

איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2006





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

איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2006 דוח חיא"ל H49/2007

עורך הדוח: ברק חרות

חוקרים שותפים: עדנה שפר, נורית גורדון, בלה גליל, גדעון טיבור

בעבודה השתתפו :

דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים : ירון גרטנר
כימיה : לורה יזראלוב, גרטה פינשטיין, אפרת שהם-פרידור
חי הקרקעית : מל קופר, לימור שובל, סימה אוסביאצוב
בסיסי נתונים : איסק גרטמן, לונין אירנה
צוות ים : גדעון עמית, יונה בישופ, ראובן רוזנבלט

יועץ לניטור מיקרואצות : ברוך קימור, הטכניון

תכנית הניטור של מימי החופין ממומנת ע"י
המשרד להגנת הסביבה ומשרד התשתיות הלאומיות
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

אוקטובר 2007

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

שם הדוח לצורך ציטוט בעברית/אנגלית :

חרות ב', שפר ע', גורדון נ', גליל ב' וטיבור ג' (2007). איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון
בשנת 2006, דוח חיא"ל H49/2007.

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B. and Tibor G. (2007). Environmental quality of
Israel's Mediterranean coastal waters in 2006, IOLR Report H49/2007.

תוכן

עמוד

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- מבוא א-1
- סיכום הממצאים העיקריים א-3
- מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף א-9
- המלצות א-12

חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

- מתכות בסדימנטים ב-1
- מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות ב-4
- מתכות במים ב-9
- מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית ב-10
- מתכות בדגים ב-13
- מתכות במשקעים אטמוספיריים ב-15
- נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים ב-16
- נוטריאנטים בנחלי החוף ב-17
- הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין ב-20
- נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין ב-22
- אוכלוסיות חי הקרקעית ב-30
- רשימת ספרות ב-32

חלק ג - איורים וטבלאות

נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2006

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 - מילון מונחים מקצועיים

נספח 6 – פרסום של מין חדש למדע (מהגר ים-סופי) שנתגלה במסגרת הניטור

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

מבוא

דוח זה מציג מידע על איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2006, על סמך התוצאות של ניטור זיהום הים ומקורותיו ושל מחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל". הדוח מציג גם מגמות של שינויים במצב מימי החופין על סמך נתונים רב-שנתיים.

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

היעד הכוללני של הניטור הוא יצירת בסיס מדעי לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים ושל האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות.

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 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 שמונה 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 לווינים (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);
- הערכת עומס הזיהום הכללי במימי החופין המתבסס על מאגר המידע על מקורות הזיהום הנקודתיים (החל מ-2002).

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

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

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

הדוח כולל שלושה חלקים ושישה 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. נספח 5 מבהיר מונחים מקצועיים שנעשה בהם שימוש בגוף הדוח.

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

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"

סיכום הממצאים העיקריים

הדוח מציג את מצב הזיהום בחופי הים התיכון של ישראל בשנת 2006 ואת השינויים ברמות הזיהום במהלך השנים. עדיין במספר אתרים לאורך החוף (מוצאי שפכים ונחלים, ובחלק מהנמלים והמעגנות) קיים זיהום בחומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים שונים. בשנת 2006 לא חל שינוי משמעותי באיכות מימי החופין לעומת 2005, אולם באופן כללי רמת הזיהום של מתכות כבדות במפרץ חיפה פחתה במהלך העשור האחרון אך נשארה ללא שינוי בשנים האחרונות. גם הפחתת עומס הנוטריאנטים בחלק מנחלי החוף במהלך העשור האחרון נעצרה והתייצבה על רמת זיהום בינונית עד חמורה. מהממצאים המפורטים בדוח זה עולה שרמת הזיהום הכללי, שנבדקה בדגי מאכל ממימי החופין של ישראל בים התיכון איננה גבוהה ביחס למדדים לאיכות הסביבה הימית המקובלים בעולם.

סיכום הממצאים והמסקנות של דוח זה מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלה של איכות מימי החופין בשנת 2006 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 5**); (4) מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT ו-PCB's ביחס לקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (**נספח 5**); (5) מצב הסדימנטים מבחינת הזיהום ב-TBT (ראה הסבר על החומר ב**נספח 5**) - חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג סדימנט.

מצב מימי החופין בשנת 2006 ומגמות בעשור האחרון

סמן סביבתי	מצב בשנת 2006	מגמות בעשור אחרון
מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)	מפרץ חיפה : רמת זיהום בינונית של כספית בצפון המפרץ ובינונית בשפך הקישון. לא חל שינוי משמעותי (עליה קטנה) ברמות הכספית והקדמיום בשפך נחל הקישון לעומת 2005.	↓ פחת הזיהום בכספית.
	😊 ריכוזים קטנים של מתכות כבדות אחרות. נחלים : ☹️ רמת זיהום גבוהה בניקל במורד הנחלים חדרה, ירקון ושורק; רמת זיהום בינונית בכספית בנחלים	↓ פחתו ריכוזי העופרת. ↓ פחת הזיהום בשפך הקישון.

סמן סביבתי	מצב בשנת 2006	מגמות בעשור אחרון
	קישון ונעמן ; רמת זיהום בינונית בקדמיום במורד הקישון ; רמת זיהום בינונית בנחושת, אבץ וכרום בנחלים קישון, נעמן, חדרה, שורק, ירקון (נחושת בלבד), אלכסנדר ובצת (כרום בלבד) ; רמת זיהום בינונית בעופרת בקישון ובירקון ; רמת זיהום בינונית בניקל בקישון, אלכסנדר, נעמן ובצת. לאורך החוף : כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות : ☹ באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום גבוהה בכספית ואבץ ובינונית בקדמיום ומתכות אחרות. באזור מוצא צינור אג"ן כמיקלים/בתיזיקוק אשדוד זיהום בכרום. ☹ נמלים ומעגנות : רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה ובניקל במעגן אשכול ; רמת זיהום בינונית בקדמיום בנמלים קישון וחיפה, בכספית בנמל קישון ומעגן עכו ; בכרום בנמל חיפה ; בנחושת בנמלים חיפה, קישון, אשדוד ובמעגנות עכו, ת"א, אשדוד ואשקלון ; בניקל בנמלים חיפה, וקישון ובמעגנות עכו ואשקלון ; באבץ בנמלים חיפה, קישון ואשדוד ובמעגנות עכו, ת"א, אשכול ואשקלון ; בעופרת בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגן עכו.	↔ אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים. ↔ אין מגמה ברורה במוצא שפד"ן ; קיימות תנודות עונתיות ברמת הזיהום. ↔ בנמלי חיפה והקישון נמצאו בעבר רמות זיהום דומות וגבוהות יותר.
↔ ↓	אין מגמה מובהקת ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000.	מפרץ חיפה, שפכי נחלים, לאורך החוף : ☹ בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של כספית, קדמיום, נחושת, עופרת, אבץ וכרום המצביעים על זיהום.
↔	ריכוזי הכספית התייצבו ברמה פחותה מאשר בעשור הקודם.	😊 הדגים ראויים למאכל לפי התקן הישראלי. בדגים חופיים ממפרץ חיפה העשרה בכספית יחסית לדגים מאזורים אחרים (בכ-4.4% מהדגים שנבדקו

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2006	סמן סביבתי
↔	לא חל שינוי.	נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל). העשרה בכספית בחלק מדגי המכמורת באזור המרכז לעומת הדרום.
↓	ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 1993 חלה מגמת עלייה שנעצרה בארבע השנים האחרונות. ריכוזי הקדמיום והאבץ בחלזונות פחתו בשפך הקישון החל משנת 2000.	מתכות כבדות בבעלי חיים שוכני קרקעית מפרץ חיפה ועכו: העשרה בכספית בצדפות ובחלזונות יחסית לאזורים אחרים. העשרה של כספית בצדפות מצפון המפרץ לעומת חלקו הדרומי. ריכוזי נחושת ואבץ גדולים יותר בצדפות מדרום המפרץ לעומת חלקו הצפוני. ריכוזי ארסן גדולים יותר בצדפות מקרית חיים לעומת חלקים צפוניים יותר במפרץ. העשרה בקדמיום בחלזונות מדרום מפרץ חיפה (שפך הקישון, תל-שיקמונה) יחסית לאזורים אחרים. ריכוזי הקדמיום והכספית בחלזונות מחוף שמן גדולים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בשנת 2005 כנראה בגלל פעילות החפירה בהקמת נמל הכרמל. ריכוזי ארסן ועופרת גדולים יחסית בחלזונות משפך הקישון. לאורך החוף (אתרים נבחרים): העשרה בארסן בחלזונות מחדרה.
↓	ירידה בריכוזי העופרת באוויר. אין מגמה מובהקת של ריכוזי הקדמיום, הנחושת והאבץ.	מתכות כבדות באבק ריכוזים דומים לאירופה וגדולים מאשר באזורים לא מתועשים. ריכוזי העופרת דומים לערכים בשנת 2004-5.
		מזהמים אורגניים בקרקעית נמלים ומעגנות:  רמת זיהום גבוהה בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT במעגן אשכול ובינונית בנמלי חיפה, קישון, אשדוד ובמעגנות עכו, הרצליה, ת"א; רמת זיהום בינונית בשאריות של חומרים אורגנוכלוריים מקבוצת ה-PCBs בנמלים חיפה ואשדוד.

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2006	סמן סביבתי
		😊 לא נמצאו חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) ודיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי של הבדיקות, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate המועשר יחסית בסדימנטים בנמל חיפה. 😞 זיהום גבוה ב-TBT בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמרינות של עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד, אשקלון וקצא"א. הממצאים מעידים על המשך זיהום משמעותי.
↔ ↓	לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2005. מסתמנת מגמת ירידה בשנים 2002 - 2006.	מזהמים אורגניים במים 😊 נמלים ומעגנות: בכל האתרים שנבדקו ריכוזי המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות או קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה באוכלוסיות החי הימי. ריכוזי חומרים מקבוצת ה- PCB's ורוב חומרי ההדברה אורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (1-10 ng/L). יחד עם זאת נמצאו במים ריכוזים קטנים של החומרים: Atrazine, Diuron, Triphenylphosphate, Ametryn ו-Terbutryne בנמל אשדוד, Diazinone ו-Terbutryne בנמל חיפה, ו-Terbutryne ו/או Propoclor במספר מעגנות. 😞 רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT נמצאו בנמלים חיפה ואשדוד, ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד ואשקלון. בכל הנמלים והמעגנות הריכוזים גדולים מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד לאיכות הסביבה.
↔	שטפי החנקן והזרחן תלויים בכמות המשקעים השנתית. לא חל שינוי משמעותי בשטף החנקן במהלך 9 השנים האחרונות.	נוטריאנטים במי גשם שטפי חנקן וזרחן גדולים מבאוקיינוסים הפתוחים אולם קטנים מאשר באירופה.

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2006	סמן סביבתי
↓	הפחתה מסוימת בריכוזי הנוטריאנטים (במיוחד בנחלים שורק וקישון).	נוטריאנטים בשפכי נחלי החוף ☹️ זיהום בינוני עד חמור ברוב הנחלים.
↓	עפ"י דיווחים פחתו הכמויות המוזרמות לנחלים.	עומס נוטריאנטים ממקורות נקודתיים נחלים (כולל קישון) < מוצא שפד"ן < אחרים.
?	יתכן שב-2002 החלה מגמה של הפחתה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית ביחס חנקן/זרחן בשפכי נחל הקישון ובדרום המפרץ.	נוטריאנטים במימי החופין ☹️ מפרץ חיפה : העשרה בזרחן וחנקן מול שפד הקישון ; הפחתה עם ההתרחקות מהחוף. לאורך החוף : ☹️ העשרה בפוספאט וניטראט מול נחל הירקון ; העשרה בחומצה סיליצית וניטראט מול שפד נחל תנינים. ☹️ העשרה בנוטריאנטים בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של הרצליה.
?	הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז. בעבר נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. מינים העלולים ליצור פריחות רעילות נמצאו בשנים קודמות.	נוכחות מיקרואצות מפרץ חיפה : ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף. ☹️ כמויות גדולות במיוחד בשפד נחל הקישון. נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים. לאורך החוף : ☹️ ריכוזים גדולים יחסית באזור שצפונית לנמל אשדוד ובחלקו הדרומי של החוף מול אשקלון, שורק וירקון. ריכוזים גדולים יחסית במים רדודים (עד 10 מ') לעומת מים עמוקים יותר (30 מ'). בכל האזורים נמצאו סוגי אצות הכוללים מינים העלולים ליצור פריחות רעילות. אינדקס השונות הממוצע קטן באופן מובהק, בתחנות הרדודות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2006, יחסית לתחנות הצפוניות יותר.

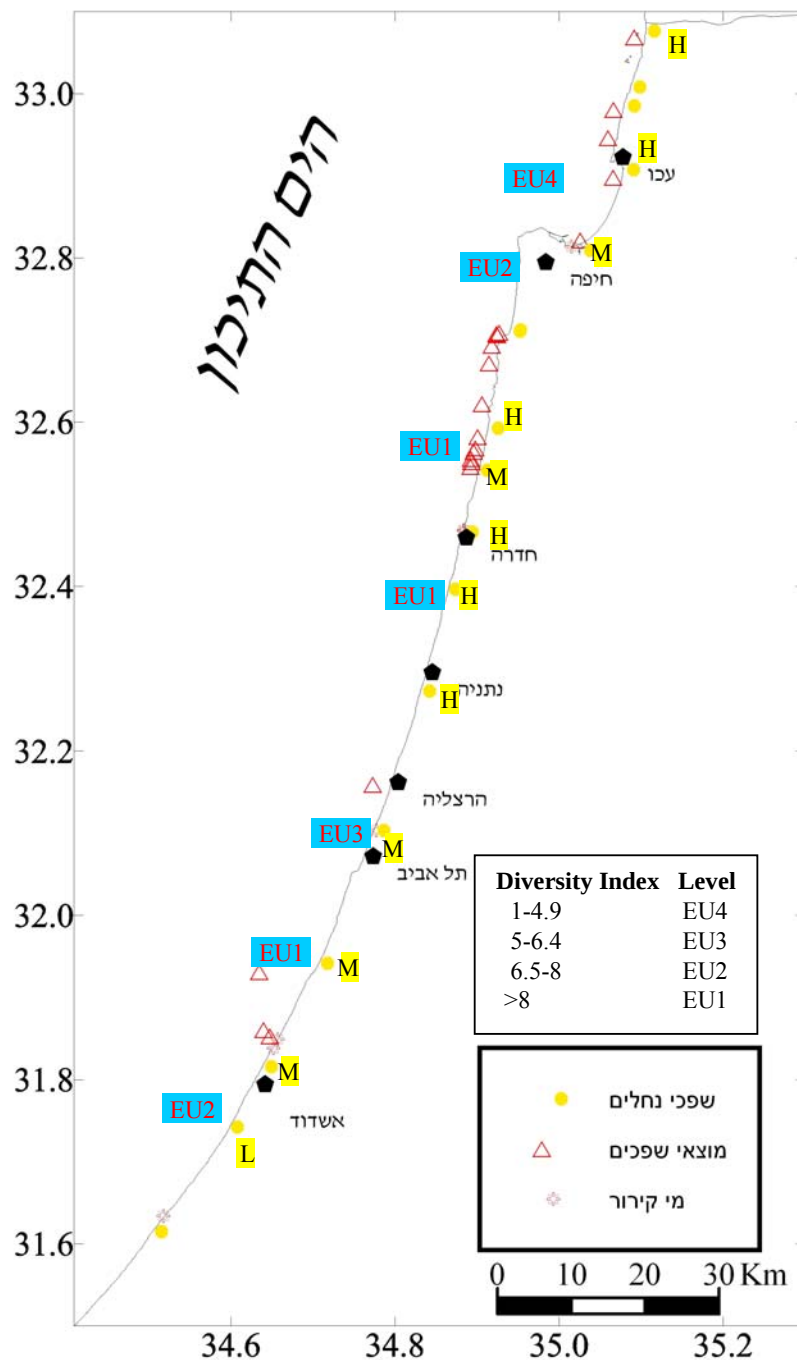
מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2006	סמן סביבתי
הניטור החל ב-2005	מפרץ חיפה: סמנים להעשרה אורגנית מול עכו בצפון ומול שפך הקישון בדרום. לאורך החוף: סמנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן במים רדודים: העשרה בחומר אורגני מול אשדוד ואשקלון. במפרץ חיפה בתחנה הסמוכה לפתח הקישון ונמל חיפה נתגלו לראשונה בים התיכון מספר פרטים של סרטנאים בשם <i>Scherocumella gurneyi</i> שהינו מהגר מים סוף. תואר מין חדש למדע, <i>Eocuma rosae</i>, שגם הוא כנראה מהגר ים-סופי	הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית אנתרופוגנית) מינים פולשים
לא התקיים ניטור ב- 2006	נתוני 2004/5: השפעה גדולה יותר של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים על דגים במפרץ חיפה לעומת דגים מאתרים דרומית למפרץ. 😊 לא נמצאו השפעות של חומרים משבשי רבייה הן בדגים 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:

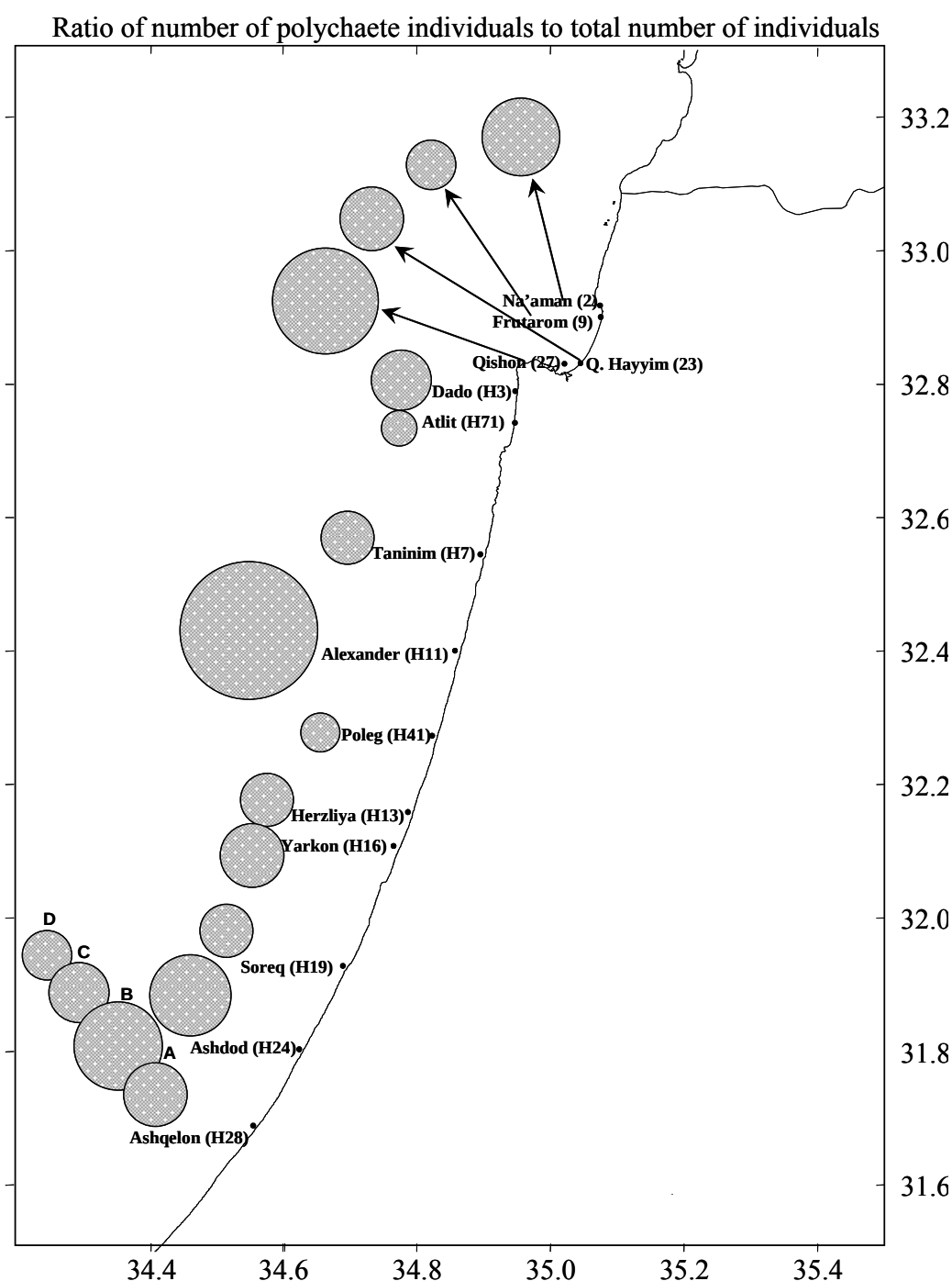
- 😊 - הדגשה של מצב טוב.
- ☹️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↓ - מגמת שיפור; ↔ אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

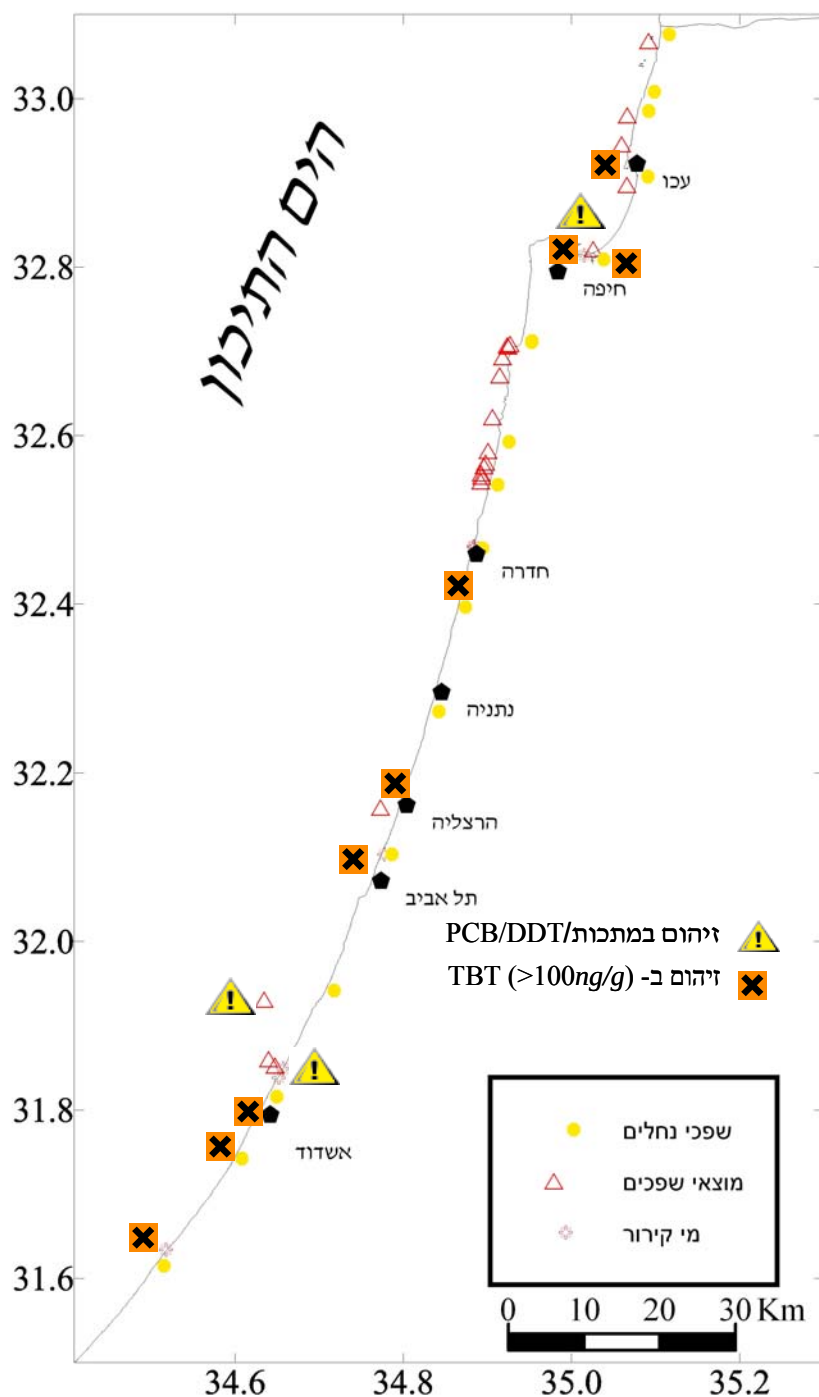
א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU4 – EU1). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. ע"פ מדד זה מפרץ חיפה ושפך הירקון חשופים לעומס הגדול ביותר. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה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



ב. מצב אזור המים הרדודים עפ"י הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני. קוטר העיגולים מציין את היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות (polychaete) לבין כלל הפרטים. יחס זה מהווה מדד להעשרה של חומר אורגני בקרקעית. ככל שזמינות החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרן היחסי של התולעים הרב-זיפיות שהינן מינים עמידים יחסית לזיהום. ע"פ מדד זה נמצאה העשרה במפרץ חיפה בשפך נחל הקישון והנעמן, מול נחל אלכסנדר ובחלקו הדרומי של החוף - מול אשדוד ואשקלון.



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 5) ומבחינת הזיהום ב-TBT (חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג).



המלצות

ההמלצות להלן מבוססות על נתונים שנאספו בשנת 2006, ומוצגים בדוח זה, מופנות למשרדי הממשלה הנוגעים (במיוחד משרדי הגנת הסביבה, החקלאות, הבריאות, התחבורה והביטחון). יישום ההמלצות יביא לצמצום זיהום מימי החופין ולמניעת סכנות פוטנציאליות לבריאות הציבור ונזקים אקולוגיים כתוצאה מהזיהום. מאחר וממצאי הדוח מראים כי אין שינוי משמעותי בנתוני הזיהום רב ההמלצות שלהלן כבר הוגשו בעבר.

1. יש להאיץ את הטיפול בצמצום סה"כ ההזרמות של שפכים לנחלי החוף, ובנוגע לזיהום של מתכות כבדות יש לשים דגש על ההזרמות לנחלי קישון, נעמן, חדרה, אלכסנדר ושורק.
2. יש לקדם את הליך הטיפול במשקעי הקרקעית המזהמים שהצטברו בנחל ונמל הקישון.
3. במספר נמלים ומעגנות עדיין נמצאה רמת זיהום של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים (במיוחד מקבוצת האורגנוכלוריים) המחייבת איתור והפסקת מקורות הזיהום במקביל לטיפול במשקעי קרקעית מזהמים.
4. למרות ההפחתה בריכוזי ה-TBT במים במספר נמלים ומעגנות, הממצאים מצביעים על המשך הזיהום ב-TBT. יש לאכוף בקפדנות את האיסורים המנהליים על שימוש בתחומי ישראל ובכלי שיט הרשומים בישראל בצבעים לכלי שיט אשר מכילים TBT, ולהסדיר בחקיקה את איסור השימוש בצבעים אלה בכלי שיט קטנים כמקובל בכל המדינות המפותחות.
5. יש להאיץ את המאמץ לאתר את הגורמים המזרימים מתכות כבדות, ובמיוחד כספית, לביוב המגיע למפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן) ולטפל בשפכים במקורותיהם על מנת לצמצם את הזרמתם לים.
6. יש לגבש ולאמץ קריטריונים לאיכות סדימנטים ימיים, אשר ישמשו גם כמדדים מוסכמים לבחינת הממצאים של תכניות ניטור ימי.
7. יש לעדכן את התקן הקיים בישראל לריכוז המותר של כספית בדגי מאכל, אשר נקבע לפני שנים רבות, בהתחשב בהתפתחויות בעולם בתחום זה (התקנים הקיימים במדינות שונות נמוכים פי 2 ויותר מהתקן הישראלי של 1 חל"מ). בנוסף, יש לשקול, על סמך המקובל בעולם, קביעה של תקנים לריכוזים המירביים המותרים של מתכות אחרות ומזהמים אורגניים בדגי מאכל.
8. על מנת למנוע סיכונים פוטנציאליים לבריאות הציבור, יש לאסור כל פעילות דיג במקומות מזהמים במימי החופין ובמקומות שבהם קיים חשש להצטברות חומרים מזהמים על סמך מידע על הזרמת שפכים לים.
9. גם הממצאים בדוח זה מעידים על הזרמת ביוב למימי החופין דרך נחלי החוף כבשנים קודמות, ומעלים חשש שעם השפכים מוחדרים לים גם חיידקים ונגיפים ממקור צואתי, ובכללם גורמי מחלות. כיום כמעט שלא מתבצע ניטור בקטריאלי שגרתי בחופים שאינם חופי רחצה מוכרזים, אבל הרחצה בהם מותרת עפ"י החוק. יש לבצע ניטור בקטריאלי בחופים כאלה אשר סמוכים לשפכי נחלי החוף ולהביא את הממצאים לידיעת הציבור. כמו כן, מומלץ גם לבדוק דגי מאכל בסמוך לחופים אלה כדי לוודא שלא קיים בהם זיהום בקטריאלי.

10. 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 המיוחדר למימי החופין ויאפשרו היזון חוזר בין המידע על מקורות הזיהום ותוצאות הניטור במימי החופין.

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 אוגוסט ב-14 תחנות; סדימנטים ממדף היבשת (לאורך החוף מאשדוד ועד חיפה) נדגמו בחודש אוגוסט ב-19 תחנות בעומק מים של 5 – 10 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-34 תחנות.

מפרץ חיפה - תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים מצביעה על שני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון ושפך נחל הקישון בדרום. עוצמתם של שני מוקדים אלה והשפעתם על המפרץ השתנו במידה ניכרת במהלך השנים מאז תחילת הניטור, לפני יותר משני עשורים.

כללית, מאז אמצע שנות השמונים פחתו ריכוזי הכספית בסדימנטים של המפרץ, במיוחד בתחנות מול שני מוקדי הזיהום, בחלקו הצפוני של המפרץ ובאזור שפך נחל הקישון. מגמה זו המשיכה בשנת 2006 (איור 3). ההפחתה בריכוזי הכספית נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים) הקרובות לאתר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 4). בעשור האחרון קטן גם ההבדל בריכוזי הכספית בין תחנה 8 לבין תחנה 9, ובהתאם נעלם הגרדיאנט של ריכוזי הכספית כתלות במרחק מהחוף. באוקטובר 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. מגמת השינוי הרב-שנתי של מאגר הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ נראית גם מתפוצת הכספית בגלעיני סדימנט, כפי שהוצג בדוח ניטור 2005. 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. יתכן שבנוסף מתקיימת פליטה של כספית גזית מהמים לאוויר. בשנים האחרונות נראה שרמת הזיהום בסדימנטים באזור התייצבה ומתקיים שיווי משקל דינמי בין תהליכי האספקה והסילוק.

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלים ובמעגנות הקרובים למוקדי הזיהום (נמלי חיפה והקישון בדרום ומעגן עכו בצפון), שבהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (איור 6a). ריכוזי הכספית בסדימנטים הרדודים בחלקו הצפוני של המפרץ (עד למרחק של כ-5 ק"מ דרומית לעכו) מייצגים דרגת זיהום בינונית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) (ראה הסבר הקריטריונים בנספח 5).

למעט כספית, ריכוזי המתכות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2006 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה (איור 6). ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בתחנה 27, אשר נבדקה ברציפות במשך כשני עשורים, מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים לגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות (איור 7). ב-2006 נמדדה עלייה קטנה בריכוז הקדמיום והכספית ככל הנראה כתוצאה מפעילות החפירה בבניית נמל הכרמל. בסדימנטים בנמל הקישון ריכוזי הקדמיום גדולים בסדר גודל מהריכוזים בתחנה 27, ואילו ריכוזי הכספית דומים בשני האתרים. לפיכך, סביר להניח שעלייה קטנה זו בריכוזי הכספית והקדמיום לא נבעה כתוצאה מהסעת סדימנטים מזוהמים מנמל הקישון לאזור תחנה 27. 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). הירידה 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 וברכיכות מאזור שפך נחל הקישון ודרום מפרץ חיפה. בדומה למגמה בסדימנטים, גם ברכיכות נמצאה עלייה בריכוזי הקדמיום ב-2006.

ממצאים נוספים של ניטור המתבצע באזור שפך הקישון ודרום המפרץ¹ מפורטים בדוחות נפרדים המוגשים להתאחדות התעשיינים (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

כפי שדווח בעבר, 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 נמשכת פעילות ההרחבה של נמל חיפה (הקמת "נמל הכרמל"), שתשפיע ככל הנראה על הקרקעית בתחנה 27. מזרחית לתחנה זו, בתוך נמל הקישון, נמצאו ריכוזי מתכות המייצגים דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA.

מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה (איור 8), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. לעומת העופרת, לא נצפתה מגמת ירידה ברמות האבץ. נתוני 2004 - 2006 מצביעים על מגמת התייצבות. מגמה רב-שנתית זו משקפת כנראה את ההפחתה בפליטות העופרת, כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), ישראל (אמצע שנות ה-90) ומצרים (סוף שנות ה-90).

מדף היבשת - בדומה לשנים קודמות, גם ב-2006 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 9).

¹ ניטור זה אינו מתבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".

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

כמו בשנים קודמות, באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, מול תחנת הכוח באשדוד, נמצאה העשרה בכרום (עד 245 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש), המלווה בהעשרה במנגן וברזל, ולא 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 (איור 10) ומצביעות על זיהום אנתרופוגני. מקור הזיהום לא ברור. איור 10 מציג את הקשר בין כרום לברזל בסדימנטים לאורך החוף, בגלעיני סדימנט מאשקלון ופלמחים ובסדימנטים בשפכי הנחלים. בנוסף, האיור כולל פרופיל ריכוזי כרום בגלעיני סדימנט שנדגמו מול אשקלון ומול פלמחים. הנתונים מצביעים על כך, שהסדימנטים הרצנטים בחלקו הדרומי של החוף וסדימנטים שהצטברו לפני עשרות שנים במדף היבשה הם בעלי ריכוזים טבעיים של כרום הגדולים מערכי ERL. העשרה זו קשורה ככל הנראה למקור מינרלוגי טבעי (מינרלים כבדים) בעל תכולה גבוהה יחסית של כרום וברזל. ממצאים מפורטים של הניטור שמתקיים באזור המוצא כלולים בדוחות נפרדים, המוגשים לאגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

כללית, לא נמצאו שינויים משמעותיים בריכוזי שאר המתכות הכבדות בתחנות הרדודות לאורך החוף. הריכוזים היו קטנים מהקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. כאמור, למרות שב-2006 נמצאה עלייה מסוימת ברמות העופרת בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, החל משנת 1996 קיימת מגמה רב-שנתית של ירידה בריכוזי העופרת בכל התחנות לאורך החוף (איור 8).

מוצאי נחלי החוף - כללית, הסדימנטים במרבית נחלי החוף, בסמוך למוצאיהם לים, מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשה. הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים והיעדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשטפונות בתקופת החורף.

נחל הקישון הוא המזוהם ביותר מבין נחלי החוף, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים במעלה הנחל בחלקו המלוח (גשר יוליוס) מייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. בסדימנטים בנחלים נעמן, חדרה ושורק נמצאה העשרה בכספית (0.6, 0.1 ו-0.1 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש, בהתאמה). מקור הכספית בנעמן הוא כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו. המקור בנחלים חדרה ושורק לא ברור, אולם ייתכן שהוא קשור להזרמות של ביוב. בנחלי חדרה, ירקון ושורק נמצא זיהום משמעותי בניקל. הטבלה להלן מציגה נחלים בהם נמצא זיהום בינוני של מתכות נוספות. הטבלה ממיינת את מצב

סדימנטים במורד נחלי החוף עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 5). לא כלולים בטבלה נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש).

קריטריון	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr
$\geq \text{ERM}$						חדרה (81) ירקון (117) שורק (82)	
$>\text{ERL} < \text{ERM}$	קישון (0.19) נעמן (0.62)	קישון (3.6)	קישון (79) נעמן (78) חדרה (49) ירקון (43) שורק (52)	קישון (262) נעמן (202) חדרה (215) שורק (238)	קישון (189) ירקון (161)	קישון (47) בצת (44) נעמן (45) אלכסנדר (33)	קישון (120) בצת (130) נעמן (290) חדרה (137) אלכסנדר (83) שורק (113)

מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

במסגרת סקר שבוצע עבור חיל הים נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמעגנות עכו, חדרה, עתלית, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד ואשקלון. מים מעומק של עד 10 ס"מ מפני השטח וסדימנטים של פני שטח נדגמו בחודש אוגוסט 2006. מתכות כבדות נבדקו ע"י חקר ימים ואגמים לישראל בשיטות המפורטות בדוח זה וע"י המכון הגיאולוגי במערכת ICP-MS. מזהמים אורגניים נבדקו ע"י מעבדת CRG- Marine Laboratories Inc. בארה"ב (מעבדה מאושרת ע"י הרשות להסמכת מעבדות של מדינת קליפורניה, ארה"ב, California ELAP certificate #2261) 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 תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות

התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000), מערכי התקנים לאיכות מי הים המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה ("תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל", המשרד לאיכות הסביבה, יוני 2002) וגם מהתקן האקולוגי לאיכות מי-ים המומלץ ע"י הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת).

בכל הנמלים והמעגנות שנבדקו, ריכוזי המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (0.05-50 מיקרוגרם/ליטר ו-0.5-10 מיקרוגרם/ליטר, בהתאמה). ריכוזים אלה קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA). עם זאת, סף הגילוי האנליטי של מספר חומרים (למשל, Benzo (a) anthracene, Benzo (a) pyrene) גדול מעט מהתקן הממוצע ($5\mu\text{g/L}$ (a) pyrene, $2\mu\text{g/L}$).

בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד ואשקלון נמצא זיהום של מי הים בתרכובת האורגנית הרעילה של בדיל Tributyltin (TBT) ותוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) (ראה הסבר בנספח 5). בכל האתרים רמות הזיהום היו גבוהות בהרבה מהתקן לאיכות מי הים התיכון המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה (2 ng/L). תקן זה דומה לתקנים המקובלים כיום בעולם, ובכלל זה התקן המעודכן של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) (1 ng/L). תחום ריכוזי ה-TBT במים, בנמלים ובמעגנות היה $177 - 1\text{ ng/L}$. דירוג כל הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום במים מוצג ב**איור 11**. בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד ($>100\text{ ng/L}$) בנמל חיפה ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א ואשדוד. נוכחות ריכוזים גדולים של TBT במים גם ב-2005 מעידה על המשך אספקה שוטפת של TBT לסביבה, אולם יחסית ל-2004 נמצאה ירידה בריכוזים. בשנת 2006 נמצאו עדיין רמות זיהום גבוהות יחסית במספר מעגנות (ת"א, מכמורת, אשדוד), אולם נמצאה המשך ירידה בריכוזים בנמלים. מגמת הירידה בנמלים היא ככל הנראה ביטוי ראשוני לפעולות שננקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שיט המכילים TBT.

ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות ($1-10\text{ ng/L}$). יחד עם זאת נמצאו במים ריכוזים קטנים של החומרים: Atrazine, Diuron, Ametryn, Triphenylphosphate ו-Terbutryne בנמל אשדוד, Diazinone ו-Terbutryne בנמל חיפה, ו-Terbutryne או Propoclor במספר מעגנות. יתכן שמקור חומרי ההדברה (הרביצידים) בנמל אשדוד הוא מוצא השפכים הימי של צינור אגן כימיקלים-בתי זיקוק אשדוד, הממוקם במרחק של כ-800 מטר מהחוף מול תחנת הכח אשכל. ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה ($0.5-1\text{ pg/L}$).

איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו נמצאו רמות זיהום בינוניות עד גבוהות במזהמים אורגניים שונים ובמתכות כבדות. רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמזהמים אורגניים נבחנו עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 5). הטבלה להלן ממיינת את מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים אלה.

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

רמות זיהום גבוהות של כספית בסדימנטים נמצאו בנמל חיפה, ורמות זיהום בינוניות במרבית המתכות הכבדות נמצאו בנמלי הקישון, חיפה ואשדוד, מרינה עכו ומעגנות אחרות: עכו, ת"א, אשדוד, אשקלון, כמפורט בטבלה לעיל.

כללית, ריכוזי חומרים פוליציקליים ארומטיים (PAHs) היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate המועשר יחסית בסדימנטים בנמל חיפה.

בסדימנטים במעגן אשכול (אשדוד) נמצא זיהום בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT בריכוזים גדולים מערכי ERM. במעגן עכו, נמל חיפה, נמל קישון, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, נמל אשדוד ונמלי אילת (צבאי ואזרחי) נמצאו ריכוזים גדולים מ-ERL. בסדימנטים בנמל חיפה ואשדוד נמצא זיהום בינוני בפינילים מותמרי כלור (PCBs) (ריכוזים גדולים מ-ERL). ריכוזי הדיאוקסינים בסדימנטים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה.

כללית, תחום ריכוזי ה-TBT שנמצאו בסדימנטים בנמלים ובמעגנות ($1 - 4084 \text{ ng/g}$), משקל יבש) דומה לממצאים מנמלים וממעגנות מזהמים בעולם. דירוג של הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום בסדימנטים מוצג באיור 12. זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($>100 \text{ ng/g}$) נמצא בתחנות בנמלים אשדוד, חיפה וקישון, במעגנות: עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשקלון.

בישראל ובעולם בכלל עדיין לא נקבעו תקנים סביבתיים מחייבים לריכוזי הסף של TBT בסדימנטים שמעליו גדולה מאוד הסבירות להשפעות מזיקות. הממצאים של מחקרים שונים מצביעים על כך שערך זה הוא בסביבות 100 ננוגרם/גרם. ריכוזים גדולים יותר של TBT נמצאו כאמור בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו. כפי שדווח בדוח לשנת 2002, נבדקה בשנת 2003 אוכלוסיית החילוץ *Murex forskoehli* במפרץ חיפה. בכל הנקבות הבוגרות שנאספו בקרבת נמל חיפה (כ-800 פרטים) נמצאה תופעת האימפוסקס המעידה על השפעה מזיקה של TBT (ראה הסבר בנספח 5). ממצא זה עולה בקנה אחד עם הרמות הגבוהות של TBT שנמצאו בסדימנטים ובמי הים בנמל חיפה.

מגמות השינויים בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים

איור 13 מציג נתונים רב-שנתיים (2000 – 2006) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכו') ומזהמים אורגניים (TBT, PCBs) בסדימנטים בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. השינויים בריכוזי המזהמים עם הזמן הם תוצאה של: שינויים בכמויות המזהמים המוחדרות אל הים ממקורות יבשתיים (ולגבי TBT שינויים בהיקף השימוש בחומר זה); שינויים בקצבי הסדימנטציה המקומית; פעולות חפירה והעמקה והרחפה והסעה של הסדימנטים בהשפעת הגלים, במיוחד בארועי סערות חזקות.

סיכום הממצאים העיקריים של המגמות בזמן מוצג להלן:

מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2006	סמן סביבתי
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום גבוהות, שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה. תיתכן מגמת הפחתה של כספית וקדמיום בנמל הקישון. נמל אשדוד: רמות זיהום בינוניות, הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה של נחושת וניקל במעגן אשכול והעשרה מסוימת במרינה אשקלון.	מתכות כבדות בקרקעית
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים, אין מגמה ברורה. נמל אשדוד: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים, אין מגמה ברורה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: אין מגמה ברורה.	ביפנילים מותמרי כלור (PCBs)
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום גבוהות, אין מגמה ברורה. נמל אשדוד: רמת זיהום בינונית, אין מגמת הפחתה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום גבוה במעגנות עכו, מכמורת, ת"א, הרצליה, אשדוד, אשקלון וקצא"א. זיהום בינוני/נמוך במספר מעגנות אחרות. סקר זה מראה מגמת העשרה ברוב המעגנות ביחס לסקר הקודם.	TBT ונגזרותיו
לא נמצאו ריכוזים משמעותיים.	חומרים פוליציקליים ארומטיים (PAHs)

* 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-11 אתרים לאורך החוף בין אשדוד לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-8 אתרים במפרץ חיפה (יולי-אוגוסט) וב-21 תחנות בשפכי נחלי החוף (מרץ וספטמבר).

תפוצת ריכוזי החומר המרחף לאורך החוף מוכתבת בעיקרה ע"י שפכי הנחלים וכמה מוצאים ימיים. בים הרדוד מחוץ למפרץ חיפה תפוצת החומר המרחף (2 – 9 מ"ג בליטר באוגוסט 2006) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים באחד עד שני סדרי גודל מהריכוזים לאורך החוף (איור 14). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ (2 - 48 מ"ג בליטר) היה דומה או קטן מתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר (1 - 130 מ"ג בליטר). במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר² נמצא, שעיקר כמות הרחופת השנתית מוסעת ע"י הנחלים אל הים במספר מצומצם של אירועים שטפוניים, ושקיימת שונות גדולה בין השנים בעיקר כתוצאה משינויים במשטר ההידרולוגי.

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

² הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל – נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 270 פרטים של צדפות, 505 פרטים של חלזונות ו-26 פרטים של סרטנים כלהלן: 82 פרטים של הצדפה *Mactra corallina* ממפרץ חיפה; 118 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה; 9 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה; 61 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 23 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 299 פרטים של החילזון *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 73 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 107 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 3 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-26 פרטים של סרטן נזיר *Diogenes pugilator* ממפרץ חיפה.

ריכוזי הכספית בצדפות מהמין *Donax sp.*, שנדגמו במפרץ חיפה, התייצבו בעשור האחרון ברמה נמוכה לאחר ירידה חדה בשני העשורים הקודמים (איור 15). בפרטים מאזור התעשיות האלקטרוכימיות (לשעבר) לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית בהשוואה לממצאים ב-2004 וב-2005. סביר להניח שהירידה נובעת מסגירת המפעל והפסקת הזרמת השפכים שלו בנובמבר 2004. בשנת 2006 נמצאו צדפות מהמין *Donax trunculus* באזור שמול קריית חיים בדרום המפרץ, לאחר מספר שנים שבהם לא נדגמו בתחנה זו. לעומת זאת מין זה לא נמצא ב-2006 באזור שפך נחל תנינים. ריכוזי הכספית שנמדדו בצדפות ממפרץ חיפה בשנת 2006 היו גבוהים משמעותית מריכוזי הכספית שנמצאו בצדפות ממין זה בשפך התנינים בשנה שעברה (2005). בתוך מפרץ חיפה, באזור קריית חיים, היתה רמת כספית נמוכה משמעותית מבצדפות מחוף קריית ים ומאזור התעשיות האלקטרוכימיות (טבלה 1, איור 16).

גם בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (איור 15). השינויים הרב-שנתיים (1980-2006) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) GLM בתוכנת SPSS. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות: 1980 - 1994 ו-2002 - 2006 (איור 17). הנתונים עד 1994 מראים כאמור מגמת ירידה מובהקת. בשנת 1992 נראים ערכים גבוהים יחסית, שיתכן 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, ראה איור 7). בשנים 2002 - 2006 ריכוזי הכספית היו יציבים, ללא שינויים משמעותיים.

ריכוזי הכספית בצדפה *Mactra corallina* מאזור צפון מפרץ חיפה ($\mu\text{g/g wet wt.}$) בתחנות הקרובות לאזור התעשיות האלקטרוכימיות (תחנות 1,2,8,9,10,11,12,14), (0.028 ± 0.007) , היו גבוהים משמעותית מאשר הריכוזים באותו מין מתחנות דרומיות במפרץ (תחנות 2), (0.012 ± 0.004) ($\mu\text{g/g wet wt.}$) גם ריכוזי האבץ בצדפה *Mactra corallina* מתחנות

בצפון מפרץ חיפה ($11.7 \pm 4.4 \mu\text{g/g wet wt.}$) (תחנות 1,2,8,9,10,11,12,14) היו גבוהים משמעותית מאשר באותו מין מתחנות דרומיות במפרץ (תחנות 23,22,18) ($6.1 \pm 3.0 \mu\text{g/g wet wt.}$).

ריכוזי הכספית בצדפה *Rudicardium tuberculatum* מתחנות בצפון מפרץ חיפה (קרובות לעכו) היו גבוהים ($0.030 \pm 0.014 \mu\text{g/g wet wt.}$) מאשר בתחנות מאזור קריית ים וקריית חיים ($\mu\text{g/g}$) ($0.009 \pm 0.001 \text{ wet wt.}$). גם בצדפה *Camelea galina* ריכוזי הכספית בתחנות הקרובות לעכו (צפון המפרץ) היו גבוהים (0.044 ± 0.034) מאשר בתחנות הקרובות לקריית ים ולקריית חיים (0.006 ± 0.001).

ריכוזי הנחושת בצדפות *Donax sp.*, שנדגמו בחוף קריית ים וקריית חיים היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים בצדפות מצפון מפרץ חיפה (איור 16), ככל הנראה כתוצאה מאספקה גדולה יותר של המתכת דרך נחל הקישון. גם בצדפה *Camelea galina* נמצאה מגמה דומה של ריכוז נחושת גבוה בדרום המפרץ בהשוואה לתחנות בצפון. ריכוזי הנחושת ב-*Donax sp.* מקריית ים ומאזור התעשיות האלקטרוכימיות נמצאים בירידה מאז שנת 2004. ריכוזי האבץ ב-*Donax sp.* משתי התחנות די קבועים בשנים 2006-2001 (פרט לשנת 2004), ועומדים על 7-9 חלקים למיליון ברקמת צדפה רטובה. בחיות מקריית חיים ריכוזי האבץ גבוה משמעותית (10.7 ± 1.3) מזה שנמצא בקריית ים (7.9 ± 0.8) ובאיזור המפעלים הפטרוכימיים (7.2 ± 2.0).

בשנת 2006 נבדק ארסן ב-*Donax sp.* נמצא, כי בצדפות מקריית חיים יש רמה גבוהה יותר של ארסן כללי ($0.749 \pm 0.059 \mu\text{g/g wet wt.}$) בהשוואה לצדפות מאותו מין מאזור קריית ים וצפון מפרץ חיפה (0.581 ± 0.112 ; 0.576 ± 0.117).

החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (טבלה 1, איור 18). ריכוזי הכספית בחלזונות מצפון הארץ וממפרץ חיפה (עכו, חוף שמן) היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים שנמצאו בחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (איור 18). אין הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית ב-*Patella* מתחנות שנמצאות דרומית למפרץ. בשנת 2006 לא נמצאו פטלות באיזור קריית ים.

בפרטים מחוף שמן ומתל שקמונה נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים יחסית לריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות אחרות במפרץ חיפה ומצפון לו (עכו, נמל, אכזיב, עכו ביוב) ומאתרים אחרים לאורך החוף מחוץ למפרץ חיפה (איור 18). ריכוזי הקדמיום בפרטים מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים מראים מגמת ירידה משנת 2000 (איור 19), ככל הנראה כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000; רשות נחל הקישון, 2004). בדומה, נראית גם מגמת ירידה בריכוזי האבץ בחלזונות החל משנת 2000. ריכוזי הקדמיום והכספית בחלזונות מחוף שמן גדולים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בשנת 2005. ייתכן שהסיבה לכך היא הרחפת סדימנטים עשירים יחסית בקדמיום וכספית במהלך בניית נמל

הכרמל. ריכוזי האבץ, והנחושת היו ללא שינוי משמעותי (איור 19). בשנת 2006 נמצאו בחוף קריית ים רק חלזונות מסוג *Cellana rota*. ריכוזי הכספית בפרטים ממפרץ חיפה מראים מגמת ירידה משנת 2003 ($P < 0.05$), לעומת פרטים ממעגן מיכאל ומאכזיב שלא מראים מגמה ברורה (איור 20).

בשנת 2006 נבדקו בחלק מהחלזונות גם המתכות ארסן ועופרת. בפטלות מחוף שמן נמצאה רמה גדולה משמעותית של ארסן ועופרת בהשוואה לפטלות מחוף תל שקמונה ומאשדוד. העשרה משמעותית של ארסן נמדדה בחוף חדרה.

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

תחנה	ארסן	עופרת
Ak-p נמל עכו	2.38 ± 0.65	0.393 ± 0.112
HS חוף שמן	2.85 ± 0.64	0.544 ± 0.084
TS תל שקמונה	1.98 ± 0.51	0.304 ± 0.076
MM מעגן מיכאל	2.41 ± 0.54	0.465 ± 0.150
HAD חדרה	2.91 ± 0.38	0.475 ± 0.104
ASH אשדוד	1.50 ± 0.29	0.373 ± 0.153

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 יותר משני פרטים משני המינים (נמל עכו, חוף שמן ואשדוד). ב-2006 נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי קדמיום אבץ וברזל בין שני המינים בחיות מחוף שמן, והבדל משמעותי בריכוזי הברזל והמנגן בין שני החלזונות מאזור אשדוד.

בשנת 2006 נבדקו 23 פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה. מין זה נפוץ במפרץ, ונמצא השנה בתחנות 10 ו-11 בצפון המפרץ בקרבת המפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר) ובתחנה 23 מול קריית ים בעומקים שונים. החלזונות צמחוניים וצוברים מתכות כבדות ברמה גבוהה בהרבה מהצדפות שנמצאות באותו אזור. בתחנה 11 ריכוזי הכספית בחלזונות היה גבוה משמעותית ($0.87 \pm 0.22 \mu\text{g/g wet wt.}$) מאשר בתחנה 23 (0.37 ± 0.17). ריכוזי הקדמיום היה גבוה משמעותית בתחנה 23 (1.94 ± 0.79) בהשוואה לתחנה 11 (0.76 ± 0.43). ריכוזי המתכות כספית, נחושת ואבץ שנמדדו ב-2006 במפרץ חיפה היו קטנים משמעותית מריכוזים שנמדדו בעבר (1991) בחלזונות מחוף למפרץ בתחנה מאזור חוף פולג (H41).

בחילזון *Arcularia gibosula*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של פגרים, נמצא ריכוז גבוה של כספית בתחנות בצפון מפרץ חיפה הקרובות למפעלים

האלקטרוכימיים לשעבר ($0.32 \pm 0.15 \mu\text{g/g wet wt.}$) בהשוואה לתחנות הקרובות לשפך הקישון (0.14 ± 0.06) (בדרום המפרץ). מגמה הפוכה של ריכוז גבוה בדרום המפרץ בהשוואה לתחנות בצפון התקבלה לגבי קדמיום ($1.06 \pm 0.78; 0.47 \pm 0.17$), נחושת ($36.5 \pm 14.7; 13.8 \pm 3$) ואבץ ($310 \pm 202; 127 \pm 63$).

לא נמצאו הבדלים ברמות הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בחלזונות ממין זה שנאספו בתחנות הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים בהשוואה לרמות שנמצאו בשנת 2005. בסרטן הנזיר (*Diogenes pugilator*), שפרטים ממנו נמצאו בתוך קונכיות של ארכולריה, בתחנות של צפון המפרץ (10,2,14) ובתחנות מול הקריות (18,22,23), לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית, הנחושת והאבץ בין שני האזורים.

מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 139 פרטים של 6 מיני דגים חופיים נפוצים ו-88 פרטים של דגי מכמורת. הדגים החופיים כללו 51 פרטים של *Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה, ג'סר-א-זרקא, קיסריה ויפו; 28 פרטים של *Diplodus sargus* ממפרץ חיפה ומאזור קיסריה; 42 פרטים של *Siganus rivulatus* מאכזיב, שבי ציון, מאזור קיסריה ומפלמחים; 5 פרטים של *Siganus lurides* מיפו ומג'סר-א-זרקא; 12 פרטים של *Sargocentron rubrum* ממפרץ חיפה; פרט אחד של *Mullus surmuletus* שנדוג מול קריית חיים. דגי המכמורת כללו 30 פרטים של *Pagellus erythrinus*, שנידוגו באזור המרכז והצפון, 30 פרטים של *Mullus barbatus* ו-28 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנדוגו באזורי המרכז והדרום.

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). בכמה מדינות, כגון ארה"ב, מתקיים עתה תהליך של בחינה מחדש של התקנים לריכוז כספית בדגים, והמגמה הכללית היא בכיוון החמרה. מבין הדגים שנבדקו בשנת 2006, ריכוז הכספית חרג מ-0.3 חל"מ בשני פרטים של דג חופי - *Lithognathus mormyrus* מאזור עכו, שישה פרטים של דג חופי - *Sargocentron rubrum* מאזור קריית חיים, פרט אחד של דג חופי - *Diplodus sargus* מקיסריה ובפרט אחד של דג מכמורת *Pagellus erythrinus*, שנידוגו מול ראש הניקרה בעומק מים של 40 מטר. חריגות אלה מייצגות כ-4.4% מכלל הדגים שנבדקו.

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

לאור האמור לעיל וכפי שכבר הומלץ בדוחות קודמים, יש להאיץ ולהשלים את התהליך של בחינה וקביעה של תקן ישראלי עדכני לריכוז המותר של כספית (ומתכות נוספות) בדגי מאכל (העניין נדון לפני כמה שנים בין משרד הבריאות למשרד החקלאות אולם לא סוכם).

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 נימול ריכוזי הכספית במשקל (יחס כספית/משקל). מאז סוף שנות ה-70 נמצא שדגי *Diplodus*, *Sargocentron rubrum*, *sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* במפרץ חיפה מועשרים בכספית ביחס לפרטים של אותם מינים שנאספו באזורים אחרים (איורים 21-23, טבלה 3). במהלך שני העשורים האחרונים חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית בדגים מהמפרץ. בשנים האחרונות רמות הכספית בדגים מהמפרץ התייצבו בערכים נמוכים יחסית למצב בראשית שנות ה-80 (איורים 21-23). בשנת 2005 נמצא הבדל משמעותי ביחסי כספית/משקל גוף בין פרטים של דגי *Sargocentron rubrum* שנידוגו במפרץ חיפה לבין פרטים שנידוגו באזורים אחרים. בשנת 2006 לא נדגם מין זה בתחנות מחוץ למפרץ.

נמצאו הבדלים ברמת הכספית (מנורמל למשקל דג) ב-*Lithognathus mormyrus* שנידוגו במפרץ חיפה לעומת דג ממין זה שנידוגו באזורים אחרים (טבלה 3). עדיין קיים הבדל משמעותי בין פרטים של *Lithognathus mormyrus* שנידוגו מול חוף התמרים עכו (0.0032 ± 0.0022) , לעומת פרטים ממין זה שנידוגו מול קריית חיים (0.0014 ± 0.0003) ומול נמל חיפה (0.0016 ± 0.0006) . נמצאה העשרה ברמת הכספית בדג *Diplodus sragus* ממפרץ חיפה לעומת אזורים אחרים, אולם ההבדל אינו משמעותי סטטיסטית (טבלה 3).

בדג המכמורת *Mullus barbatus*, שנידוג במרכז הארץ (נתניה - הרצליה), נמצאו רמות גדולות יחסית של כספית (מנורמל למשקל דג) (0.0024 ± 0.001) ביחס לפרטים מדרום הארץ, דרומית לאשדוד (0.0006 ± 0.0002) . ריכוזי הנחושת והאבץ במין זה מאזור המרכז היו גבוהים יותר מאשר בדגים שנידוגו דרומית לאשקלון. בדג *Upeneus moluccensis* נמצאו ריכוזי נחושת ואבץ גדולים יותר בפרטים מדרום הארץ יחסית לפרטים ממרכז הארץ (מול נתניה-הרצליה) ולא נמצאו הבדלים ברמות הכספית. בדגי *Pagellus erythrinus* מצפון הארץ לא נמצאו הבדלים ברמות המתכות שנבדקו בהשוואה לפרטים ממרכז הארץ.

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.

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 דייג 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 דייג

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 דייג הוגשה כבר בדוחות קודמים. כפי שנמסר ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דייג במקומות מזוהמים (למעט האיסור הכללי על דייג בשטחי נמלים). יש להסדיר עניין זה בחקיקה.

מתכות במשקעים אטמוספיריים

אבק מרחף (אארוסולים) נבדק בשני אתרים: תל שקמונה, חיפה (31 דוגמאות) ומעגן מיכאל (17 דוגמאות, ברבעון ראשון של 2006). הדיגום במעגן מיכאל בוצע בשיתוף עם איגוד ערים חדרה לאיכות הסביבה (רק בחלק מהשנה עקב תקלה במכשיר הדיגום). 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.

מהשוואת הרכב המתכות באבק שנדגם במסגרת הניטור להרכב 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. כדי לאפיין את המקורות הנ"ל (טבעי או אנתרופוגני) ו/או את מנגנון ההסעה או השקיעה של המתכות, נעשה שימוש גם בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis). מניתוח זה מתקבל, שעיקר השונות של ריכוזי המתכות באוויר מוכתבת ע"י כמה מרכיבים עיקריים (PC's). מרכיב עיקרי מבדיל באופן ברור בין מתכות ממקורות אנתרופוגניים לעומת אלה שמקורן טבעי. 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 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 כרבע מימי השנה³. השטפים המחושבים של המתכות (טבלה 4) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 - 2006, 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. ככל הנראה במהלך 11 השנים

³ מאמר שפורסם לאחרונה מציג הערכה כוללת יותר של שטף המתכות הכבדות עבור דרום וצפון אגן הלבנט (Kocak et al., 2005).

האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 24), כפי שמתבטא גם במגמת ההפחתה הרב-שנתית של ריכוזי העופרת בסדימנטים לאורך החוף. שלא כמו בשנים קודמות, ב-2006, שטפי העופרת בתל שקמונה היו דומים לשטפים במעגן מיכאל. השטפים של מתכות אחרות (קדמיום ונחושת) לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2006 (איור 24). השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך יתכן שהם מושפעים ממקורות מרוחקים. התרומה האטמוספירית לכמויות הכוללות של עופרת ואבץ המוחדרות למימי החופין (כל אזור מדף היבשת) משמעותית ביחס לתרומה הידועה של המקורות האחרים (הזרמת שפכים לים). השטפים המחושבים של קדמיום (טבלה 4) לאורך החוף הישראלי קטנים מהשטפים שהוערכו בים הצפוני ובאגן הצפון-מערבי של הים התיכון, אולם הם גדולים מהשטפים שהוערכו באוקיינוסים, הרחק מהיבשות. הטבלה להלן מציגה השוואה של שטפי המתכות באזורים שונים בים התיכון (Kocak et al., 2005).

Comparison of trace metal dry deposition fluxes expressed as $\mu\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ ($\text{mg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ for Al, Fe and Mn) to European coastal zones.

Element	Chester et al., (1999). NW Mediterranean Total (dissolved)	Migon et al., (1997) Ligurian Sea	Chester et al., (1990) NW Mediterranean	Herut et al., (2001) Eastern Mediterranean	Eastern Mediterranean TS Current Study	Eastern Mediterranean Erdemli Current Study	Eastern Mediterranean (Antalya) Wet deposition Total (soluble) Al-Momani et al., (1998)	Eastern Mediterranean (Erdemli) Wet deposition Total Ozsoy and Saydam, 2000, 2001
Al	120 (1.2)	-	93.7	545	520	320	92 (11)	873
Fe	88 (8.8)	-	-	496	420	230	-	518
Mn	2.07 (0.4)	-	1.6	10	9.0	3.8	-	-
Cu	1,190 (330)	1606	895	178	2900	2600	790 (300)	-
Pb	1,850 (550)	2555	1,410	1080	6360	5650	1600 (620)	-
Cd	-	32	49	8	7.2	3.8	7200 (690)	-
Zn	3,200 (1,500)	41610	-	2806	7580	5330	22,000 (19000)	-

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 (exchangeable phase) ולפיכך גם זמינה ביולוגית, כוללת את עיקר המתכת (מעל 50%) בדגימה (Kocak et al., 2007).

נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2006/7 (33 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 2006/7 כ-30% מהגשמים השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ($\text{pH} < 5.6$).

במי הגשם נמצאו בד"כ ריכוזים דומים של ניטראט ואמוניום. המקור העיקרי של ניטראט קשור ככל הנראה לשריפת דלקים. מקור האמוניום במי הגשם עדיין לא ברור, וככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים.

בחורף 2006/7 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, שדומים לערכים שהתקבלו בחורף הקודם (איור 25). מאז חורף 1997/8 נמצא מתאם חיובי בין כמות המשקעים לשטפי החנקן והזרחן (איור 25). שטף החנקן היה במגמת עלייה בין החורפים 1992/3 ל-1996/7, ובשנים שלאחר מכן התחילה מגמת התייצבות עם שינויים חדים (איור 25). לעומת זאת, שטף הזרחן מראה שינויים רב-שנתיים חדים ללא מגמה ברורה (איור 25). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו עבור אזורים נקיים יחסית ברחבי העולם וקטנים מהשטפים שחושבו עבור אזורים באירופה, כמו הים הבלטי והים הצפוני.

נוטריאנטים בנחלי החוף

ריכוזי הנוטריאנטים ופרמטרים נוספים של איכות המים נבדקים בנחלי החוף מאז 1990, במטרה להעריך את ההשפעות האפשריות של זיהום הנחלים על איכות מימי החופין. כל נחל נדגם בשתיים או שלוש תחנות בסמוך למוצאו לים: תחנה אחת במוצא הנחל לים באזור משברי הגלים, השנייה במעלה הנחל כ-50 מ' ממוצאו לים, והשלישית בהמשך המעלה מתחת לגשרים של הכבישים הראשיים. עד 1997 מי הנחלים נדגמו פעם בשנה בחודש מרץ. החל מ-1998 בוצעו שני דיגומים במהלך החודשים מרץ וספטמבר/אוקטובר. ב-2006 נדגמו מוצאי הנחלים ב-31 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2006 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. שתי הפרקציות הנוספות מכילות כמויות משמעותיות של חנקן וזרחן, שמשתוות כנראה לכמויות האי-אורגניות המומסות, או אף גדולות מהן. עפ"י דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2005 (רשות הטבע והגנים, 2006), במים שנדגמו באביב ובסתיו במעלה של חלק מנחלי החוף, הריכוזים הכוללים של חנקן מומס היו גדולים פי 2 לערך מהריכוזים של הצורנים האי-אורגניים. לכן סביר להניח, שהריכוזים הכוללים של הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאלה שנמדדו, ובהתאם ההערכות בדוח זה של כמויות הנוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל מימי החופין הן הערכות מזעריות.

ערכי מליחות, ה-pH וריכוזי החמצן המומס והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) מוצגים ב**טבלה 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). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (בין 7.4 ל-8.9). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-190%) ועד לחוסר חמצן (במי עומק). העל-רוויה קשורה בד"כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות (לדוגמא בנחלים קישון, אלכסנדר, דליה ולכיש בספטמבר), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים. בנחלים רבים, למרות ריכוזי כלורופיל גדולים, נמדדו ערכי חמצן נמוכים יחסית. בחלק מהנחלים נמדדה ירידה חדה בריכוזי החמצן ועלייה במליחות בשכבת המים העמוקה, במיוחד בחודש ספטמבר (**איור 26**).

מבחינת ריכוזי החמצן במי פני השטח, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (**נספח 5**), נחל נעמן נמצא במצב של היפוקסיה (ספטמבר) והאזורים של מעלה הנחלים חדרה ושורק נמצאים במצב של עקה (ריכוזי חמצן קטנים מ-5 mg/L בחודש ספטמבר). מבחינת ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה, הנחלים נעמן, לכיש קישון ואלכסנדר נמצאים במצב של היפוקסיה עד אנוקסיה בד"כ בחודשי הקיץ (**איור 26**). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2006 היו בד"כ קטנים מ-11 mg/L. ערכים גדולים יחסית נמדדו במעלה הנחלים נעמן, חדרה, דליה, אלכסנדר ואבטח.

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, בספטמבר האזורים של מעלה הנחלים בצת, נעמן, חדרה, ופולג, ובמרץ נחל אלכסנדר היו במצב היפר-איאוטרופי, על סמך הקריטריונים של NOAA. ריכוזי הכלורופיל בחודש מרץ היו קטנים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בספטמבר, למעט בנחלים אלכסנדר ותנינים (**טבלה 5**).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים ב**איור 27**. ההבדלים בריכוזי הנוטריאנטים בין הנחלים הם בטווח של סדר גודל ויותר. באופן כללי, ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאוד, בהשוואה לריכוזים המירביים שנמדדו במימי החופין. במרבית הנחלים הריכוזים הגדולים של פוספאט ואמוניה קשורים בעיקר בהזרמת שפכים ביתיים וקולחים. מקורם של ריכוזי ניטראט גדולים הוא, ככל הנראה, מי נגר חקלאיים המועשרים בחומרי דשן וגלישות מבריכות לחמצון שפכים. פירוט מקורות הזיהום במעלה חלק מהנחלים (נעמן, קישון, דליה, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדוח ניטור מים ונחלים לשנת 2005 של רשות הטבע והגנים (מרץ 2006), הכולל דיווחים מרשות נחל הקישון ומרשות נחל הירקון). עדיין לא פורסם דוח 2006. הסיליקה בנחלים נובעת משני מקורות עיקריים, בליה של סלעים והזרמות של שפכים המכילים דטרגנטים (סיליקון משמש כמרכיב ראשי בדטרגנטים).

גם ב-2006, בדומה לשנים קודמות (Herut et al., 2000), נמצאו הבדלים בין ריכוזי הנוטריאנטים במי הנחלים במרץ ובספטמבר. הסיבה העיקרית להבדלים אלה היא כנראה שינויים בהזרמות האנתרופוגניות.

כללית, 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. למרות הבדלים גדולים בריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו בכל נחל בשנים שונות, ההבדלים בין הנחלים השונים מצביעים על מגמה קבועה, רב-שנתית של נחלים מזוהמים במיוחד. ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 5), מרבית הנחלים מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה.

כללית, ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריאנטים בשנת 2006 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

עבור פוספאט:

שורק(130)<פולג(94)<חדרה<ירקון<לכיש<נעמן(36)<אלכסנדר(29)<קישון(21)<אבטח<דליה<תנינים<בצת

עבור אמוניה:

שורק (645)<לכיש<פולג<נעמן (334)<חדרה<אלכסנדר<ירקון (135)<קישון(50)<אבטח (36)<תנינים (26)<שיקמה<דליה<בצת

עבור ניטראט+ניטריט:

קישון(535)<פולג<אלכסנדר(250)<ירקון(259)<תנינים(195)<נעמן<חדרה<שורק(76)<לכיש (32)<דליה<אבטח<בצת<שיקמה

עבור חומצה סיליצית:

פולג (300)<דליה<חדרה<תנינים<נעמן<לכיש<שורק(146)<קישון<ירקון<שיקמה<אלכסנדר<בצת<אבטח

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**איור 27**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) בשנת 2002 לעומת העשור הקודם. מגמה זו של הפחתה בעומס הנוטריאנטים מוצגת בדוח של המשרד לאיכות הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ו-2003 (התפרסם ב-2004) ובדוחות הניטור השנתיים של רשות נחל הקישון. מאז 2002 ברוב הנחלים אין מגמה של הקטנת ריכוזי הנוטריאנטים. בנחלים ירקון, נעמן ופולג קיימת עלייה קלה בריכוזי הפוספאט בארבע השנים האחרונות.

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 2006 המליחויות בתחנות במעלה הנחלים היו

קטנות יחסית (פחות מ-10% מי-ים, למעט בקישון, ירקון ובאלכסנדר), בחישוב נלקחה בחשבון החדירה של מי-ים בעת הדיגום רק לנחלים קישון, ירקון ואלכסנדר.

חישובי עומס הנוטריאנטים השנתי מהנחלים מוצגים בטבלה 6. הטבלה אינה כוללת את נחל פולג, מאחר שאין עבורו נתוני ספיקה. מהנתונים שבטבלה ברור, שעבור נחל מסוים השגיאה עלולה להיות של סדר גודל או יותר.

מבין נחלי החוף, התורמים העיקריים של נוטריאנטים למימי החופין בשנת 2006 (בדומה לשנים האחרונות) הם:

פוספאט: ירקון < קישון < שורק $\approx$ חדרה $\approx$ אלכסנדר < נעמן < תנינים

חנקן אי-אורגני: ירקון < קישון < חדרה $\approx$ שורק < אלכסנדר $\approx$ נעמן $\approx$ תנינים
בנחלים ירקון, שורק וחדרה עיקר החנקן מוזרם כאמוניום, ובנחלים תנינים, קישון, אלכסנדר ונעמן כניטראט (טבלה 6). על פי דוח מסכם לשנת 2006 של רשות נחל הקישון, אכן מוזרמים לנחל כמויות גדולות פי 5 לערך של חנקן אמוניאקלי מאשר ניטראטים.

הנתונים מראים מגמה כללית דומה של נחלים בעלי תרומה גדולה יחסית, על אף שצפויים הבדלים בין ההערכות של דוח זה לבין האומדן המבוסס על ההזרמות לנחלים, הן מאחר שהאחרון מתייחס לריכוזים הכוללים של חנקן וזרחן (תרכובות אורגניות ואי-אורגניות) והן כתוצאה מתהליכי שיקוע, צריכה ופירוק (דניטריפיקציה) של הנוטריאנטים בנחלים עצמם.

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.

לצורך ארגון וניהול הנתונים על ההזרמות למימי החופין פותחו ע"י חיא"ל, בשיתוף עם אגף ים וחופים במשרד להגנת הסביבה, תוכנה להעברת הנתונים המתקבלים ממקבלי היתרי ההזרמה לבסיס נתונים יחסי (Relational Data Bases) בסביבת ACCESS וממשק לשימוש בבסיס הנתונים. התוכנות מאפשרות שליפה של נתונים מתוך בסיסי הנתונים היחסיים והצגתם בחתכים שונים בהתאם לשאלות שונות. המערכת שפותחה מאפשרת להציג את כלל נתוני ההזרמה של מפעל ספציפי, את כלל נתוני ההזרמות ממקורות שונים ואת תרומתם היחסית עבור מזהם ספציפי, את השינויים בזמן של עומס המזהמים במפעל ספציפי או לכלל המפעלים ואת התפלגות עומס הזיהום לאורך החוף (עפ"י אזורים או עפ"י סוג המפעל). המערכת שהותקנה במשרד להגנת הסביבה עדיין לא מופעלת באופן שגרתי, ולכן אין ברשותנו נתוני עומסים של מזהמים לשנת 2006.

המקורות הנקודתיים העיקריים של נוטריאנטים הם: המוצא הימי לביוב של עכו, מוצא הבוצה של המפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), המוצא הימי לשפכי מפעלי "אגן-כימיקלים" ובתי הזיקוק באזור אשדוד 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), ויתכן שבמידה מסוימת גם דליפה של מי תהום למימי החופין.

להלן הערכה כמותית גסה של מקורות הנוטריאנטים הידועים:

משקעים אטמוספיריים ⁴	ביוב עכו ³	מוצא ימי נהריה ³	מוצא ימי אלא ³	מוצא ימי הרצליה ³	מוצא ימי אשדוד ³	מוצא ימי לבוצת שפד"ן ³	נחלי החוף האחרים	נחל הקישון	נוטריאנט
5000	287	116	8.9	271	109 ⁶	3180	2177 ¹	679 ¹ 268 ²	חנקן טון/שנה
150	37	25	1.3	48	19	1712	452 ¹	68 ¹ 8 ²	זרחן טון/שנה

הערות לטבלה

- מבוסס רק על הממצאים בדוח זה (בהקשר לתרומת נחלי החוף ראה הערה 1 ב**טבלה 6**). הערכה זו כוללת את עומס החנקן והזרחן האי-אורגניים במרבית נחלי החוף (השנה גם ללא נחל לכיש).
- עומס החנקן והזרחן הכללי עפ"י ההזרמות לנחל הקישון, דוח ניטור שנתי 2006. רשות נחל הקישון, ספטמבר 2007.
- הערכים חושבו על סמך דיווחי המפעל למשרד להגנת הסביבה בשנת 2006.

4. 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, 2002; Herut et al., 1999).

לפי הנתונים שבטבלה, הכמות הידועה הכוללת של נוטריאנטים אשר מוחדרת מדי שנה למימי החופין ממקורות נקודתיים היא כ-6,600 טון חנקן וכ-2,400 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-40 תחנות לאורך החוף במהלך אוגוסט. בנוסף נדגמו במפרץ חיפה 14 תחנות ביולי ו-5 תחנות באוגוסט. דוגמאות מי שטח לבדיקת מיקרואצות נדגמו ב-16 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) (ראה הסבר ופירוט צילומי הלוויינים בנספח 4).

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

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

מחוץ למפרץ חיפה קיימים תנאים נוספים היכולים לעודד התפתחות פריחת מזיקות של אצות בנוכחות עודפי נוטריאנטים: שיכוב עמודת המים במשך חלק ניכר של השנה (המגביל את תחלופת

המים), טמפרטורת מים גבוהה, קרינת אור חזקה ונוכחות גורמי גידול, כגון מתכות ותרכובות אורגניות ממקורות זיהום שונים. על מנת להעריך את הפוטנציאל להתפתחות פריחת של אצות (ובכללן אצות מזיקות) במימי החופין כתוצאה מהעשרה בנוטריאנטים, מופו ריכוזי הנוטריאנטים והכלורופיל באזור הרדוד של מימי החופין.

נוטריאנטים

מפרץ חיפה: באזור שמול שפך נחל הקישון בדרום המפרץ נמצאו הריכוזים הגדולים ביותר של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, פוספאט וחומצה סיליצית). מאזור זה ריכוזי הנוטריאנטים פוחתים ככל שמתרחקים משפכי הנחל. המקור העיקרי של הזרחן והחנקן הוא הזרמות של מי קולחין ושפכי תעשיות הדשנים אל נחל הקישון. שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות, ובהתאם משפיעים על יחסי חנקן/זרחן במי המפרץ. מפרץ חיפה מאופיין בהעשרה של זרחן ביחס לחנקן בחלקו הצפוני לעומת העשרה של חנקן בחלקו הדרומי. בעבר גם בחלקו הדרומי של המפרץ הייתה העשרה יחסית בזרחן כתוצאה מהזרמה מסיבית של שפכים המכילים זרחן לנחל הקישון. בשנים האחרונות חל שינוי בהרכב ההזרמות לנחל, ובהתאם קטן הריכוז היחסי של זרחן בדרום המפרץ. ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח בנחל ונמל הקישון מראים יחסי חנקן/זרחן (אנאורגניים) גבוהים יחסית להרכב ההזרמות בשנות ה-90 (יחס $70 \sim 700$ בספטמבר 2006 לעומת יחס קטן מ-10 בשנות ה-90). לעומת זאת, יחסי חנקן/זרחן במי השטח בנחל נעמן היו ב-2006 קטנים מ-10.

תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2006 מוצגת ב**איור 28**. בד"כ ריכוזי הנוטריאנטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספאט והניטראט בתחום הרדוד של מימי החופין מוכתבת לפיכך בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני. במיוחד נראה שקיימת השפעה משמעותית של שפך נחל הירקון על ריכוזי הפוספאט והניטראט בים. זאת בהתאמה לדירוג נחל הירקון עם עומס פוספאט גדול יחסית לנחלי החוף האחרים (הזרמה של כ-364 ו-1461 טון זרחן וחנקן, בהתאמה, ב-2006, **טבלה 6**). בדומה לתפוצה בשנים קודמות ריכוזי הניטראט במים הרדודים היו גדולים יחסית מול שפך נחל תנינים. גם באזור אשקלון נצפתה העשרה. תפוצת ריכוזי החומצה הסיליצית מראה העשרה משמעותית מול שפך נחל תנינים, העשרה מסוימת מול שפך הירקון ובחלקו הדרומי ביותר של החוף (אזור אשקלון). בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של הרצליה נמצאה העשרה של פוספאט, אמוניום, ניטראט+ניטריט וחומצה סיליצית ($0.85, 6, 1.2$ ו- 2.7 מיקרומולר, בהתאמה) (לא נכלל ב**איור 28**).

כלורופיל

מדידות במים: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2006 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 28d**). הגרדיאנט החד של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה הרבה של החדרת חומרי דשן ממקורות

יבשתיים. קיימת העשרה של ריכוזי כלורופיל מול נחל הירקון (בסביבות $1 \mu\text{g/L}$), מול נחל תנינים (בסביבות $0.8 \mu\text{g/L}$) ומול נחל פולג. הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאוטרופים הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם.

תפוצת כלורופיל על סמך צילומי לוויינים

תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית ליבשה ועד קו עומק מים של 200 מטר), בערכים יחסיים (0-1), מוצגת באיור 29. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל. כמו כן, ניתן לראות בברור את השפעת המרחק מהחוף והמרחק מהדלתא של הנילוס על ריכוזי הכלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של מדף היבשה, ובמיוחד בחודשים מאי עד אוקטובר 2006. בנוסף, ייתכן שהעשרת כלורופיל באזור עזה - אשקלון נובעת מהזרמת ביוב מרצועת עזה. בעקבות ריבוי התשתיות (תחנות כוח, מתקני התפלה, כלובי דגים ועוד) בחלקו הדרומי של החוף, באזור אשדוד ואשקלון, פותחו כלים אינטרנטיים המאפשרים לצפות על אזורים אלו ברזולוציה גבוהה יותר.

במהלך 2006 נקלטו ועובדו במערכת ה-SISCAL 148 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1×1 ק"מ, 82 צילומי לוויין מסוג MERIS שמתוכם מעל 60 צילומים ברזולוציה גבוהה (300×300 מטר). כמו כן בסוף 2006 הותקנה תחנת קליטה של צילומי ה-MERIS במכון לחקר ימים ואגמים - דבר המאפשר קבלה ועיבוד של הצילומים כמעט בזמן אמת. במהלך השנה כוייל האלגוריתם של עומק סקי (secchi depth) באמצעות נתונים שנאספו בהפלגות במהלך 2005-2006 (נספח 4).

מאחר שזו שנת הפעילות השנייה של מערכת SISCAL (2005-2006) במסגרת תכנית הניטור הלאומי, נעשו אנליזות סינופטיות של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי), טמפרטורת פני הים ולאחרונה גם עומק סקי במדף היבשה של ישראל (נספח 4). מידע זה יאפשר מעקב סינופטי אחר שינויים עונתיים ורב-שנתיים של מאפייני המים, תוך איתור והערכת השפעתם של מקורות יבשתיים על איכות המים.

בתחילת 2006 (ינואר – מרץ) ריכוזי הכלורופיל היו קטנים משמעותית, למעט בסמוך למספר מוקדים קרובים לחוף: מפרץ חיפה, אשדוד ואשקלון. בחודש מרץ ניתן להבחין בתחילת ההשפעה של דלתת הנילוס המעלה את ריכוזי הכלורופיל בסמוך לחוף בדרום המדינה. עלייה זו מגיעה לשיאה במהלך חודש אפריל ומשפיעה כמעט על כל מדף היבשה. בחודשים מאי-אוקטובר (למעט בחודש אוגוסט) יש ירידה בערכי הכלורופיל במימי החופין. בחודש אוקטובר ניתן להבחין בעלייה בערכים בדרום המדינה בקריבת החוף. בחודש נובמבר יש עלייה חזקה בריכוזי הכלורופיל בכל מדף היבשה, ובחודש דצמבר מתחילה ירידה בערכים.

בשנת 2006 ניתן לזהות כמעט לאורך כל חודשי השנה מוקדים בהם ערכי כלורופיל גדולים יחסית לרקע. הבולט שבהם הוא מפרץ חיפה ולאחריו האזור צפונית לנמל אשדוד. באזורים אלו נעשתה

אנליזה באמצעות צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR), והערכים המוצגים באיור 30 התקבלו באמצעות הפעלת אלגוריתם חדש המושפע מפרורוסנציה של הכלורופיל. הערכים המוצגים עדיין לא מכויילים וניתנים כערכים יחסיים.

מפרץ חיפה: באיור 30 מוצגות אנליזות של ריכוזי כלורופיל מצילומי לוויין ברזולוציה גבוהה מחודשים פברואר, מרץ, אפריל, מאי, ספטמבר ואוקטובר 2006. ניתן להבחין בברור בהשפעת שפך נחל הקישון על תפוצת הכלורופיל במפרץ חיפה וסביבתו. תפוצת כתמי הכלורופיל (הפיטופלנקטון) מושפעת מהזרמים והרוחות במפרץ ונצפית עד צפונית לעכו (פברואר 2006) ולעיתים עד ראש כרמל (ספטמבר 2006). המקור הנקודתי השני במפרץ הוא שפך נחל הנעמן המשפיע על סביבתו הקרובה, בעיקר בחודשי החורף כאשר עצמת הזרימה בו גדולה יותר.

אשדוד-פלמחים: במספר רב של צילומי לוויין במהלך 2006 (**איור 31**) ניתן לראות מוקד של ריכוזי כלורופיל גבוהים יחסית הנמצא בקרבת תחנת הכוח צפונית לנמל אשדוד. השפעת מוקד זה על הסביבה הרחוקה ניתן לראות בתמונות מחודשים פברואר, אוגוסט וספטמבר. מקור נוסף הוא שפך נחל שורק שהשפעתו על הסביבה נראתה בעיקר בפברואר 2006. ערכי כלורופיל גבוהים יחסית לסביבה נמדדו גם במוצא צינור השפך בחודש ספטמבר.

אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו, האצות סווגו לשתי קבוצות גודל: 1. אצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ וכוללים בתוכם את הפיקופלנקטון, שחולק בדוח לשתי קבוצות: א. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus*. ב. אצות אאוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$; 2. אצות גדולות מ- $5\mu\text{m}$ וכוללים את הננופלנקטון והמיקרופלנקטון ובהם הדינופלגלטים והצורניות, ובנוסף פלגלטים מקבוצות שונות. בקבוצת הדינופלגלטים נמצאו מינים הידועים כיוצרי פריחת כמו *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca* ו-*Gonyaulax polygramma*. בקבוצה זו נמצאו גם מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים לצדפות ודגים כמו המין *Gymnodinium sanguineum*, שהופיע בריכוזים נמוכים יחסית לשנה קודמת, המין *Prorocentrum minimum*, שהופיע בריכוז בינוני בתחנות הדרומיות שורק ואשקלון, המין *Ostreopsis siamensis*, המופיע בדרך כלל בריכוז קטן מאוד בעיקר בתחנות אלכסנדר ותנינים והמין *Dinophysis rotundata*, שהופיע בעיקר במפרץ חיפה.

פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* ומקבוצת ה-*Prasinophyceae* המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יחסית הופיעו בתחנה הרדודה במפרץ חיפה בלבד.

בקבוצת הצורניות נצפתה עלייה בביומסה יחסית לשנה קודמת בכל התחנות, מלבד בתחנת אשקלון, בה ריכוז הצורניות היה אמנם גבוה יחסית לתחנות האחרות אך נמוך משנה קודמת, שבה הייתה פריחת צורניות בתחנה זו. מבין הצורניות בלטה פריחה של המין *Cylindrotheca closterium* בעכו ושל הצורנית הקטנה *Thalassiosira pseudonana* בתחנה הרדודה ביותר (HB5) במפרץ חיפה.

בפתח נמל הקישון בדיגום אוקטובר פרחו מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$, ומבין הצורניות הופיעה בריכוז גבוה יחסית הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, מין שכיה בתחנה זו. בדיגום מאי נצפתה בפתח הקישון פריחה מסיבית של צורניות מהסוג *Chaetoceros*, שהיוו 65% מהביומסה הכללית בתחנה זו.

אצות במפרץ חיפה – ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בתחנה הרדודה (HB5), הסמוכה לתחנת פתח הקישון, ובתחנה הקרובה אליה (HB4) (איור 32). ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בתחנה הקרובה לפתח הקישון (HB5) ובפתח הקישון ונמצאו גבוהים יחסית גם בתחנה HB4 ובעכו. בשתי התחנות העמוקות בחלקו המערבי של המפרץ, הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו נמוכים ודומים לאלו של התחנות העמוקות לאורך החוף. תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus* היוו 99% מריכוז התאים הכללי בחלקו המערבי העמוק של המפרץ (איור 33). עם ההתקרבות לכיוון שפך נחל הקישון, הריכוז באחוזים של כחוליות אלה קטן באופן הדרגתי עד לשיעור של 51% מהריכוז הכללי של התאים. בשפך הנעמן היוו תאי הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. 94% מריכוז התאים הכללי, בהבדל משנה קודמת בה הם היוו 55% בלבד.

ביומסת הכחוליות עלתה עם ההתקרבות לשפך הקישון אך בפתח הקישון היא שוב ירדה (איור 34). לעומת זאת שיעור ביומסת הכחוליות באחוזים מכלל ביומסת המיקרופלנקטון קטנה בהדרגה, משיעור של 80% בתחנות העמוקות במפרץ לשיעור של 7% בפתח הקישון (איור 33). הביומסה של קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$, כמו גם שיעורה היחסי באחוזים יחסית לכלל ביומסת המיקרופלנקטון, עלתה בתחנות הרדודות בדרום המפרץ ובפתח הקישון (איורים 33, 34).

מלבד העלייה בביומסת הכחוליות והאצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ בתחנות הרדודות יותר במפרץ, נצפתה גם עלייה בביומסת הצורניות (איור 35). בתחנה HB5 נצפתה פריחה של הצורנית הקטנה *Thalassiosira pseudonana*, בתחנה הקרובה לשפך הנעמן (HB2) נצפתה פריחה של הצורנית *Cylindrotheca closterium*. בשתי התחנות נצפתה בנוסף עלייה בריכוז הדינופלגלטים ובביומסה שלהם (איור 34) שהיו הגבוהים ביותר במפרץ. מגוון מיני הדינופלגלטים במפרץ השתנה במעבר מהים הפתוח לכיוון שפך נחל הקישון, כפי שנמצא בשנים קודמות. בשתי התחנות הקרובות לים הפתוח מספר מיני הדינופלגלטים שנצפה היה פי 2 ממספרם בתחנות הקרובות לפתח הקישון ופי 3 מתחנת פתח הקישון (טבלה 7). קרוב לפתח הקישון הופיעו בריכוזים גבוהים יותר מינים יוצרי פריחות כמו: *Ceratium*, *Prorocentrum micans*, *Gonyaulax polygramma*, *furca* ומין מהסוג *Gymnodinium*, הניזון מתאי *Cryptomonas* sp. והשכיח בתחנת שפך הקישון. לעומת זאת בתחנה הרחוקה מהנמל מינים אלה הופיעו בריכוזים קטנים יותר או שנעדרו בחלקם והופיעו מינים שנעדרו מהנמל, כמו מיני *Oxytoxum* שונים: *O. scolpax*, *O. laticeps* ו- *O. variabile*, מיני *Ceratium* שונים כגון: *C. teres*, *C. candelabrum*, שאינם שכיחים ומופיעים במים העמוקים יותר גם לאורך החוף ומינים נוספים אחרים (טבלה 7).

כמו בשנים קודמות, בתחנה הקרובה לשפך נחל הקישון ובתחנת השפך עצמו הופיע המין *Cryptomonas* sp. הסביל למליחויות קטנות ממי-ים והמאפיין את מורד נחל הקישון. בחודשים יולי ואוקטובר 2006 נדגמו מים בתחנה בפתח נמל הקישון במסגרת סקר שנעשה עבור רשות נחל הקישון. ערכי הביומסה שהתקבלו בשני הדיגומים מאפיינים מים איאורופיים. בדומה לממצאי שנים קודמות, ביומסת התאים באוקטובר הייתה קטנה משמעותית יחסית ליולי (או מאי בשנים קודמות) (איור 36). בשלוש השנים האחרונות הביומסה בפתח הקישון גדולה יחסית לשאר תחנות המפרץ והתחנות לאורך החוף. בדיגום 2006 הביומסה בתחנה HB5 נמצאה באופן יוצא דופן גבוהה מזו של תחנת פתח הקישון בדיגום אוקטובר 2006 (איור 36). בדיגום יולי האצות הצורניות שלטו מספרית בפתח הנמל בדומה לדיגומי מאי 2004 ו-2005 והיו 80% מהביומסה הכללית. הצורניות ששלטו בתחנה זו היו מהסוג *Chetoceros* spp., והן היו 65% מביומסת הצורניות בתחנה זו. באוקטובר עיקר הביומסה הייתה של מיקרואצות קטנות מ- $5\mu m$, שהיו 70% מהביומסה הכללית (איור 34). לעומת זאת, בשנתיים קודמות היו הצורניות את עיקר הביומסה בחודש זה.

אצות לאורך מדף היבשת - ריכוז תאי המיקרופלנקטון, הביומסה וריכוזי הכלורופיל היו גדולים במרבית התחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 32). לאורך החוף שלטו מספרית תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus*, שהיו בממוצע 93% מכלל תאי המיקרופלנקטון, בדומה לשנה קודמת (איור 33). כחוליות אלה היו כ-55% בממוצע מהביומסה הכללית בתחנות העמוקות לעומת 40% בממוצע בתחנות הרדודות (איור 34). ביומסת האצות הצורניות נמצאה גדולה יותר השנה בהשוואה לשנה שעברה (להוציא תחנת אשקלון). ביומסת הצורניות בתחנות הרדודות בחוף דדו ובאשקלון הייתה גבוהה פי 5 מזו שבתחנות הרדודות האחרות לאורך החוף (איור 37). בתחנת אשקלון נצפתה גם בשנה שעברה ביומסת צורניות גבוהה באופן יחסי. מבין הצורניות מיני *Chaetoceros* spp. היו השכיחים ביותר במיוחד בתחנה הרדודה באשקלון. מינים מהסוג *Pseudonitzschia*, שבחלקם הם בעלי פוטנציאל לייצור רעלנים, היו שכיחים בעיקר בתחנה הרדודה בחוף דדו שם היו 90% מביומסת הצורניות. צורנית גדולה מהמין *Rhizosolenia calcar-avis* הופיעה באופן יוצא דופן בכל התחנות ובמספרים גבוהים יחסית לדיגומים קודמים והיוותה חלק ניכר מביומסת הצורניות.

בניגוד לצורניות, ביומסת הדינופלגלטים ירדה בממוצע בהשוואה לשנה קודמת. בשלוש התחנות הצפוניות (חוף דדו – תנינים) הביומסה נמצאה דומה, ואילו בתחנות הדרומיות (ירקון – אשקלון) היא הייתה נמוכה יותר. מבין הדינופלגלטים המינים הקטנים (עד $15\mu m$) היו כ-53% מביומסת הדינופלגלטים. המין *Prorocentrum minimum*, הידוע כיוצר פריחות רעילות, הופיע בריכוזים גבוהים יחסית לשנה קודמת (לא בפריחה) ובעיקר בתחנות הדרומיות יותר. גם המין *Ceratium kofoidii* הופיע בריכוזים גבוהים יותר בתחנות הדרומיות (בתחנות העמוקות בריכוז גבוה יותר). מיני *Prorocentrum* שונים היו שכיחים בכל התחנות. מבין הדינופלגלטים נמצאו קבוצות ומינים המאפיינים את המים הרדודים כמו *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans*, מיני *Prorocentrum* שונים והמין *Diplosalis* sp. במים העמוקים נמצאו מינים אחרים באופן

בלעדי או בריכוז גבוה יותר כמו המינים: *Ceratium candelabrum*, *Pronoctiluca spinifera*, *Ceratium teres* ומיני *Oxytoxum* שונים. בתחנה הרדודה בירקון נמצא ריכוז גבוה מאד של מיקרואצות בגודל $2\mu\text{m}$, שתרמו משמעותית לביומסה (**איור 37**), והיוו בתחנה זו 82% מהביומסה הכללית (**איור 34**). בתחנה הרדודה בתנינים בלבד הופיע מגוון גדול של אצות מקבוצת הירוקות המאפיינות מים בעלי מליחות נמוכה כמו: מיני *Scenedesmus* spp. שונים, מיני *Oocystis* spp., המין *Coleastrum microporum*, המין *Pediastrum tetras* ועוד. הופיעו מספר מינים מהבקטריות הכחוליות (קבוצת ה-Cyanobacteria): מהכחוליות החוטיות הופיעו מיני *Oscillatoria* spp. שונים והמין *Calothrix* sp., מהכחוליות החד-תאיות המושבתיות הופיעו מיני *Merismopedia* spp. שונים ומיני *Microcystis* spp. שונים, שהנפוץ בהם היה *Microcystis aeruginosa* שהוא בעל פוטנציאל ליצור טוקסינים. בהבדל משנה שעברה, שבה מגוון מיני אצות אלה, המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה הופיעו בשני העומקים בתנינים ובתחנה העמוקה באלכסנדר, השנה מינים אלה הופיעו בתחנה הרדודה בלבד בתנינים. מינים אלה תרמו משמעותית למגוון המינים בתנינים, אך תרומתם לביומסה שולית בלבד.

מגמות בזמן ובמרחב (2001 – 2006)

אצות במפרץ חיפה – קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול הביומסה וריכוז הכלורופיל מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (**איור 38**). גם הרכב המינים משתנה בכיוון זה, כאשר קרוב לשפך מופיעים מיני צורניות קטנות בריכוז גבוה, מיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים בריכוז גבוה יחסית ומיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר. שיעור הכחוליות באחוזים מהביומסה הכללית גבוה בעומק המפרץ ויורד עם ההתקדמות לכיוון שפך הקישון. למרות קיומם של הבדלים בפרמטרים אלה בין השנים, נראה שהמגמה של השינוי המרחבי נשמרת בדרך כלל.

בהשוואה עם ממוצעי הביומסה בשנים 2002-2006 (**איור 38**) נמצאה השנה עלייה חדה בביומסה בתחנות הרדודות הקרובות לפתח הקישון, HB5 ו-HB4, לעומת ירידה בביומסה בתחנת פתח הקישון בשני הדיגומים. בשתי התחנות העמוקות של המפרץ ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נשארים נמוכים וקבועים לאורך השנים.

אצות לאורך מדף היבשת – קיימת מגמה רב-שנתית שמראה ביומסה של מיקרופלנקטון גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות לאורך החוף (**איור 39**). ב-2006 הביומסה הכללית במים הרדודים הייתה דומה לשנה קודמת, ואילו במים העמוקים חלה ירידה מסוימת בביומסה. באופן כללי לא נמצא הבדל מובהק בממוצע הביומסה של התחנות הרדודות או העמוקות ב-5 השנים האחרונות. ממוצע הביומסה של המיקרופלנקטון בתחנות הרדודות לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה גדול יותר באופן מובהק באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) מאשר בחלקו הצפוני של החוף (**איור 40**). מגמה זו הוכתבה בעיקר ע"י תפוצת הדינופלגלטים והצורניות, שהראתה גידול של הביומסה כלפי דרום. מגמה זו נצפתה הן בתחנות המים הרדודים והן בתחנות המים העמוקים יותר.

העלייה בביומסת הצורניות לעומת ירידה בביומסת הדינופלגלטים השנה הביאה לירידה גדולה ביחס הפלגלטים לצורניות יחסית לשנים קודמות, כך שלא ניתן להצביע על מגמה כלשהי במאפיין זה.

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 לדוגמא בפתח נמל הקישון. במים אוליגוטרופיים מגוון המינים בד"כ גדול הרבה יותר. השינויים במאסף המיקרואצות לאורך החוף הוערכו באמצעות "אינדקס השונות", המחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של ביומסת התאים. ממוצע אינדקס השונות נמצא גדול יותר באופן מובהק בתחנות העומק יחסית לתחנות הרדודות וכלפי צפון בחתך לאורך החוף (איור 41). אינדקס השונות קטן לכיוון פנים מפרץ חיפה, ונמצא קטן במיוחד בתחנת פתח הקישון. אינדקס השונות הממוצע קטן באופן מובהק בתחנות הרדודות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2006, יחסית לתחנות הצפוניות יותר. מול הירקון נמצא גם השנה מגוון המינים הקטן ביותר יחסית ליתר התחנות לאורך החוף (לא כולל מפרץ חיפה). מול נחל תנינים נמצא בכל הדיגומים מגוון מינים גדול יחסית עקב כניסה של מיני אצות המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יותר. אזור זה מושפע ככל הנראה גם מהזרמות של שפכי בריכות דגים. כללית, נמצאו שינויים באינדקס השונות יחסית לשנה קודמת. במפרץ חיפה אינדקס השונות ירד בתחנות HB5 ו-HB4, עלה בתחנה העמוקה ביותר במפרץ, וכמעט לא השתנה בתחנות האחרות. בתחנות הרדודות לאורך החוף הוא נשאר קבוע בחוף דדו ובירקון ועלה ביתר התחנות. אינדקס השונות ירד בכל התחנות העמוקות מלבד תנינים, בה נשאר קבוע, ותחנת אשקלון בה הוא עלה.

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 ובעכו, 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 איאוטרופיקציה של המים בכל שנות הדיגום בתחנות הסמוכות לשפך הקישון.

אוכלוסיות חי הקרקעית

הרכב חברות חי הקרקעית (infauna) נבדק ב-4 תחנות במפרץ חיפה (3 תחנות בעומק 9 מ' לערך - נעמן, פרוטארום וקריית חיים, ותחנה אחת - מול מוצא הקישון, בעומק 11.2 מ') ו-10 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לאשקלון, בעומק מים של כ-9.7-14.7 מ' (חוף דדו, צפון עתלית, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק, לכיש, מול אשקלון ובאתר המוצא של קולחי הרצליה). בסה"כ נאספו, מוינו ונספרו 56,864 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות Spionidae, Syllidae, סרטנאים מהסוגים *Longipedia*, *Canuella*, *Canuellina*, *Scottolana* מן ה-Calanoida ו-Tanaidacea, סרטן הנזיר, נזירון מתגושש *Diogenes pugilator* והצדפה אורית חלבית *Loripes lacteus*.

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בטבלה 8. במרבית תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים.

קיבוצי חי המצע (הקרקעית) הם אוספי מינים בעלי תפוצה ייחודית משום שכל מין מגיב למערכת הגדרות סביבתית ייחודית. כאשר התנאים ההידרולוגיים דומים ובהעדר השפעות אנתרופוגניות, אופי המצע, העומק והטמפרטורה קובעים במידה רבה את הרכב חברות החי בסביבתן הטבעית. בדרך כלל, אופי המצע הוא הגורם המכריע. גם בטווח עומקים קטן אנו מוצאים הבדלים בגודל גרגר המשפיעים על הרכב החי, ואנו רואים זאת בברור בדגימות לאורך חתך ניצב לחוף מול אשקלון. הדגימות הרדודות יותר בחתך (תחנות H28.1, H28.2; 7.6, 8-9 מ' עומק מים, בהתאמה) דומות בהרכב חי המצע זו לזו וכך גם הדגימות העמוקות יותר (תחנות H28.2, H28.3; 12, 14.7 מ' עומק מים, בהתאמה).

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 להשאר גבוה. תולעים רב-זיפיות ממשפחות מסוימות מהוות סמנים (indicators) להעשרה אורגנית, משום שהן יצורים אופורטוניסטים המצויים בכמויות גדולות יותר באזורים מופרעים.

הדגימות שנאספו באזור עכו (נעמן, פרוטארום) ומול נחל הקישון היו העשירות ביותר במספר הפרטים: 4211, 1840 ו-2642 פרטים בממוצע, בהתאמה, כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית. תוצאות אלו אינן מעידות על העשרה אורגנית גדולה יותר ליד עכו, משום שדגימות הקישון נאספו במרחק גדול יותר ממוצא הנחל. סביר להניח שנחל הקישון הוא התורם העיקרי להעשרה אורגנית במפרץ חיפה. השערה זו נתמכת גם ע"י המשקל היחסי הגדול יותר של תולעים

בכלל החי באזור שפך הקישון, במיוחד ממשפחת ה-*Capitellidae* (איור 42). מחוץ למפרץ חיפה, מספר הפרטים הממוצע בדגימות שנאספו בתחנות מול פולג ואשקלון (H28.3), המייצגות עומק מים גדול יותר, היה גדול יותר יחסית לשאר החוף (1313 ו-1140 פרטים בהתאמה), אם כי מספר התולעים הרב-זיפיות היה יחסית קטן.

התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של פרטים ומינים הן (בסדר יורד): נעמן, קישון, פרוטארום, פולג, ואשקלון (H28.3). המספרים הנמוכים ביותר נמצאו בחוף דדו, נחל אלכסנדר, הרצליה, ושתי התחנות הרדודות באשקלון (H28.1, H28). ערכי ביניים נמצאו מול קריית חיים, עתלית, נחל תנינים, נחל ירקון, נחל שורק ואשדוד (איור 43). היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג באיור 44. בנעמן, אשדוד ואשקלון (H28.1) היוו התולעים כרבע ממספר הפרטים שנאספו. חלקן היחסי של התולעים היה הקטן ביותר בעתלית. היחס בין מספר פרטי התולעים לבין כלל הפרטים יכול לשמש כמדד למידת ההעשרה של חומר אורגני. בסדר גודל יורד יחס זה בתחנות הדיגום לאורך החוף הוא: אלכסנדר < קישון < אשדוד < אשקלון (H28.1) < נעמן < קריית חיים < ירקון < אשקלון א', ג' < חוף דדו < שורק < פרוטארום < תנינים < פולג < אשקלון (H28.3) < עתלית (איור 44). אולם כדי לקבל מדד מדויק יותר אנו משקללים גם את מספר המינים ומספר הפרטים (איור 43).

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאונסיסטית דומה. שיטות המיון שנבחרו הן אגד היררכיאל (clustering) (איור 45) ופסיקה (ordination) (איור 46). קיבוץ היררכיאל של הנתונים נעשה בנתונים שעברו טרנספורמציה של פעמיים שורש מרובע באמצעות מקדם דמיון Bray-Curtis, היעיל לסקירת חברות ימיות בהיותו חסר רגישות לערכים גבוהים [FAO, 1992]. Multi Dimensional Scaling - MDS היא השיטה המועדפת בשיטות הפסיקה במחקרים העוסקים בהפרעות סביבתיות, ונבדקת באמצעות התוכנה Plymouth, Primer 5.

Routine In Multivariate Ecological Research

השוואה בין חברת חי המצע בתחנות הניטור הלאומי ותחנות מייצגות באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד (תחנות 1, 5, 7) מראה שהתחנות בקרבת המוצא הימי מצויות בין תחנות מפרץ חיפה, העשיר ביותר בתולעים, לבין התחנה מול שפך נחל שורק (איור 45).

במהלך הדיגום בשנת 2005 נאספו בתחנה הסמוכה לפתח הקישון ונמל חיפה מספר פרטים של סרטנאים מן ה-Cumacea אשר הוגדרו במהלך השנה החולפת. התברר שאלו פרטים של *Scherocumella gurneyi*, מהגר מים סוף שהיה ידוע קודם לכן גם מתעלת סואץ, אולם אלו הפרטים הראשונים שהתגלו בים התיכון. כן תואר מין חדש למדע, *Eocuma rosae*, שגם הוא כנראה מהגר ים-סופי (ראה נספח 6). אנו יודעים שמינים מהגרים נמצאים לעיתים קרובות בסביבות פגועות, ועל כן אין לתמוה שנמצאו באזור זה של המפרץ.

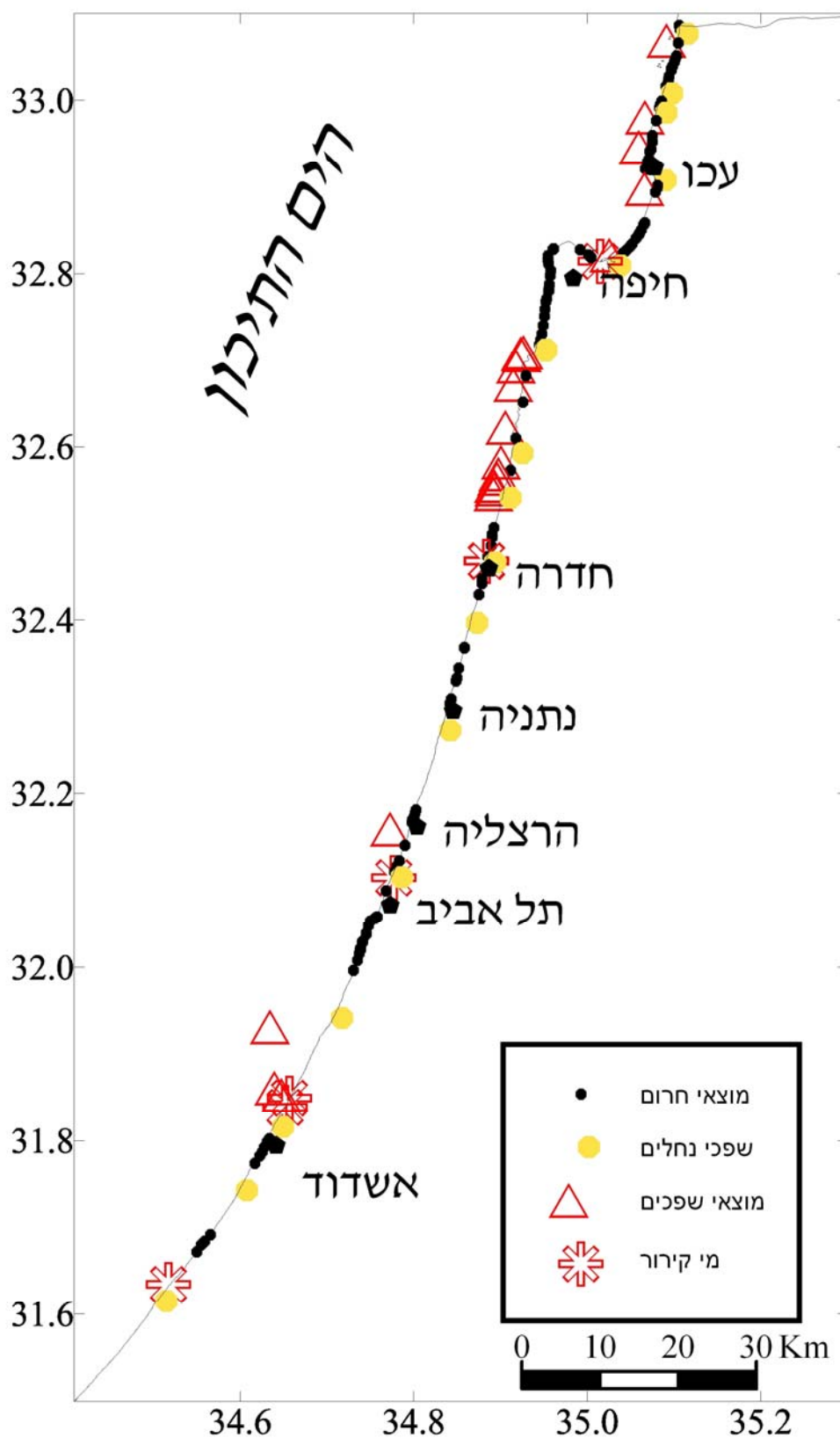
ההרחבה והעמקה של תעלת סואץ בשנים האחרונות הביאו להגברת מהירות הזרמים בתעלה וייתכן שהסרטנאים הללו הוסעו על ידי הזרמים והגיעו למפרץ חיפה.

- 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.

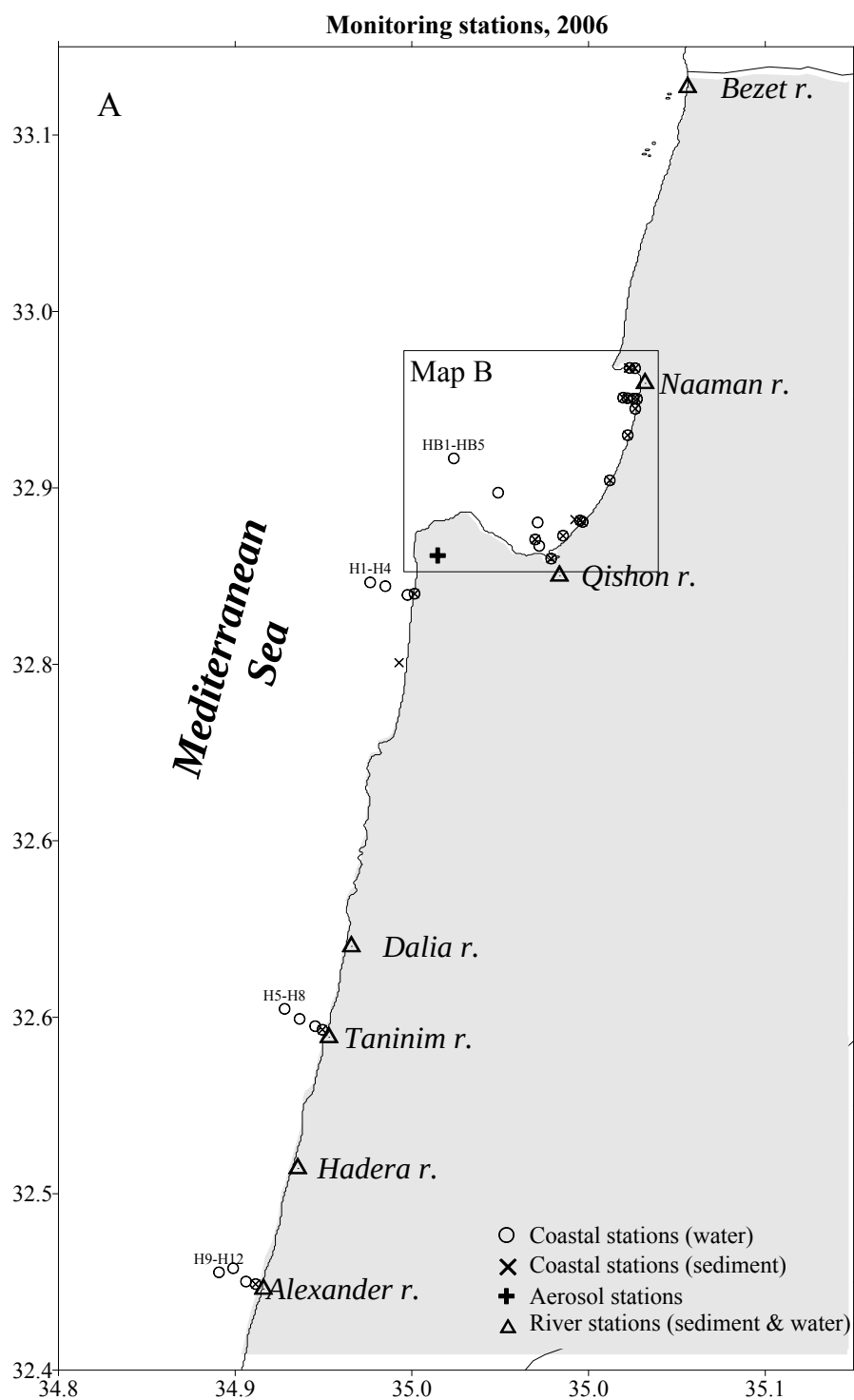
Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19, 81-97.

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

דוח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003), המשרד לאיכות הסביבה (2004).
קריס נ' גורדון נ' חרות ב', 2007. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דוח לניטור אוקטובר 2006. מוגש לרשות נחל הקישון.. דוח חיא"ל H15/2007.
קריס, נ', גליל, ב', שהם פרידל, א', 2007. השפעת בוצה משופעלת על הסביבה הימית תוצאות הניטורים שנערכו בשנת 2006 באזור המוצא הימי של השפד"ן. מוגש ל"מי אזור דן" אגודת מים שיתופית חקלאית בע"מ. דוח חיא"ל H18/2007.
שהם-פרידל, א', קריס, נ', גליל, ב', 2007. ניטור במוצא הימי של שפכי המפעלים אגן יצרני כימיקלים בע"מ ובתי זיקוק לנפט בע"מ (אשדוד). דוח סופי לדיגומי 2006, מוגש לאגן יצרני כימיקלים בע"מ ולבתי זיקוק לנפט אשדוד בע"מ. דוח חיא"ל H21/2007.
תקנות בריאות העם – איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000.
"תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל" המשרד לאיכות הסביבה, אוגוסט 2002.
הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל-נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.
דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2005 (רשות הטבע והגנים, 2006).
רשות נחל הקישון דוח מסכם לשנת 2006, ספטמבר 2007.

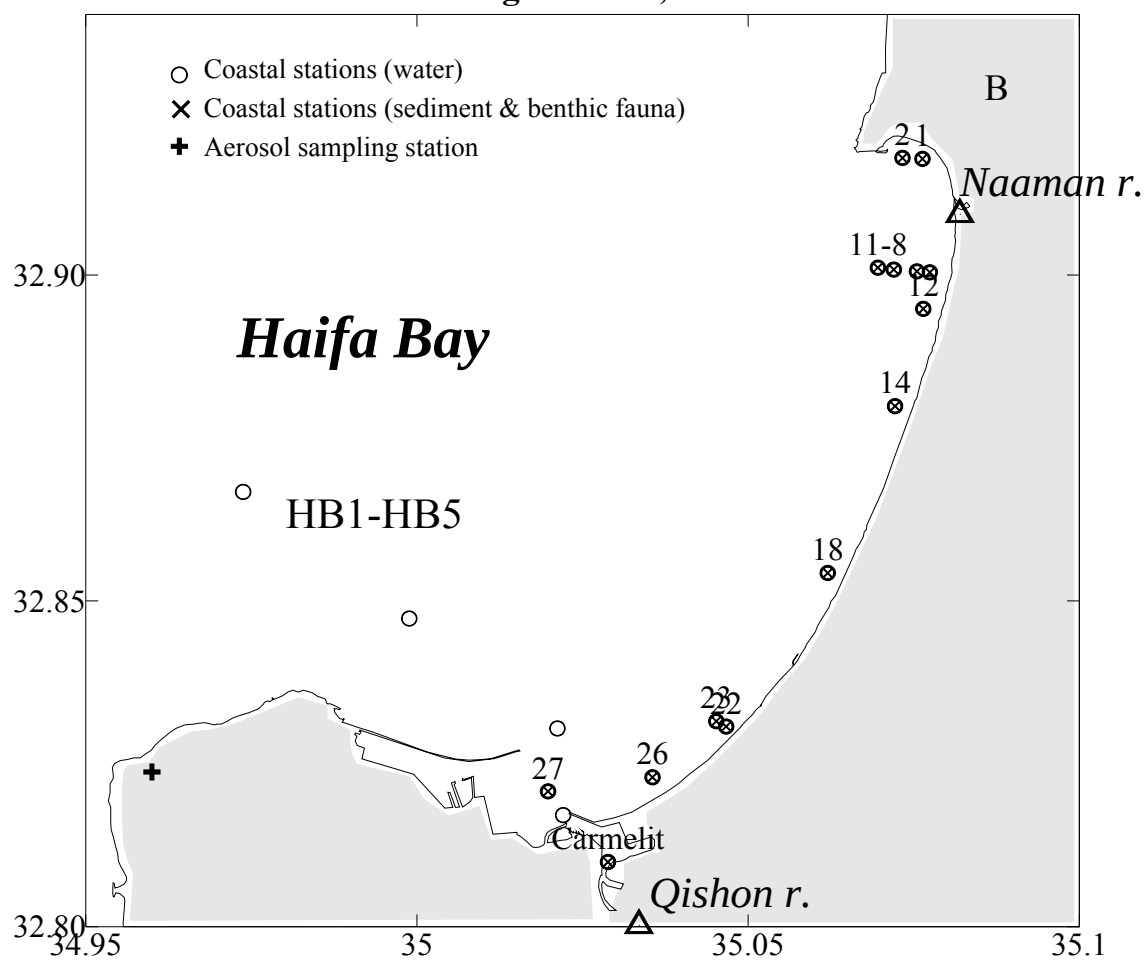


איור 1: מפת מוצאי חירום ושפכים ממקורות יבשתיים.

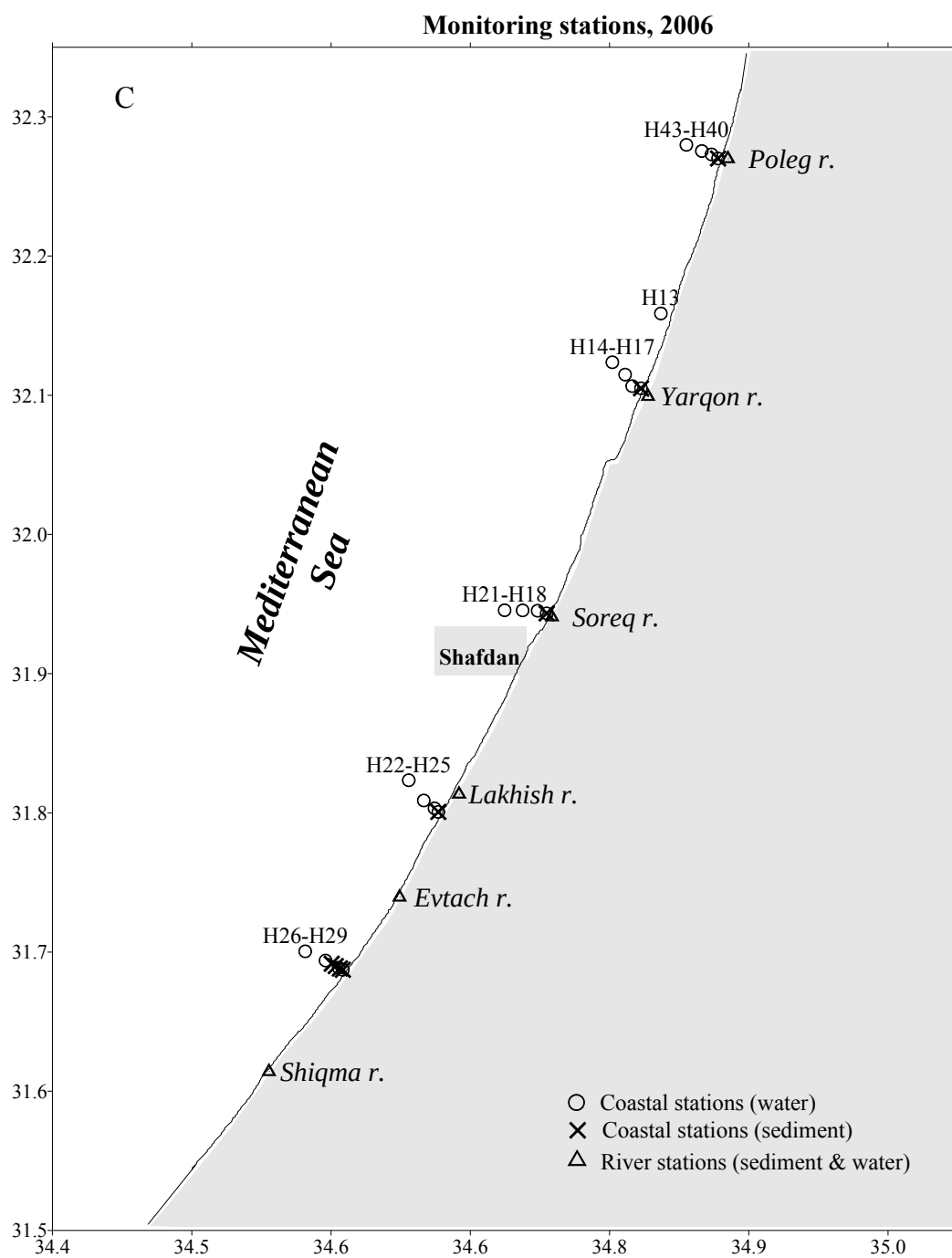


איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף A) – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד"ן.

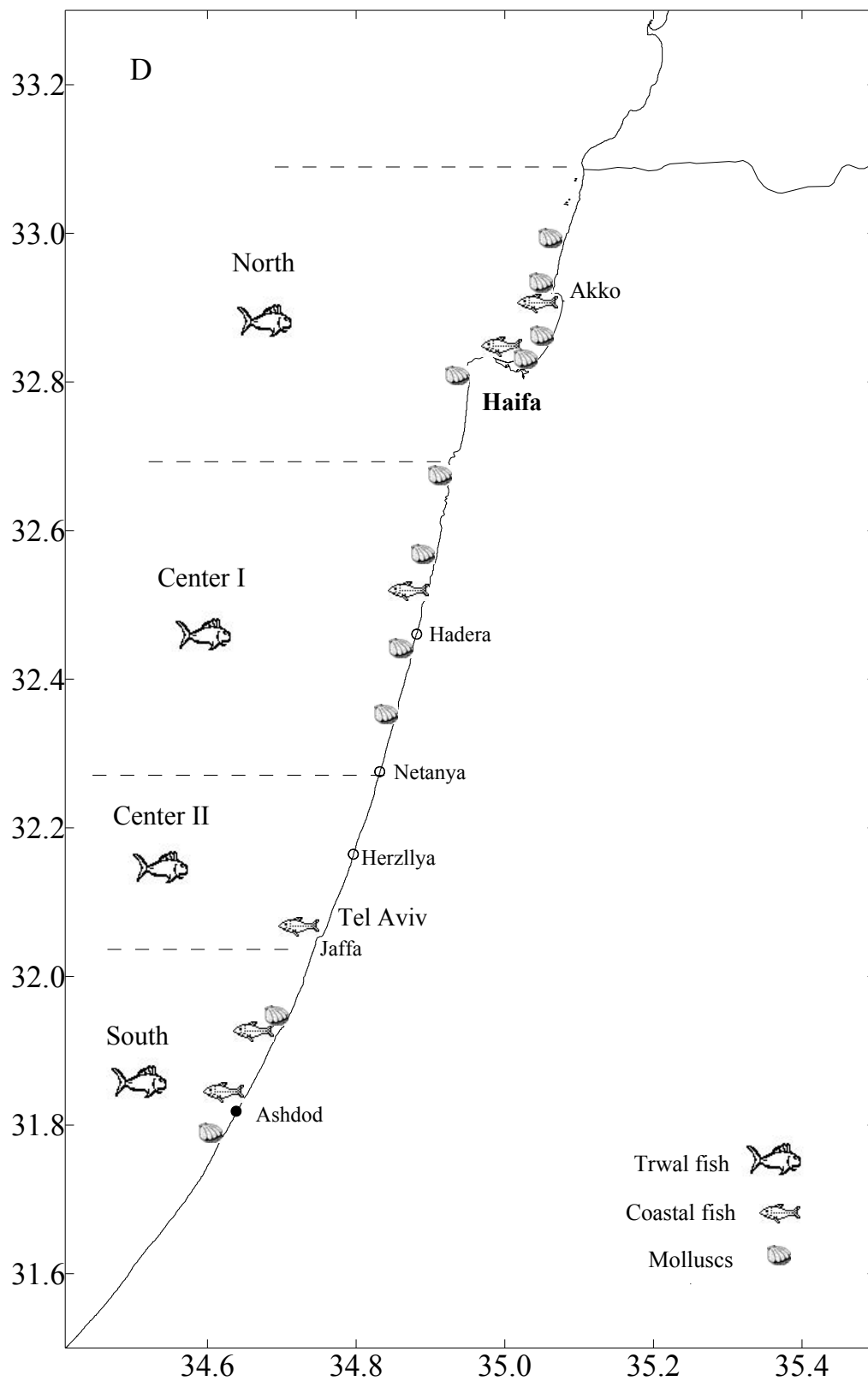
Monitoring stations, 2006



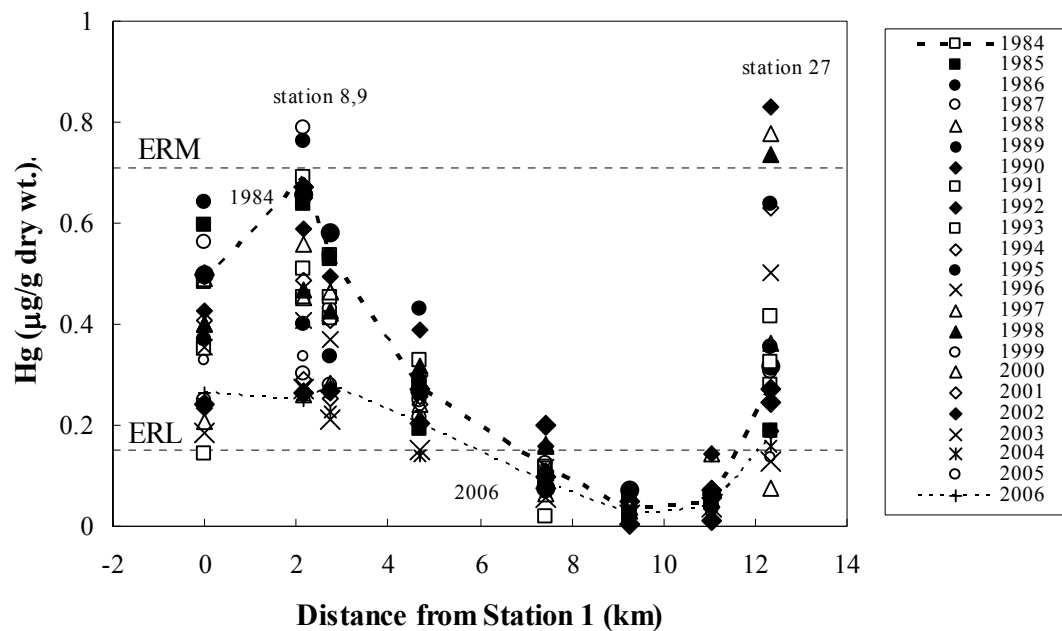
איור 2 : המשך



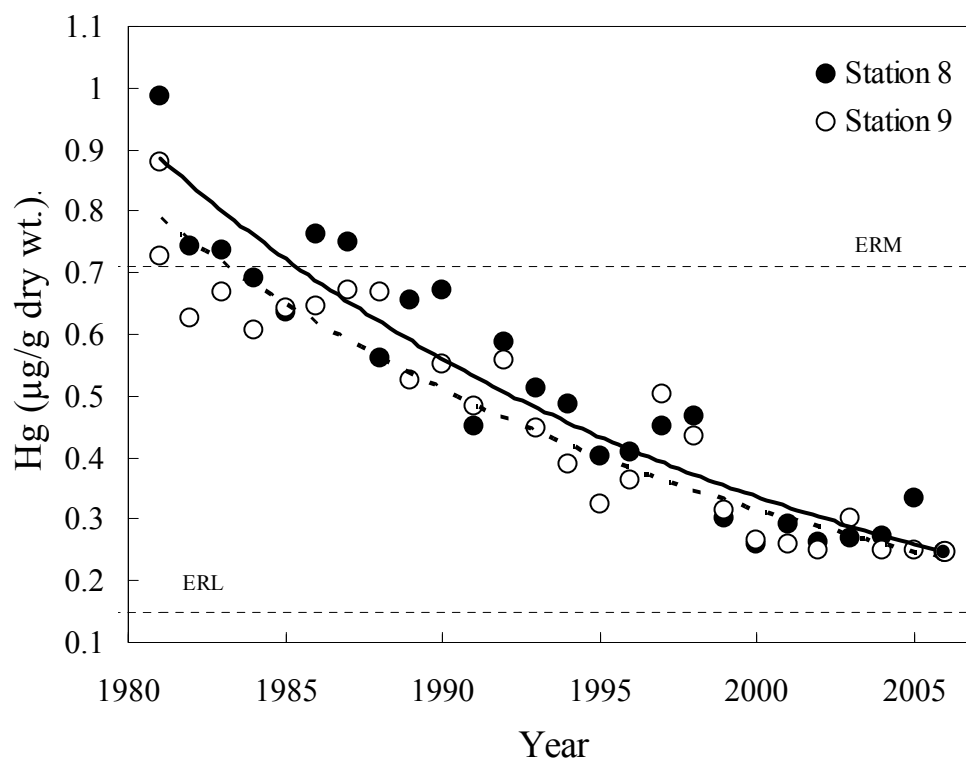
איור 2 : המשך



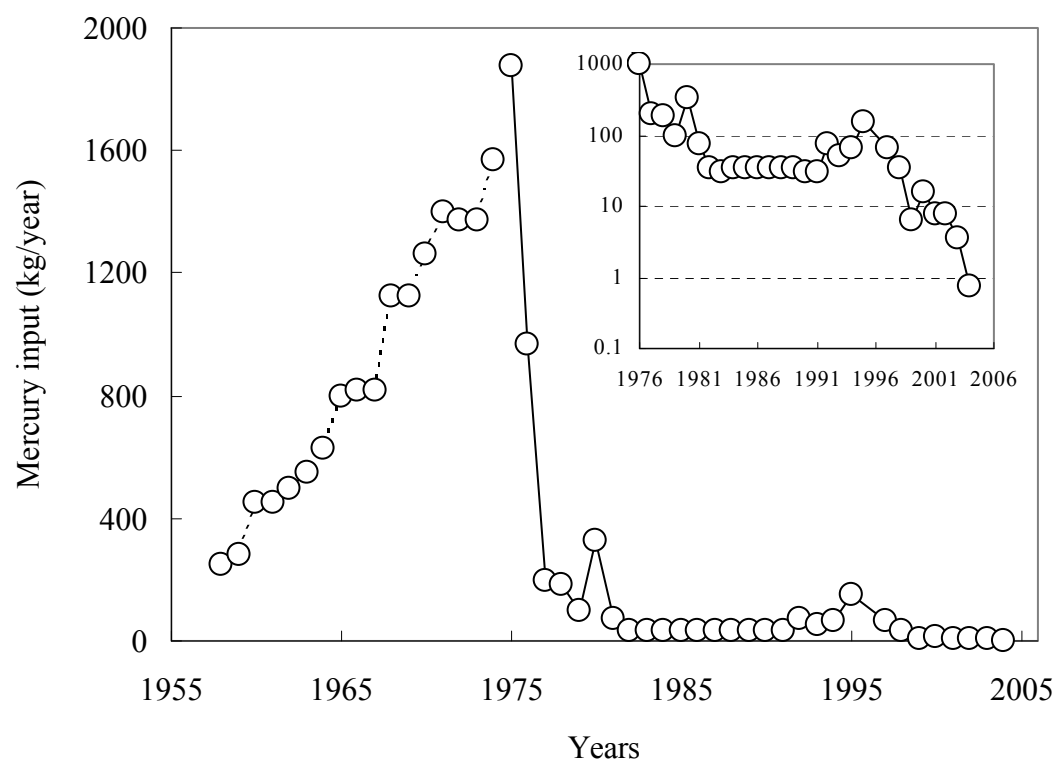
איור 2 : המשך



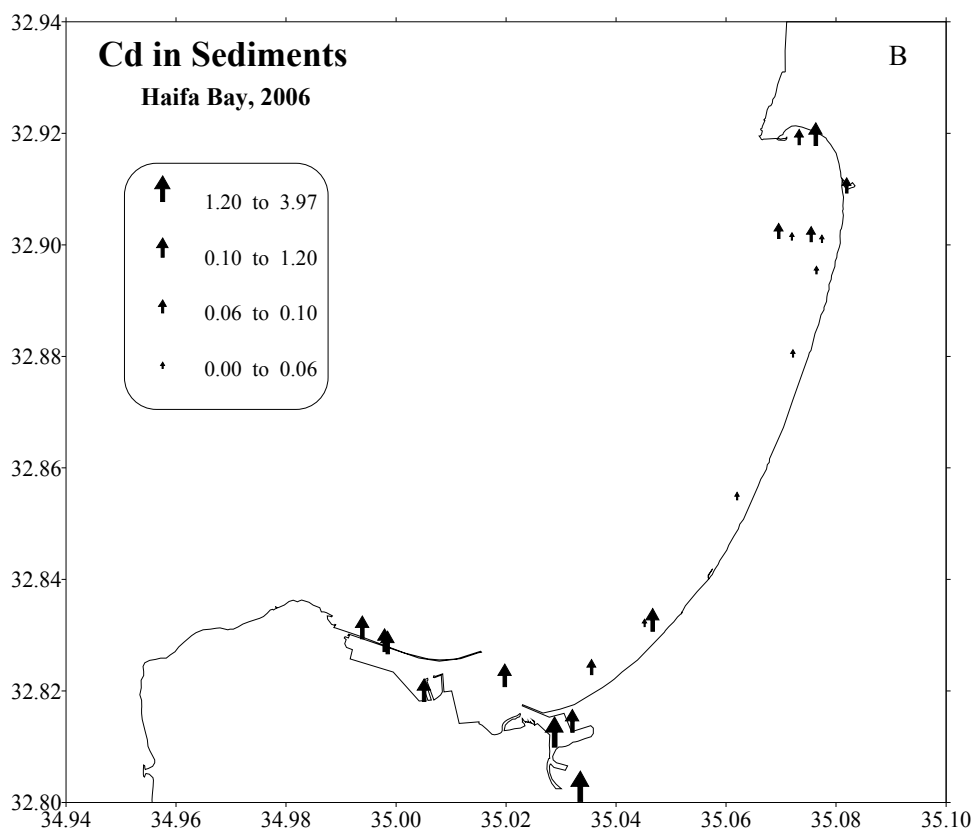
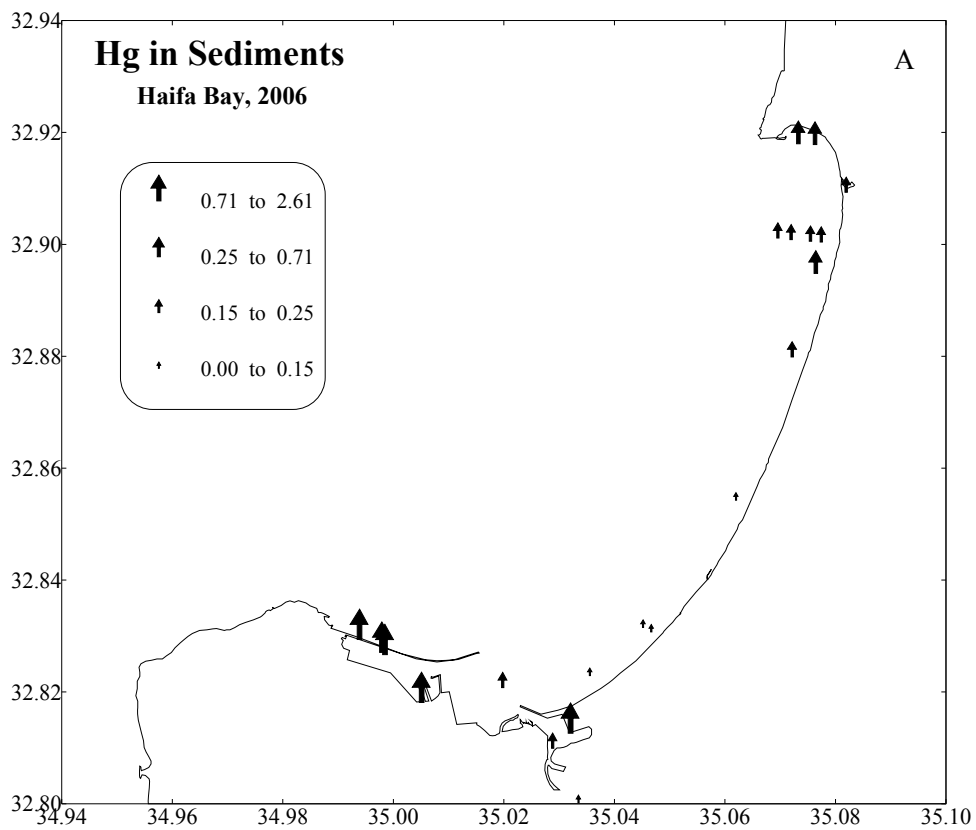
איור 3: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2006.



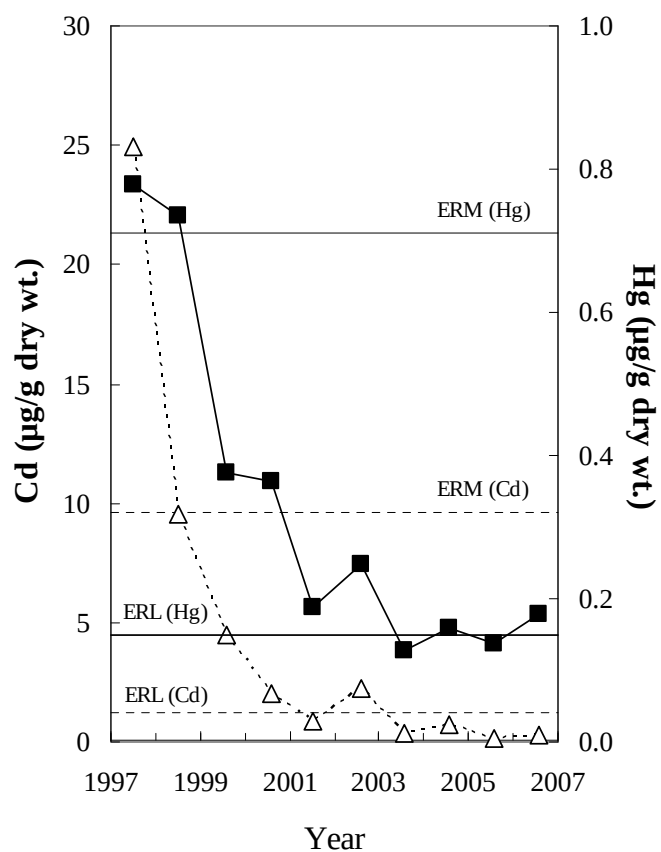
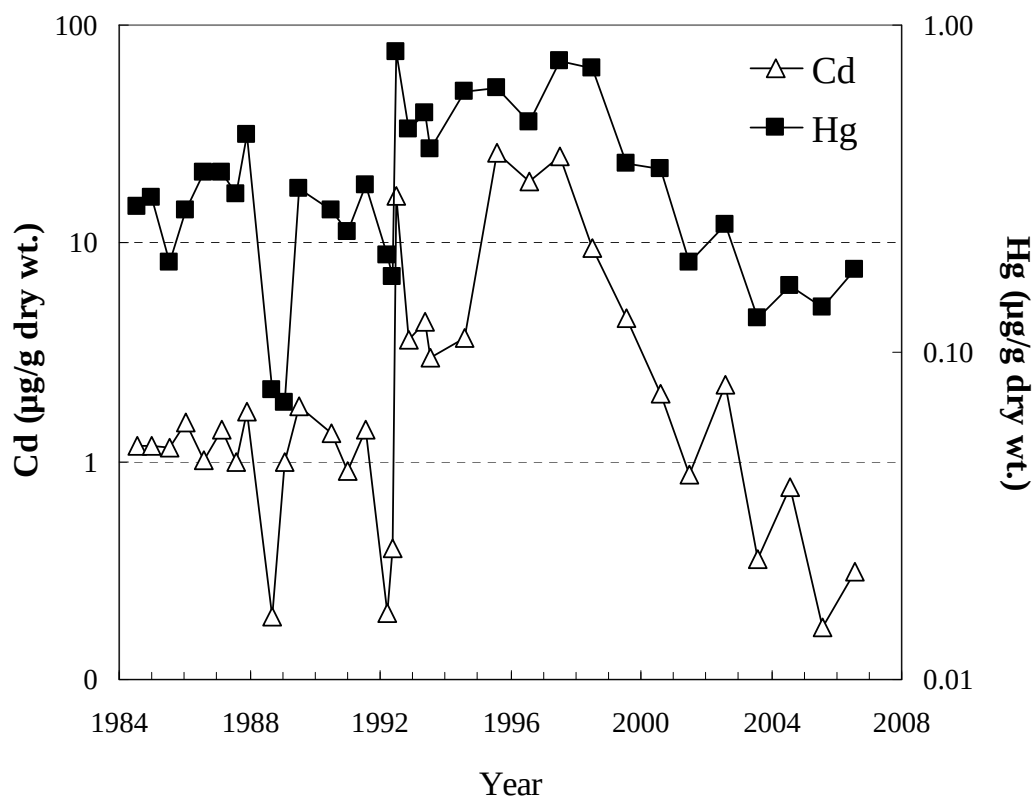
איור 4: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981-2006.



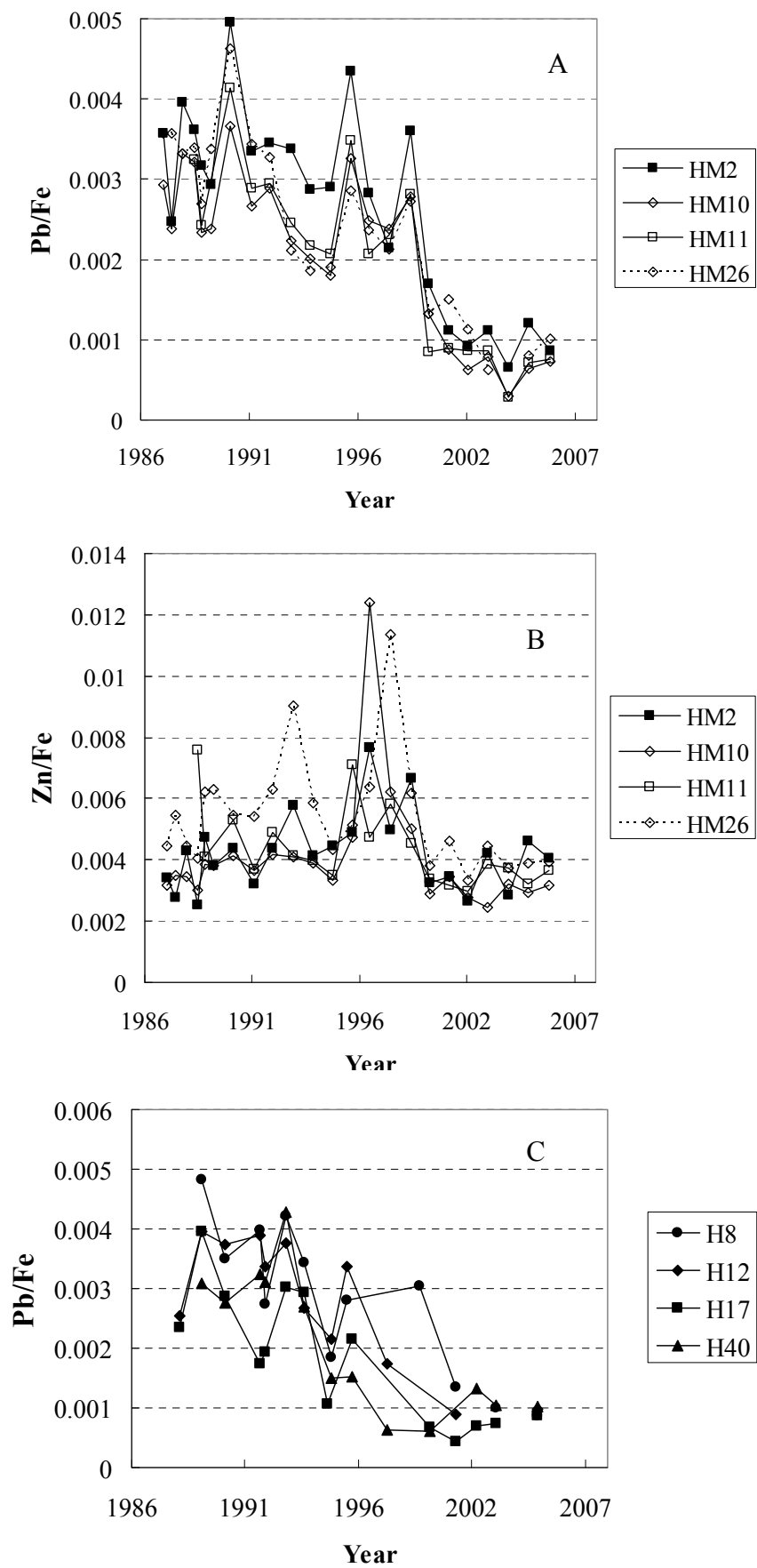
איור 5: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004.



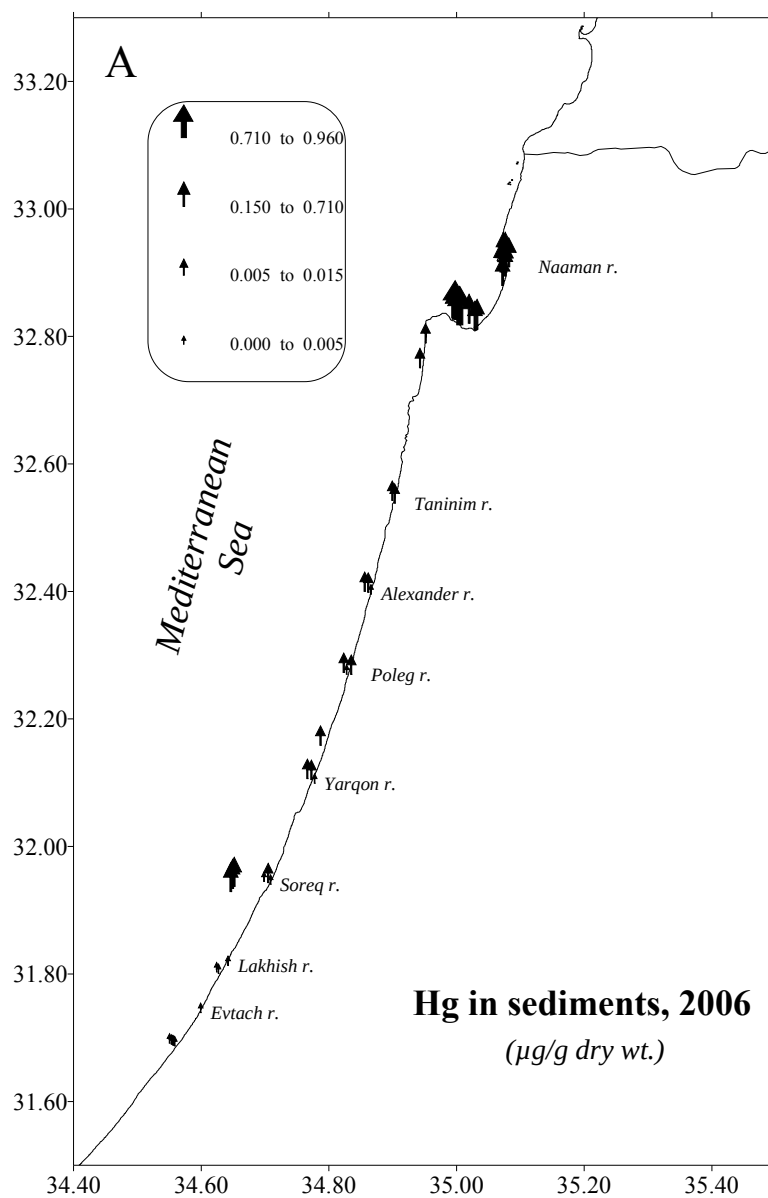
איור 6 : ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2006 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים ; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).



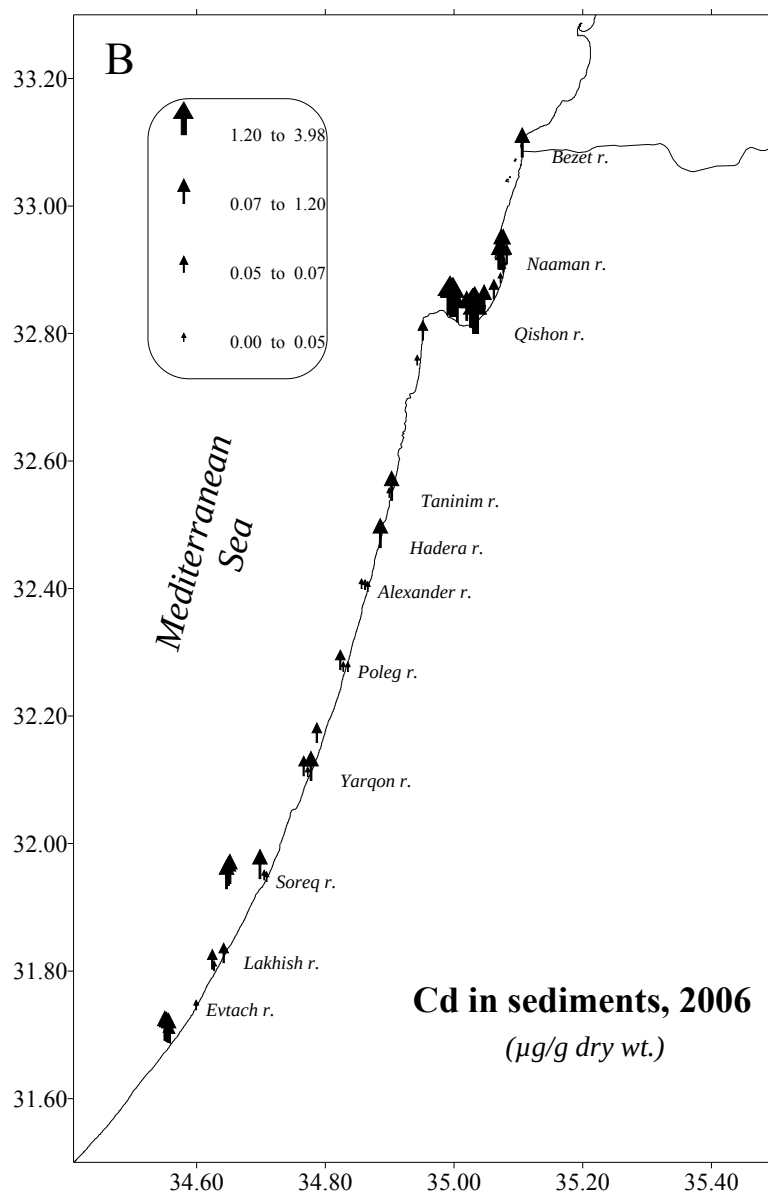
איור 7: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2006. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 2006-1997.



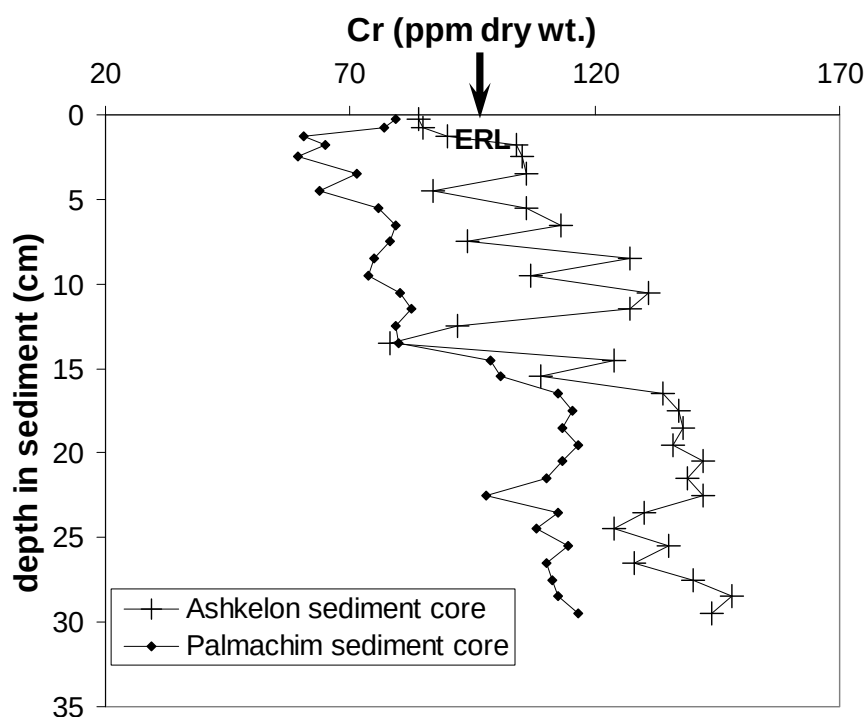
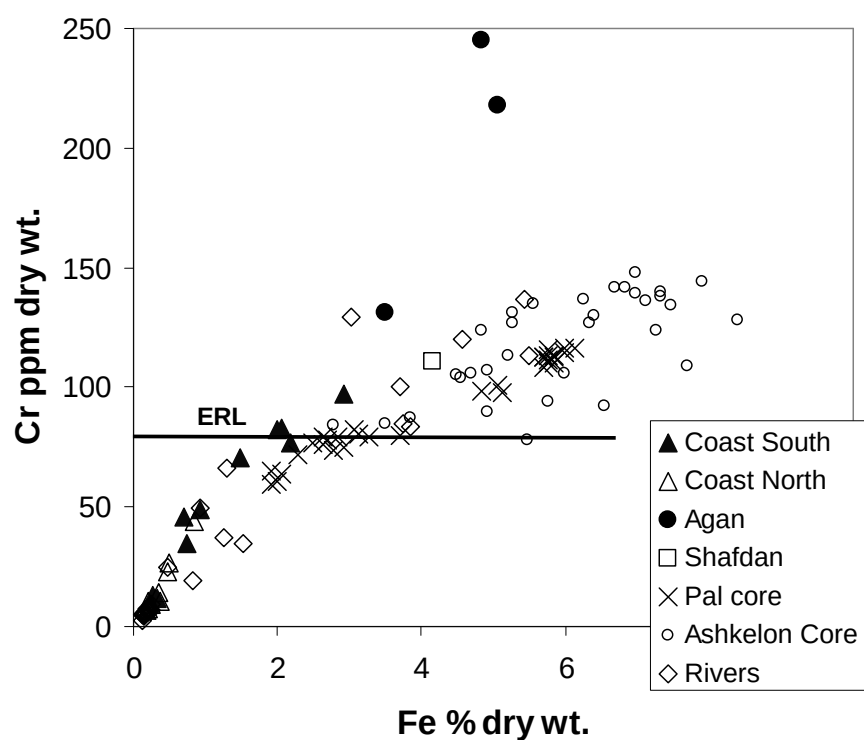
איור 8: מגמות ביחסי עופרת/ברזל ואבץ/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A, B) ולאורך החוף (C) בשנים 1987 – 2006.



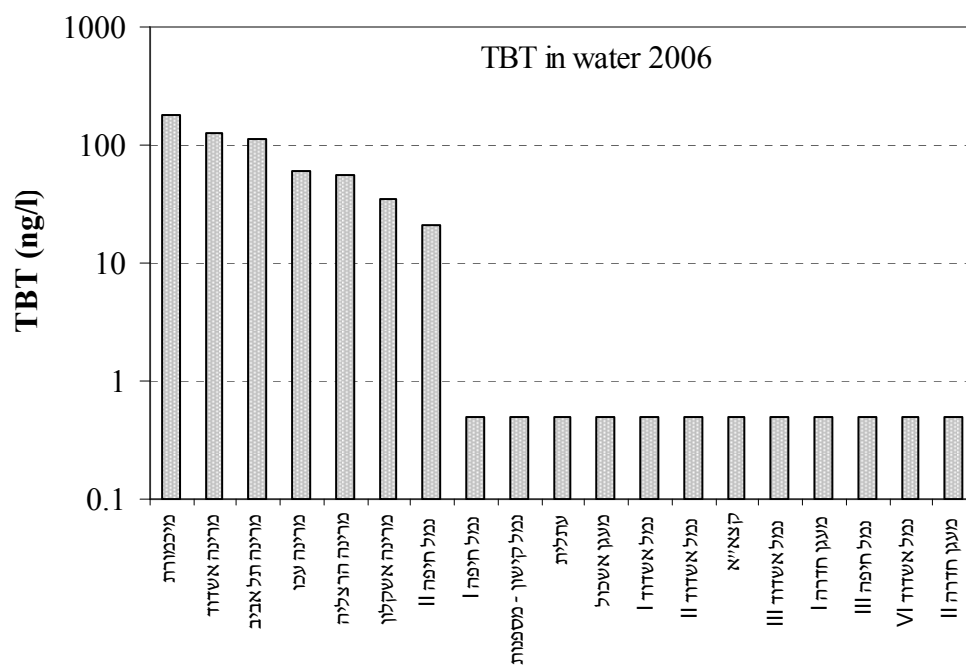
איור 9: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2006 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



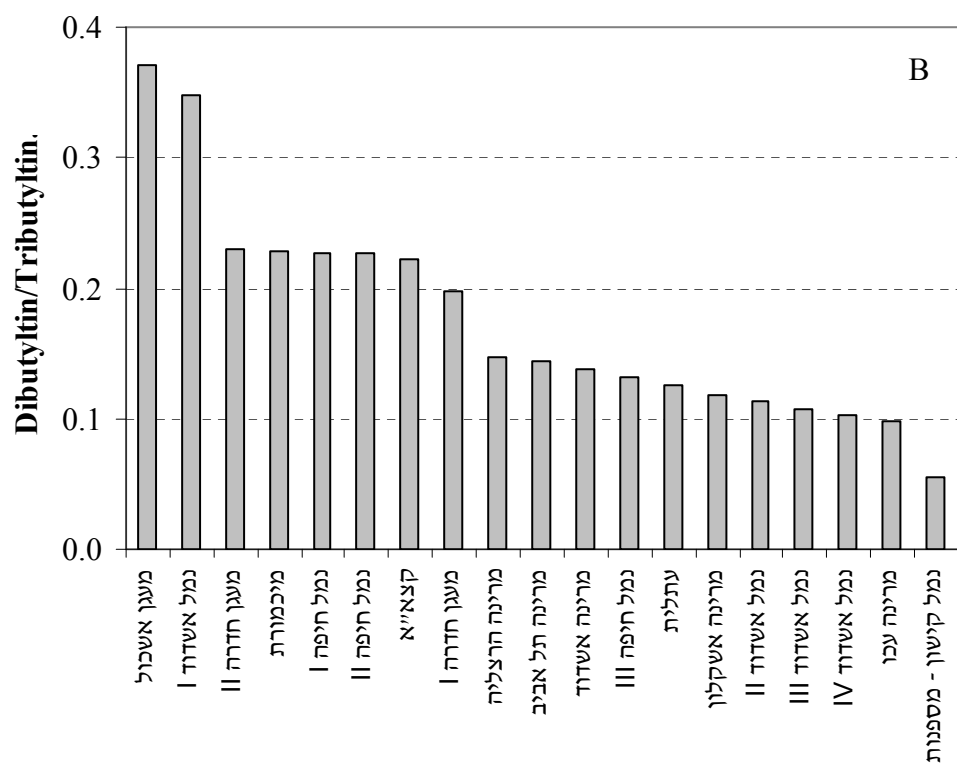
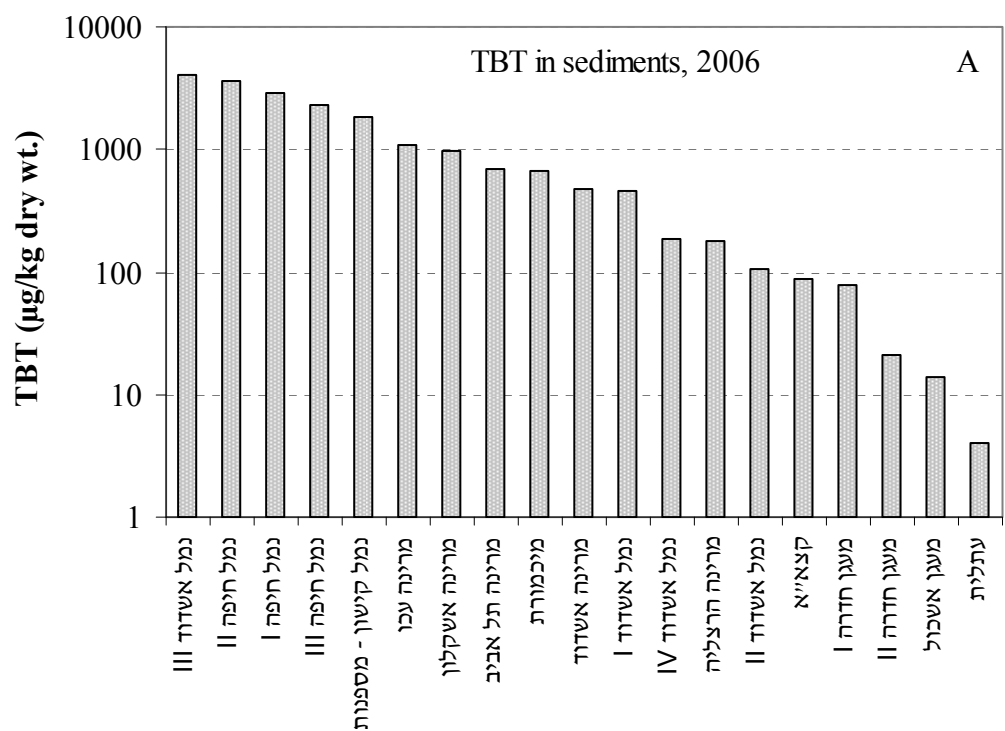
איור 9 : המשך



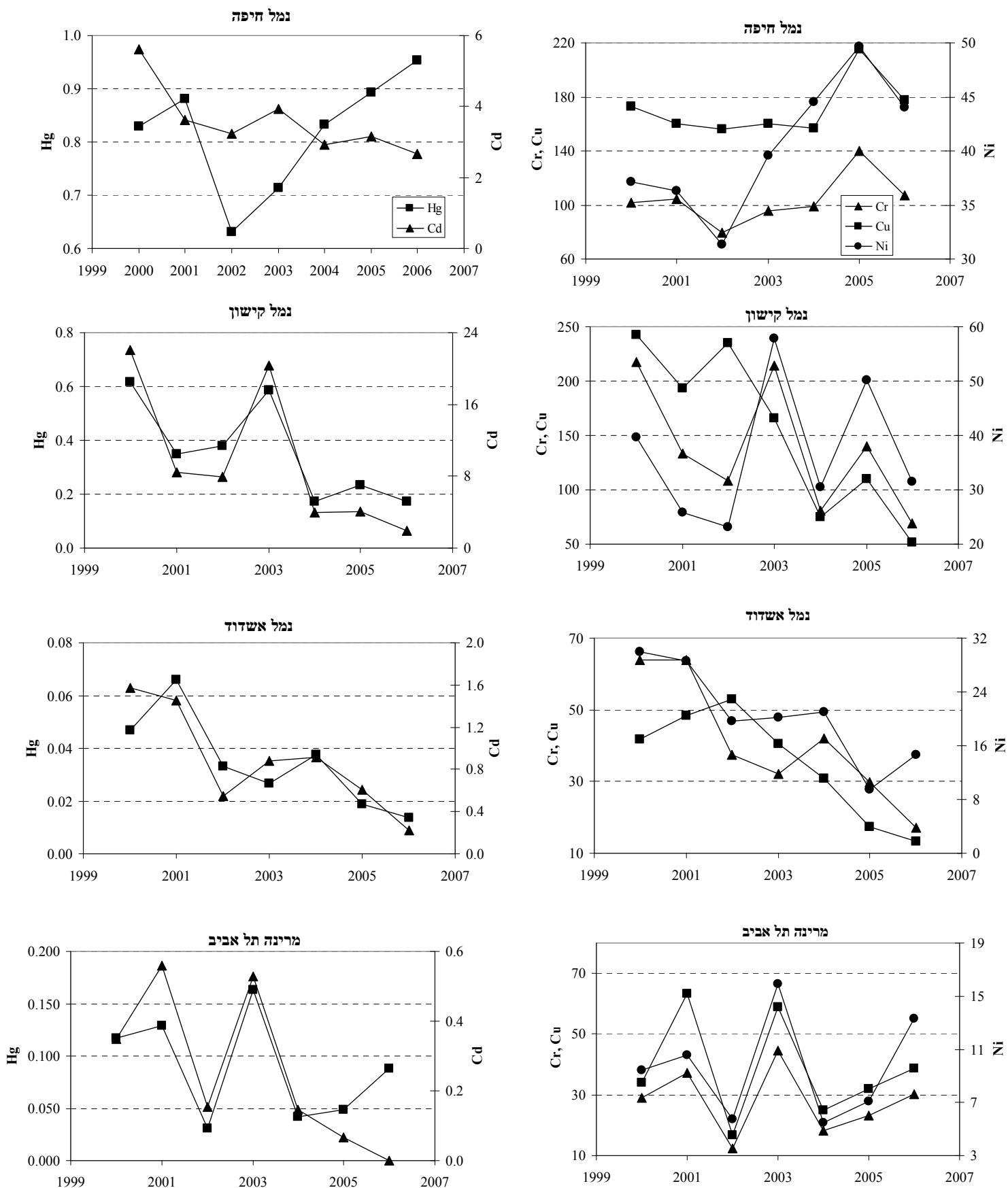
איור 10: הקשר בין ריכוזי הכרום (Cr) לבין הברזל (Fe) (A) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל, בשפכי נחלים בשנת 2006, ובגלעיני סדימנט מול אשקלון ופלמחים. גרף B מציג את פרופיל ריכוזי הכרום בגלעיני סדימנט מול אשקלון ופלמחים.



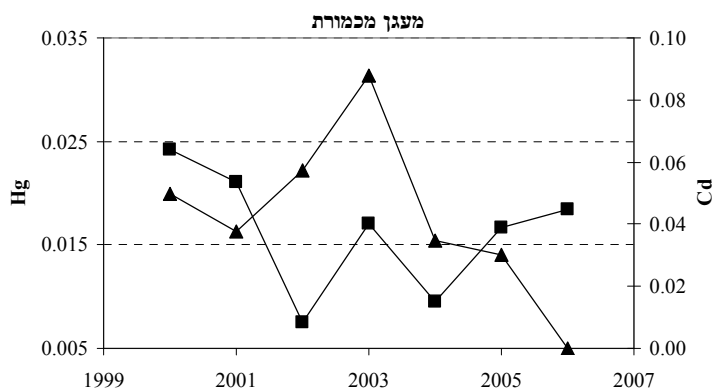
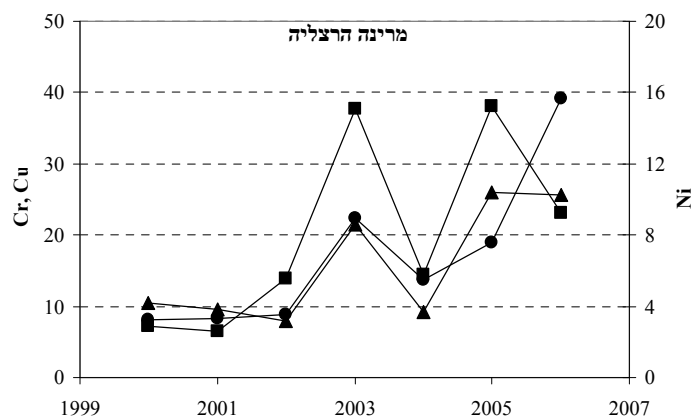
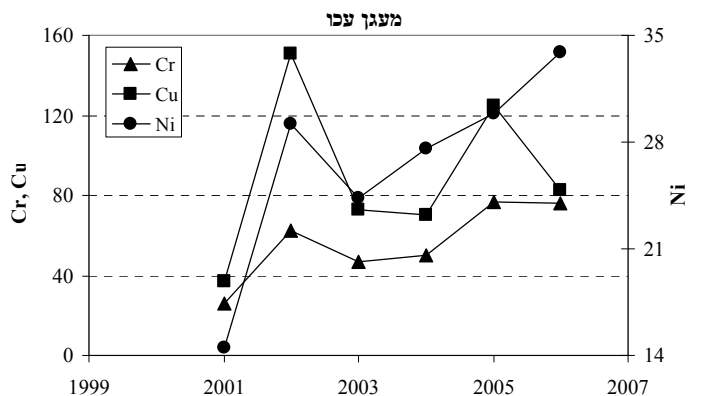
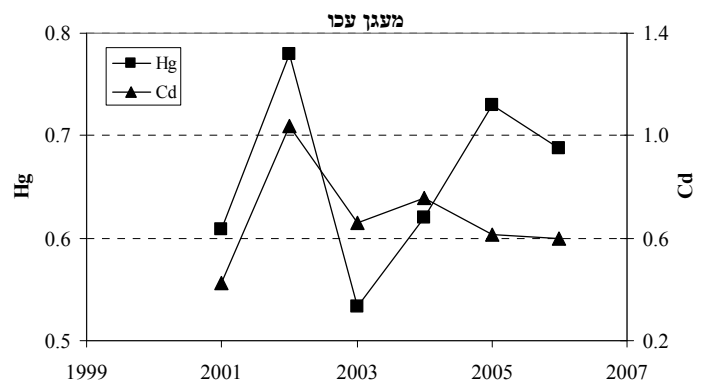
איור 11: ריכוזי TBT במי הים (ננוגרם/ליטר) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2006. הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.



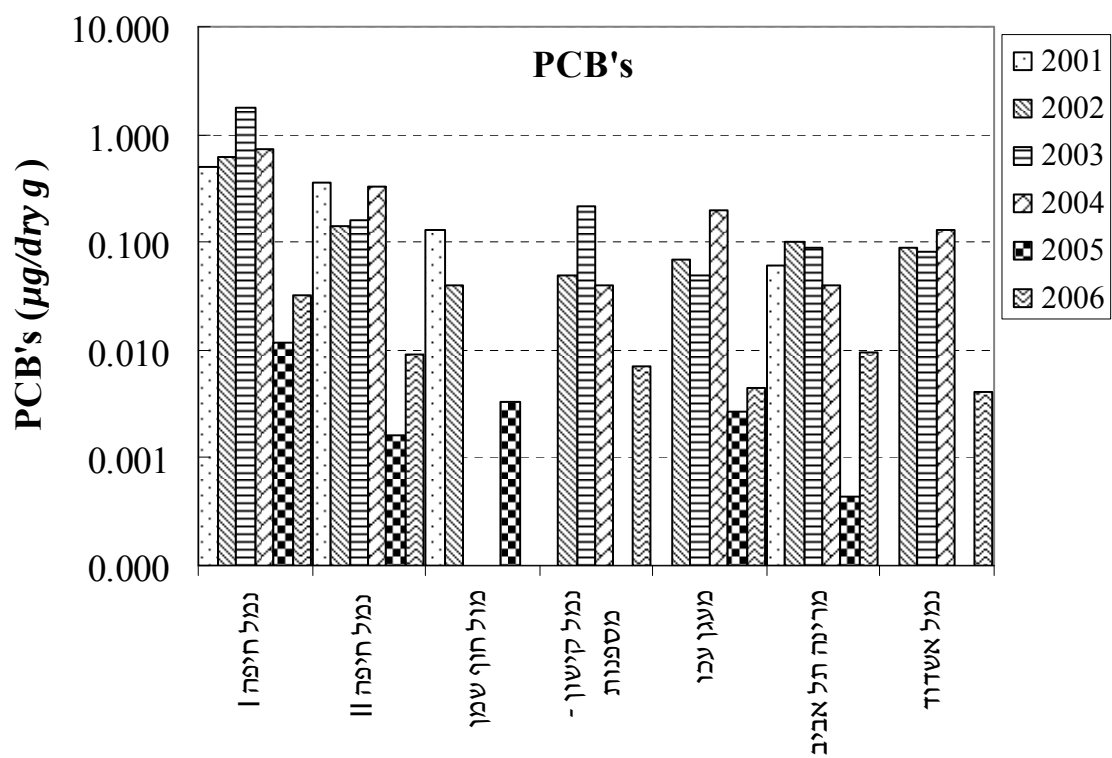
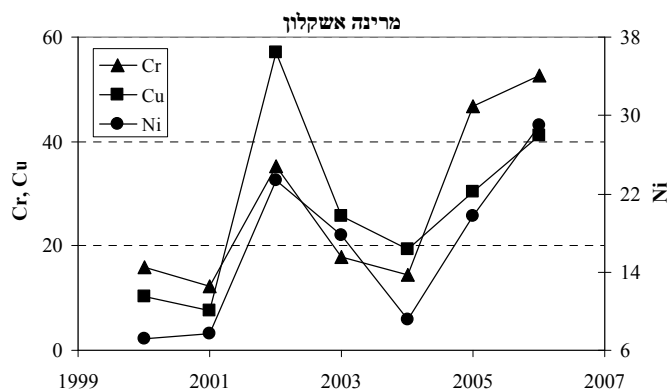
איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2006.



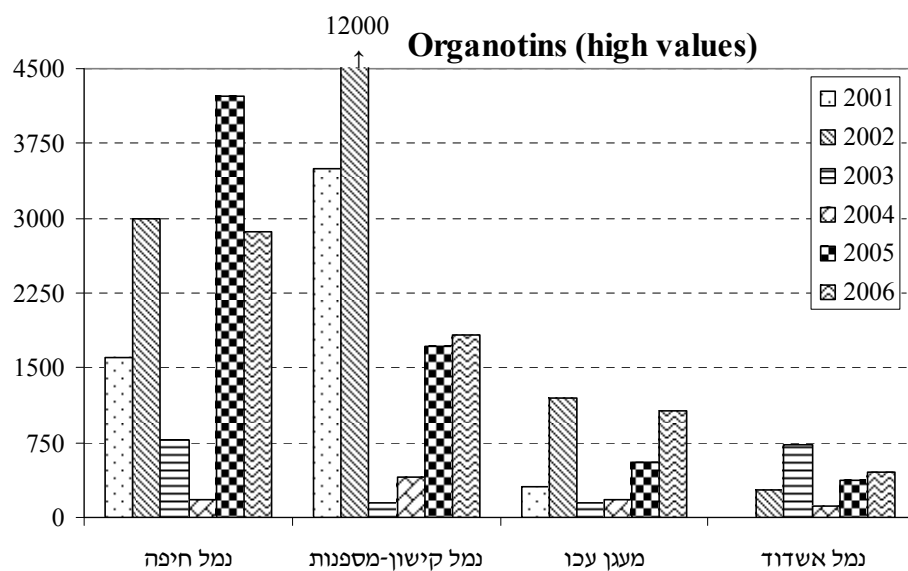
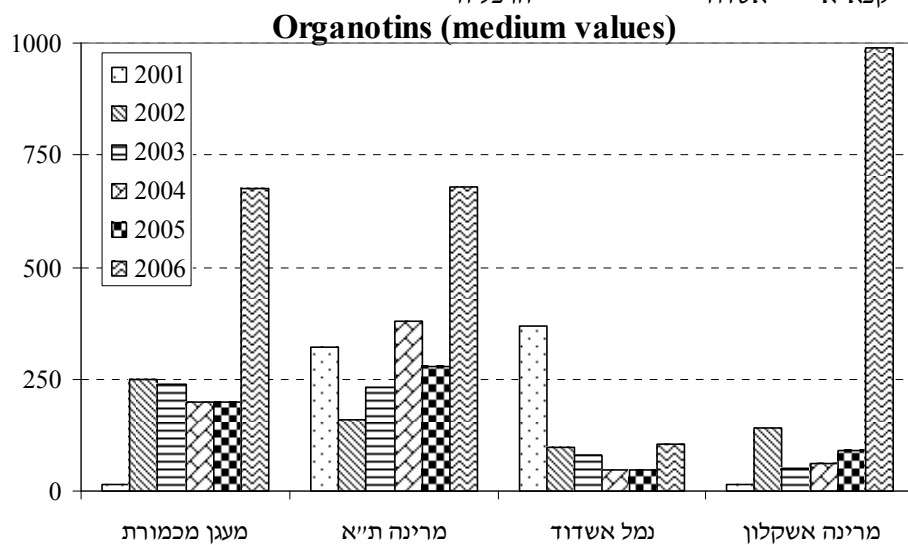
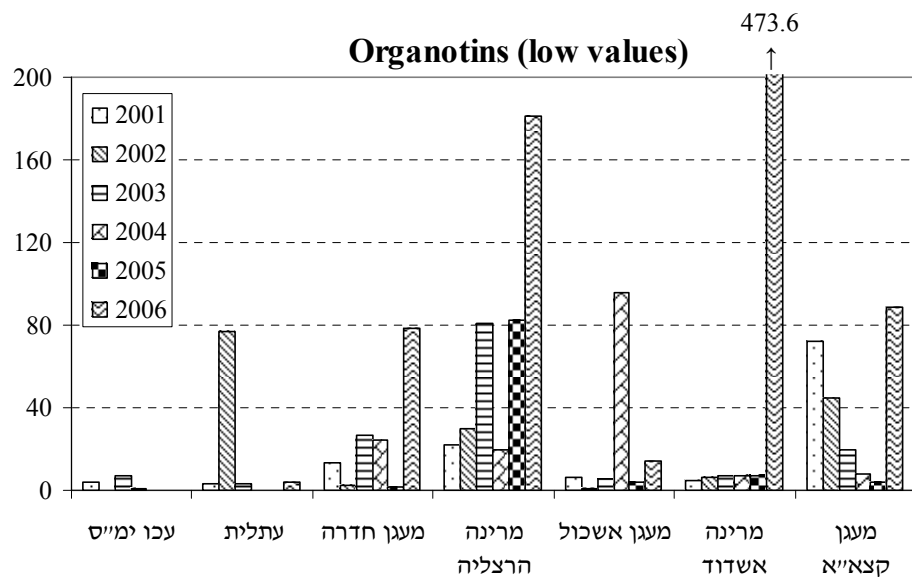
איור 13: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 - 2006. מתכות כבדות (μg/g dry wt.) PCB's ;(ng/g dry wt.) TBT ;(μg/g dry wt.)



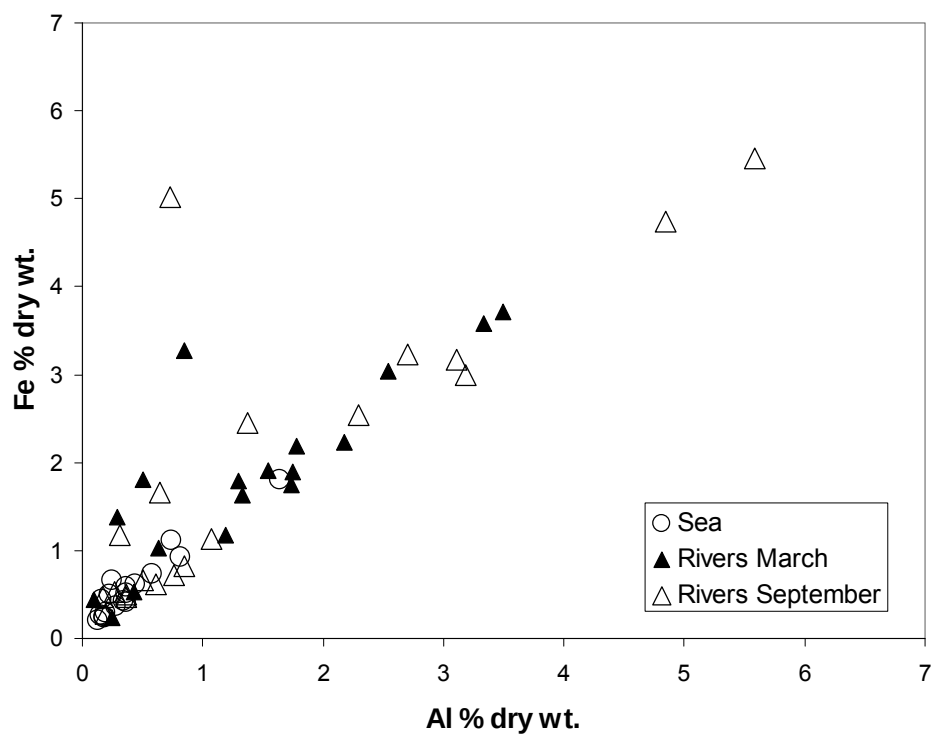
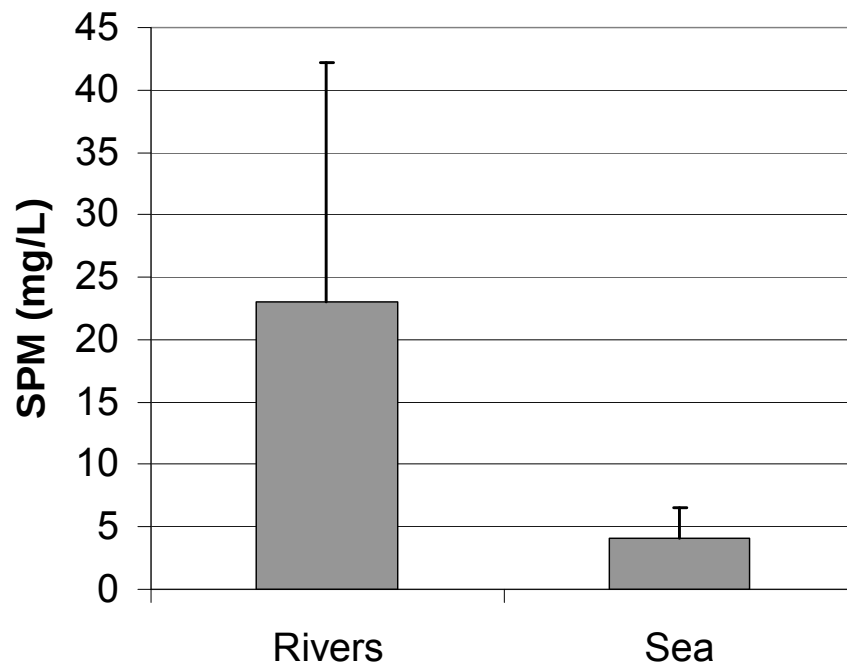
איור 13: המשך (מתכות כבדות)



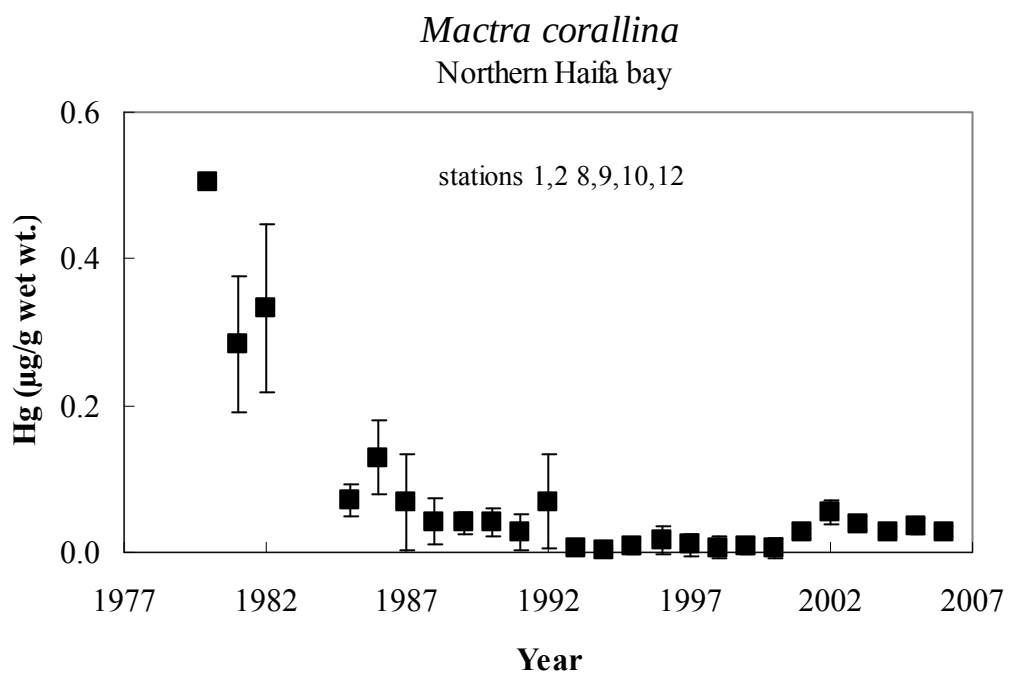
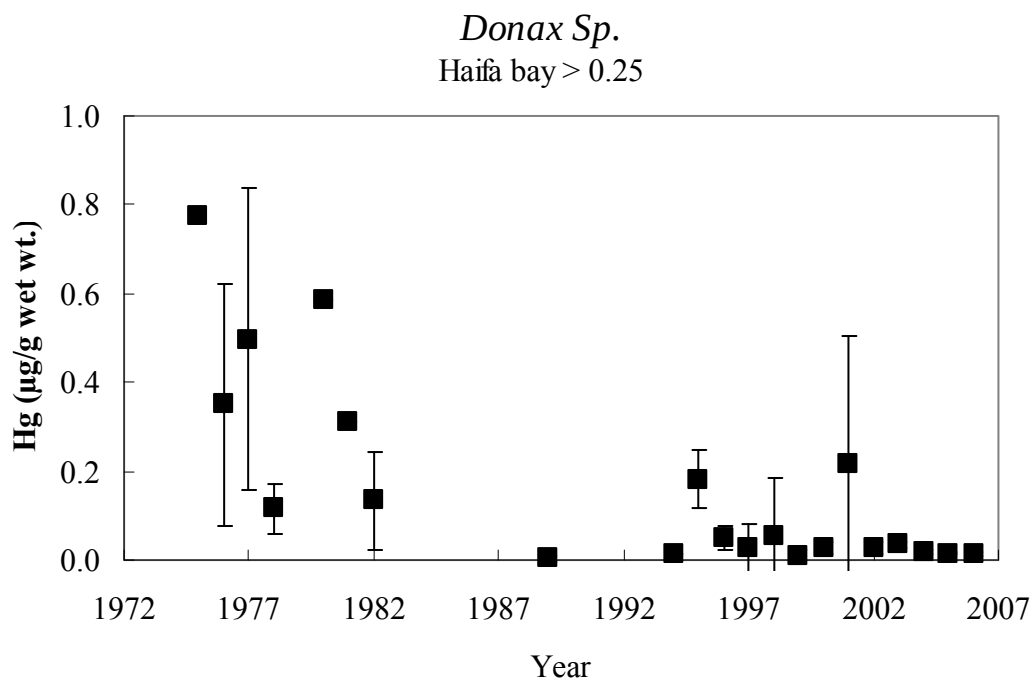
איור 13: המשך (מתכות כבדות ו PCB's)



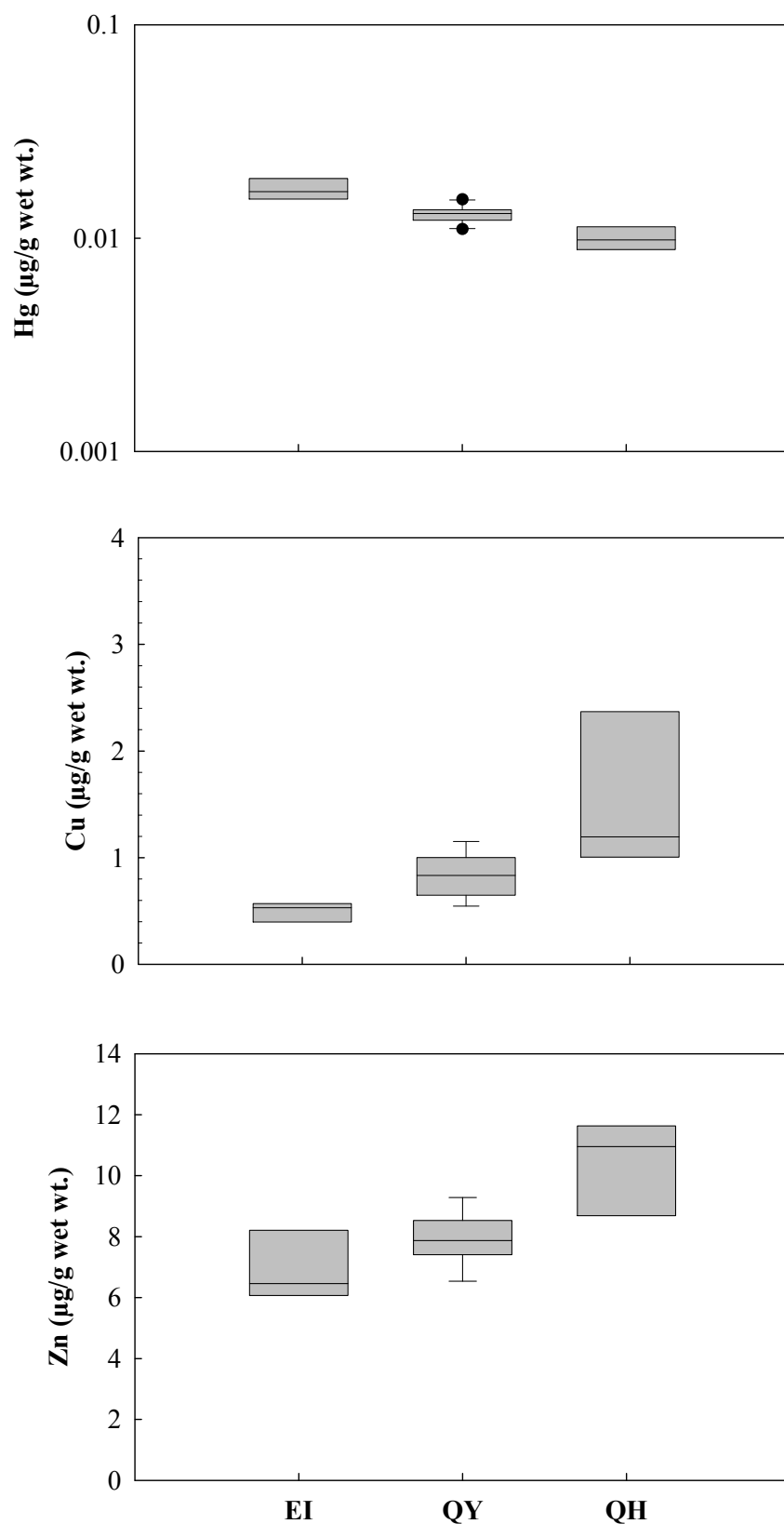
איור 13: המשך (TBT)



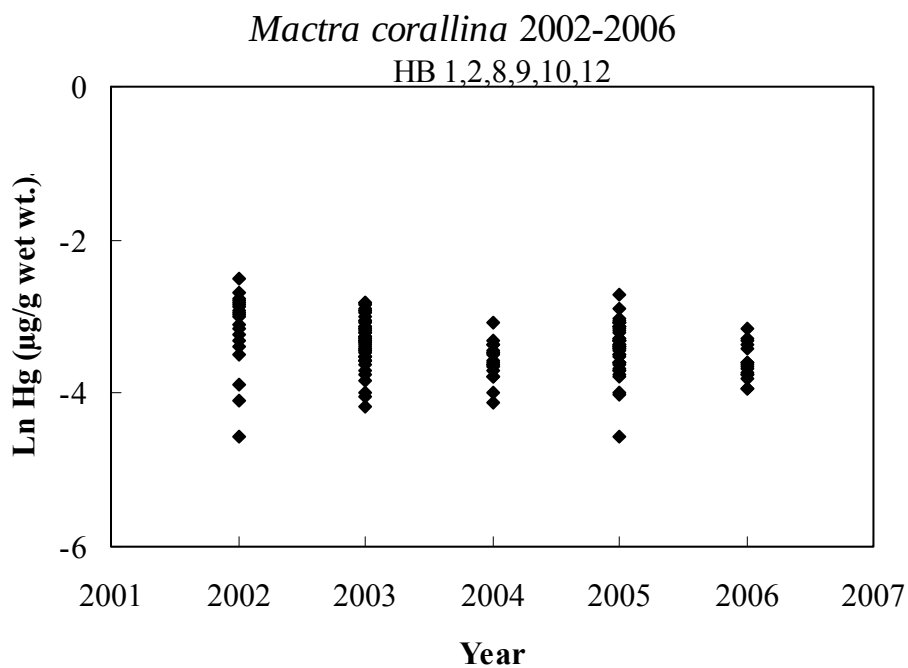
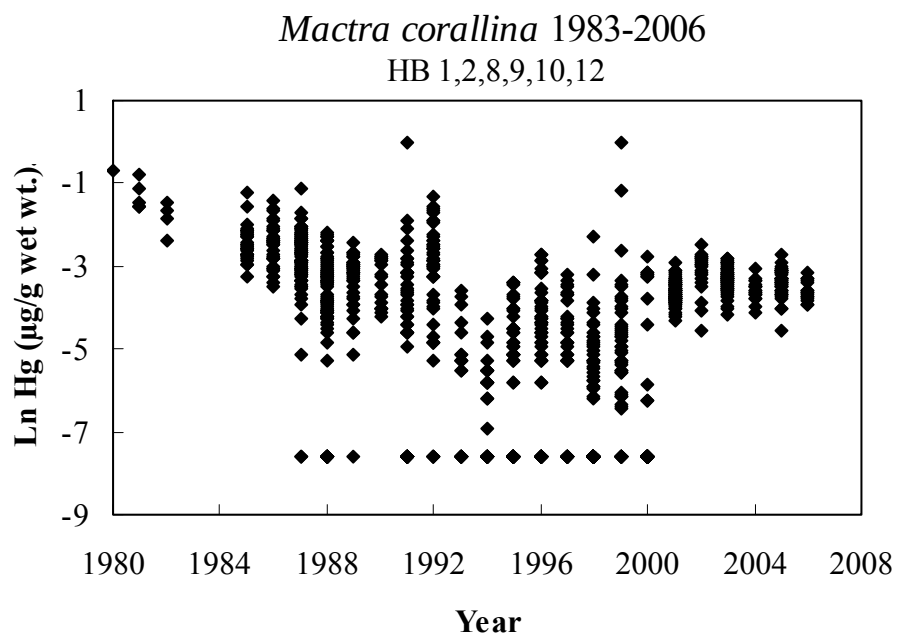
איור 14 : ממוצע וסטיית תקן של ריכוזי החומר המרחף (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2006.



איור 15: ירידת ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2006); *Mactra corallina* (1980 - 2006).

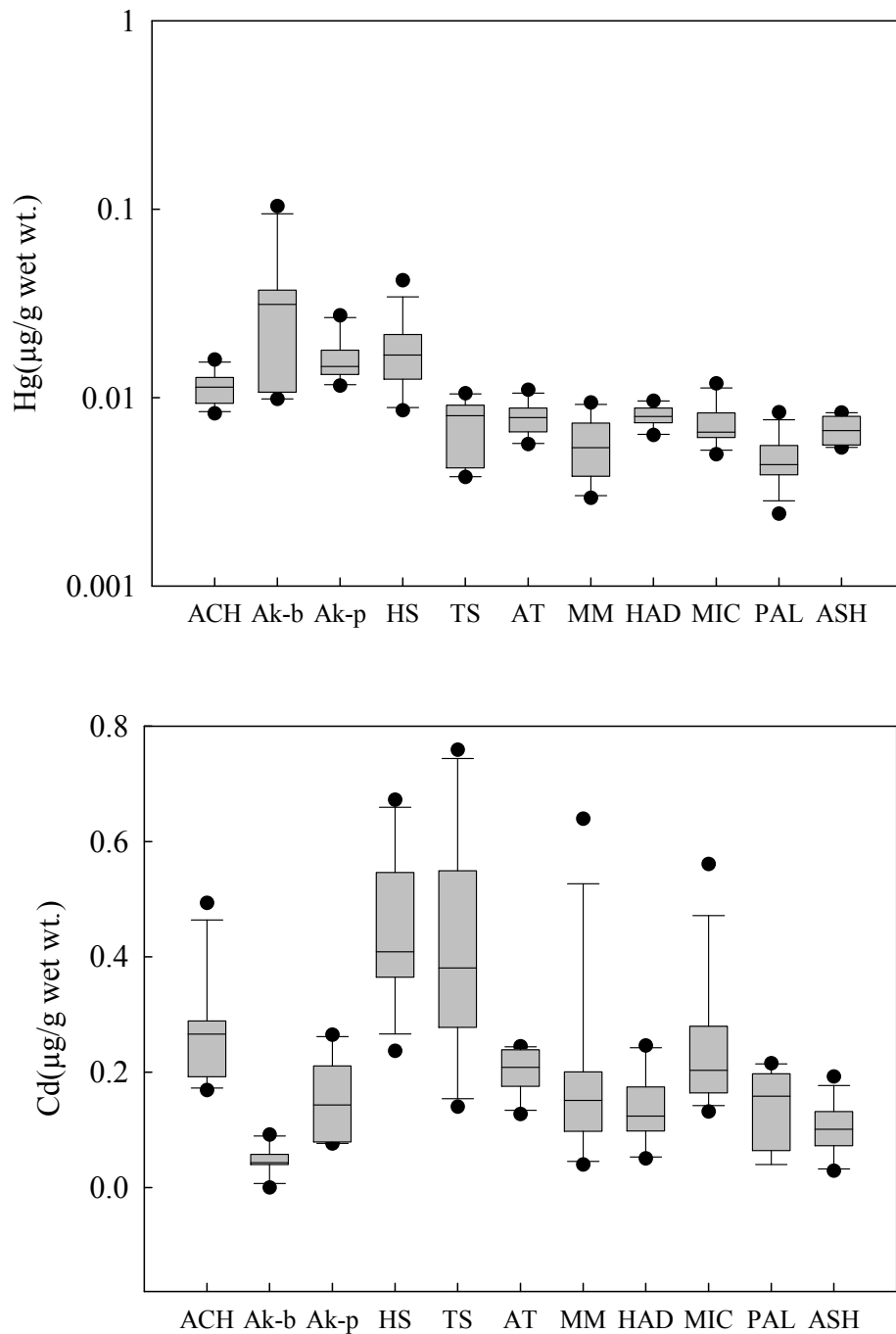


איור 16: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, ואבץ בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2006. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (EI=תעשיות אלקטרוכימיות, QY=קריית ים, QH=קרית חיים).



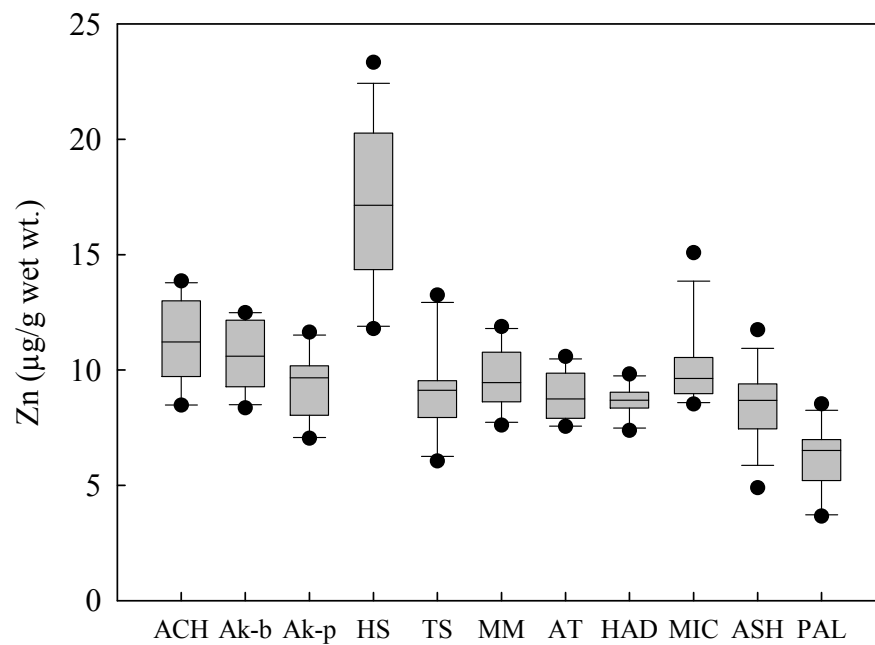
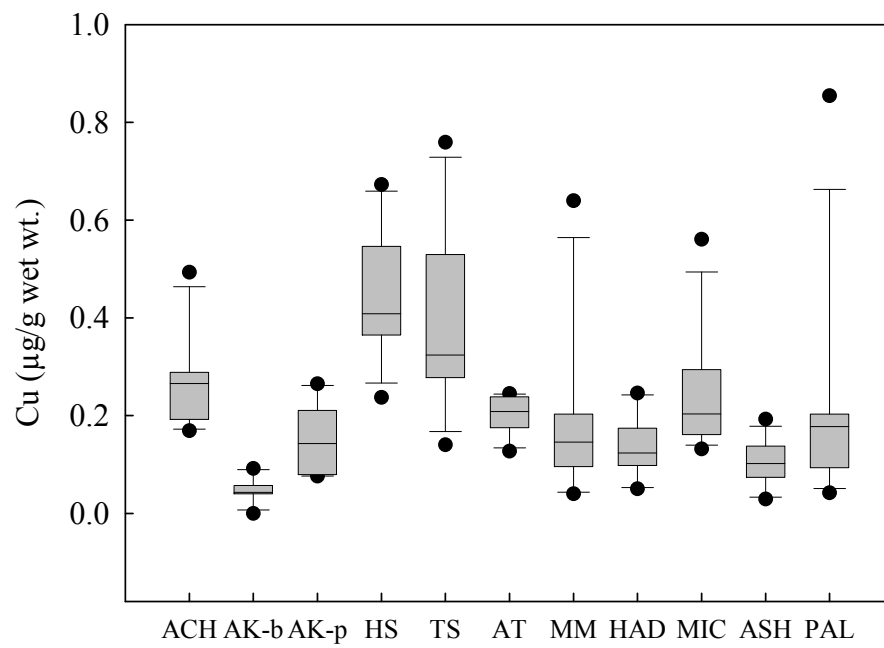
איור 17: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית של $\mu\text{g g}^{-1} \text{ wet wt.}$) בצדפה *Mactra corallina* מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2005. ערכי גבול הקביעה האנליטית הוחלפו ב-0.0005 מיקרוגרם/גרם רקמה יבשה.

A

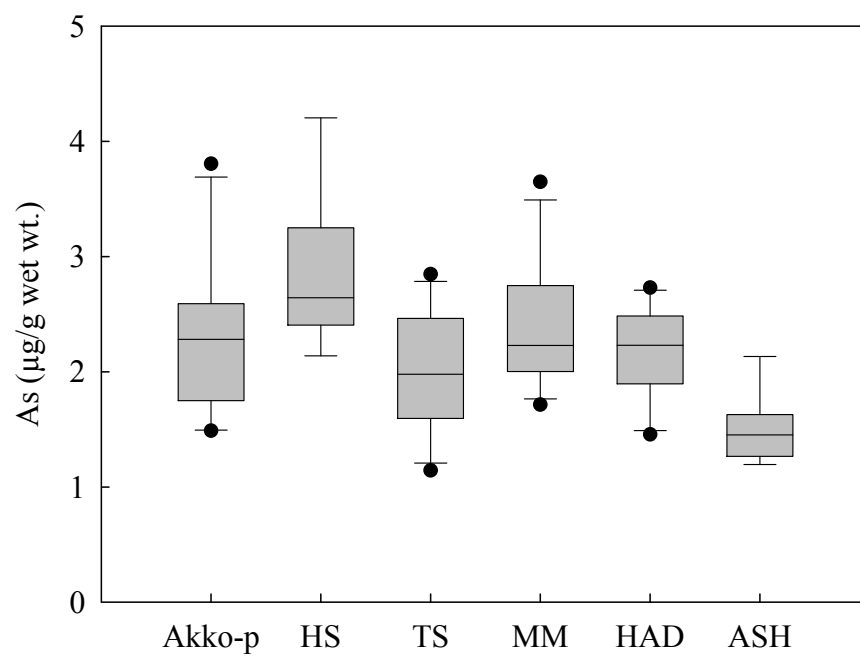
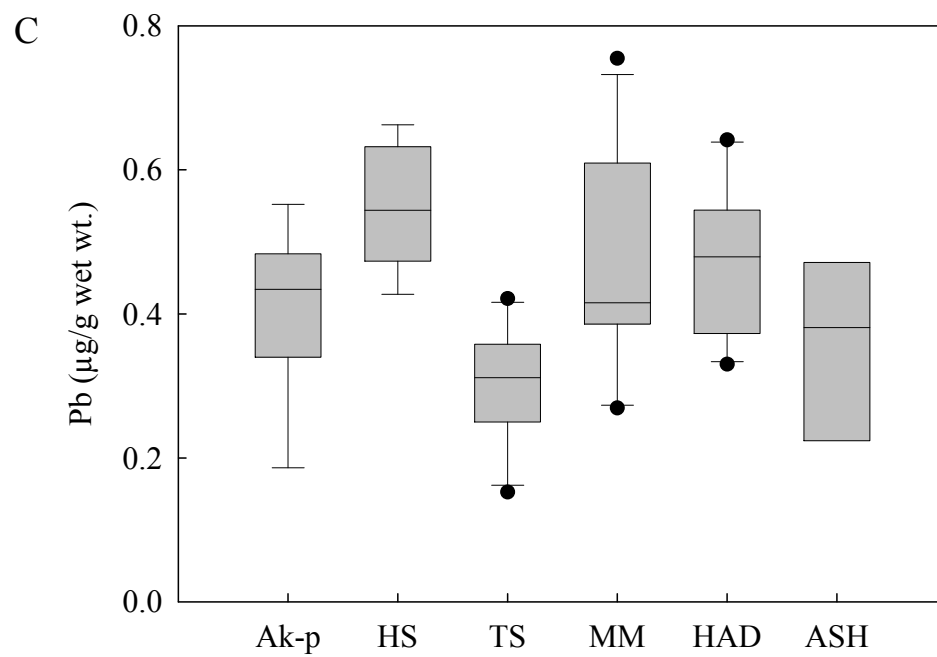


איור 18: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), עופרת וארסן (C) בחלזון *Patella sp.* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2006. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-b=עכו ביוב, AK-p=עכו נמל, HS=חוף שמן, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מיכמורת, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

B

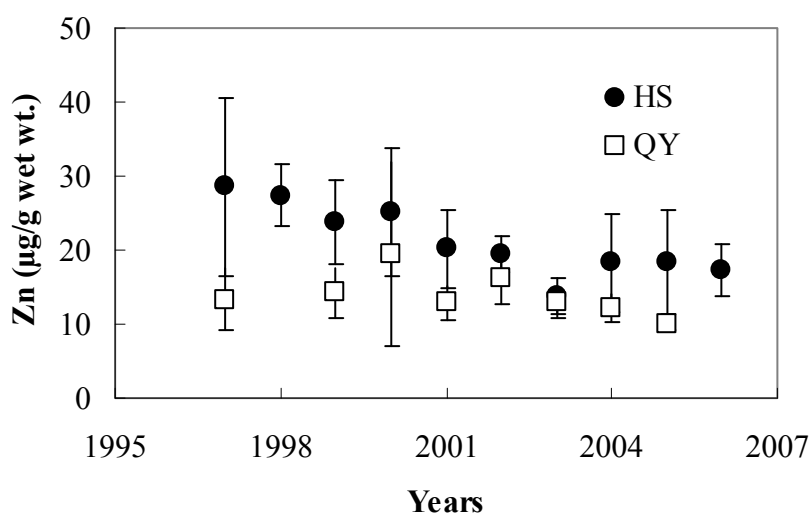
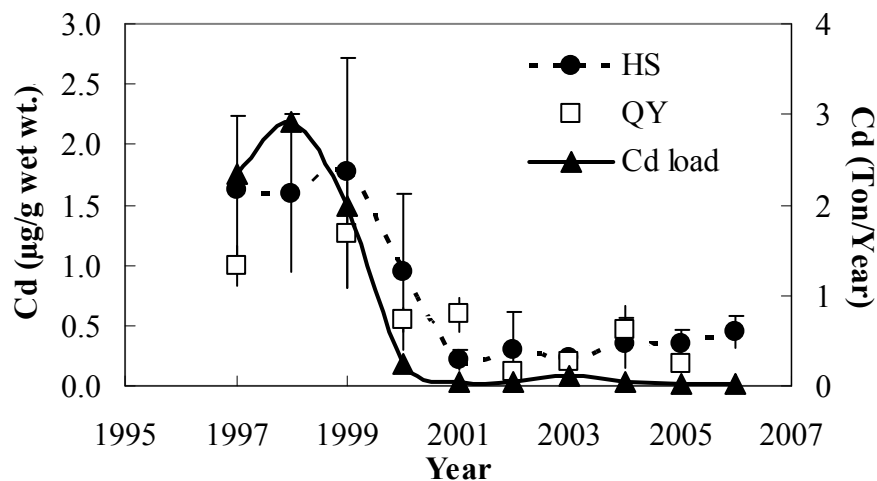


איור 18 : המשך

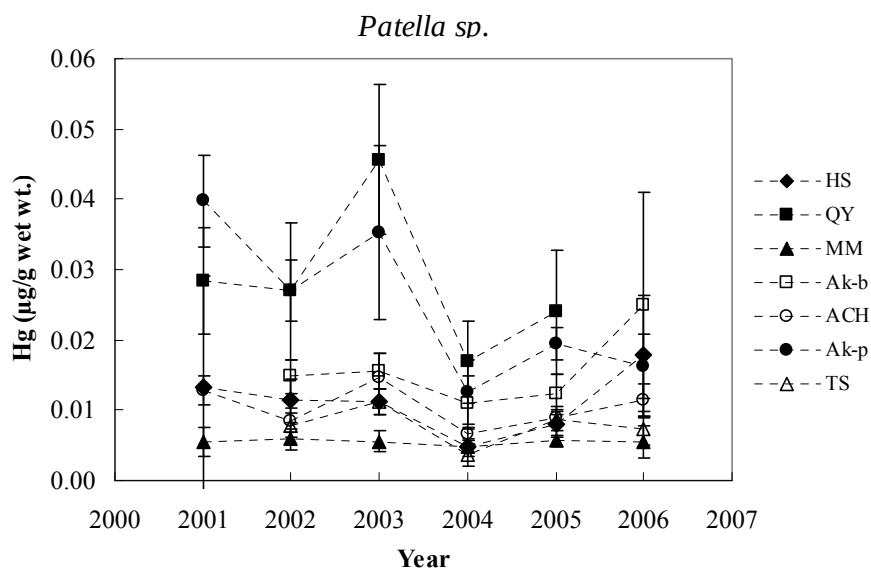


איור 18 : המשך

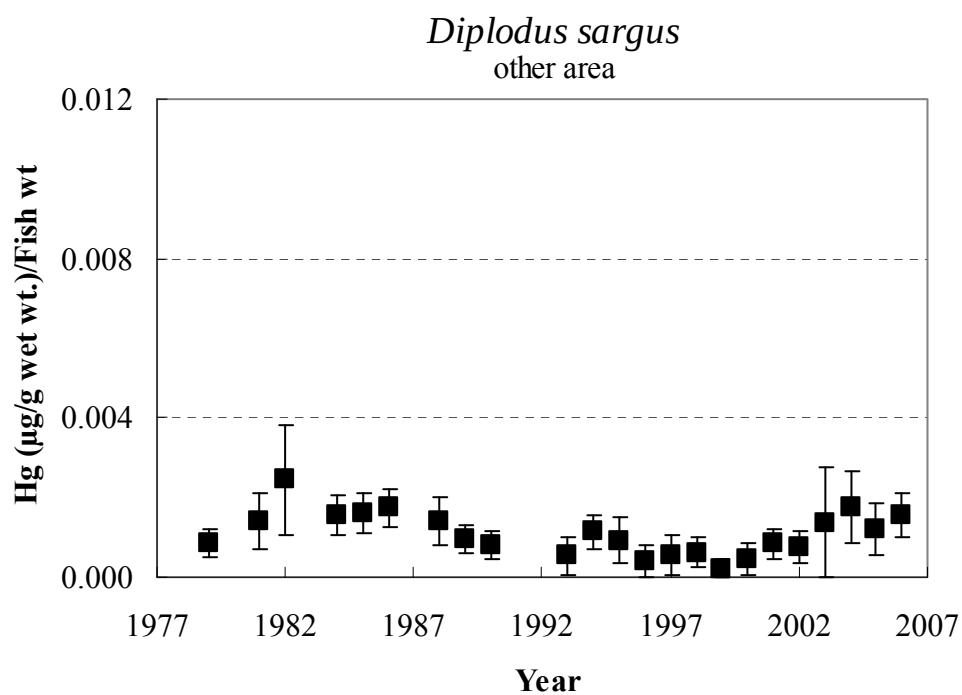
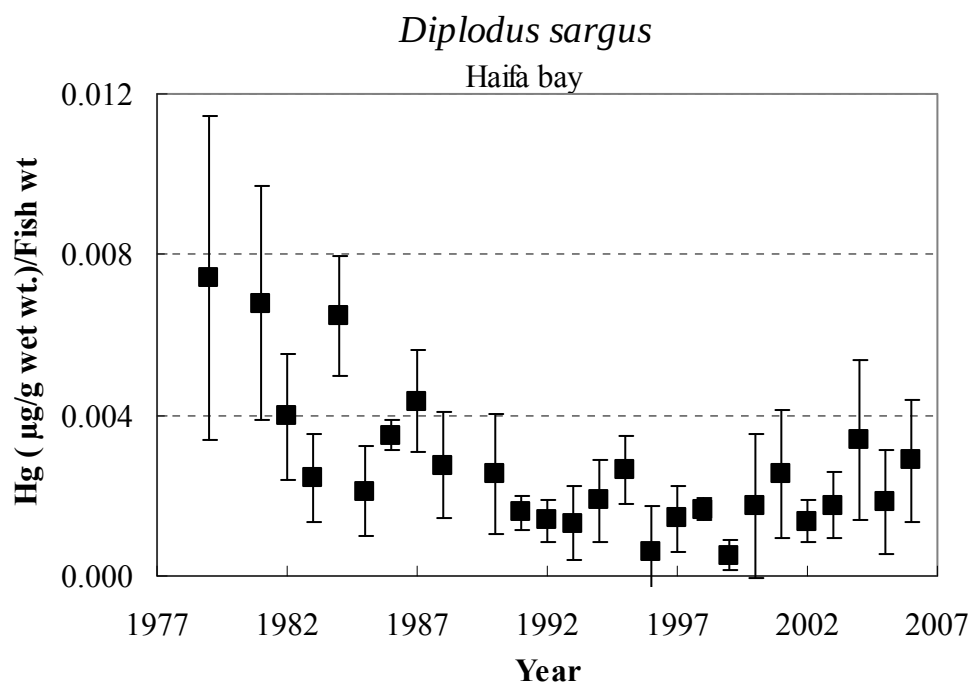
Patella sp.



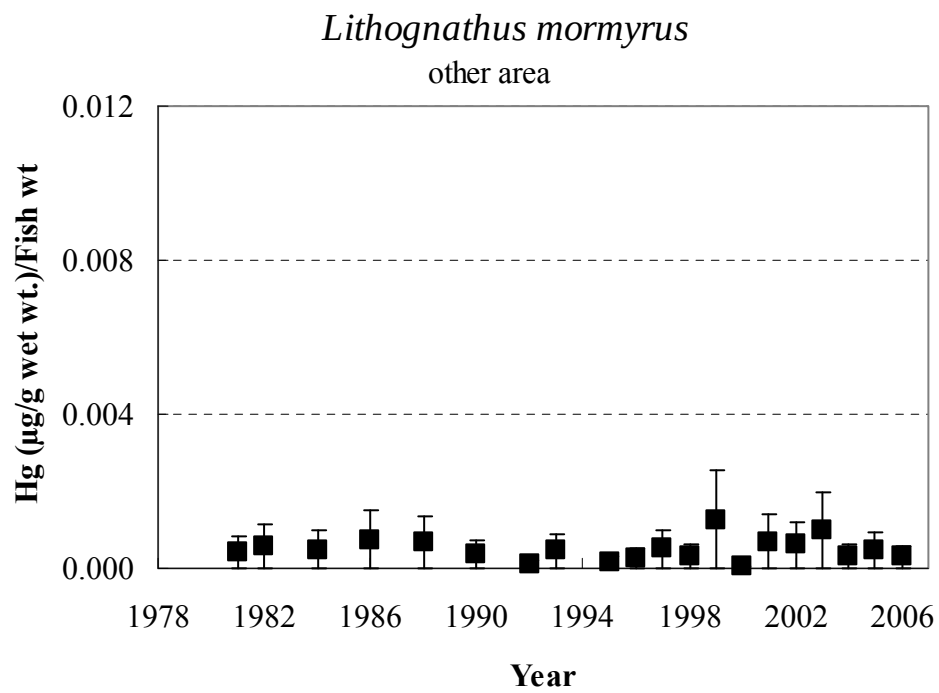
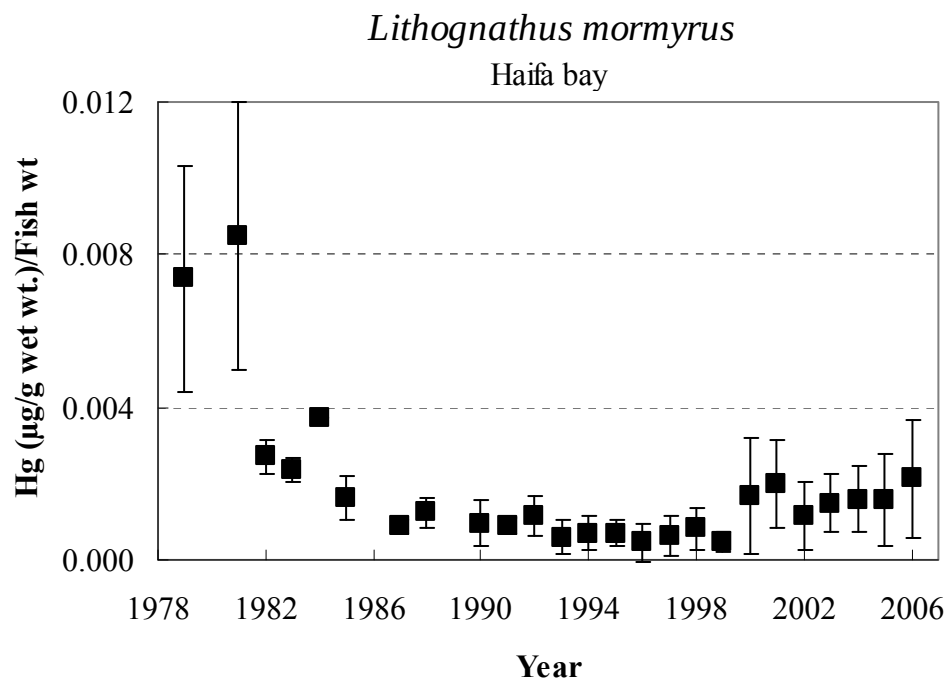
איור 19: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2006. הקו הרציף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



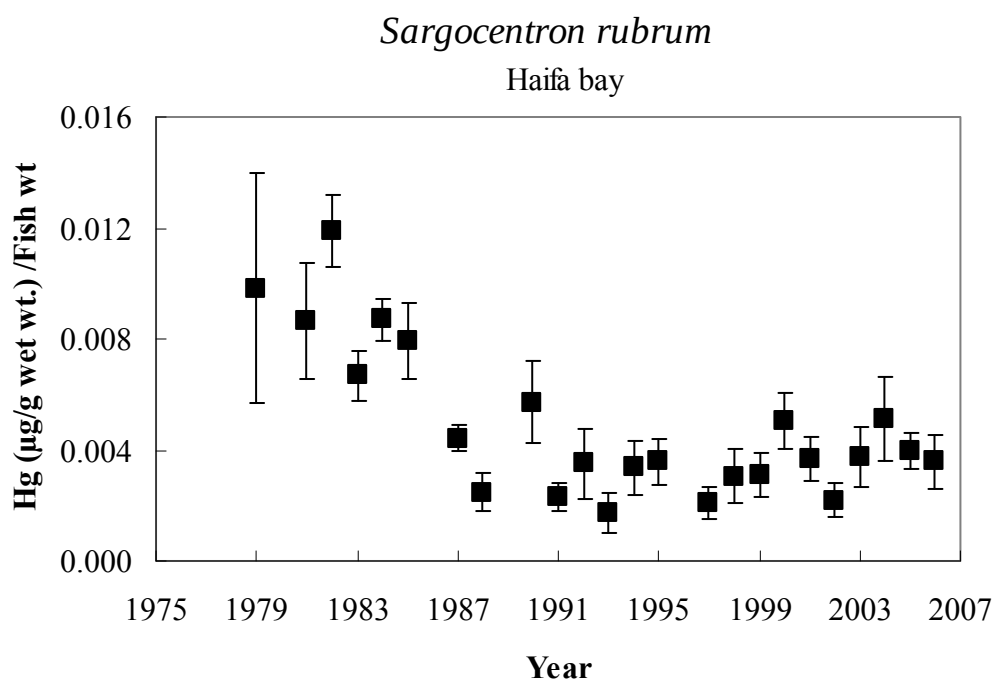
איור 20: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 - 2006.



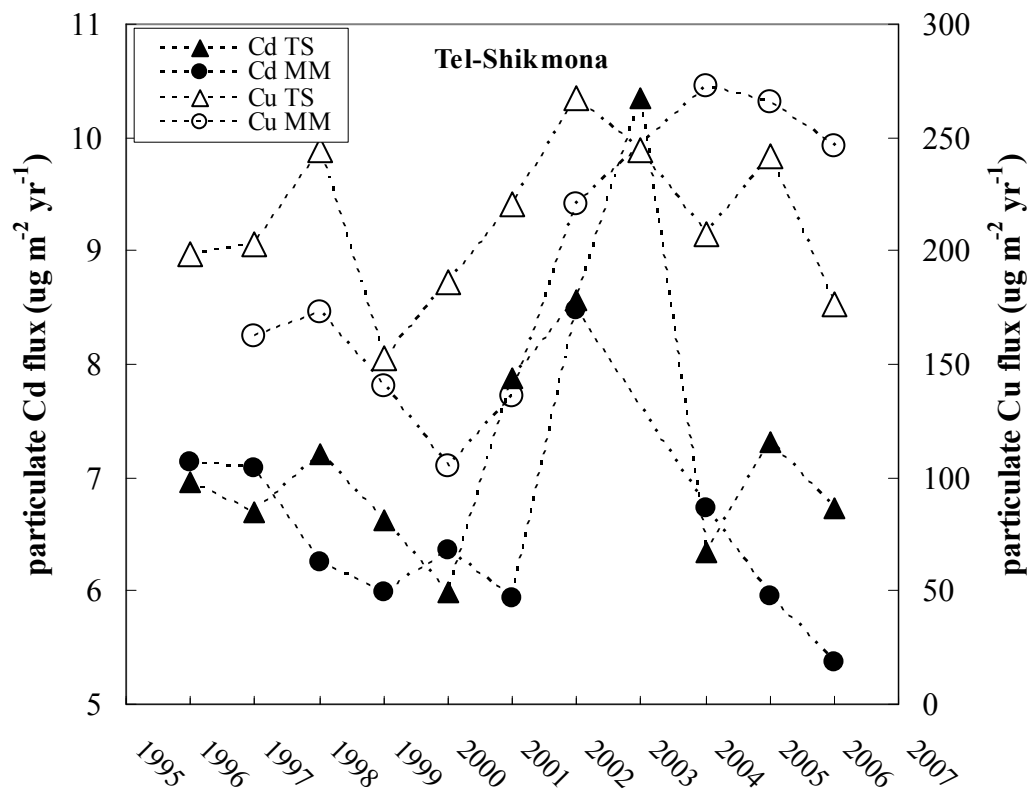
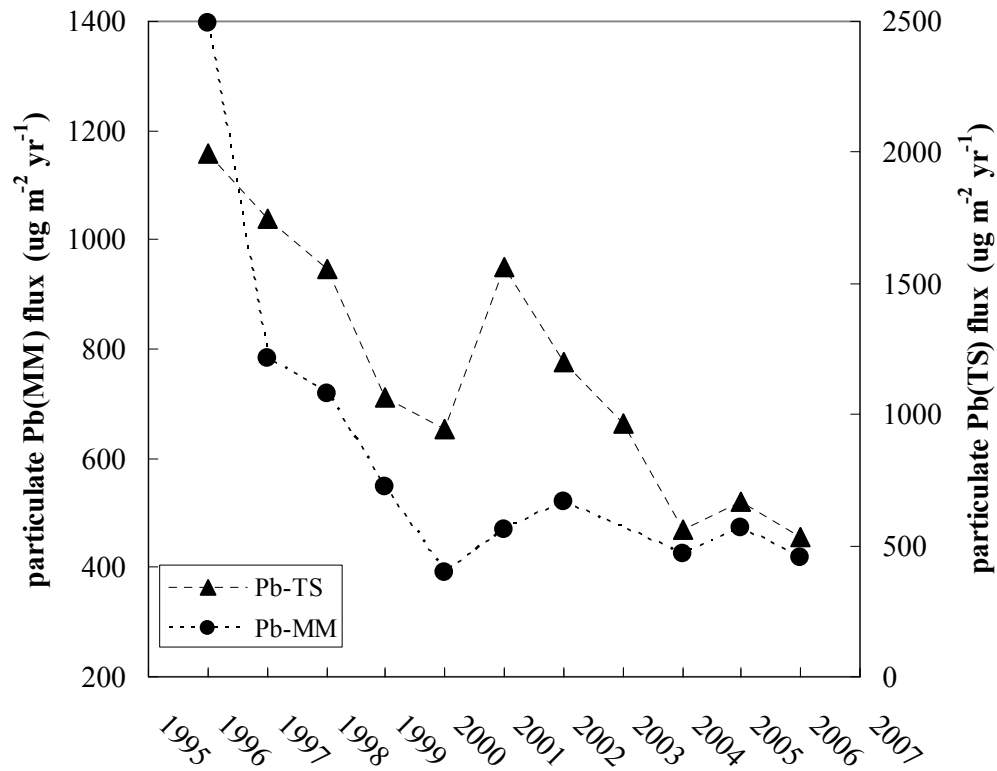
איור 21: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2006.



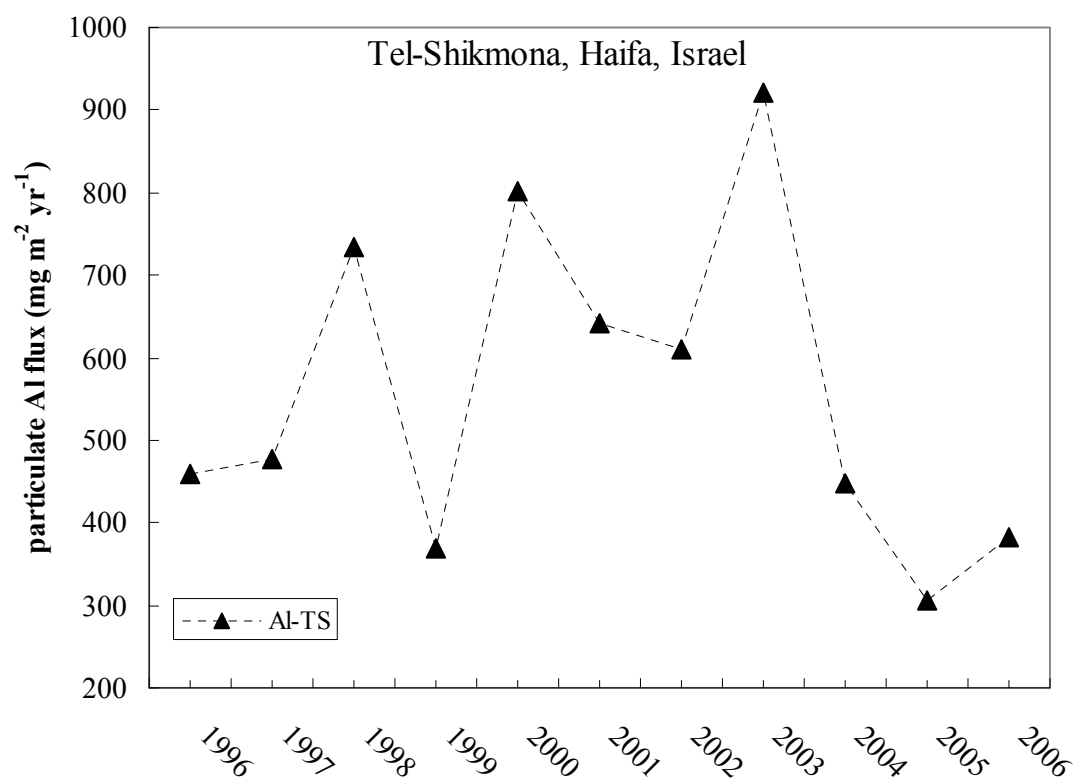
איור 22: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2006.



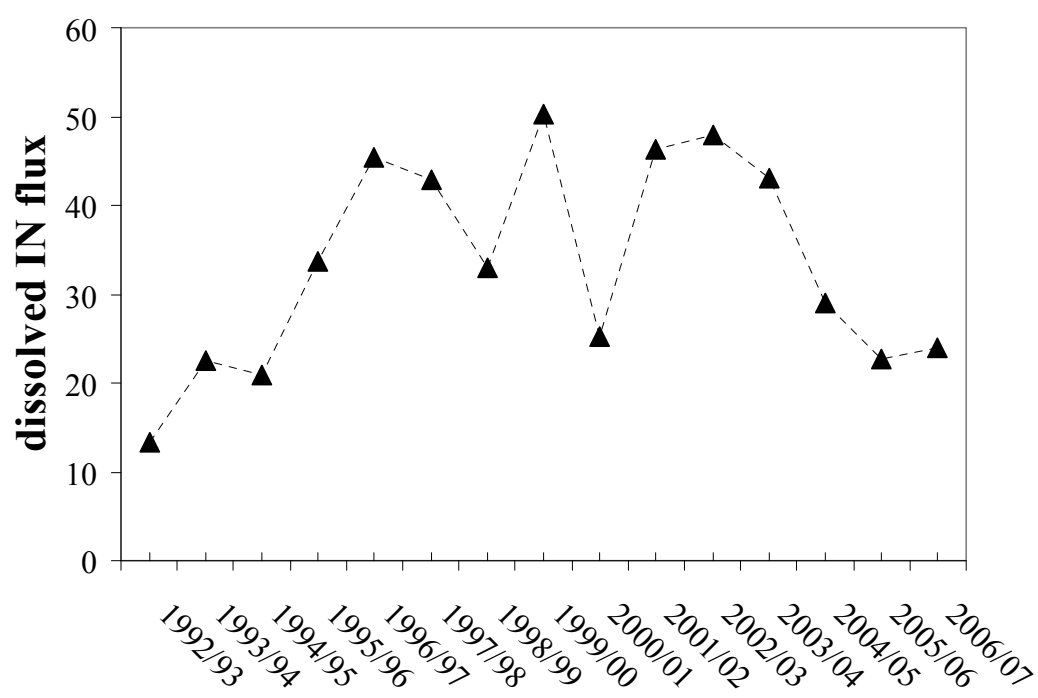
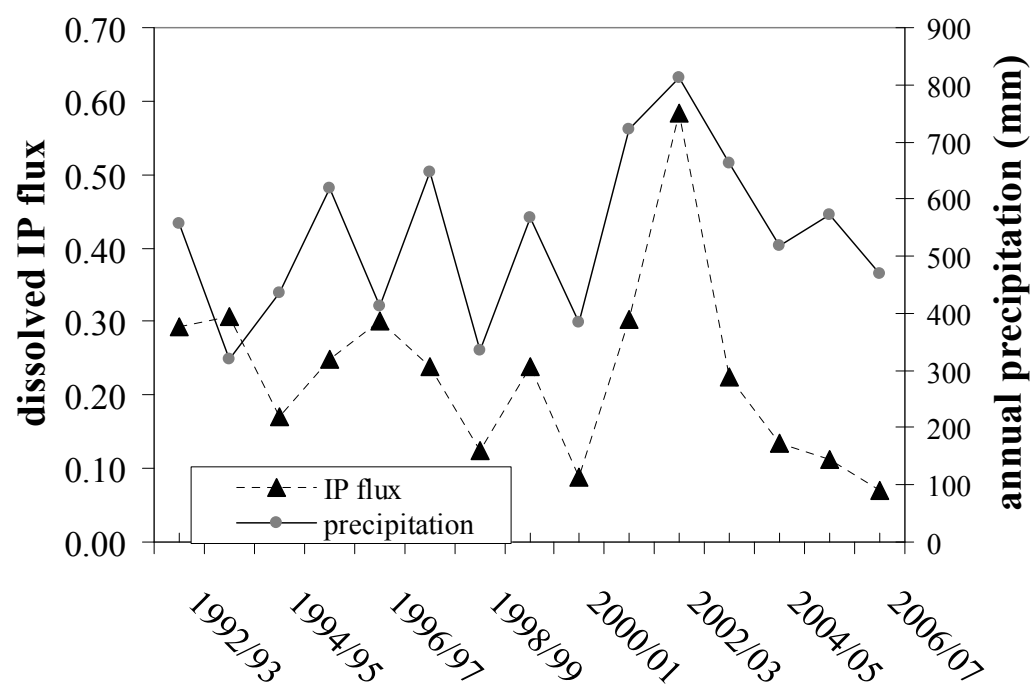
איור 23: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2006.



איור 24: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום. נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) ובמעון מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2006; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.

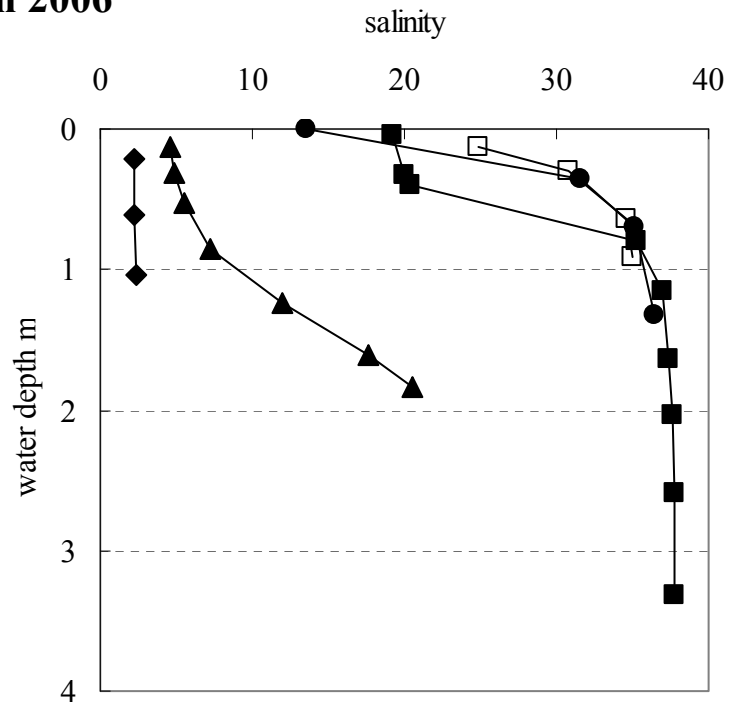
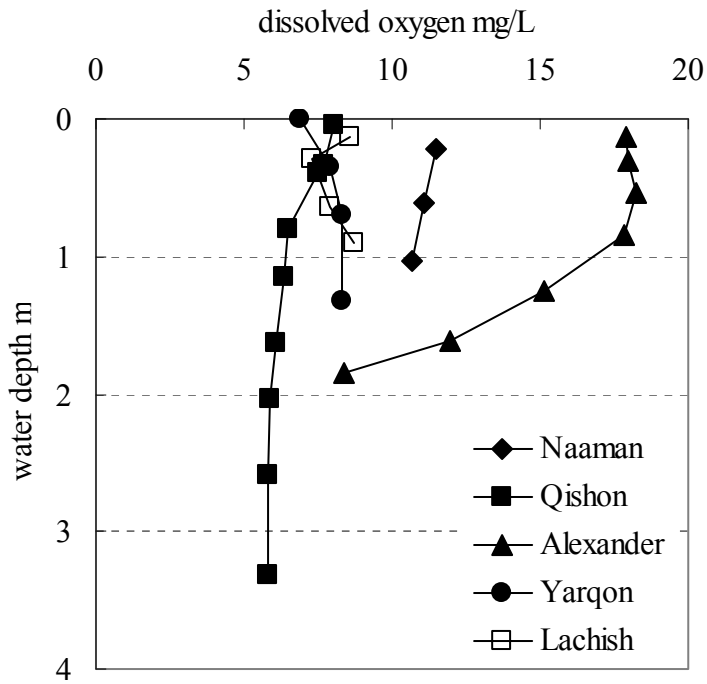


איור 24 : המשך

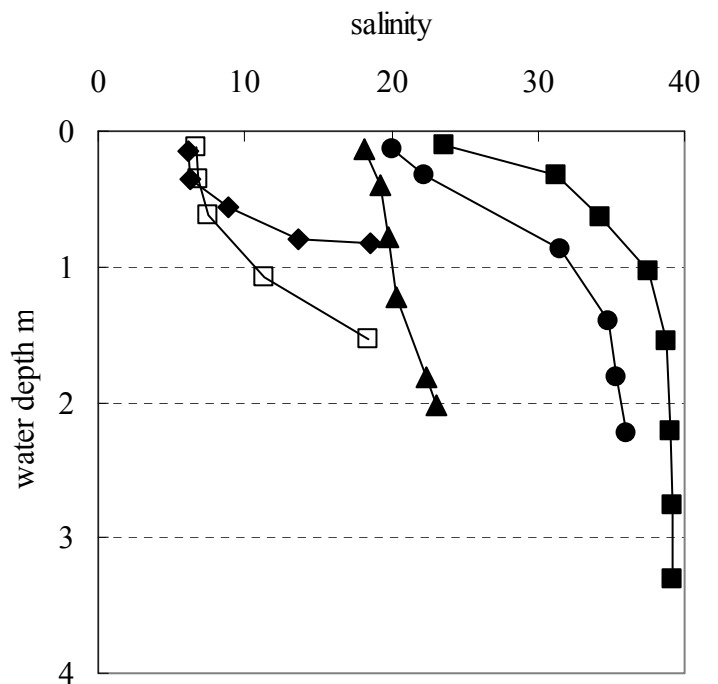
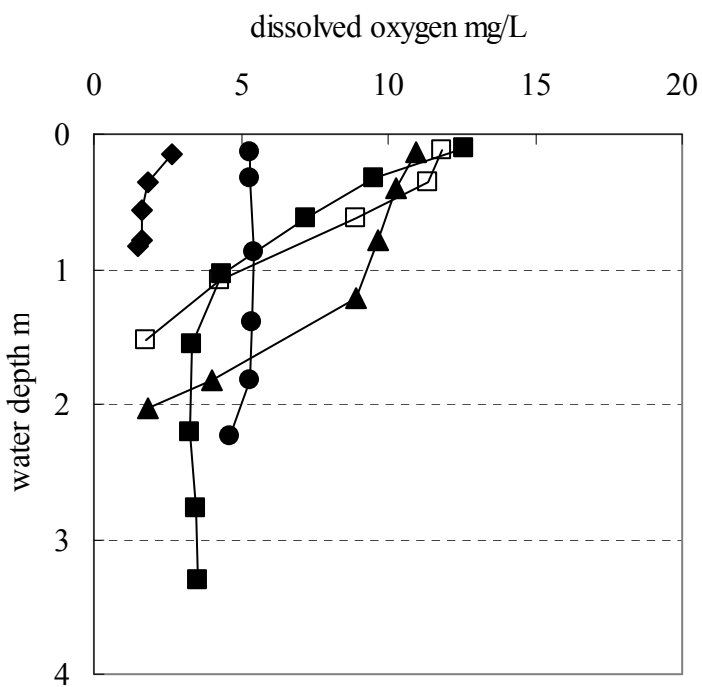


איור 25: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol m⁻² yr⁻¹) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2006. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

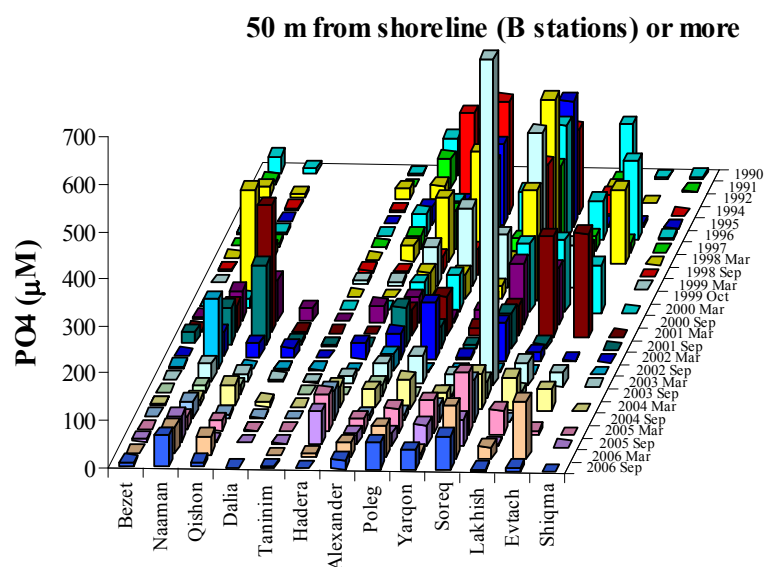
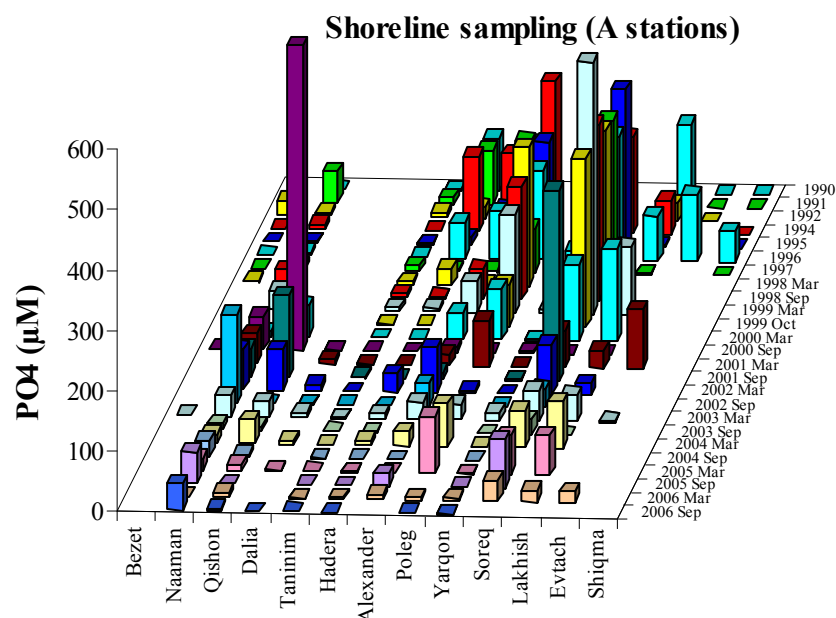
March 2006



September 2006

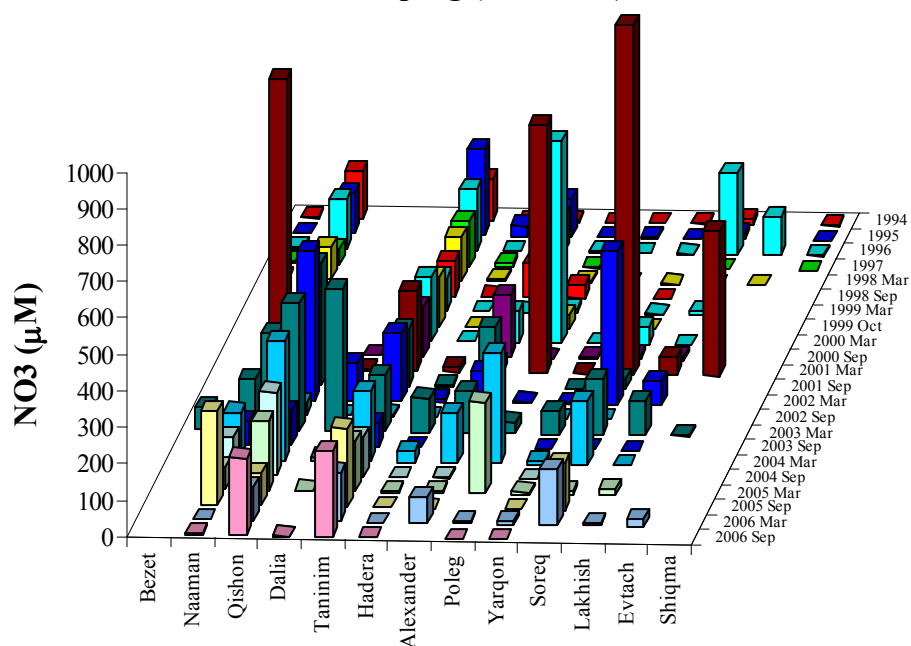


איור 26 : פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ וספטמבר 2006.

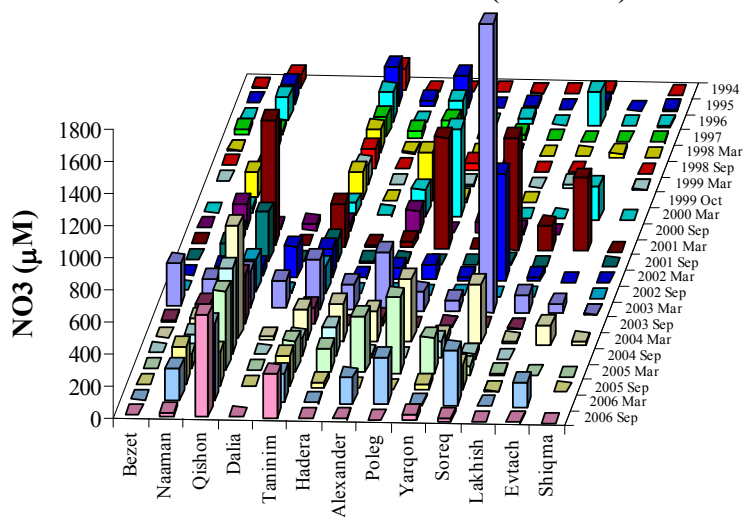


איור 27: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2006 (מרץ וספטמבר).

Shoreline sampling (A stations)

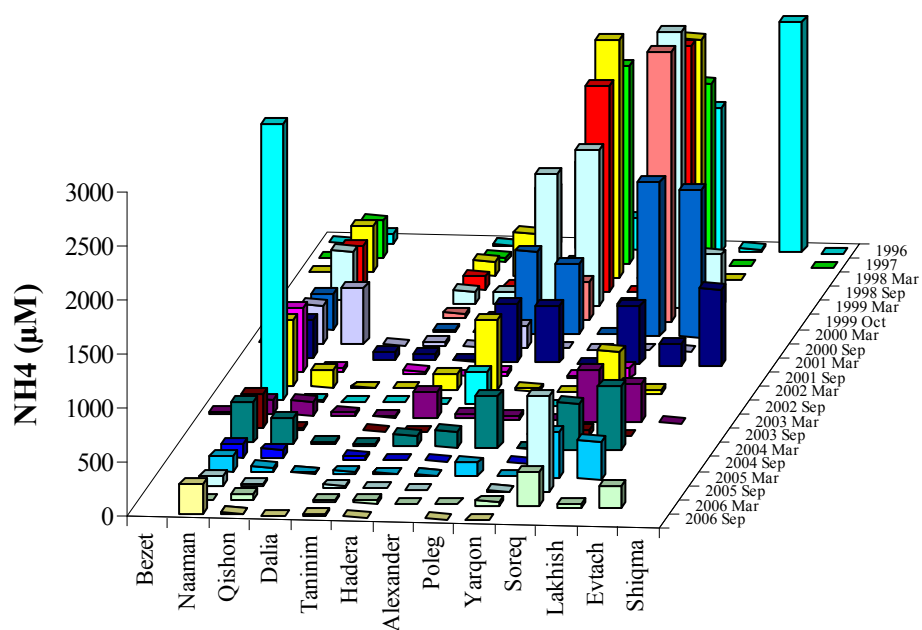


50 m from shoreline (B stations) or more

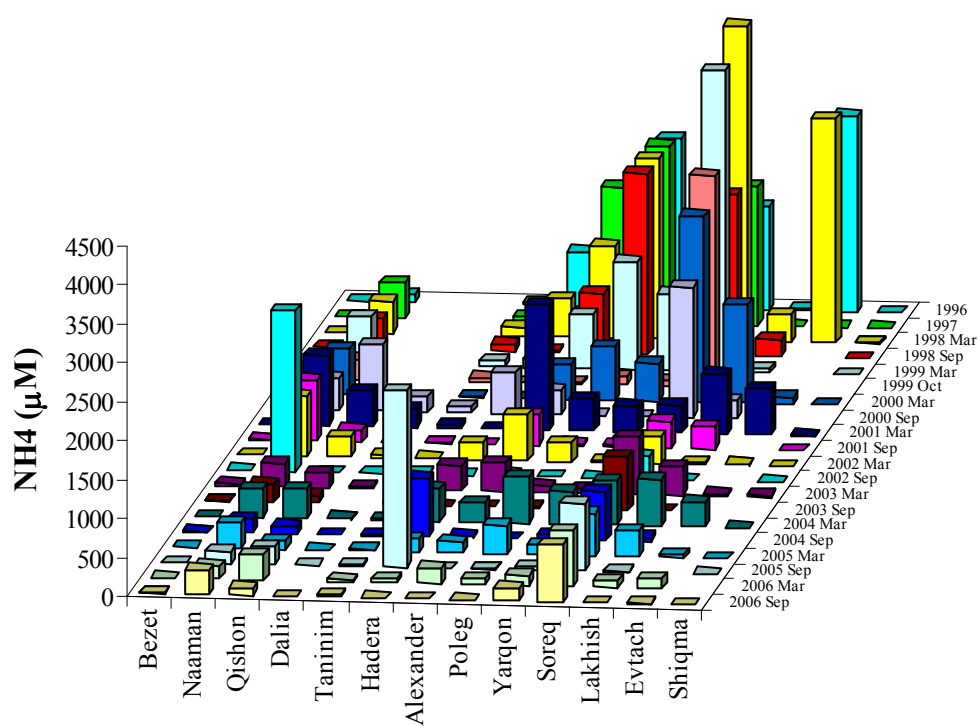


איור 27 : המשך

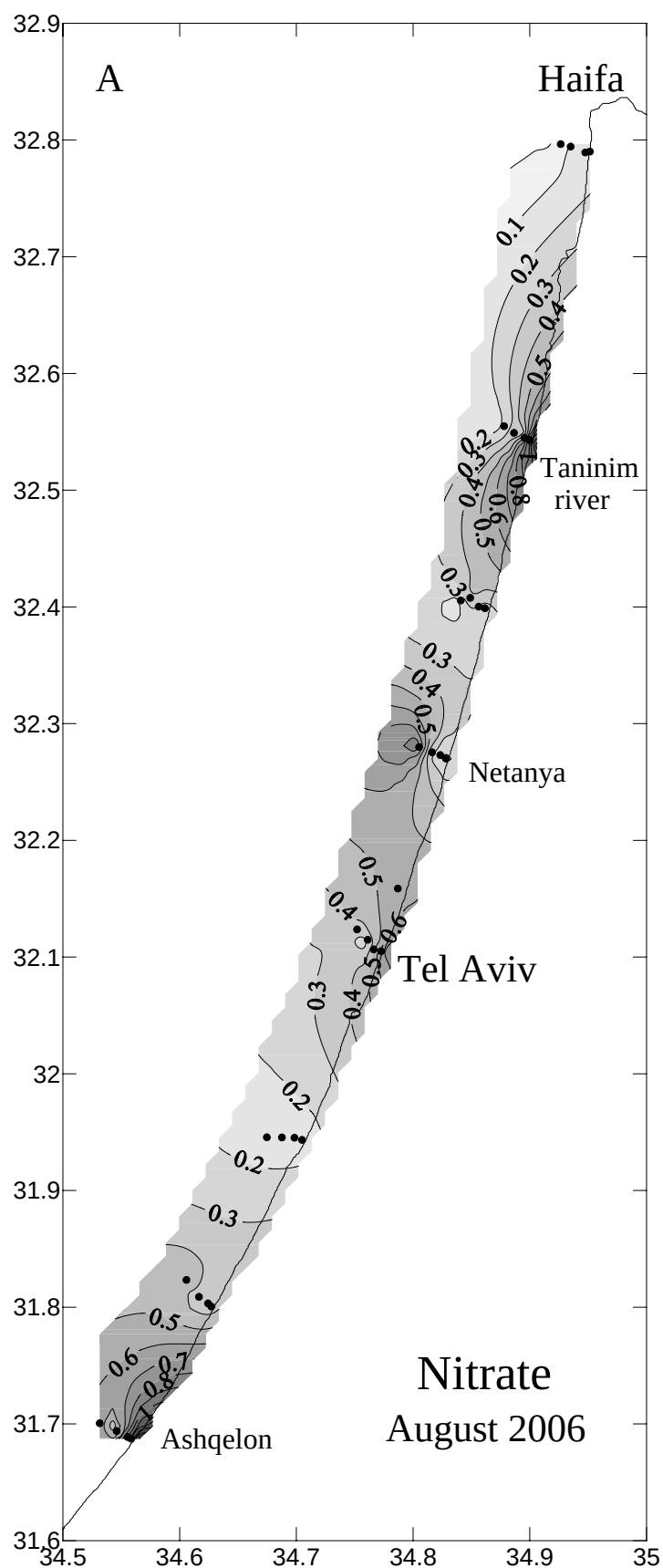
Shoreline sampling (A stations)



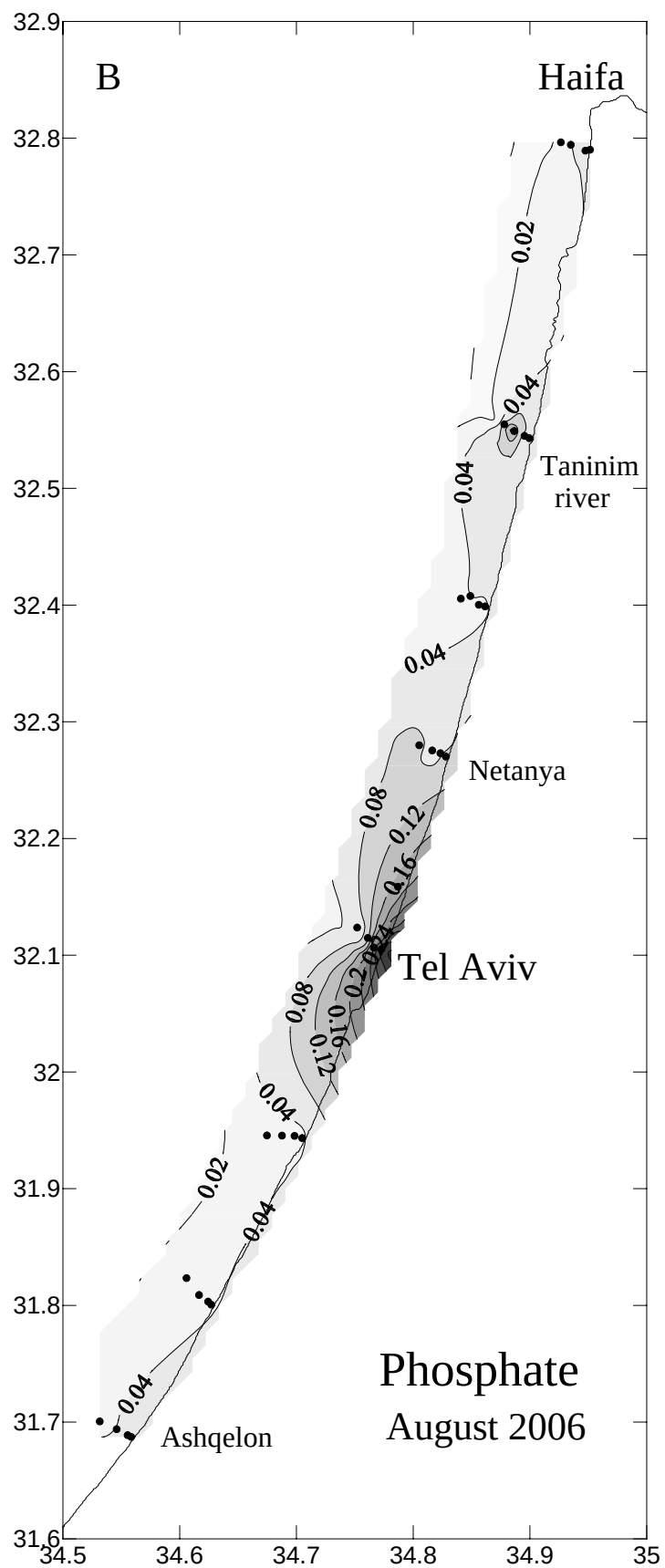
50 m from shoreline (B stations) or more

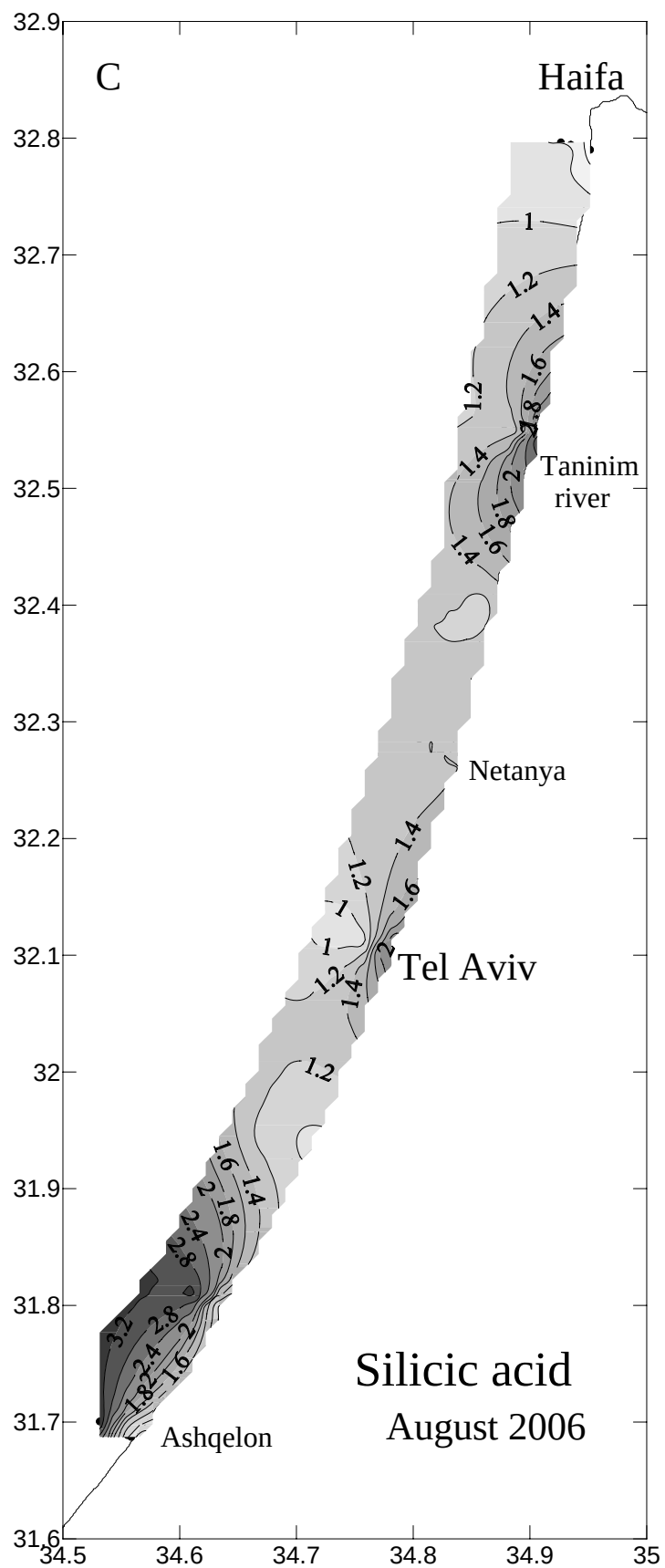


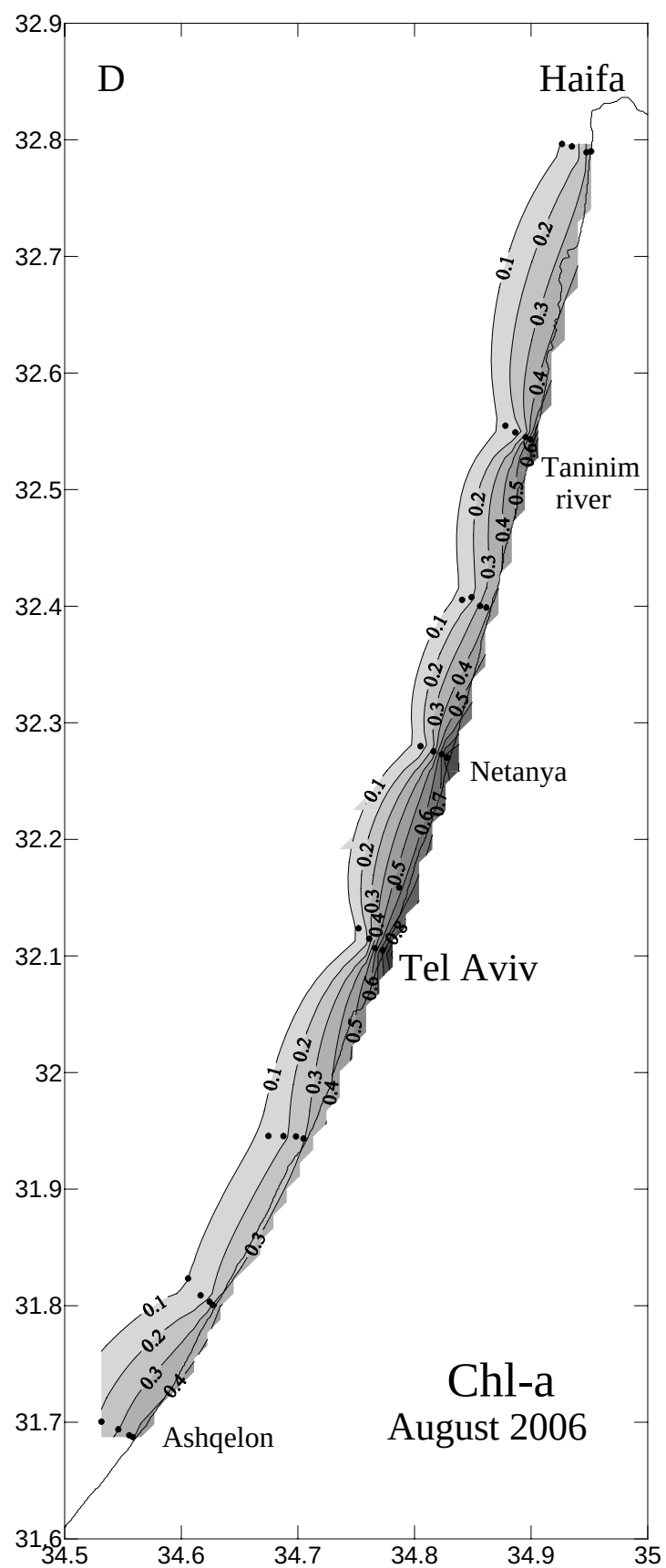
איור 27 : המשך



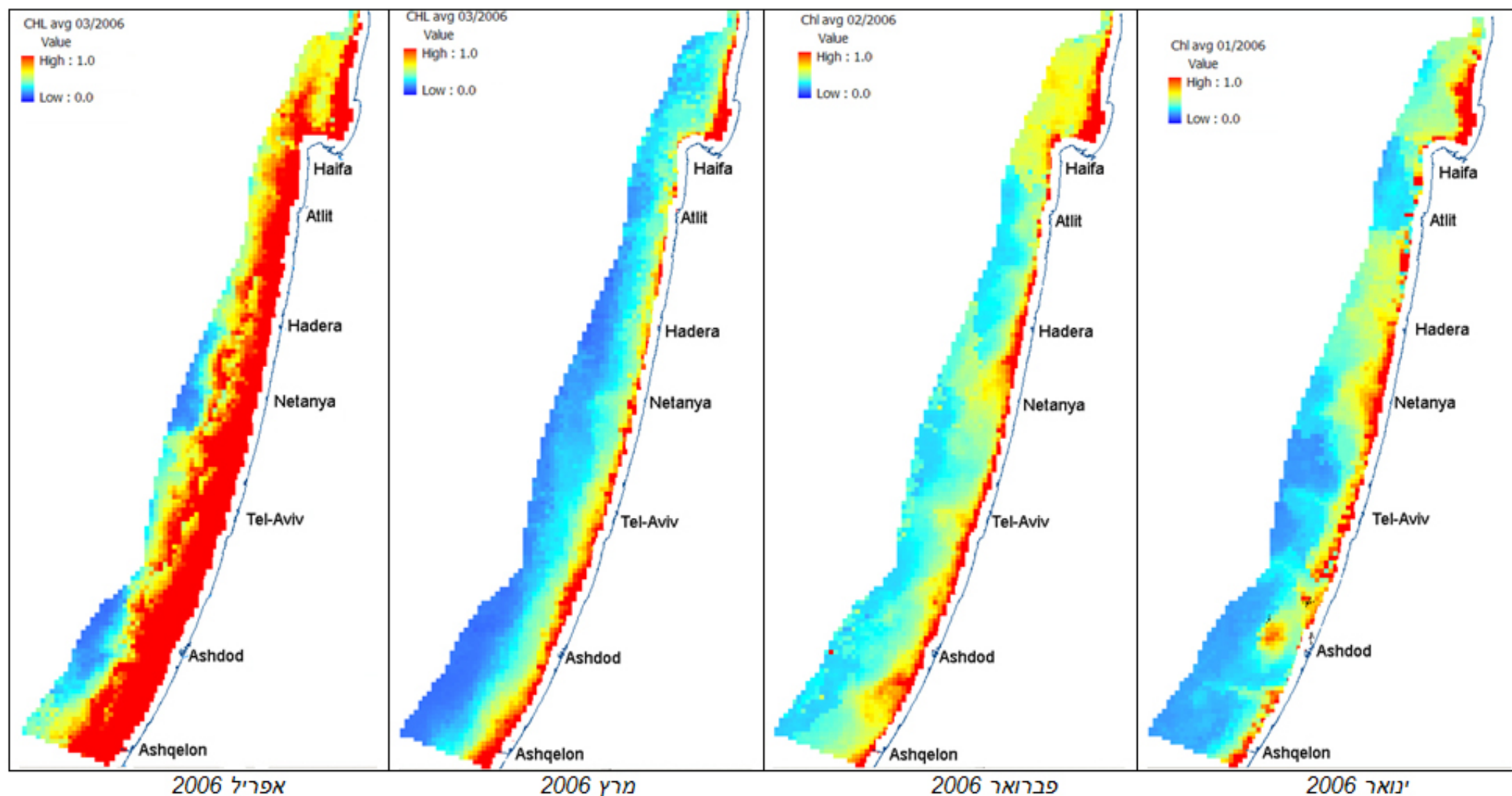
איור 28: ריכוזי נטריאנטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2006.



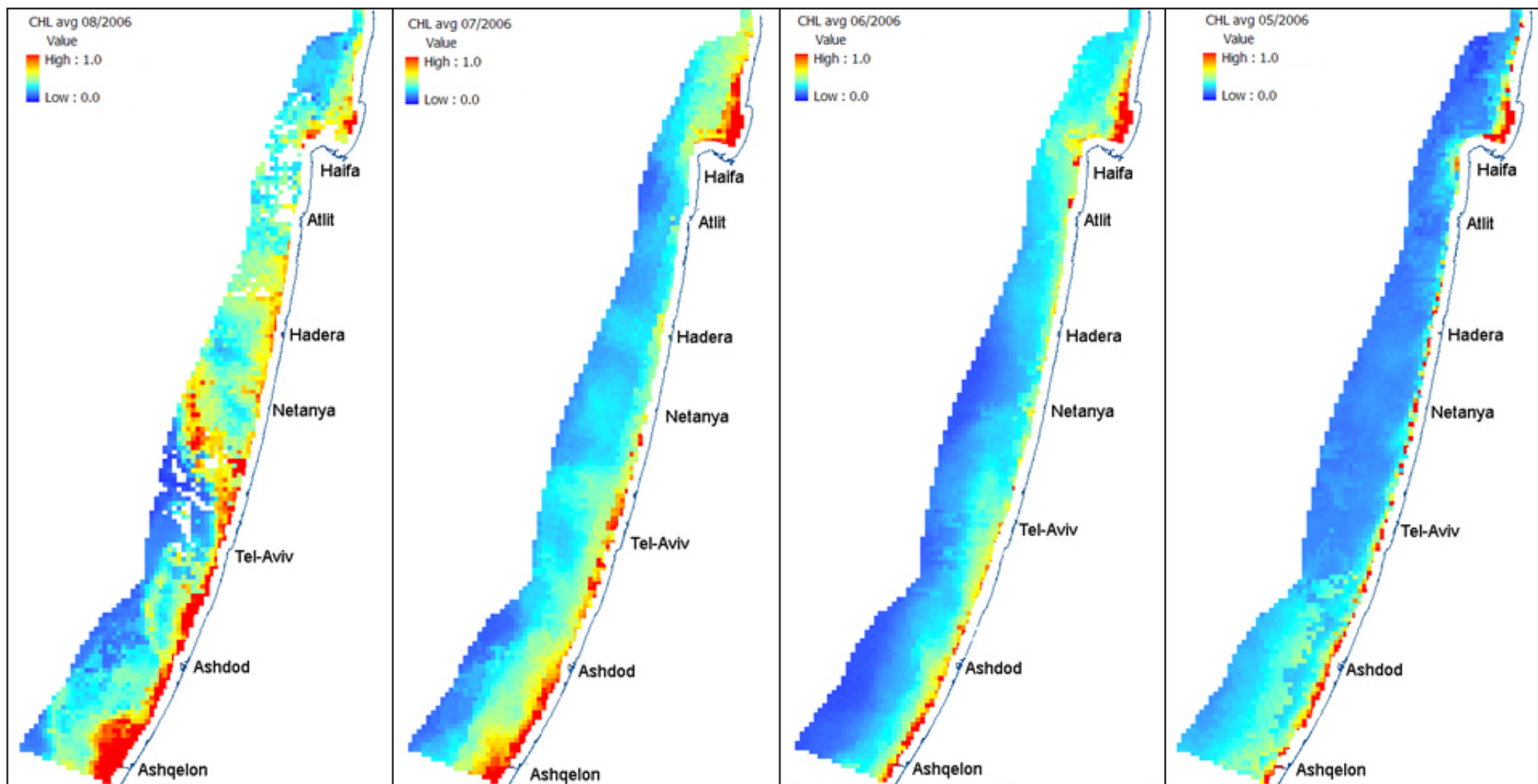




ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (2 ק"מ מהחוף עד עומק מים 200 מטר) מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה-SISCAL



איור 29 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (עומק מים 0-200 מטר) כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה-SISCAL



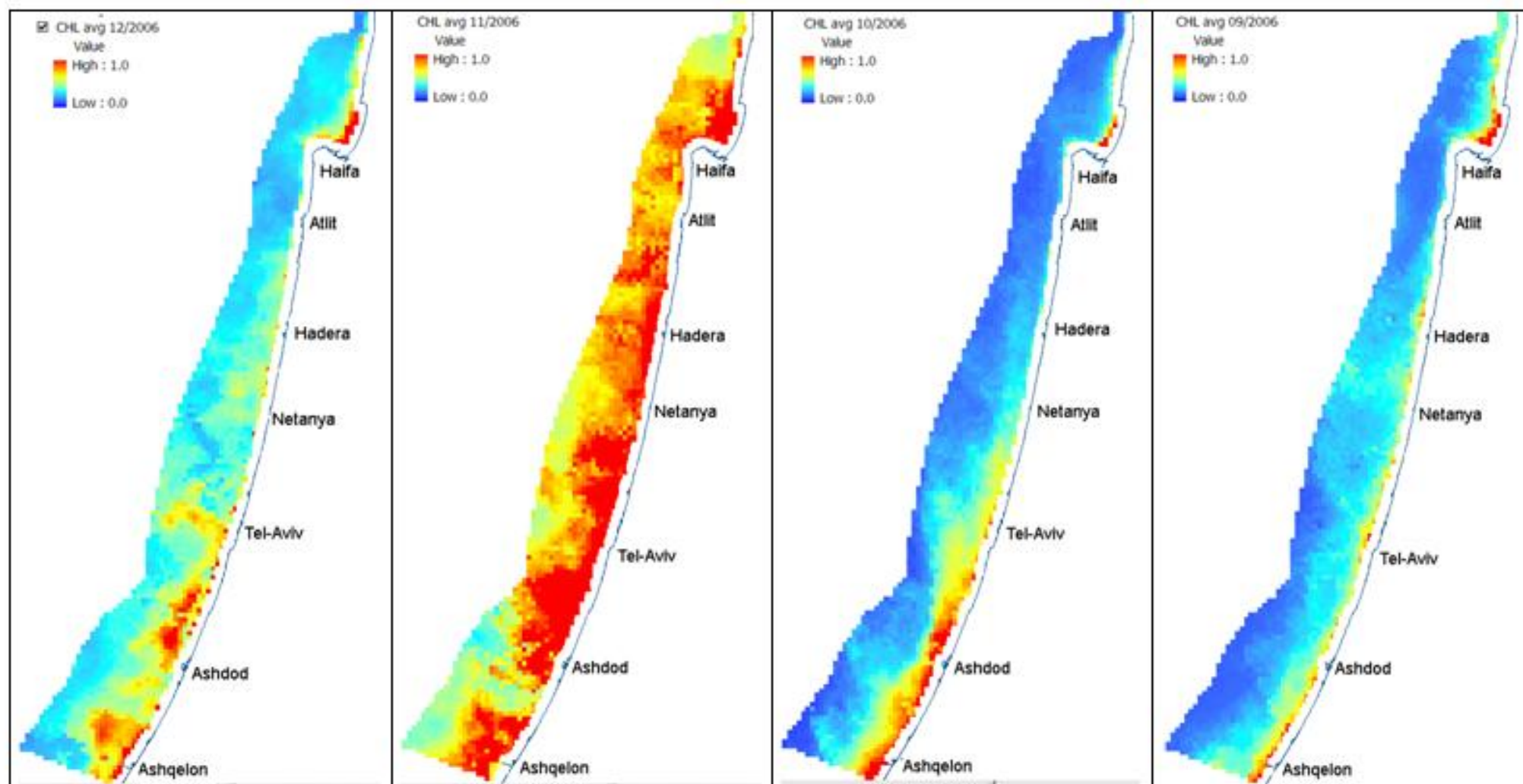
אוגוסט 2006

יולי 2006

יוני 2006

מאי 2006

איור 29 : המשך



דצמבר 2006

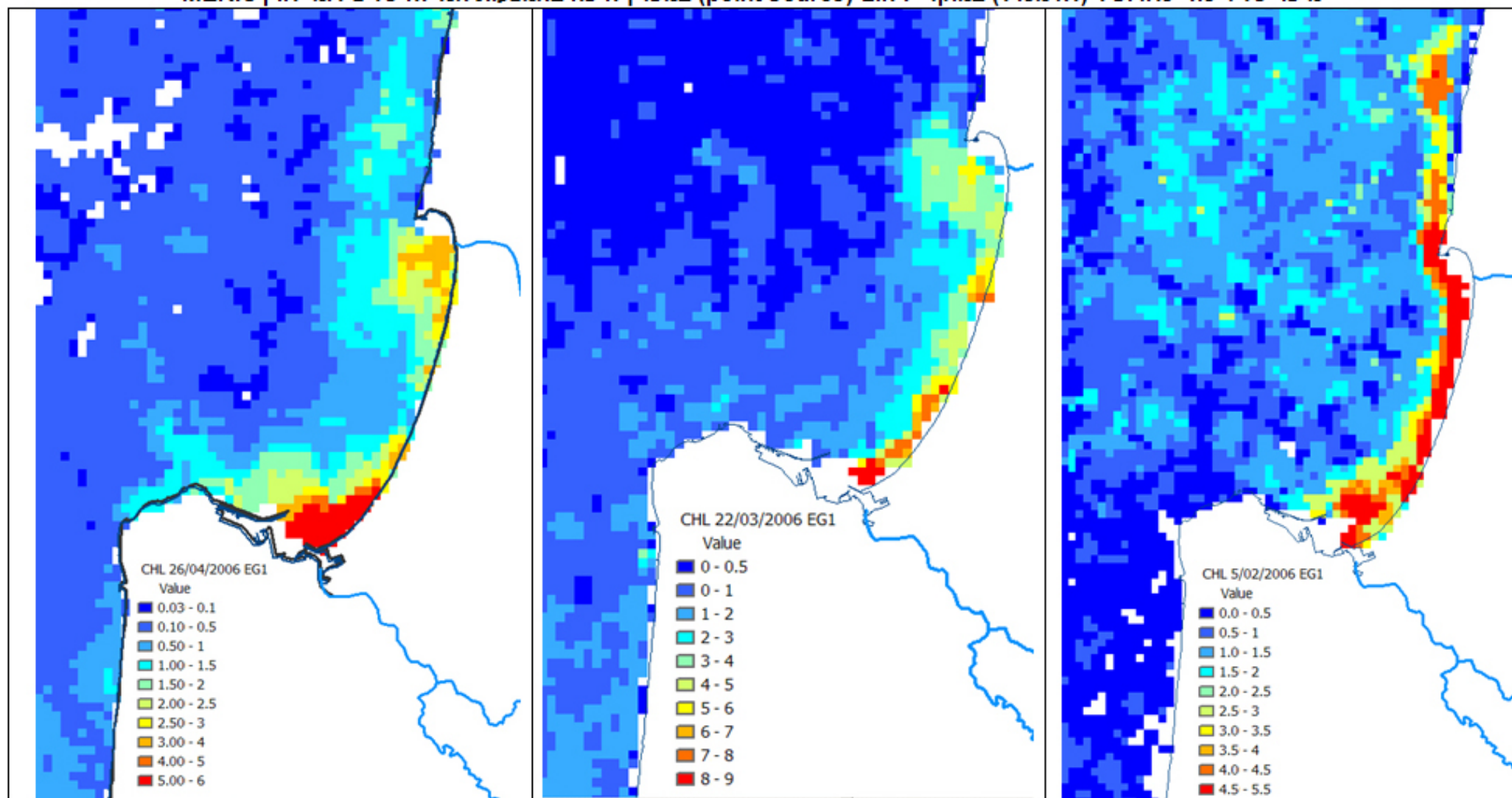
נובמבר 2006

אוקטובר 2006

ספטמבר 2006

איור 29 : המשך

מיפוי של ריכוזי כלורופיל (לא מכויל) במוקדי זיהום (point source) במפרץ חיפה באמצעות אנליזה של צילומי לוויין MERIS

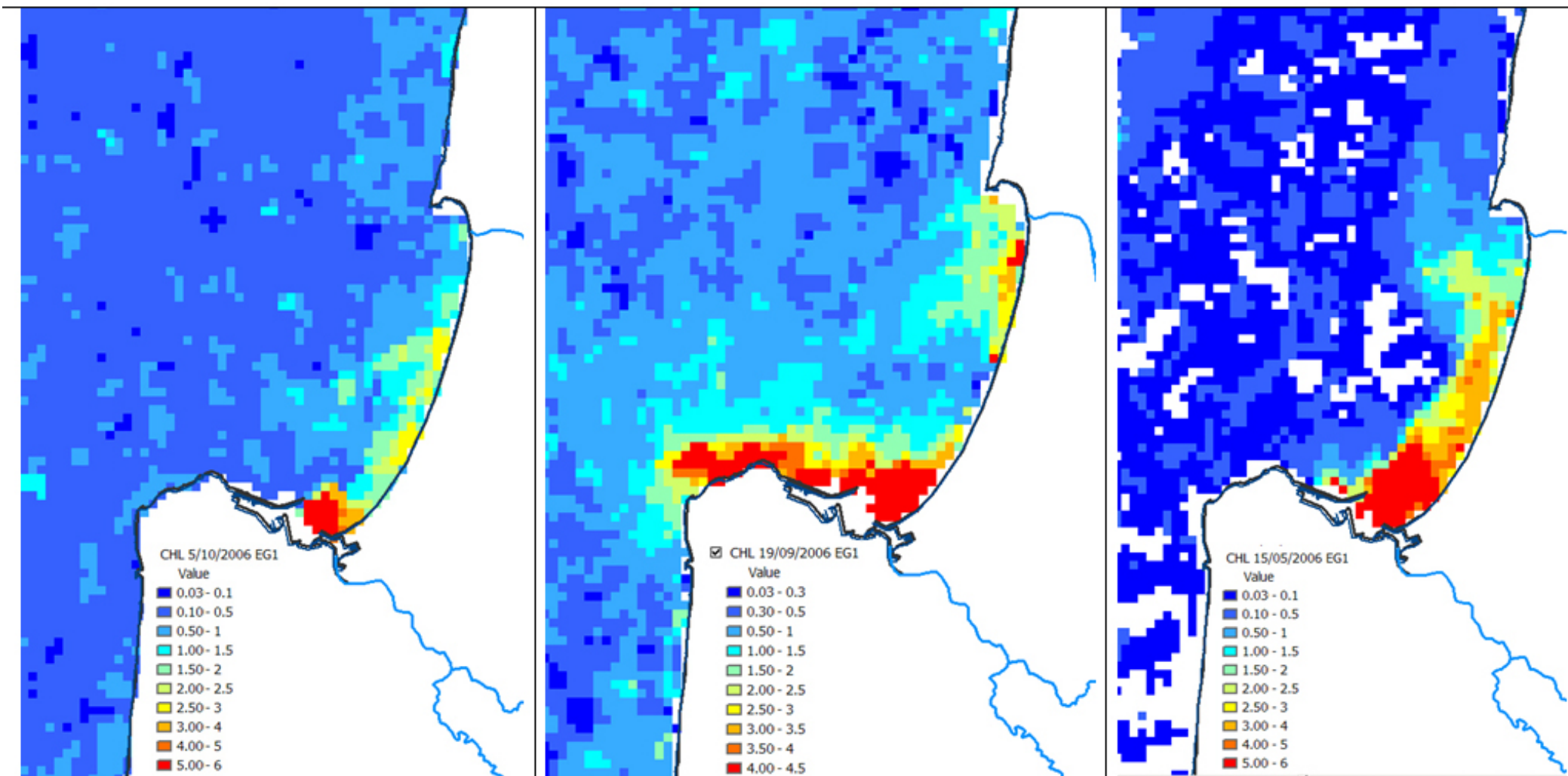


אפריל 2006

מרץ 2006

פברואר 2006

איור 30 : השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) במפרץ חיפה (עד כ-7 ק"מ מערבה). האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים פברואר – אוקטובר 2006.



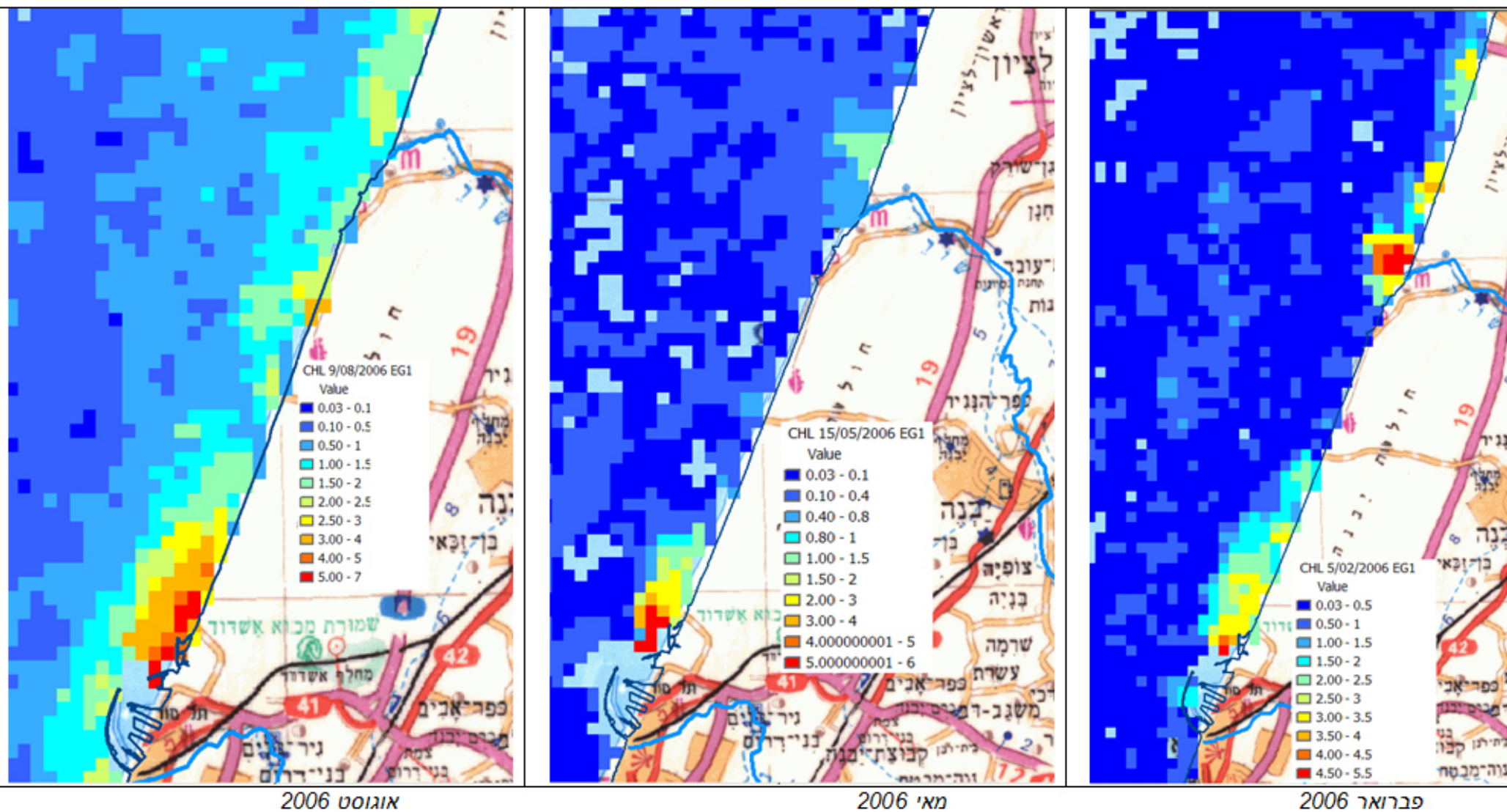
אוקטובר 2006

ספטמבר 2006

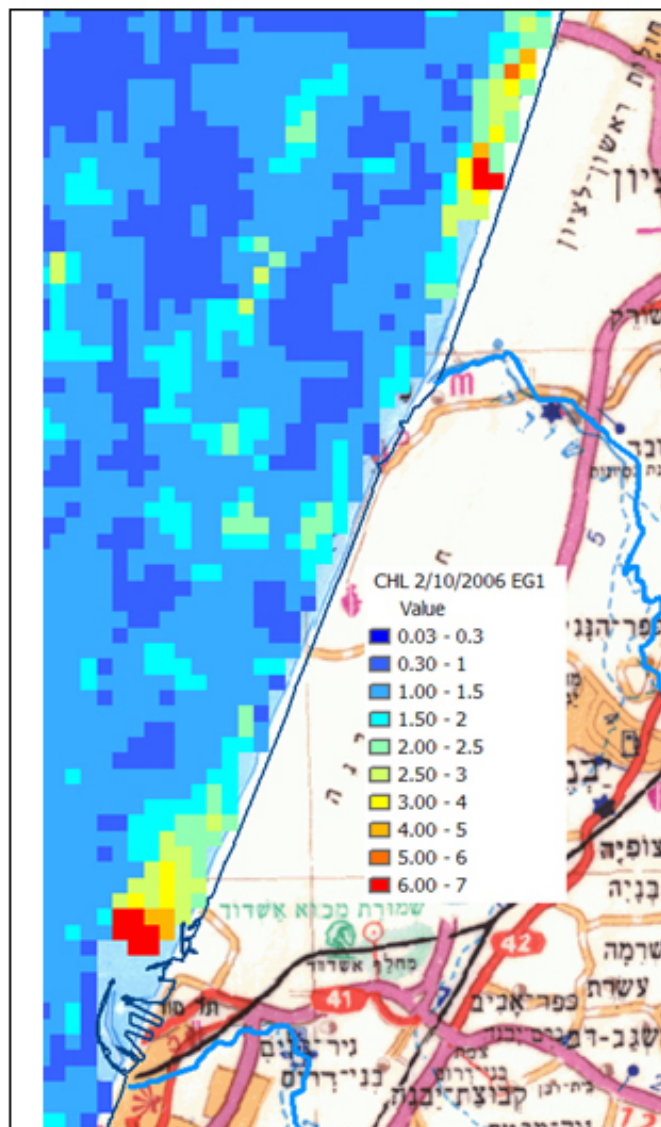
מאי 2006

איור 30 : המשך

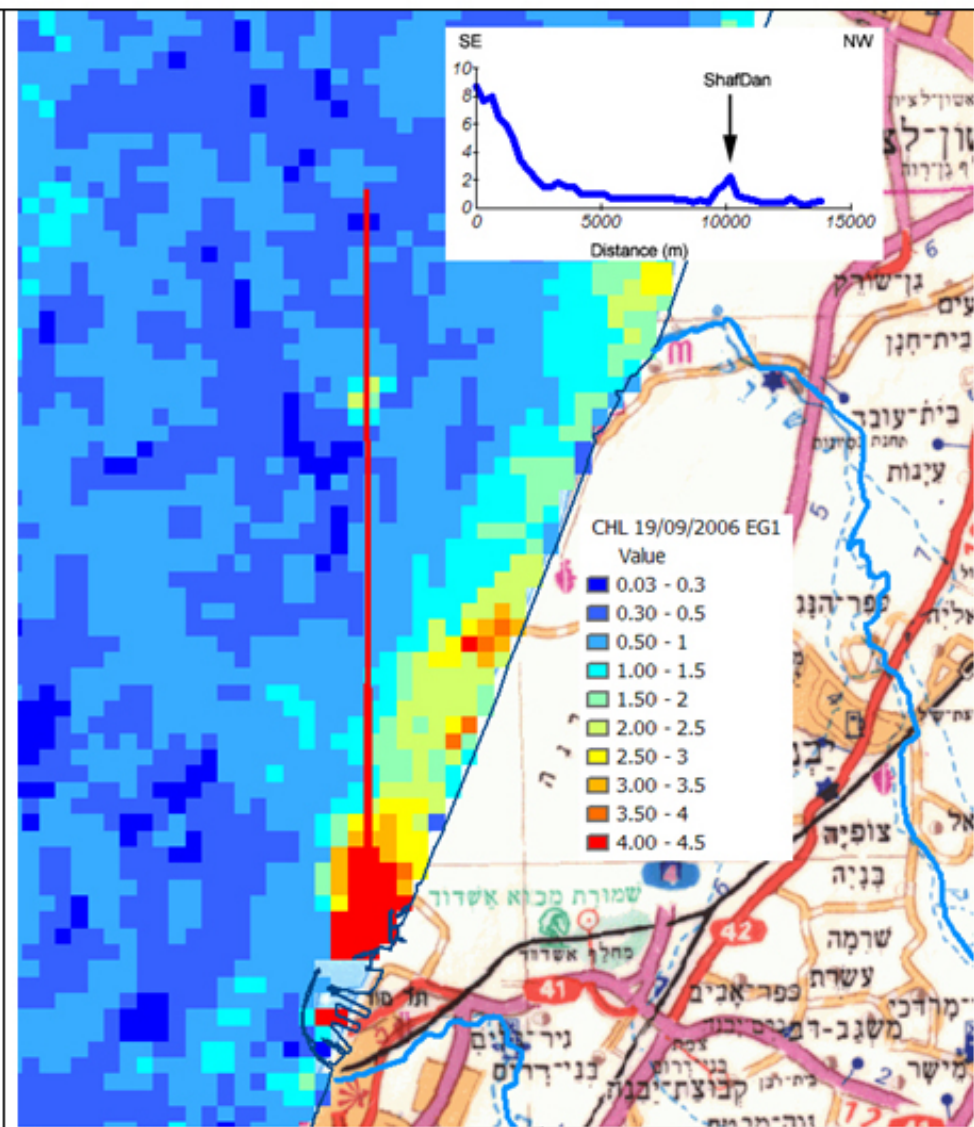
מיפוי של ריכוזי כלורופיל (לא מכויל) במוקדי זיהום (point source) באזור אשדוד באמצעות אנליזה של צילומי לוויין MERIS



איור 31: ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) באזור אשדוד-פלמחים. האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים פברואר – אוקטובר 2006.

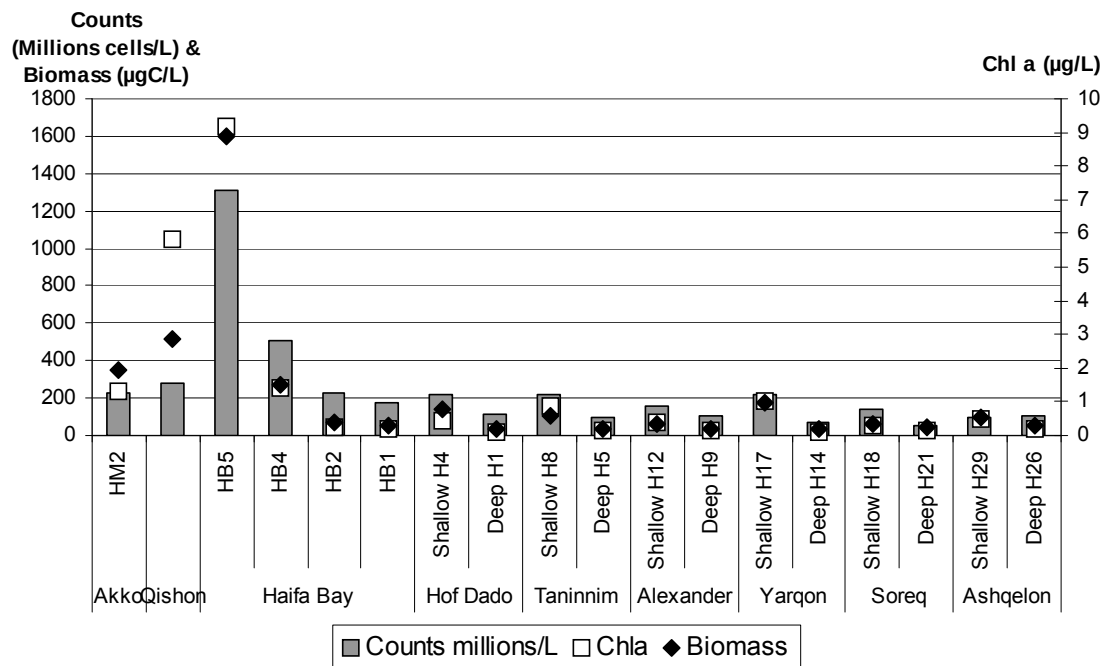


אוקטובר 2006

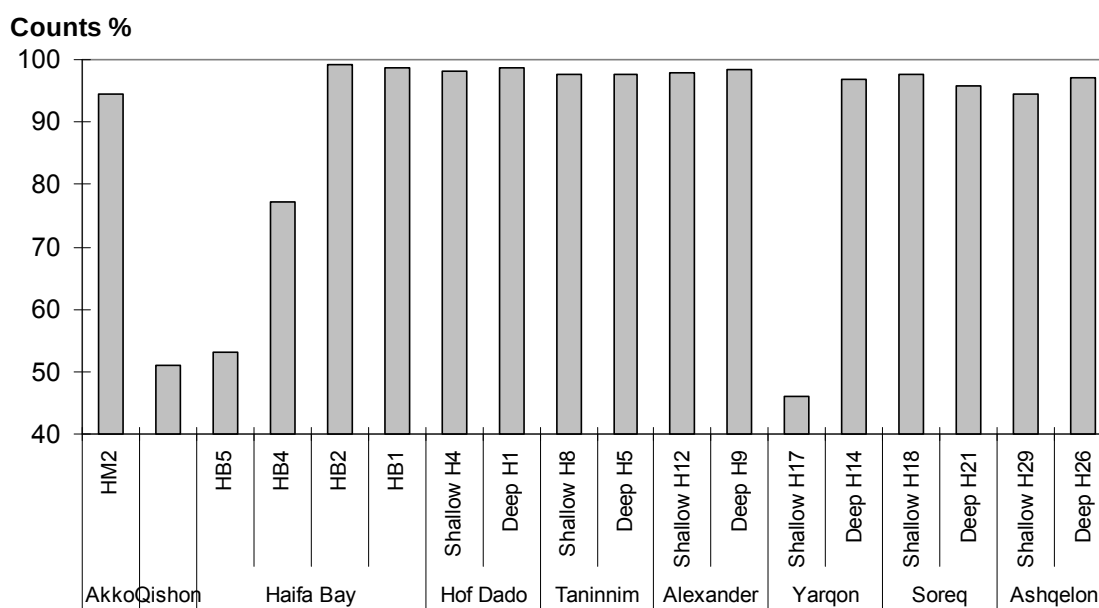


ספטמבר 2006

איור 31: המשך

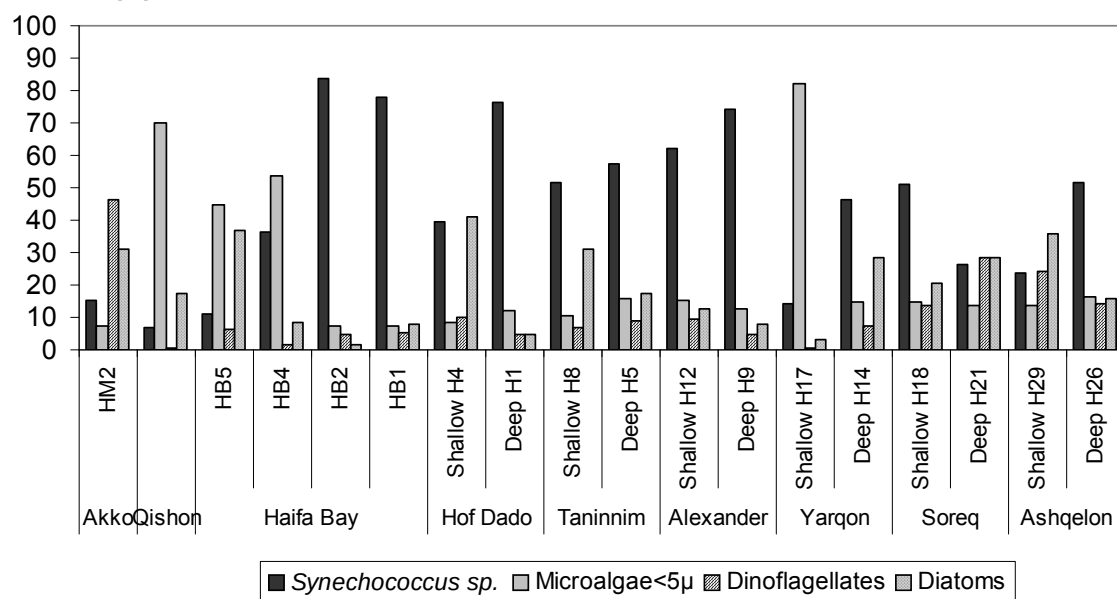


איור 32 : התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2006



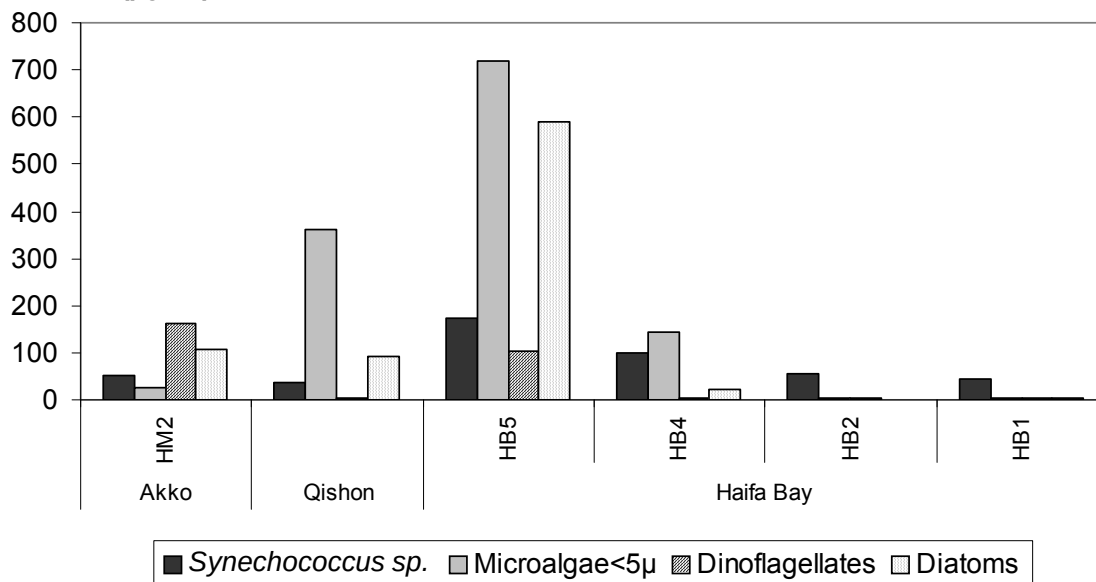
איור 33 : התפלגות באחוזים של ריכוז הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2006.

Biomass (%)

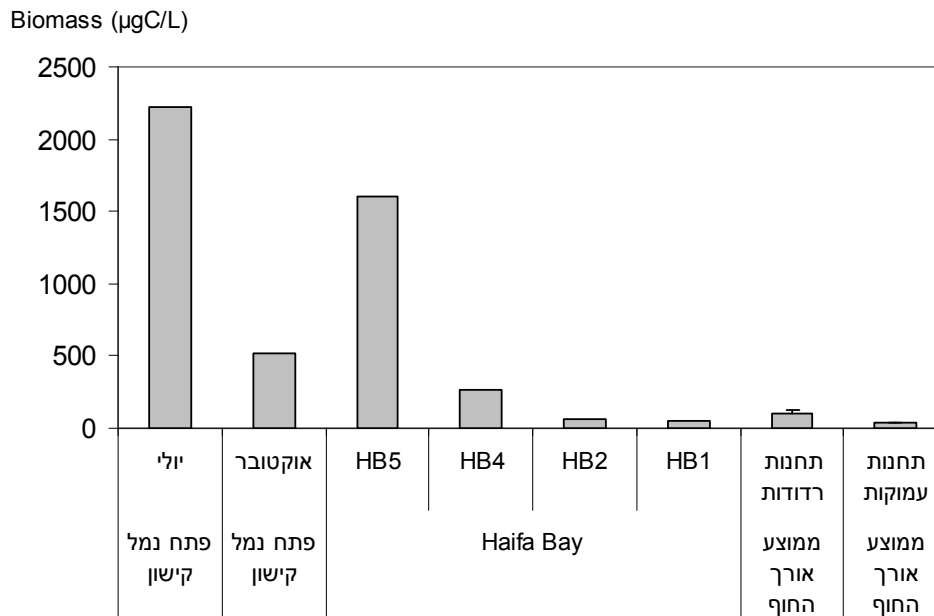


איור 34 : התרומה היחסית באחוזים של קבוצות המיקרואצות השונות לביומסה הכללית

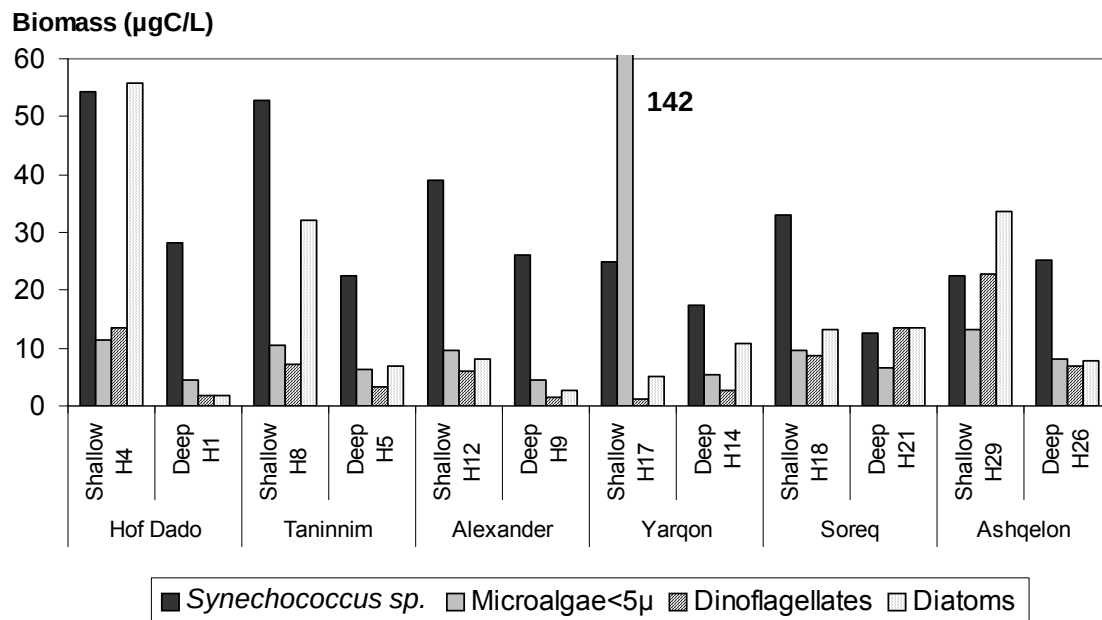
Biomass (µgC/L)



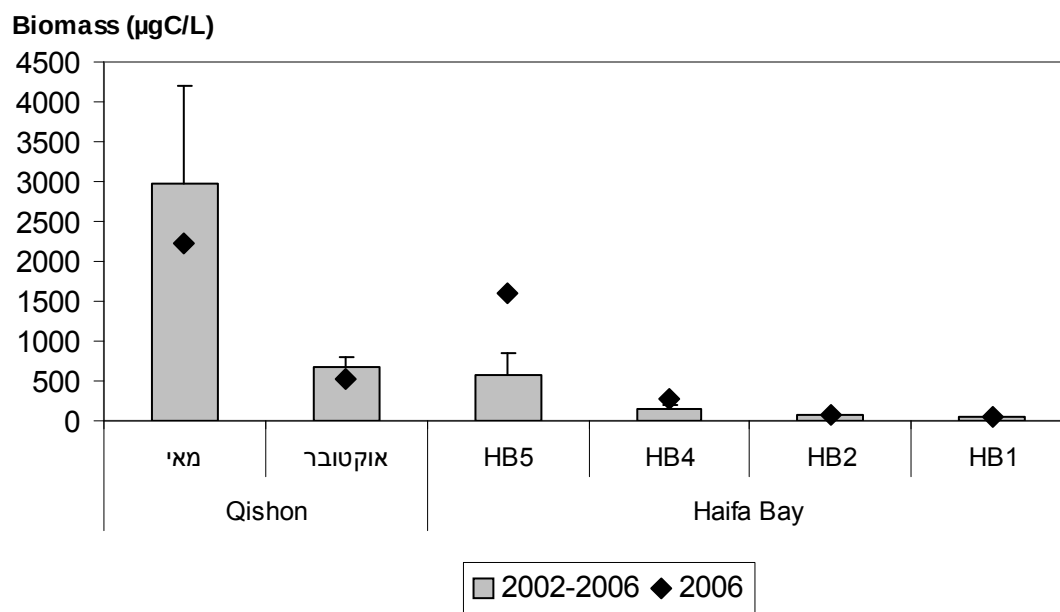
איור 35 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2006.



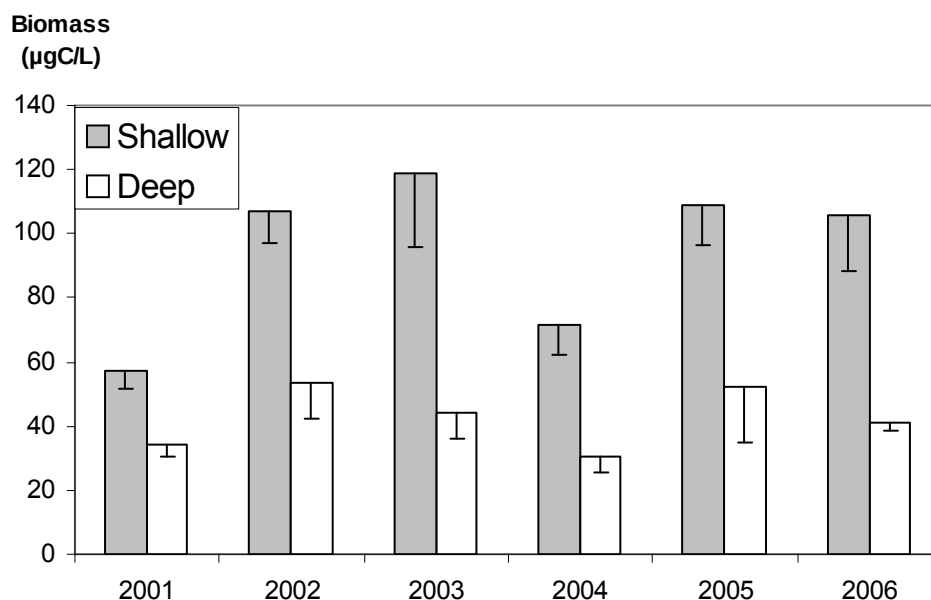
איור 36 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון בתחנות במפרץ חיפה באוגוסט 2006 , כולל תחנת פתח קישון (יולי ואוקטובר 2006) בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2006.



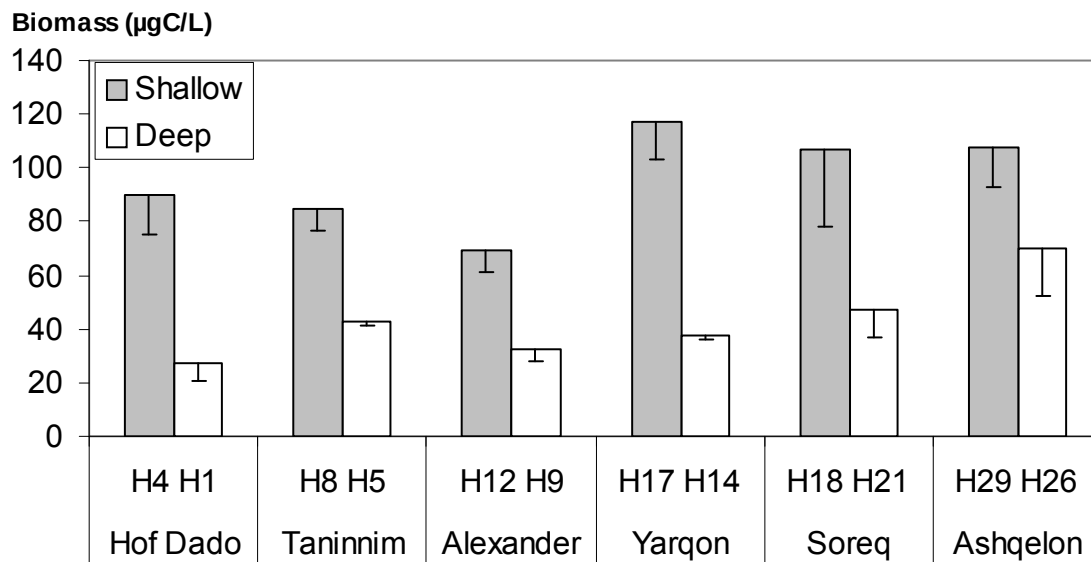
איור 37 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות לאורך החוף באוגוסט 2006 (ערך ביומסת Microalgae < 5 μm בירקון מצויין ליד העמודה).



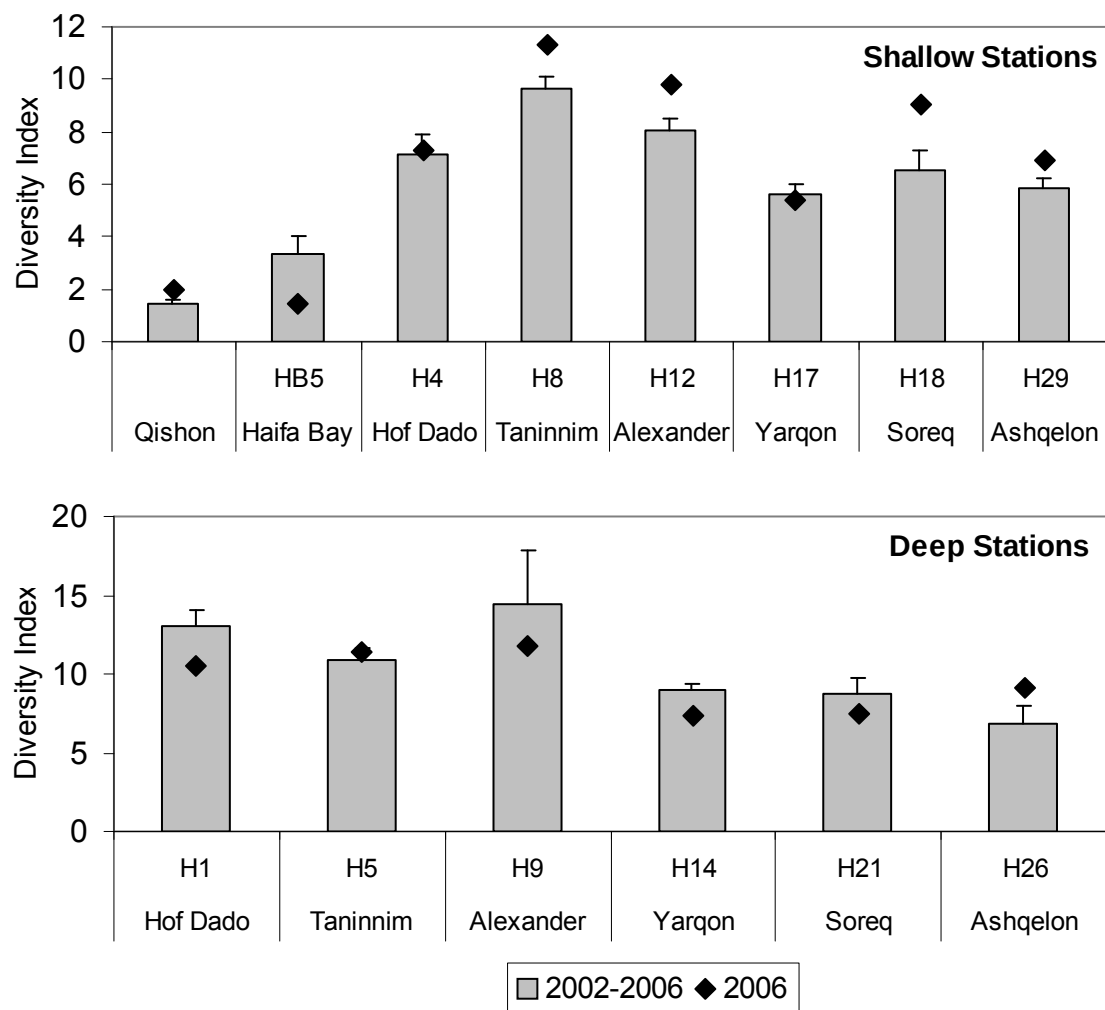
איור 38 : ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה ובפתח הקישון (שנים 2002-2006) בהשוואה ל - 2006.



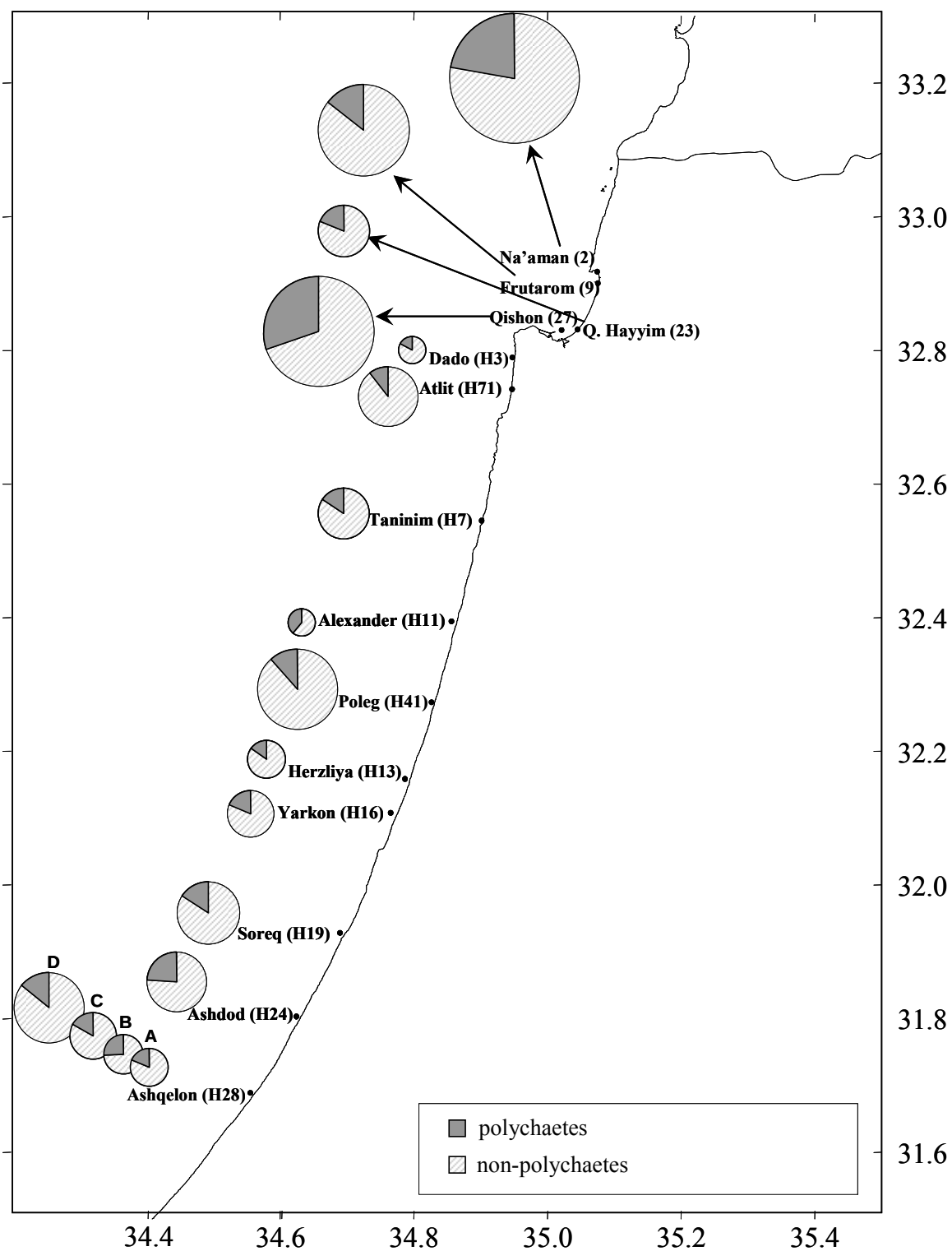
איור 39 : התפלגות ממוצעת שנתית של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2006-2001.



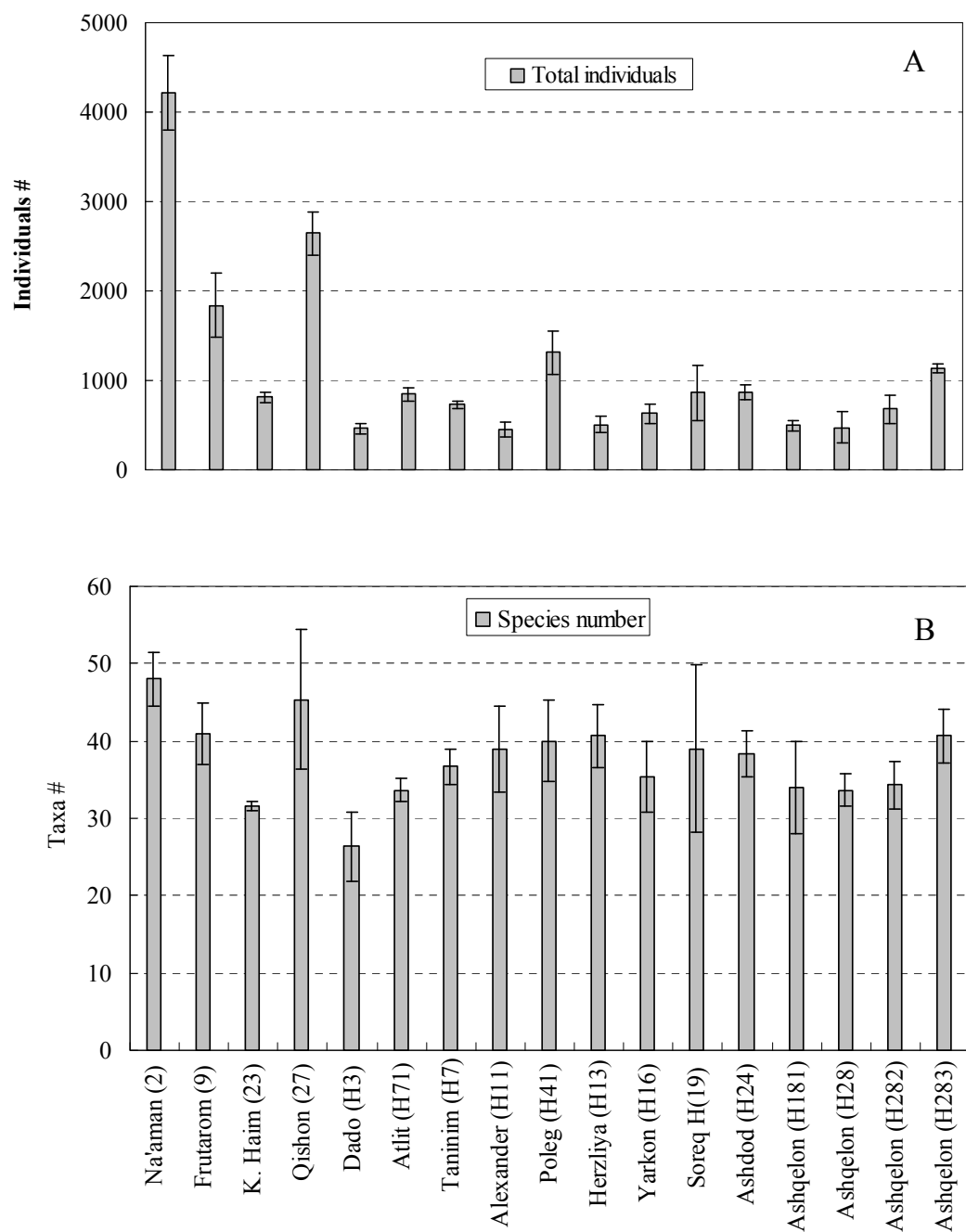
איור 40 : התפלגות ממוצעת (שנים 2006-2001) לפי תחנות של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ').



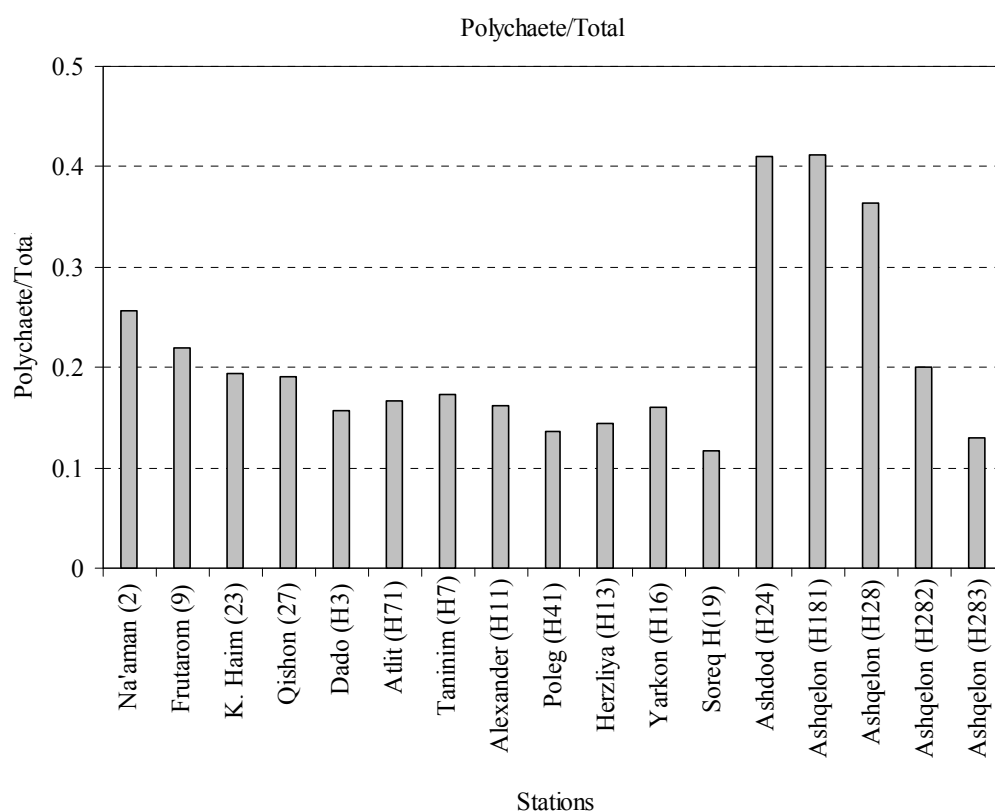
איור 41: השינויים בממוצע מגוון מיני המיקרואצות בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2006 בהשוואה עם ערכי אינדקס השונות של שנת 2006. "אינדקס השונות" (Diversity Index) מחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של הביומסה.



איור 42: מספר פרטים של תולעים רב-זיפיות ומספר כולל של פרטים בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2006.

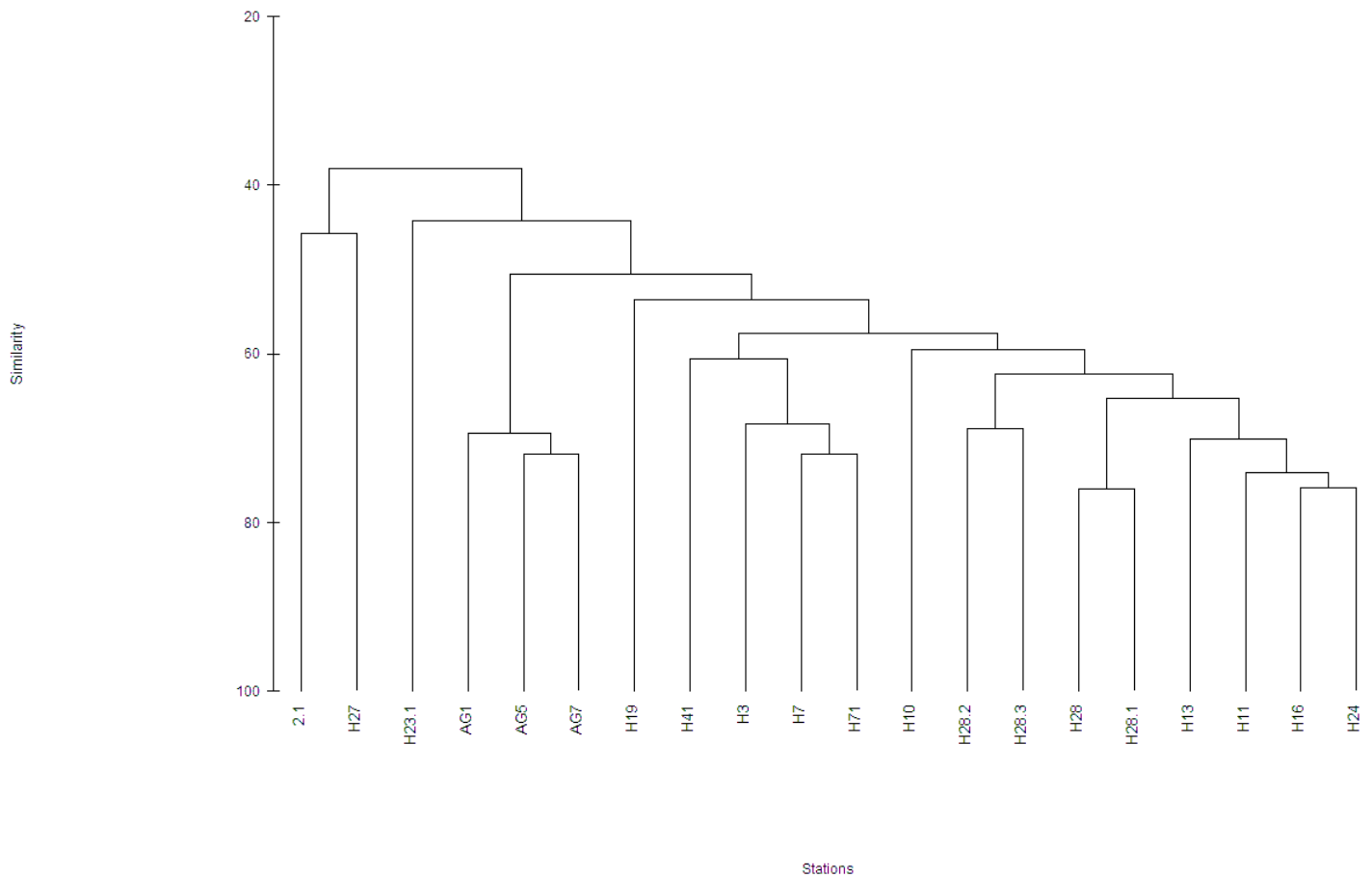


איור 43: מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2006.



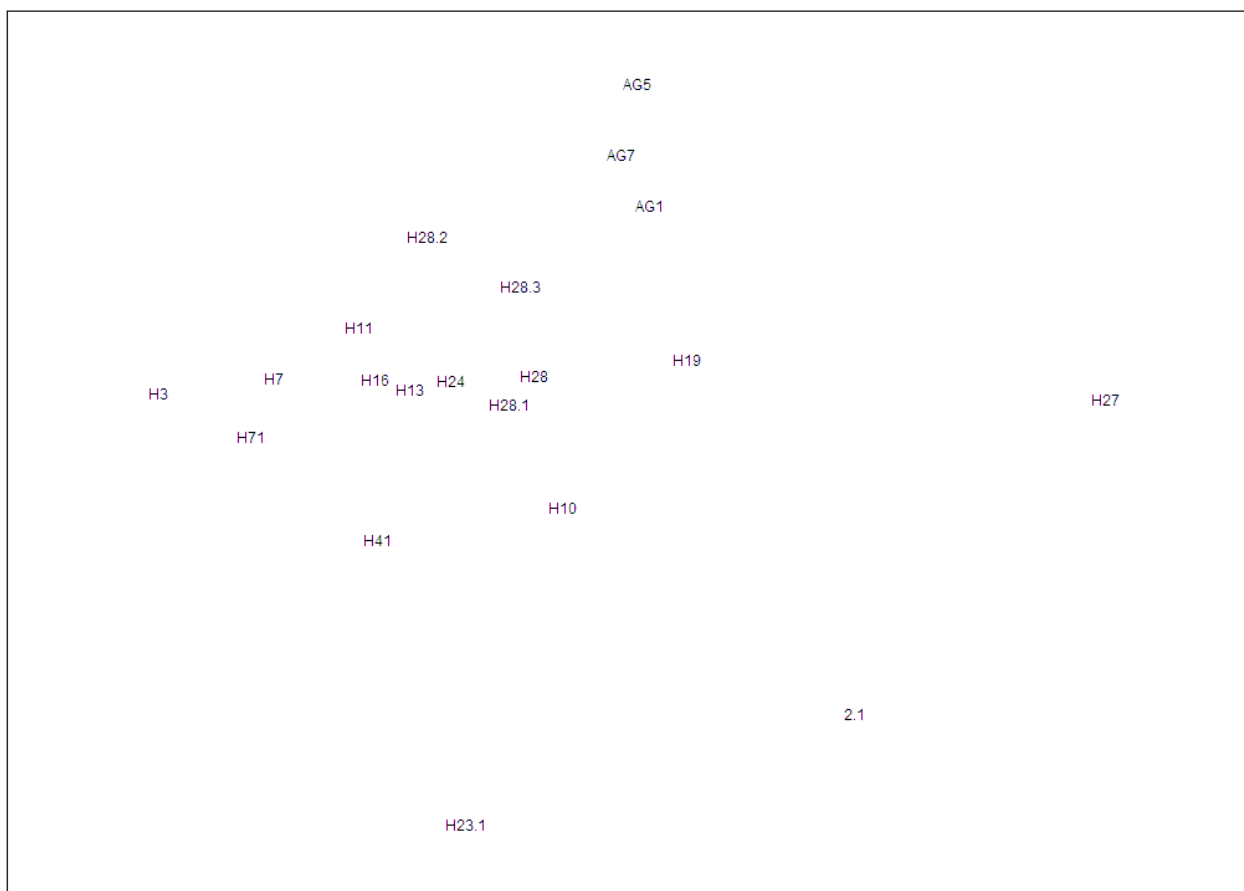
איור 44: היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2006.

National Monitoring + Agan August 2006

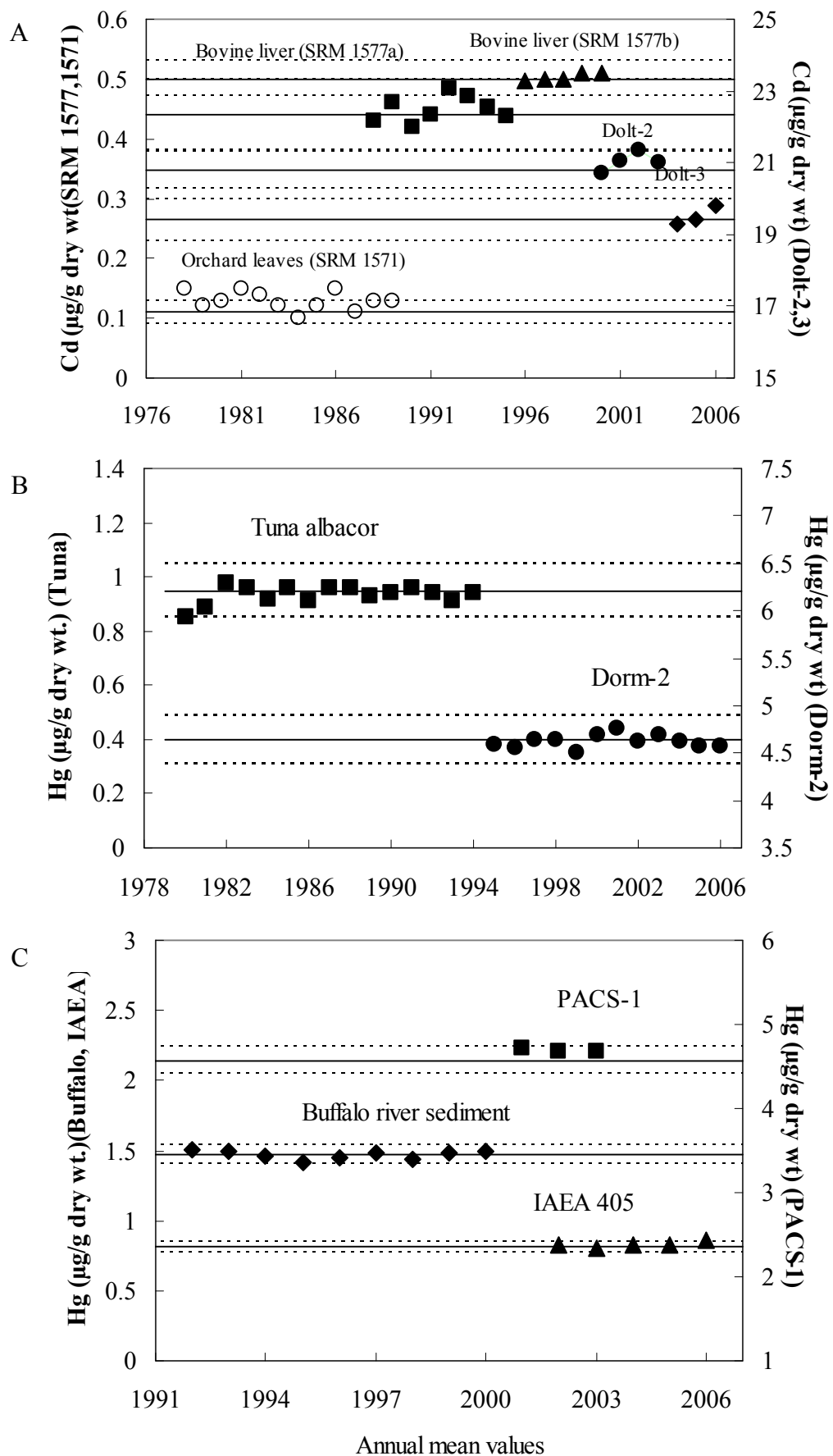


איור 45: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי ותחנות שנדגמו במסגרת תכנית ניטור נפרדת עבור מפעל אגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (תחנות AG1, AG5, AG7). כל התחנות נדגמו במהלך שנת 2006.

National Monitoring + Agan August 2006



איור 46: אנליזת פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי ותחנות שנדגמו במסגרת תכנית ניטור נפרדת עבור מפעל אגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (תחנות AG1, AG5, AG7). כל התחנות נדגמו במהלך שנת 2006



איור 47: נתוני בקרת איכות לבדיקות קדמיים (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-2006. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק. מקרא של שמות התחנות בתחתית הטבלה.

Biota	Avg wt. (g)		Hg		Cd		Cu		Zn	
<i>Donax sp.</i>										
EI	0.611±0.327	a	0.017±0.003	a	bdl		0.523±0.149	b	7.2±2.0	b
QY	0.598±0.278	a	0.013±0.001	a	0.069±0.016	a	0.831±0.202	b	7.94±0.82	b
QH	0.795±0.355	a	0.010±0.001	b	0.064±0.015	a	1.70±0.79	a	10.75±1.3	a
<i>Patella sp.</i>										
ACH	1.69±1.07	b	0.011±0.002	bc	0.275±0.0089	b	1.14±0.26	abc	11.3±1.9	b
AK- B	3.47±1.17	a	0.025±0.016	a	0.052±0.018	e	1.37±0.284	a	10.63±1.48	bc
AK- P	2.83±1.51	ab	0.016±0.005	bc	0.149±0.067	cde	1.36±0.22	a	9.24±1.44	bcd
HS	2.53±1.17	ab	0.018±0.009	b	0.446±0.128	a	1.33±0.305	a	17.3±3.6	a
TS	1.41±1.05	b	0.007±0.002	bc	0.406±0.18	a	0.876±0.215	bcd	9.06±2.00	bcd
AT	1.71±0.96	b	0.008±0.002	bc	0.202±0.039	bcd	0.840±0.121	cd	8.87±1.05	bc
MM	2.73±1.91	ab	0.006±0.002	c	0.149±0.064	bcd	1.18±0.19	ab	9.69±1.33	bcd
HAD	2.18±0.86	ab	0.008±0.001	bc	0.135±0.059	cde	1.060±0.131	abcd	8.68±0.63	cd
MIC	1.78±0.89	b	0.007±0.002	bc	0.238±0.119	bc	0.939±0.268	bcd	10.10±1.75	bcd
PAL	1.34±0.73	b	0.007±0.001	bc	0.145±0.061	cde	0.788±0.229	d	6.24±1.45	e
ASH	1.44±0.89	b	0.005±0.001	c	0.111±0.043	de	1.168±0.322	a	8.42±1.64	de

EI	תעשיות אלקטרוכימיות
QY	קריית ים
QH	קריית חיים
ACH	אכזיב
AK-B	עכו – ביוב
AK-P	מרינה עכו
HS	חוף שמן
TS	תל שיקמונה
AT	עתלית
MM	מעגן מיכאל
HAD	חדרה
MIC	מכמורת
PAL	פלמחים
ASH	אשדוד

טבלה 2. תחום ריכוזי מתכות ברקמות השריר של דגים חופיים ודגי מכמורת שנדוגו לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2006.

Species	Location	No. of specimen	Size (cm)	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe
דגי מכמורת								
<i>Mullus barbatus</i>	South part of Israel, 93 m depth	16	140-180	0.021-0.094	bdl	0.223-0.324	2.62-3.63	3.10-11.47
	Center part of Israel, 43-60 m depth	14	105-125	0.016-0.096	bdl	0.274-0.570	3.34-5.04	3.76-10.34
<i>Upeneus moluccensis</i>	South part of Israel, 93 m depth	12	135-150	0.042-0.124	bdl	0.466-0.699	3.68-5.37	3.34-5.19
	Center part of Israel, 43-60 m depth	16	90-155	0.014-0.198	bdl	0.322-0.513	3.53-4.93	3.89-8.14
<i>Pagellus erythrinus</i>	North part of Israel 40m depth	10	120-150	0.030-0.548	bdl	0.225-0.469	2.87-3.82	1.49-4.38
	Center part of Israel, 45-60 m depth	20	100-160	0.025-0.288	bdl	0.232-0.362	3.14-4.36	1.75-5.67
דגים חופיים								
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Q.Haim, 12m depth	10	160-205	0.066-0.186	bdl	0.228-0.346	3.81-5.04	2.39-3.45
	Ma'agan Michael, 12m depth	3	225-250	0.083-0.168	bdl	0.250-0.271	4.85-5.11	2.39-3.16
	Qesarya 2m depth	2	195-225	0.052-0.165	bdl	0.240-0.277	4.66-5.25	2.19-3.00
	Akko, 1.5m depth	12	140-200	0.035-0.715	bdl	0.187-0.285	3.78-5.91	2.02-3.39
	Haifa port, 10m depth	12	153-175	0.047-0.164	bdl	0.197-0.318	4.66-5.84	1.55-5.88
	Yaffo, 4 m Depth	12	155-185	0.034-0.098	bdl	0.209-0.336	3.11-5.11	2.37-7.78
<i>Diplodus sargus</i>	Q.Haim, 12m depth	2	160	0.129-0.260	bdl	0.248-0.292	3.91-4.07	2.75-3.06
	Zichron Ya'akov, 9m depth	8	140-175	0.044-0.177	bdl	0.257-0.374	3.75-5.59	1.37-3.17
	Ma'agan Michel, 12m depth	8	150-185	0.059-0.183	bdl	0.204-0.420	3.35-5.38	2.19-2.82
	Qesarya, 2m depth	10	145-220	0.055-0.331	bdl	0.201-0.379	3.79-4.69	2.30-3.72
<i>Sargocentron rubrum</i>	Q.Haim, 12m depth	12	150-180	0.185-0.440	bdl	0.229-0.492	3.13-5.48	4.81-7.65
<i>Siganus rivulatus</i>	Achziv, 5m depth	7	150-180	0.005-0.026	bdl	0.260-0.413	2.01-8.28	2.94-4.74
	Nahariya, 1.5m depth	8	150-170	0.005-0.015	bdl	0.242-0.488	2.30-3.65	2.64-5.86
	Qesarya, 2m depth	8	180-235	0.003-0.015	bdl	0.275-0.527	3.51-6.93	3.48-5.40
	Ma'agan Michel, 12m depth	5	185-205	0.005-0.010	bdl	0.265-0.382	4.25-5.78	4.10-6.19
	Palmachim, 12m depth	12	140-215	0.006-0.012	bdl	0.159-0.358	4.89-7.16	4.02-10.13
<i>Siganus luridis</i>	Yaffo, 3-4m depth	2	140	0.003-0.005	bdl	0.185-0.222	3.77-4.37	2.64-2.756
	Ma'agan Michel, 12m depth	3	135-155	0.003-0.004	bdl	0.199-0.263	4.07-7.04	3.78-6.13
<i>Mullus surmuletus</i>	Q.Haim, 12m depth	1	220	0.037	bdl	0.221	3.17	3.31

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 2006. $p < 0.05$ - הבדל סטטיסטי מובהק.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.0021±0.0005	0.0008±0.0003	<0.05
<i>Diplodus sargus</i>	0.0029±0.0015	0.0016±0.0005	ns
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.0036±0.0010		

Trawl Fish	North	center	South	p
<i>Mullus barbatus</i>		0.0024±0.0010	0.0006±0.0002	<0.05
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.0033±0.0032	0.0031±0.0019		n.s
<i>Upeneus moluccensis</i>		0.0024±0.0019	0.0016±0.0005	n.s

הבדלים ברמות כספית (מנורמל למשקל דג), נחושת ואבץ בדגים שונים מתחנות במפרץ חיפה. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק ($p < 0.05$) עבור דג ממין מסוים.

		Hg		Cu		Zn	
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Akko	0.034±0.0009	a	0.237±0.031	b	4.93±0.62	a
	Q.Haim	0.0014±0.0003	b	0.306±0.039	a	4.60±0.47	ab
	Haifa port	0.0016±0.0006	b	0.260±0.036	ab	5.12±0.34	a
<i>Diplodus sargus</i>	Q.Haim	0.0029±0.015	a	0.270±0.031	b	3.99±0.114	ab
<i>Sargocentron rubrum</i>	Q.Haim	0.0036±0.0010		0.303±0.070		3.91±0.87	

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 - 2006.

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
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

*Probably overestimate due to association with small particles.

**Possible contamination

*** Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2007

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2006

		March 2006									September 2006								
Station	River	Temp C	Salinity ppt	DO mg/L	DO% %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/l	Chl-a μg/l	BOD mg/l	Temp C	Salinity ppt	DO mg/L	DO% %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/l	Chl-a μg/l	BOD mg/l
R1a	בצת										32	34.7	7.6	126	8.2	31.3	89.8	196.0	7.5
R1b		22	34.3	7.6	105	7.8	0.6	10.9	7.8	4.8									
R1c		21	30.5	8.5	114	7.9	0.5	29.0	21.9	4.4									
R4a	נעמן	18	38.4	11.1	148	7.9	5.0		7.3		28	12.8	4.8	67	7.6	27.2		35.5	
R4b		19	2.5	10.7	116	7.4	21.0	25.5	21.4	8.8	28	7.1	3.4	44	7.6	54.5	18.0	70.0	2.4
R4c		19	2.2	11.5	125	7.5	27.8	32.3	12.0	9.8	26	6.2	2.6	34	7.5	20.0	18.3	40.2	0.0
R5a	קישון	17	33.8	6.9	87	7.7	1.6	8.9	7.3		28	34.9	6.8	105	8.2	2.9	8.3	24.5	3.3
R5c		17	19.2	8.0	93	7.6	7.6	18.8	22.3	3.0	29	23.6	12.6	185	8.4	3.9	12.6	36.6	6.1
R5.5a	דליה										31	36.5	5.6	91	8.0	2.2		8.1	
R5.5b											30	4.2	11.2	151	8.4	30.5	46.0	55.4	9.5
R6a	תנינים	21	16.4	10.0	124	7.6	10.8		34.2		29	21.7	6.9	100	7.6	5.9		12.1	
R6b		22	3.4	11.1	129	7.6	14.6	28.5	46.5	7.8	28	3.3	7.1	93	7.5	9.8	12.0	9.9	2.8
R6c		24	3.4	16.0	194	7.4	3.3	2.4	2.1	5.9	27	3.5	9.9	128	7.5	5.7	8.2	1.3	0.9
R7a	חדרה	26	38.6	9.7	149	7.9	3.2		1.1		37	40.0	5.5	100	8.1	1.2		1.2	
R7b		28	37.5	9.2	143	7.8	10.4	17.5	3.4	4.6	38	39.5	5.8	107	8.2	0.6	1.9	2.4	0.2
R7c		18	1.2	11.2	119	7.7	27.7	46.1	50.6	10.0	28	1.4	3.7	48	7.9	85.6	62.4	157.3	2.3
R8a	אלכסנדר	18	23.4	12.3	148	8.2	8.2		32.9										
R8b		17	4.9	16.9	180	8.6	8.2	34.5	251.4	10.1	27	19.8	10.7	149	8.9	12.6	33.8	40.8	8.2
R8c		17	4.7	17.9	190	8.4	9.0	22.5	181.7	10.8	27	18.1	11.0	153	8.8	10.6	31.3	36.0	8.5
R9a	פולג	21	37.9	9.7	135	7.9	0.9		1.3		29	39.6	6.1	99	8.1	0.2		2.8	
R9b		21	1.6	11.6	130	8.0	11.4	8.0	13.0	8.5	27	11.1	9.2	122	8.1	4.3	6.0	64.1	6.7
R10a	ירקון	17	37.4	8.0	103	7.7	0.0		1.8		29	39.8	5.8	94	8.1	0.0		3.6	
R10b		17	36.2	7.7	99	7.8	1.5	22.9	4.7	1.7	31	29.5	5.4	85	8.2	3.6	11.6	23.2	4.4
R10c		16	13.6	6.9	76	7.5	11.1	34.4	11.3	5.5	30	20.1	5.3	78	8.2	4.4	14.4	58.8	4.1
R11a	שורק	22	23.6	9.8	129	7.7	2.9		1.2										
R11b		22	7.1	10.0	119	7.6	6.0	16.5	6.9	6.2	31	28.5	5.8	92	7.9	4.5	35.8	9.4	3.8
R11c		18	1.2	10.3	110	7.9	4.7	9.2	5.5	8.7	30	1.2	4.3	57	8.0	12.3	16.0	17.5	2.8
R12a	לכיש	22	35.3	9.5	132	7.8	0.6		14.7										
R12b		21	35.2	10.6	148	7.8	1.7	26.0	15.6	7.7	31	9.0	10.9	153	8.6	23.2	38.6	54.1	9.9
R12c		21	24.8	8.6	111	7.3	3.0	25.0	16.9	7.4	30	6.7	11.9	163	8.5	9.0	36.0	52.0	11.1
R13a	אבטח	15	3.7	11.5	117	7.6	1.7		3.0										
R13b		15	1.6	12.4	123	7.8	0.4	6.2	6.5	10.9	28	37.9	6.3	100	8.0	2.5	12.4	5.9	3.0
R14b	שקמה										27	2.4	6.6	83	8.1	9.4	6.2	12.0	4.3

* A=river outlet, B=50m from outlet upstream, C=nearest highway bridge, na=not analyzed

טבלה 6 : הערכה של עומס הנוטריאנטים (טון) השנתי (אוקטובר עד ספטמבר) מנחלי החוף. החישוב מניח ריכוזי נוטריאנטים קבועים במהלך השנה ושינוי עומס בהתאם לספיקה. החישוב נעשה לפי הריכוזים שנמדדו במרץ 2006.¹

River	Discharge	NO3+NO2-N	NH4-N	Total inorg. N	PO4-P	Si(OH)4-Si
<i>cubic meter * 1000 /yr.</i>						
נעמן	18805	49	19.3	68.3	8.7	158
קישון ²	11961	279	168	447	44.8	69.2
תנינים	27471	57.4	0.48	57.9	0.009	144
חדרה	12507	0.09	253	253	29.9	69.9
אלכסנדר	14863	74	1.0	75	27	102
ירקון ²	67302	123	1388	1461	364	344
שורק	10190	93.7	168	262	22.4	495

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. מנורמל למליחות של כ- 10ppt.

טבלה 7: מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים לליטר) במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף – אוגוסט 2006

Species	Akko	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
							Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Dinophyceae - Dinoflagellates																		
<i>Achradina pulchra</i>					2				2			2						
<i>Ceratium candelabrum</i>						2		2		2			3	2		4	10	
<i>Ceratium extensum</i>												2						
<i>Ceratium furca</i>	176		28		2	2	34	3		4			3		5			4
<i>Ceratium kofoidii</i>	24	18	260	19	82	72	27	24	21	34	28	88	221	446	162	416	780	1,016
<i>Ceratium pulchellum</i>											2							
<i>Ceratium teres</i>					2	2		6								4		
<i>Cochlodinium helix</i>						4												
<i>Cochlodinium sp.</i>				4	12	18	2		11	16	2	2		4		32		
<i>Corythodinium sp.</i>	64		120	36	74	82	2							2				
<i>Dinophysis caudata</i>			12															2
<i>Dinophysis rotundata</i>		5		42	100	63	6	2		4				2		4		
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>	8			4	34	34		3		2	2	2	3	2		4		
<i>Dinophysis spp.</i>		15			51	2	2	1	6									
<i>Diplopsalis sp.</i>	4,136				6	6	120		6	5	30	2			40	12	50	
<i>Gonyaulax polygramma</i>	664	5	1,100	70	104	28												
<i>Gonyaulax spinifera</i>			160	170		28	20											
<i>Gonyaulax verior</i>			60	10		2												
<i>Gonyaulax sp.</i>					1													
<i>Gonyaulax spp.</i>	440	1,100			54	14		1		4	8						10	
<i>Gymnodinium elongatum</i>		40			22	82	16	12	11	12	8	43		28	4	20		
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	128		4	2	32	34	8	2	2	15	48	13	7		64	20	165	56
<i>Gymnodinium sp.</i>			4,760	20														
<i>Gymnodinium spp.</i>	7.1×10^5			30	30	30	72	8	50,000	2		3			21		10	
<i>Osrtreopsis siamensis</i>									3		8	2	3					
<i>Oxytoxum coronatum</i>											3							
<i>Oxytoxum laticeps</i>						2		1										
<i>Oxytoxum scolpax</i>						2						2		4				

טבלה 7: המשך

Species	Akko	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
							Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Oxytoxum variabile</i>					2	24		1				2		6				
<i>Podolampas palmipes</i>		20			2	4	2								2			
<i>Podolampas spinifera</i>						1												
<i>Pronoctiluca spinifera</i>	8		20	50	294	152	2	10										
<i>Prorocentrum compressum</i>						2	2	8	2	6	4	3		6				
<i>Prorocentrum gracile</i>	8						2		2	1		5	5		8	12	15	2
<i>Prorocentrum micans</i>	952	240	80	21	4	4	36		5		4	3	5	2	29	12	105	24
<i>Prorocentrum minimum</i>				120	8	8	12	1,344	171	60		1,644	3	2,356	20	28,000	25,000	8,533
<i>Prorocentrum rotundatum</i>						8		1		8		7			2	12		12
<i>Protoperidinium claudicans</i>	208								11	1					3			
<i>Protoperidinium conicum</i>																	10	4
<i>Protoperidinium divergens</i>	592				4	6	10	8	2	4	6				2		5	
<i>Protoperidinium excentricum</i>	504				1	2	98		5	7	34				19		75	
<i>Protoperidinium quinquecorne</i>							6		177		48							
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	6,544		204	486	238	212	864	39	857	176	892	55	30	24	411	114	1,225	136
<i>Protoperidinium</i> spp.	2,624	60	60	32	95	102	134	22	63	41	92	26	6	24	77	86	280	36
<i>Pyrophacus</i> sp.	96										4				2			
<i>Spiraulax jollifei</i>	144						2										5	
Diatomophyceae – Diatoms -																		
<i>Achnanthes</i> sp.				20		4	4	4	6		4	3	10					
<i>Amphora</i> sp.									23		4		3		16		20	8
<i>Amphora</i> spp.		20	20					4	63	8	8	8					20	
<i>Asterionella glacialis</i>		1040		8			280	4										
<i>Asteromphalus hookeri</i>					4	12	17	5		8	6	6	11	8	8		10	4
<i>Bacillaria paradoxa</i>									8						12			
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>					44	16	28			56	124	13	45	152	156	124	150	1048
<i>Belleriochea</i> sp.									5		4		3		4		15	
<i>Biddulphia</i> sp.				14				2	926				10				5	4
<i>Biddulphia obtusa</i>					2													
<i>Biddulphia aurita</i> var. minima													13					
<i>Campylodiscus decornus</i>											2							
<i>Cerataulina bicornis</i>			260	332	10													
<i>Cerataulina pelagica</i>		900																

טבלה 7: המשך

Species	Akko	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
							Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		2,840	252	220		28				36	28		83	62	27	34	110	60
<i>Chaetoceros dadayi</i>						6												
<i>Chaetoceros danicus</i>						12												
<i>Chaetoceros</i> sp. (3-5μ)		2,990	420	1,420					72,800		13,680							
<i>Chaetoceros</i> spp.		740	100	616	2,656	8,024	17,067	4,624	57,029	66,560	58,667	40,356	43,600	41,856	1.4x10 ⁵	1.4x10 ⁵	4.5x10 ⁵	83,200
<i>Coscinodiscus radiatus</i>				10	5	8	34	4	40	18	20	15	15	16	11	20	25	52
<i>Coscinodiscus</i> spp.		160					22	1	3	4	12	2	6		13			
<i>Cyclotella</i> sp.	56	35,217	1.6x10 ⁵	2,220			14	9		1		10		8	4	12		4
<i>Cylindrotheca closterium</i>	3.7x10 ⁶			1,360	29,000	1.7x10 ⁵			2x10 ⁵		1,840							
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>										16		10			40	30	150	40
<i>Diploneis chersonensis</i>									11	1								
<i>Diploneis</i> spp.							4		11	8	2				19			16
<i>Entomoneis</i> spp.		120	4						3									
<i>Grammatophora serpentina</i>								1	121									
<i>Guinardia flaccida</i>		15					34		13	32	78		11	36	85	30	35	36
<i>Guinardia striata</i>	16			52		96	488	60	75	168	24	32	240	58	644	28	400	288
<i>Hemiaulus hauckii</i>	72			50	16	6	134	5		4			21		5			4
<i>Hemiaulus sinensis</i>					18	28												
<i>Lauderia annulata</i>			20															4
<i>Leptocylindrus danicus</i>		200	13,640	5,280	10	30	76,667	420	17	344	2,400	97	1,556		248	80	16,400	544
<i>Licmophora</i> sp.			20	20	8	4	36	24	126	2	12		183		248	12	60	16
<i>Licmophora flabellata</i>									69		16							
<i>Licmophora hyalina</i>									2,251	12	672	73						
<i>Meuniera membranaceae</i>	8				76	20	130	116	23	148	28	2	51	26	40		275	80
<i>Microsolenia simplex</i>		660																
<i>Navicula cancellata</i>			20				6		17		16	5	13		8			
<i>Navicula clavata</i>												3	3				5	
<i>Navicula</i> spp.	200	220	132	148	50	38	54	45	1.1x10 ⁵	408	2,169	2,530	4,515	476	388	368	1,640	596

טבלה 7: המשך

Species	Akko	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
							Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Neostreptothea subindica</i>								8										
<i>Nitzschia longissima</i>									23		16							
<i>Nitzschia</i> spp.			4						17	1	2		7					4
<i>Pinnularia</i> sp.							2			4	8		5	4	8	2	10	16
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> sp. (1)	8		40	6	6	4	6		10	48	46	37	93	28	108	76	100	172
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> sp. (2)			44	86													100	20
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	3.8x10 ⁵	10,420	1.2x10 ⁵	62,400	2,800	616	7.2x10 ⁵	3,000	2.7x10 ⁵		3,840	53	3,644		172	24	8,667	40
<i>Rhizosolenia alata</i>					6			4		5		3	5		8	4		4
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>				26	19	81	157	90	20	194	272		117	672	316	417	375	160
<i>Rhizosolenia imbricata</i>			14	10	4	3	111	2										
<i>Rhizosolenia setigera</i>		560					10					207						
<i>Rhizosolenia robusta</i>						2					2							
<i>Skeletonema costatum</i>		680																
<i>Surirella</i> sp.									3				2					2
<i>Thalassiosira pseudonana</i>		9.8x10 ⁶	6.6x10 ⁷	1.9x10 ⁶					53,333									
<i>Thalassiosira</i> spp.	72	670	8	70			156	22	1,103		8	13	37		112		170	84
<i>Thalassiothrix</i> sp.													3					
<i>Triceratium dubium</i>									6									
Ebriidea																		
<i>Hermesinium adriaticum</i>	16		28	30	766	382	152	288	51	108	144	73	63	552	120	616	405	320
Chlorophyceae - ירוקית																		
<i>Coelastrum microporum</i>									423									
<i>Crucigenia rectangularis</i>									634									
<i>Crucigenia tetrapedia</i>									14									
<i>Olmansiella lineata</i>					12		8		23									
<i>Oocystis</i> spp.									1674									
<i>Oocystis elliptica</i>									63									
<i>Oocystis panduriformis</i> var. <i>minor</i>									40									
<i>Palmodictyon</i> sp.									33									
<i>Pediastrum tetras</i>									114									
<i>Scenedesmus acuminatus</i>									91									
<i>Scenedesmus acutus</i>			320						697									

טבלה 7: המשך

Species	Akko	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
							Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Scenedesmus bijuga</i>									354									
<i>Scenedesmus ecornis</i>									63		4							
<i>Scenedesmus incrassatulus</i>									46									
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	88								474				13					
<i>Scenedesmus maximus</i>									91									
Cryptophyceae																		
<i>Cryptomonas</i> sp.		66,133	4.5x10 ⁵															
Prasinophyceae																		
<i>Pyramimonas</i> sp.			2.6x10 ⁵															
Euglenophyceae																		
<i>Euglena</i> sp.	120	2,080	120	6	22	4	32		11		36	17	23	12		4	70	4
Prymnesiophyceae																		
<i>Braarudosphaera bigelowii</i>								1		4								
Dictyochophyceae																		
<i>Dictyocha</i> sp.							2											
Flagellates (unidentified)																		
Flagellate sp. (1)	64				20		1,173				324							
Flagellates spp.	112	3.4x10 ⁵	80			12	4,657		51	1	36							
Cyanophyceae - כחוליות																		
<i>Synechococcus</i> sp.	2.1x10 ⁸	1.4x10 ⁸	7x10 ⁸	3.9x10 ⁸	2.2x10 ⁸	1.8x10 ⁸	2.2x10 ⁸	1.1x10 ⁸	2.1x10 ⁸	9x10 ⁷	1.6x10 ⁸	1x10 ⁸	1x10 ⁸	6.9x10 ⁷	1.3x10 ⁸	5.0x10 ⁷	9x10 ⁷	1x10 ⁸
<i>Aphanothece</i> sp.																		
<i>Calothrix</i> sp.			4						17									
<i>Chroococcus</i> spp.			3,920	30					818									
<i>Merismopedia glauca</i>									640									
<i>Merismopedia tenuissima</i>									4,503									
<i>Microcystis aeruginosa</i>									5,549									
<i>Microcystis</i> sp. (1)									1,874									
<i>Microcystis</i> sp. (2)									286									
<i>Oscillatoria</i> sp. (1)			59,000	51,000														
<i>Oscillatoria</i> sp. (2)				1,120														
Microphytoplankton < 5μ	7.3x10 ⁶	1.3x10 ⁸	5.5x10 ⁸	1.1x10 ⁸	2x10 ⁶	2.3x10 ⁶	2.8x10 ⁶	1.5x10 ⁶	4.3x10 ⁶	2.1x10 ⁶	3.2x10 ⁶	1.6x10 ⁶	1.2x10 ⁸	2.3x10 ⁶	3.1x10 ⁶	1.9x10 ⁶	4.4x10 ⁶	2.8x10 ⁶
Total Cells/L	2.2x10 ⁸	2.8x10 ⁸	1.3x10 ⁹	5.1x10 ⁸	2.2x10 ⁸	1.8x10 ⁸	2.2x10 ⁸	1.1x10 ⁸	2.2x10 ⁸	9.2x10 ⁷	1.6x10 ⁸	1.1x10 ⁸	2.2x10 ⁸	7.2x10 ⁷	1.4x10 ⁸	5.2x10 ⁷	9.5x10 ⁷	1x10 ⁸

טבלה 8 : מספר הפרטים שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2006.

Taxa	Stations	2.1a	2.1b	2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	10a	10b	10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c	H19a	H19b	H19c	23.1a
Polychaeta	Capitellidae	3	1						1		3	4	3	6	4	7		1		2	1	3	32	31	20	
	Chaetopteridae																								7	
	Cirratulidae	12	18	16		1	5	2	2	5			10	1	1	5	2	1	10	4	8	4			2	6
	Glyceridae	3	8	7				1	2	1	4	4	9	1	1	1	1	7	3	4	1	1	5	2	3	
	Goniadidae												2													
	Hesionidae																							3		1
	Lumbrineridae													2									1	10		
	Magelonidae	5	4		5	11	9	2	5	3	13	10	9	17	7	14	7	4	3	8	6	6		5	3	
	Maldanidae										1			1			1	1	1			2				10
	Nephtyidae	1	1	1	10	8	7	2	2	3	8	2	3	13	5	10	7	5		7	3	2		6	3	2
	Nereididae								1				1											3		
	Onuphidae	45	26	21	8	1	11		2	1	21	24	30	1		4	3	1	6	1		1	3	2		
	Orbiniidae	25	24		7	3		3	1	1	9	12	2	2	1		6	9		1	2					8
	Oweniidae										2	1					1	1								2
	Paraonidae	24	24		4			5	11	8	13	10	2	6	5		8	4	3	5	9	3		2		63
	Phyllodocidae	1						1			1			2						1	1		6			
	Poecilochaetidae				1		1	3	2			4	2	8	10	12	5	8	3	8	6	12	12	15	5	
	Pilargidae		1					2	2	2			2	3		11		1		1	4		9	35	28	
	Sabellidae																									
	Sigalionidae		1	1	10	10	7	2	2	2				4	5	6	4	1	2	2	2	7	1			
	Spionidae	739	678	487	41	29	48	90	83	69	74	101	57	97	129	129	35	31	38	66	69	83	28	85	44	1
	Syllidae	167	241	230				6	5	5	145	155	37	2	1	1	1		1	2	1			2	1	40
	Trichobranchidae																							6		
Crustacea	Amphipoda																									
	Ampelisca sp.							7	1	1	4	3	3	4	4	4	3	2	1	2		4	1	1		
	Ampelisca brevicornis				1			1	1	1		3	3	3	1	5	5	4	5	2		6			1	
	Ampelisca pseudosarsi					1																				
	Ampelisca sarsi							1										2	1					1		
	Bathyporeia guilliamsoniana																								1	
	Bathyporeia sunniva				2	2	1	3	2	6															2	
	Caprellidae gen. sp.																									
	Cheiriphotis mediterranea		5	1							2	1												2	2	2
	Corophium sp.																									
	Corophium acutum																									
	Erichthonius sp.																							7	4	
	Gammaropsis sp.																							13	1	
	Leucothoe occulta		1	2														2	1							
	Megaluropus massiliensis	2	3	3	2	4	1	4				1	1		1	1	5	3	1	3		2		1		1
	Pariambus typicus																									
	Perioculodes longimanus longimanus	2	2	1	9	9	8	32	28	10		1		8	9	26	17	19	26	3	8	3	4	8	6	
	Urothoe sp.																									
	Urothoe grimaldii				20	24	8	7	2	6				6	6	6	3	3	7	1		3	2	6	3	
	Copepoda																									
	HARPACTICOIDA																									
	Longipedia coronata	112	134	98				3	8	10	18	23	4	8	13	14	27	10	7	11	18	12	245	345	213	3
	Canuella aff. furcigera	112	134	145		1		12	6	9	69	77	45	3	2	5	37	22	17	11	16	13	56	81	63	14
	Canuella aff. perplexa	235	256	234	19	14	27	11	8	10	123	104	55	6	8	17	29	45	37	14	27	34	87	162	87	26
	Canuellina insignis	1786	2015	1804							734	665	473	4	7		6	7	5	2	2	1	22	35	21	76
	Scottolana bulbosa	45	67	53					2	1	15	23	3				5	3	1	1	3	4	21	41	15	
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1	67	78	50	3			4	1	1				5	7	9	11	19	22	4	6	5	11	18	7	4
	Halectinosoma canaliculatum	34	38	45		1	1	4	7	1								3	5				19	23	12	
	Halectinosoma diops	3	5	3													5						3	1		
	Halectinosoma sp. 1	1	4	6							9	8	4	2			2	2	4	7	3	4	3		1	
	Halectinosoma sp. 2		3	3				1		1		1									1	2				6
	Pseudobradya sp. 1	6	7	9		2					6	6	2	1	2		4	6	5				9	19	11	
	Pseudobradya sp. 2		1	1																						
	Euterpina acutifrons										1								2							
	Thompsonula hyaenae	3	5	8																						
	Phyllothalestris mysis															1										
	Dactylopusia tisboides	4	2	1																				4	2	
	Delavalia sp. 1	2	3	4																						
	Diosaccus truncatus	3	2																							
	Robertgurneya oligochaeta	3	5	4																				3		
	Teissierella salammboi	23	33	45							3	4	1	4	1	7				6	9	13				
	Ameira scotti	12	17	23																				3	2	
	Stenocopia longicaudata																									
	Laophonte sp. 1	24	37	20																				4	3	
	Normanella sp. 1	8	19	12																						
	CYCLOPOIDA																									
	Hemicyclops sp.																									
	Tococheres sp. 1	14	22	10														1	3			1		1		1
	Cyclopina sp.	23	67	45		2	3			1	4	7	1	3	1	5		7	6							5
	Euryte sp.	12	18	11																						

טבלה 8 : המשך.

	Stations	2.1a	2.1b	2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	10a	10b	10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c	H19a	H19b	H19c	23.1a
	CALANOIDA	346	587	456	219	240	317	159	235	254	723	755	625	128	114	156	116	276	253	191	292	274	47	84	51	82
	Cumacea																									
	<i>Bodotria pulchella</i>	7	14	5							2	4														3
	<i>Bodotria gibba</i>	6	2	2		5	3	3		3			3	2		3	2	1	2	1			4			
	<i>Campylaspis glabra</i>										1		1													
	<i>Cumella limicola</i>																									
	<i>Bodotria</i> sp (manca stage)												2													
	<i>Eocuma rosae</i>																									1
	<i>Iphinoe douniae</i>				1		2	3	3	1	2	2	1	1		2	1	2	2	1	1			2	1	
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	3		1							2		3				2		1		2	1	2	3		
	<i>Scherocumella gurneyi</i>																									1
	Tanaidacea				10	18	20	274	318	289		2		27	38	43	23	26	33	105	162	144	19	72	38	6
	Decapoda																									
	<i>Albunea carabus</i>								1																	
	<i>Coleusia signata</i>																									
	<i>Diogenes pugilator</i>	58	49	52	10	3	6	2		5	6	4	6	1	3	1		6	2	2					1	18
	<i>Ilia nucleus</i>							1															1			
	<i>Leptochela pugnax</i>							2						1	1	1										
	<i>Liocarcinus</i> sp.																									
	<i>Marsupenaeus japonicus</i>																									
	<i>Metapenaeopsis consobrina</i>																									
	<i>Myra</i> juv.																									
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	1	4		36	26	15	9		12	11	9	12	7	8	18	19	14	13	6	7	6	2	2	1	6
	penaeid juv.																2			1						4
	<i>Philocheras monacanthus</i>				1													2		1						
	<i>Trachysalambria palaestinensis</i>													1		1				1		1				
	Isopoda			1																				1		
	Ostracoda																									
Mollusca	<i>Acteocina mucronata</i>					1				1			1	3		1				2	1	5	3			
	<i>Amygdalum phaeolinus</i>																1	1	1				21	45	16	
	<i>Bela</i> cfr. <i>nebula</i>							1																		
	<i>Brachidontes pharaonicus</i>		1										1					1								
	<i>Chamalea gallina</i>				1	4	1			3		1	1	1				1	1							1
	<i>Chrysallida maiae</i>																									
	<i>Corbula gibba</i>																									
	<i>Crisilla semistriata</i>											1														
	<i>Diplodonta bogii</i>																									
	<i>Donax semistriatus</i>		2			2				2				1			1									
	<i>Folinia crassa</i>									2	1	1														
	<i>Gastrana fragilis</i>									1					2				1							
	<i>Glycymeris glycymeris</i>																									
	<i>Leucotina natalensis</i>		2									3	3													
	<i>Loripes lacteus</i>	2	2	2			1	2	3	3		2	1	1		6	1	5	3	15	8	22		2	1	56
	<i>Macoma cumana</i>																									
	<i>Macra stultorum</i>	1	3	2	2	1	3					1	1	1		1		1								
	<i>Musculus costulatus</i>											4														
	<i>Musculus subpictus</i>												5											3		
	<i>Nassarius gibbosulus</i>										1							2								
	<i>Neverita josephina</i>												2			1							1			
	<i>Pusillina Philippi</i>									4																
	<i>Retusa desgenetii</i>	5	5	3																						
	<i>Retusa fourieri</i>																									
	<i>Ringicula conformis</i>														1											
	<i>Rudicardium tuberculatum</i>											1	1													
	<i>Smaragdia viridis</i>																							2		
	<i>Setia turricolata</i>																							1		
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>																									
	<i>Strombus persicus</i>															1				1		1				
	<i>Syrnola fasciata</i>																									
	<i>Tellima ferruginosa</i>				1	2		3	2	1																
	<i>Tellina</i> cfr. <i>Esigua</i>	2		2	4		6	8	4	14	2			5	12	6	1			2	5	5	17	9	4	
	<i>Tellina fabula</i>																									
	cfr. <i>Theora lubrica</i>																									
	<i>Thracia papyracea</i>				4	2	8		2	1																
Phoronidea		18	11	1																						318
Echinodermata	Ophiuroidea																									
	Echinoidea					2	1	3	1	4		2	1	1	1									3		

טבלה 8: המשך.

	Stations	23.1b	23.1c	H24a	H24b	H24c	27a	27b	27c	H28a	H28b	H28c	H28.1a	H28.1b	H28.1c	H28.2a	H28.2b	H28.2c	H28.3a	H28.3b	H28.3c	H41a	H41b	H41c	H71a	H71b	H71c	
Taxa																												
Polychaeta	Capitellidae	1	3	3	8	11	330	302	208	5		34		2		5	9	4	31	12	15	1	2	1		2	1	
	Chaetopteridae	19	2																									
	Cirratulidae		138			13		1	35			18			19			5	1	2	14	1	3	29	1	1	12	
	Glyceridae		1	1	2		12	13	10			9		1	2	4	2	1		2	2				1		1	
	Goniadidae																											
	Hesionidae	3	2				3	18									1			1	1		1					
	Lumbrineridae							2										1				1						
	Magelonidae	1	1	18	15	15					8	21	15	20	18	9	19	20	15	15	19	11	4	6	7	6	8	5
	Maldanidae	16	10			1	1		6	2										2	1		1					
	Nephtyidae	1	1	9	10	8	5	5	9	4	5	5	5	5	5	2	4	2	5	3	2	2	4	7	12	5	6	10
	Nereididae						4	5			2																	
	Onuphidae	1			1	2	3			3	6	9	6	5	5	5	4	5	3	1	2	1	2	1		6	5	4
	Orbinidae	2	2	7	14					5	8		25	21	1	1	1			1			16	20		3	7	4
	Oweniidae	1	1							2	2			2	3	3			1	1								
	Paraonidae	36	3	11	8	4	5	11	21	1		17	1	2			12	7	2	19	22	6	3	5	6	5	3	4
	Phyllodocidae	1			1		13	2							1					1		1	4	1				
	Poecilochaetidae			27	12	27	2	2	45	7	4	12	3	3	2		2	4	8	19	25	28	5	4	3			1
	Pilargidae			2	6	3	24	8		1							2	4	4	7	8	3						
	Sabellidae							2																				
	Sigalionidae		2		1			3		1	3	2	1	2	1			1		4	2	1	3	3	1	2	7	6
	Spionidae		8	100	89	165	102	190	144	27	39	45	32	36	37		41	95	52	69	66	67	83	82	46	22	39	38
	Syllidae		23	38	7	6	15	287	465	108	9	18	21			1							31	37	26	14	17	20
		Trichobranchidae																										
	Crustacea	Amphipoda																										
		Ampelisca sp.			4	2	1				2	3	3	1	1	2	11	22	27	4	3	1	4	6	4			
		Ampelisca brevicornis	2		5	2	4				4	3	4	1	3	3	1	10	16	3	5		1	1		4	3	2
Ampelisca pseudosarsi																												
Ampelisca sarsi										1				1	2	5	5	13	1		2				1			
Bathyporeia guilliamsoniana														1								2		3			1	
Bathyporeia sunniva				1						3	3	1		2	1							17	34	15	1	1	4	
Caprellidae gen. sp.			1																									
Cheiriphotis mediterranea		2					5	20	16					4				7		4								
Corophium sp.							19																					
Corophium acutum								13	17																			
Erichthonius sp.							10	25	7											1								
Gammaropsis sp.																					1							
Leucothoe occulta										1	2																	
Megaluropus massiliensis					2					1					6	1							13	8	7			4
Pariambus typicus								5	27	14																		
Pericnolodes longimanus																												
Pericnolodes longimanus		2	2	20	22	47				4	2	1		5	4	1		1		3	2	2	7	16	7	3	7	6
Urothoe sp.				1																								
Urothoe grimaldii				9	3	5					1	1	2	2	3	4	5	9	7	13	21	14	23	15	21	14	16	19
Copepoda																												
HARPACTICOIDA																												
Longipedia coronata		5	9	27	23	35	235	423	316	45	62	98	20		31	23	21	34	40	8	11	16	144	105	78	1	12	4
Canuella aff. furcigera		11	14	27	19	21	5	2	4	43	54	77	122	98	99	2				52	46	53	105	123	74			
Canuella aff. perplexa		31	19	82	77	71	223	326	276	55	66	88	77	65	47	34	23	45	234	287	333	29	34	22	28	33	23	
Canuellina insignis		65	83	50	38	43	28	54	33	23	26	31	69	56	44	64	87	112	45	76	94	13	23	16		2		
Scottolana bulbosa				8	7	9	56	137	77	2	2	11	10	17	23	5	8	14	3	1								
Canuellidae gen. et sp. nov. 1		5	9	5	3	4	38	67	29	16	17	21	8	7	9	8	3	6	12	11	6	7	5	2				
Halectinosoma canaliculatum				1	1															8	5	2	67	72	36	5	11	4
Halectinosoma diops																												
Halectinosoma sp. 1				4	3	5											4	7	14	2	4		7	9	4	2	12	6
Halectinosoma sp. 2		4	3																									
Pseudobradya sp. 1																		1	3	9	6	1						
Pseudobradya sp. 2																							3	4	1			
Euterpina acutifrons									1																			
Thompsonula hyaenae																												
Phyllothalestris mysis				2	1														1									
Dactylopusia tisburydes				1	4	3		24	16																	2	6	4
Delavalia sp. 1																				8	6	3						
Diosaccus truncatus																												
Robertgurneya oligochaeta									11	15																		
Teissierella salammboi				23	18	19		2	6	3	4	9	7	6	3	7	13	19					5	4	2		4	
Ameira scotti									125	78								1	11									
Stenocopia longicaudata									1	3																		
Laophonte sp. 1									3	5										2	2							
Normanella sp. 1									4	6																		
CYCLOPOIDA																												
Hemicyclops sp.								2																				
Tococheres sp. 1			2				4	9	3		9								2	5	1	1		3		5		
Cyclopina sp.	2	4	10		15		4	5					1	7	5				7	6	9	5	4	2		3		
Euryte sp.			1		3																						2	

Stations	23.1b	23.1c	H24a	H24b	H24c	27a	27b	27c	H28a	H28b	H28c	H28.1a	H28.1b	H28.1c	H28.2a	H28.2b	H28.2c	H28.3a	H28.3b	H28.3c	H41a	H41b	H41c	H71a	H71b	H71c
CALANOIDA	98	134	247	203	214	89	114	126	21	39	54	64	75	55	76	156	167	185	187	201	108	99	61	377	456	305
Cumacea																										
<i>Bodotria pulchella</i>	2																			1						
<i>Bodotria gibba</i>			5	2	5				3		3	1	1							3		6				
<i>Campylaspis glabra</i>						3	3									1										
<i>Cumella limicola</i>							2	2																		
<i>Bodotria</i> sp. (manca stage)																										
<i>Eocuma rosae</i>								1	1																	
<i>Ipinoe douniae</i>			2		2					1											2	3				1
<i>Pseudocuma longicorne</i>			1	1					1				4	1					1		1			1		
<i>Scherocumella gurneyi</i>							1	1																		
Tanaidacea		5	148	141	139	720	176	891	19	13	49	6	24	11	128	188	177	369	299	177	631	643	460	245	219	299
Decapoda																										
<i>Albunea carabus</i>																										
<i>Coleusia signata</i>																		1								
<i>Diogenes pugilator</i>	9	11								2	1		3		22	2	1	1	1	1	3	2		5	5	4
<i>Ilia nucleus</i>																		1								
<i>Leptochela pugnax</i>					1	2	6	1										1								
<i>Liocarcinus</i> sp.																								1		
<i>Marsupenaeus japonicus</i>								1																		
<i>Metapenaeopsis consobrina</i>				1																						
<i>Myra</i> juv.																	2									
<i>Ogyrides mjobergi</i>	10	1	8	13	9	1			11	3	7	7	1	5	9	5	6	2	4		3	4	1	10	24	8
<i>penaeid</i> juv.	1		1		2					1	2					1			1	1						
<i>Philocheras monacanthus</i>										1	2										3	1				
<i>Trachysalambria palaestinensis</i>																										
Isopoda																										
Ostracoda						29	3																			
Mollusca																					1				1	
<i>Acteocina mucronata</i>																										
<i>Amygdalum pheseolinus</i>																										
<i>Bela</i> cfr. <i>nebula</i>																										
<i>Brachidontes pharaonicus</i>																										
<i>Chamalea gallina</i>	2	2					1	1				3	3	2	1		1				1			3		2
<i>Chrysallida maiiae</i>							1																			
<i>Corbula gibba</i>						22	28	27											1							
<i>Crisilla semistriata</i>																										
<i>Diplodonta bogii</i>	2					23	35	13		1						1		2	1	3						
<i>Donax semistriatus</i>																	1						3		2	
<i>Folinia crassa</i>																										
<i>Gastrana fragilis</i>																										
<i>Glycymeris glycymeris</i>									2		1			2			1									
<i>Leucotina natalensis</i>	1								2				12	1	1											
<i>Loripes lacteus</i>	46	68	3	2		14	15	11	3			3	5					1			46	92	67	7	6	5
<i>Macoma cumana</i>										1																
<i>Macra stultorum</i>												2									1	1	3	1	1	
<i>Musculus costulatus</i>																										
<i>Musculus subpictus</i>																										
<i>Nassarius gibbosulus</i>				1																	1					
<i>Neverita josephina</i>																										
<i>Pusillina Philippi</i>																										
<i>Retusa desgenettii</i>						16	68	54																		
<i>Retusa fourieri</i>						11	40	38																		
<i>Ringicula conformis</i>																										
<i>Rudicardium tuberculatum</i>																										
<i>Smaragdia viridis</i>																										
<i>Setia turricolata</i>																										
<i>Sticteulima lentiginosa</i>																								1		
<i>Strombus persicus</i>			1		3																					
<i>Syrnola fasciata</i>								1											1							
<i>Tellinmya ferruginosa</i>			2															5	5	1			1	1		
<i>Tellina</i> cfr. <i>Esigua</i>		2	9	8						4	7	4	7	3	2	6	4	4	4	6		6	5	11	2	3
<i>Tellina fabula</i>																							2			
cfr. <i>Theora lubrica</i>						8	9	37																		
<i>Thracia papyracea</i>							2	3									1			2	1			3	1	
Phoronidea	378	293																								
Echinodermata						6	19	10																		
Ophiuroidea																										
Echinoidea			1	4	4										1			4	2	2		1	2	3	1	

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2006

* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2006

תחנה	תאריך	אזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
1	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.070	35	4.579	3	Sediment, Water, Benthic fauna
2	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.078	35	4.398	6	Sediment, Water, Benthic fauna
8	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.025	35	4.646	3	Sediment, Water, Benthic fauna
9	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.034	35	4.528	6	Sediment, Water, Benthic fauna
10	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.050	35	4.319	9	Sediment, Water, Benthic fauna
11	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.068	35	4.175	12	Sediment, Water, Benthic fauna
12	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.689	35	4.586	3	Sediment, Water, Benthic fauna
14	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.793	35	4.330	3	Sediment, Water, Benthic fauna
18	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.257	35	3.720	3	Sediment, Water, Benthic fauna
22	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.843	35	2.800	3	Sediment, Water, Benthic fauna
23	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.892	35	2.711	6	Sediment, Water, Benthic fauna
26	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.375	35	2.133	6	Sediment, Water
27	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.246	35	1.187	12	Sediment, Water
Carmelit	22-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.595	35	1.730	11.5	Sediment, Water
H1	21-Aug-06	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.786	34	55.585	31	Water, Phytoplankton
H2	21-Aug-06	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.658	34	56.1	20.6	Water
H3	21-Aug-06	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.36	34	56.852	9.7	Water, Sediment, infauna
H4	21-Aug-06	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.402	34	57.091	6.5	Water, Sediment, Phytoplankton
H71	21-Aug-06	Shallow coastal water-off Dado beach	32	45.0573	34	56.566	10.3	Sediment, infauna
H5	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.285	34	52.68	32.8	Water, Phytoplankton
H6	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.943	34	53.189	22	Water
H7	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.696	34	53.717	12.5	Water, Sediment, infauna
H8	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.574	34	53.964	5.5	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.326	34	50.451	30.3	Water, Phytoplankton
H10	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.464	34	50.933	21.3	Water
H11	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.012	34	51.37	12.6	Water, Sediment, infauna
H12	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.926	34	51.697	6.2	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.524	34	47.211	10.2	Water, Sediment, infauna
H14	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.421	34	45.12	30.3	Water, Phytoplankton
H15	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.89	34	45.67	20.2	Water
H16	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.394	34	45.976	11.8	Water, Sediment, infauna
H17	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.299	34	46.356	5.8	Water, Sediment
H18	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.597	34	42.292	5.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.71	34	41.901	11.4	Water, Sediment, infauna
H20	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.725	34	41.254	21.6	Water
H21	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.73	34	40.48	32	Water, Phytoplankton
H22	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.404	34	36.348	32	Water
H23	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.53	34	36.996	22	Water
H24	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.195	34	37.458	11	Water, Sediment, infauna
H25	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.038	34	37.624	5.2	Water, Sediment
H26	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.03	34	31.888	32.4	Water, Phytoplankton
H27	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.634	34	32.763	20	Water
H28	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.328	34	33.326	8.9	Water, infauna, Sediment
H281	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.293	34	33.38	7.3	infauna, Sediment
H282	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.393	34	33.204	12	infauna, Sediment
H283	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.497	34	33.03	14.75	infauna, Sediment
H29	15-Aug-06	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.234	34	33.51	5.05	Water, Sediment, Phytoplankton
H40	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.204	34	49.675	6.3	Water, Sediment
H41	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.381	34	49.394	9.7	Water, Sediment, infauna
H42	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.525	34	48.977	20.2	Water, Sediment, infauna
H43	17-Aug-06	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.792	34	48.31	30	Water
HB1	21-Aug-06	Haifa Bay	32	52.003	34	58.425	25.2	Water, Phytoplankton
HB2	21-Aug-06	Haifa Bay	32	50.837	34	59.93	19.5	Water, Phytoplankton
HB4	21-Aug-06	Haifa Bay	32	49.825	35	1.272	15.2	Water, Phytoplankton
HB5	21-Aug-06	Haifa Bay	32	49.027	35	1.324	13.8	Water, Phytoplankton
HM2.1	20-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.0792	35	4.3573	6.6	Water, Sediment, infauna
HM10	20-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.0538	35	4.3297	9.2	Water, Sediment, infauna
HM23.1	20-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.92056	35	2.5363	9.3	Water, Sediment, infauna
HM27	20-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.2457	35	1.187	11.25	Water, Sediment, infauna
Karmelit	20-Aug-06	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.5953	35	1.7298	3.97	Water

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2006 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1a	15-Mar-06	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water, Sediment
R1b	15-Mar-06	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water, Sediment
R1c	15-Mar-06	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water, Sediment
R4a	15-Mar-06	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water, Sediment
R4b	15-Mar-06	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water, Sediment
R4c	15-Mar-06	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water, Sediment
R5a	15-Mar-06	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water, Sediment
R5b	15-Mar-06	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water, Sediment
R5.5a		Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		not sampled this year
R5.5b		Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		not sampled this year
R6a	14-Mar-06	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water, Sediment
R6b	14-Mar-06	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water, Sediment
R6c	14-Mar-06	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water, Sediment
R7a	14-Mar-06	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water, Sediment
R7b	14-Mar-06	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water, Sediment
R7c	14-Mar-06	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water, Sediment
R8a	14-Mar-06	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water, Sediment
R8b	14-Mar-06	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water, Sediment
R8c	14-Mar-06	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water, Sediment
R9a	14-Mar-06	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water, Sediment
R9b	14-Mar-06	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water, Sediment
R10a	13-Mar-06	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617		Water, Sediment
R10c	13-Mar-06	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water, Sediment
R11a	13-Mar-06	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479		Water, Sediment
R11b	13-Mar-06	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water, Sediment
R11c	13-Mar-06	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water, Sediment
R12a	13-Mar-06	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379		Water, Sediment
R12b	13-Mar-06	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water, Sediment
R12c	13-Mar-06	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water, Sediment
R13a	13-Mar-06	Evtach river-mouth	31	44.433	34	35.783		Water, Sediment
R13b	13-Mar-06	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water, Sediment
R14a	13-Mar-06	Shikma river-mouth	31	36.868	34	30.308		Water, Sediment
R14b	13-Mar-06	Shikma river-50m	31	36.786	34	30.423		Water, Sediment
משקעים אטמוספריים								
TS		Tel Shikmona	32	49.579	34	57.400		Dust, Rain
MM		Maagan Michael	32	32.946	34	54.871		Dust

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
ACH	March-06	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Molluscs
AK-P	March-06	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Molluscs
QY	March-06	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Molluscs
AT	March-06	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Molluscs
MIC	March-06	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Molluscs
HAD	March-06	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Molluscs
PAL	March-06	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Molluscs
ASH	March-06	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Molluscs
HS	March-06	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Molluscs
MM	March-06	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Molluscs
AK-B	March-06	Patella - Biuv Akko	32	56.739	35	4.413	~5 cm	Molluscs
TS	March-06	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Molluscs
EI	October-06	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Molluscs
QY	October-06	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Molluscs
KH	October-06	Donax - Qiryat Haim	32	32.370	34	54.133	~60 cm	Molluscs

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

דגים (1974 – 2006)

<i>Diplodus sargus</i>	891
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1047
<i>Mullus barbatus</i>	804
<i>Sargocentron rubrum</i>	474
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	451
<i>Siganus rivulatus</i>	317
<i>Mullus surmuletus</i>	265
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	394
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	902
סה"כ דגים	5836

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2006)

<i>Macra corallina corallina</i>	1798
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	175
<i>Neverita josephinia</i>	80
<i>Patella sp.</i>	875
<i>Diogenes pugilator</i>	203
<i>Donax trunculus</i>	443
<i>C. gallina</i>	79
<i>Arcularia gibbosula</i>	257
<i>Cellana rota</i>	139
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longiros</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	10
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	299
סה"כ רכיכות וסרטנים	4468

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments	(1981-2006)	739
River Sediments	(1988-2006)	603
SPM	(1994-2006)	1109
סה"כ דוגמאות		2451

דוגמאות מורכבות (17841 פרטים)

נספח 3: שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות

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

דיגום מי-ים ומי נחלים

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

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

לבדיקות של חומר מרחף, נפח ידוע של מים סונן דרך פילטרים שקולים מסוג $0.45 \mu\text{m}$ Millipore Type HA, לאחר סינון מוקדם דרך $63 \mu\text{m}$. הפילטרים יובשו בליאופיליזציה (הקפאה וייבוש בוואקום) במשך 48 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. 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, רובם ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות. 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 במייבש ונשקלו. 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 6000. בדיקות חמצן לחישוב BOD₅ נעשו באמצעות חיישן מסוג YSI 6600.

בדיקות נוטריאנטים

נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, חומצה סיליצית ואמוניה) נבדקו בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} Systems. גבולות הקביעה של ניטראט, ניטריט, פוספאט, חומצה סיליצית ואמוניה היו 0.02, 0.02, 0.005, 0.06 ו-0.1 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, הדוגמאות עוכלו בחומצה חנקתית מרוכזת (65%) בתאי לחץ (Uniseal), במשך 4 שעות, בטמפרטורה של 140°C. עבור בדיקות של Fe, Cr, Al, Mn

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).

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-2, Dolt-3, Buffalo River Sediment, Estuarine sediment ועוד). דוגמא לבקרה שנתית של תוצאות בדיקות החומרים הסטנדרטים מוצגת באיור 47. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיול 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 $\times 100$.

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

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 אפיפלואורסנטי. 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, 1992, W.K.W, 1986). ביומסת המיקרופלנקטון חושבה לפי Strathmann, 1967.

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

מדידת סמנים ביולוגיים בדגישישן 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.

מיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

ראה נספח 4

נספח 4: מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

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

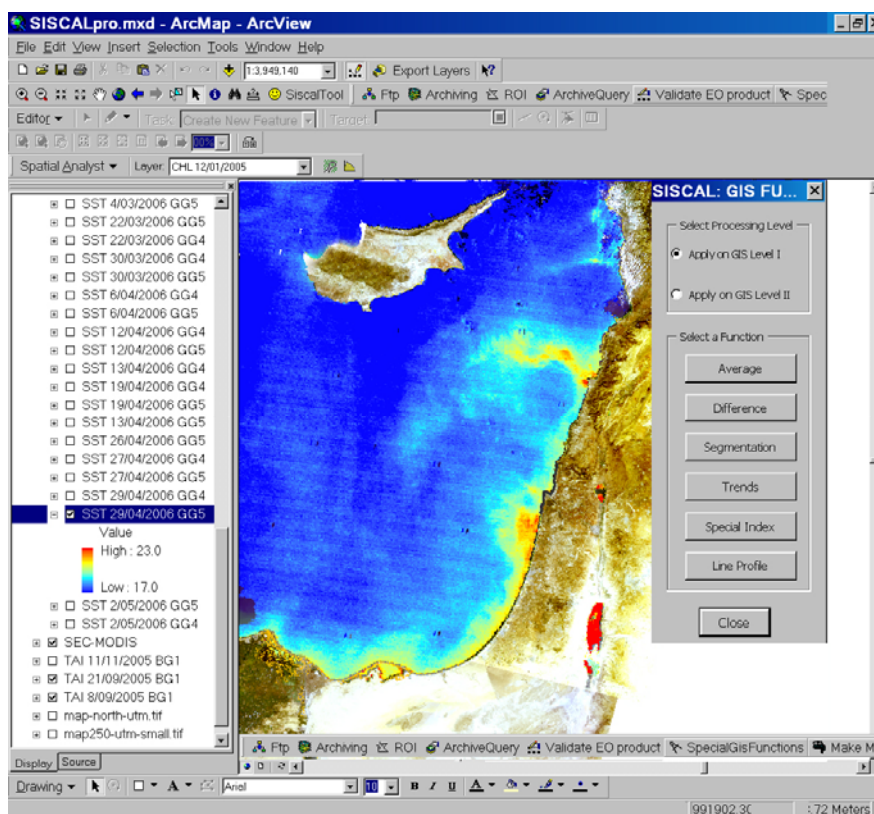
במסגרת המחקר פותח מודול של מ"מ (מערכת מידע גיאוגרפית) למשתמש קצה (EU-GIS) אשר מאפשר לבצע מספר משימות: הורדת מוצרי לוויין (EO Products) מהשרת של SISCAL, בניית ארכיון לסדרות זמן של מוצרי לוויין, ניהול מערכת המידע וביצוע ניתוחים סביבתיים מורכבים באמצעות פונקציות מ"מ ייעודיות (תמונה 1). מערכת כזו הותקנה בחדר המצב של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.

המיפוי מתבסס על שלושה לוויינים החולפים מעל אזור ישראל מידי יום בין השעות 10:00 – 12:30 (MODIS-Terra, MODIS-Aqua ו-MERIS). 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 (ב-2005 הוקמה בגרמניה תחנת קליטה ללוויין זה שמאפשרת קבלה ועיבוד צילום תוך שעה מקליטתו).

במהלך שנת 2005 ו-2006 מערכת SISCAL שולבה בתוכנית הניטור של איכות מימי החופין ובוצעו הפעולות שלהלן:

- כיול האלגוריתם לטמפרטורת פני הים;
- המשך כיול אלגוריתמים של כלורופיל, ריכוזי חומר מרחף ועומק סקי (טבלה 1);
- 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 תוצאות האנליזות (בשלב זה טמפרטורת פני הים) באינטרנט קרוב לזמן אמת באמצעות מרכז המידע הימי הלאומי;
- התקנת כל בסיסי הנתונים שנאספו בשנת 2006 במערכת EU-GIS (ראה תמונה 1 להלן) של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.

המיפויים שבוצעו במהלך 2005 התבססו על 72 צילומי MODIS ו-42 צילומי MERIS מהם 17 ברזולוציה גבוהה.



תמונה 1 : מערכת הממ"ג (EU-GIS) של SISCAL

טבלה 1 : רשימת אלגוריתמים ששולבו במערכת ה-SISCAL SISCAL ALGORITHMS

MERIS

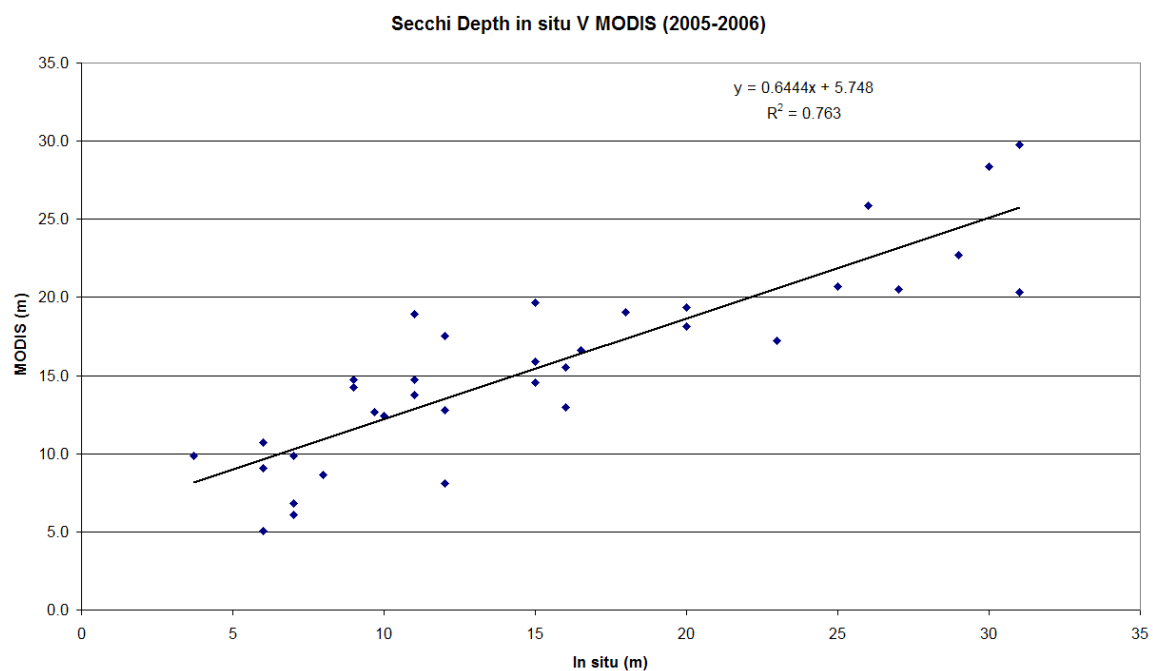
Product	Algorithm	Unit
SEC, Secchi depth	JC1, Secchi depth (obtained from SeaWiFS KDD)	m
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC1, Pigment concentration, OC4v4 algorithm	mg/m ³
MAR, Marine reflectance at 550nm	XG1, Extract marine reflectance at 550nm	%
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC2, G/NIR, Pigment 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

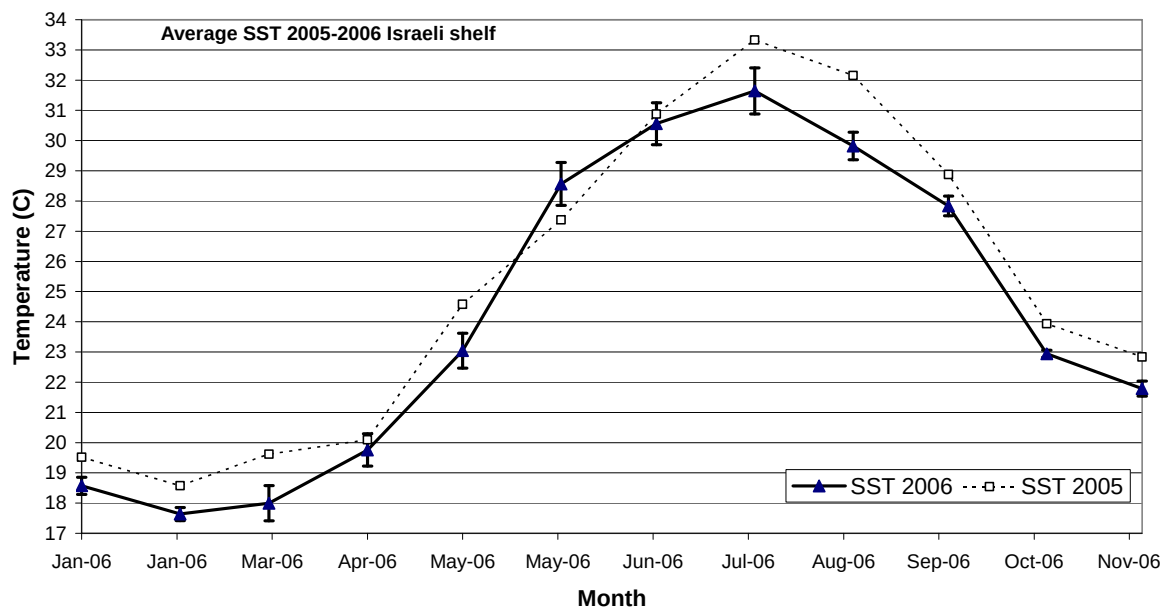
Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FA4, Total suspended matter, Clark, MODIS SeaDAS 4.8.4	g/m ³
SST, Sea surface temperature	GG5, Sea surface temperature, MODIS SeaDAS 4.8.4	°C
SST, Sea surface temperature	GG4, Sea surface temperature, MODIS split window, SISCAL specific noise reduction	°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 טמפרטורות פני הים במדף היבשת

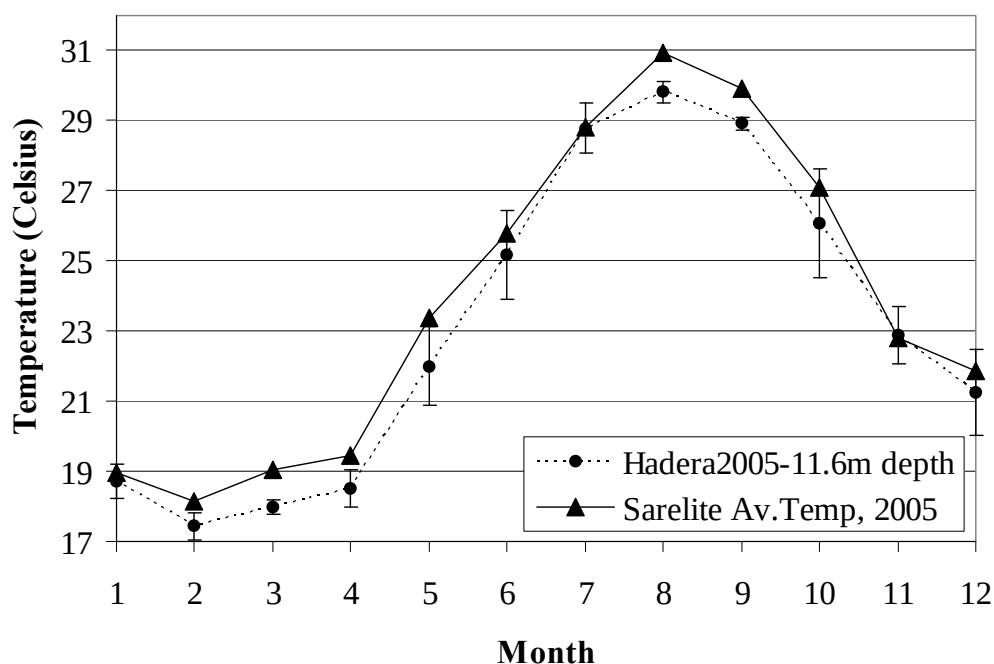
במהלך 2006 נקלטו ועובדו במערכת ה-SISCAL 148 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ, 82 צילומי לוויין מסוג MERIS שמתוכם מעל 60 צילומים ברזולוציה גבוהה (300X300 מטר). כמו כן בסוף 2006 הותקנה תחנת קליטה של צילומי ה-MERIS במכון לחקר ימים ואגמים דבר המאפשר קבלה ועיבוד של הצילומים כמעט בזמן אמת. במהלך השנה כוייל האלגוריתם של עומק סקי (secchi depth) באמצעות נתונים שנאספו בהפלגות במהלך 2005-2006, ראה איור להלן.



הטמפרטורה החודשית הממוצעת במדף היבשת חושבה בתוכנת EU-GIS. השינויים החודשיים מוצגים להלן.



במהלך 2005 נעשתה השוואה בין הטמפרטורה שחושבה מצילומי הלווין לזו שנמדדה בקצה מסוף הפחם בחדרה. משולשים - הטמפרטורה החודשית הממוצעת של פני הים במדף היבשת (עד עומק מים של 200 מטר) כפי שחושבה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS. עיגולים - הטמפרטורה שנמדדה בקצה מסוף הפחם בחדרה, בעומק מים של 11.6 מטר (בתחנת הניטור של מפלס הים המופעלת ע"י חיא"ל).



נספח 5: 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.

מטליתיונין - 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 לפריחות 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

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

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

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



First record of *Theora (Endopleura) lubrica* Gould, 1861 (Mollusca: Bivalvia: Semelidae) from a Levantine port

Cesare Bogi¹ and Bella S. Galil^{2*}

¹Via delle Viole, 7-57124 Livorno, Italy, Email: bogicesare@tiscali.it

²National Institute of Oceanography, Israel Oceanographic & Limnological Research, POB 8030, Haifa 31080, Israel, Email: Bella@ocean.org.il

*Corresponding author

Received 27 February 2007; accepted in revised form 1 March 2007

Abstract

Theora lubrica is reported for the first time from Haifa Bay, Israel, in 2006. This Asian semelid bivalve is one of the most invasive ship-transported mollusc species to enter the Mediterranean Sea. It was first recorded in 2001 in Livorno Harbour, Italy, and has since established there a viable population. Its occurrence in ports or port-proximate environments lends credence to shipping serving as its vector.

Key words: *Theora lubrica*, Semelidae, Israel, Mediterranean, port, invasive, alien

Shipping has been implicated in the dispersal of numerous neritic organisms, from protists and macrophytes to fish (Carlton 1985). It is seldom possible to ascertain the precise means of transmission, as some organisms may be conceivably transported by several vectors, yet it is assumed that port and port-proximate aliens are primarily dispersed by shipping. The transport on the hulls of ships generally concerns small-sized sedentary, burrow-dwelling or clinging species, though large species whose life history includes an appropriate life stage may be disseminated as well (Zibrowius 1979, 2002). Water and sediment carried in ballast tanks, even after voyages of several weeks' duration, have been found to contain many viable organisms

(Gollasch et al. 2000, Drake et al. 2002). The Mediterranean Sea, a hub of commercial shipping lines and encircled by major ports, is susceptible to ship-borne aliens, whether they occur in fouling communities or in ballast. The global maritime trade connections of Mediterranean ports sustain a large-scale dispersal process of both inbound and outbound biota, and also serve an important vector for secondary introduction - the dispersal of an alien beyond its primary location of introduction. Of the 183 alien mollusks recorded in the Mediterranean Sea (Galil in press), 48 are considered to be either introduced or secondarily transported by ships. Trade patterns ensure that the Mediterranean exports biota as well as

imports: the Atlanto-Mediterranean basket shell, *Theora (Varicorbula) gibba* (Olivi 1792), was collected in 1987 in Port Philip Bay, Australia, and in rapid succession in Portland and Tasmania (Healy and Lamprell 1996).

The first record of the Western Pacific semelid bivalve *Theora (Endopleura) lubrica* Gould, 1861 outside its native range was from Port Phillip Bay, Australia, where it was already common by 1958 (Wilson et al. 1998), later it was found in the Swan Estuary (Chalmer et al. 1976), Portland harbour (Parry et al. 1997), Devenport in Tasmania, Westernport in Victoria, Botany Bay in New South Wales (Cohen et al. 2001), and Sydney harbour (Berents and Hutchins 2002). In the early 1970s it spread to Auckland harbour (Climo 1976), Golden Bay and Marlborough (Foster and Willan 1979), and to most other ports of New Zealand (Hayward et al. 1997, Hayward et al. 1999), as well as to ports on the west coast of North America: Los Angeles (Seapy 1974), San Francisco (Carlton 1979). A recent survey of the southern California embayments found it was one of the most abundant alien species (Ranasinghe et al. 2005). In 2001 it was collected inside Livorno harbour, Italy, where a thriving population was found “in an area utilized by ships for goods in transit” (Belena et al. 2002). Everywhere *T. lubrica* has established viable populations within a short time of its arrival (Campani et al. 2004).

In August 2006, in the course of the National Monitoring Program of the Mediterranean coast of Israel, three replicate sediment samples were collected in Haifa Bay, next to Haifa port (32°49.246N, 35°01.187E), at depth of 11 m, using a Van Veen grab (0.08 m²). The samples were preserved in 10% formaldehyde. The sediment was later sieved on 0.25 mm mesh, preserved in 70% ethanol, and sorted. A total of 54 specimens of *T. lubrica* were identified, their size range 2-4 mm; 52 of the specimens were deposited in the National Collections, Tel Aviv University (TAU Mo 57947) and two remain in the molluscan collection of CB, Livorno (Figure 1). The prevalence of juveniles in the samples may suggest a quickly reproducing population. The sample contained also specimens of the following Erythrean alien mollusc species: *Leucotina natalensis* Smith, 1910, *Acteocina mucronata* (Philippi, 1849), *Retusa fourieri* (Audouin, 1827), *Retusa desgenettii* (Audouin, 1826), *Syrnola fasciata* Jickeli, 1882.

Theora lubrica is a fast-growing opportunistic

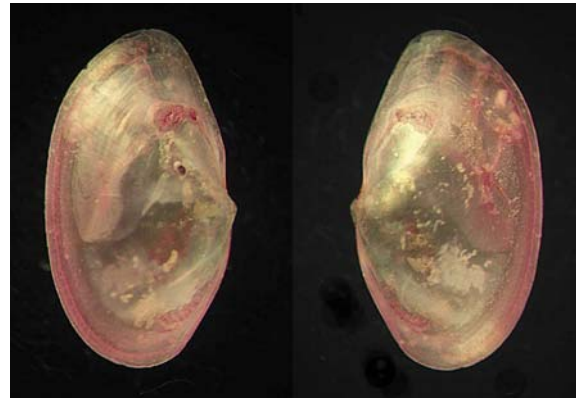


Figure 1. *Theora (Endopleura) lubrica* left and right valves, 4 mm, dorsal view (Photo by Stefano Bartolini)

species, with spawning and recruitment occurring year-round. It is highly tolerant of low oxygen levels and disturbed environments and is considered a “pollution indicator” of subtidal muddy sediments (Saito 2006). It “can rapidly colonise disturbed and muddy habitats and is perhaps the most pollution-tolerant mollusc in the harbour, living in contaminated sediments” (Hayward et al. 1999). The widely proposed mechanism for the introduction and spread of *T. lubrica* is larval transport in ballast tanks (Climo 1976, Balena et al. 2002). However, its life history characteristics and preferred habitat position the adult specimens of *T. lubrica* as a likely candidate for uptake with sediment into ballast tanks and sea chests.

Balena et al. (2002: 19) cautioned it is “important to search immediately for other populations in different Italian and Mediterranean localities”, and to “evaluate the environmental risk of this kind of bioinvasion”. The Barcelona Convention (1976), initially aimed at reducing pollution, has been updated with the adoption of new protocols. The Protocol concerning Specially Protected Areas (SPA), that had been adopted in 1982 and came into force in 1986, prohibits ‘the introduction of exotic species’ (Article 7e). In 2003 the Mediterranean Action Plan (MAP), United Nations Environment Programme (UNEP), drafted an ‘Action Plan concerning species introductions and invasive species in the Mediterranean Sea’ (UNEP(DEC)MED WG. 232/6). Article 7 recognizes that shipping is a major vector of introduction into the Mediterranean Sea. Article 22 of the Action Plan strongly recommended that “Given the importance of shipping-mediated introductions of non-indigenous species in to the Mediterranean, a

regional project be developed to overcome gaps for the Mediterranean countries, and strengthen the capacities of the countries to reduce the transfer of aquatic organisms via ships' ballast water and sediments and hull fouling". This clearly should be done with alacrity.

Acknowledgements

C. Bogi thanks his friend Stefano Bartolini for taking the photographs. B. S. Galil thanks the Israel Ministries of Infrastructure and the Environment for funding the National Monitoring Program, and Dr. B. Herut, for the coordination of the Program. B. S. Galil was also supported by the EC specific targeted project Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE, see also www.daisie.se) (SSPI-CT-2003-511202).

References

- Balena G, Campani E, Coppini M and Margelli A (2002) Segnalazione dell'immigrante *Theora (Endopleura) lubrica* Gould, 1861 (Semelidae Stoliczka, 1870), con osservazioni sui rappresentanti Mediterranei della famiglia. *La Conchiglia* 302: 11-20
- Berents P and Hutchins P (2002) Port Survey for introduced marine species – Sydney harbour. Final Report. Australian Museum Business Services Consulting 71 pp.
- Campani E, Coppini M, Cuneo F and Margelli A (2004) Bivalvi "alieni" nelle acque del porto di Livorno: *Theora (Endopleura) lubrica* Gould, 1861 e *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842). *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Memorie Serie B*, 111: 1-5
- Carlton JT (1979) History, biogeography, and ecology of the introduced marine and estuarine invertebrates of the Pacific coast of North America. Ph.D. Thesis, Univ. California, Davis. 904 pp.
- Carlton JT (1985) Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 23: 313-371
- Chalmer PN, Hodgkin EP and Kendrick PW (1976) Benthic faunal changes in a seasonal estuary of south-east Australia. *Records of the Western Australian Museum* 4(4): 383-410
- Climo FM (1976) The occurrence of *Theora (Endopleura) lubrica* Gould, 1861 (Mollusca: Bivalvia: Semelidae) in New Zealand. *Auckland Institute and Museum Conchology Section Bulletin* 1: 11-16
- Cohen BF, McArthur MA and Parry GD (2001) Exotic marine pests in the port of Melbourne, Victoria. *Marine and Freshwater Resources Institute, Report* 25: 1-69
- Drake LA, Ruiz GM, Galil BS, Mullady TL, Friedmann DO and Dobbs FC (2002) Microbial ecology of ballast water during a transoceanic voyage and the effects of open-ocean exchange. *Marine Ecology Progress Series* 233:13-20
- Foster BA and Willan RC (1979). Foreign barnacles transported to New Zealand on an oil platform. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 13(1): 143-149
- Gollasch S, Lenz J, Dammer M and Andres HG (2000) Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *Journal of Plankton Research* 22(5): 923-937
- Hayward BW, Stephenson A, Morley B, Riley JL and Grenfell HR (1997) Faunal changes in Waitemata harbour, sediments, 1930s-1990s. *Journal of the Royal society of New Zealand* 27: 1-20
- Hayward BW, Morley MS, Hayward JJ, Stephenson AB, Blom WM, Hayward KA and Grenfell HR (1999) Monitoring studies of the benthic ecology of Waitemata harbour, New Zealand. *Records of Auckland Museum* 36: 95-117
- Healy JM and Lamprell KL (1996) The Atlantic-Mediterranean bivalve, *Corbula gibba* (Oliv) (Corbulidae: Myoidea) in Port Philip Bay. *Memoirs of the Queensland Museum* 39: 315-318
- Parry GD, Currie DR and Crookes DP (1997). Exotic marine pests in Portland harbour and environs. *Marine and Freshwater Resources Institute Technical Report* 1: 1-42
- Ranasinghe JA, Mikel TK, Velarde RG, Weisberg SB, Montagne DE, Cadien DB and Dalkey A (2005) The prevalence of non-indigenous species in southern California embayments and their effects on benthic macroinvertebrate communities. *Biological Invasions* 7: 679-686
- Saito H (2006) Population dynamics of a pollution indicator bivalve *Theora lubrica*. *Bulletin of fisheries Research Agency* 16: 29-95
- Seapy RR (1974) The introduced semelid bivalve *Theora (Endopleura) lubrica* in bays of southern California. *Veliger* 16: 385-387
- Wilson RS, Heislars S and Poore GCB (1998) Changes in benthic communities of Port Phillip Bay, Australia, between 1969 and 1995. *Marine and Freshwater Research* 49: 847-861
- Zibrowius H (1979) Serpulidae (Annelida Polychaeta) de l'Océan Indien arrives sur des coques de bateaux à Toulon (France, Méditerranée). *Rapports et Procès-Verbaux des Reunions Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* 25/26 (4): 133-134
- Zibrowius H (2002) Assessing scale and impact of ship-transported alien fauna in the Mediterranean? In: *Alien marine organisms introduced by ships in the Mediterranean and Black Seas. CIESM Workshop Series* 20: 63-68