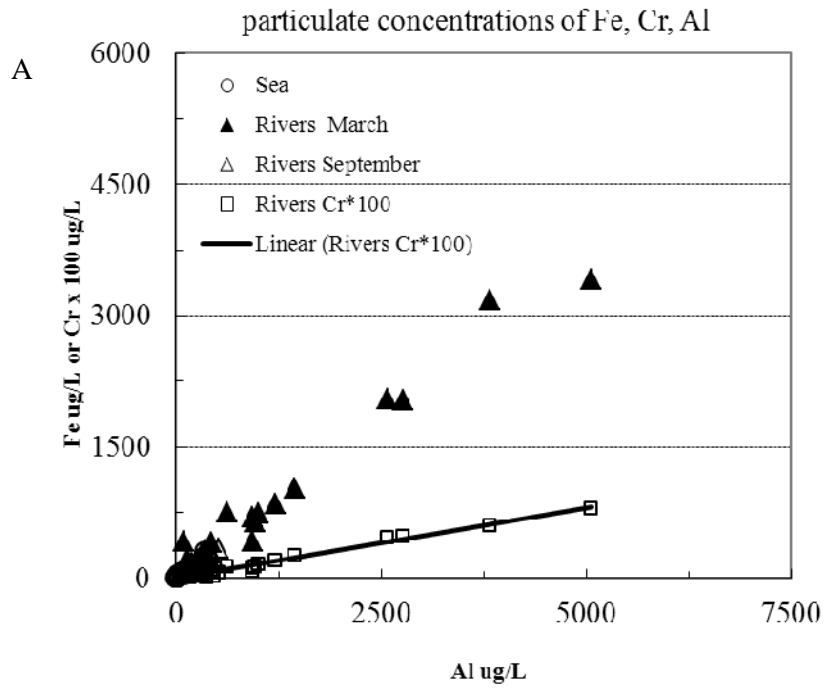
איור 13: המשך (מתכות כבדות ו PCB's)



איור 13: המשך (תרכובות בדיל אורגני)

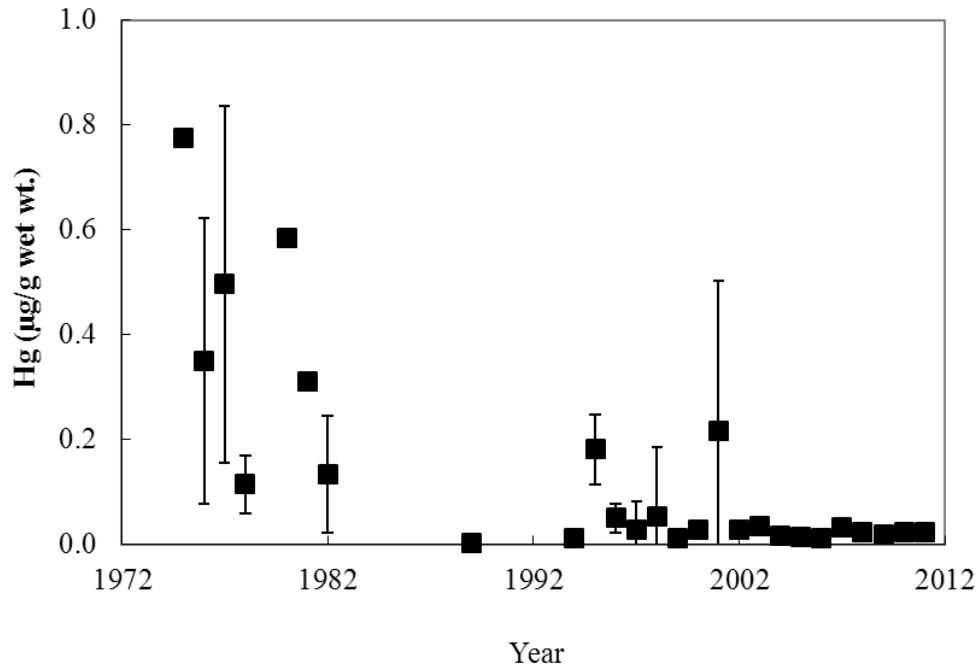


איור 14: ממוצע וסטיית תקן של ריכוזי החומר המרחף (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2011.

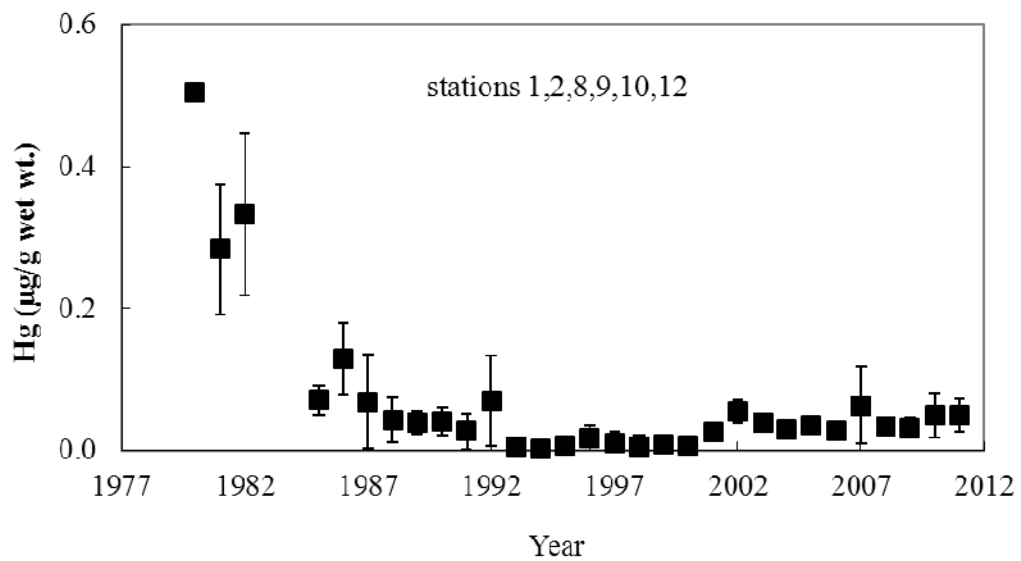


איור 15 : הקשר בין ריכוזים חלקיקיים של מספר מתכות במי נחלים ומי ים שנדגמו ב- 2011 (A), ושימוש בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis) להערכת מקור המתכת החלקיקית (טבעי או אנתרופוגני) במי הנחלים ו/או את מנגנון ההסעה שלה (B).

Donax Sp.
Haifa bay > 0.25g

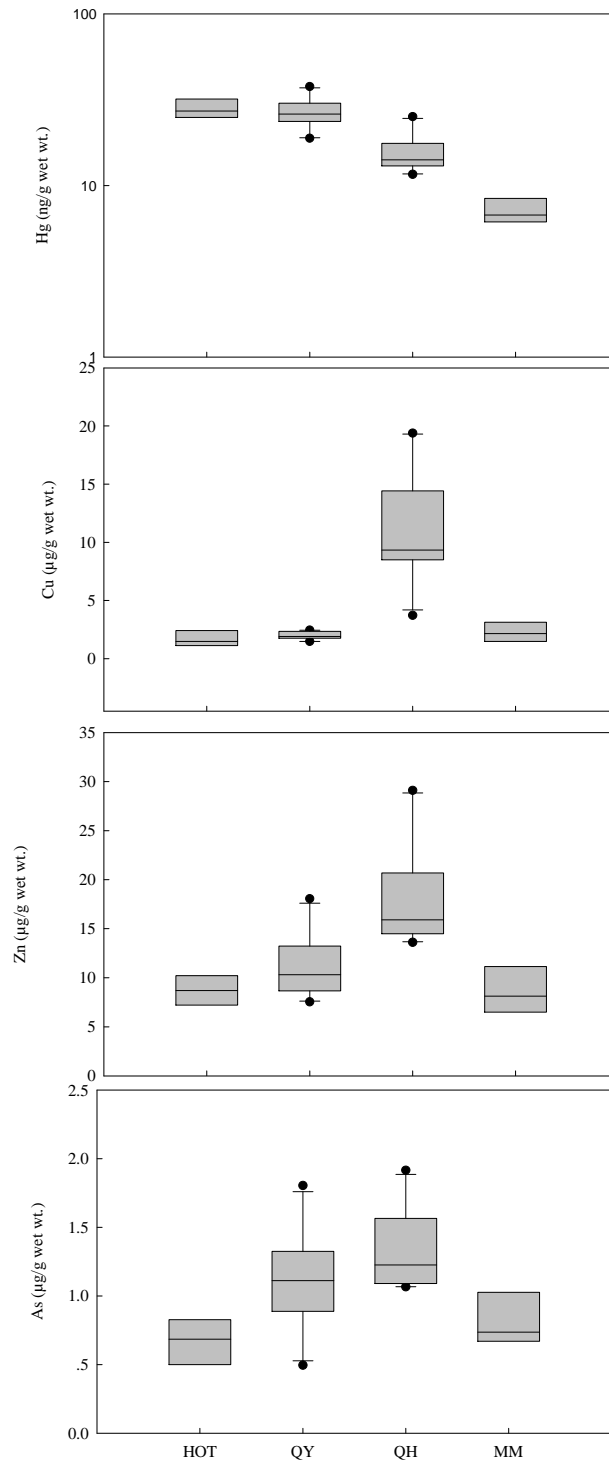


Maetra corallina
Northern Haifa bay

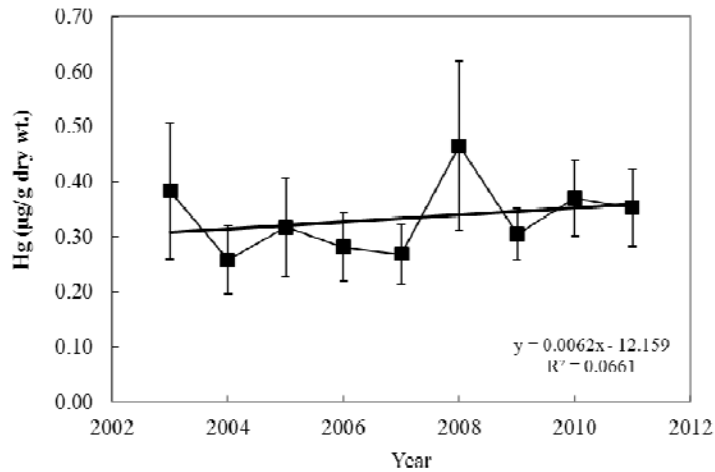
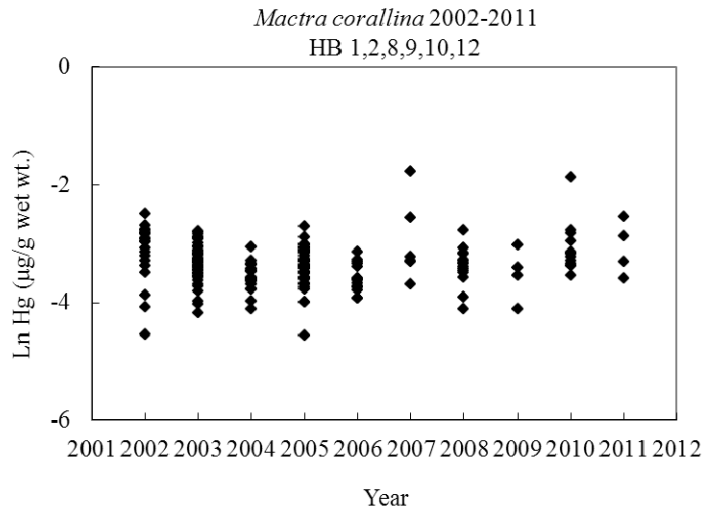
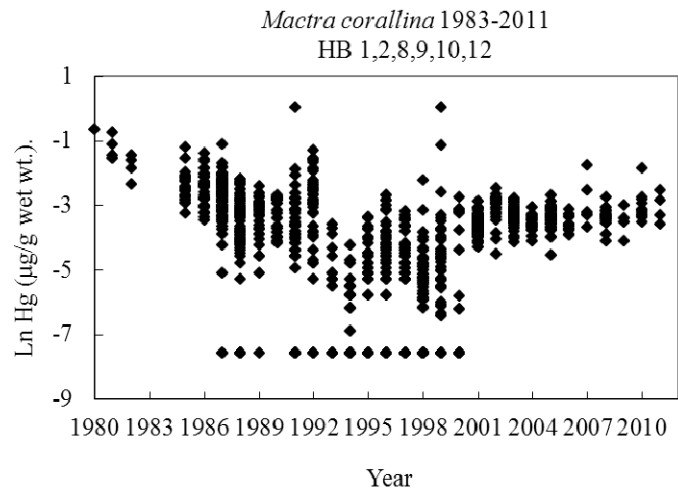


איור 16: ירידת ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) בצדפות ממפרץ

חיפה: (1975 - 2011) *Donax sp.*; (1980 - 2011) *Maetra corallina*.

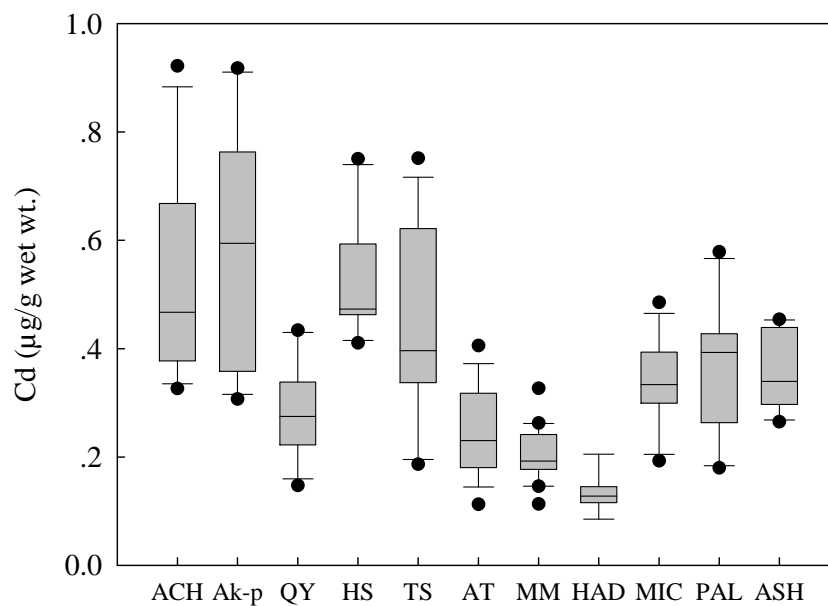
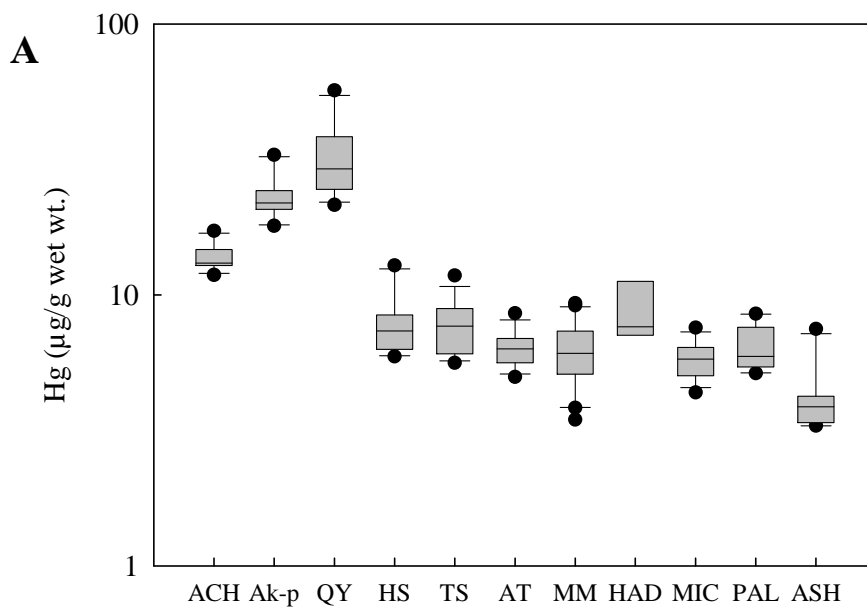


איור 17: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, אבץ וארסן בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2011. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (HOT=חוף התמרים, QY=קריית ים, QH=קריית חיים, MM=מעגן מיכאל)

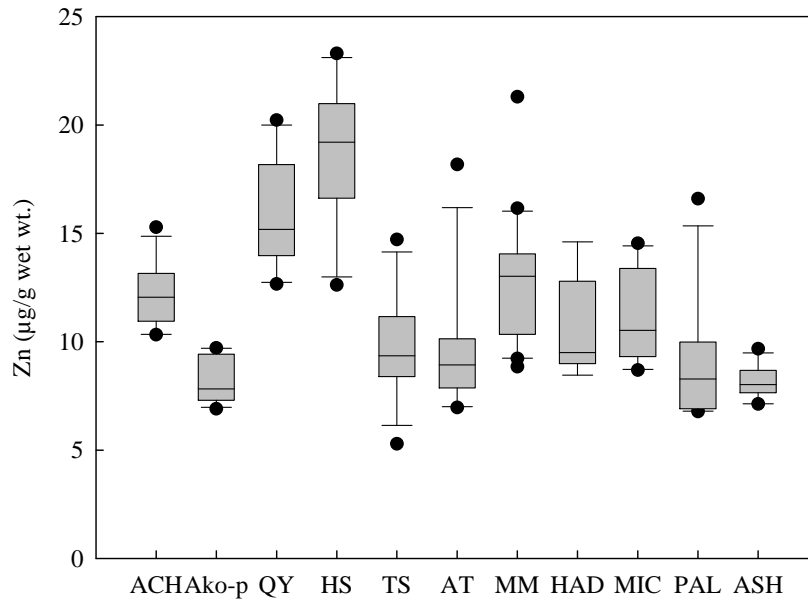
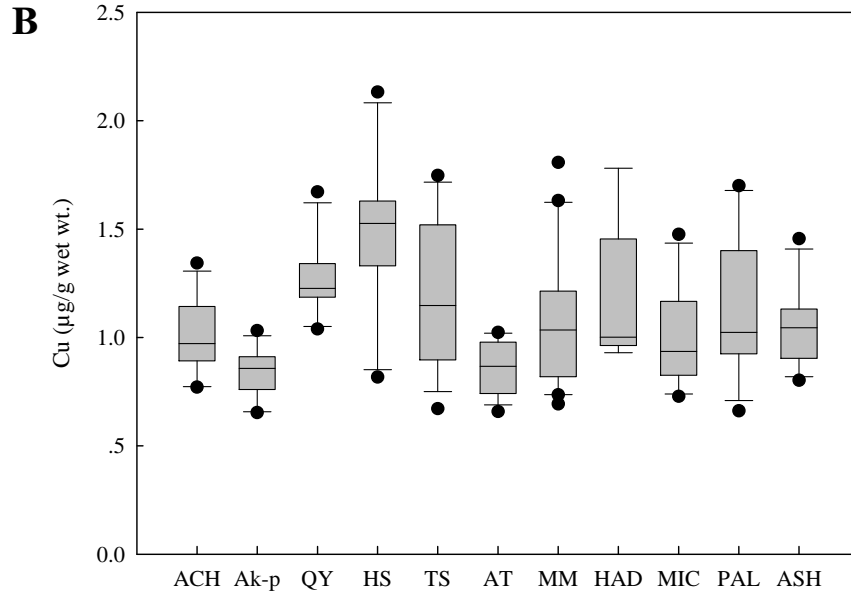


איור 18 : שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית ורגילה, $\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בצדפה

Maetra corallina בתחנות שונות מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2011.

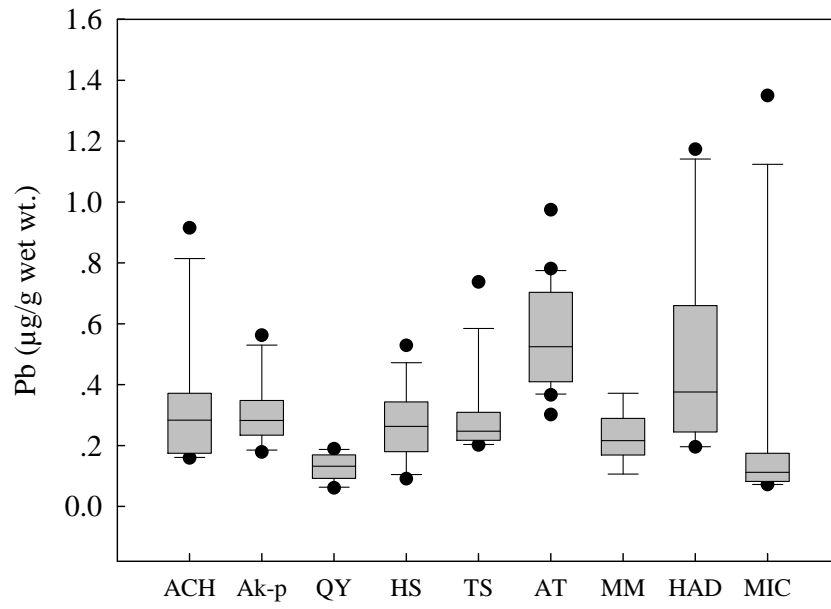
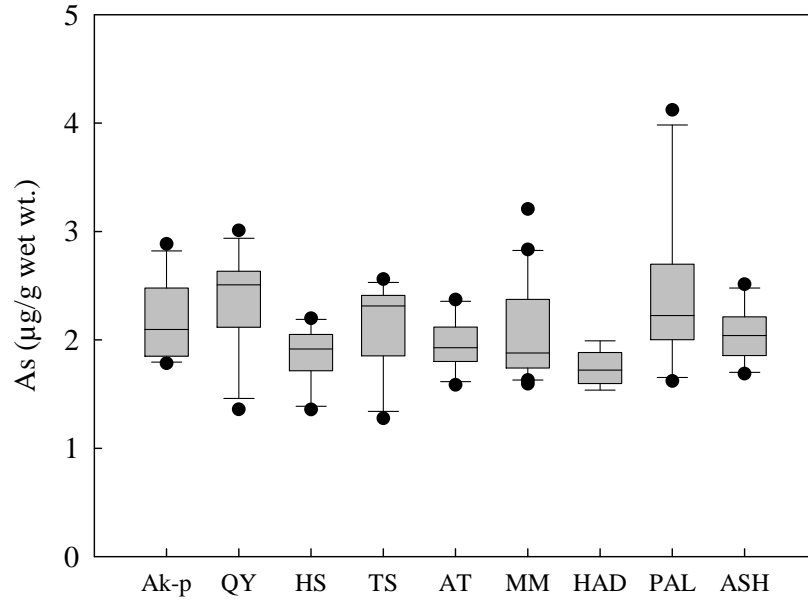


איור 19: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), עופרת וארסן (C) בחלזון *Patella sp.* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2011. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-p=עכו נמל, QY=קרית ים, HS=חוף שמן, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מיכמורת, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

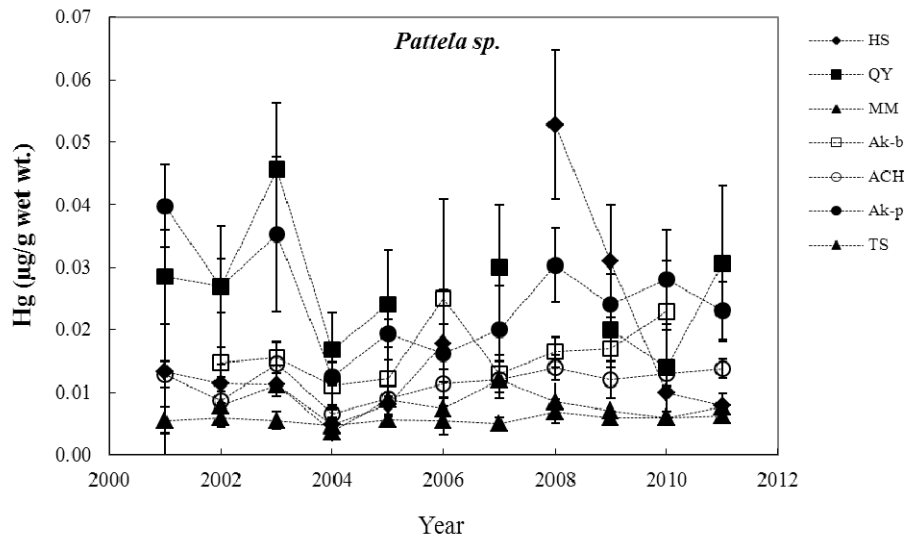


איור 19 : המשך

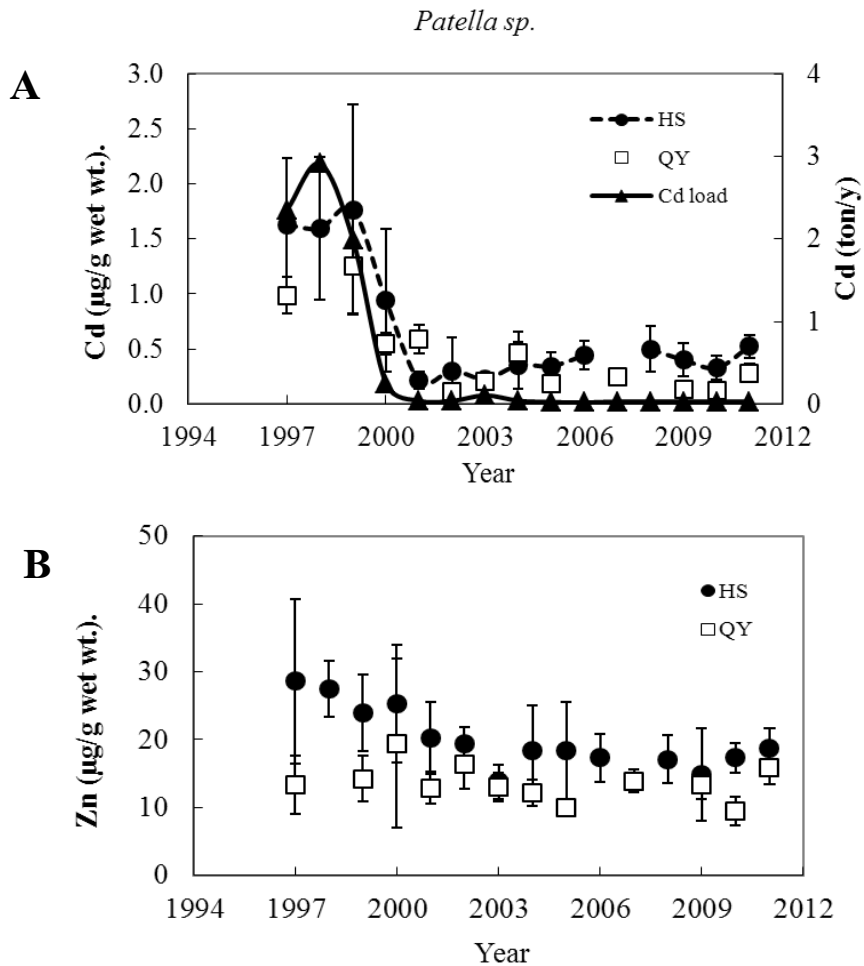
C



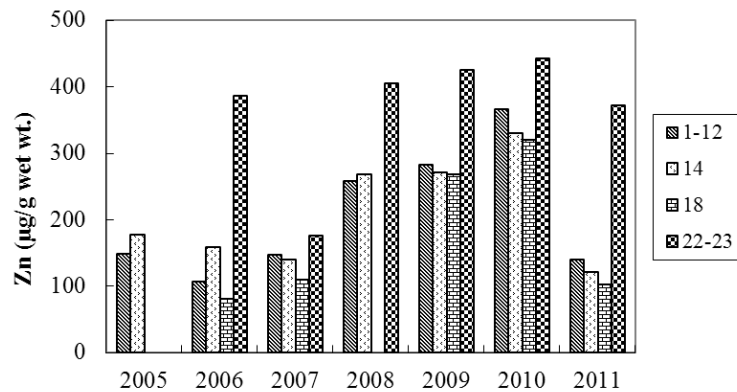
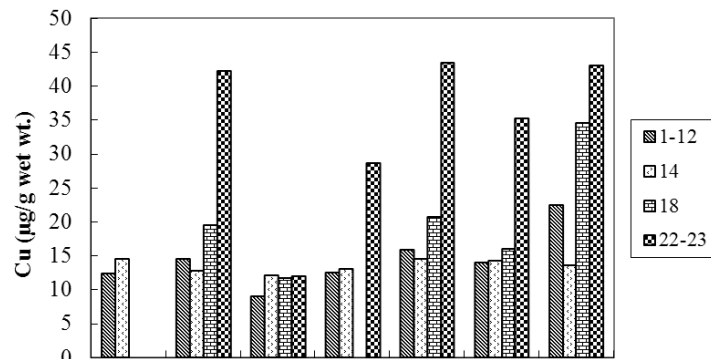
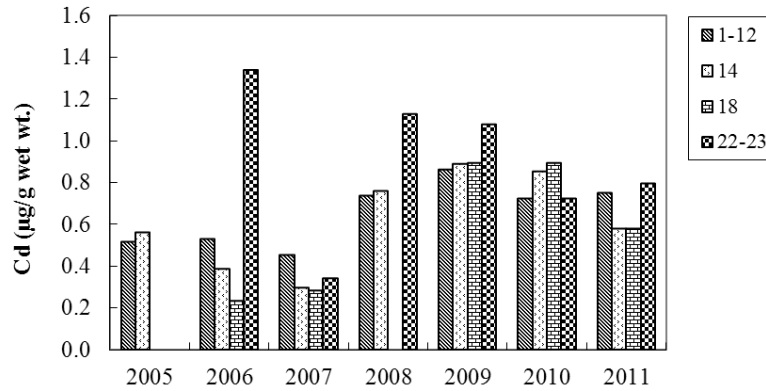
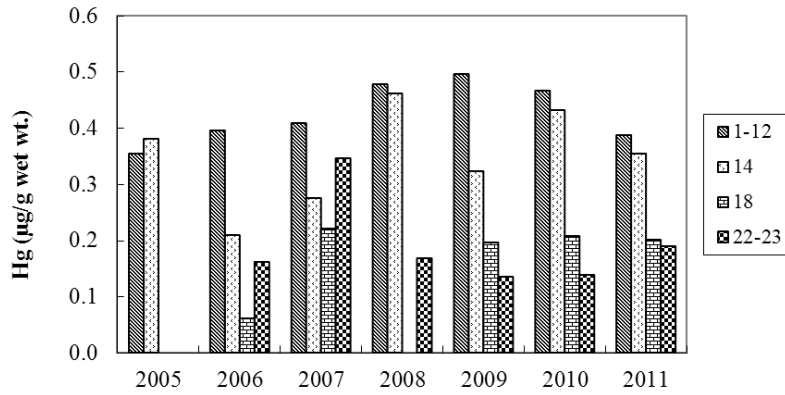
איור 19 : המשך



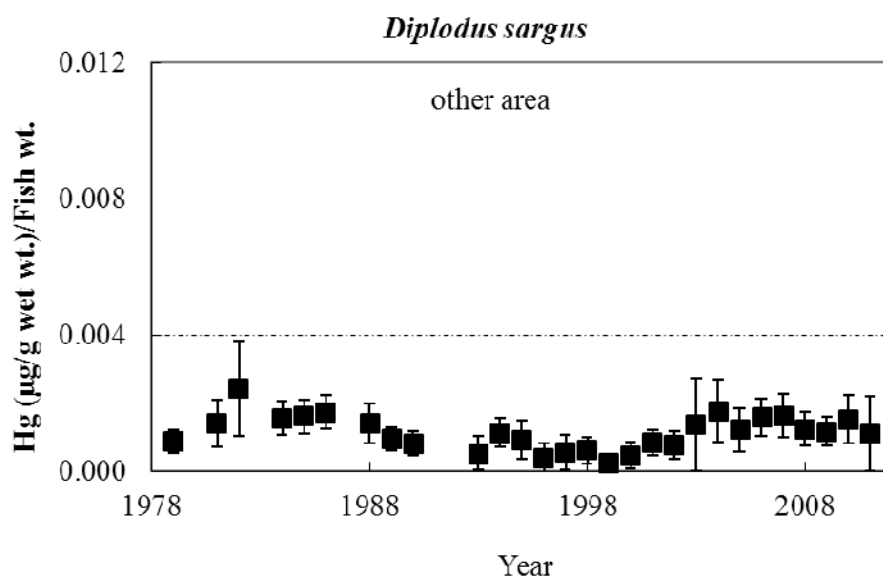
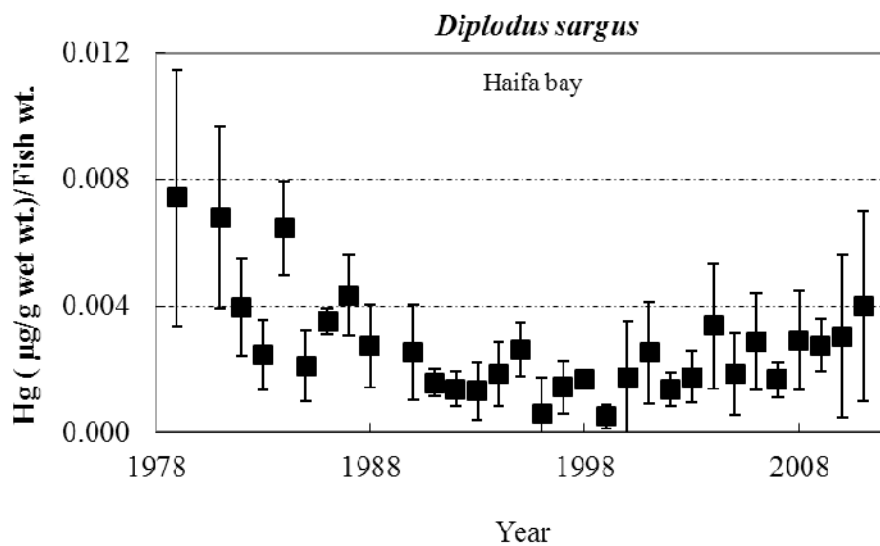
איור 20: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 – 2011.



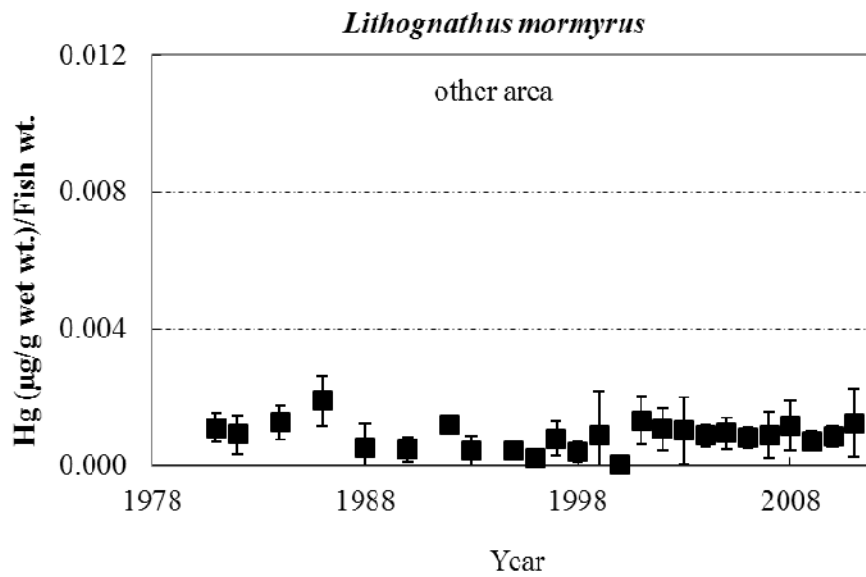
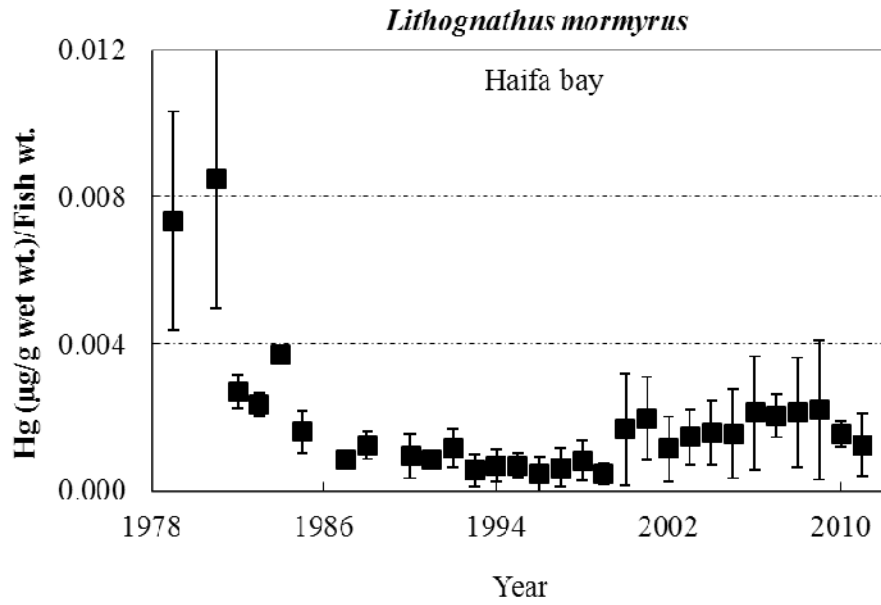
איור 21: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2011. הקו הרציף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



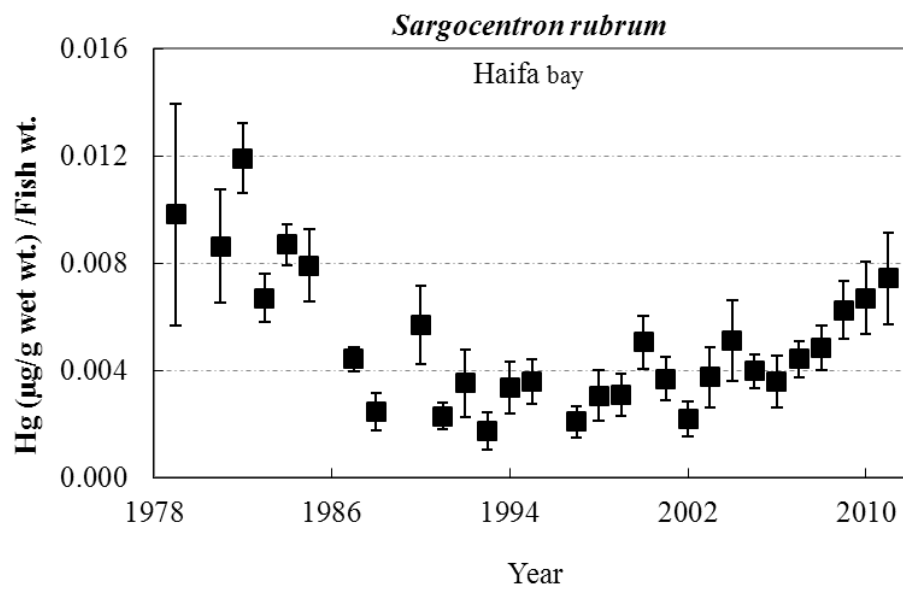
איור 22: השינויים ברכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחלווין *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 – 2011.



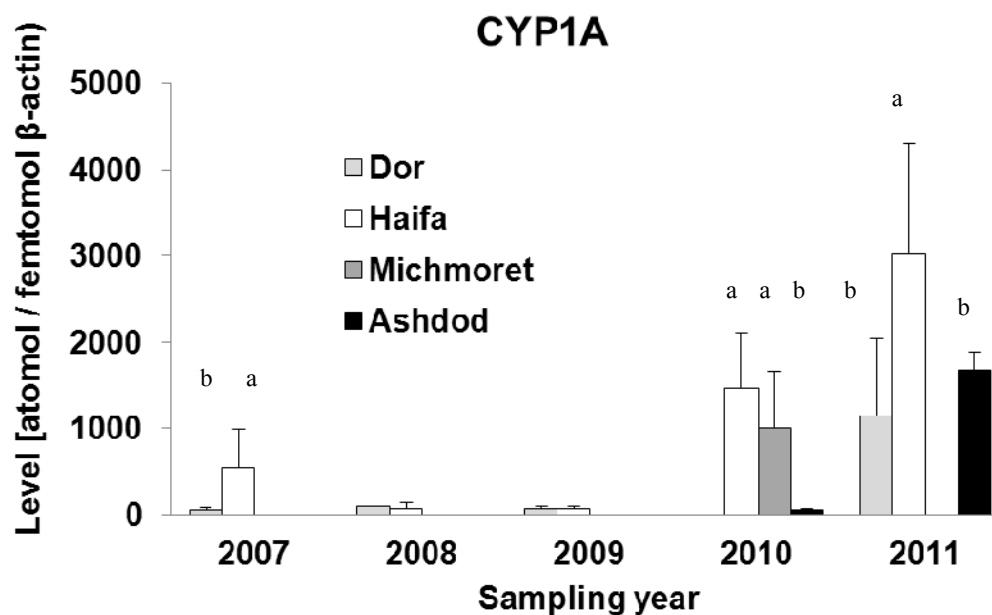
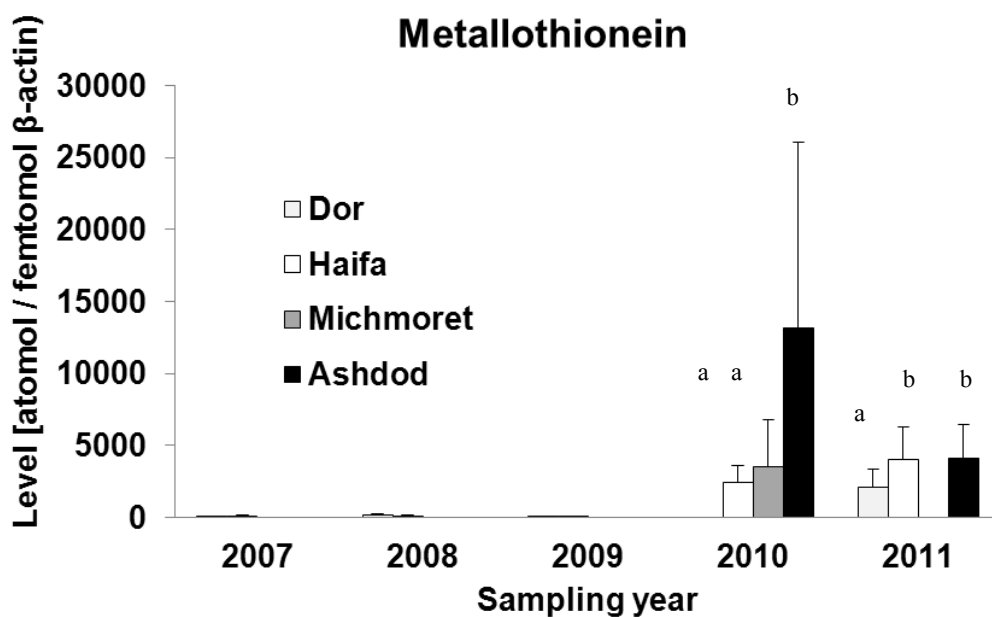
איור 23: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2011.



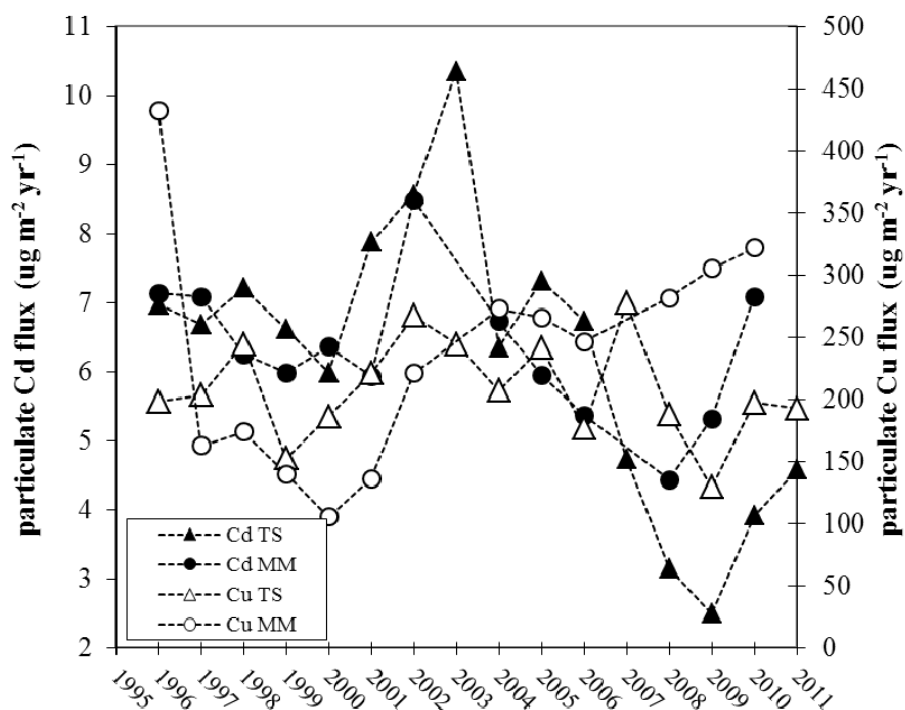
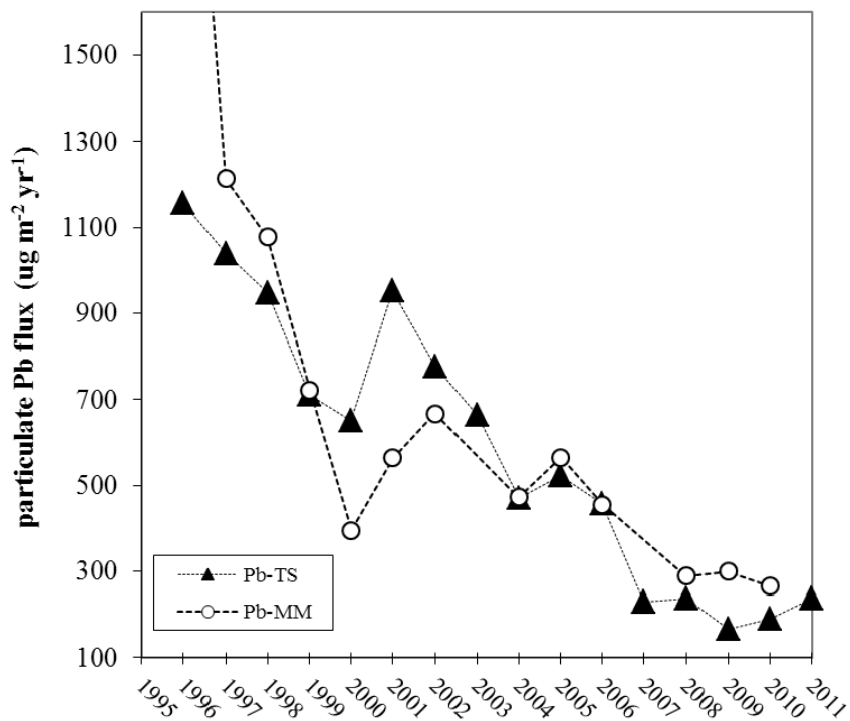
איור 24 : היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2011.



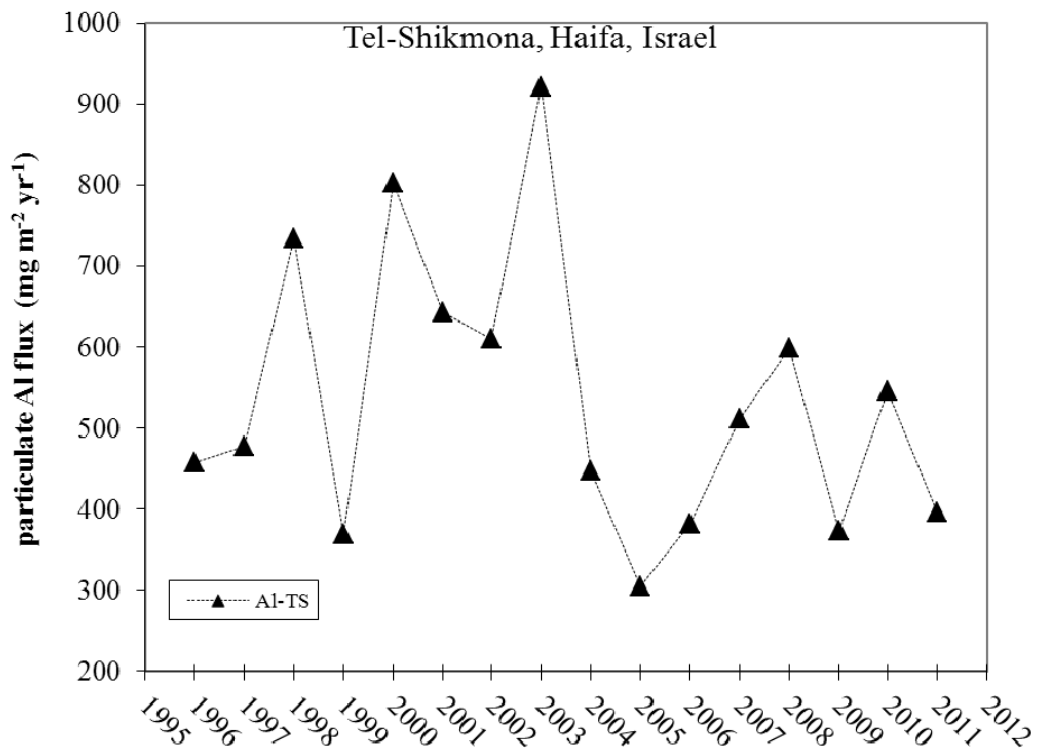
איור 25: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2011.



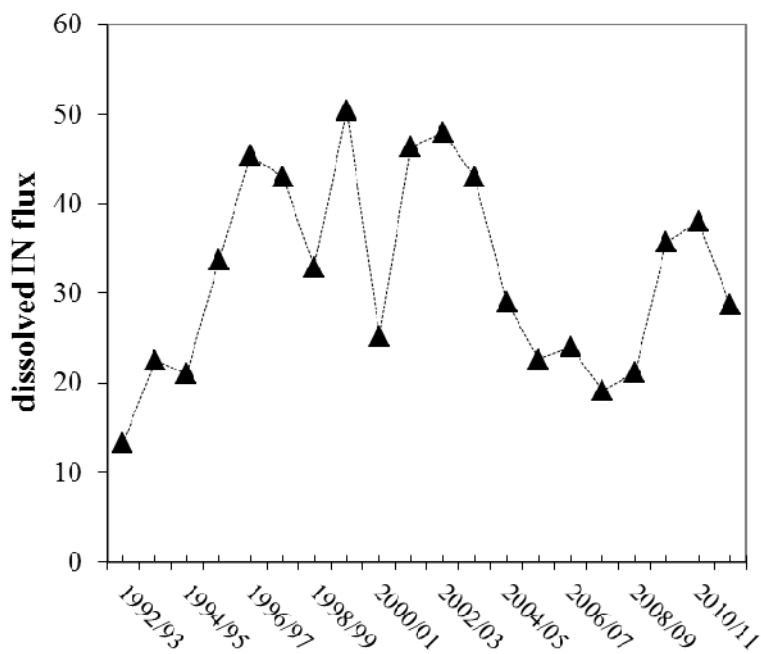
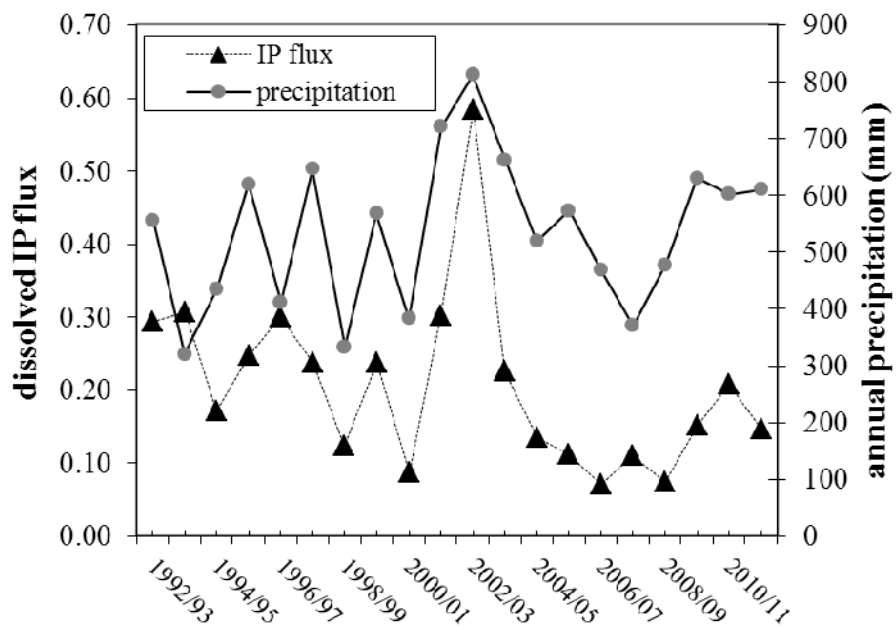
איור 26: רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A (CYP1A) ומטלותריון מאתרי הדיגום במפרץ חיפה, וחופי דור מכמורת ואשדוד בשנים 2007 – 2011. אותיות שונות מעל העמודות מציינות הבדל משמעותי סטטיסטית בין תחנות (t-test; $p < 0.05$). הסברי המונחים בגרפים נמצאים במילון המונחים (נספח 7).



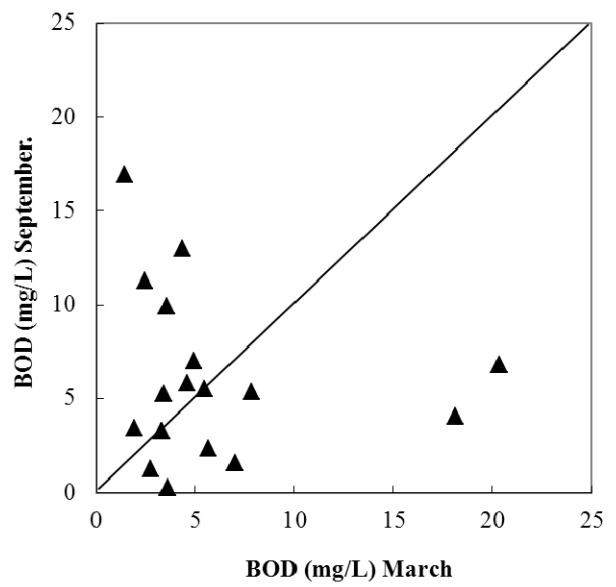
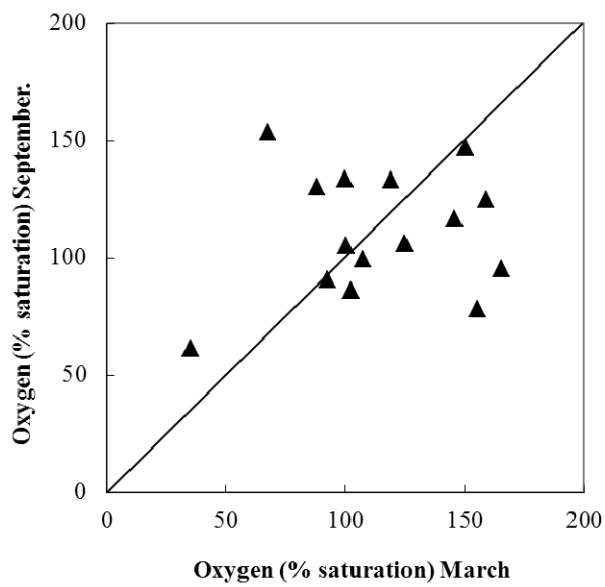
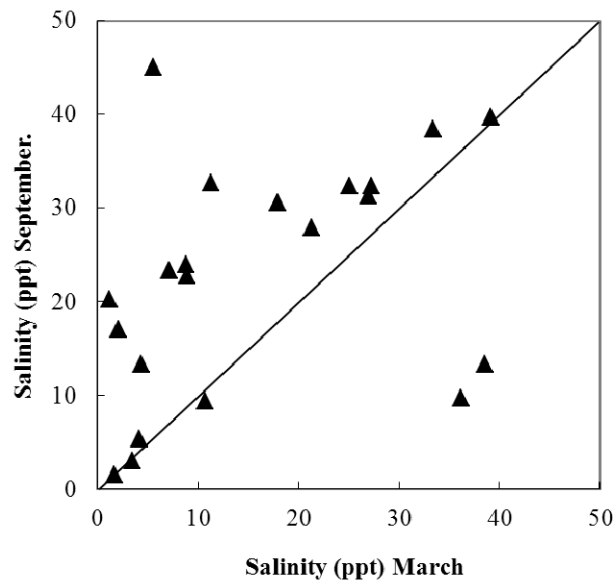
איור 27: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2011; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.



איור 27: המשך

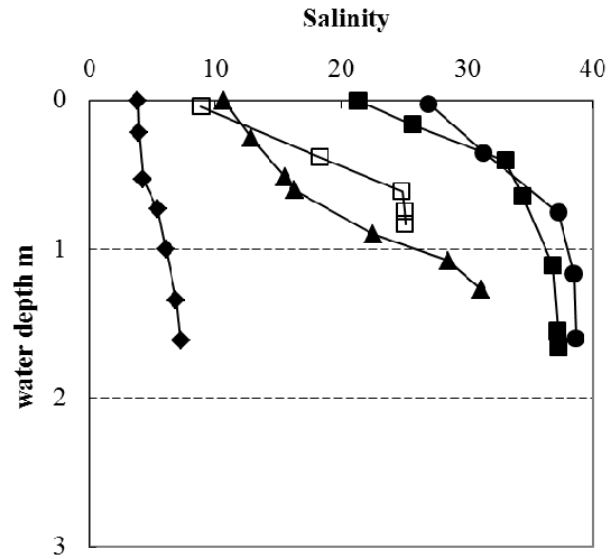
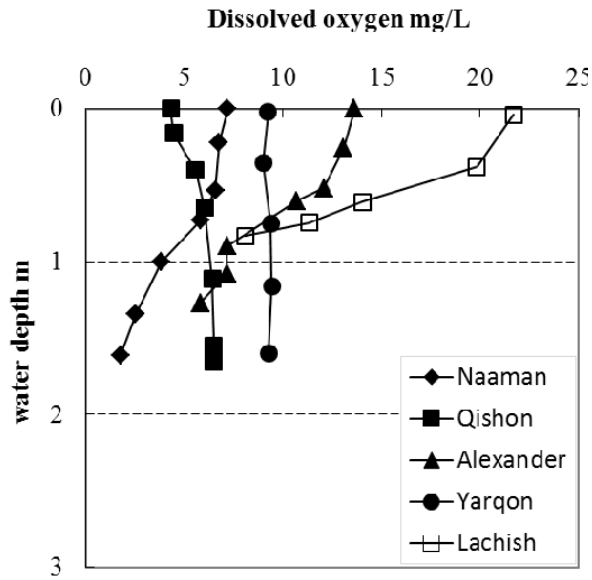


איור 28: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol m⁻² yr⁻¹) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2011. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

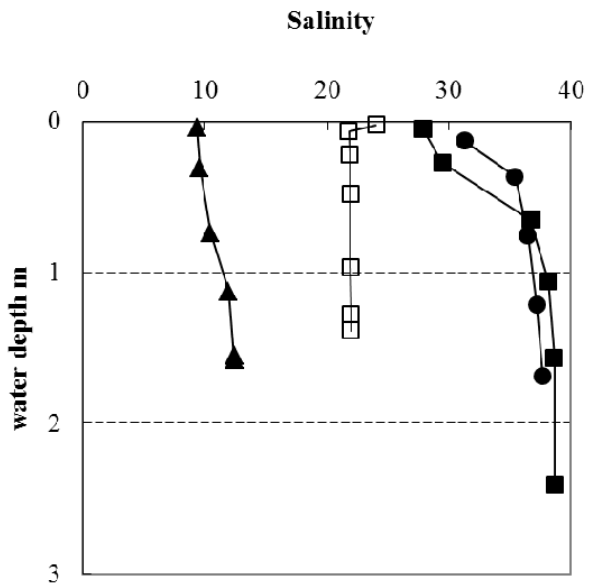
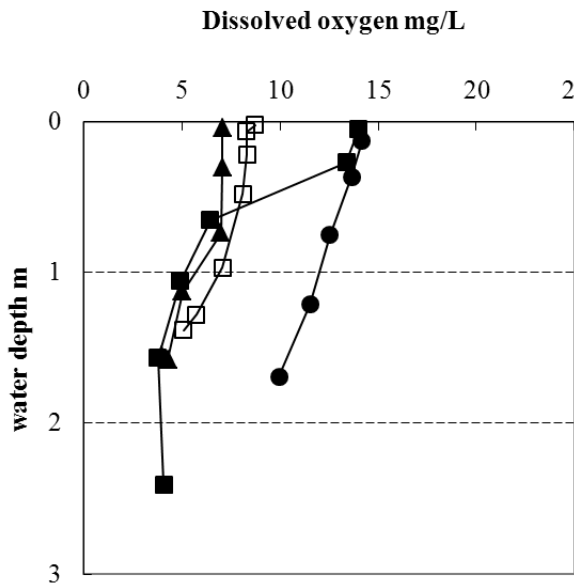


איור 29 : הקשר בין ערכי מליחות, אחוז הרוויה בחמצן וצריכת חמצן ביולוגית (BOD) בדיגום ספטמבר לדיגום מרץ בשפכי הנחלים בשנת 2011.

מרץ 2011

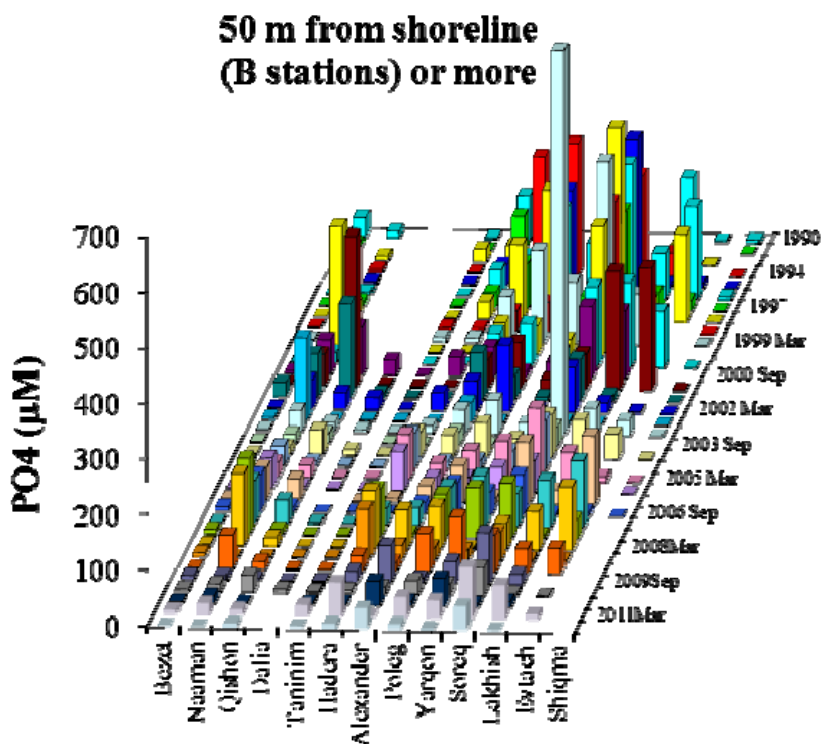
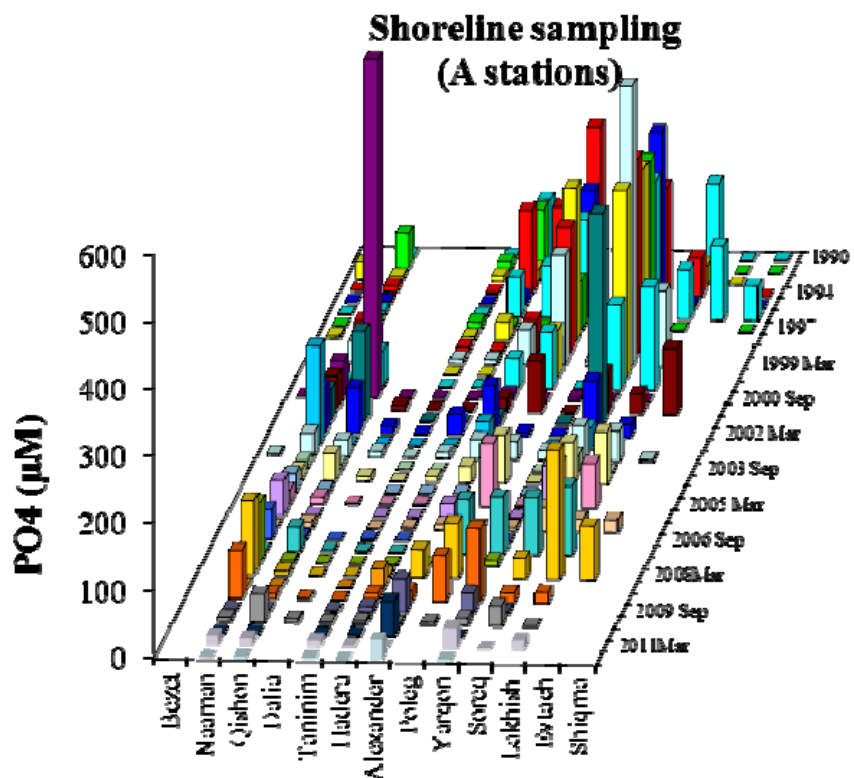


ספטמבר 2011



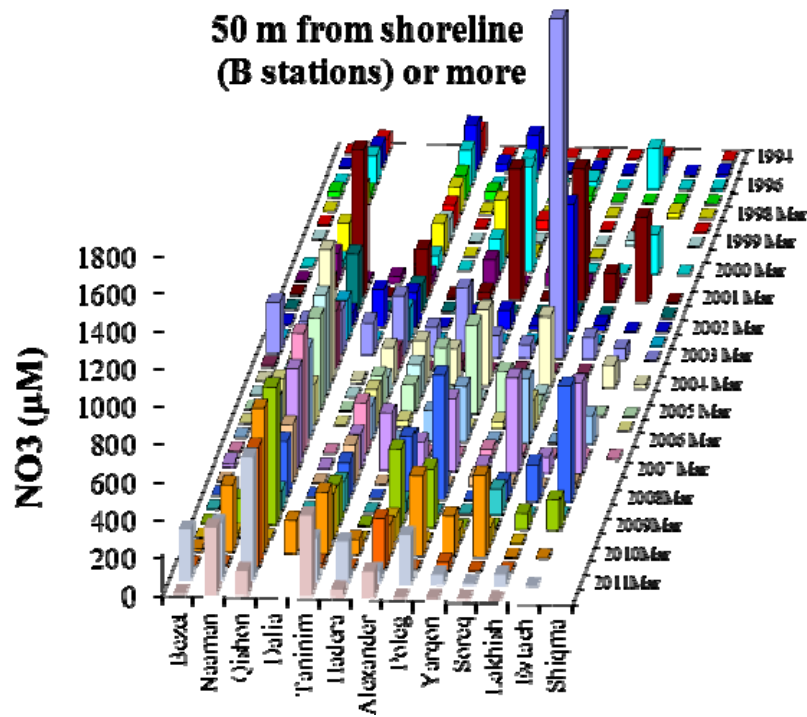
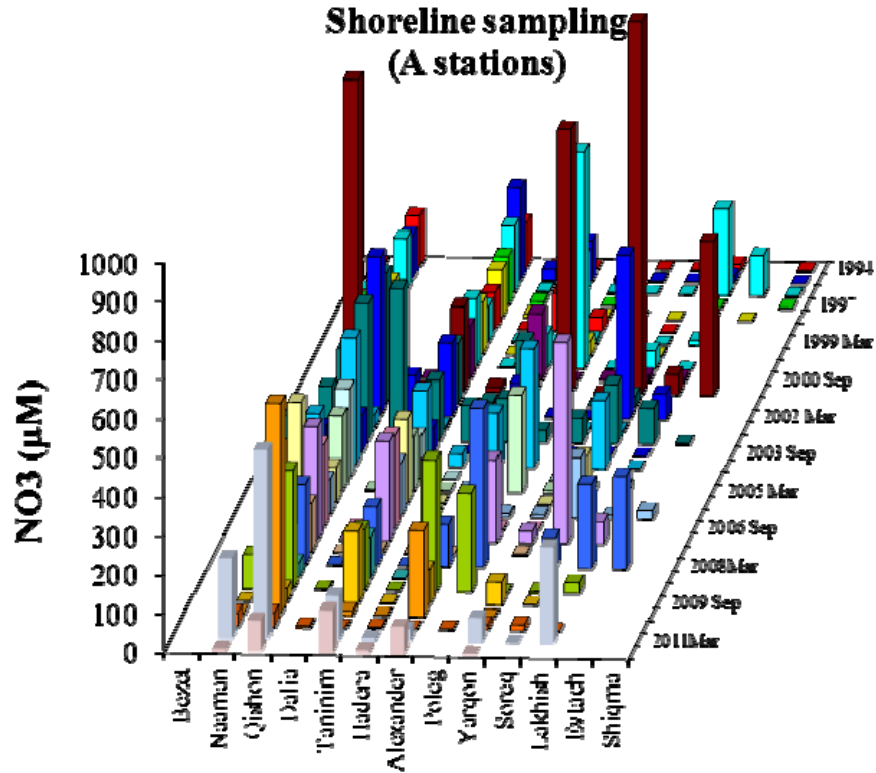
איור 30: פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ וספטמבר 2011.

A



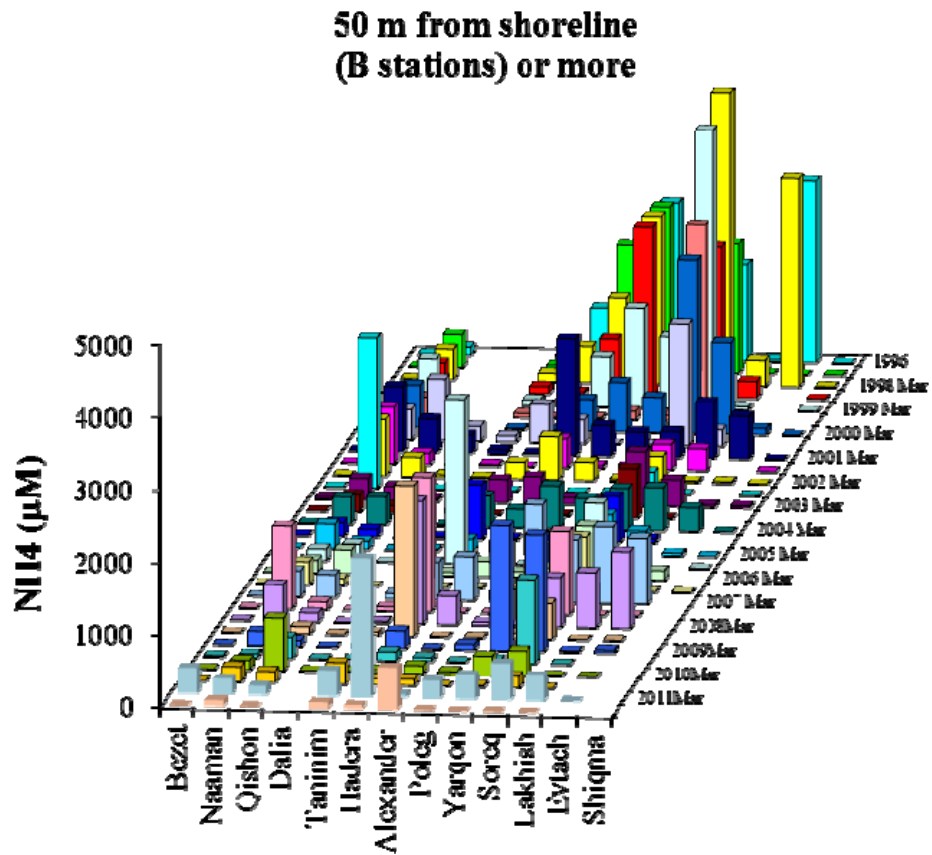
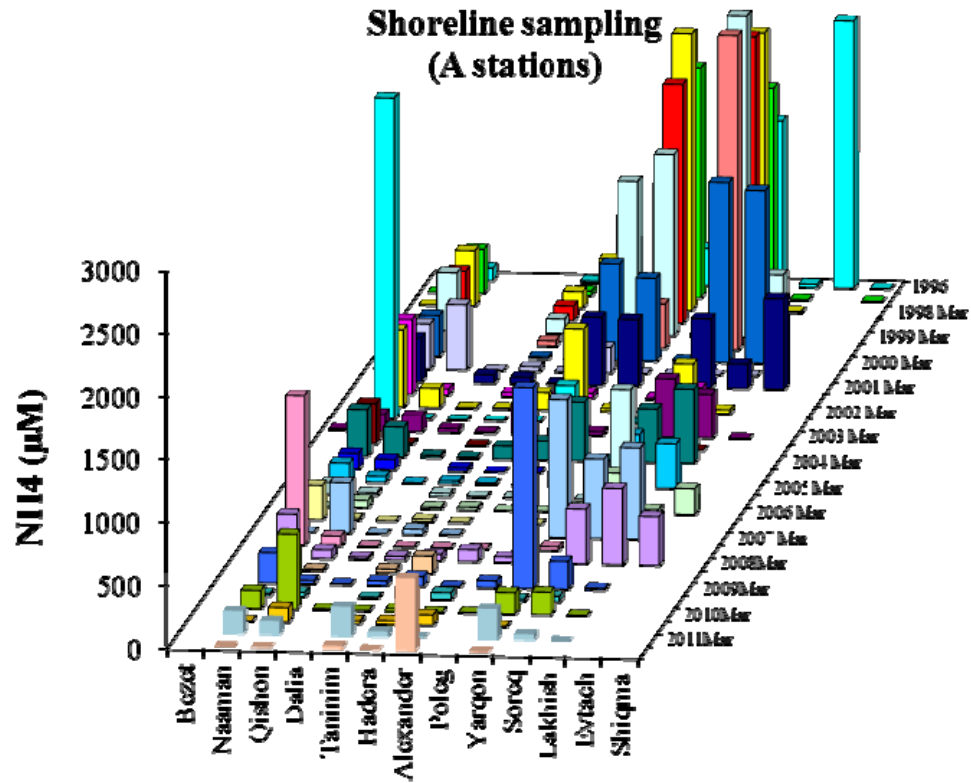
איור 31: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2011 (מרץ וספטמבר).

B



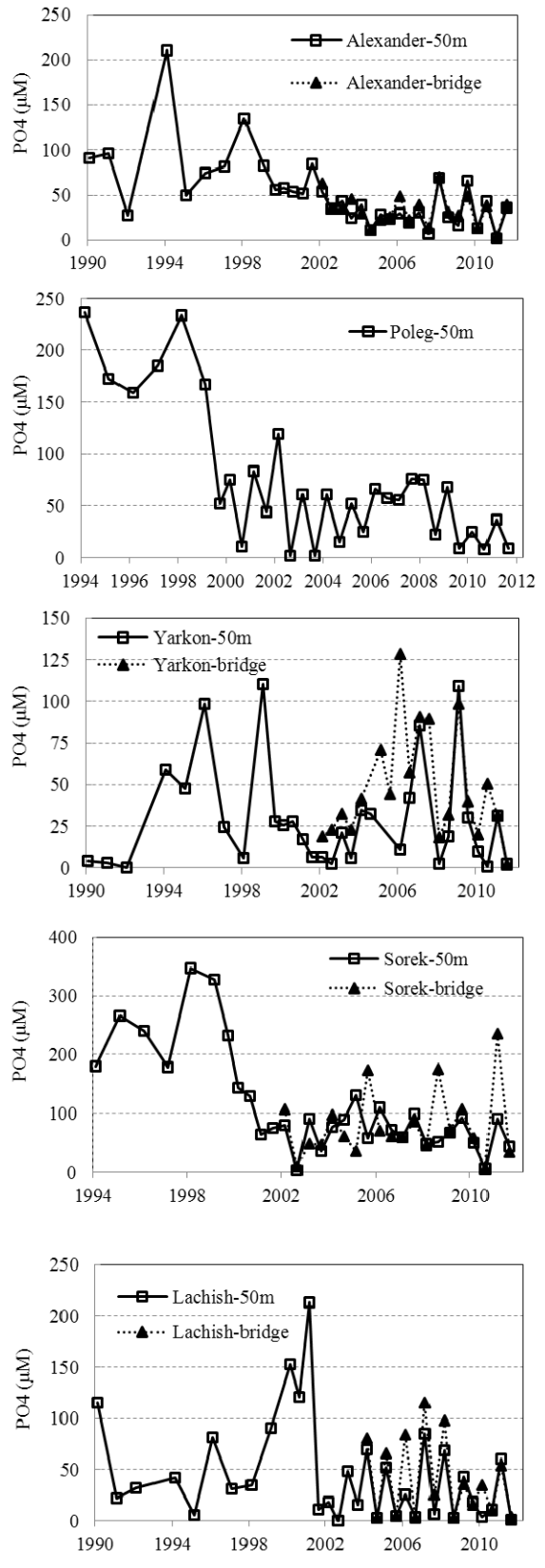
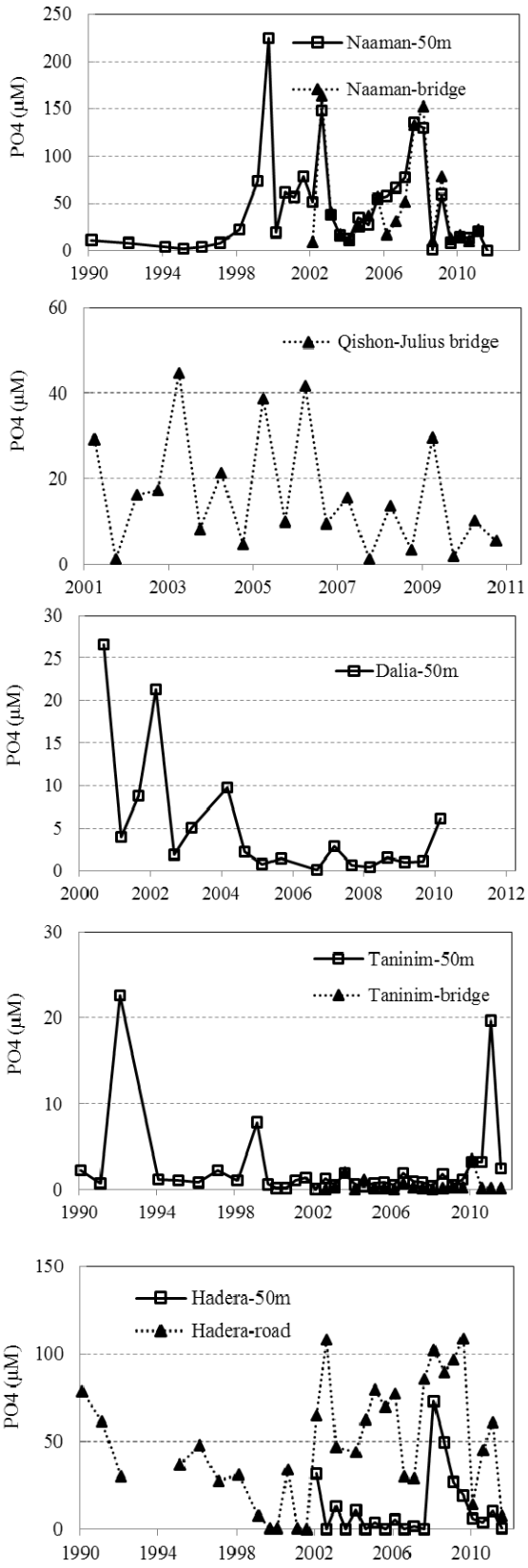
איור 31 : המשך

C



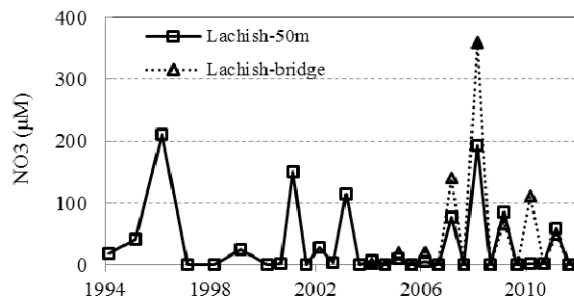
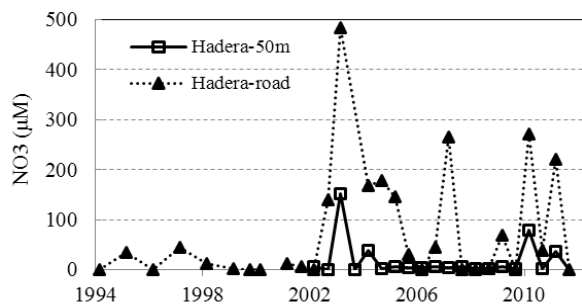
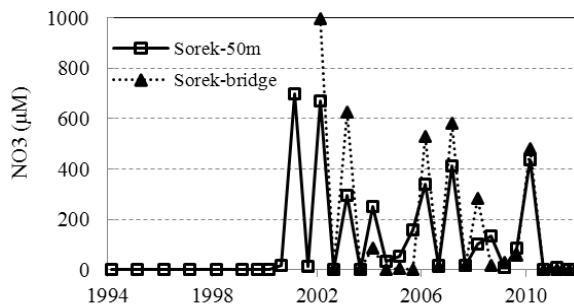
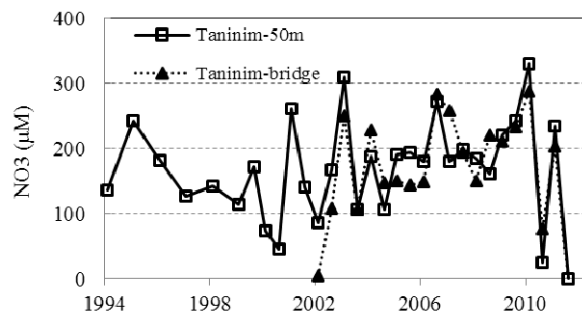
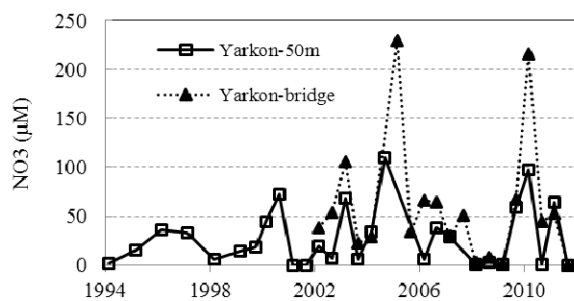
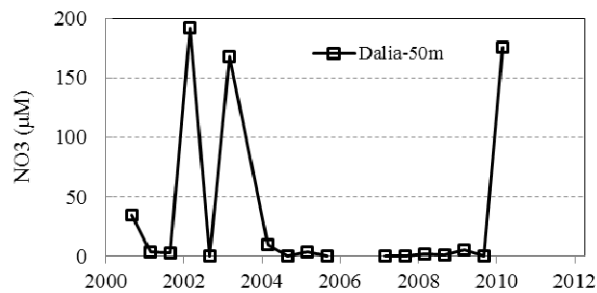
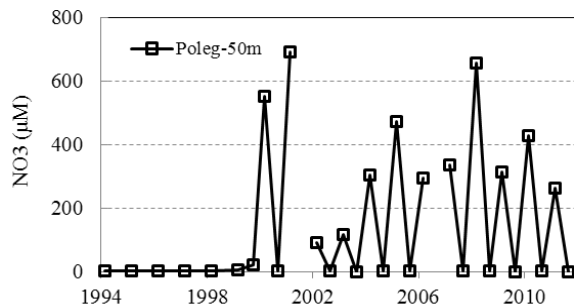
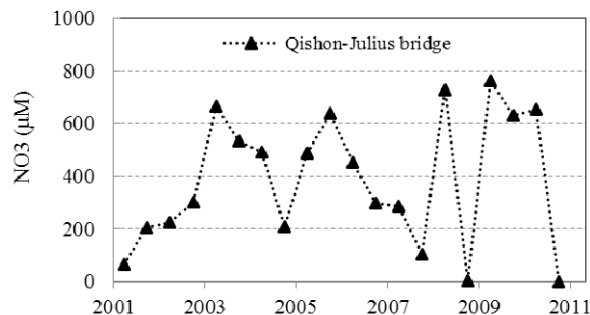
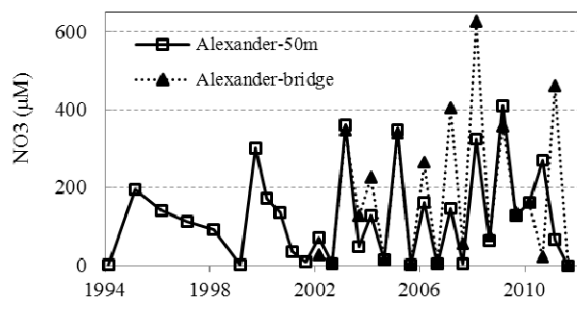
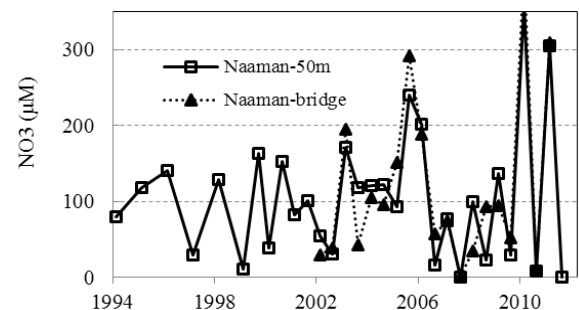
איור 31 : המשך

A



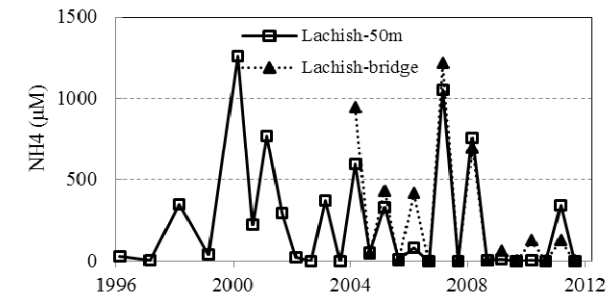
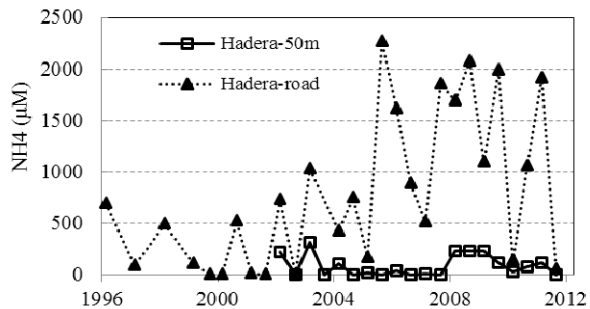
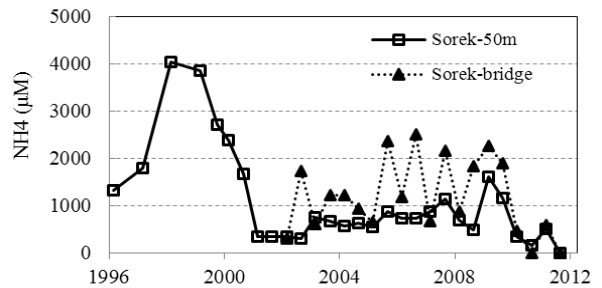
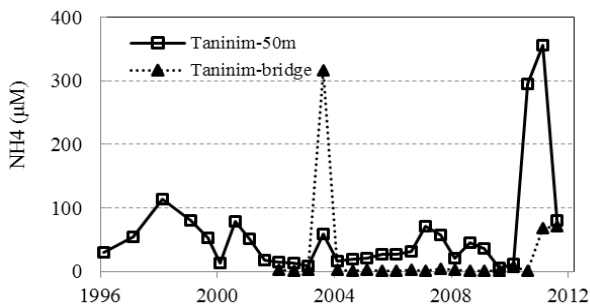
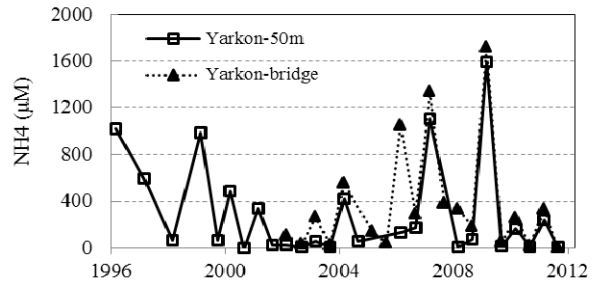
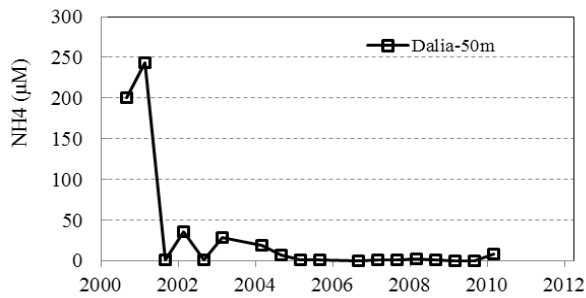
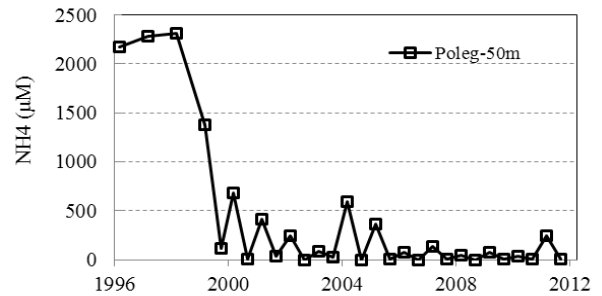
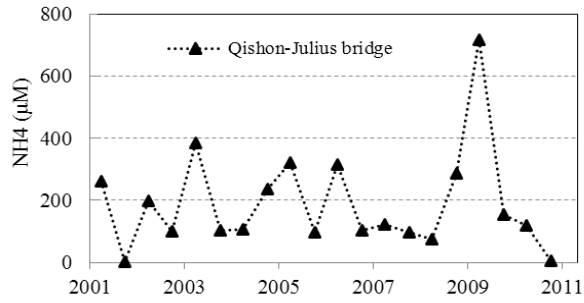
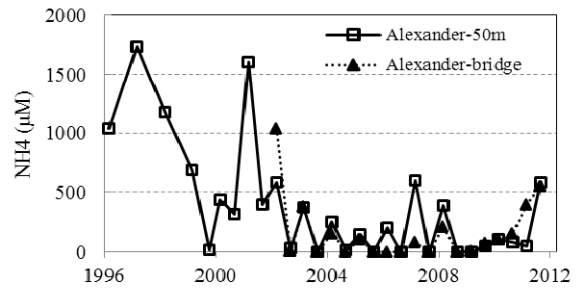
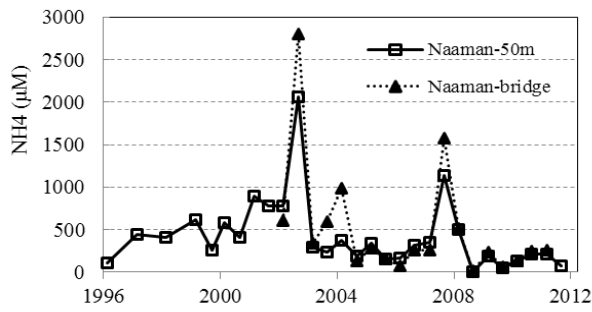
איור 32 : ריכוזי פוספט (A) ניטראט (B) ואמוניום (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2011 (מרץ וספטמבר).

B

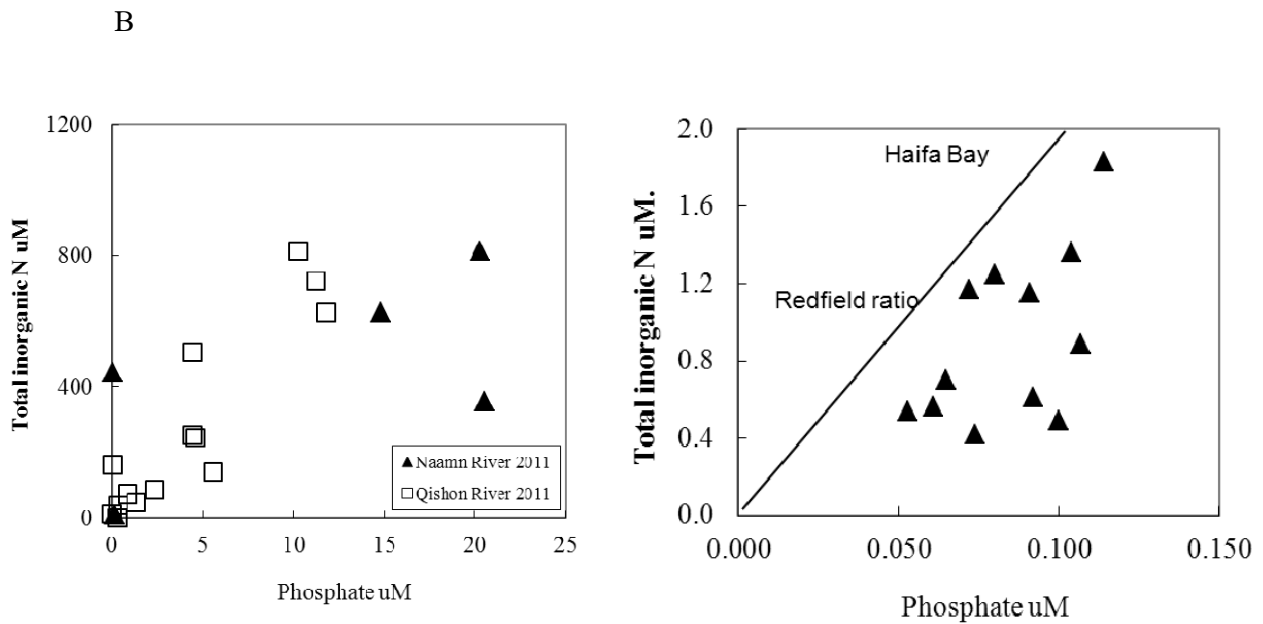
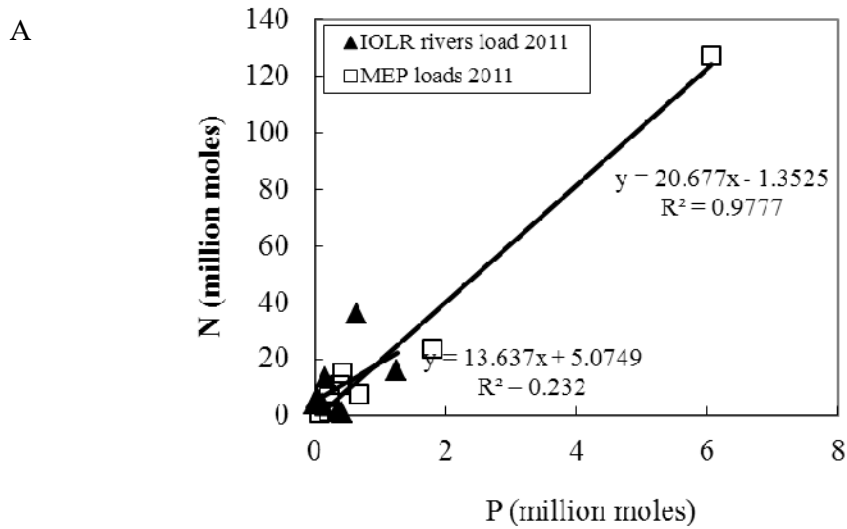


איור 32 : המשך

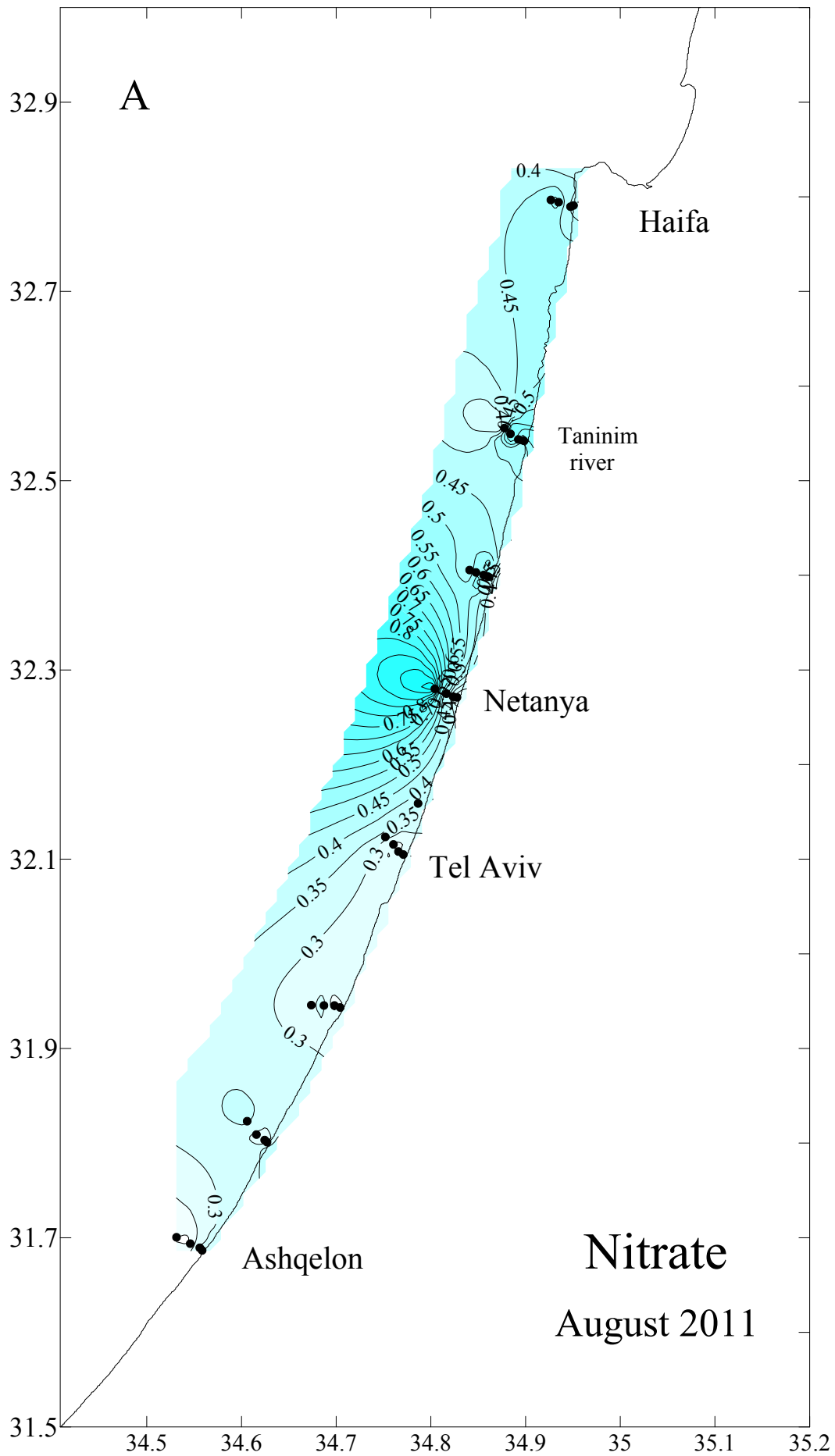
C



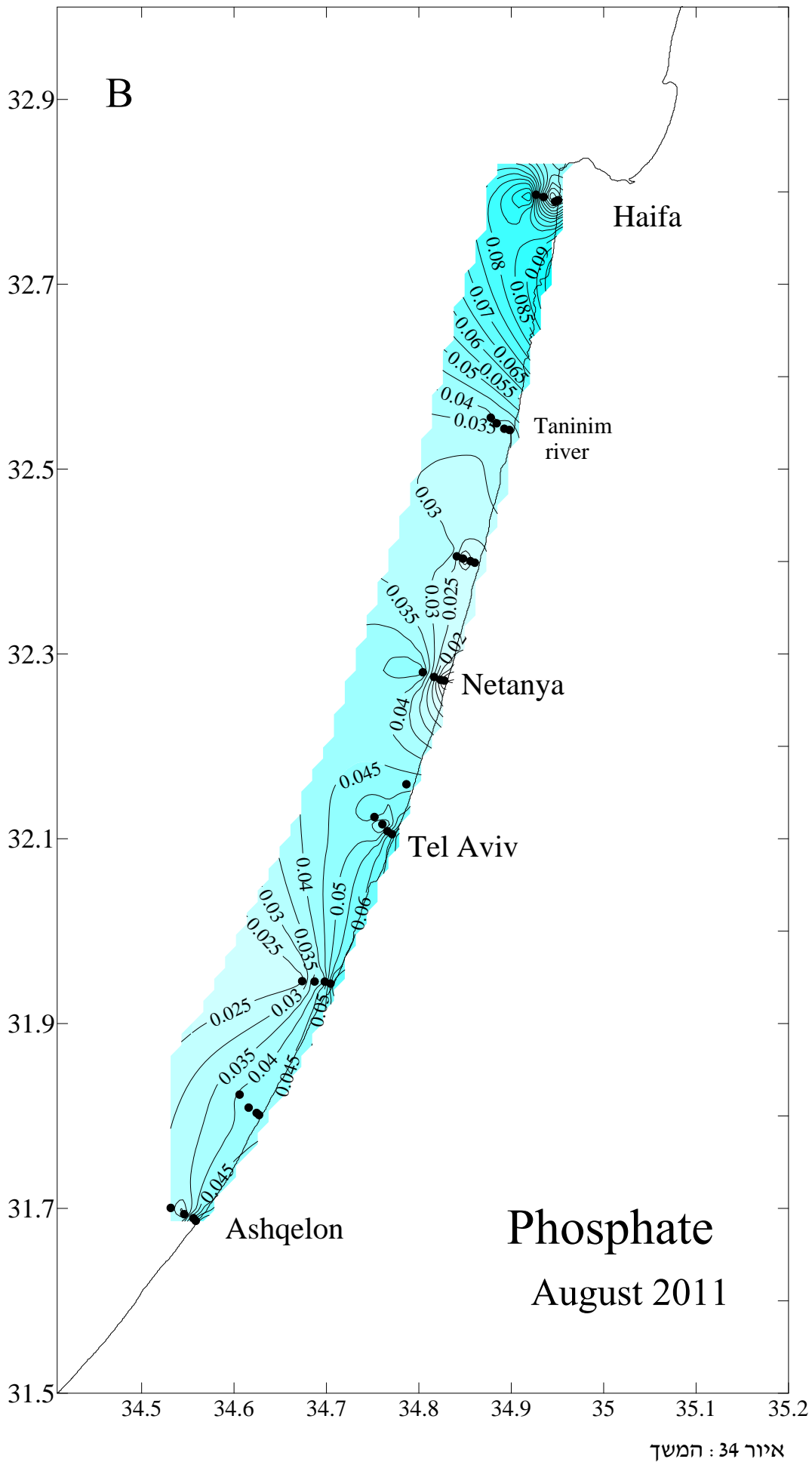
איור 32 : המשך

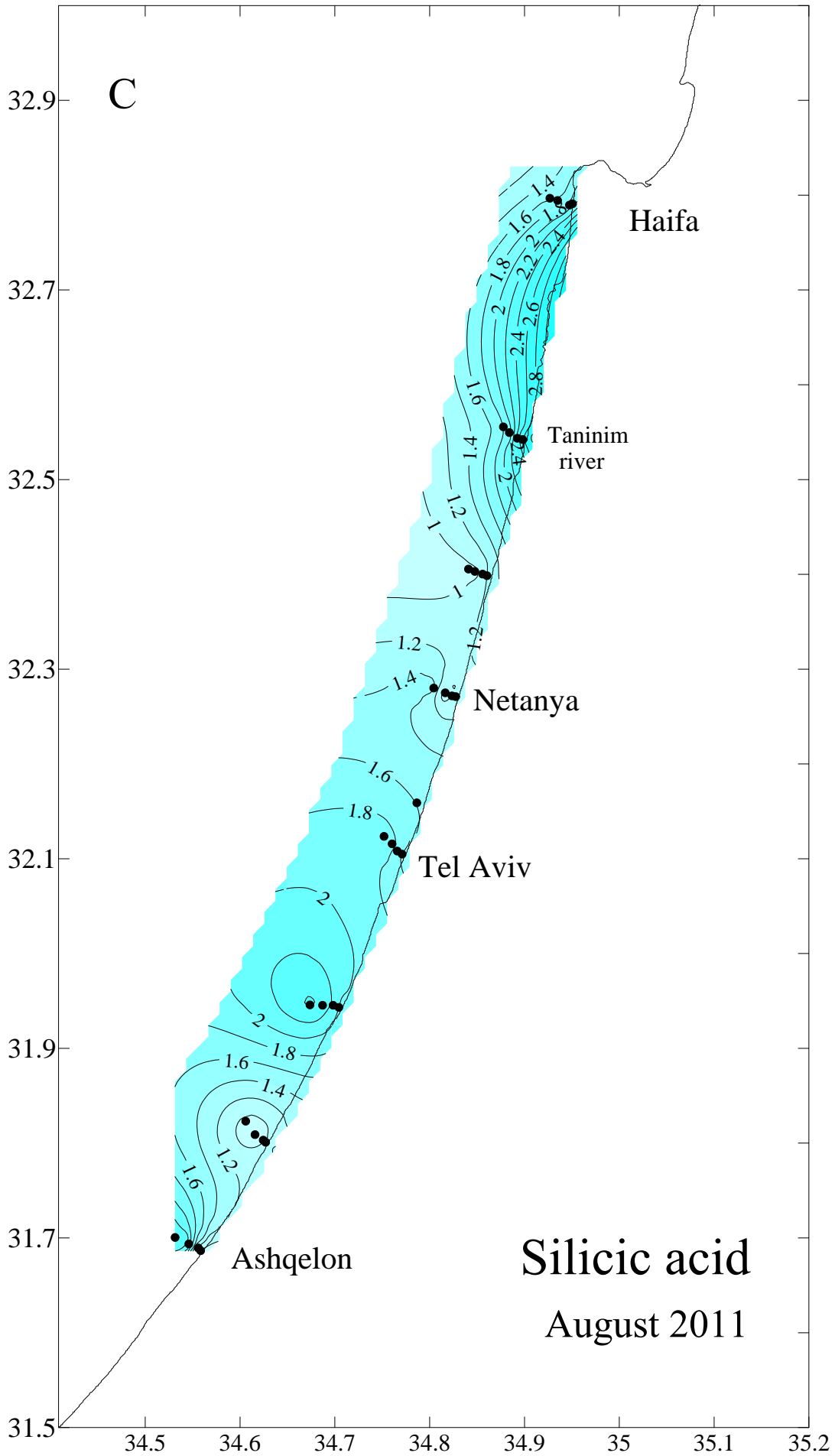


איור 33: הקשר בין עומסי החנקן והזרחן בהזרמות השפכים לנחלים ובשפכי הנחלים (ע"פ טבלה 6 (A), והקשר בין ריכוזי חנקן אי-אורגני לריכוזי פוספאט במי מפרץ חיפה (יולי 2011) ובשפך נחלי נעמן וקישון (2011) (B).

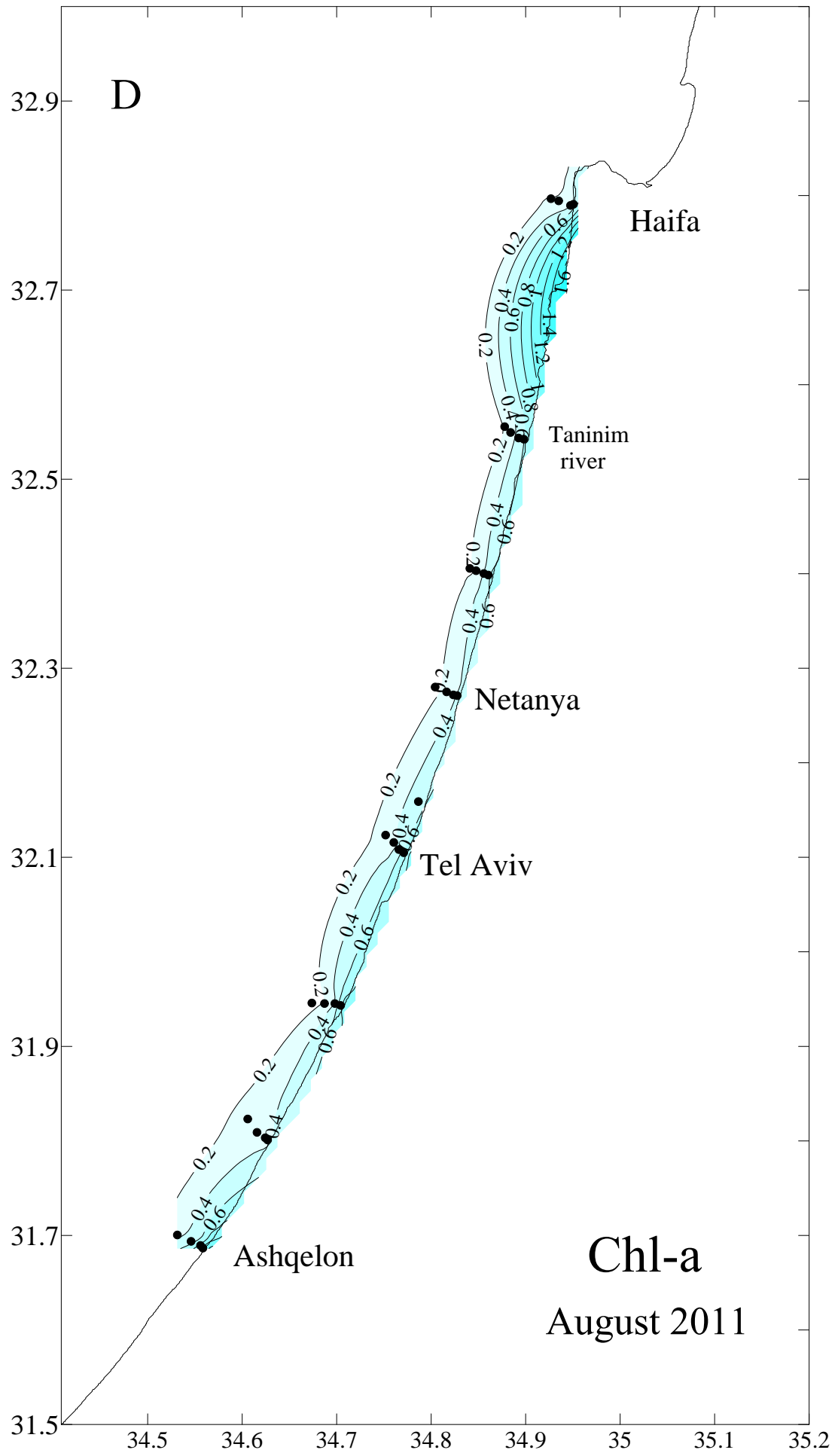


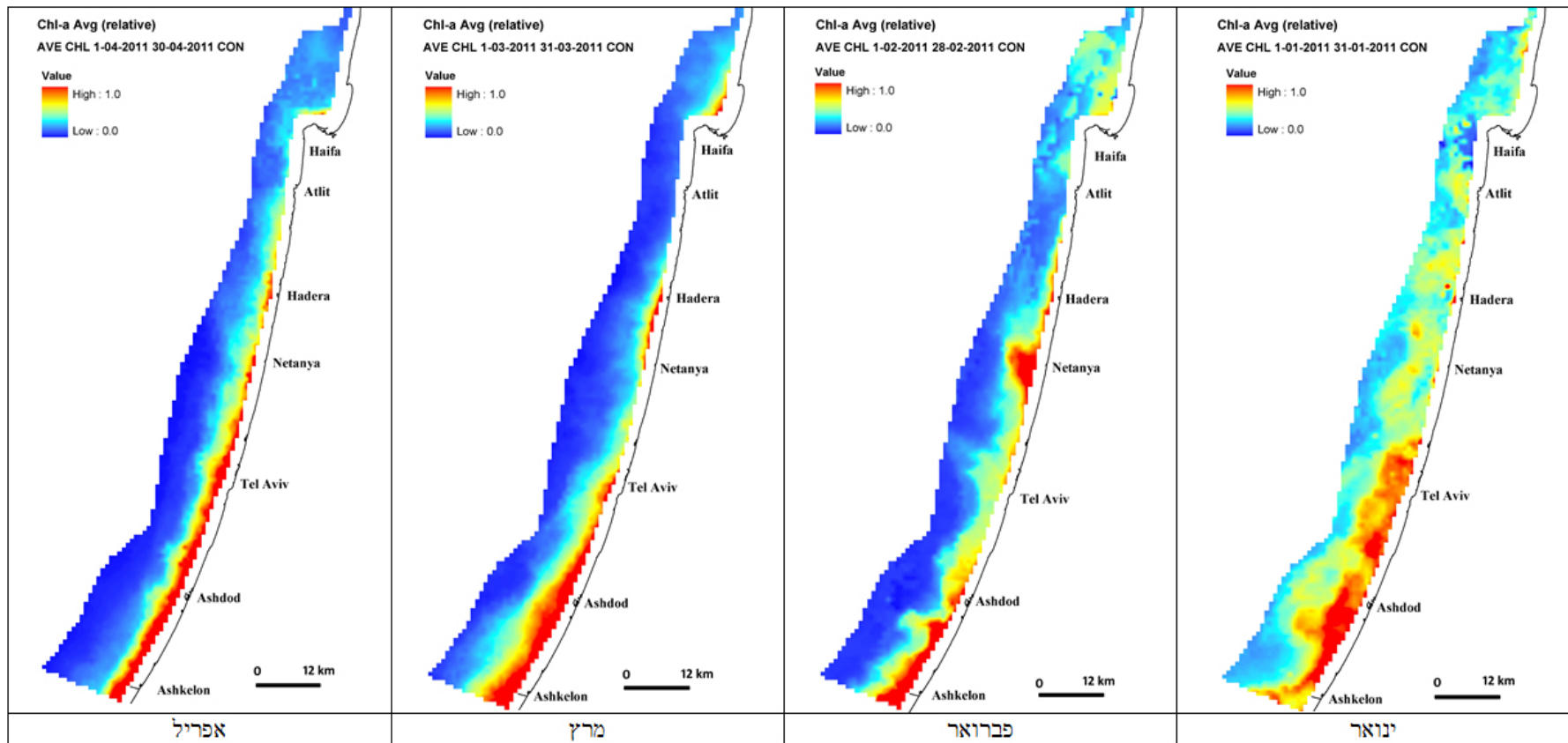
איור 34 : ריכוזי נטריאנטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליציית (C) וכלורופיל a (D) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2011



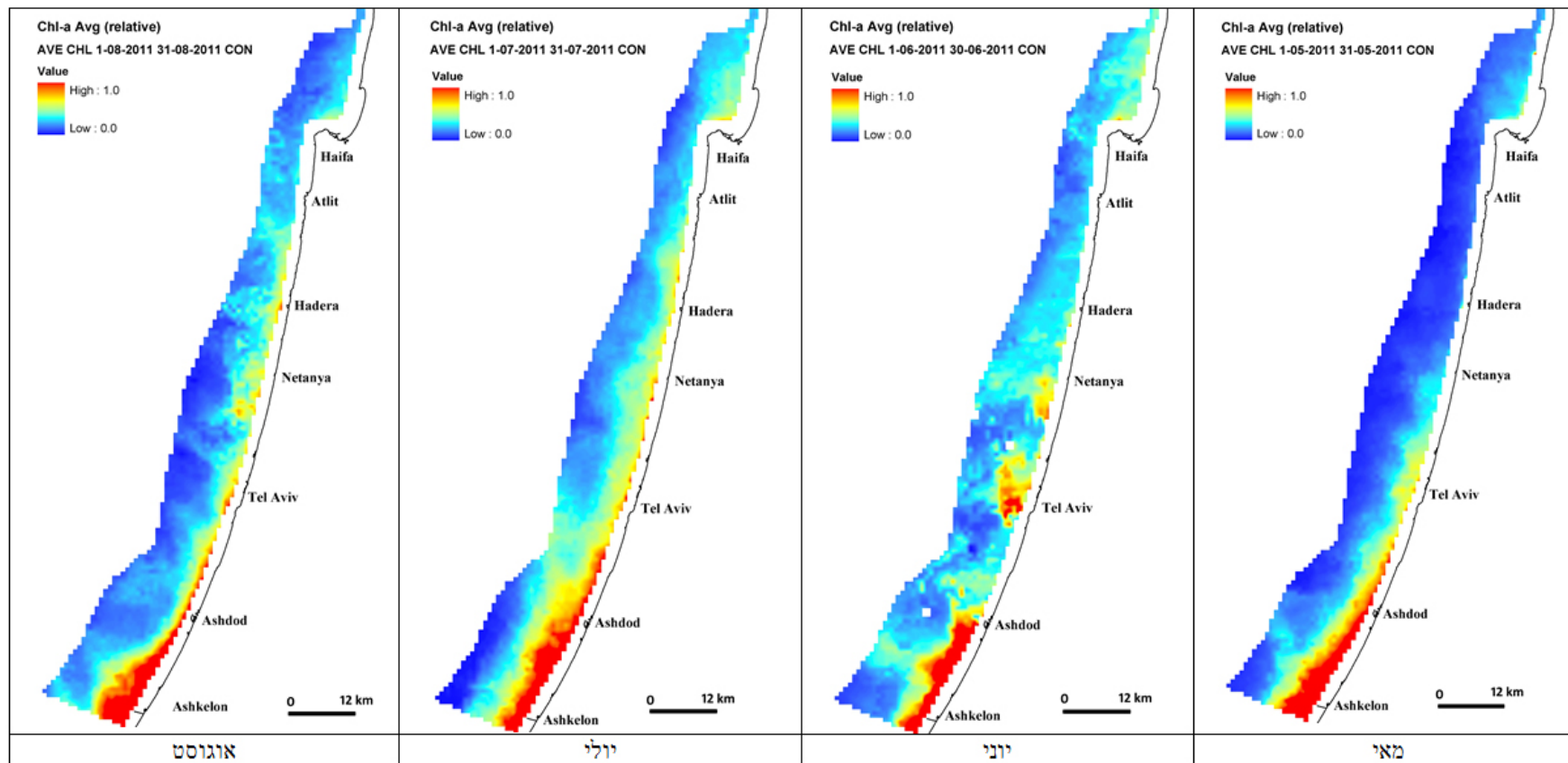


איור 34 : המשך

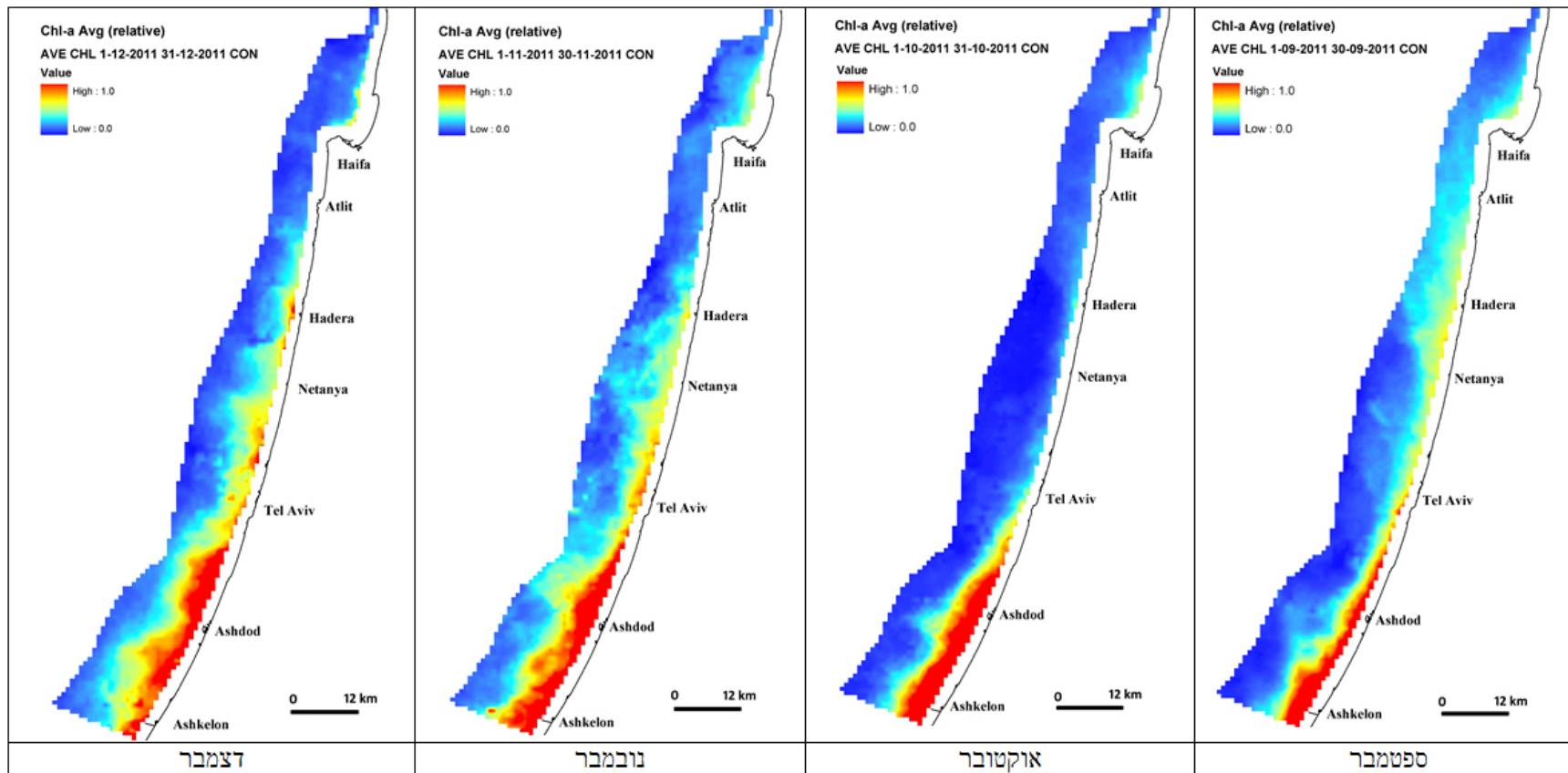




איור 35 : תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף (עומק מים של 200 מטר), בערכים יחסיים (0-1), כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה 1X1 ק"מ) בשנת 2011.

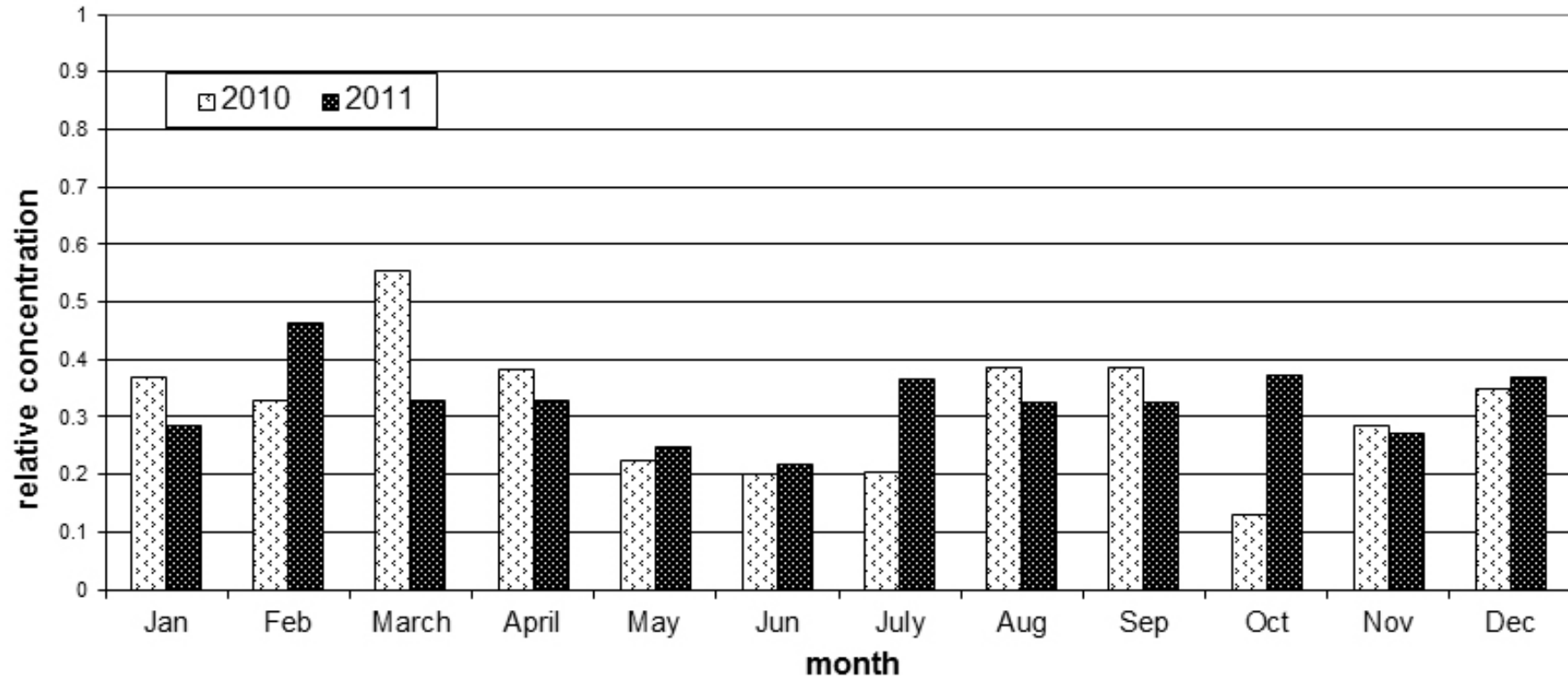


איור 35 : המשך

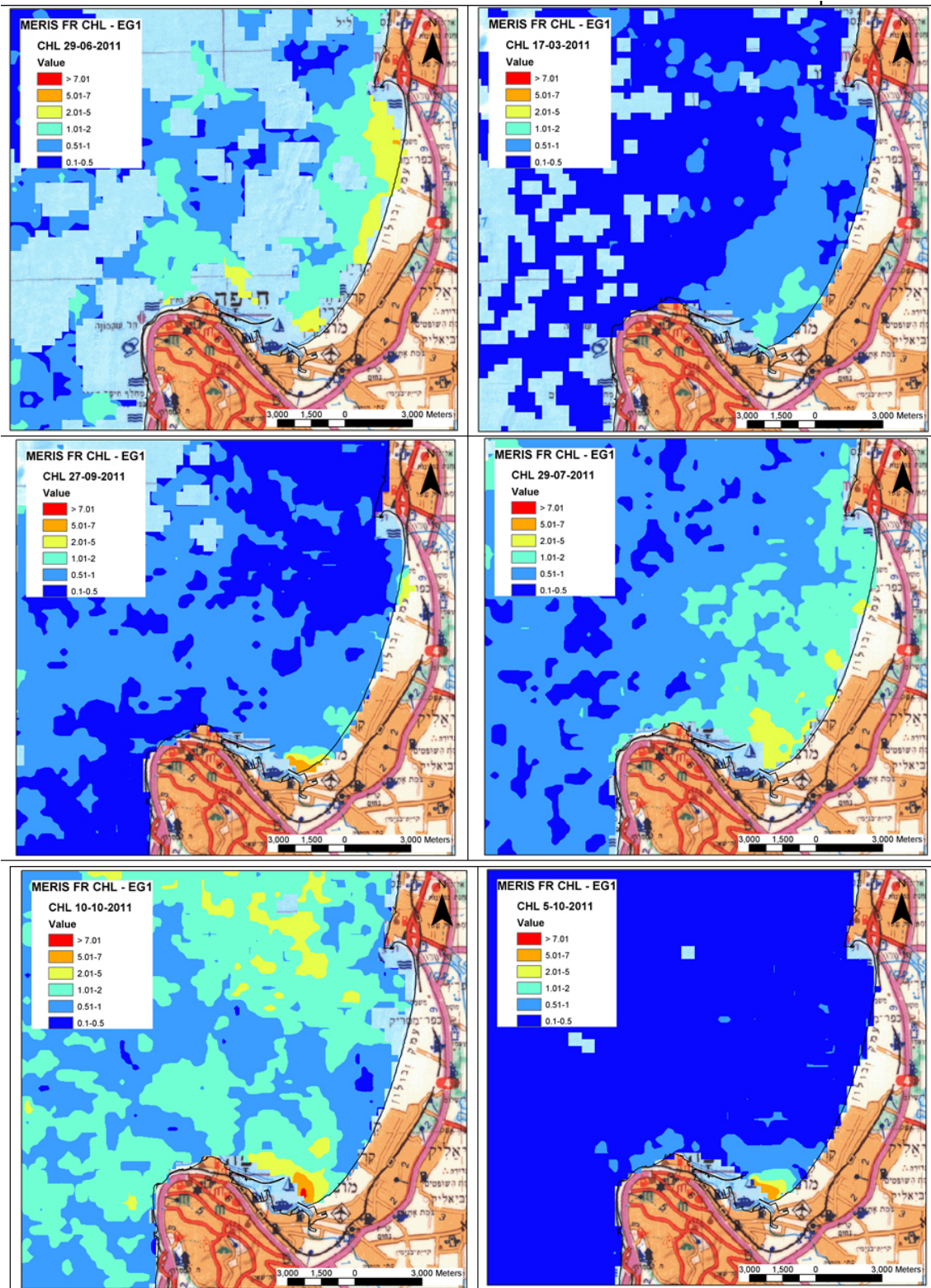


איור 35 : המשך

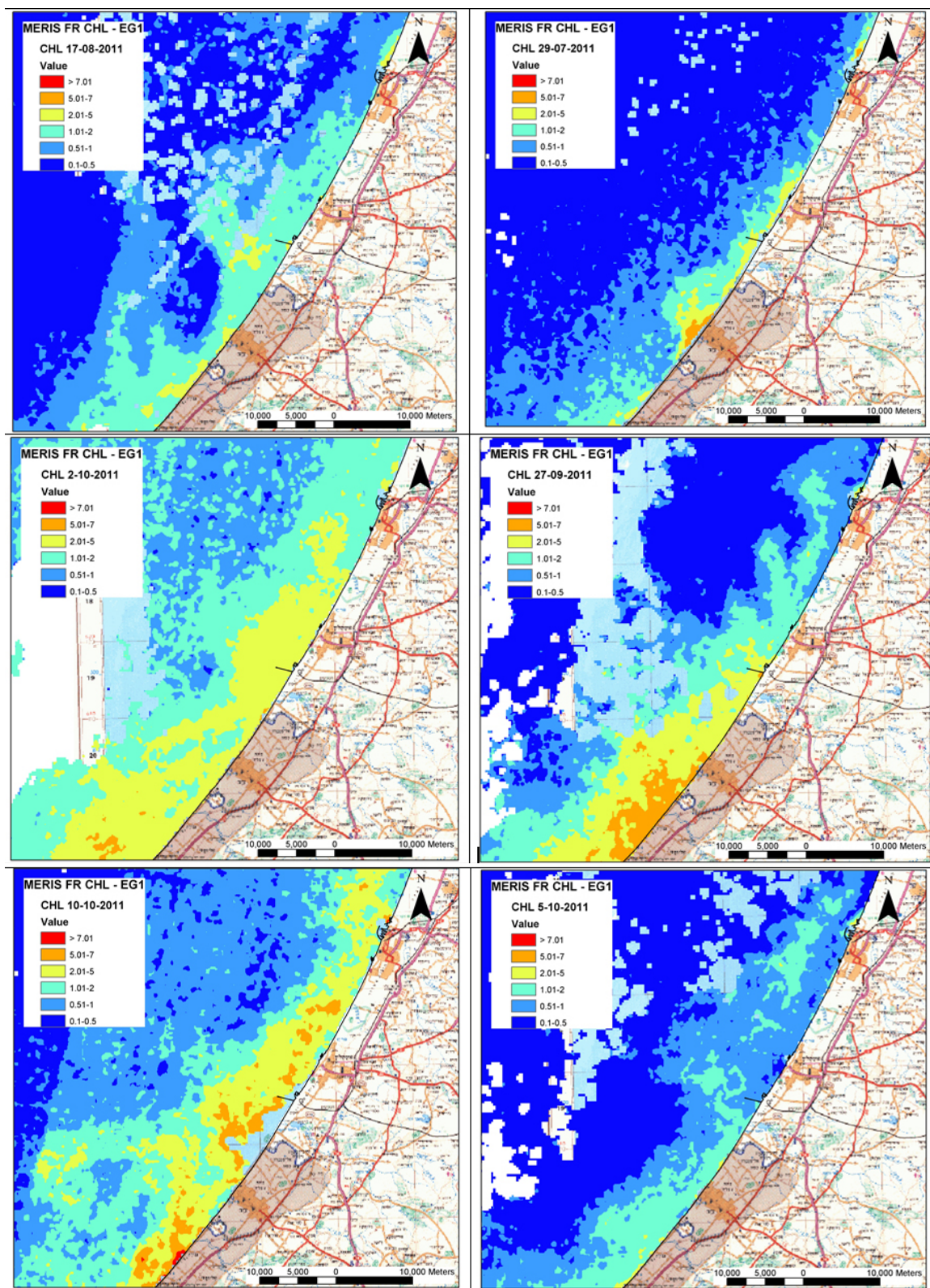
Average Chl-a concentration (relative) on the Israeli continental shelf (2 km offshore to WD=200m) derived from MODIS images



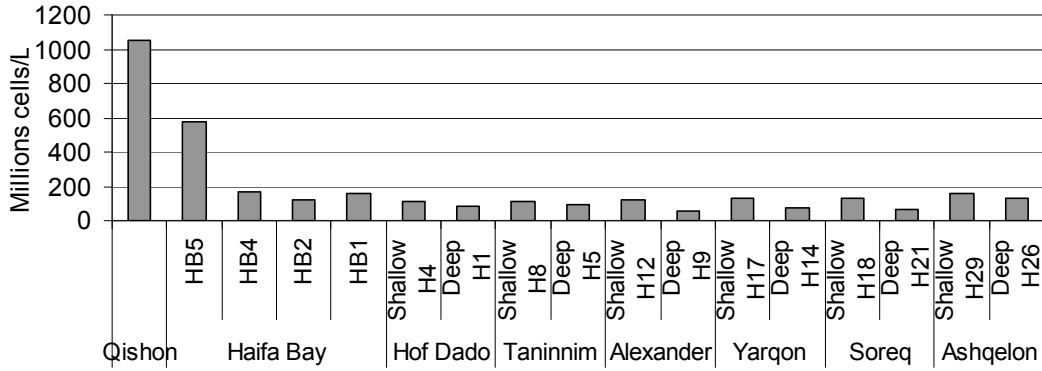
איור 36 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר בשנים 2010-2011 כפי שהתקבלו ה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



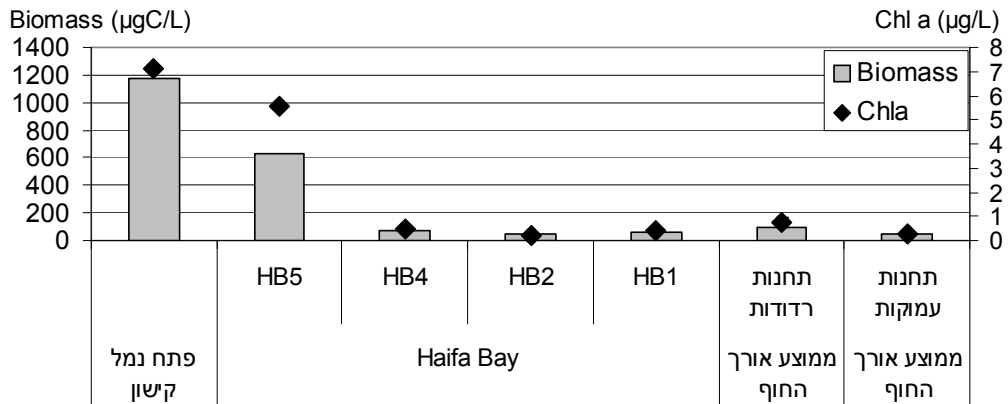
איור 37: השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל במפרץ (ערכים לא מכוילים). אנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים מרץ, יולי, ספטמבר ואוקטובר 2011.



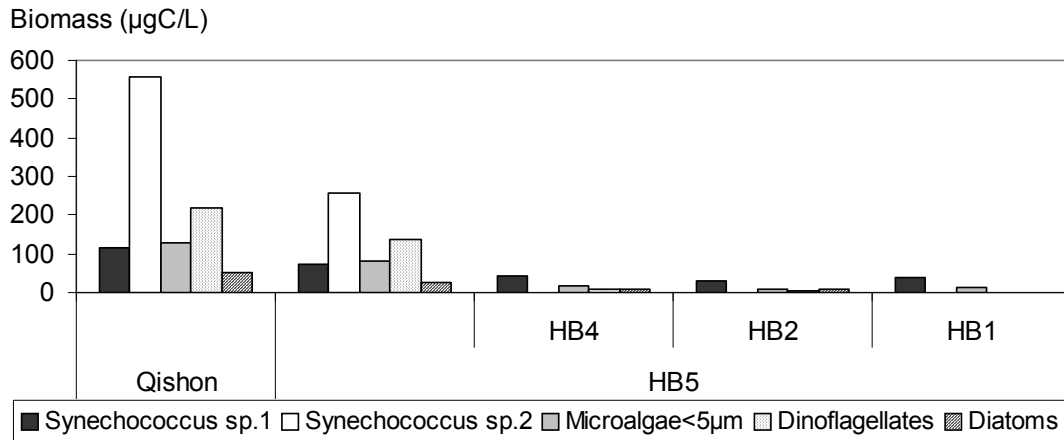
איור 38 : ריכוזי כלורופיל (לא מכוילים) באזור שבין עזה לאשדוד כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים יולי-אוקטובר 2011. בצילומים אלו ניתן לראות את ההשפעה של ריכוזי הכלורופיל הגבוהים המגיעים מהדלתא של הנילוס, מהביוב המוזרם לים בעזה וצפונית לנמל אשדוד.



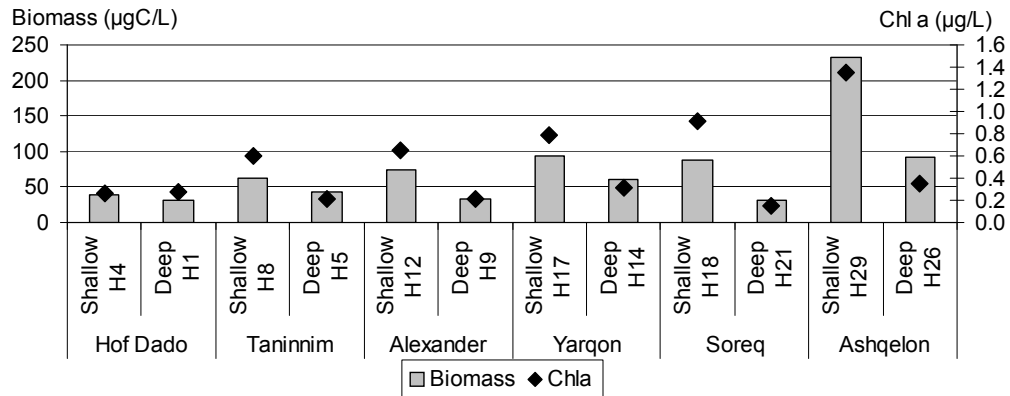
איור 39: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2011



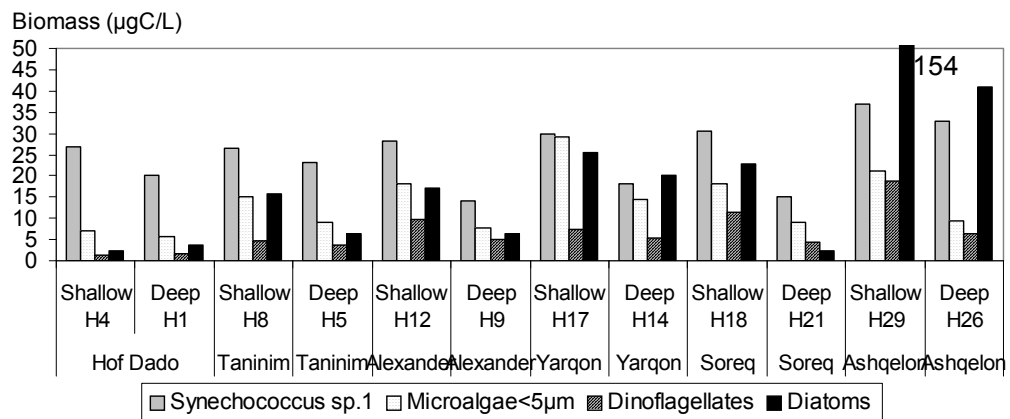
איור 40: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון וריכוז הכלורופיל בתחנות במפרץ חיפה, כולל תחנת פתח הקישון בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2011



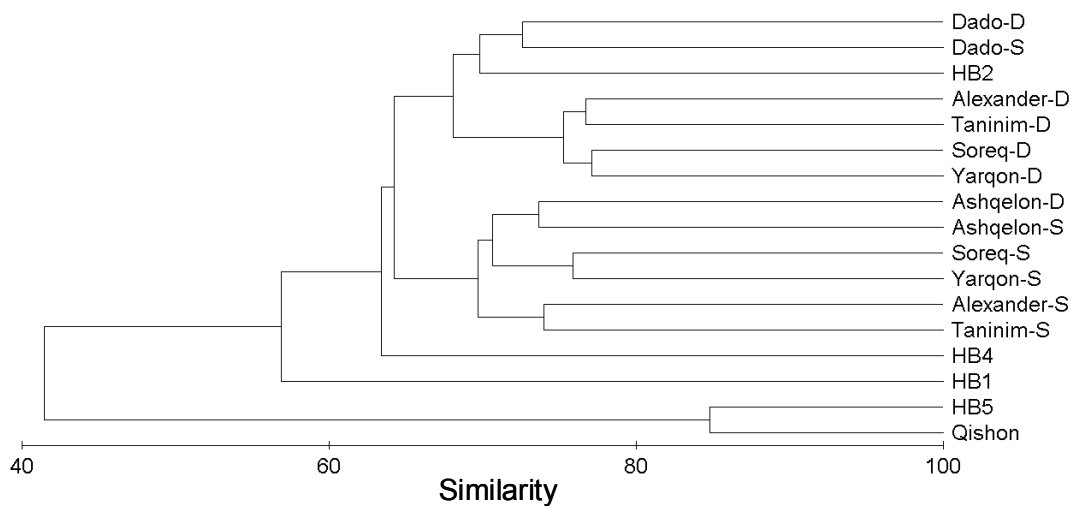
איור 41: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2011



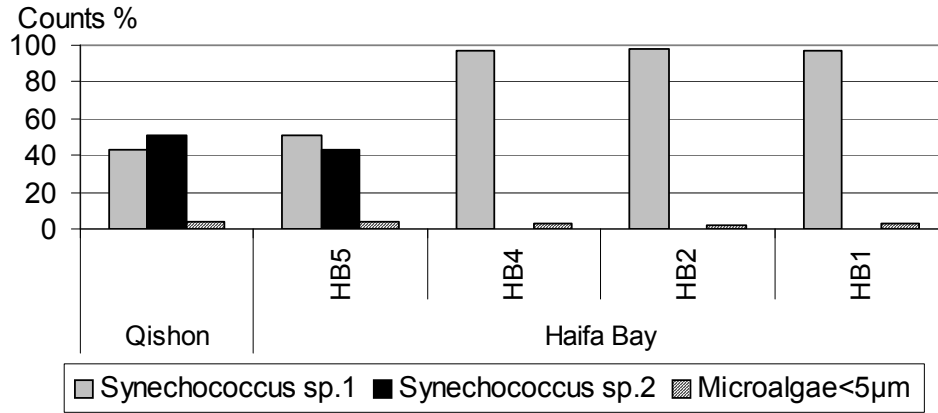
איור 42: התפלגות הביומסה הכללית וריכוזי הכלורופיל במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2011



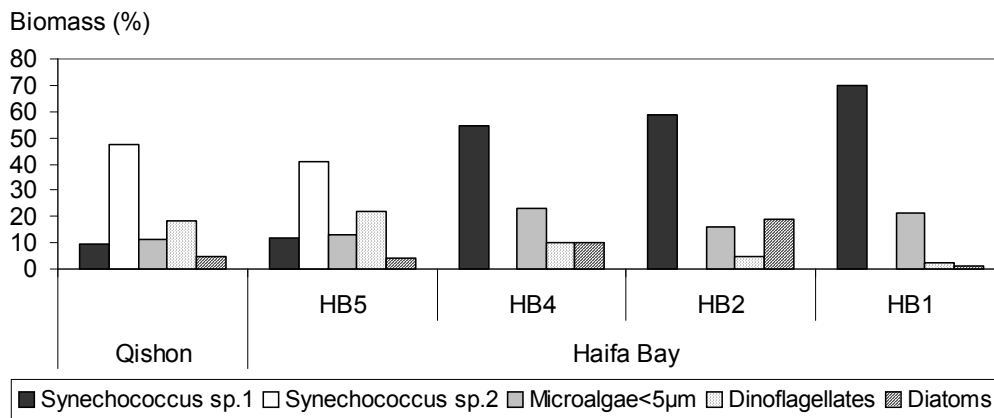
איור 43: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות לאורך החוף באוגוסט 2011



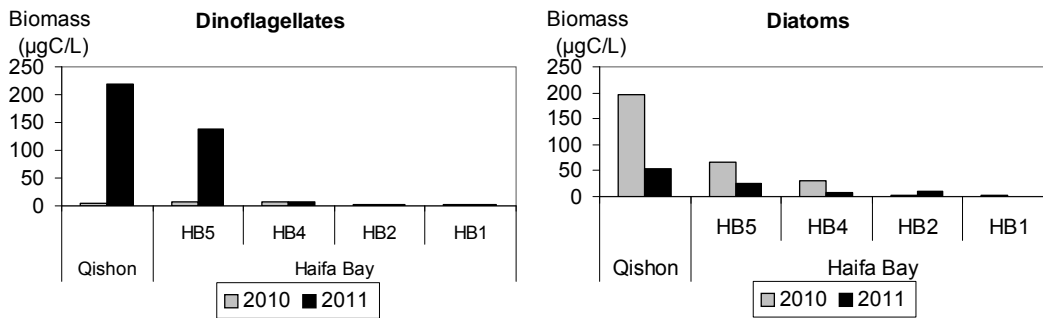
איור 44: אנליזה היררכיאלית של מגוון המינים במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2011



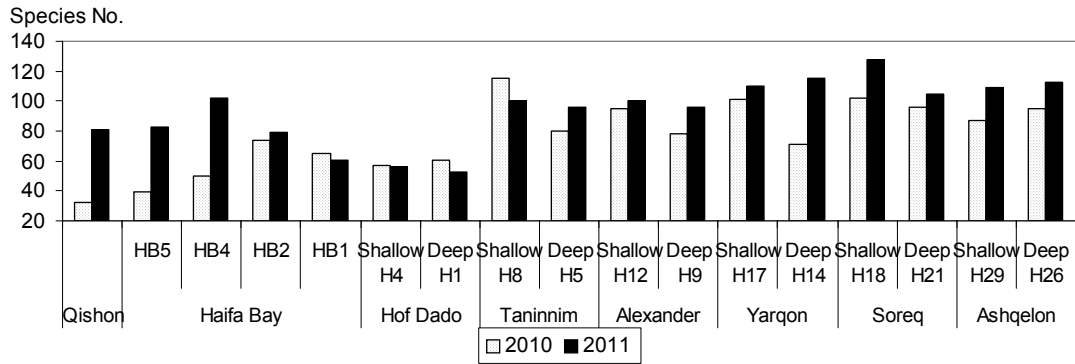
איור 45: התפלגות באחוזים של ריכוז הפיקופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2011



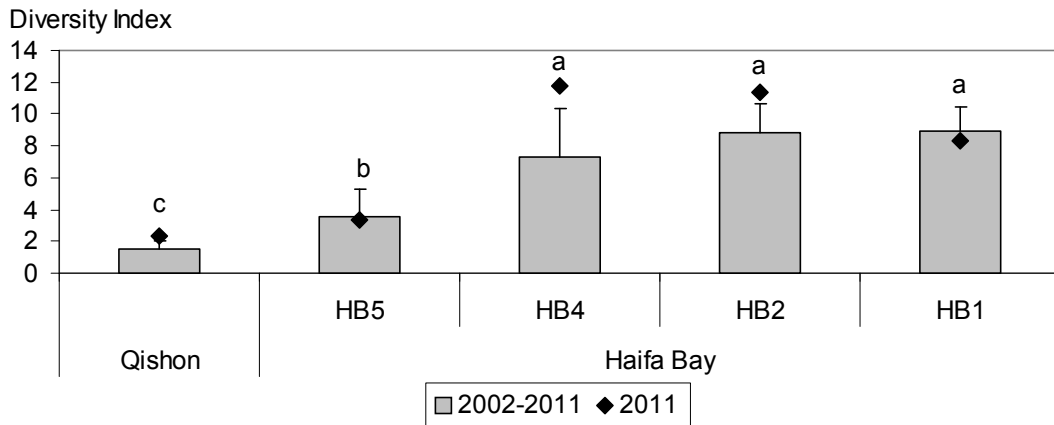
איור 46: התפלגות באחוזים של ביומסת המיקרוואצות מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2011



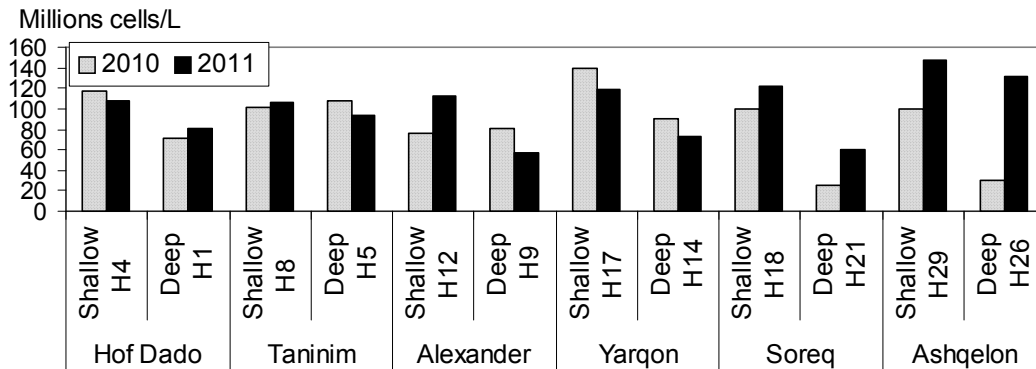
איור 47: התפלגות ביומסת הדינופלגלטים והצורניות במפרץ חיפה בשנים 2010-2011



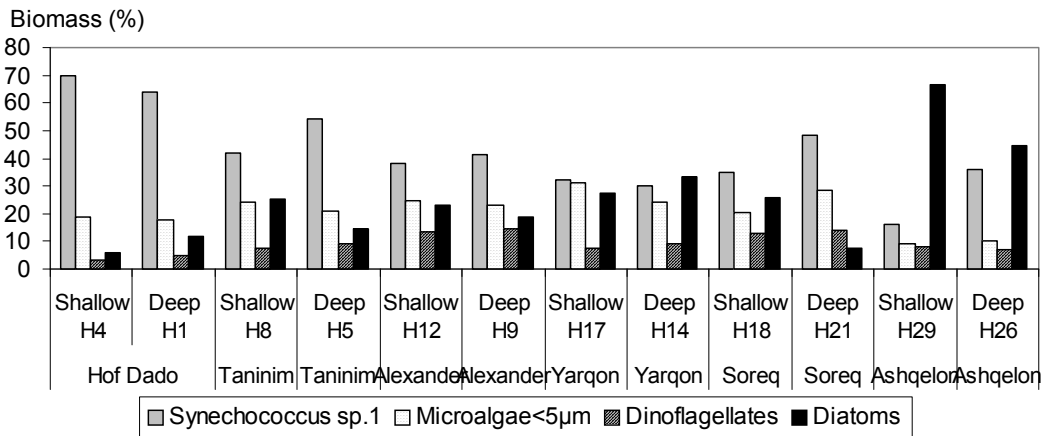
איור 48: התפלגות מספר המינים בתחנות השונות במפרץ חיפה ולאורך החוף בשנים 2010-2011



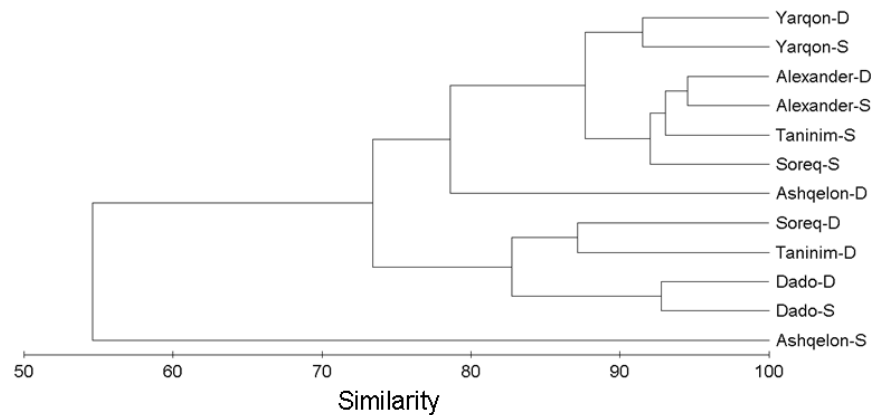
איור 49: השינויים במוצע אינדקס השונות במפרץ חיפה בשנים 2002-2011 בהשוואה עם נתוני שנת 2011 (כולל סטיית תקן, אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק במוצע). "אינדקס השונות" (Diversity Index) מחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של הבימוסה.



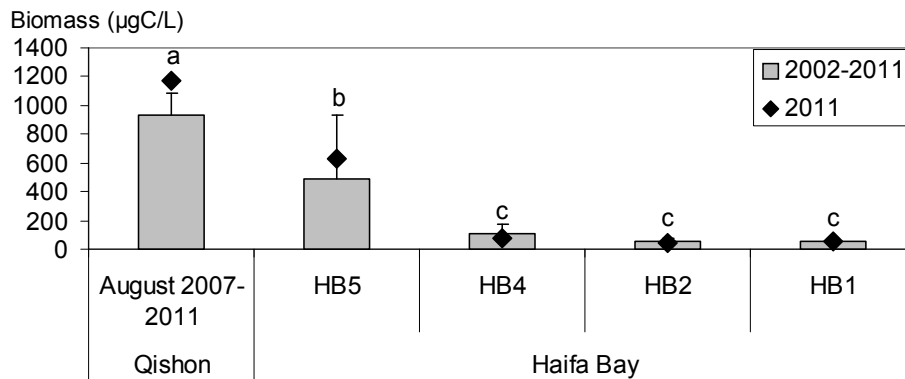
איור 50: התפלגות ריכוז הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1) בפני השטח בתחנות הרדודות לאורך החוף, בדיגומי אוגוסט 2010-2011



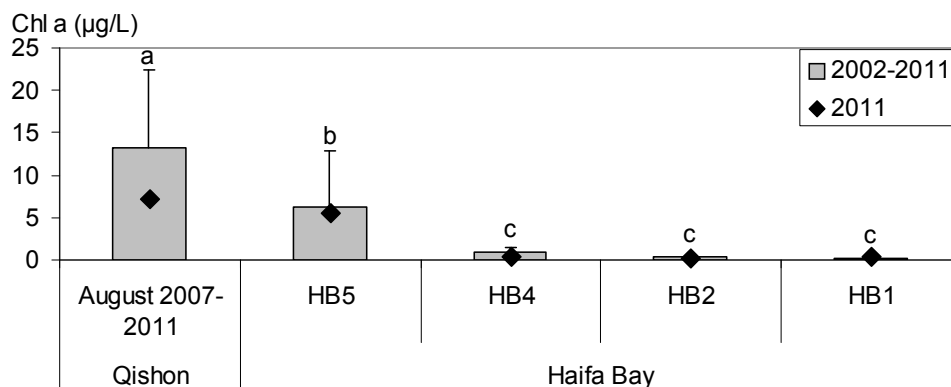
איור 51: התפלגות באחוזים של ביומסת הקבוצות השונות בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2011



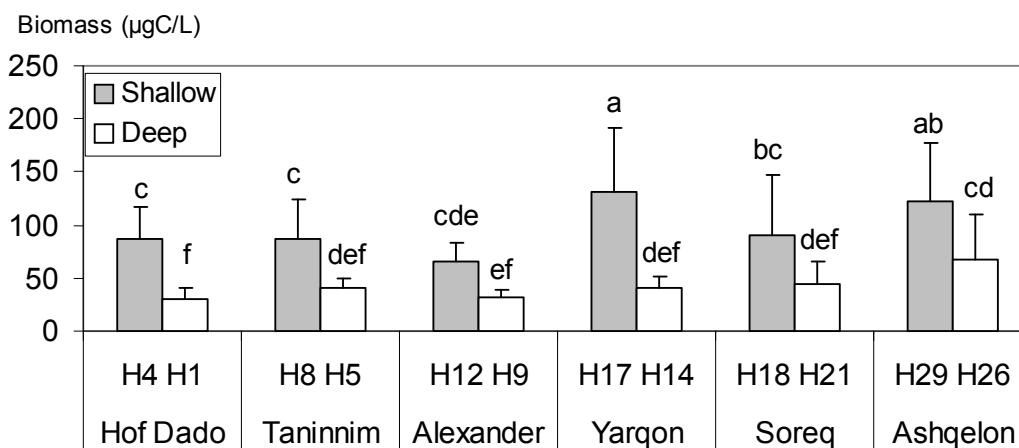
איור 52: דמיון בין התחנות בהתאם לאנליזה היררכיאלית של התפלגות באחוזים של ביומסת הקבוצות השונות בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2011.



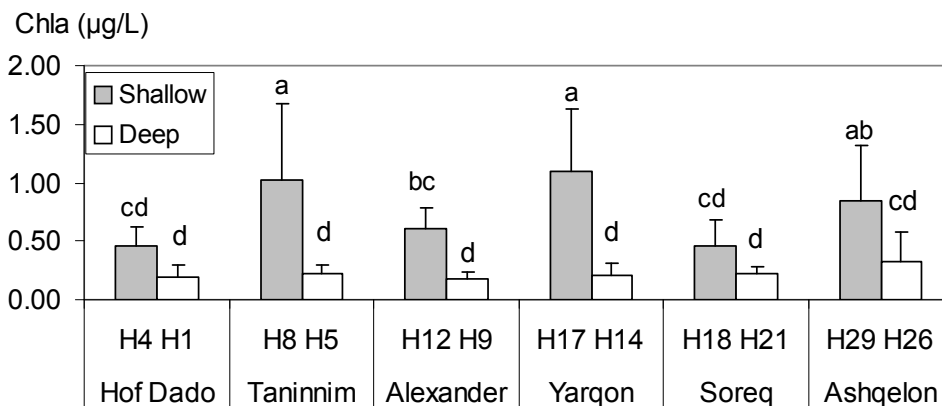
איור 53: ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2011) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2011) בהשוואה ל- 2011 (כולל סטיית תקן, אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק)



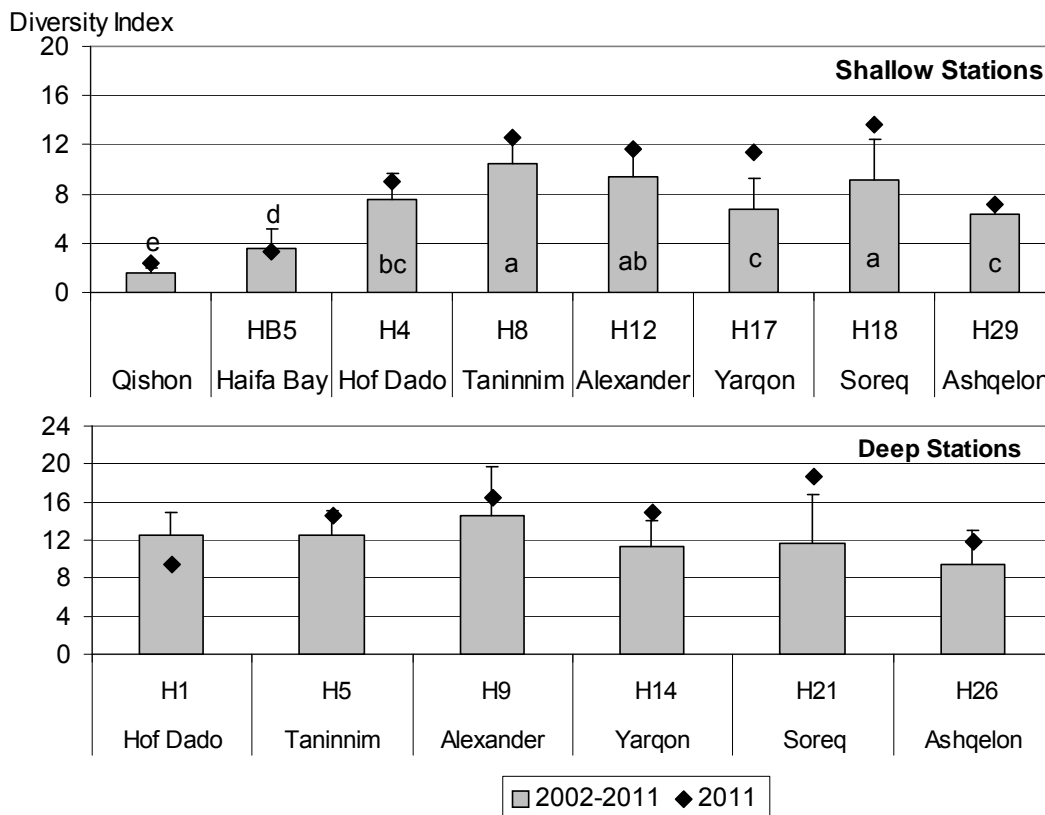
איור 54: התפלגות ממוצעת של ריכוז הכלורופיל במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2011) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2011) בהשוואה ל- 2011



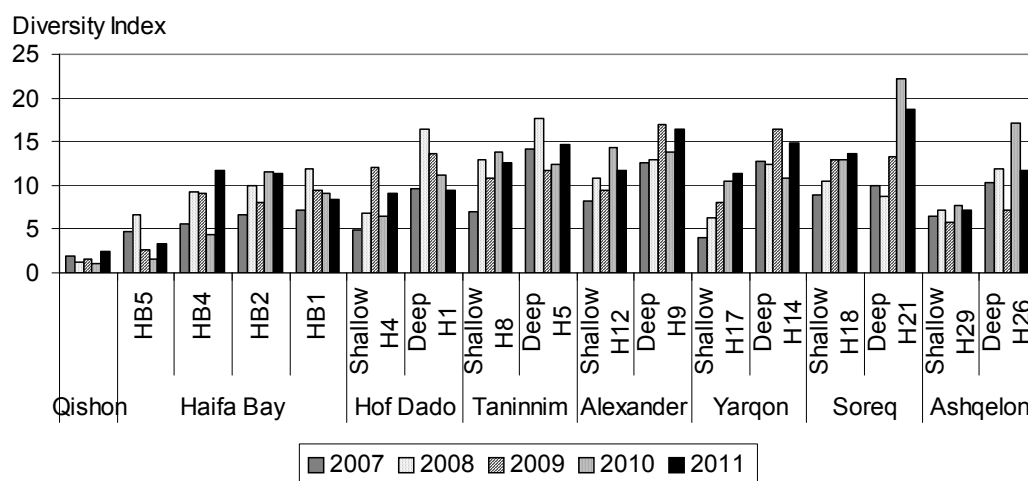
איור 55: התפלגות ממוצעת של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח לאורך החוף (שנים 2002-2011)



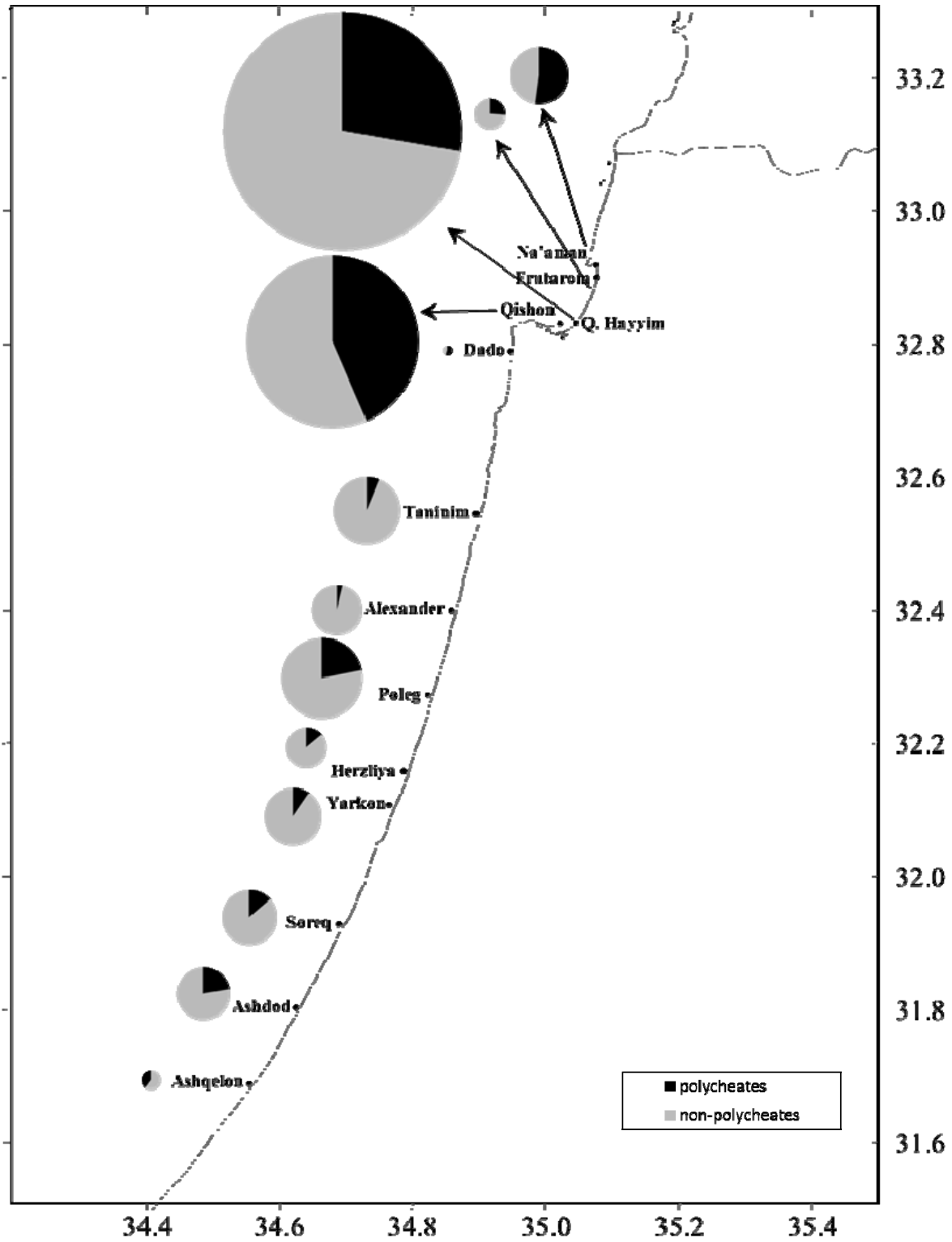
איור 56: התפלגות ממוצעת של ריכוז הכלורופיל במי שטח לאורך החוף (שנים 2002-2011)



איור 57: ממוצע אינדקס השונות בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2011 בהשוואה עם ערכי שנת 2011. (אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק בממוצע).

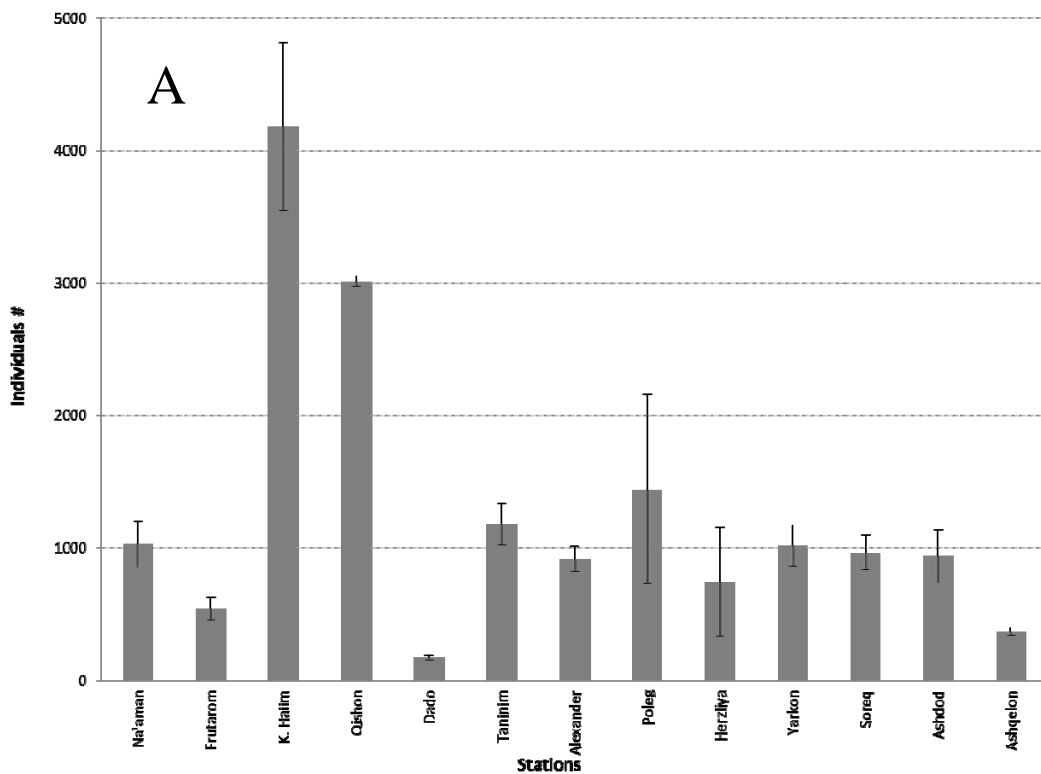


איור 58: אינדקס השונות במי שטח התחנות במפרץ חיפה ולאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בחמש שנים אחרונות (2007-2011)

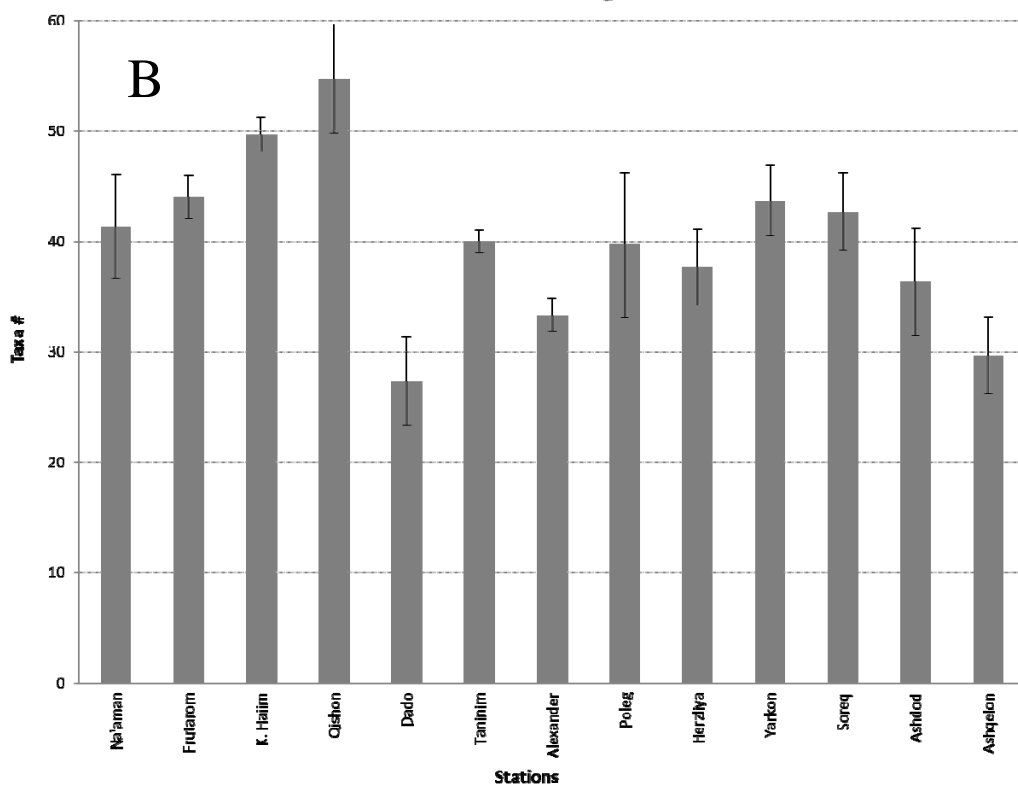


איור 59: היחס בין מספר הפרטים של תולעים רב-זיפיות לכל שאר הפרטים. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל בכל תחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.

National Monitoring 2011

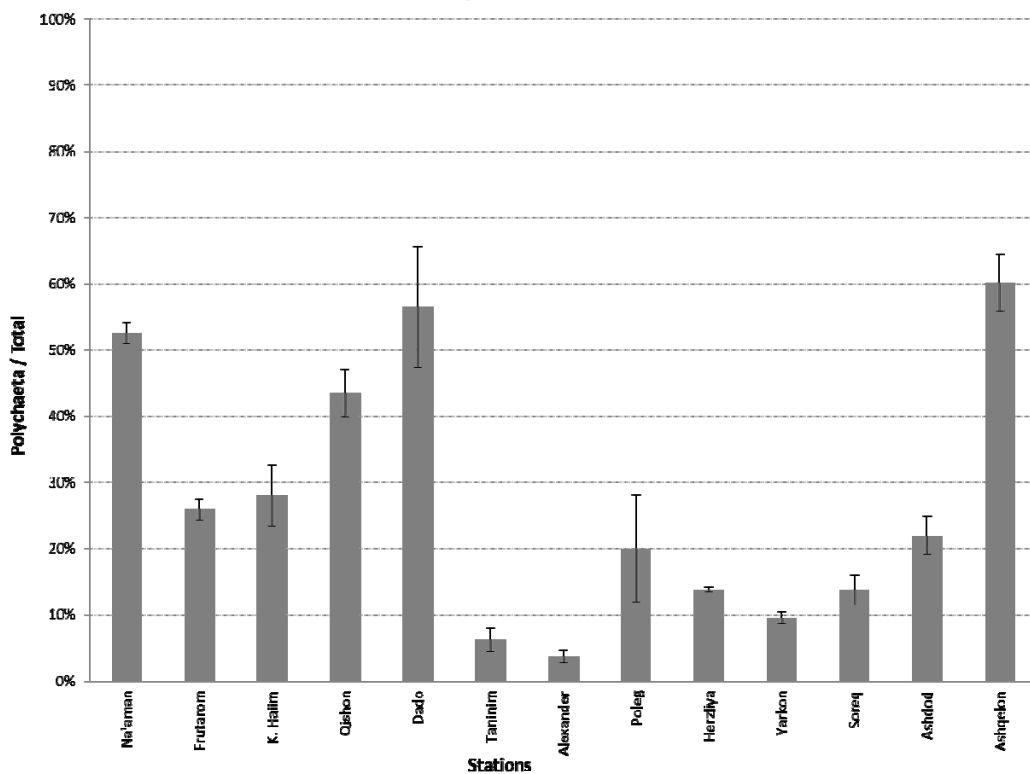


National Monitoring 2011



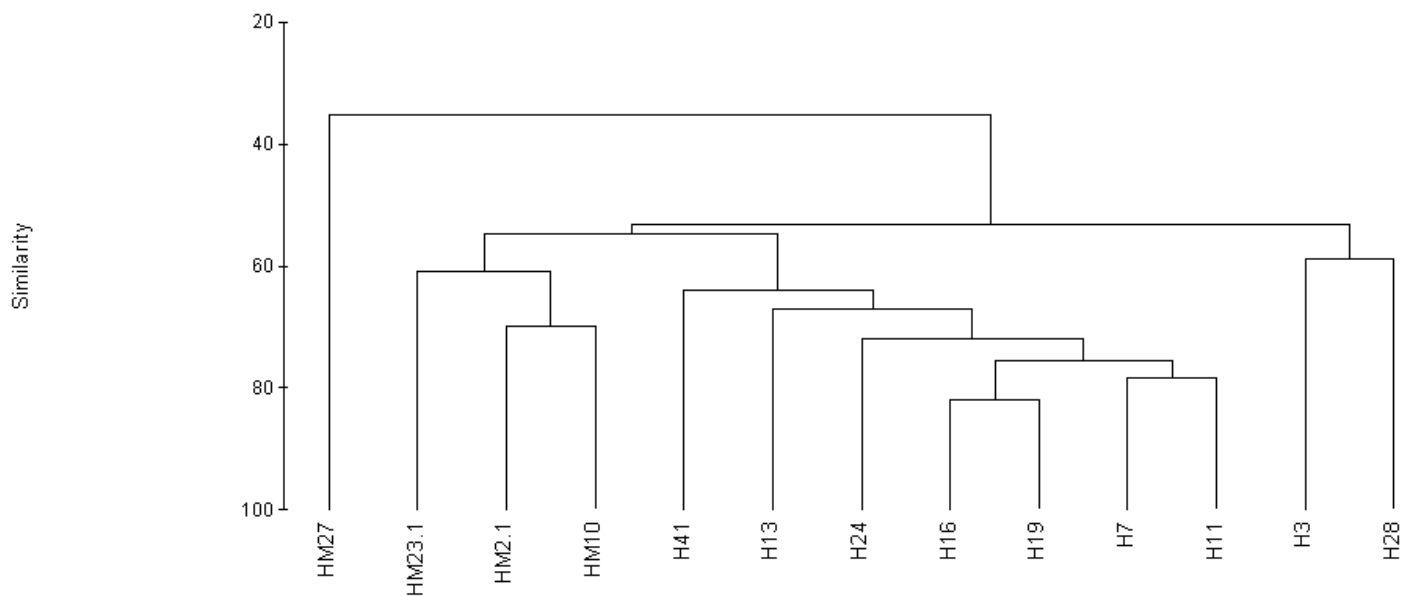
איור 60: מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.

Polychaeta % 2011



איור 61: היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.

National Monitoring Aug 2011

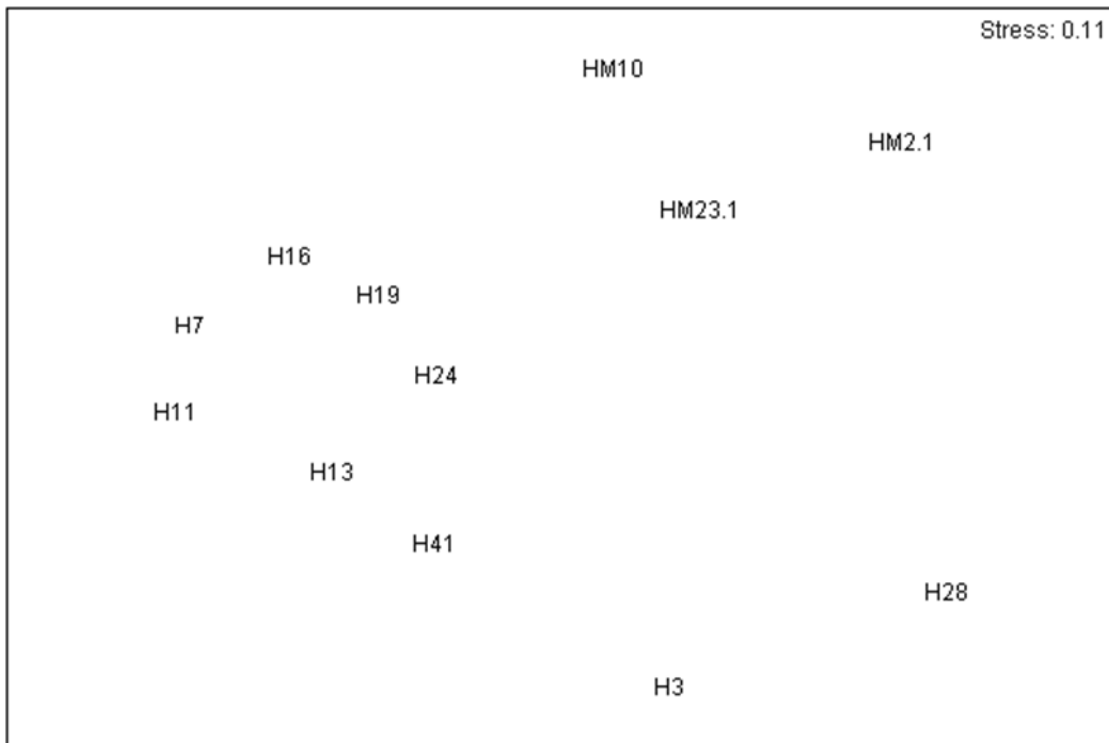


איור 62: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.

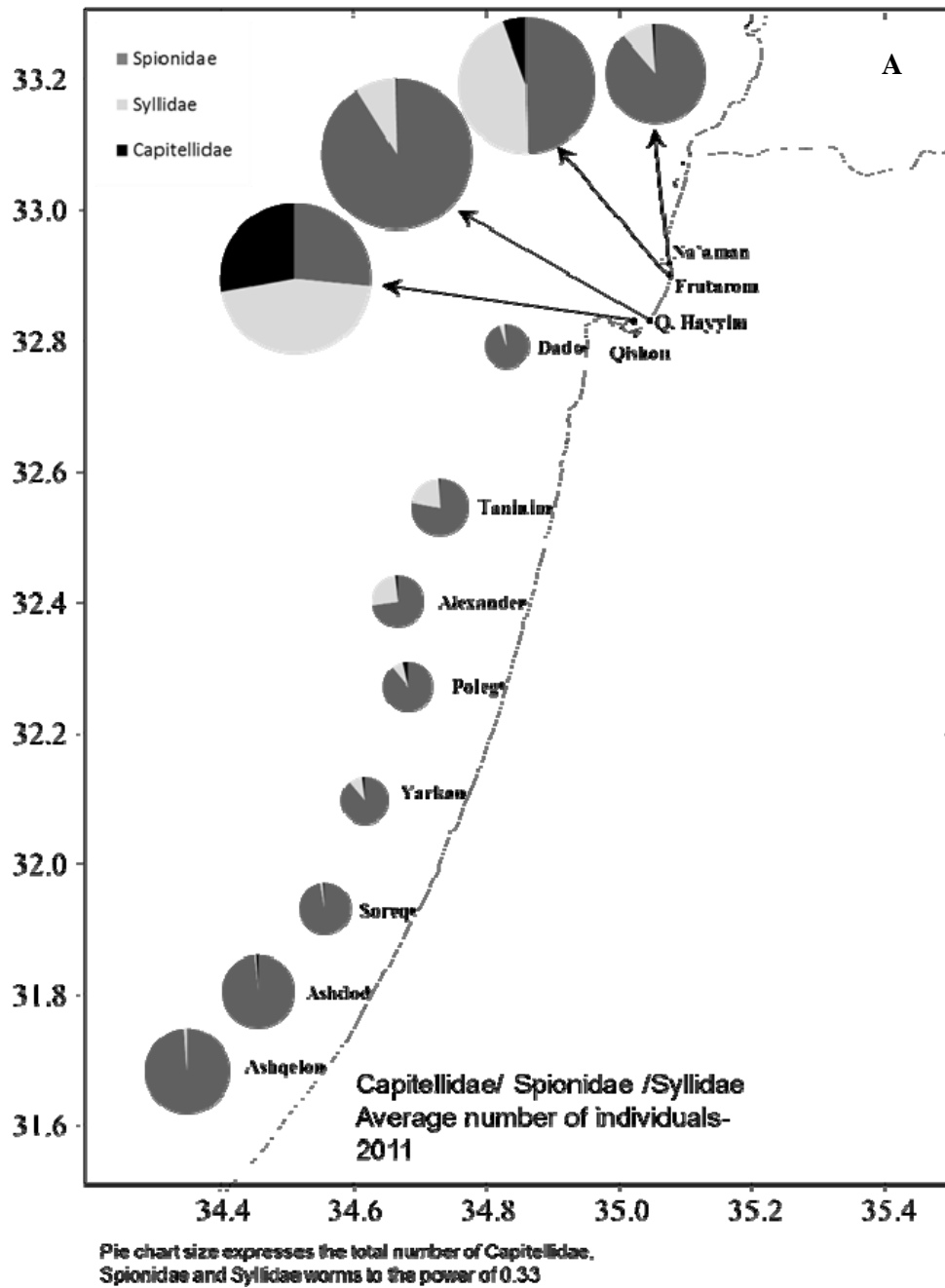
National Monitoring Aug 2011



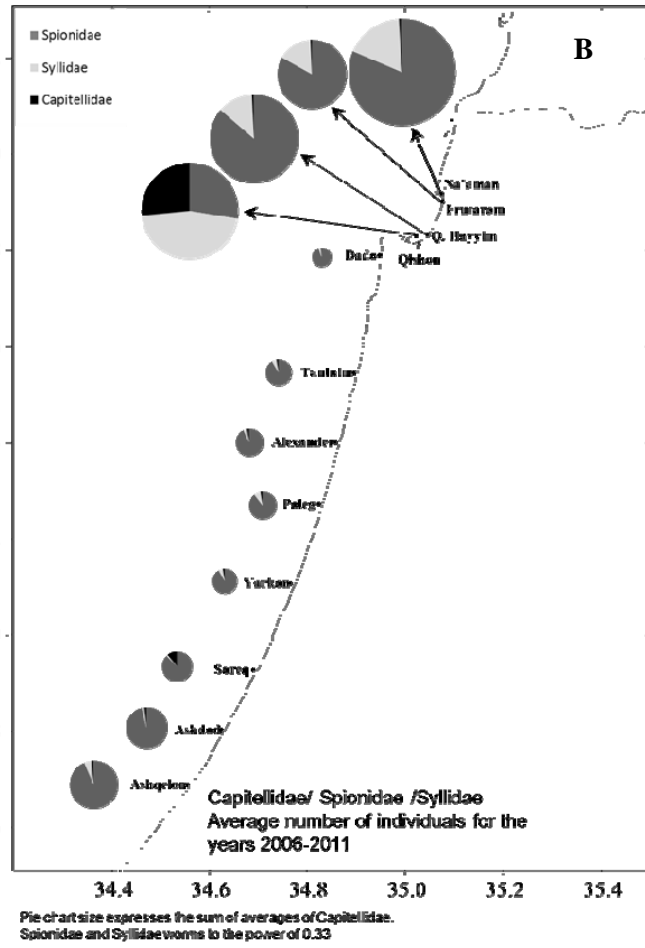
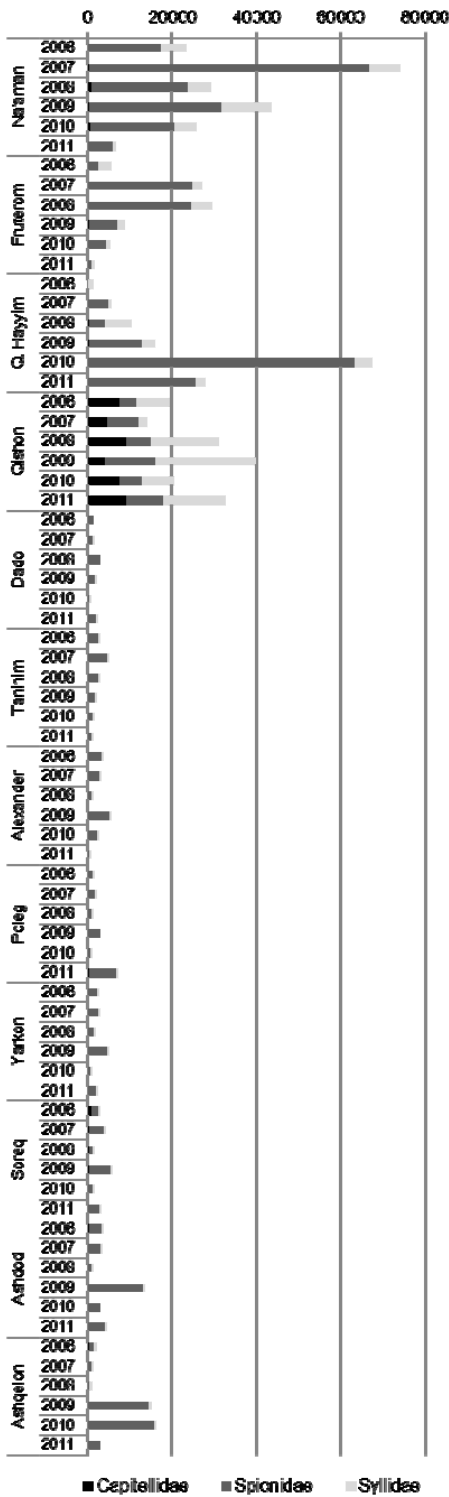
National Monitoring Aug 2011



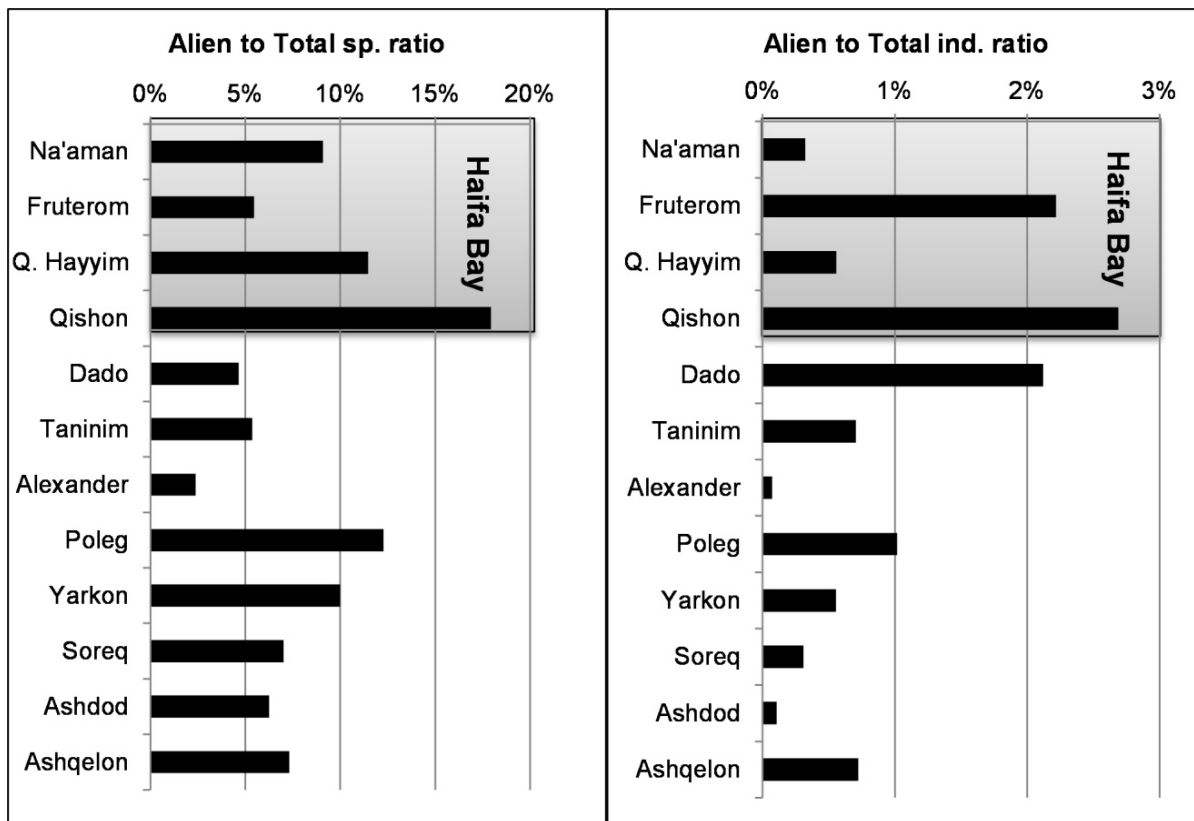
איור 63: אנליזת פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.



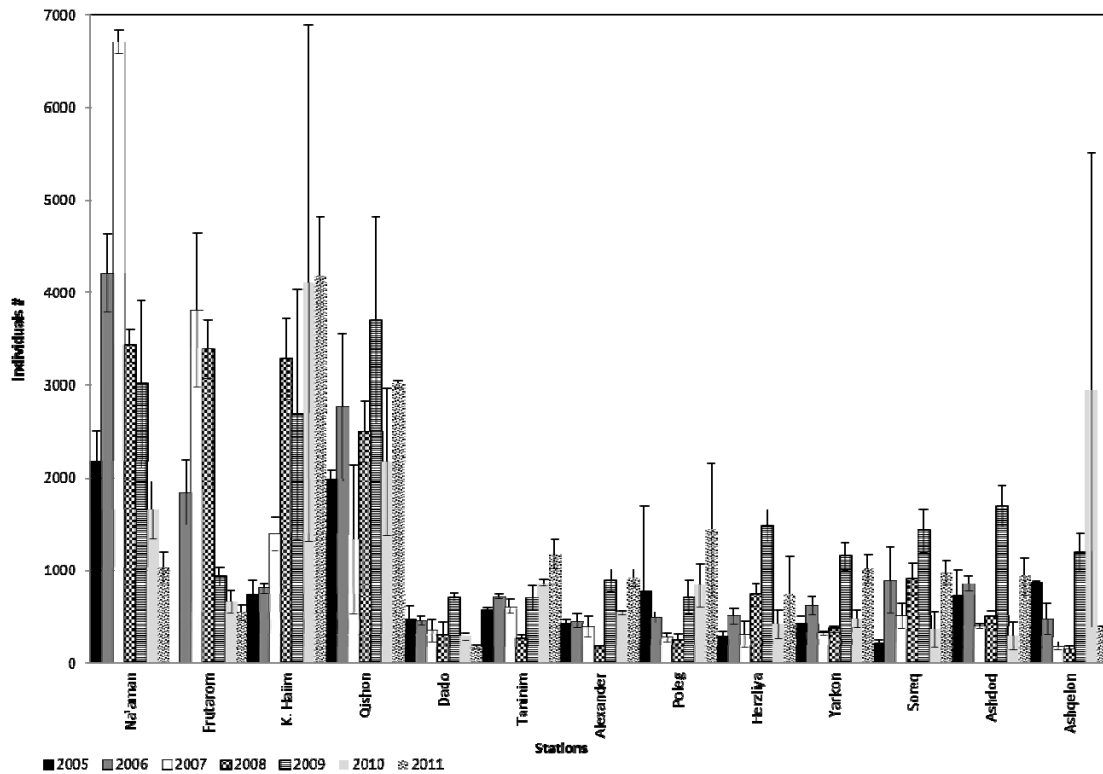
איור 64: מספר התולעים הכולל של שלושת המשפחות ממערכת התולעים הרב זיפיות של (Capitellidae, Sillidae, Spyonidae) בשנת 2011 (A) וממוצע השנים 2005-2011 (B). הגודל של העיגול מייצג את מספר הפרטים הכולל של התולעים ממשפחות אלה (לאחר ביצוע שורש שלישי של הממוצע).



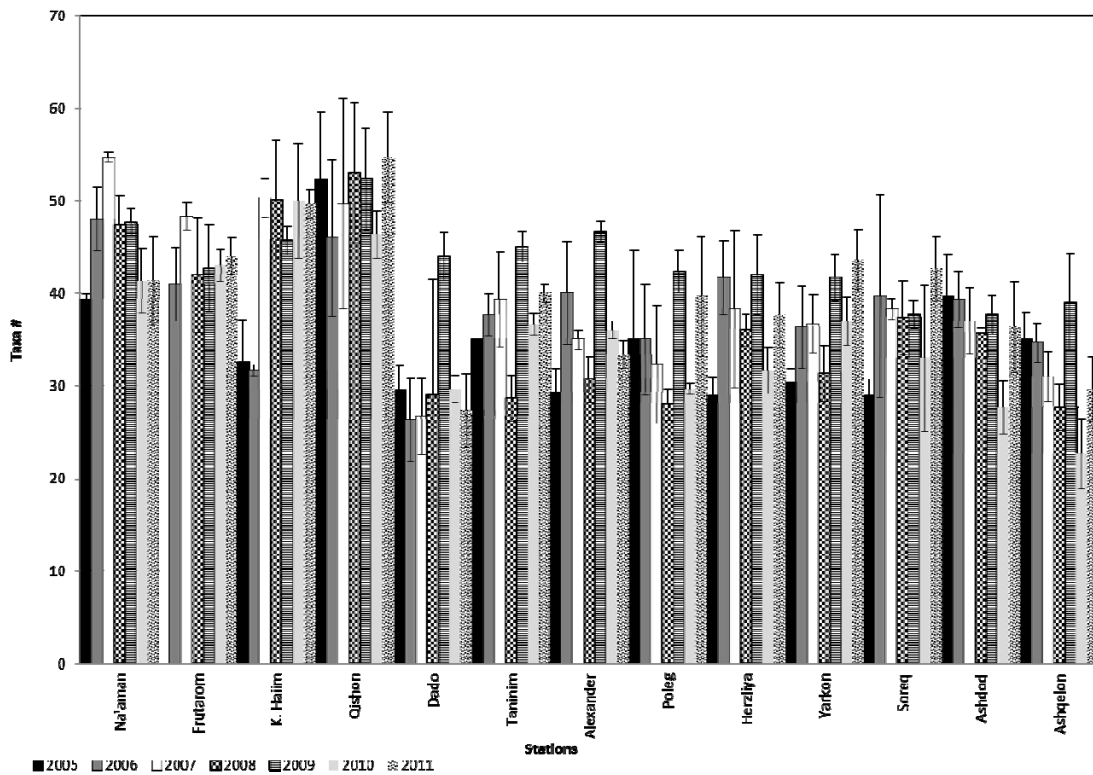
איור 64 : המשך



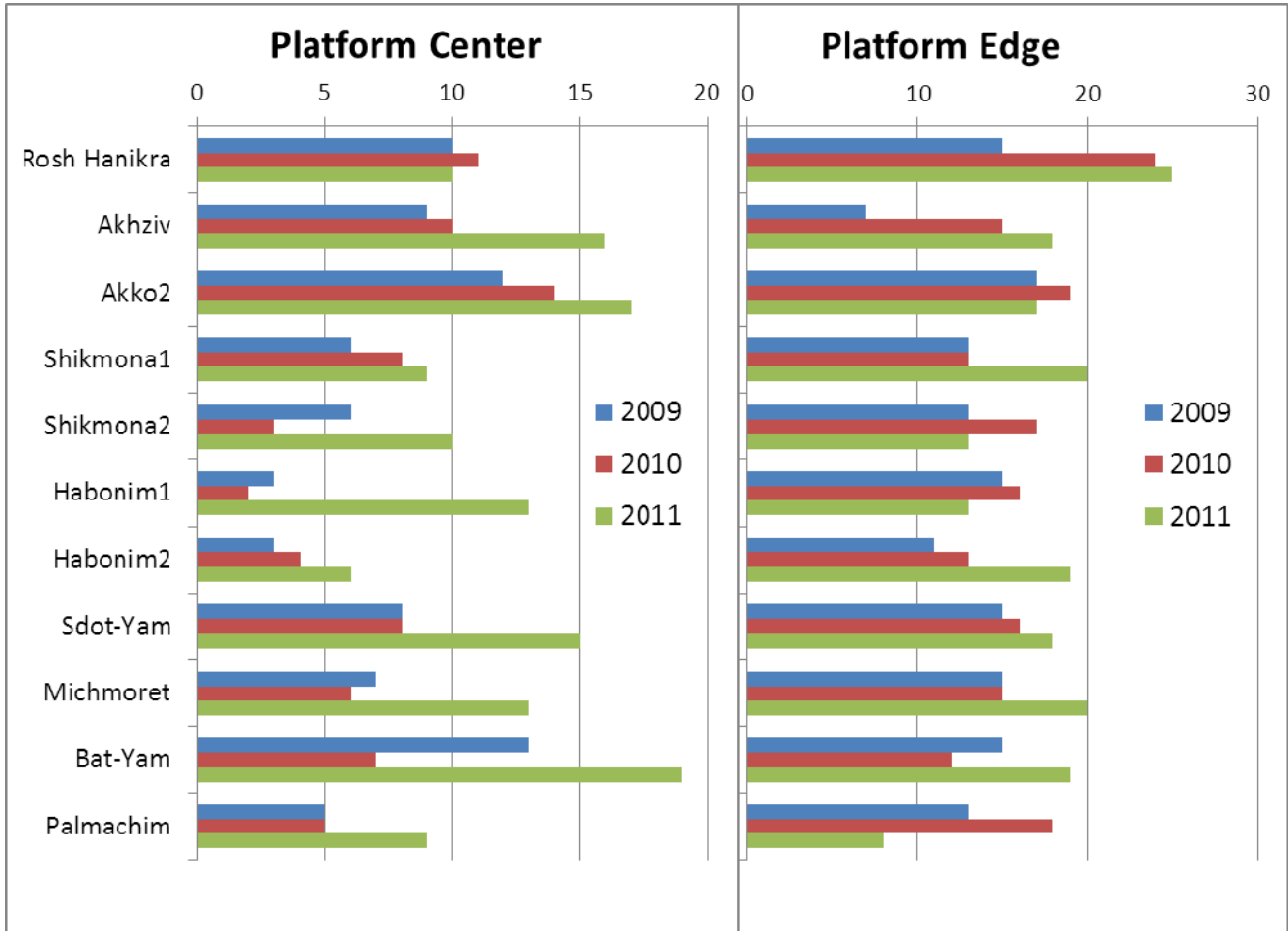
איור 65: אחוז המינים המהגרים במערכת הרכיכות מסך כל המינים שזוהו/נספרו (בכל המערכות) והיחס בין מספר הפרטים המהגרים במערכת הרכיכות לבין סך הפרטים שנספרו, בשנת 2011.



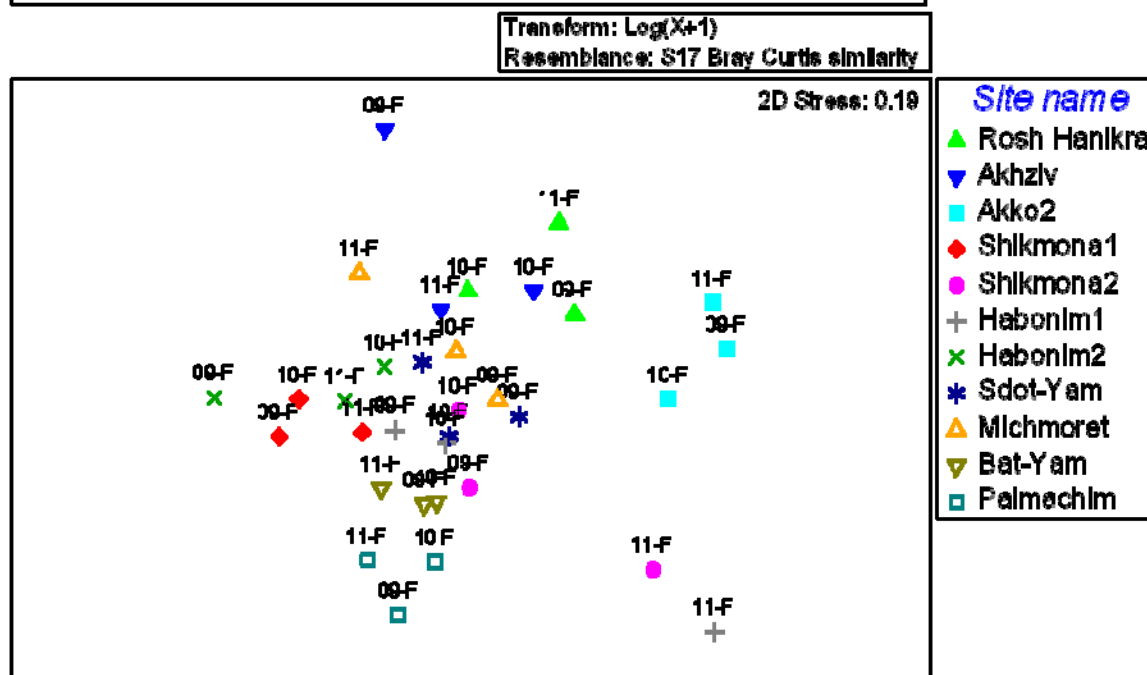
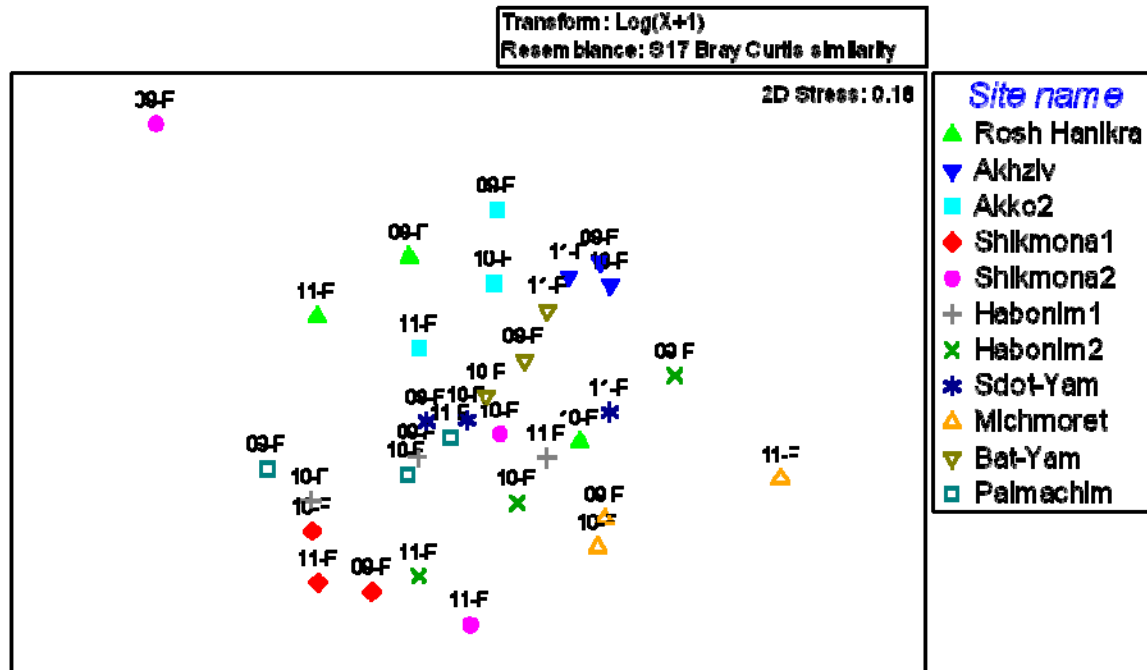
איור 66 : מספר פרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2011.



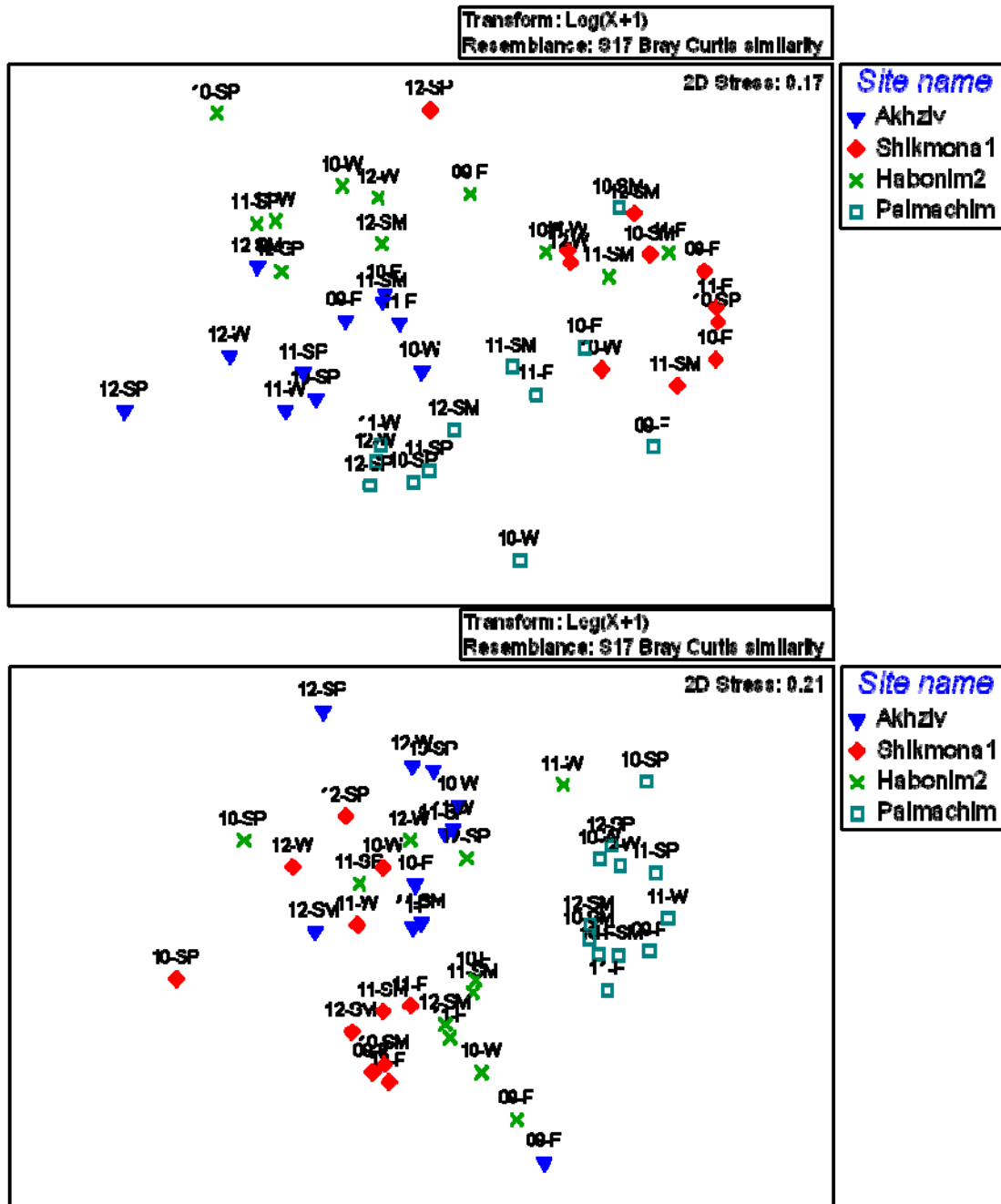
איור 67 : מספר מינים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2011.



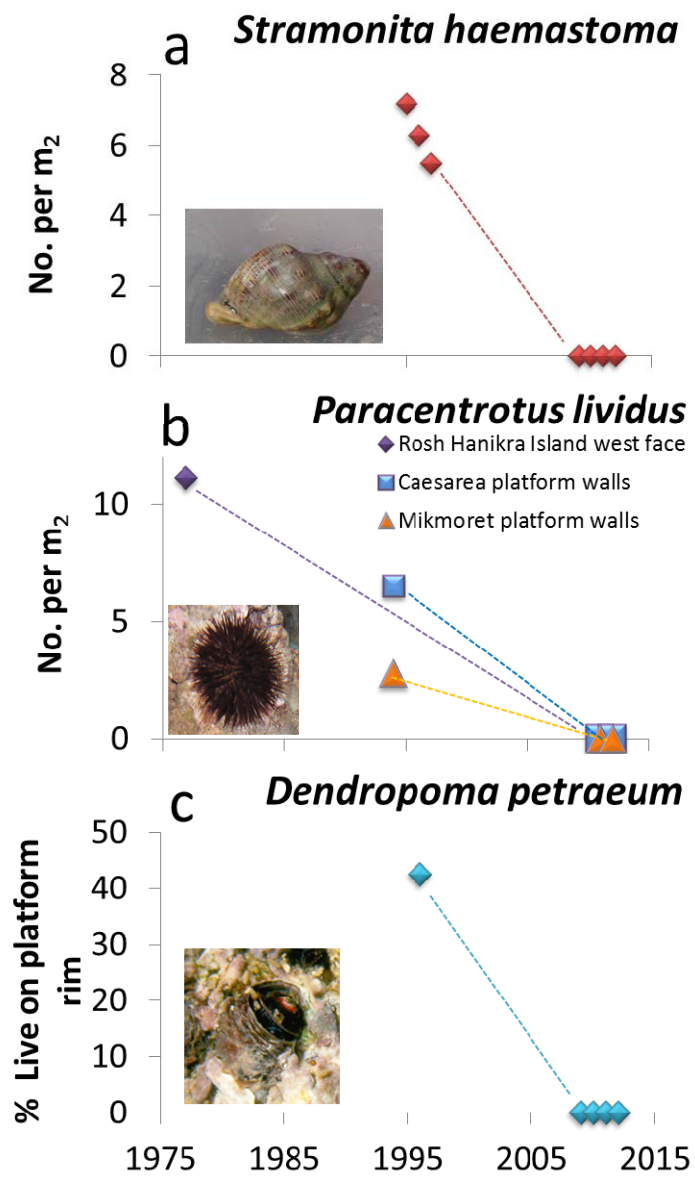
איור 68: עושר המינים באתרי הדיגום לאורך החוף (מצפון לדרום) בחגורות ה- EDGE וה- CENTER בסתיו 2009-2011



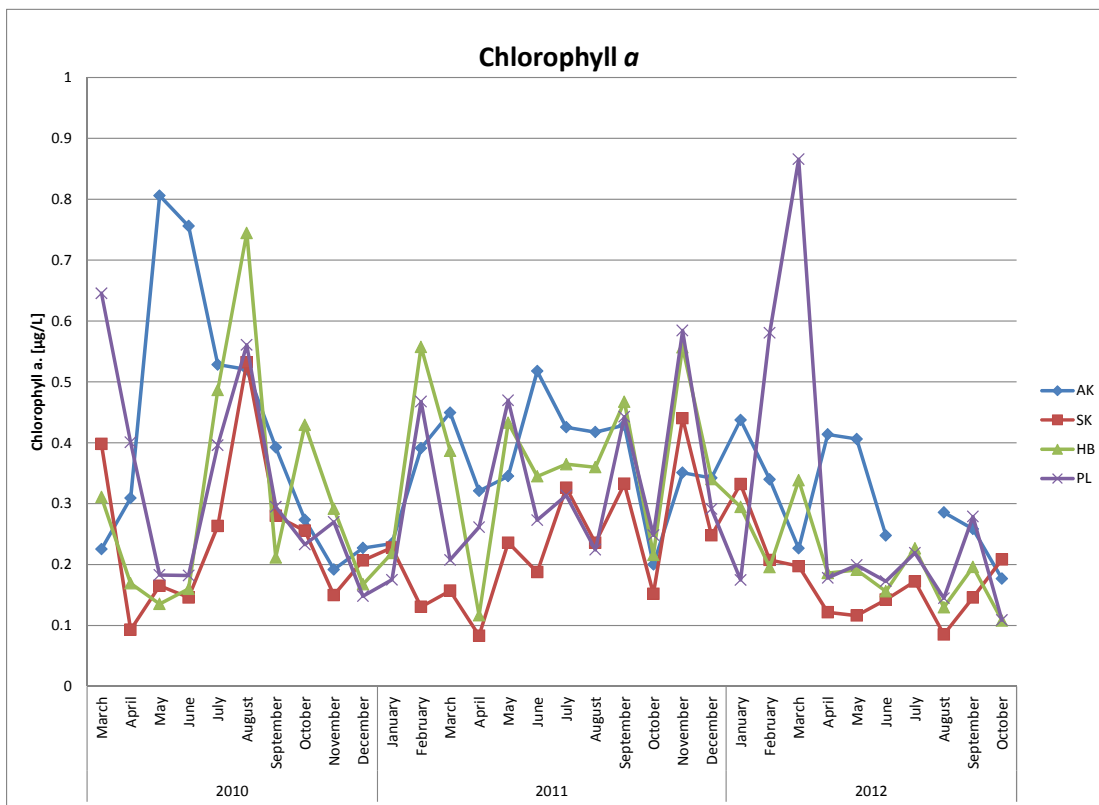
איור 69: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין חברות עבור מרכז הטבלה (למעלה) ושולי הטבלה (למטה) לשנים 2009 עד 2011.
(F=Fall, W=Winter, SP= Spring, SM=Summer) התוויות מסמנות שנה ועונה



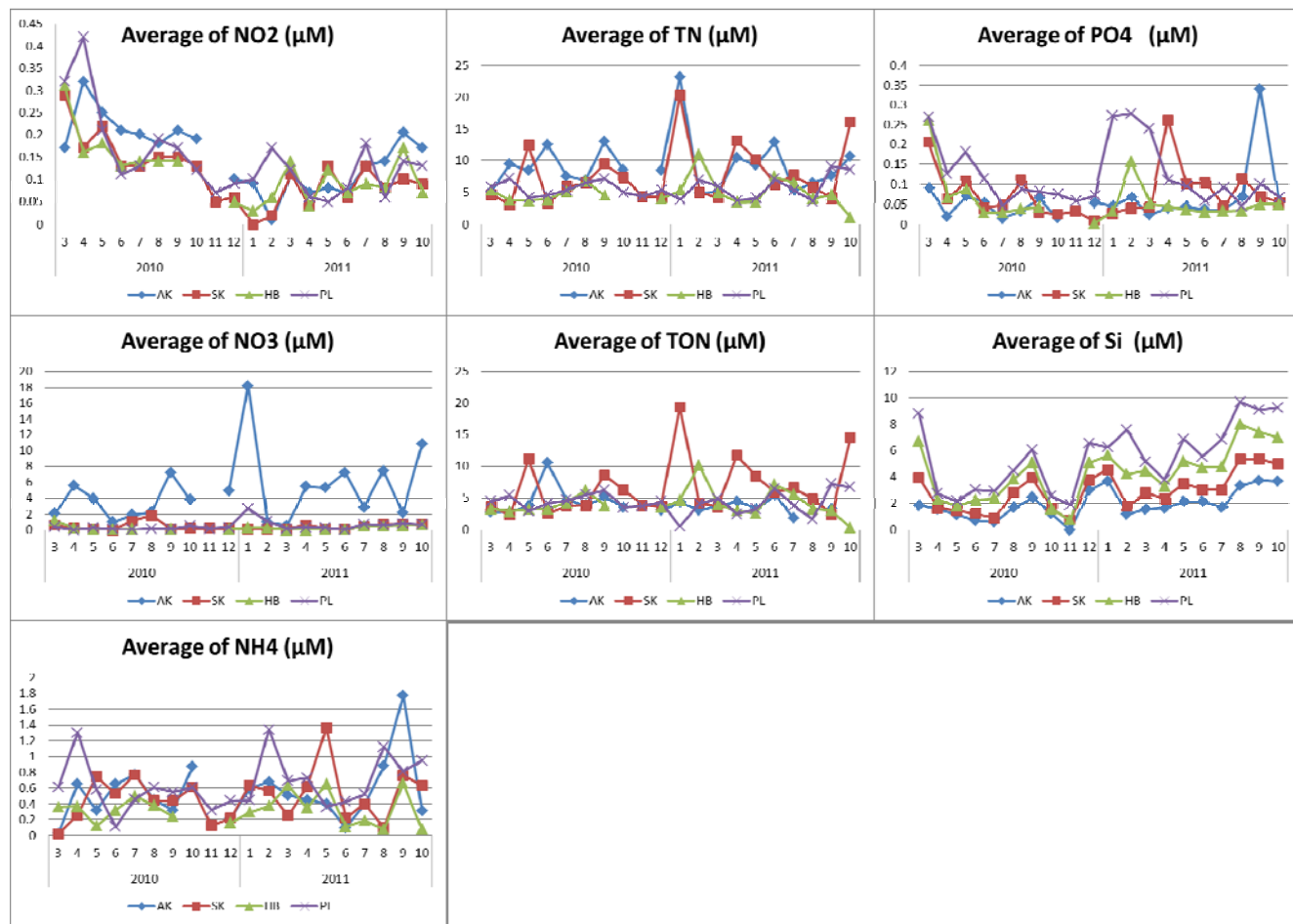
איור 70: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין בארבעת אתרי הליבה בין העונות השונות בין סתיו 2009 לאביב 2012. עבור מרכז הטבלה (למעלה) ושולי הטבלה (למטה).



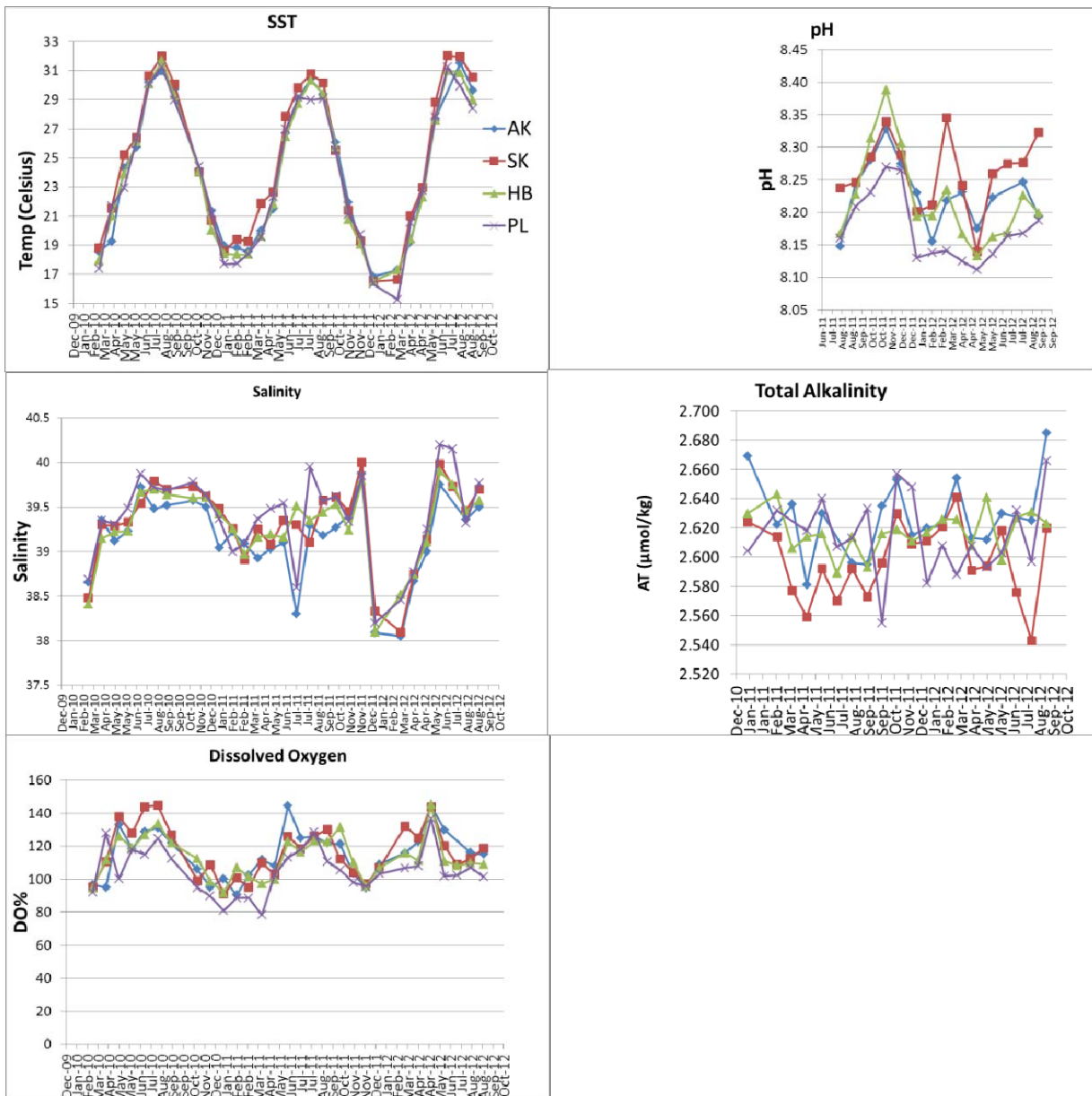
איור 71: צפיפות הצינורן הבונה (אחוז כיסוי במפנה הצפוני של אתר הבונים) ושל ארגמנית אדומת פה (פרטים למטר מרובע) ושל קיפודי ים (בתת-כרית) באכזיב, בקיסריה ובמכמורת בעבר ובארבעת השנים האחרונות (שנתיים אחרונות בקיפודים).



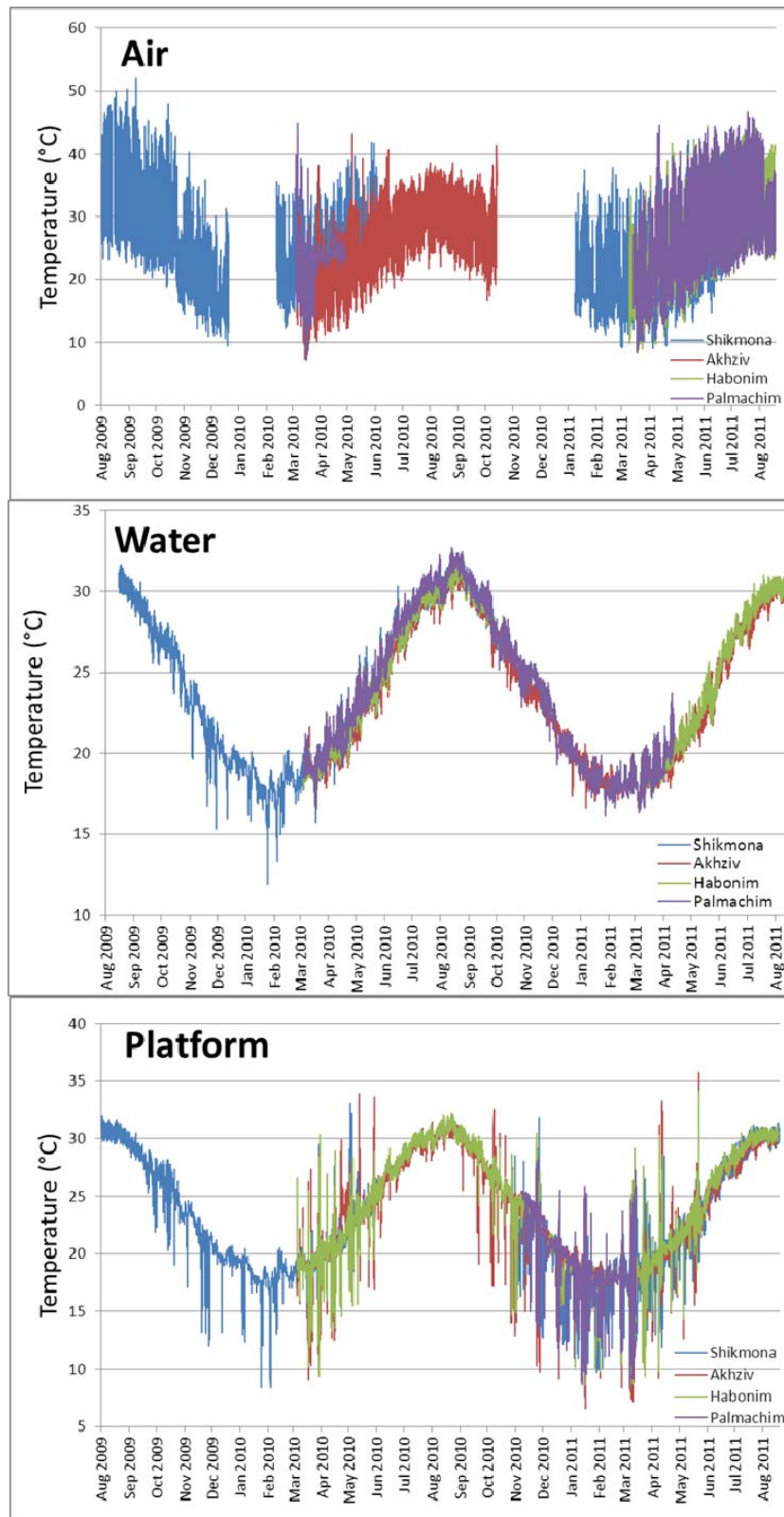
איור 72: ערכי יצרנות ראשונית מבוטאים בריכוז כלורופיל למיקרוגרם לליטר מים שנדגמו בשולי הטבלה בין מרץ 2010 לאוקטובר 2012.



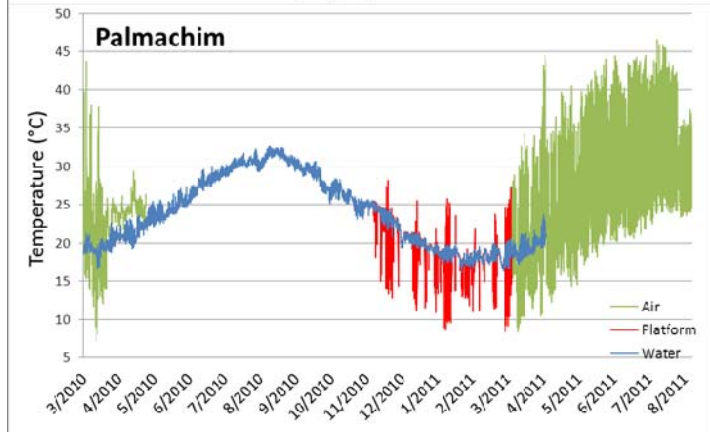
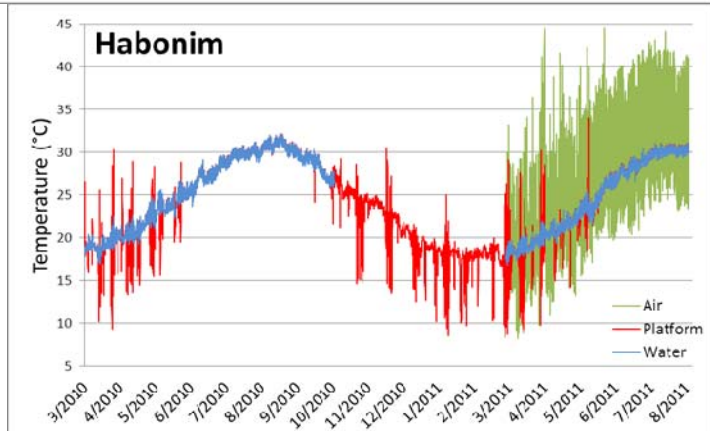
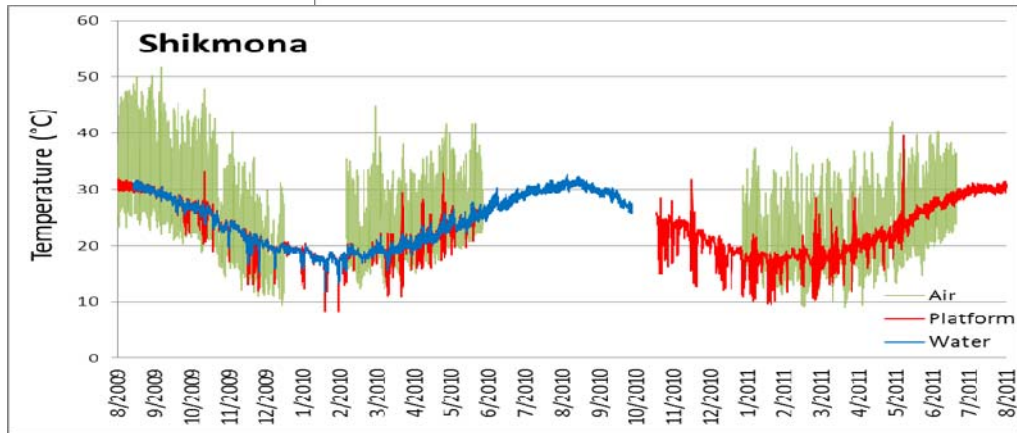
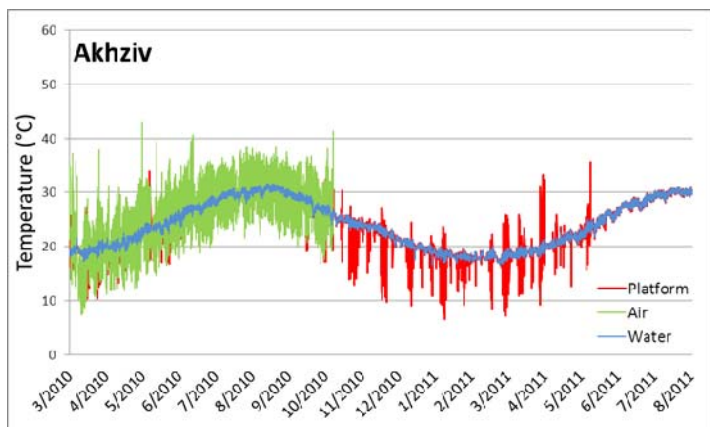
איור 73. ערכי הנוטריאנטים שנמדדו בדגימות מים שנלקחו בשולי הטבלה של ארבעת אתרי הליבה במהלך 2010-11.



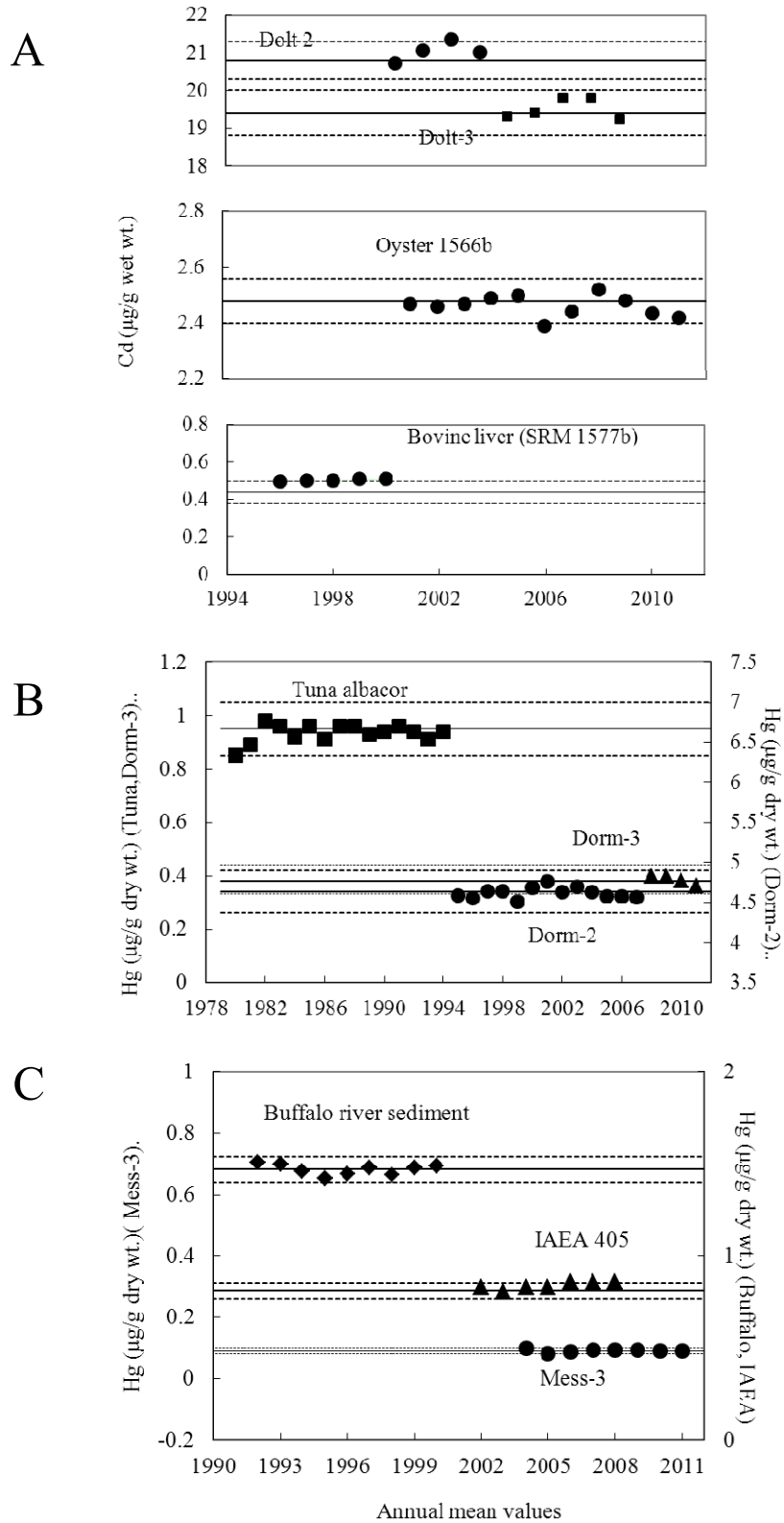
איור 74. ערכי מדידות פיסיקו-כימיים של מי השטח שנמדדו מעבר לשולי הטבלה פעם בחודש בארבעת אתרי הליבה בעזרת מכשיר רב-פרמטרי ודיגום מים (לאלקליניות). נתוני חומציות ואלקליניות אמניים היו זמינים רק לאחר תקופה מסוימת מתחילת הניטור.



איור 75. ערכי טמפי' מאוגרי נתונים קבועים על הסלע חשופים לאוויר כל הזמן (Air), על הטבלה חשופים לחלופין לאוויר ולמים (Platform), ובעומק חצי מטר מתחת למים (Water). ניתן לראות כי סדרת הזמן אינה שלמה בשל אובדן אוגרים (גניבה או נזק) ובעיות בפריקה נתונים.



איור 76. אותם נתוני הטמפ' מאוגרי הנתונים מסודרים על פי אתרים.



איור 77: 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.* ובחלזון *Patella sp.* במפרץ חיפה בתחנות שונות לאורך החוף ב-2011. 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>										
HOT	22.6±2.1	a	28.0±3.5	a			1.7±0.7	b	8.6±1.5	b
QY	21.1±1.4	a	26.6±5.4	a			2±0.3	b	11.2±3.2	b
QH	14.7±3.8	b	15.6±4.1	b			11±4.8	a	18.2±5.4	a
MM	24.9±2.3	a	7.1±1.3	c			2.3±0.9	b	8.6±2.6	b
<i>Patella sp.</i>										
ACH	26.5±3.5	bcd	13.8±1.5	c	0.512±0.184	ab	1.02±0.17		12.2±1.4	cd
AK- P	29.9±5.5	bc	23.1±4.6	b	0.597±0.218	a	0.836±0.112	c	8.32±1.06	fg
QY	27.3±4.0	bcd	30.6±12.4	a	0.283±0.086	de	1.27±0.17	ab	15.9±2.5	b
HS	27.4±3.3	bcd	7.9±2.0	de	0.525±0.104	ab	1.48±0.34	a	18.7±3.0	a
TS	30±5	bcd	7.76±1.75	de	0.452±0.178	bc	1.22±0.34	ab	9.78±2.5	efg
AT	30.5±3.9	abc	6.5±1.0	de	0.241±0.076	de	0.883±0.132	c	9.8±3.0	efg
MM	31.7±5.4	ab	6.21±1.63	de	0.204±0.051	e	1.07±0.31	bc	12.8±2.9	c
HAD	33.9±4.6	a	12.6±11.4	cd	0.134±0.033	e	1.19±0.32	abc	10.7±2.3	def
MIC	25.4±4.1	cd	5.8±0.93	de	0.341±0.08	cd	1.0±0.24	bc	11.2±2.1	cde
PAL	24.5±3.1	D	6.4±1.2	de	0.368±0.117	cd	1.09±0.27	bc	9.3±2.9	efg
ASH	25.4±3.3	cd	4.0±1.3	e	0.341±0.079	cd	1.02±0.2	bc	8.09±0.74	c

Biota	As		Pb	
	$\mu\text{g/g wet wt.}$			
<i>Patella sp.</i>				
AK- P	2.18±0.35	abc	0.325±0.213	ab
QY	2.47±0.35	a	0.309±0.109	ab
HS	1.87±0.25	c	0.130±0.041	b
TS	2.14±0.41	abc	0.272±0.119	b
AT	1.98±0.25	bc	0.413±0.446	ab
MM	2.07±0.46	abc	0.546±0.171	a
HAD	1.74±0.16	c	0.230±0.081	b
PAL	2.4±0.69	ab	0.470±0.319	ab
ASH	2.04±0.25	abc	0.220±0.376	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 2011.

Species	Location	No. of specime	Size	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe	As
			(mm)	ng/g wet wt.		µg/g wet wt.			
דגי מכמורת									
<i>Mullus barbatus</i>	חלק תיכון של ישראל	8	130-170	29-260	bdl	0.458-1.08	3.71-5.76	2.14-5.47	3.02-7.6
	חלק תיכון של ישראל	13	100-190	20.4-72.7	bdl	0.205-0.453	3.32-5.19	0.36-7.23	7.46-18.7
<i>Upeneus moluccensis</i>	חלק תיכון של ישראל	9	120-145	61-150	bdl	0.212-0.438	3.66-5.30	3.20-13.4	
דגים חופיים									
<i>Pagellus erythrinus</i>	נמל חיפה	14	120-165	7.8-192	bdl	0.249-0.433	3.05-3.83	1.58-4.83	
	חלק תיכון של ישראל	10	135-220	16.5-170	bdl	0.251-0.44	3.36-3.87	1.45-2.82	
<i>Namipterus randalli</i>	עתלית	3	210-230	40.4-85.8	bdl	0.324-0.420	2.95-3.47	1.16-3.64	
<i>Lithognathus mormyrus</i>	אכזיב	12	140-210	29-112	bdl	0.244-0.792	4.16-6.2	1.82-5.65	1.70-7.73
	עכו	1	190	139	bdl	0.254	4.55	1.59	5.6
	ראש הנקרה	6	175-210	59-601	bdl	0.273-0.330	4.83-5.98	1.69-4.31	4.46-17.9
	פרוטרום	11	165-200	22.9-113	bdl	0.214-0.337	4.40-6.06	1.51-3.46	4.7-72
	זכרון יעקב	20	130-166	15-92	bdl	0.226-0.395	4.46-7.74	0.91-5.51	2.29-4.71
	נמל חיפה	17	136-160	21-140	bdl	0.186-0.379	4.06-8.07	1.34-9.18	3.9-10.2
<i>Diplodus sargus</i>	עכו	18	100-180	71-303	bdl	0.151-0.606	3.36-6.64	0.76-4.35	3.5-29
	מפרץ חיפה	10	150-200	34.5-578	bdl	0.186-0.258	3.94-4.88	1.20-1.85	2.94-18.0
	עתלית	9	170-200	13.4-88.5	bdl	0.186-0.329	3.98-4.74	1.23-3.61	4.59-11.5
	שבי ציון	7	150-170	79.8-145	bdl	0.088-0.277	1.86-4.94	0.099-2.46	1.89-4.72
	חבצלת השרון	2	155-160	78.3-118	bdl	0.335-0.387	4.45-5.52	1.93-2.54	
<i>Diplodus vulgaris</i>	נמל חיפה	2	100-135	29.2-40.3	bdl	0.208-0.249	3.02-3.16	2.77-3.13	
<i>Sargocentron rubrum</i>	עתלית	12	145-170	67-667	bdl	0.204-0.528	2.96-6.62	2.54-7.01	0.42-8.29
	עכו	10	115-200	260-676	bdl	0.206-0.423	2.70-3.45	2.87-5.05	0.02-5.61
	חבצלת השרון	3	165-220	159-431	bdl	0.255-0.351	3.12-4.16	3.78-5.35	5.47-6.11
<i>Siganus rivulatus</i>	עתלית	14	150-200	1.42-21	bdl	0.200-0.333	4.01-6.39	1.14-8.81	
	עכו	3	110-160	14.5-26.7	bdl	0.154-0.263	4.51-7.19	1.65-4.11	
	מפרץ חיפה	2	200-220	12.8-19.2	bdl	0.167-0.211	5.52-6.21	2.06-2.22	
	שבי ציון	2	185-190	39.2-82.9	bdl	0.204-0.281	3.80-4.82	0.64-0.94	
	עתלית	1	200	5	bdl	1.19	5.55	4.29	
	עכו	1	195	8	bdl	0.819	5.07	3.82	1.05
<i>Oblada melanura</i>	חבצלת השרון	3	165-210	42.5-99.2	bdl	0.362-0.433	5.17-5.82	2.32-4.57	

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 2011. $p < 0.05$ - הבדל סטטיסטי מובהק ב-95%.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.0013±0.0008	0.0013±0.001	<0.0001
<i>Diplodus sargus</i>	0.004±0.003	0.0010±0.0007	<0.0001
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.007±0.002	0.004±0.002	<0.0001

Trawl Fish	North	center	South
<i>Mullus barbatus</i>		0.0015±0.0015	
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.0012±0.0009	a 0.0007±0.0005	b
<i>Upeneus moluccensis</i>		0.0033±0.0006	

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

	Hg	Cu	Zn
<i>Lithognathus mormyrus</i>			
HB	0.003±0.0008	0.258±0.042	5.0±0.8
<i>Diplodus sargus</i>			
Akko	0.004±0.003	0.221±0.029	4.3±0.3
<i>Sargocentron rubrum</i>			
Akko	0.007±0.002	0.285±0.060	3.02±0.26

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 - 2011.

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
TS	2011	4.6	193	237	799	8868	1543	385934	395985
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 ^{&}	6.0	266	565	864	14603	2130	766990	682634
MM	2006 ^{&}	5.4	246	455	855	8373	1619	564760	451678
MM	2008 ^{&}	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

[&] Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2006; May-Dec 2008

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2011

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	19.13	5.57	13.93	156	8.23	10.1	217.0	67.98	3.29	28.24	44.97	4.74	78	7.92	1238.2	217.0	50.15	3.28
R1b		19.24	7.57	11.32	128	7.57	7.6		58.56	2.95									
R1c																			
R4a	נעמן	18.13	11.3	8.88	101	8.58	22.6		71.90		28.53	32.71	6.82	105	7.92	1.4		4.43	
R4b		16.64	4.24	8.81	93	7.79	33.2	11.8	155.07	5.7	26.49	5.31	7.07	91	8.70	7.2	11.8	41.98	2.32
R4c		16.41	3.9	7.17	75	7.68	33.7		139.14	3.82									
R5a	קישון	21.68	25.1	5.16	68	7.76	13.8	33.5	7.13	3.43	30.33	32.31	9.69	154	8.14	7.0	33.5	55.91	5.27
R5c		21.18	21.35	4.28	55	7.65	18	47.5	6.98	2.48	30.84	27.84	14.02	219	8.31	9.9	47.5	103.27	11.29
R5.5a	דליה																		
R5.5b																			
R6a	תנינים	22.21	7.12	8.99	108	7.51	21.7		12.55		29.83	23.36	6.64	100	7.93	7.1		3.43	
R6b		22.69	4.36	8.63	103	7.52	24.1	10.9	9.46	7.02	29.02	13.27	6.16	86	8.02	7.6	10.9	3.59	1.55
R6c		24.32	3.51	13.05	159	7.77	6.4	7.8	2.23	2.75	26.34	3.01	9.91	125	8.54	4.3	7.8	1.11	1.26
R7a	חדרה	24.71	39.12	8.33	125	8.18	3.2		1.01		34.30	39.66	6.04	106	8.28	0.1		0.66	
R7b		24.74	33.4	8.2	119	8.1	61.5	6.7	5.25	3.61	36.34	38.42	7.41	133	8.28	1.4	6.7	1.92	0.26
R7c		18.77	1.74	3.25	35	8.07	22.8	9.9	11.25	1.94	27.41	1.54	4.83	62	8.77	5.0	9.9	25.81	3.43
R8a	אלכסנדר	20.98	38.54	10.4	146	8.2	7.7		7.61		27.91	13.26	8.47	116	8.47	10.1		89.55	
R8b		21.84	36.17	10.68	150	8.33	8.7	23.8	45.10	3.58	28.15	9.74	10.88	147	8.71	11.6	35.8	111.18	9.91
R8c		22.05	10.69	13.6	166	8.54	20.4	26.3	107.55	7.83	28.12	9.33	7.06	95	8.14	11.5	26.3	94.50	5.37
R9a	פולג	20.65	30.45	10.91	145	8.27	11.2		2.74										
R9b		21.97	2.09	8.66	100	7.79	37.9	35.0	16.43	4.95	28.81	17.00	9.40	134	8.84	19.4	35.0	66.35	7.03
R10a	ירקון	22.61	27.3	9.78	133	8.01	14.6	67.6	5.11	4.34	34.98	32.33	13.90	238	9.11	8.4	67.6	403.83	13.01
R10b		22.57	26.96	9.22	125	7.88	19.5	25.0	5.29	4.61	34.31	31.26	14.17	238	8.97	4.3	25.0	85.55	5.80
R10c																			
R11a	שורק	20.92	38.74	10.03	141	8.21	2.5		1.75										
R11b		23.23	17.96	6.79	88	7.52	31.4	61.7	21.31	5.48	27.41	30.52	8.69	130	8.61	27.1	61.7	102.00	5.53
R11c		22.63	1.21	3.95	46	7.71	31	73.3	36.89	1.45	30.98	20.26	17.76	267	9.22	31.5	73.3	1860.00	16.93
R12a	לכיש	21.6	28.5	10.61	142	8.69	2.7		182.16										
R12b		21.99	8.96	19.87	239	9.41	11.1	8.5	825.80	18.12	27.65	22.83	7.51	108	8.33	15.4	8.5	36.83	4.03
R12c		21.56	8.89	21.68	259	9.22	9.7	15.5	128.78	20.36	24.08	24.00	8.72	119	7.82	6.1	15.5	63.07	6.79
R13a	אבטח																		
R13b		19.6	27.71	7.66	98	8.16	4.9		19.13	6.23									

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 2011¹. כמו כן, מוצגים נתוני עומס החנקן והזרחן הכללי שהוזרמו לנחלים בשנת 2011 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	² Total N	² Total P
<i>cubic meter * 1000 /yr.</i>								
נעמן	6298	31.6	22.7	54.2	4.0	152.5	101	21
קישון	16394	160	27.5	187	5.23	87	152	12
תנינים	13986	39.9	13.14	53.1	0.06	316	91	7
חדרה	10626	50.6	455	505	20.2	77	22	7
אלכסנדר	6923	49.1	38.67	87.8	0.9	183	210	13
ירקון	40085	37.60	185	222	39	66.22	333	56
שורק	1770	0.02	14.4	14.4	12.95	0.12	1784	188
לביש	6555	7.25	11.29	18.54	11.05	21.2	13	2

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 2011 (בעיקר ע"ס דיווחי מתקני טיפול בשפכים).
3. נתוני נחלים קישון+ציפורי (ללא הזרמות מגיני).

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2011

* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2011

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב	קו אורך	קו רוחב	קו אורך		
1	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.059	35	4.565	3.8	Sediment, Water, Benthic fauna
2	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.075	35	4.389	6.3	Sediment, Water, Benthic fauna
8	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.014	35	4.614	3.5	Sediment, Water, Benthic fauna
9	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.037	35	4.531	6.2	Sediment, Water, Benthic fauna
10	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.053	35	4.326	9.3	Sediment, Water, Benthic fauna
11	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.054	35	4.174	12.1	Sediment, Water, Benthic fauna
12	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.687	35	4.598	3.4	Sediment, Water, Benthic fauna
14	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.786	35	4.315	3.4	Sediment, Water, Benthic fauna
18	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.255	35	3.729	3.3	Sediment, Water, Benthic fauna
22	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.855	35	2.812	3.1	Sediment, Water, Benthic fauna
23	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.880	35	2.722	6.1	Sediment, Water, Benthic fauna
26	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.361	35	2.144	6.6	Sediment, Water
27	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.238	35	1.193	11.3	Sediment, Water
Carmelit	14-Jul-11	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.504	35	1.709	2	Sediment, Water
H1	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.763	34	55.583	30	Water, Phytoplankton
H2	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.657	34	56.114	21	Water
H3	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.385	34	56.836	10.8	Water, Sediment, infauna
H4	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.469	34	57.055	6.2	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.325	34	52.665	32	Water, Phytoplankton
H6	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.989	34	53.068	23	Water
H7	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.611	34	53.537	12.6	Water, Sediment, infauna
H8	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.573	34	53.894	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.344	34	50.468	30.6	Water, Phytoplankton
H10	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.200	34	50.877	22	Water
H11	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.031	34	51.365	12.5	Water, Sediment, infauna
H12	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.921	34	51.640	6.9	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.531	34	47.190	10.3	Water, Sediment, infauna
H14	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.409	34	45.115	30	Water, Phytoplankton
H15	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.937	34	45.654	20	Water
H16	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.486	34	45.910	12.6	Water, Sediment, infauna
H17	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.289	34	46.251	6.3	Water, Sediment
H18	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.604	34	42.266	5.7	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.708	34	41.911	11.6	Water, Sediment, infauna
H20	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.738	34	41.228	21.9	Water
H21	3-Aug-11	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.755	34	40.442	31.5	Water, Phytoplankton
H22	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.410	34	36.371	31.6	Water
H23	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.541	34	36.958	22.6	Water
H24	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.196	34	37.472	10.9	Water, Sediment, infauna
H25	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.054	34	37.610	5.9	Water, Sediment
H26	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.045	34	31.879	32.6	Water, Phytoplankton
H27	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.624	34	32.748	20	Water
H28	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.339	34	33.349	9.6	Water, Sediment, infauna
H29	4-Aug-11	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.168	34	33.484	6.7	Water, Sediment
H40	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.250	34	49.654	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H41	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.304	34	49.413	10	Water, Sediment, infauna
H42	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.506	34	48.251	20.2	Water
H43	2-Aug-11	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.817	34	48.256	30.3	Water, Phytoplankton
HB1	31-Jul-11	Haifa Bay	32	51.968	34	58.424	25	Water, Phytoplankton
HB2	31-Jul-11	Haifa Bay	32	50.866	34	59.911	19	Water, Phytoplankton
HB4	31-Jul-11	Haifa Bay	32	49.843	35	1.269	15.6	Water, Phytoplankton
HB5	31-Jul-11	Haifa Bay	32	49.083	35	1.333	13	Water, Phytoplankton
Qishon port	31-Jul-11	Haifa Bay	32	49.083	35	1.333	13	Water, Phytoplankton
HM-2.1	27-Jul-11	Haifa Bay	32	55.079	35	4.343	7.49	infauna
HM 10	27-Jul-11	Haifa Bay	32	54.056	35	4.359	8.77	infauna
HM 23.1	27-Jul-11	Haifa Bay	32	49.940	35	2.534	9.78	infauna
HM 27	27-Jul-11	Haifa Bay	32	49.266	35	1.176	11.06	infauna

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2011 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1b	16-Mar-11	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378	Water, Sediment	
R1c	16-Mar-11	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592	Water, Sediment	
R4a	16-Mar-11	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899	Water, Sediment	
R4b	16-Mar-11	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924	Water, Sediment	
R4c	16-Mar-11	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065	Water, Sediment	
R5a	16-Mar-11	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736	Water, Sediment	
R5b	16-Mar-11	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093	Water, Sediment	
R6a	22-Mar-11	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133	Water, Sediment	
R6b	22-Mar-11	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173	Water, Sediment	
R6c	22-Mar-11	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923	Water, Sediment	
R7a	22-Mar-11	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054	Water, Sediment	
R7b	22-Mar-11	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306	Water, Sediment	
R7c	22-Mar-11	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024	Water, Sediment	
R8a	22-Mar-11	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929	Water, Sediment	
R8b	22-Mar-11	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993	Water, Sediment	
R8c	22-Mar-11	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175	Water, Sediment	
R9a	21-Mar-11	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965	Water, Sediment	
R9b	21-Mar-11	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water, Sediment	
R10b	21-Mar-11	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631	Water, Sediment	
R10c	21-Mar-11	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water, Sediment	
R11a	21-Mar-11	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479	Water, Sediment	
R11b	21-Mar-11	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water, Sediment	
R11c	21-Mar-11	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water, Sediment	
R12a	21-Mar-11	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379	Water, Sediment	
R12b	21-Mar-11	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water, Sediment	
R12c	21-Mar-11	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924	Water, Sediment	
R13b	21-Mar-11	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951	Water, Sediment	
R1b	13-Sep-11	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378	Water	
R4a	13-Sep-11	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899	Water	
R4b	13-Sep-11	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924	Water	
R4c	13-Sep-11	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065	Water	
R5a	13-Sep-11	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736	Water	
R5b	13-Sep-11	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093	Water	
R6a	12-Sep-11	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133	Water	
R6b	12-Sep-11	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173	Water	
R6c	12-Sep-11	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923	Water	
R7a	12-Sep-11	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054	Water	
R7b	12-Sep-11	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306	Water	
R7c	12-Sep-11	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024	Water	
R8a	12-Sep-11	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929	Water	
R8b	12-Sep-11	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993	Water	
R8c	12-Sep-11	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175	Water	
R9b	21-Sep-11	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water	
R10b	21-Sep-11	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631	Water	
R10c	21-Sep-11	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water	
R11b	21-Sep-11	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water	
R11c	21-Sep-11	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water	
R12b	21-Sep-11	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water	
R12c	21-Sep-11	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 2011 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
ACH	March-11	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Mollusks
AK-P	March-11	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Mollusks
QY	March-11	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Mollusks
AT	March-11	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Mollusks
MIC	March-11	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Mollusks
HAD	March-11	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Mollusks
PAL	March-11	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Mollusks
ASH	March-11	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Mollusks
HS	March-11	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Mollusks
MM	March-11	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Mollusks
TS	March-11	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Mollusks
EI	July-11	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Mollusks
HOT	July-11	Donax - Hof Hatmarim	32	54.807	35	4.830	~60 cm	Mollusks
QY	July-11	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Mollusks
QH	July-11	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 – 2011)

<i>Diplodus sargus</i>	1048
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1354
<i>Mullus barbatus</i>	945
<i>Sargocentron rubrum</i>	576
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	563
<i>Siganus rivulatus</i>	433
<i>Mullus surmuletus</i>	275
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	539
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	956
סה"כ דגים	6980

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2011)

<i>Maetra corallina corallina</i>	1866
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	242
<i>Neverita josephinia</i>	80
<i>Patella sp.</i>	1505
<i>Diogenes pugilator</i>	278
<i>Donax trunculus</i>	630
<i>C. gallina</i>	105
<i>Arcularia gibbosula</i>	385
<i>Cellana rota</i>	310
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longiros</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	11
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	413
סה"כ רכיכות וסרטנים	5935

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments (1981-2011)	906
River Sediments (1988-2011)	757
SPM (1994-2011)	1743
סה"כ דוגמאות	3406

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°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 BOD₅ 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^{plus} 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-Arסן, הדוגמאות עוכלו בחומצה חנקתית מרוכזת (65%) בתאי לחץ (Uniseal), במשך 4 שעות, בטמפרטורה של 140°C. עבור בדיקות של Cr, Al,

Fe ו- Zn, Cu, Cd, Pb, Mn בסדימנטים וחומר מרחף, הדוגמאות עוכלו בתערובת של חומצה פלואורית 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 77. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיוול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

בדיקות ריכוזי מיקרואצות

לבדיקת תאי כחוליות ותאי פיקופלנקטון בעלי כלורופיל (עד 5μ), נעשה שימוש בשיטה המתוארת ע"י Booth, 1987 עם מספר שינויים. דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 0.45μ , 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 x100.

לצורך ספירת המיקרופלנקטון, דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 3µ, 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

אפיפלאורסנטי. 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 ג'לי. עם התייבשותו הונחה עליו טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה באור רגיל באמצעות מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי. כל פני שטח הפילטר נספרו באמצעות האובייקטיב x20 או x40, 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, W.K.W, 1986, 1992). ביומסת המיקרופלנקטון חושבה לפי Strathmann, 1967.

מגוון המינים חושב לפי Menhinick's index (Karydis and Tsirtsis, 1996).

מדידת סמנים ביולוגים 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 לוויןנים ראה נספח 4

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
Quasime	Apr-10	Round 60 AQ-1	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasime	Apr-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity open water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasime	July-30	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
Quasime	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid

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

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

* 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 (TSM), עומק סקי ועוד. מוצרים אלו מיוצרים ומועברים למשתמש הקצה דרך האינטרנט קרוב לזמן אמת (Near-Real-Time), תוך שימוש באלגוריתמים המקובלים בעולם ו/או אלגוריתמים שפותחו במיוחד לאזורים מקומיים.

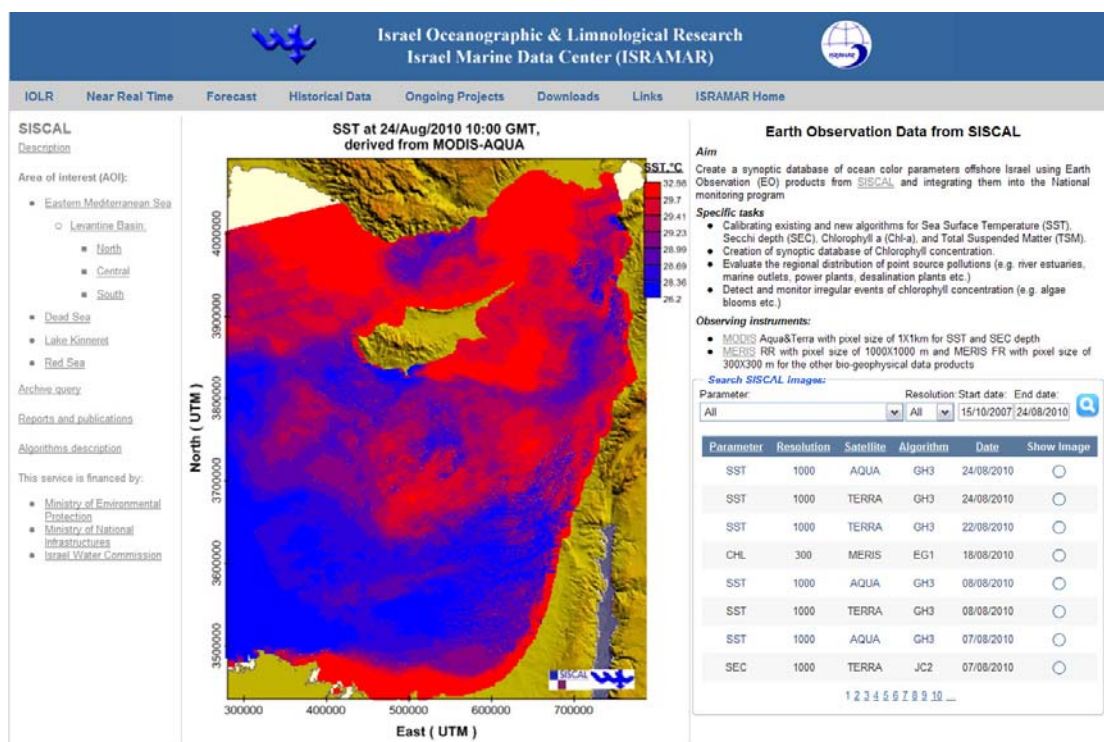
במסגרת המחקר פותח מודול של ממי"ג (מערכת מידע גיאוגרפית) למשתמש קצה (EU-GIS) אשר מאפשר לבצע מספר משימות: הורדת מוצרי לוויין (EO Products) מהשרת של SISCAL, בניית ארכיון לסדרות זמן של מוצרי לוויין, ניהול מערכת המידע וביצוע ניתוחים סביבתיים מורכבים באמצעות פונקציות ממי"ג ייעודיות. מערכת כזו הותקנה בחדר המצב 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-Terra, MODIS-Aqua) 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.

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.
- במהלך 2011 הוכנו אנליזות באזורי עיניין שהוגדרו ע"י אגף ים וחופים (לדוגמא אל"א-מפרץ חיפה, פז-אשדוד, ויה מריס - שפך נחל שורק)



תמונה 1 : ממשק SISCAL לחיפוש מוצרי לוויין 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 ³
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 ³
CHL, Chlorophyll-a concentration	EG1, Chl-Fluo, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), uses Chl. fluorescence	mg/m ³
TSM, Total suspended matter	FA2, Total suspended matter, DUP-POWERS	g/m ³
CHL, Chlorophyll-a concentration	EE1, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), ANN for case 1 waters	mg/m ³
TSM, Total suspended matter	FA3, Total suspended matter, MUMM	g/m ³
TSM, Total suspended matter	FA1, Total suspended matter, Joergensen algorithm for Danish waters	g/m ³
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC1, Diffuse attenuation coefficient (Kd) at 490nm, SeaWiFS algorithm	1/m

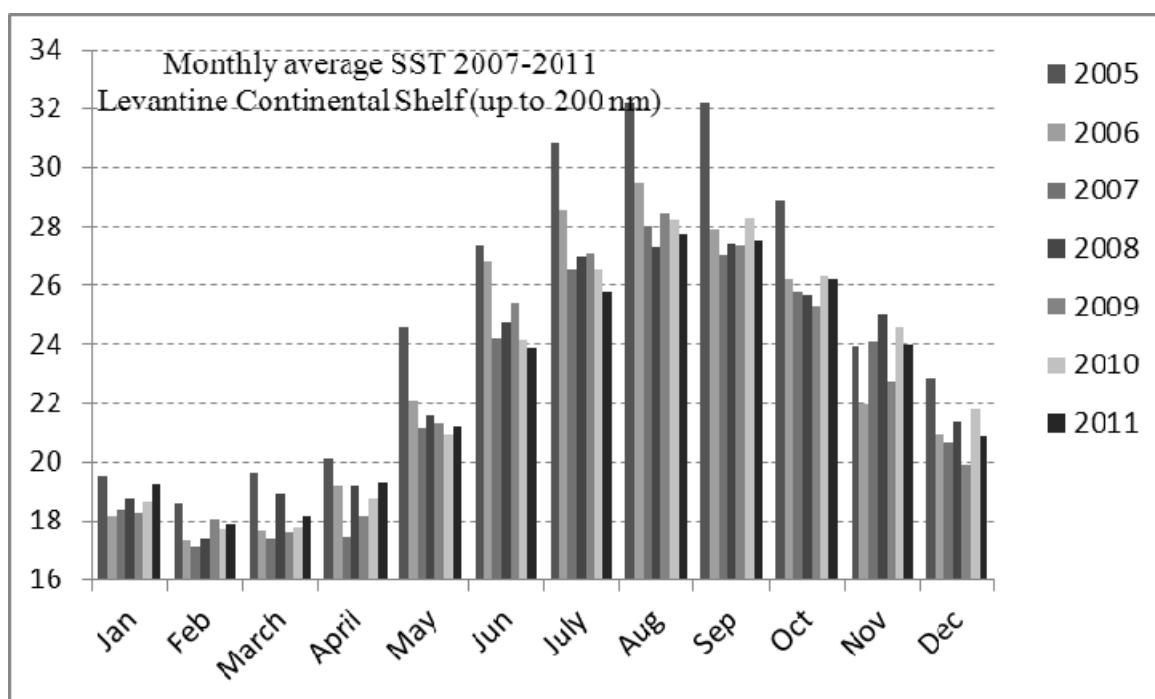
MODIS

Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FA4, Total suspended matter, Clark, MODIS SeaDAS 4.8.4	g/m ³
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 ³
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

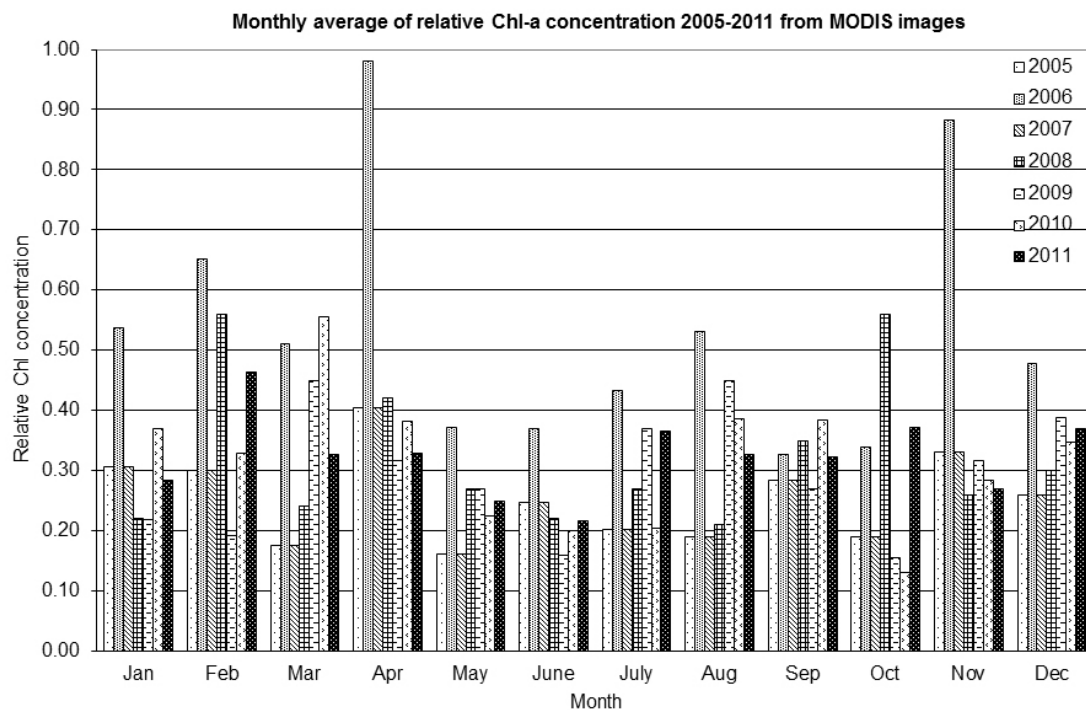
מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים, ריכוזי כלורופיל (יחסי) ועומק סקי (secchi) במדף היבשת

במהלך 2011 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 305 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ ו-72 צילומי לוויין מסוג MERIS FR (ברזולוציה גבוהה 300X300 מטר).

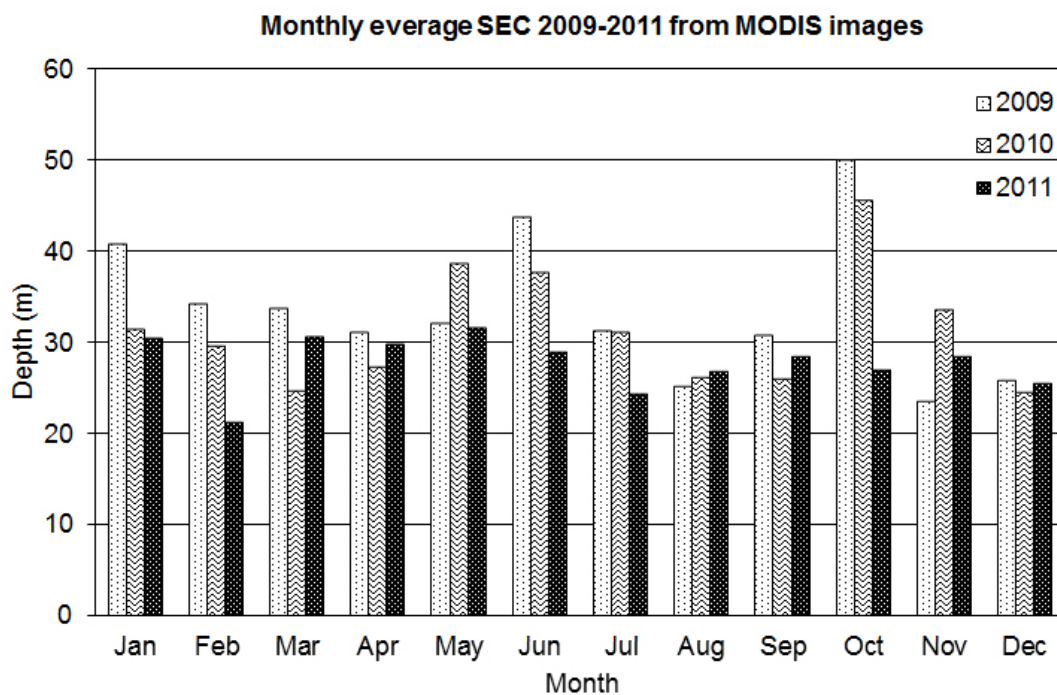
האנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה-EU-GIS. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST), עומק סקי (secchi) כמדד לעכירות וריכוזי הכלורופיל בערכים יחסיים במדף היבשת בשנים 2005-2011 מוצגים בגרפים להלן.



גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנים 2005-2011 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



גרף התפלגות ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנים 2005-2011 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 2009-2011 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים, ריכוזי כלורופיל (יחסי) ועומק סקי (secchi) באזורי עניין

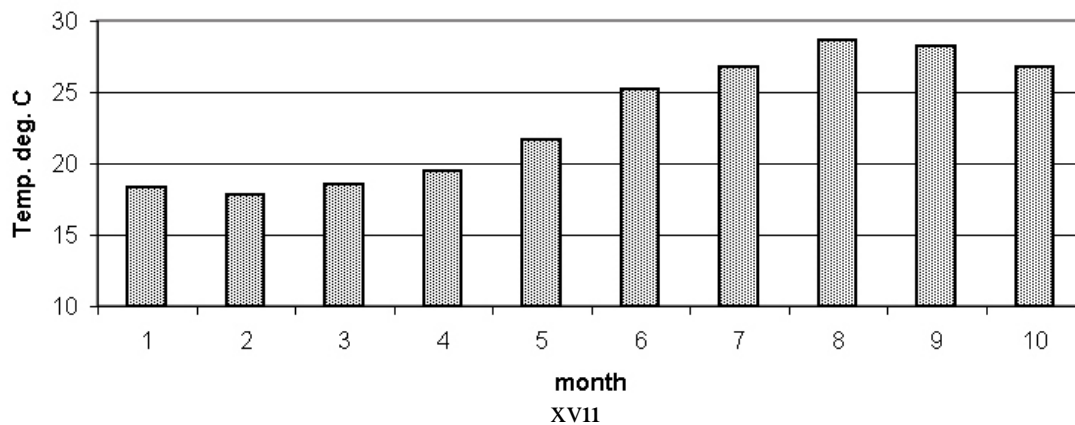
במסגרת הניטורים המיוחדים באזורי עניין שהוגדרו ע"י אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה נעשו במהלך 2011 אנליזות סינופטיות באמצעות SISCAL של טמפרטורה ועומק סקי ויצירת מפות ריכוזי כלורופיל מלוויין ה-MERIS FR (רזולוציה 300 מטר)

אל"א – מפרץ חיפה

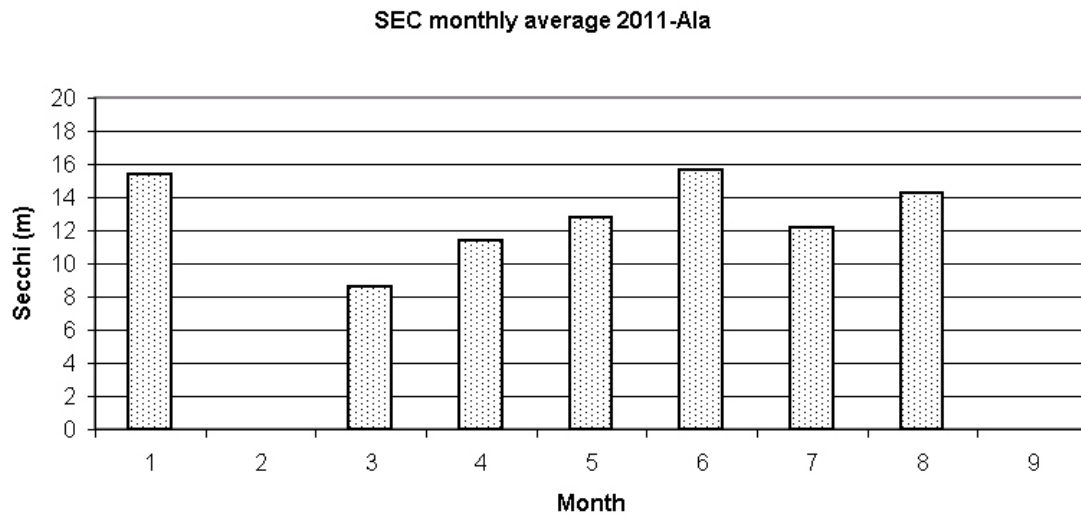


תרשים אזור האנליזה (פוליגון שחור) ומיקום תחנות הדיגום שנאספו ע"י חי"ל (נקודות אדומות)

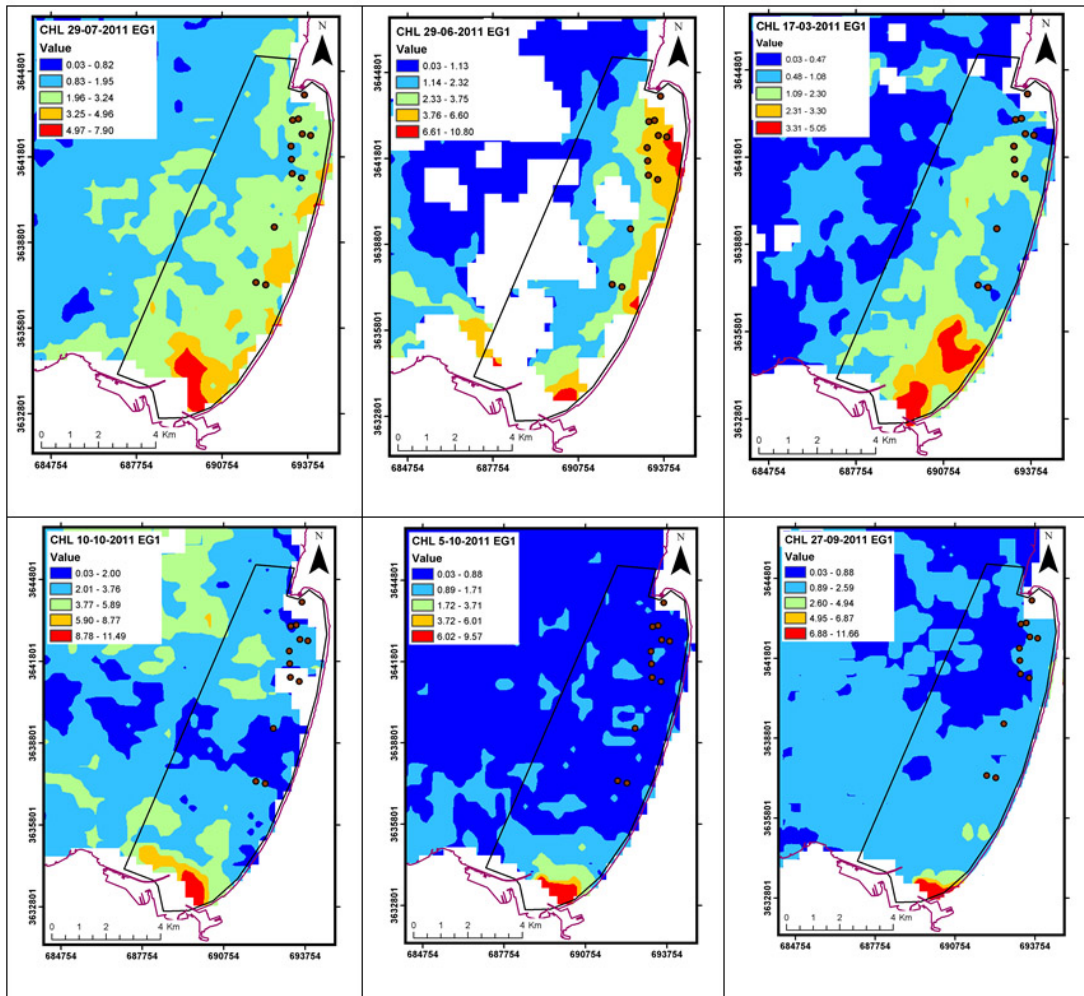
SST monthly average 2011-Ala



גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים באזור אל"א כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

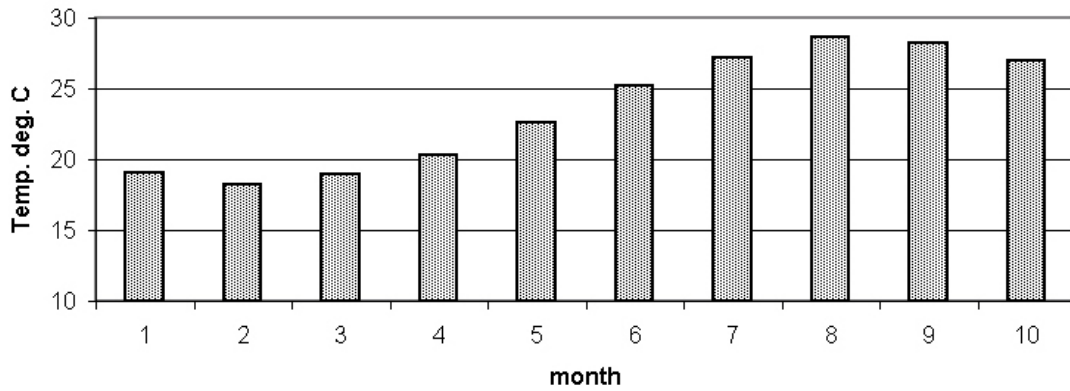


גרף התפלגות ממוצע חודשי של עומק סקי באזור אל"א כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



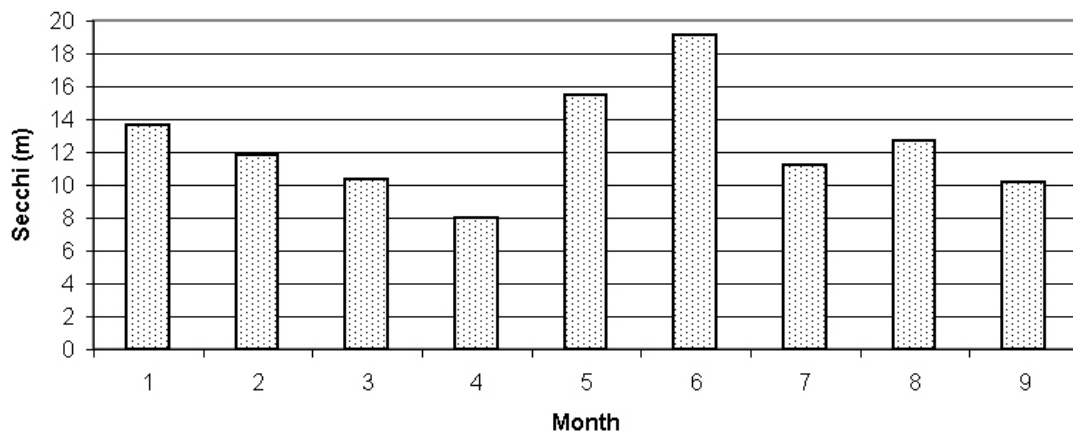
מפות ריכוזי כלורופיל ב- $\mu\text{g}/\text{l}$ מחודשים מרץ, יוני, יולי, ספטמבר ואוקטובר כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR. מיקום תחנות הדיגום של חי"ל מוצגים כנקודות אדומות.

SST monthly average 2011-Via Maris

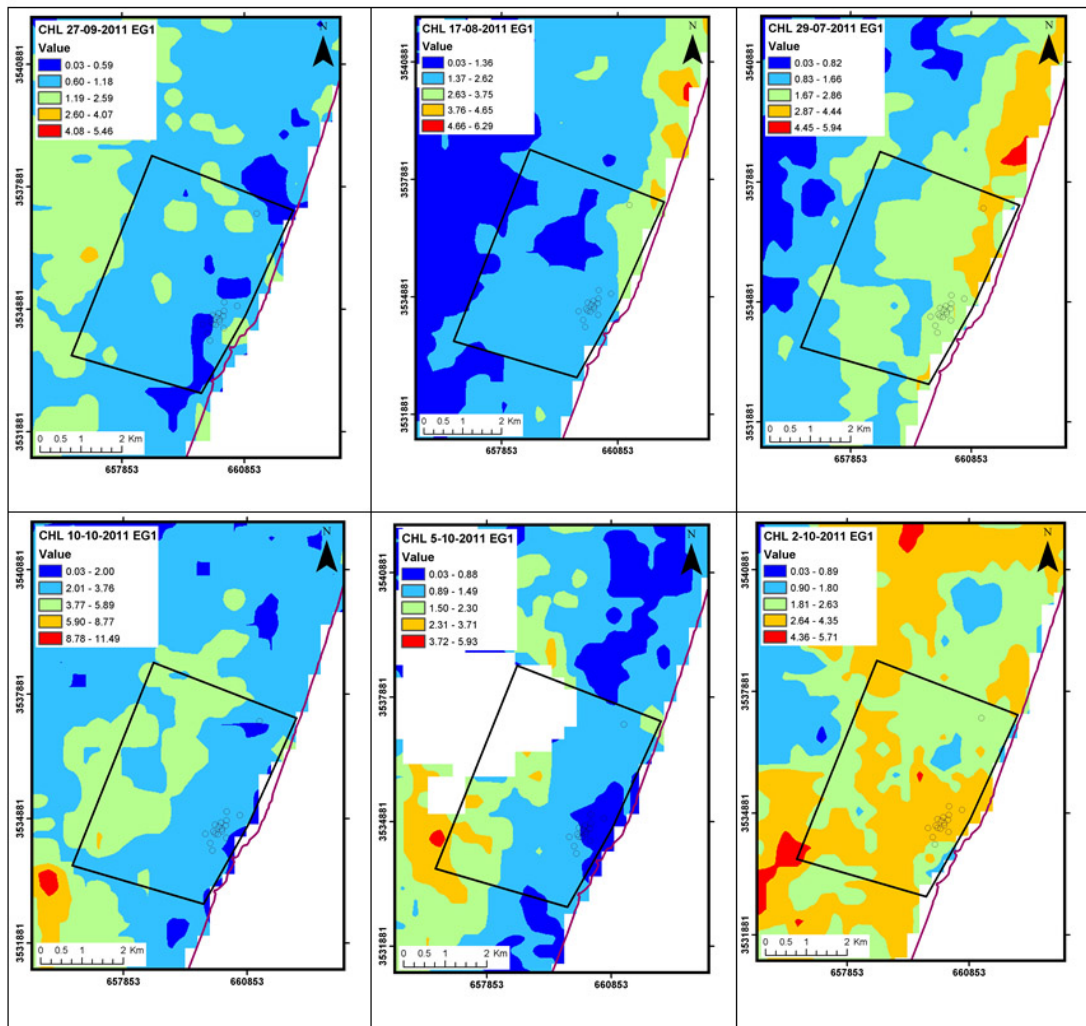


גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים באזור ויה מריס כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

SEC monthly average 2011-Via Maeis



גרף התפלגות ממוצע חודשי של עומק סקי באזור ויה מריס כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



מפות ריכוזי כלורופיל ב- mg/l מחודשים יולי, אוגוסט, ספטמבר ואוקטובר כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR. מיקום תחנות הדיגום של חי"ל מוצגים כעיגולים שחורים.

נספח 5: מיני הדינופלגלטים וריכוזם (תאים לליטר) במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף - אוגוסט 2011

	Qishon	Haifa Bay			Hof Dado			Taninim		Alexander		Yargon		Soreq		Ashqelon	
		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H11	Deep H9	Shallow H11	Deep H14	Shallow H11	Deep H21	Shallow H21	Deep H26
Dinoflagellates																	
<i>Achradinia</i> sp.	20	90	16	2			2		6		2	8	2			4	2
<i>Akashiwo sanguinea</i>	4720	3670	108	36			2	8	8		18	56	25	140	20	492	34
<i>Amphidinium</i> sp.								12				16	4				
<i>Brachidinium capitatum</i>											2						
<i>Ceratium arietinum</i>																	4
<i>Ceratium candelabrum</i>			4	4			2	2	8		2	4	4	3	7		4
<i>Ceratium declinatum</i> f. <i>majus</i>																	2
<i>Ceratium extensum</i>									2			8	4				
<i>Ceratium furca</i>	1640	490	32	40		8			6	30	2	8	6	7	6	74	40
<i>Ceratium fusus</i>	20		2	2	4	8	8	2	28	14	27	32	118	34	28	13	10
<i>Ceratium kofoidii</i>	620	500	226	148	40	70	176	110	92	109	194	36	458	67	684	294	535
<i>Ceratium pulchellum</i>			4	6	4		2		2		8	8	3	9			2
<i>Ceratium teres</i>				2		2			2	2	6	4	2		6		2
<i>Ceratium trichoceros</i>														3			2
<i>Ceratoxys horrida</i>																4	
<i>Cochlodinium citron</i>	40	20		2												4	
<i>Cochlodinium helix</i>													8				
<i>Cochlodinium</i> sp. (1816)				12					8								
<i>Cochlodinium</i> spp.	40								6				2				
<i>Corythodinium</i> sp.	60	120	26	4									4				
<i>Dinophysis caudata</i>	80	20	4					12	22	52	2	22	4	23	8	10	14
<i>Dinophysis</i> cf. <i>breviculcus</i>										304	2						
<i>Dinophysis</i> cf. <i>parvula</i>											2						4
<i>Dinophysis diegensis</i>				2							2	4					4
<i>Dinophysis exigua</i>			2	2	2				2			2	3	5			4
<i>Dinophysis micropterygia</i>				4						2	12						
<i>Dinophysis rotundata</i>	20	50	6	8					6				4		2	4	
<i>Dinophysis</i> sp.										10	2						
<i>Diplopsalis</i> sp.			2	4						14	6	18	4	23	6	94	14
<i>Goniodoma polyedricum</i>	80	10	2		2		2		2	84	2					4	
<i>Gonyaulax polygramma</i>	1060	470	16		2	6	6		6	4		0	2	0	0	0	0
<i>Gonyaulax scrippsae</i>	6960	4220	148	68	24	10	0	84	20	26	60	80	0	60	24	214	172
<i>Gonyaulax</i> sp. (186)	2280	220	64						6	200			4		4		2
<i>Gonyaulax</i> sp. (205A)						4	4						2				
<i>Gonyaulax</i> sp. (213A)																	6
<i>Gonyaulax</i> sp. (213A)										4					4		
<i>Gonyaulax spinifera</i>	200	80	28	0	0	0	0	8	16	22	2	16	10	37	0		
<i>Gonyaulax</i> spp.							6	12	100	4	76	232	248	547	93	370	356
<i>Gonyaulax verior</i>										2	2						
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i>	40		4	24													
<i>Gymnodinium elongatum</i>	160	440	368	688	64	12	72	44	28		252	96	144	20	162		2
<i>Gymnodinium</i> sp. (123A)															8		4

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
Dinoflagellates		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H12	Deep H9	Shallow H17	Deep H14	Shallow H18	Deep H21	Shallow H25	Deep H26	
<i>Gymnodinium</i> sp. (133A)															48			
<i>Gymnodinium</i> sp. (1402)	80				8				8				12					
<i>Gymnodinium</i> sp. (197A)					4				8									
<i>Gymnodinium</i> sp. (209A)							4											
<i>Gymnodinium</i> sp. (97A)					32	64		20							30		4	
<i>Gymnodinium</i> spp.	440	70			6	4	4	24	136	140		304	136	224	340	180	282	246
<i>Gyrodinium instriatum</i>	340	110	14						4	6		2	4	6	97	5	8	2
<i>Karenia brevis</i> (=G. breve)	280	170		4	2													
<i>Karenia papilionacea</i>					2													
<i>Kofoidinium</i> sp.	40	30				6		4	4	12			4		4	8	4	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	40	10	4				2		2		8	2						
<i>Mesoporos perforatus</i>							4			8		28		8	28	8	2	
<i>Metadinophysis sinensis</i>	20												2		2		2	
<i>Nematodinium</i> sp.					2													
<i>Ostreopsis</i> sp.								112	2		2		4			8		
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	940	430	36								4		4		2		4	
<i>Oxytoxum coronatum</i>													8					
<i>Oxytoxum crassum</i>						4					36						4	
<i>Oxytoxum laticeps</i>		20			4								4				2	
<i>Oxytoxum ovale</i>	20	20											4					
<i>Oxytoxum pachyderme</i>		20				2			4		44	8	8	3	28	4		
<i>Oxytoxum sceptrum</i>							4		2		77	4	16		22			
<i>Oxytoxum scolopax</i>			10	4	8			12							16			
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>					4						4							
<i>Oxytoxum tessellatum</i>								2										
<i>Oxytoxum variabile</i>			8	240	12	12	16	2	56		280	8	40	13	68			
<i>Peridinium quinquecorne</i>								372		28		104	4	20	4	72		
<i>Phalacroma</i> spp.										12	2		2	3	2			
<i>Phalacroma sphaeroideum</i>			2		4		12		4	2	34	12	50	20	11	28	12	
<i>Podolampas palmipes</i>			2	4					4		2		14		9		8	
<i>Podolampas spinifera</i>												36	2	10	35	12	10	
<i>Polykrikos kofoidii</i>	60																	
<i>Pronoctiluca pelagica</i>									2		4		4		2		4	
<i>Pronoctiluca spinifera</i>			4	2	12	6	4		16	2	80		38	7	22		4	
<i>Prorocentrum aporum</i>								2										
<i>Prorocentrum balticum</i>							4	4	8	16	144		8		48			
<i>Prorocentrum compressum</i>		40	12	4	4	8	6	6	22	16	22	28	32	10	19	20	8	
<i>Prorocentrum gracile</i>	80	40	6			2	2	22	16	62	12	26	22	20	11	54	50	
<i>Prorocentrum micans</i>	2080	840	32			2		40	12	64	4	16	2	17	3	8	16	
<i>Prorocentrum mimimum</i>			1800	4	1280	1172	2000	64	452	2960	2292		288	440		480	3726	
<i>Prorocentrum oblongum</i>			2	2							2				4			
<i>Prorocentrum rotundatum</i>			32	22	24	12	36	4	78	6	18	24	48		24	4	28	
<i>Prorocentrum</i> sp. (135A)									52									
<i>Prorocentrum</i> spp.									8	18	8		20	7	4		12	

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Dinoflagellates	HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H11	Deep H9	Shallow H17	Deep H14	Shallow H18	Deep H21	Shallow H23	Deep H26	
<i>Prorocentrum triestinum</i>	40	40	8							12						4	
<i>Protoceratium reticulatum</i>			8	4				6		10	2	4	12	10	7	4	
<i>Protoperidinium leonis</i>															7		
<i>Protoperidinium abei</i>	40	80	2												3	2	
<i>Protoperidinium bipes</i>													4	13	2	8	
<i>Protoperidinium brochii</i>			16											3	8		
<i>Protoperidinium conicum</i>	20	20	4				2	2	28	2	4				2	8	
<i>Protoperidinium curvipes</i>	1540	2660	156			2											
<i>Protoperidinium denticulatum</i>																4	
<i>Protoperidinium depressum</i>										12		2	10	6			
<i>Protoperidinium divergens</i>			6	4						34		12	2	17		16	
<i>Protoperidinium joergensenii</i>									12	106	18	152	18	60	176	44	
<i>Protoperidinium leonis</i>	40																
<i>Protoperidinium nux</i>																16	
<i>Protoperidinium oblongum</i>											2						
<i>Protoperidinium obtusum</i>															4		
<i>Protoperidinium oviforme</i>									4	14	8					12	
<i>Protoperidinium solidicorne</i>	260	70	54		2							8		7		18	
<i>Protoperidinium sp. (118A)</i>													12				
<i>Protoperidinium sp. (168A)</i>													2				
<i>Protoperidinium sp. (301k)</i>	140	70	16		2					2							
<i>Protoperidinium spp.</i>	1600	200	134	10	6	6	14	130	84	558	134	312	210	916	31	212	
<i>Protoperidinium steinii</i>				34	40	4		4		10	6	20	42	34	4	164	
<i>Protoperidinium subinerve</i>														3	2		
<i>Protoperidinium sp. (1366)</i>														13		24	
<i>Protoperidinium sp. (54)</i>	1.5E+04	8300	522	28	8	36		420	12	632	6	600	44	939	5	2200	
<i>Protoperidinium sp. (AG134)</i>													16				
<i>Pseliodinium sp.</i>		20															
<i>Pyrophacus sp.</i>	40	60	12	4					2	4		2	3	3	8	8	
<i>Scrippsiella sp.</i>	1580	1560	44	26	4	20	18	68	104	32	100	8	40	7		33	
<i>Torodinium robustum</i>	100		2	4	12				12		6		2	3		4	
<i>Warnowia sp.</i>												8	2				
Unidentified <15µm	1.2E+06	2.8E+05	1.5E+04	1.0E+04	4960	9472	2880	2.7E+04	2.5E+04	2.1E+04	1.6E+04	2.8E+04	1.3E+04	2.4E+04	1.2E+04	9.5E+04	
Diatoms - צורניות																	
<i>Achnanthes sp.</i>					8											2	
<i>Actinocyclus sp.</i>															4	4	
<i>Amphora bigibba</i>												4					
<i>Amphora sp. (1776)</i>								2		8	2	8					
<i>Amphora sp. (2018)</i>												4					
<i>Amphora sp. (206A)</i>								4									
<i>Amphora sp. (1998)</i>									4	2							
<i>Amphora spp.</i>	80	140	52	4		4	4			2		20	18	17	2	4	

Diatoms - צורניות	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
	HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H11	Deep H9	Shallow H17	Deep H14	Shallow H18	Deep H21	Shallow H25	Deep H26	
<i>Asterionellopsis glacialis</i>										32				47			
<i>Asterolampra marylandica</i>												4					
<i>Asteromphalus hookeri</i>			12	24		16	6		50	14	10	12	4	13	16	4	10
<i>Aulacodiscus</i> sp.										2							4
<i>Bacillaria paxillifera</i>														48		48	32
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	9720	5920	4.9E+04	7.6E+04	12	12		92	4	4	12	8	132	20	196	152	8
<i>Bellerochea malleus</i>																4	
<i>Bellerochea</i> spp.								4		30	2	100	40	640	10	544	140
<i>Biddulphia rhombus</i>										2		4		3			2
<i>Biddulphia</i> spp.												8		58		8	6
<i>Cerataulina bicornis</i>														47		96	36
<i>Cerataulina pelagica</i>								22		14		8	12	413		80	20
<i>Chaetoceros</i> sp. (3u)	8.9E+06	3.8E+06															
<i>Chaetoceros curvisetus</i>																648	
<i>Chaetoceros danicus</i>									16					33			
<i>Chaetoceros didymus</i>															16	104	
<i>Chaetoceros</i> spp.	5480	2060	5248	24	5056	68	1.4E+05	7600	1.5E+05	4.8E+04	2.1E+05	1.8E+05	1.5E+05	1.3E+04	1.5E+06	3.7E+05	
<i>Chaetoceros tetrastichon</i>					12	8											
<i>Climacosphaenia</i> sp.								8		2	2			3		8	
<i>Coscinodiscus</i> spp.	4	40	6	6				14	16	8	10	24	6	13	10	26	24
<i>Cylindrotheca closterium</i>	9067		2.7E+04					8			2	201		3692	2		12
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>										10		52	6	80	16	184	10
<i>Diploneis didyma</i>											2	20		7		24	4
<i>Diploneis</i> sp. (AG191)										2						8	
<i>Diploneis</i> spp.												12	4	13			
<i>Entomoneis gigantea</i> var <i>sulcata</i>														5			
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)			64									32		7			
<i>Entomoneis</i> sp. (1803)														3			
<i>Entomoneis</i> spp.														7			6
<i>Grammatophora marina</i>									2								
<i>Guinardia delicatula</i>														10		16	
<i>Guinardia flaccida</i>									4						8		4
<i>Guinardia striata</i>				6				4	2	2	10	2	100	68	177	8	296
<i>Hemiaulus hauckii</i>	200	20	336	690	312	726	2148	610	1568	654	486	596	314	120	143	122	56
<i>Hemiaulus membranaceus</i>			4	16			4									228	
<i>Lauderia annulata</i>	4	60	44							4						8	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2133			8		16		104	132	112	8		52	1933		32	20
<i>Leptocylindrus minimus</i>								32	36								
<i>Licmophora</i> sp.			14	2	16	20		246	32	154	20	216	30	1000	27	108	26
<i>Lithodesmium undulatum</i>												32		7			
<i>Lyrella clavata</i>													2				2
<i>Lyrella hennedyi</i>								2				8					
<i>Melosira moniliformis</i>		20						4				4					
<i>Meuniera membranacea</i>	140	60	96	172	6	176	18	28	188	182	292	368	120	363		516	1532
<i>Navicula cancellata</i>								4		4			2	15	2	4	
<i>Navicula eta</i>															4	8	2
<i>Navicula</i> sp. (1015)																8	
<i>Navicula</i> sp. (113A)								8		24							
<i>Navicula</i> sp. (1315)											2						
<i>Navicula</i> sp. (1521)			6										40		4	340	

	Qishon	Haifa Bay			Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		
Diatoms - צוריות	HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H12	Deep H9	Shallow H17	Deep H14	Shallow H18	Deep H21	Shallow H25	Deep H26	
<i>Navicula</i> sp. (1530)			4			20		16	6	106	28	238	130	363	24	88	60
<i>Navicula</i> sp. (1588)														3			
<i>Navicula</i> sp. (1590)			4							2		8	2	3		32	8
<i>Navicula</i> sp. (1883)		40															
<i>Navicula</i> sp. (1891)										2			8				
<i>Navicula</i> sp. (1894)								4		2							
<i>Navicula</i> sp. (1910)								2			2	8	2				4
<i>Navicula</i> sp. (1910a)				4													
<i>Navicula</i> sp. (1913)										4							
<i>Navicula</i> sp. (1949)	640	260	36				4	16	12			16		7	4	8	
<i>Navicula</i> sp. (1962)									2						2	4	
<i>Navicula</i> sp. (198A)				24				40									
<i>Navicula</i> sp. (199A)					10												
<i>Navicula</i> sp. (19A)								4									
<i>Navicula</i> sp. (200A)					292				64								
<i>Navicula</i> sp. (2014)								2		2				13	4	4	
<i>Navicula</i> sp. (313)								12		8	6	16	10	10	3	18	8
<i>Navicula</i> sp. (320)								6		30	2	80	30	43	12	64	28
<i>Navicula</i> sp. (45A)								4									
<i>Navicula</i> sp. (968)	200	70	8	8		4		4				8	20	33	20	8	36
<i>Navicula</i> sp. (VM15)	80																
<i>Navicula</i> spp.	200	60	16	8		2		162	52	124	40	2820	44	1.8E+04	14	88	16
<i>Navicula transitans</i>			48	12	96		4	30		44		72	16	73	36	56	16
<i>Nitzschia longissima</i>							4					8		7		8	
<i>Nitzschia reversa</i>								4	2			16					
<i>Nitzschia sigmoidea</i>			4					4				8		7		8	2
<i>Nitzschia</i> sp. (D98)								4							2		
<i>Nitzschia</i> spp.								128	2	40		112	20	147		4	10
<i>Odontella aurita</i> var. <i>minima</i>		20					4					16	4	125		16	2
<i>Odontella mobiliensis</i>	480	130	32							2		28	12	50	8	40	30
<i>Pleurosigma</i> spp.	200	30	12		2	6		14	178	30	2	40	50	27	11	36	16
<i>Proboscia alata</i>			26	4				16	96	44	56	48	52	47	88	264	68
<i>Pseudonitzschia</i> spp.					264			26	48	2		4330		9734			28
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>			12	26	8	44	56	24	252	6	36	8	14	5			
<i>Rhizosolenia hebetata</i>				278				12	748	64	8	160	232	110	424		320
<i>Rhizosolenia imbricata</i>				76		10		4									
<i>Skeletonema costatum</i>																	112
<i>Streptothecca tamesis</i>	100	40	16							4				3		282	260
<i>Suriella</i> spp.								4		2		4	4	13		4	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>									8	8		40	14	43	224	64	190
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	1.6E+06	9.9E+05										7955		6.9E+04			
<i>Thalassiosira punctigera</i>																56	6
<i>Thalassiosira</i> spp.	600	800	224	8	12	32	24	140	60	156	40	152	192	637	153	186	348
<i>Toxonidea</i> sp.										4	2						
<i>Triceratium dubium</i>			6				8	2		2							

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Cryptophyceae		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H11	Deep H9	Shallow H11	Deep H14	Shallow H14	Deep H21	Shallow H24	Deep H26
<i>Cryptomonad</i> spp.	4.0E+06	1.9E+06	2507				8							1.7E+05			
<i>Hemiselmis</i> sp.	6.9E+05	2.6E+05															
Chlorophyceae																	
<i>Coelastrum astroideum</i>								22									
<i>Coelastrum microporum</i>																	8
Flagellate sp. (1136)			12														
Flagellate sp. (1339)	40		1080	88		808		1200	52	232	124	40		13		8	
Flagellate sp. (210A)						3467											
Flagellate sp. (VM1)				56		4		84	8			80					
<i>Oltmannsiella lineata</i>						104		16				144	16				
<i>Oocystis</i> spp.		30						144						113	2	240	
<i>Scenedesmus</i> spp.									6		8			13			16
<i>Percursaria percursa</i>					254			400									
Unidentified 189A	80	20	20														
Euglenoidea																	
<i>Euglena</i> sp.	560	150	60	8	2	148		2	16	56	4	32	10	1107	12	24	
Raphidophyceae																	
<i>Hetrosigma</i> cf. <i>akashiwo</i>	5.5E+04	9.5E+04	140			140						4154					
<i>Fibrocapsa</i> sp.	640	40	12														
Chrysophyceae																	
<i>Chrysochromulina</i> sp.	40	10	4	36		16		4	212				70	7	40		
Xanthophyceae																	
<i>Meringosphaera mediterranea</i>									4		4		26		20		6
Coccolithophorids																	
<i>Braarudosphaera</i> sp.								4									
Prasinophyceae																	
<i>Pterosperma polygonum</i>								8	4		8	16	64	43	33	72	42
Ebriophyceae																	
<i>Hermesinium adriaticum</i>	720	650	402	380	150	30	208	32	264	76	324	184	860	167	218	168	1138
Cyanobacteria																	
<i>Synechococcus</i> sp. (1)	4.6E+08	2.93E+08	1.65E+08	1.14E+08	1.51E+08	1.1E+08	8.0E+07	1.1E+08	9.3E+07	1.1E+08	5.6E+07	1.2E+08	7.2E+07	1.2E+08	6.1E+07	1.5E+08	1.3E+08
<i>Synechococcus</i> sp. (2)	5.4E+08	2.5E+08															
<i>Aphanothece</i> sp.	3.2E+04	4800	5188	1720				100			600	320				8760	
<i>Arthrospira platensis</i>		3000															
<i>Asterocapsa</i> sp.																200	200
<i>Calothrix breviarticulata</i>						200								375			
<i>Calothrix fusca</i>			144			560								7			
<i>Calothrix</i> spp.	3200	660	8	60	1908			160		10			10	500	4		

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Cyanobacteria		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H12	Deep H9	Shallow H17	Deep H14	Shallow H18	Deep H21	Shallow H24	Deep H26
<i>Chroococcopsis epiphytica</i>	160	6600	2148		7.9E+04		840	280	220						400	100	
<i>Chroococcus microscopicus</i>	1.7E+04	7200	1772								40	112		547			216
<i>Chroococcus</i> spp.		1000	176						2					7			
<i>Chroococcus tenax</i>	40					2	12					6					
<i>Cyanotheca</i> sp.								4		16				13		4	4
<i>Eucapsis</i> sp.										100		80		540			60
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.					32												
<i>Hyella</i> sp.					124					108				63			
<i>Leptolyngbia</i> sp. 535k	1.0E+04	1.2E+05	1.2E+04	3.0E+03	6.4E+05	1.1E+04		2408	2248		1928	4248	1220	3.3E+04	3584	2776	160
<i>Lyngbia</i> sp. (VM35)																2160	
<i>Lyngbia</i> sp. (AG188a)		220	320														
<i>Lyngbia</i> sp. (1955)					836												
<i>Lyngbia</i> sp. (201A)					1428												
<i>Lyngbia</i> sp. (528k)			240		332												
<i>Lyngbia</i> sp. (536k)		2500		532	2.5E+04			1280	532								
<i>Lyngbia</i> sp. (AG188)					1644												
<i>Merismopedia elegans</i>			40		32	64		416				32	48				56
<i>Microchaete</i> sp. (939)												260					
<i>Microchaete</i> sp. (AG162)					132												
<i>Microcrocis irregulare</i>																	56
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>limosa</i>		500	184							74			40	280			
<i>Oscillatoria jovis</i>		160												227			
<i>Oscillatoria limosa</i>								44				1376		620		1000	
<i>Oscillatoria nigra</i>					144												
<i>Oscillatoria</i> sp. (1198)			328	72													
<i>Oscillatoria</i> spp.								76		4060				613	200	140	380
<i>Pseudanabaena</i> sp.			248														
<i>Spirulina major</i> (length μ m)		50						800		588		1600	516	2293		1420	
<i>Synechocystis</i> sp.	1200	1400	664	436	6.8E+04			244	40			208	100	167			
<i>Trichodesmium</i> sp.														420			
Unidentified sp. (202A)					100												
Unidentified sp. (202B)			80														
Ciliates																	
<i>Mesodinium rubrum</i>	1580	350	4				2	4	12	2	6			73	8		
Microalgae<5μm	3.8E+07	2.5E+07	5.4E+06	2.5E+06	4.0E+06	2.6E+06	2.0E+06	4.6E+06	2.8E+06	5.4E+06	2.3E+06	8.6E+06	4.4E+06	5.2E+06	2.6E+06	6.3E+06	2.5E+06
Total cells/L	1.0E+09	5.5E+08	1.7E+08	1.1E+08	1.5E+08	1.1E+08	8.0E+07	1.1E+08	9.3E+07	1.2E+08	5.9E+07	1.3E+08	7.7E+07	1.3E+08	6.4E+07	1.6E+08	1.3E+08

נספח 6: הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2011.

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	
Polychaeta	Capitellidae		6	1	1	1		1				3	5		1			3	1	1		
	Chaetopteridae							1	2	6			1							1		
	Cirratulidae	8	54	13							2	3	9	21				3	8	1		6
	Glyceridae	4	3	3		2	1					2	2	4	1				1			2
	Hesionidae				37																	
	Lumbrineridae							1	2													
	Magelonidae	19	8	15		7		9	6	10	3	4	2	4	5	2	10	5	1	4	7	
	Maldanidae	5	3	7				2		1	2		5								1	5
	Nephtyidae	1			1	4		2	3	1			1	2	3	4	4	9	7	5	6	6
	Nereididae																					
	Onuphidae	116	82	270	1	4		2	1		32	55	24	1				1	4			
	Opheliidae					1																
	Orbiniidae	53	37	51	3	9	4	2	4	4	21	25	18	1		1	19	15	3	1	1	
	Oweniidae																					
	Paraonidae	22	43	30	1	4		1	5	20	6	8	8	3	6	4	7	6				6
	Pectinariidae								1													
	Phyllodocidae	1		11			1	1												1	1	
	Pilargidae							1								1						
	Poecilochaetidae	14	12									1						1				
	Sabellidae																					
Serpulidae																						
Sigalionidae	11	1	15		4	8	5	4	4	8	10	5	3	1	2	7	4	1	2	2		
Spionidae	185	215	217	66	68	50	49	17	26	14	26	31	9	9	22	83	80	23	46	67		
Syllidae	21	40	11	2	2	4	6	8	11	12	25	27	6	6	2	1	3		2	12		
Crustacea	Amphipoda																					
	<i>Ampelisca</i> sp.						6		6	4	6		8	8	5	2		1		1		
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>				1		3		1				4		2	84	7	38				
	<i>Caprellidae</i> gen. sp.																					
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>	1	13	3							1	2	1									
	<i>Corophium</i> sp.																					
	<i>Dexamine</i> sp.	1																				
	<i>Erichtonius</i> sp.											1										
Crustacea	<i>Leucothoe</i> sp.	1	1	1							1						1					
	<i>Megaluropus</i> sp.	6	28	1				1		4	1	2		10		8	4	5		1		
	<i>Metaphoxus</i> sp.																					
	<i>Pericolodes longimanus</i>	3	34	5		3	1	9	1	7	12	19	1	8	6	1	11	3	2	5	5	
	<i>Pontocrates</i> sp.																					

Taxa	Stations	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	
Polychaeta	Capitellidae	3		2	1	2	4	3	1	4		287	420	293				20	4	4	
	Chaetopteridae			1							1		1	1							
	Cirratulidae	2	1	2	1	7	47	22		1		14	16	30				3	2	2	
	Glyceridae		1	1	1	5	10	7	3	9		11	10	8	4	1		2			
	Hesionidae				1	1									1				38		
	Lumbrineridae					1						1	2						1		1
	Magelonidae	9	4	7		1	4	7	5	8	15				5	3	6		4	2	
	Maldanidae	3	1		2	4	6	8	4	6	2	4	53	17					1		
	Nephtyidae	3	3	5	7	5	3	7	5	15	8	12	10	4	9	10	7		1		
	Nereididae																		2		
	Onuphidae	1	2	3	3	37	37	57		3	4	3	12	1	5	12	6		1		
	Opheliidae												2	4	10						
	Orbiniidae		2	3	7	9	9	13	18	15	11	1	1	1	104	101	94	6	11	31	
	Oweniidae			1					1	2								2			
	Paraonidae	6	3	16	3	18	16	15	1		2	1	4					2	4	13	6
	Pectinariidae																				
	Phyllodocidae				1	8	2	3	1	2	1			21		2	5	12			
	Pilargidae										1	20	7	3					7		
	Poecilochaetidae					7	17	24	1	12	3	7	5	2				1	1		
Sabellidae												1	13	7							
Serpulidae													5								
Sigalionidae	4	3	4	2	1	1	4	1	7	2	3	11	2	4	6	2	8	3	3		
Spionidae	78	78	81	142	1165	914	713	97	201	153	262	348	345	75	83	113	501	134	63		
Syllidae	6		4	1	105	127	32		3		131	849	653		1	2	5	13	40		
Crustacea	Amphipoda																				
	<i>Ampelisca</i> sp.	1	20	14	18	17	11	24	7	23	4			1	1	1	1	18	7	1	
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>									1					18	33	13	14	4	37	
	<i>Caprellidae</i> gen. sp.												2								
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>			1	1	17	3	7		4	2	73	51	117	4		1			1	
	<i>Corophium</i> sp.											4		4							
	<i>Dexamine</i> sp.																				
	<i>Erichthonius</i> sp.		1									1		11							
Crustacea	<i>Leucothoe</i> sp.					3	3	1					1								
	<i>Megaluropus</i> sp.		2	1	3	16	11	11	1	1			1	8	8			3	1	5	
	<i>Metaphoxus</i> sp.												1	1							
	<i>Perioculodes longimanus</i>	4	1	1	4	74	104	105	1	18	4	1		1	3	10	6	8	1		
	<i>Pontocrates</i> sp.														2						

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	
	<i>Photis</i> sp.																					
	<i>Pseudolirius kroyerii</i>																					
	<i>Urothoe grimaldii</i>					4	2	4	5	3				9	3	6	5	6	2	4	9	
	Copepoda																					
	HARPACTICOIDA																					
	<i>Canuella</i> aff. <i>Furcigera</i>	3	2	2		1	1	8	12	17	4	7	9								12	14
	<i>Canuella</i> aff. <i>Perplexa</i>	101	178	91	10	13	18	278	288	302	46	54	61	178	203	167	72	64	12	156	143	
	<i>Canuellina insignis</i>	120	246	102	4	11	13	87	99	123	42	67	79	78	88	67	36	32	9	79	71	
	<i>Canuellidae</i> gen. et sp. nov. 1	3	8	3		2	4	49	41	56	11	14	17	29	39	30	23	18	3	32	27	
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>	3	8	4	2	4	4	33	38	45	4	7	12	33	51	28	12	9	4	17	15	
	<i>Halectinosoma diops</i>																5	4				
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1		2	1				8	11	20				12	19	10					8	6
	<i>Halectinosoma</i> sp.2	1	1																		14	10
	<i>Longipedia coronata</i>	4	6	3	2	4	4	24	36	43	12	14	10	57	74	66	14	12	4	30	26	
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1		3	1				18	9	17	3	5	3	24	41	21	21	25	14	7	4	
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2													4	11	7						
	<i>Scottolana bulbosa</i>	23	40	17	2	4	8	33	78	98	18	21	38	134	156	128	73	71	21	57	49	
	<i>Teissierella salammboi</i>										6	4	8				12	17	5	8	12	
	CYCLOPOIDA																					
	<i>Cyclopina</i> sp.							3	7	11	2	2	4	11	8	9	5	7	2	4	6	
	<i>Euryte</i> sp.									1	1	3	4	6	9	7	7	11	3	7	4	
	<i>Hemicyclops</i> sp.																				2	
	<i>Oithona</i> sp.							1		4				1		1						
	<i>Tococheres</i> sp.										4	7	6	12	17	13	11	14	4	8	7	
	CALANOIDA indet.	20	23	26	3	4	3	223	267	289	43	57	63	83	91	76	55	39	10	165	146	
	Cumacea																					
	<i>Bodotria gibba</i>	12	9	19		1			1	1	4	14	3		4		9	1	3	1		
Crustacea	<i>Bodotria pulchella</i>	8	7	20	1						11	13	3		1							
	<i>Bodotria scorpioides</i>																1					
	<i>Campylaspis glabra</i>			1																	1	
	<i>Cumella limicola</i>				1																	
	<i>Eocuma rosae</i>			1																		
	<i>Iphinoe</i> sp.																1				1	1
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	5	15	61	1	1	2				61	18	7									
	Tanaidacea																					
	<i>Apseudes mediterraneus</i>					4		6	26	14	1			16	28	42	147	143	60	44	19	

Taxa	Stations	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	
	<i>Photis</i> sp.		1									1	3	114							
	<i>Pseudolirius kroyerii</i>											3	2								
	<i>Urothoe grimaldii</i>	3	12	13	6				9	12	6				18	11	8	7	11	14	
	Copepoda																				
	HARPACTICOIDA																				
	<i>Canuella</i> aff. <i>Furcigera</i>	11	4	6	7							1	3	1	2	1	1	12	8	4	
	<i>Canuella</i> aff. <i>Perplexa</i>	165	143	134	152	236	278	223	126	154	167	13	21	9	3	4	4	249	221	156	
	<i>Canuellina insignis</i>	86	67	56	73	176	205	156	79	84	92	28	37	26	45	61	59	443	345	225	
	<i>Canuellidae</i> gen. et sp. nov. 1	37	45	35	53	89	103	80	21	34	40	4	7	3	2	4	6	4	2	1	
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>	21	28	24	33	12	18	7										25	20	16	
	<i>Halectinosoma diops</i>																				
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1	10	17	13	16																
	<i>Halectinosoma</i> sp.2	11	13	16	10																
	<i>Longipedia coronata</i>	34	23	21	26	57	67	46	9	12	10	6	10	4	3	2	3	61	45	23	
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1	6	9	6	11																
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2																		13	8	5
	<i>Scottolana bulbosa</i>	61	77	79	85	289	334	301	56	64	71	67	98	65	3	5	7	44	34	18	
	<i>Teissierella salamboi</i>	16	17	14	23	22	28	19							3	6	7				
	CYCLOPOIDA																				
	<i>Cyclopina</i> sp.	8	7	3	5	11	16	14	6	4	8							5	2	1	
	<i>Euryte</i> sp.	12	6	2	2	7	5	4	3	2	5							4	3	2	
	<i>Hemicyclops</i> sp.	3				3	2	1													
	<i>Oithona</i> sp.																				
	<i>Tococheres</i> sp.	12	7	4	3				4	5	7	5	4	6	2	3	5	2	1	1	
	CALANOIDA indet.	184	169	143	174	203	267	189	76	95	103	54	73	48	7	4	11	146	88	67	
	Cumacea																				
	<i>Bodotria gibba</i>	2		4	2	1	3		1	2	2					2					
Crustacea	<i>Bodotria pulchella</i>					2	5	10										5			
	<i>Bodotria scorioides</i>																				
	<i>Campylaspis glabra</i>		1									2	3	1							
	<i>Cumella limicola</i>																	2			
	<i>Eocuma rosae</i>											16	36	9							
	<i>Iphinoe</i> sp.																	22	1		
	<i>Pseudocuma longicorne</i>				2	66	48	79	2	7	1		3	2	2	1					
	Tanaidacea																				
	<i>Apseudes mediterraneus</i>	49	52	60	49	654	544	1487	87	117	73		1			1	3	380	103	62	

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	
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>											1	3									
	<i>Leptochelia tanykeraia</i>				1								1									
	<i>Tanaïs dulongii</i>																					
	<i>Tanaissus microthymus</i> sp.					9	7	138	115	162				115	104	84	46	106	18	127	163	
	Ostracoda		5	5	1	2		16	15	34	14	41		21	11	10	192	190	6	30	81	
Mollusca	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	2										3	4									
	<i>Acteocina mucronata</i>			1		1	7										2	3	1	1	1	
	<i>Acteocina natalensis</i>																					
	<i>Alvania mamillata</i>							1		1												
	<i>Anachis savignyi</i>																					
	<i>Arcuatula senhousia</i> (=Musculista senhousia)											9	4									
	<i>Alys macandrewi</i>																		1			
	<i>Bela brachistoma</i>																					
	<i>Bela</i> sp.	1																				
	<i>Bittium latreillei</i>	2							1													1
	<i>Bittium scabrum</i>																					
	<i>Brachidontes pharaonicus</i>																		1			
	<i>Cerithidium diplax</i>																					
	<i>Cerithium scabridum</i>									1												
	<i>Chamalea gallina</i>												1									
	<i>Chrysallida limitum</i>																					
	<i>Chrysallida maiae</i>																					
	<i>Chrysallida obtusa</i>			1																		
Mollusca	<i>Clanculus cruciatus</i>								1													
	<i>Corbula gibba</i>																					
	<i>Crisilla semistriata</i>																					
	<i>Dentalium</i> sp.																					
	<i>Diplodonta bogii</i>	1									4		5	2								3
	<i>Donax semistriatus</i>	5	5	1				2	1		1		4									
	<i>Donax</i> sp.																					
	<i>Dosinia lupinus</i>	16	4	32				1		2	8	31	35									
	<i>Ebala pointeli</i> (=Anisocycla pointeli)																					
	<i>Finella pupoides</i>																					
	<i>Fulvia fragilis</i>	1		1													1					
	<i>Glycymeris glycymeris</i>																					
	<i>Hydrobia</i> sp. (crf. <i>Ventrosia ventrosa</i>)																					

Taxa	Stations	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>											1853	670	976		1				
	<i>Leptochelia tanykeraia</i>															1				
	<i>Tanais dulongii</i>																			
	<i>Tanaissus microthymus</i> sp.	193	95	47	128				136	209	61						1	9	17	10
	Ostracoda	114	14	11	34	12		204	11	16	5	42	90	54	2	3		105	55	42
Mollusca	<i>Acanthocardia tuberculata</i>						1													
	<i>Acteocina mucronata</i>				1											2		20		7
	<i>Acteocina natalensis</i>											2								
	<i>Alvania mamillata</i>																			
	<i>Anachis savignyi</i>													1						
	<i>Arcuatula senhousia</i> (=Musculista senhousia)								1					7			4	9		
	<i>Atys macandrewi</i>																			
	<i>Bela brachistoma</i>						1													
	<i>Bela</i> sp.	1		2																
	<i>Bittium latreillei</i>	1					2	1	1											
	<i>Bittium scabrum</i>												25							
	<i>Brachidontes pharaonicus</i>												1					1		
	<i>Cerithidium diplax</i>													7						
	<i>Cerithium scabridum</i>	2																		
	<i>Chamalea gallina</i>											1		1						
	<i>Chrysallida limitum</i>															1				
	<i>Chrysallida maiae</i>							1				2	3	1						
	<i>Chrysallida obtusa</i>							1	1				1							
Mollusca	<i>Clanculus cruciatus</i>																			
	<i>Corbula gibba</i>											9	14	3						
	<i>Crisilla semistriata</i>	1																		
	<i>Dentalium</i> sp.											1								
	<i>Diplodonta bogii</i>	1			1	1	2	1	1			15	42	12						
	<i>Donax semistriatus</i>							2												
	<i>Donax</i> sp.						2													
	<i>Dosinia lupinus</i>					53	154	147	1					3						
	<i>Ebala pointeli</i> (=Anisocycla pointeli)												1							
	<i>Finella pupoides</i>						3					3	4							
	<i>Fulvia fragilis</i>							1				15	8	19						
	<i>Glycymeris glycymeris</i>				1															
	<i>Hydrobia</i> sp. (crf. <i>Ventrosia ventrosa</i>)												14	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
	<i>Leucotina natalensis</i>	1	1	2				1	1		1	7	6				1			1	
	<i>Loripes lacteus</i>																				
	<i>Loripes lucinalis</i>	14	10	19	1				3	1	13	10	14		1	1		1		1	3
	<i>Mactra stultorum</i>	6	8	18		7					1	2	1								3
	<i>Manzonia crassa</i>										1										
	<i>Muricidae</i> sp. (cfr. <i>Hexaplex trunculus</i>)																				
	<i>Nassarius gibbosulus</i>	1			1																
	<i>Nassarius</i> sp.																				
	<i>Neverita josephina</i>											1						1			
	<i>Pandora inaequalvis</i>																				
	<i>Pinctada radiata</i>																				
	<i>Pisania striata</i>									1		1									
	<i>Pusillina</i> cfr. <i>Lineolata</i>																				
	<i>Pusillina Philippi</i>	2																			
	<i>Retusa desgenettii</i>			2																	
	<i>Retusa fourieri</i>																				
	<i>Retusa truncatula</i>	1																			
	<i>Ringicula conformis</i>				1		1	1													
	<i>Rinoclavis kochi</i>																	1			5
Mollusca	<i>Rissoa guerini</i>			1						1							1				1
	<i>Rissoa similis</i>																				5
	<i>Rissoa</i> sp.				1				1		1	1		1							
	<i>Rissoina bruguieri</i>																				1
	<i>Setia turricolata</i>	1																			
	<i>Solemya togata</i>								1												
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>																				
	<i>Strombus decorus</i>				1	1	1	10	6	6									1		1
	<i>Syrnola fasciata</i>																				
	<i>Tellina</i> cfr. <i>donacina</i>									2				2							
	<i>Tellina fabula</i>					1					1										
	<i>Tellimya ferruginosa</i>					2	1		8	7				8	4	6		1		1	6
	<i>Tellina pulchella</i>														1		2				
	<i>Tellina serrata</i>								2												3
	<i>Tellina</i> cfr. <i>Tenuis</i>						1														
	<i>Tellina</i> sp.																				
	<i>Theora lubrica</i>																				
	<i>Thracia papyracea</i>					7	32	6	2	2	2	2	3	7	2	4	17	15	6	2	11
	<i>Turbonilla</i> cfr. <i>acuta</i>																				
	<i>Tricolia pulla</i>																				
Phoronida		4		2																	

Taxa	Stations	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
	<i>Leucotina natalensis</i>		2	1	2	1	1	5									2		1	1
	<i>Loripes lacteus</i>							63												
	<i>Loripes lucinalis</i>	2				33	29			1	1	2	12	1				2	7	
	<i>Mactra stultorum</i>		6		6	2	6	4		2	1				1	1	2			
	<i>Manzonia crassa</i>																			
	<i>Muricidae</i> sp. (cfr. <i>Hexaplex trunculus</i>)	1																		
	<i>Nassarius gibbosulus</i>																			1
	<i>Nassarius</i> sp.	1																		
	<i>Neverita josephina</i>						1													
	<i>Pandora inaequalis</i>						1	1												
	<i>Pinctada radiata</i>													1						
	<i>Pisania striata</i>	1																		
	<i>Pusillina</i> cfr. <i>Lineolata</i>												4							
	<i>Pusillina Philippi</i>					1	1	2					1							
	<i>Retusa desgenettii</i>					8	28	17				9	8	10						
	<i>Retusa fourieri</i>					1													3	
	<i>Retusa truncatula</i>																			
	<i>Ringicula conformis</i>												2							
	<i>Rinoclavis kochi</i>	2										2								1
Mollusca	<i>Rissoa guerini</i>																			
	<i>Rissoa similis</i>	8		1			1	1												
	<i>Rissoa</i> sp.								1		1	1		1						
	<i>Rissoina bruguieri</i>												1							
	<i>Setia turricolata</i>																			
	<i>Solemya togata</i>																		4	
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>													6						
	<i>Strombus decorus</i>			2						1										1
	<i>Syrnola fasciata</i>											34	7	23						
	<i>Tellina</i> cfr. <i>donacina</i>											1								2
	<i>Tellina fabula</i>																			
	<i>Tellima ferruginosa</i>	4	1																1	3
	<i>Tellina pulchella</i>			1																
	<i>Tellina serrata</i>				3	11	44	22		3									5	
	<i>Tellina</i> cfr. <i>Tenuis</i>																			
	<i>Tellina</i> sp.																			1
	<i>Theora lubrica</i>											1	2							
	<i>Thracia papyracea</i>	6	1	2	7	21	18	29	3	3		2	4	9		3		14	25	22
	<i>Turbonilla</i> cfr. <i>acuta</i>				1								1							
	<i>Tricolia pulla</i>													1						
Phoronida						1352														

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 ננופלנקטון)** - 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 P450A - 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>ERM</u>	<u>ERL</u>
<u>מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש</u>		
<u>מתכת</u>		
כספית	0.71	0.15
קדמיום	9.6	1.2
כרום	370	81
נחושת	270	34
עופרת	220	47
ניקל	52	21
אבץ	410	150

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

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 P450A – 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 חומרים 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 באזורים 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.