

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat
Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory ע"ש ה. שטייניץ



מרץ 2010

אדר תש"ע

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2009



מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:

ד"ר יונתן שקד, מנהל תכנית הניטור
פרופ' אמציה גבין, מנהל מדעי, תכנית הניטור

התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

ת"ד 469, אילת 88103, Israel P.O. Box 469, Eilat 88103, Israel • טל' +972-8-6360111 • פקס +972-8-6374329 •
www.iui-eilat.ac.il • iui@vms.huji.ac.il



חברי הוועד המנהל:

ד"ר ישעיהו בר אור, מדען ראשי, המשרד לאיכות הסביבה, יו"ר

פרופ' שמשון בלקין, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר יצחק בן דוד, סמנכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה
פרופ' ברק חירות, חקר ימים ואגמים לישראל
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה
ד"ר מעוז פיין, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת ואוניברסיטת בר אילן
פרופ' אהרון קפלן, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת והאוניברסיטה העברית בירושלים
פרופ' אלדו שמש, מכון וייצמן למדע
ד"ר יהושע שקדי, רשות הטבע והגנים

צוות הניטור:

פרופ' אמציה גנין, מנהל מדעי
ד"ר יונתן שקד, מנהל התכנית

ענבל אילון, ביולוגיה

מוריאל דריי, כימיה

מרק צ'רניחובסקי, ביולוגיה

טניה ריבלין, כימיה

ניצן שגב, ביולוגיה

מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

פרופ' א. דיאמנט, ד"ר א. קולורני, מלח"י.

יעוץ וסיוע:

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאנוגרפיה כימית)

עזרה במכון הבינאוניברסיטאי:

עודד בן שפרוט

אסף ריבלין

גל דיסון

תוכן העניינים

4	א. מבוא
4	א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת
4	א.2. הקדמה
5	א.3. תקציר התוצאות והמסקנות
8	א.4. המלצות
9	א.5. תקציר באנגלית, English Abstract
14	ב. שונית האלמוגים
14	ב.1. סקר חברת השונית
35	ב.2. צילום אתרים קבועים
45	ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים
49	ב.4. דיגום חסרי חוליות
53	ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית
58	ב.6. סקר דגי השונית
61	ג. ניטור הסביבה החופית
61	ג.1. מי הים בקרבת החוף
74	ג.2. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת
78	ג.3. סקר ריכוז מתכות במרינה אילת
82	ד. מים פתוחים
83	ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות
88	ד.2. מדדים כימיים
107	ד.3. מדדים ביולוגיים
114	ה. מדידות רציפות
114	ה.1. כלורופיל
115	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג
117	ה.3. משתנים מטאורולוגיים
125	ו. ביבליוגרפיה
126	ז. נספחים
126	ז.1: מפות אתרי הניטור
128	ז.2. רשימות סוגי האלמוגים
131	ז.3. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2009

א. מבוא

1. מטרת הניטור במפרץ אילת

מטרת תכנית הניטור היא יצירת תשתית ידע עובדתי ארוך טווח על מצב המערכת האקולוגית הימית בצפון מפרץ אילת. על תשתית זו לשמש בסיס מדעי לגיבוש המלצות ביצועיות לפתרון בעיות אקולוגיות, ניהול תכניות ממשק סביבתי והמשך פיתוח מושכל של אזור החוף והמים בתחום מדינת ישראל במפרץ אילת. תכנית הניטור מפעילה מערך מתקדם למדידה קבועה ומתמשכת של הגורמים האקולוגיים המרכזיים בבתי הגידול העיקריים במפרץ אילת. התכנית בוחנת את קיומן של מגמות שינוי אקולוגי ותאמוד את עצמתן, מעריכה את מצב "בריאות" המערכת ואת השפעתם האקולוגית של גורמי זיהום שונים. תפקידה של תכנית הניטור לדווח על מצב המערכת האקולוגית, להתריע על סכנות הנשקפות לה, ובמקרה של הידרדרות להציע דרכים לעצירתה ולשיקום המערכת.

2. א. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2009. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות. כל פרק כולל תיאור קצר של שיטות המדידה, תוצאות מפורטות (איורים, טבלאות) ודיון קצר במסקנות. תיאור מפורט של השיטות נמצא בדו"ח השנתי הראשון (2003). זו השנה השישית בה תכנית הניטור פועלת במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני שש שנים בהן נאספו הנתונים בשיטות אחידות, קרי, השוואת תוצאותיהן של מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו צוות. הדבר מקנה עצמה אנליטית משמעותית לניתוח התוצאות ההשוואתיות ובטחון בנכונותן של המסקנות. נתונים הקודמים לנתוני תכנית הניטור מסוכמים בדו"ח 2004 שם נעשית השוואה בינם ובין נתוני תכנית הניטור. בדו"ח זה מוזכרים לעיתים נתונים הלקוחים משנים קודמות, ובמקרים אלה מאוזכר המקור. נתוני תכנית הניטור, החל משנת 2004, מאוכסנים בבסיס נתונים אלקטרוני והגישה אליהם פתוחה לכל דורש דרך אתר תכנית הניטור במכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת:
<http://www.iui-eilat.ac.il/NMP>

א.3. תקציר התוצאות והמסקנות

שונית האלמוגים

1. לאורך תקופת הניטור ניכרת יציבות במצב השונית עם עלייה קלה בחלק מהמדדים מאז 2004, ולא ניתן להצביע על שינויים קיצוניים או מגמתיים.
2. רוב מדדי הכיסוי ירדו מערכי השיא של שנת 2007 אולם נותרו גבוהים מאשר בשנים 2004-2006.
3. באתרי IUI נמדדת עלייה מתמשכת ביעילות ניצול המצע על ידי אלמוגי אבן. גם באתרי השמורה נמדדת בסך הכל עלייה ובאתרי קצא"א ישנן תנודות וסך השינוי לא משמעותי. אתר השמורה הרדוד הוא בעל הכיסוי הנרחב ביותר אך ניצול המצע היעיל ביותר נמצא השנה באתר השמורה העמוק, 20-NR.
4. לאחר עלייה במדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים, אשר נמדדה בשנת 2007, ירדו ערכי המדד והשנה עמדו על ערך דומה לזה של שנת 2006.
5. באתרי IUI חלקן של המושבות הקטנות הוא הגדול ביותר, אך גם ללא אתרים אלה ישנו יחס הפוך בין חלקן של המושבות הקטנות לניצול המצע ואחוז הכיסוי באתרי הניטור.
6. מגוון המינים והרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור נותרו יציבים, ללא שינויים משמעותיים, במשך שש השנים בהן פועלת התכנית.
7. זו השנה השלישית בה נסקר שולחן השונית ולאורך תקופה זו נמצאה עלייה באחוז הכיסוי וביעילות ניצול המצע על ידי אלמוגי אבן. יתכן כי התצפית מונעת בחלקה על ידי התאוששות השולחן לאחר אירועי השפל הקיצוני בחורף 2007 (ראו הדו"ח המדעי של תכנית הניטור לשנת 2007) אשר פגע באלמוגי שולחן השונית. יחד עם זאת, שנת 2007 הייתה שנה טובה במיוחד עבור כל אתרי קדמת השונית ובהעדר נתונים מוקדמים יותר משולחן השונית לא ניתן עדיין לקבוע מה התהליכים המתרחשים באתר זה לאורך זמן ארוך.
8. השנה נמצאה עליית-מה בצפיפות מושבות האלמוגים בהשוואה לשנה הקודמת. על אף שהשינויים בצפיפות מושבות בין השנים קטנים ולא מובהקים, צפיפות המושבות באתרים המצולמים עדיין נמוכה, בדרך כלל, מערכי השיא של 2007.
9. ברוב האתרים נמדדה צמיחה נטו של אלמוגי אבן במשך רוב השנים, אולם ברובם לא נמצא גידול בסך שטח האלמוגים.
10. שינויים בשטח האלמוגים כוללים הן את הצמיחה, הן תמותת אלמוגים והן התיישבות של אלמוגים חדשים. עודף (אחוז מספרי) של תמותת מושבות לעומת התיישבות נמצא באתרי השמורה והחוף הצפוני בעוד שבשאר האתרים מספר המתיישבים גדול ממספר המתים. בכלל האתרים, על אף שמספר המושבות החדשות שהתווספו גדול מאלו שמתו, שטח האלמוגים שאבד כתוצאה מהתמותה גדול מהשטח שנוסף כתוצאה מההתיישבות.
11. בהתפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים אין שינוי משמעותי בהשוואה לשנים הקודמות. קבוצת האלמוגים הקטנים מהווה את המרכיב המספרי הגדול ביותר מכלל המושבות באתרים המצולמים (כשישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר). מבנה החברה באתרים המצולמים נשאר גם הוא יציב לאורך השנים.
12. במשך שנות הניטור מסתמנת יציבות של חברת האלמוגים בלגונה. נמדדה ירידה קלה (לא מובהקת) בצפיפות המושבות לאורך השנים. מגוון המינים לעומת זאת, עלה מאז 2007 לערך דומה לזה של 2006. נראה כי בהיות האלמוג *Stylophora* נפוץ בהרבה משאר המינים בלגונה, תנודות באוכלוסייתו מכתיבות את השינויים הנצפים בלגונה בכלל.
13. העלייה בצפיפות קיפודי הים, אשר נצפתה מאז שנת 2007, לא נמשכה השנה, והערכים אשר נמדדו השנה דומים לערכים הנמוכים של שנת 2006. במשך שנות הניטור נמצאה צפיפות קיפודים גבוהה במשך 2004-5 ושוב בשנים 2007-8, ובשנים 2006 ו-2009 נמדדה ירידה בצפיפות הקיפודים בשונית. שילוב נתונים אלה עם נתונים בידיים מהעבר מצביעים על קיומן של תנודות חזקות בגודל אוכלוסיית קיפודי הים בשונית האלמוגים באילת.

14. באתרי השמורה מוסיפה צפיפות חבצלות הים לעלות אולם באתרי IUI נמצאה השנה ירידה גדולה בצפיפות חבצלות הים.
15. פוטנציאל גידול האצות הישיבות בשונית, כפי שנמדד על גבי לוחיות התיישבות מוגנות מרעייה, היה נמוך השנה בהשוואה לשנתיים הקודמות. הסיבה לכך היא, ככל הנראה, רדידותו של הערבוב האנכי בעמודת המים השנה.
16. קצב גידול האצות יורד במהירות עם העומק – מריכוזי כלורופיל מרביים בלגונה לערכים מזעריים בעומק 20 מ'. בכל העומקים נראה כי רעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות, אך בחודשי השיא (חורף) גם ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות עולה מעט.
17. מבנה החברה של דגי השונית מתחיל להצטייר לאחר שלוש שנות ניטור. הקבוצה הנפוצה ביותר היא קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים (הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים) המהווים כ-82% מכלל הדגים אשר נספרו השנה. דגים אלה מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוז חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. הדגים הטורפים (קרניבורים), המווסתים את אוכלוסיית השונית (חסרי חוליות ודגים אחרים), היוו כ-9% מהדגים אשר נסקרו השנה. הקבוצה השלישית בגודלה היא קבוצת הרועים (הרביבורים) אשר היוותה השנה כ-4% מאוכלוסיית המדגם (בשנה שעברה היא חלקה של קבוצה זו דומה לקבוצת הטורפים). לדגים הרועים תפקיד חשוב בווסת כמות האצות צמודות-המצע בשונית וכך הינם בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. לשאר הקבוצות ייצוג מספרי קטן.

הסביבה החופית

18. מחזור הערבוב השנתי הוא התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות. בעונת החורף, בה טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק ריכוז רוב המשתנים הנמדדים בתחנות החופיות גבוה מאשר בעונת הקיץ בה מופרדים המים העליונים ממי העומק ע"י הפרש טמפרטורות. השנה היה ערבוב עמודת המים רדוד במיוחד ובהתאם לכך ריכוזי רוב המדדים היו השנה נמוכים יחסית גם בחורף.
19. מספר המדידות של ערכים חריגים לאורך החופים, ובפרט החוף הצפוני, מוסיף לרדת גם השנה. בשנתיים האחרונות היו כמות וגודל החריגות קטנים בהרבה מאשר בשנים 2004-7.
20. גם השנה לא נמצאו בבדיקת דגי הבר החיידקים הפתוגנים שהיו נפוצים עד לשנת 2007.
21. בדג בר אחד אשר נמצא מת בחוף השמורה התגלה חיידק מסוג *Streptococcus parauberis* הנפוץ לרוב בבקר. חיידק זה דווח כגורם לתמותה נרחבת של דגים בחוות גידול בספרד ונוכחותו בדגי בר במפרץ מעוררת חשש. מקור אפשרי לחיידק הוא הבקר הגדל בדרום הערבה ובקר המובא לנמל אילת באוניות מאוסטרליה ומועבר למכלאות הסגר מצפון למפרץ לפני הפצתו בארץ.
22. השנה נערך לראשונה סקר מתכות במים וסדימנט מהמרינה של אילת. רק בריכוזי הנחושת נמצאה רמה הגבוהה מהתקן של המשרד להגנת הסביבה עבור מי הים התיכון. אין תקנים תקפים למי הים במפרץ אילת.
23. סקר המתכות במרינה בא בעקבות סקרים שנערכו בשנים 2004 ו-2006 על ידי היחידה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה. הסקר נערך במתכונת מצומצמת על מנת לבחון את דיוק המדידות, אשר הופנו למעבדה חדשה, במכון למדעי כדור הארץ של האוניברסיטה העברית. המדידות השנה אכן מדויקות מאשר בשנים קודמות וברוב המקרים לא ניתן להשוות בין השנים עקב רזולוציה נמוכה במדידות 2004 ו-2006. באופן כללי נמדדו השנה ריכוזים נמוכים מהריכוזים בשנים הקודמות אולם יתכן כי חלק מכך נובע ממדידות לא מספקות בסקרים הקודמים.

עמודת המים הפתוחים

24. הערבוב העונתי בעמודת המים מכתוב את הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בים הפתוח. השנה היה הערבוב רדוד במיוחד, פחות מ-300 מטרים, בניגוד לשנתיים האחרונות בהן הגיע עומק הערבוב בחלקו הצפוני של המפרץ עד לקרקעית (700 מ').

25. הערבוב הרדוד במיוחד השנה מהווה חזרה מהירה "לשגרה" בה מצטברים ריכוזים גבוהים של נוטריונים במים העמוקים ואינם מזינים את שכבת המים העליונה. במדידות השנה נראה מפל ריכוזים החל מעומק של כ-250 מטרים. נדמה כי בשנות הערבוב העמוק נשמר חלק גדול יותר מהנוטריונים בצורה החלקיקית והמאגרים המומסים היו נמוכים, בפרט בשנת הערבוב 2007. השנה ישנה חזרה לגודל מאגרים דומה למדידות השנים הקודמות לערבוב העמוק.
26. ריכוז רוב הנוטריונים במי העומק עדיין נמוך משמעותית משהיה בשנות הניטור 2004-6. ריכוזי נוטריונים במי העומק נמצאים במגמת עליה מערכי המינימום של 2007, אולם גם הריכוזים עדיין נמוכים משמעותית מכל מה שנמדד במים העמוקים בעשור האחרון.
27. נראה כי החזרה לריכוזים גבוהים במי העומק מתרחשת בקצב נמוך מאשר בשנים 2000-6. כעבור שנתיים מאז הערבוב העמוק עדיין נמוכים ריכוזי הנוטריונים בעומקים הגדולים מ-500 מטרים משהיו לפניו. בפרק הזמן 2000-6 היו הריכוזים חוזרים לרמתם הקודמת או אף עולים עליה בין חורף אחד לבא אחריו.
28. בשנתיים הקודמות היו ריכוזי הכלורופיל גבוהים במיוחד, והשנה נמדדו ערכים נמוכים יותר. יחד עם זאת, על אף שהערבוב השנה היה רדוד במיוחד נמדדו בריכוזי הכלורופיל שיאים גבוהים מאשר נמדדו בשנים 2000-2006. "שכבת שיא הכלורופיל העמוק" (deep chlorophyll max) נראית מגמת עלייה מובהקת (ניתוח רגרסיה $P < 0.04$ $N = 110$) בריכוז פיגמנט זה, הנמשכת גם מעבר לשנות הערבוב העמוק 2007-8.
29. חימום מי העומק נבלם בשנות הערבוב העמוק 2007-8, אולם השנה נמצאת טמפרטורת המים העמוקים ברמה גבוהה מאשר בשנים 2000-6. עליית הטמפרטורה בעומק 600 מטרים בכ- 0.1°C , ובעומק 700 מטרים בכ- 0.25°C .
30. השנה ביצעה תכנית הניטור לראשונה מדידות של פחמן אורגני חלקיקי ויצרנות ראשונית בעמודת המים. מדידות אלה מהוות תוספת משמעותית למידע הנאסף על ידי התכנית במטרה לעקוב אחר שינויים אפשריים במצב המערכת האקולוגית של המפרץ.
31. בפרופיל הפחמן החלקיקי ישנם שני אזורים של ריכוזים גבוהים (מקורות): בשכבת המים העליונה, שם המקור הוא פיטופלנקטון המצוי בריכוזים גבוהים, ובמים העמוקים ביותר, שם המקור הוא הרחפת חומר ששקע והצטבר על הקרקעית.
32. ערכי היצרנות הראשונית אשר נמדדו השנה נמצאים בטווח המוכר ממדידות שנעשו במפרץ בשנים האחרונות אולם גבוהים מערכי היצרנות הנמדדת בתחנות ניטור באוקיאנוסים אוליגטרופים "קלאסיים", כדוגמת הוואי וברמודה. עובדה זו כמו גם ריכוזי הכלורופיל הגבוהים יותר במפרץ אילת מצביעים על כך שצפון מפרץ אילת הינו אקוסיסטמה מְזוּ-אוליגוטרופית.

מדידות רציפות

33. "פריחת האביב", בה ריכוז הכלורופיל בפני השטח מגיע לערכים מרביים בכל שנה, התרחשה ב-2009 מוקדם מהצפוי על פי המחזור העונתי הממוצע מאז 1988. השנה בולטים במיוחד שלושה אירועים של ריכוזי כלורופיל גבוהים: בחודשים ינואר, פברואר ויולי. בחודשים אלה, בהם ריכוזי הכלורופיל בדרך כלל נמוכים, נמדדו אירועים קצרים של ריכוזים גבוהים מ-90% מהערכים בעשרים השנים האחרונות.
34. בחודשים נובמבר-דצמבר הייתה טמפרטורת פני הים גבוהה יחסית לממוצע, לעיתים גבוהה אף מערכי הקיצון בעשרים השנים האחרונות. עובדה זו תשפיע בוודאי על עומק ערבוב עמודת המים בשנת 2010. על אף הטמפל' הגבוהות בחורף, הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה השנה נמוכה מאשר בשנתיים האחרונות.
35. טמפרטורת פני המים הנמדדת בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת עדיין במגמה של עלייה ארוכת טווח, על אף שהטמפרטורות השנתיות המרביות (בממוצע על פני שבעה ימים) היו נמוכות מאלו שנמדדו בשנים 2005-8. עליית טמפרטורת המים בחודשי החורף מכתיבה המשך המגמה הזו.
36. סערה דרומית חזקה ב-16 בדצמבר גרמה לשינויים מקומיים במבנה החופים, בעיקר בחופים הלא מוגנים בדרום רצועת החוף של ישראל. הסערה, עם משבי רוח של עד 20 מ'/שנייה גרמה גם לפגיעה

באלמוגים ולהסעת סדימנט בעומק מים של עד כ-5 מטרים. (מכיוון שסערה זו התרחשה לאחר סקר שונית האלמוגים, המתבצע בקיץ, השפעותיה של סערה זו על אלמוגי השונית, באם הייתה, תתועד רק בסקר של 2010)

37. במדידות הרציפות ממזח המכון הבינאוניברסיטאי עולה כי המשרעת השנתית בטמפרטורת פני השטח הייתה קטנה בהרבה מזו שבשנתיים הקודמות. דבר זה נבע מכך שהטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה נמוכה מאשר בשנתיים הקודמות והטמפרטורה הנמוכה ביותר הייתה גבוהה בשלוש וחצי מעלות מהטמפרטורה המזערית אשר נמדדה בשנה שעברה. בחדשי החורף, הן בתחילת השנה, בחדשים ינואר עד מרץ, והן בסוף השנה היו הטמפרטורות המרביות גבוהות יחסית לשנים הקודמות. עלייה זו בטמפרטורה בחדשי החורף עשויה להסביר את הערבוב הרדוד השנה.
38. בסוף הקיץ, בחדש אוקטובר עלו טמפרטורות פני הים ממינימום של כ-25 מעלות באמצע אוקטובר ליותר מ-27 מעלות בתחילת נובמבר. בטמפרטורת האוויר בזמן זה יש עליה קלה אך נראה כי ההסבר לכך ברוחות: בפרק זמן זה היו רוחות חלשות מאד, צפוניות ודרומיות כאחת.

4.א. המלצות

I. גם באתרים בהם מתועד עודף מספרי של התיישבות אלמוגים ביחס לתמותת מושבות, אין הדבר בא לידי ביטוי בעלייה של שטח הכיסוי החי. המגבלה העיקרית להתפתחות שונית האלמוגים היא שרידותן הנמוכה של מושבות, ובפרט מושבות קטנות. לפיכך, הננו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc), אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות לשרידות הנמוכה.

II. שינויים בפוטנציאל גידול האצות, המונעים בעיקר מכמות הנוטריינטים במים העליונים, מווסתים ביעילות על ידי אוכלוסיית הרועים בשונית. שתי קבוצות חשובות לויסות פריחת האצות הישיבות הן קיפודי הים והדגים הרועים. יש לנסות ולהגן על קבוצות אלה על שום תפקידן החשוב לבריאות השונית. השנה תועדה ירידה בגודל אוכלוסיית קיפודי הים. בהינתן התנודות הטבעיות באוכלוסייה יש לנסות ולהפחית את הלחץ האנושי על הקיפודים והדגים ובפרט אנו ממליצים לאסור כליל דייג של דגים אוכלי אצות בצפון המפרץ, ולפעול להגנתם מפני פגעים נוספים מעשה ידי אדם, כגון הרעלות מזון וכו'.

III. בשנתיים האחרונות לא נמצאו בדגי בר לאורך החופים חיידיקים פתוגנים מהסוגים שהיו נפוצים בעבר ואשר נחשד כי מקורם בצפיפות הגדולה בחוות הגידול. זהו סימן מעודד המורה כי חיידיקים אלה עדיין לא התרבו באוכלוסייה הטבעית בכמות המהווה סיכון. יש להוסיף ולהיאבק בכניסת "מזהמים ביולוגים" ממקורות חיצוניים למפרץ, ובפרט לחסום כניסות ידועות הקשורות בגידולים ימיים.

IV. מקרה אחד של דג אשר מת ככל הנראה מחיידק שמקורו יבשתי, *Streptococcus parauberis* הנפוץ לרוב בבקר, מדליק נורה אדומה לגבי מקור פוטנציאלי נוסף לפגיעה במפרץ. בחוות גידול בספרד גרם חיידק זה לתמותת דגים נרחבת. יש למנוע חדירת חיידקים אלה למפרץ. החיידק מצוי בבקר הגדל בדרום הערבה ובבקר המובא באוניות לנמל אילת ומובל משם להסגר תחנה הסמוכה למפרץ, כעשרה ק"מ צפונה מהחוף, בערבה. הן אוניות הבקר והן מכלאות ההסגר עשויים להוות חממה להתפתחות חיידקים ומחלות ויש לדאוג כי תוצרי פסולת ממקורות אלה לא יגיעו למפרץ. האכיפה צריכה לכלול הן את ניקוז המכלאות וכניסה למפרץ מהערבה דרך תעלת הקינט, והן אוניות המשא.

א.5. תקציר באנגלית, English Abstract

The Israel National Monitoring Program at the Northern Gulf of Aqaba Funded by the Israel Ministry of Environmental Protection

Scientific report 2009

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2010)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Aqaba (NMP) in 2009. It is divided into chapters according to the habitats and methods covered by the monitoring program. Each chapter includes a short description of the methods used, a detailed description of the results including data and figures, and a discussion of the findings. A comprehensive description of the methods used is given in the NMP annual scientific report of 2003. Figures and figure captions are given in English.

This is the sixth year of routine monitoring operations by the NMP in which data is collected using similar methods by a regular dedicated team. The ability to review such consistently collected data provides increased analytical power and confidence in our findings. Thus we begin to seek patterns and trends over the past six years. A comparison of the present-day state of the reef with historical data can be found in the 2004 annual scientific report of the NMP.

This report is available through the web site of the Israel Ministry of Environmental Protection: www.sviva.gov.il and on the NMP web-site: www.iui-eilat.ac.il/NMP/.

A data base that includes the NMP data since 2004 is available for public download through the NMP website.

Key findings

The coral reefs of Eilat

1. Over the period in which data is collected by the NMP the reefs of Eilat seem stable, with some of the proxies showing a slight increase since 2004.
2. Most of the proxies used to evaluate the state of the coral reef were lower this year than the high values measured in 2007, but are still higher than those of the years 2004-2006.
3. We document a gradual increase in substrate utility by stony corals the IUI reef sites. At the NR sites too there is a net increase, and at the Katza sites there are yearly fluctuations that amount to an insignificant change. The shallow reef site at the nature reserve (NR) has the best coral cover while the best substrate utility is found at the deeper NR site (20m depth).
4. The year 2007 saw a rise in the Live Tissue Index, which is used as a proxy for

coral health. Since then values of the LTI have dropped and are now similar to the low values measured in 2006.

5. Reef sites at the IUI have the largest fraction of small colonies, but even excluding these sites there is a reverse correlation between the fraction of small colonies and substrate utility and coral cover per site.
6. Species diversity and community structure of corals at the monitoring sites has remained stable throughout the past 6 years of monitoring.
7. This was the third year of reef surveys at the reef table (reef flat) of the Nature Reserve Reef. Throughout this interval (2007-9) a gradual rise in coral cover and substrate utility has been documented. This may be due in part to recovery of the reef table following an extreme low tide that saw many table-corals exposed in March 2007 (see the NMP annual scientific report 2007). On the other hand, the year 2007 was particularly good (high proxy values) at all reef-front sites, and with the absence of data from the reef table prior to 2007 it is impossible to determine the long term trend at this site.
8. We document a small rise in colony density at the permanent photo-sites compared to the previous year. Although changes are small the density at the photo-sites is still lower in most cases than the 2007 values.
9. At most permanent photo-sites a net growth of stony corals was documented, but at most sites this was not accompanied by an increase in coral cover.
10. Changes in the coral cover include coral growth, colony death and recruitment of new colonies. At the NR and north beach sites there have been more colony deaths than new recruitment and at the rest of the sites the number of recruited colonies is larger than colonies that died. Despite the larger numbers of recruited colonies the live coral cover lost through colony death is larger than that gained by recruitment.
11. Size distribution of coral colonies at the photo-sites remains stable. Small colonies remain the largest size group (app. 60% of all stony coral colonies). The community structure remains stable as well.
12. At the NR lagoon the coral community seems stable. A small (not statistically significant) decline in coral density is measured. Species diversity on the other hand rose since 2007 and is similar to 2006 values. It seems that fluctuations in the abundance of *Stylophora*, by far the most abundant coral in the lagoon, drive the fluctuations observed at the lagoon as a whole.
13. The density of sea-urchins increased in the past two years, but this year saw a return to the low values of 2006. During the monitoring years 2004-5 and 2007-8 had high sea-urchin density while the years 2006 and 2009 a decline in the urchin density was documented. Available sporadic data from past studies at the IUI show that the population size of sea-urchins in the Gulf of Eilat is prone to strong fluctuations.
14. Sea-feather density continues to increase at the NR sites but a decrease was documented this year at the IUI.
15. The growth potential of benthic algae, as indicated by settlement over plates protected from the effects of grazing, was lower this year compared to the past two years – probably due to the shallow mixing of the water column.
16. The rate of benthic algae growth decreases rapidly with depth, with maximal

values found on plates in the lagoon and minimal values at a depth of 20m. At all depths grazing seems to efficiently regulate benthic algae growth, but during the winter months, when growth potential reaches its peak, the chlorophyll-a concentrations also rises somewhat on plates that are exposed to grazing.

17. The community structure of reef fishes begins to be apparent after three years of fish surveys by the monitoring program. The largest group is the zooplanktivores that comprise some 82% of the fishes counted this year. This group has an essential part in the reef function by concentrating foods from the lower trophic levels. Carnivorous fish comprise 9% of the fishes counted, and are responsible for checking the population of reef dwellers such as invertebrates and other fish. The third-largest group is the herbivorous fish (4% this year) that make reef surfaces available for settlement by curbing algae growth. Other groups have a significantly smaller representation in our reef-fish surveys.

Coastal water

18. The seasonal cycle of mixing of the upper water column is the dominant process dictating concentrations of chemical variables measured in the coastal waters of Eilat. Accordingly, the concentrations of most variables (nitrogen, phosphate, silicate) are higher in the surface waters during the winter. Mixing of the water column this year was exceptionally shallow, less than 300 meters, and accordingly - most variables had relatively low winter concentration.
19. Few abnormal values were measured in Eilat's coastal water this year, compared to the period 2004-7, and abnormal amplitudes were significantly lower as well.
20. Lethal bacterium pathogens that were common in pre-2007 years were not found in this year's survey of wild reef fish.
21. A pathogenic gram-positive bacterium, *Streptococcus parauberis*, was isolated in an adult specimen of broomtail wrasse *Cheilinus lunulatus* found freshly dead at the NR. *S. parauberis* has been reported in fish only once before, in turbot (*Scophthalmus maximus*) farmed in Spain where it caused severe mortalities. This is the first report of such a pathogen in a Red Sea fish. *S. parauberis* is commonly found in cattle raised in the southern Arava, as well as in cattle held at the Quarantine Enclosure near Kibbutz Eilat, where livestock imported from Australia are kept prior to transfer northwards in Israel. These cattle enclosures are located only several km from Eilat's coast. We suggest that closer attention also be focused on the manner and location that livestock ships dispose of dead animals, their bedding and their excrements.
22. This is the first time the NMP surveys metal concentrations in water and sediments of Eilat's marina. Copper is the only element whose concentration was found to be higher than the permitted value for sea water in the Mediterranean, according to the guidelines of the Ministry of Environmental Protection (MEP). There are currently no guidelines in effect for the Gulf of Eilat.
23. The survey for metal concentrations in Eilat's marina was initiated by MEP's

marine pollution control unit in Eilat, and was conducted by them in the years 2004 and 2006. This year's survey conducted by the NMP aimed at achieving higher analytical resolution and accuracy, and therefore targeted a smaller subset of key elements. Samples were sent for analyses at the analytical laboratory of the Institute of Earth Sciences at the Hebrew University. Indeed analytical resolution was higher than previous years, by orders of magnitude, and in most cases a comparison could not be made with previous results due to their low resolution and seeming inaccuracy. In general, values measured this year were lower than those obtained in 2004 and 2006, but this may be an analytical artifact.

The open water column

24. The seasonal mixing cycle dictates much of the observed variability in concentrations of nutrients, dissolved oxygen and the dynamics of phytoplankton population in the open waters. This year vertical mixing of the water column was exceptionally shallow, some 300 meters, in contrast to the past two years in which mixing reached the sea floor at the northern end of the gulf (some 700m deep).
25. This year's shallow mixing signals a quick return to the "normal" situation in which nutrient accumulate in deeper water. In this year's samples a concentration gradient is apparent at depths greater than 250 meters. It seems that in the years of deep mixing a larger portion of the nutrients was kept in particulate form and the dissolved inventories were particularly low, especially during 2007. This year saw a return of dissolved inventories similar to those of the years before deep mixing in 2007.
26. The concentration of most nutrients in the water column is still lower than it was in the years 2004-6. In deep water nutrient concentrations are rising since 2007 in which values were lowest, but are still significantly lower than all measurements measured in the decade prior to that.
27. It seems that the return to high nutrient concentrations in the deep water occurs at a lower rate than it did in the period 2000-6. Two years after the last deep mixing and deep-water (deeper than 500 meters) nutrient concentrations are still lower than pre-mixing values. During 2000-6 nutrient concentrations bounced back up following a mixing event within a single summer.
28. In 2007-8 *chlorophyll-a* concentrations were exceptionally high, and *chl-a* this year was lower. Nevertheless, and despite the shallow mixing *chl-a* peaks were higher this year than in the years 2000-6. We find a slight rising trend (regression analysis: $N=110$, $P<0.04$) in *chl-a* concentrations at the deep chlorophyll maximum.
29. Deep water temperatures stopped rising during 2007-8 in which deep mixing occurred, but are still higher than their 2000-6 values. At 600 meters depth temperature rose by $\sim 0.1^{\circ}\text{C}$, and at 700 meters by $\sim 0.25^{\circ}\text{C}$.
30. For the first time this year the NMP measured particulate organic carbon (POC) and primary productivity in the water column. These measurements are a big step forward towards gaining a better grip of the ecological state of the gulf and changes that may be happening to it.

31. Profiles of POC reveal two regions of elevated concentrations (sources): a) the upper water body where phytoplankton is abundant and particulates are formed, and b) close to the sea floor where it seems that particles are resuspended from the sediment.
32. Primary productivity values measured by the NMP this year are within the range of values reported from the past few years but are higher than values measured in “true” oligotrophic seas such as Hawaii and Bermuda. Our productivity values suggest that the Gulf of Eilat is a meso-oligotrophic ecosystem.

Continuous measurements

33. This year’s *chlorophyll-a* concentrations near the NR coral reef reached their peak earlier than predicted by multi-seasonal data accumulated since 1988. Three high-Chl events are particularly conspicuous: in January, February and July. In these months Chl-a concentrations are usually low, but this year short periods in which Chl-a was higher than 90% of the values measured in the past 20 years were observed.
34. In November and December sea surface temperature (SST) measured from the Observatory’s pier was higher than average and at times higher than all measurements from the past 20 years. This will probably impact the dynamics of water column mixing, and is likely to result in shallow mixing in 2010. Despite high winter temperatures, the maximum SST measured this year was lower than that of the past two years.
35. SST measured from the Observatory pier seems to be still rising from a long-term perspective, although maximal values this year were lower than those measured in 2005-8. It is likely that high winter temperatures dictate this long-term rise.
36. A strong southern storm on December 16 had noticeable impact on the shoreline, particularly reshaping the unprotected southern beaches. The storm, with wind gusts in excess of 20 meters per second also damaged corals and transported sediments along the sea floor to a depth of some 5 meters. This storm occurred after our 2009 reef surveys were completed and so its effects – if any – will only show in the 2010 reef census.
37. Continuous meteorological observations from the IUI pier show that the highest air temperature this year was lower than in the past two years, and that the lowest temperature this year was almost 3°C higher than the minimum temperature in 2007-8. At the beginning of the year (Jan-March) temperatures were higher compared to the past. This high winter temperature probably effected water cooling and forced a shallow mixing this year.
38. Towards the end of summer, in October, SST rose sharply from 25°C in mid October to more than 27°C by the beginning of November. There is a small rise in air temperature during this interval, but it seems that a greater factor are the winds: during this interval winds were weak and fluctuated between northerly and southerly.

ב. שונית האלמוגים

ב.1. סקר חברת השונית

מטרה

אמדת השיפוע, "מצב הבריאות" ומבנה החברה בשלוש השונות העיקריות לאורך חופי מדינת ישראל בצפון מפרץ אילת. סקר חברת השונית כולל אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. כמו כן בוצע סקר סוגי קרקעית הים (מצע) לצורך אמדת פוטנציאל ההתיישבות בכל אתר.

שיטות

חברת האלמוגים נדגמה בשלושה אתרים שונים, בעומקים שונים לפי הפירוט המופיע בטבלה ב1 ובתצלום האווירי (איור ב1). סקר חברת השונית נעשה אחת לשנה, בתקופת הקיץ.

אתר	סימול	קו רוחב	קו אורך	עומקים (מ')
המכון הבינאוניברסיטאי (מעבדה ימית)	IUI	34°55'.02	29°30'.07	5,10,15
השמורה הסגורה (גנים יפנים)	NR	34°55'.26	29°30'.33	1,5,10,20
קצא"א (בין המזחים)	KATZA	34°56'.04	29°31'.37	10, 20

טבלה ב1: אתרי הדיגום והעומקים בהם נערכו חתכי קו במהלך קיץ 2009.

Table B1: Locations and depths of the reef census survey sites.

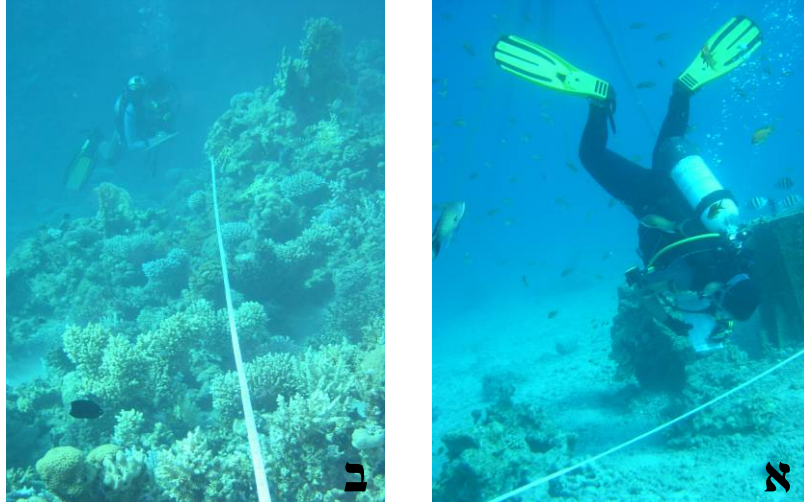
סקר חברת האלמוגים נעשה על פי שיטת חתכי הקו שפותחה על-ידי Loya et al. (1972). בכל אתר גיאוגרפי נפרש סרט מדידה מנקודת התחלה אקראית לאורך קו עומק כמפורט בטבלה ב1. לאורך סרט המדידה נבחרה מראש נקודת ההתחלה של החתך על-ידי מחולל מספרים אקראיים. מנקודה זו בוצעו חתכים באורך 10 מטרים לאורך סרט המדידה, כשביניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים באתר (שילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק) נע בין 8 ל-18, ונקבע לפי תוצאות הסקר עד לקבלת דיוק גבוה מ-25%. בכל מקטע של עשרה מטרים נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת סרט המדידה בדיוק של סנטימטר אחד (איור ב2). אלמוגים חיים (אלמוגי אבן ואלמוגים רכים) וחסרי חוליות אחרים זוהו לרמת הסוג, ובמידה והתאפשר אף לרמת המין (רשימת האלמוגים שנרשמו בכלל החתכים מופיעה בנספח 2, טבלה 1ז). בכל חתך נרשם גם סוג המצע תחת סרט המדידה (סלע חשוף, חול, חלוקים, אלמוגים מתים, וכו'). מושבות האלמוגים תחת סרט המדידה חולקו לאחת מארבע קבוצות גודל ואחוז החיות של כל מושבה הוערך ונרשם. ארבע קבוצות הגודל הן $5 < \text{ס"מ}$, $5-15 \text{ ס"מ}$, $15-30 \text{ ס"מ}$ ו- $30 < \text{ס"מ}$ (H, L, M, S).

עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז הרקמה החיה בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז החיות של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה, שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. לא כל השלד במושבות אלמוגים חיים מכוסה ברקמה. הרקמה היא הראשונה להיפגע מטריפה, ממחלות ומפגיעה מכאנית. במקרים רבים, בעיקר לאחר פגיעה מזערית, הרקמה הפגועה מחלימה. כאשר האלמוג מאבד חלק משמעותי מרקמתו, החלמת האזור הפגוע היא במקרים רבים חלקית או חסרה לחלוטין. לעיתים, בפרט כאשר האלמוג נמצא במצב עקה או כאשר הסיבה לפגיעה היא מחלה, הפגיעה הראשונית עלולה להתפשט לאזורים סמוכים במושבה. בתכנית הניטור אנו משתמשים באומדת שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מדד זה, להלן (Live Tissue Index, LTI) נאמד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז שטח המושבה המכוסה ברקמה חיה. מדד זה, אשר כונה בדו"חות קודמים (2004-2007) "מדד הבריאות" (Health Index, HI), מחושב עבור כל אתר כממוצע אחוז הרקמה החיה של כל המושבות החיות שנספרו באתר זה. בדיקה של אמינות ההערכה נעשתה באמצעות סימולציה ממוחשבת בשנת 2008. תוצאות הסימולציה הצביעו על דיוק גבוה של ההערכה ושל המדד המחושב ממנה (התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת דו"ח מדעי 2008, נספח 3ז).

איור ב1: תצלום אווירי של קטע החוף הצפון מערבי של המפרץ, דרומית לעיר אילת, עליו מצויינים האתרים בהם נסקרה חברת השונית, מהמעבדה הימית בדרום ועד לקצא"א בצפון. הקווים הצהובים מייצגים את אתרי הדיגום: (1) המעבדה הימית, (2) שמורת האלמוגים, (3) קצא"א. קו קנה המידה השחור המופיע בתחתית התמונה מייצג 100 מ'.

Figure B1: An aerial photo of the northwestern shore of the gulf, south of Eilat, showing the coral reef sampling sites. The yellow lines represent sampling sites at the IUI (1), the Nature Reserve (2) and the oil terminal (3). Black scale line is 100 m.





איור ב2: צוללות בעת דיגום חתך קווי במעבדה הימית (א) ובשמורת האלמוגים (ב). על הדף נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת החתך ברמת דיוק של סנטימטר אחד. צילומים: דנה ריף.

Figure B2: The divers during the sampling of line transects at the IUI (A) and the nature reserve (B). The divers recorded the projected length of all the organisms or substrate underneath the line-transect to a resolution of 1 cm. Photos: Dana Reef.

אתר דיגום מוגדר כשילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק. עבור כל אתר נמדדו אחוזי כיסוי האלמוגים החיים, כיסוי החול והסלע, מגוון האלמוגים ועושר המינים, מדד הרקמה החיה לבריאות האלמוגים באתר והתפלגות גודל המושבות.

מגוון מינים לפי מדד Shannon Wiener (משוואה ב1, כש- P_i הוא פרופורציית מספר המושבות של מין i (או סוג) מתוך סה"כ n המינים (או הסוגים) שנספרו) הוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005); <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> עבור כל אחד מהאתרים. התכנה צוברת את נתוני החתכים שנמדדו לקבלת עקומת רוויה: ככל שנוספות יחידות מדידה (חתכים) הערך המוערך מתקרב לערך האמיתי באתר עד למצב בו תוספת חתכים אינה משפיעה על הערך המוערך. בשלב זה המוערך קרוב לערך האמיתי.

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln(P_i) \quad \text{משוואה ב1:}$$

מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספים במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. יחד עם זאת, מגוון המינים בעבודות הקודמות לתכנית הניטור חושב עבור חתך בן עשרה מטרים בכל אתר, ולא עבור האתר כולו (דיון מקיף מובא בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2006).

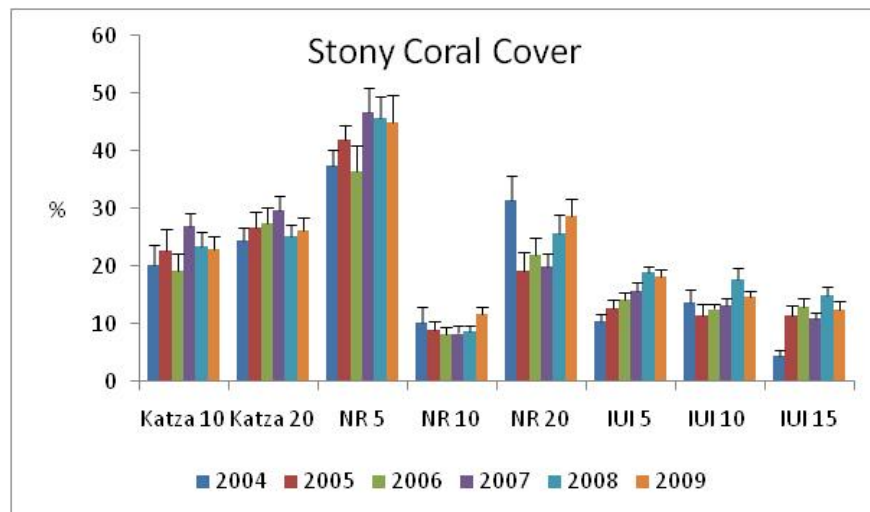
הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות התוכנות Systat v9 (SPSS inc, 1998) ו-SPSS 16.0 (<http://www.spss.com/statistics>). בחינת המובהקות הסטטיסטית נעשתה בעזרת מבחן ANOVA לאחר שהנתונים עברו טרנספורמציה לשמירה על אחידות השונות. הטרנספורמציה שהופעלה על הנתונים כללה נרמול של כל ערך שנמדד על ידי חלוקתו במוצע הרב שנתי באותו אתר. המובהקות הסטטיסטית המדווחת היא על סמך המבחן עם מסד הנתונים המנורמל. קווי שגיאה מייצגים את שגיאת התקן, אלא עם מצוין אחרת.

תוצאות:

זו השנה השלישית בה נסקר שולחן השונית בשמורת חוף אלמוג, ההחלטה להוסיף אתר זה לסקר נבעה הן מחשיבותו של שולחן השונית, הן מנתונים קודמים לפיהם שולחן השונית נפגע ומצוי במצב של הידרדרות בעשורים האחרונים (ראו למשל Loya, 2004), והן בזכות הקמתה של תחנה מטאורולוגית על ידי תכנית הניטור המאפשרת לעקוב (בין היתר) אחר אירועים אקלימיים קיצוניים להם חשוף שולחן השונית יותר מאתרי קידמת השונית. יחד עם זאת בשל ההבדלים הניכרים בין שולחן השונית וקדמת השונית (ראו דו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2007) הוקדש לשולחן השונית תת-פרק נפרד בדו"ח זה.

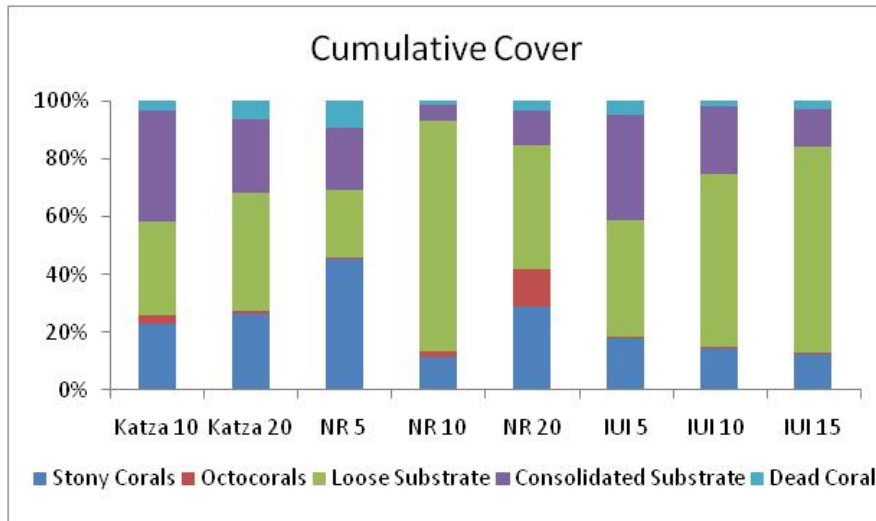
כיסוי אלמוגים

אחוז כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR) 44.9%, ערך דומה לערכים שנמדדו בשנים 2007-2008, וגבוה מהערכים אשר נמדדו בשנים 2004-6. הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), 11.7%, גבוה מעט מערכי השנים הקודמות (8.3-9%). ברוב האתרים ההבדלים בין השנים קטנים ומצויים בטווח השגיאה של ההערכות. שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשוניות הטבעית הגדולה בשוניות, ובפרט באתרים בהם מצע חולי הוא מרכיב חשוב הגורם למופע כתמי של השונית, דוגמת אתר השמורה בעומק 10 מ' (איור ב4). ההבדלים בין האתרים, לעומת זאת, משקפים בעיקר את אופיים השונה של בתי הגידול. בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים (מקדם שונות (CV) = 49%) בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (טבלה ב2), ומכאן שלא ניתן לקבוע "ערך מייצג" לכיסוי האלמוגים לאורך חופי המפרץ בשטח ישראל. מקדם השונות של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (שילוב של מיקום ועומק) נע בין 23% (10-Katza) ל-43% (15-IUI). מקדם שונות גבוה מצביע על כתמיות חזקה של מיפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.



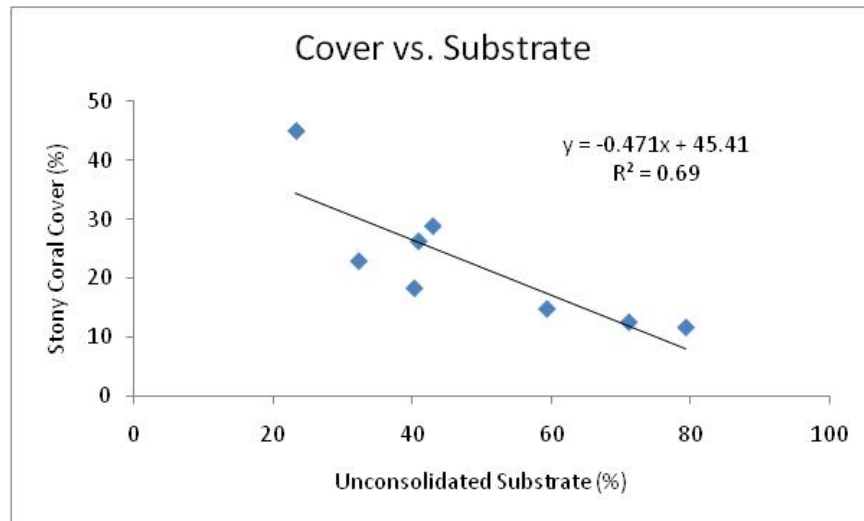
איור ב3: שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגים חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחוזים מכלל השטח.
Figure B3: Average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area).

הבדלים גדולים בין האתרים הנסקרים ניכרים בהתפלגות סוג המצע עליו עשויים אלמוגים להתיישב (איור ב4). אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים באתר נמצא בהתאמה הפוכה לכמות המצע ה"לא מלוכד" (non-consolidated), הכולל חול וחלוקים, באותו אתר (איור ב5). נראה שאת רוב ההבדל באחוז הכיסוי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות הבדלים באחוז המצע הלא מלוכד, אשר אינו מתאים להתיישבות אלמוגים (המתאם השנה עומד על $R^2=0.690$, מעט נמוך מהשנה הקודמת בה היה המתאם $R^2=0.840$).



איור ב4: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. באתרים בהם אחוזי הכיסוי אינם מסתכמים ב-100%, קיים כיסוי של חסרי חוליות כגון שושנות ים, צדפות ענק ו/או ספוגים אשר לא מופיעים באיור זה. אחוזי הכיסוי הם ממוצע כל החתכים באותו אתר.

Figure B4: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. In sites where cover does not add up to 100% the balance comprises invertebrates such as sea anemones, clams or sponges. The presented percent cover is an average on all transects at each site.

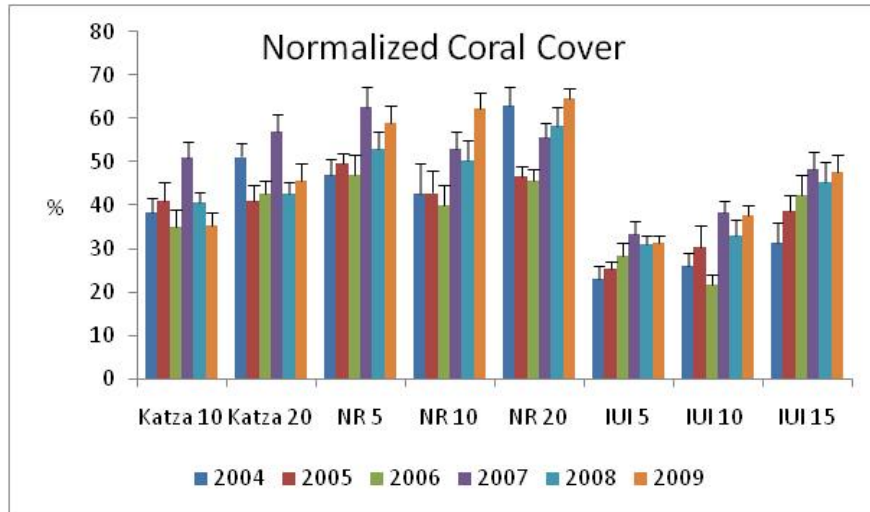


איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים כנגד אחוז הקרקע החולית באתרי הניטור.

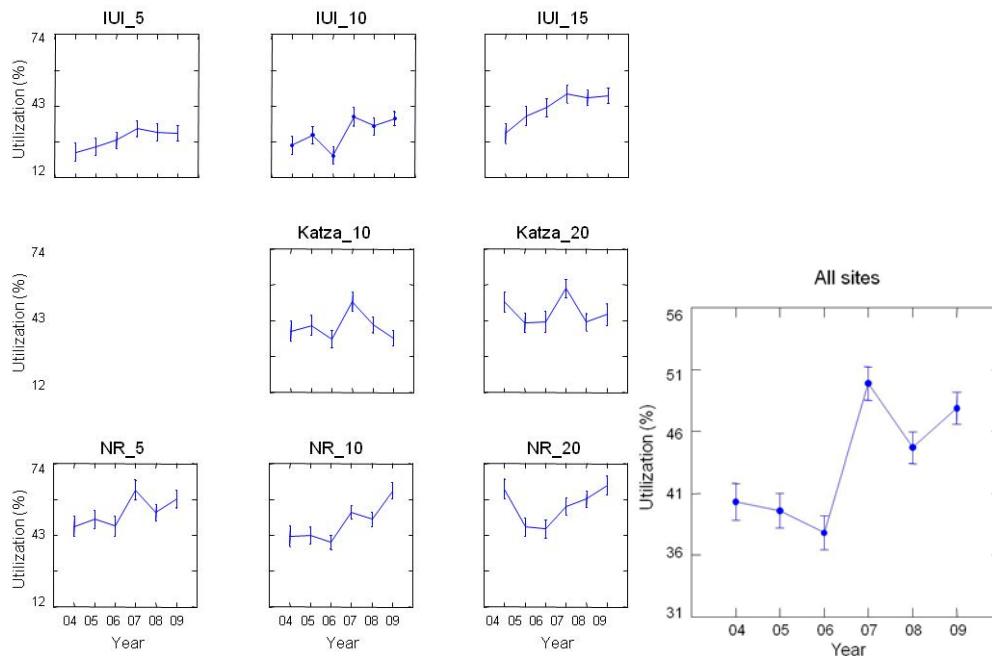
Figure B5: Percent live stony coral coverage versus unconsolidated (sandy) sea floor in the sites examined.

על מנת לנסות ולעמוד אחר הבדלים נוספים בין האתרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים, יש לנרמל את אחוז הכיסוי לאחוז הקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים (איור ב6). ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיהס בין אחוז הכיסוי החי וסכום האחוזים של הקרקע המלוכדת והכיסוי החי, בהנחה שהמצע המתאים להתיישבות אלמוגים הוא קרקע מלוכדת ושכל האלמוגים יושבים על מצע כזה. אתרי IUI, ובפרט האתרים הרדודים יותר, היו בשנים האחרונות האתרים בהם אחוז הניצול של המצע המלוכד נמוך ביותר (איור ב6 למעלה). נראה כי באתרים אלה תנאים קשים לאלמוגים בהשוואה לשאר

האתרים, ואלמוגים מצליחים לכסות אך חלק קטן מהמצע הקשה הזמין להתיישבות באתרים אלה. יחד עם זאת ניכרת באתרי ה-IUI התאוששות הדרגתית (אם גם לא מובהקת) מאז 2004. בין השנים 2006 ו-2007, נרשמה עליה מובהקת בניצול המצע הזמין להתיישבות אלמוגים בכל האתרים. בשנת 2008 נראתה ברוב האתרים ירידת מה בניצול המצע יחסית ל-2007, אך למרות זאת בשנים האחרונות, 2007-2009, ניצול המצע הזמין לגידול אלמוגים באתרי אילת גבוה באופן מובהק מזה אשר תועד בשלוש שנות הניטור הראשונות, 2004-2006 (איור ב 6 למטה). בחברת השונית קיימות תנודות משנה לשנה ואין די בשנה בודדת להעיד על מגמות ארוכות טווח, על אף זאת נראה כי בחלק מהאתרים העלייה מתמשכת על פני מספר שנים. עם הצטברות הנתונים בשש השנים האחרונות נראה כי מצב רוב אתרי השונית יציב, או אף משתפר באופן מתון. באתרי קצא"א נראתה חוסר יציבות גדולה והם היחידים בהם המצב השנה לא היה טוב משהיה בתחילת עבודתה של התכנית.



Substrate Utilization by Corals

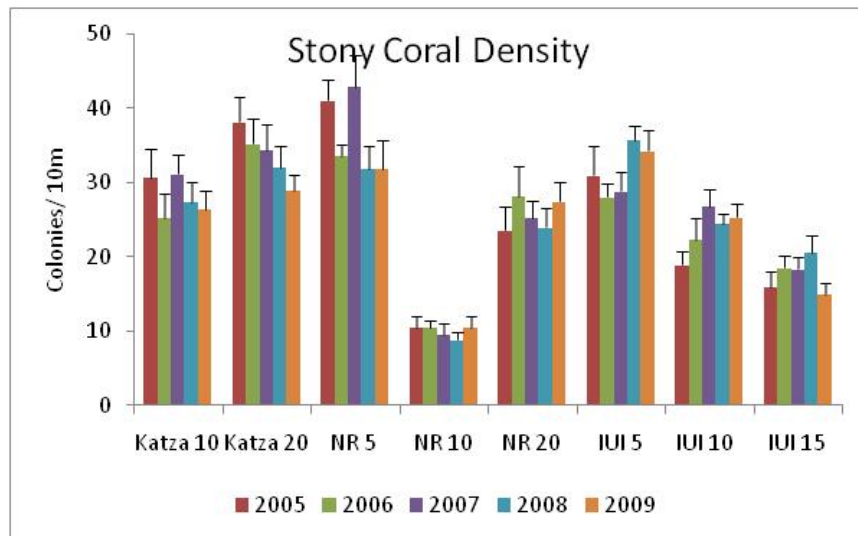


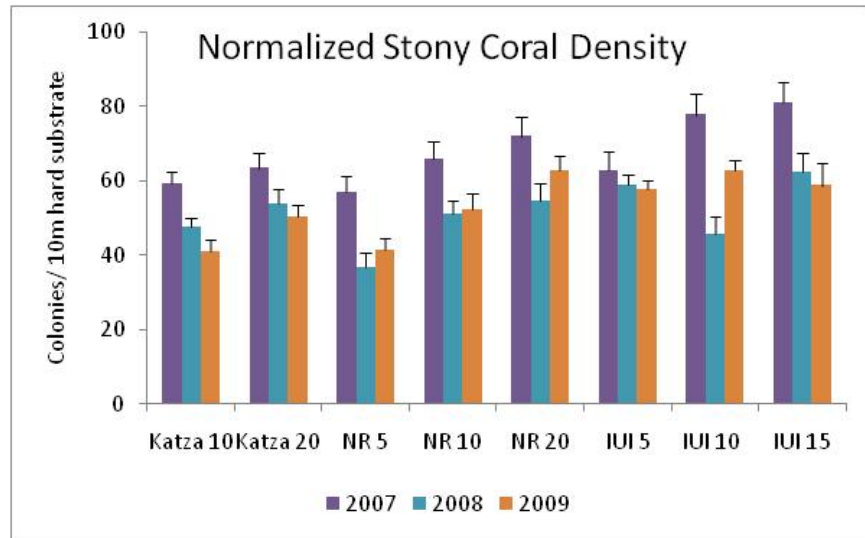
איור 6: ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים. למעלה - אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה -

תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית של שינויים בניצול המצע על ידי אלמוגים בשנים 2004-2009. ההבדל בין השנים עבור "כל האתרים" מובהק.

Figure B6: Utilization of available substrate by stony corals. Top- Percent of live stony coral coverage out of the total consolidated substrate at each site. These numbers indicate how much of the potentially viable substrate is actually covered by live corals. Bottom- ANOVA result (least square means) for substrate utilization by corals in the years 2004-2009. Annual values for "All Sites" differ significantly.

בין האתרים נמצאו גם הבדלים גדולים בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה השנה באתר 5-IUI (איור 7). באתר קצא"א 20 ישנה ירידה מתמשכת (מטרים), והקטנה ביותר, גם השנה, ב-NR-10 (10.5), (איור 7). באתר קצא"א 20 ישנה ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות מאז תחילת הניטור, אך ברוב האתרים לא נצפה שינוי גדול בצפיפות מושבות האלמוגים בשנים האחרונות. שינויים בצפיפות מושבות משנה לשנה נובעים מהיחס שבין תמותת אלמוגים והתיישבות אלמוגים חדשים. על כן ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות מעידה על עודף תמותה על פני התיישבות. כיוון שהתמותה פוגעת באלמוגים מכל מני גדלים ואילו התיישבות היא על ידי אלמוגים קטנים בלבד נצפה שירידה בצפיפות, או אפילו שוויון, ילווה בירידה בכיסוי האלמוגים – אלא אם תמותה פוגעת בעיקר באלמוגים קטנים. על מנת להקטין את שגיאות המדגם הנובעות מכתמיות השונית באתרים השונים כדאי להתבונן בצפיפות המושבות מנורמלת לאחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות (איור 7 למטה). כך נראה כי באתרי קצא"א והמעבדה (בעומקים 5 ו-15 מטרים) ישנה ירידה בצפיפות המושבות בשלוש השנים האחרונות. באתרי קצא"א (בפרט בעומק 10 מטרים) ירידה זו אכן מלווה בירידת מה בכיסוי האלמוגים (מנורמל), אך באתרי המעבדה הכיסוי יציב בשנים האחרונות, עובדה העשויה להצביע על תמותת אלמוגים קטנים אשר מפוצה על ידי צמיחת אלמוגים לשמירה על אחוז כיסוי קבוע.



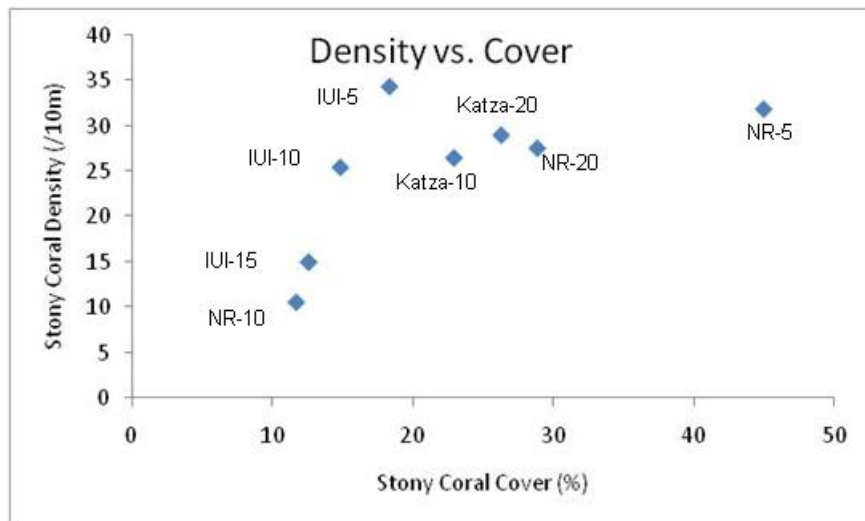


איור 7: למעלה - מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר. למטה - מנורמל למצע קשה הזמין להתיישבות אלמוגים.

Figure B7: Top - The average number of coral colonies per ten meters line at each site. Bottom - normalized according to hard substrate, available for coral settlement.

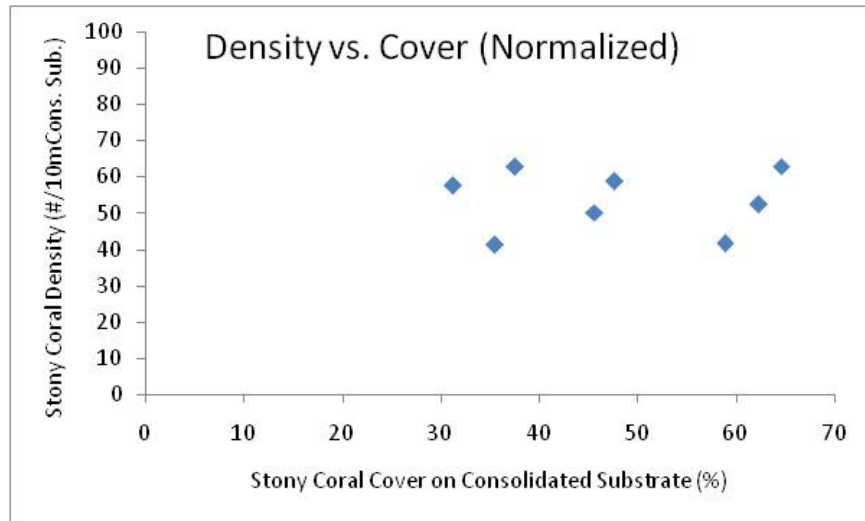
ההתאמה בין צפיפות המושבות (מספר מושבות בחתך ממוצע) ובין אחוז כיסוי האלמוגים אינה טובה (איור 8). עבור אתרים בהם צפיפות המושבות גבוהה (25-35 מושבות בחתך בן 10 מטרים) אחוזי הכיסוי נעים בטווח 15-45%. עבור אתרים בהם אחוז הכיסוי בטווח 10-20%, צפיפות המושבות נעה בטווח 10-35%. יחסים אלה בין כיסוי ובין צפיפות מושבות מצביעים על כך שכיסוי גבוה אינו נובע מצפיפות מושבות גבוהה.

את היחס בין כיסוי ובין צפיפות ראוי לבחון בעזרת נרמול הנתונים לפי אחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות, כפי שנעשה למעלה. כאן ניתן לראות בבירור כי עליה בצפיפות המושבות על גבי מצע קשה (משרעת של כ-20% בין האתרים) אינה משפיעה באופן בולט על הכיסוי המנורמל אשר נע בין 31% באתר 5-IUI ובין 64% באתר 20-NR (איור 9).



איור 8: צפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים באתרי הדיגום.

Figure B8: The average density of coral colonies versus the percent coral cover per site.



איור ב9: צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים, מנורמלים לפי המצע הקשה באתרי הדיגום.
Figure B9: The density of coral colonies versus coral cover, normalized by the consolidated substrate available for settlement at each site.

Site	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
N	15	8	11	14	10	15	18	15
Total transect length (cm)	15013	8015	11000	14000	10000	15000	18000	14900
Stony coral	22.9	26.2	44.9	11.7	28.8	18.3	14.8	12.5
stdev	8.6	6.1	16.1	4.4	8.9	4.7	3.9	5.4
SE	2.2	2.2	4.9	1.2	2.8	1.2	0.9	1.4
CV	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4
Octocoral	2.9	0.9	0.8	1.9	12.6	0.1	0.2	0.3
stdev	2.6	0.8	2.0	1.6	6.0	0.2	0.3	0.5
SE	0.7	0.3	0.6	0.4	1.9	0.1	0.1	0.1
CV	0.9	0.9	2.7	0.9	0.5	3.2	1.5	1.6
GRV+Sand	32.2	40.8	23.2	79.3	42.9	40.2	59.3	71.1
stdev	15.7	6.4	22.0	6.9	11.5	13.5	8.1	12.8
SE	4.1	2.3	6.6	1.8	3.6	3.5	1.9	3.3
CV	0.5	0.2	1.0	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2
Rock	37.9	24.9	21.2	5.5	11.6	36.4	23.6	12.9
stdev	9.7	7.7	11.7	3.8	2.7	11.8	7.9	10.6
SE	2.5	2.7	3.5	1.0	0.9	3.1	1.9	2.7
CV	0.3	0.3	0.6	0.7	0.2	0.3	0.3	0.8
Dead Coral	3.4	6.6	9.5	1.6	3.5	4.9	2.0	2.8
stdev	3.3	3.1	6.5	1.3	1.6	3.2	2.6	1.9
SE	0.8	1.1	2.0	0.3	0.5	0.8	0.6	0.5
CV	1.0	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7	1.3	0.7
Live/available	35.5	45.6	58.8	62.3	64.6	31.2	37.5	47.6
stdev	10.6	11.0	13.7	14.0	7.8	6.3	10.6	15.3
SE	2.7	3.9	4.1	3.7	2.5	1.6	2.5	4.0
CV	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3
average# of colonies/10m	26.4	29.0	31.8	10.5	27.5	34.3	25.4	14.9
stdev	9.7	6.1	13.2	5.7	8.0	10.5	7.2	5.7
SE	2.5	2.1	4.0	1.5	2.5	2.7	1.7	1.5
CV	0.4	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4
Colonies/10m hard substrate	41.1	50.2	41.6	52.4	63.0	57.6	62.7	58.7
Stdev	11.5	9.5	9.8	15.8	11.7	10.4	11.3	22.7
SE	3.0	3.4	3.0	4.2	3.7	2.7	2.7	5.9
CV	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4

טבלה ב2: סיכום נתוני הכיסוי שנאספו בחתכי הקווים באתרי השוניית לאורך חופי המפרץ בשטח הניטור. הנתונים מוצגים כאחוזים הממוצעים שנמדדו בכל החתכים של אותו אתר (שילוב של מיקום ועומק) עם סטיית התקן, שגיאת התקן ומקדם השונות.

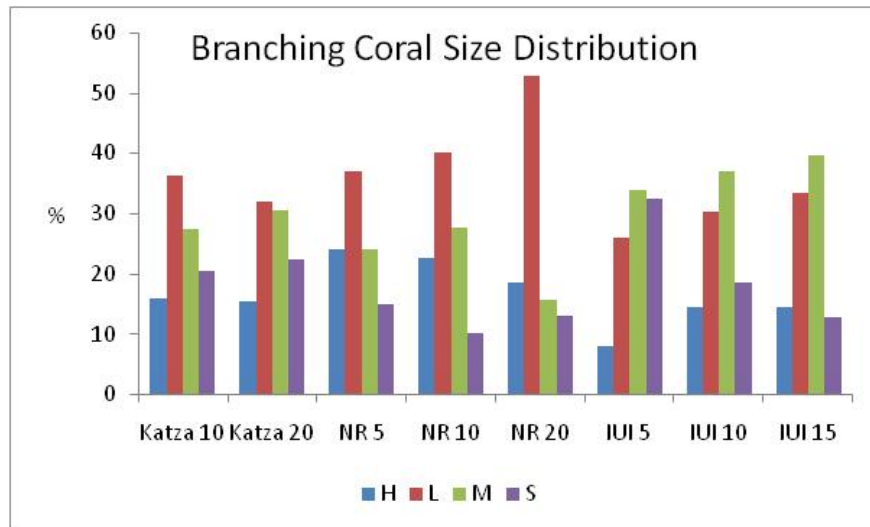
Table B2: Summary of cover data collected in line transects at the monitoring sites. Data is given as average percent cover measured in all transects at each site (combination of location and depth) with associated standard deviation, standard error and variance coefficient.

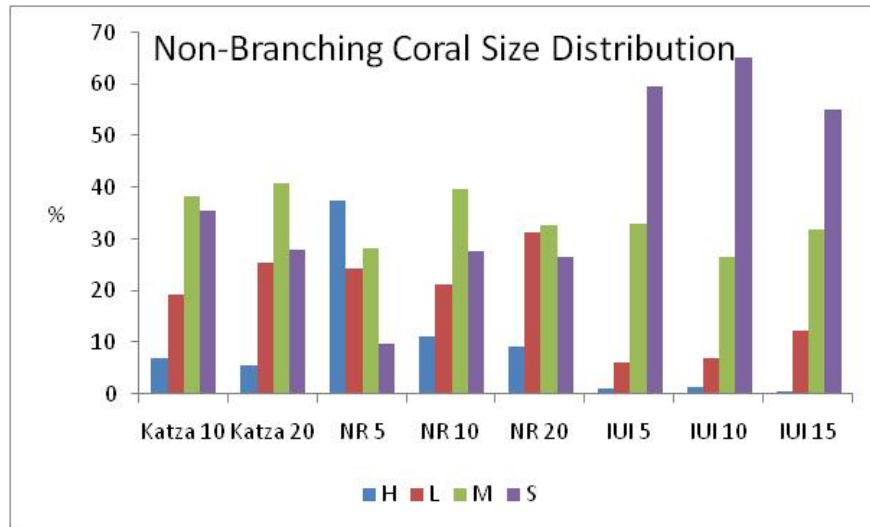
גודל מושבות אלמוגים

מושבות אלמוגים תחת סרט המדידה משויכות לאחת מקבוצות הגודל קטן 5"מ; בינוני 15"מ; גדול 30"מ; ענק 30"מ על פי הערכת הסוקר. בחלוקה זו לקבוצות גודל ישנם טווחי גודל שונים כאשר הקבוצה "ענק" מכילה כל מושבה גדולה מ-30 ס"מ. לכאורה, על מנת להציג התפלגות גדלי מושבות אלמוגים, צריך לפרק קבוצה זו לתת-קבוצות רבות אשר יגלמו טווחי גודל של 5-10 ס"מ בדומה לקבוצות האחרות. אולם למעשה מספר המושבות בקבוצת גודל זו קטן כל כך בהשוואה לקבוצות הגודל האחרות שלא ניתן יהיה במרבית האתרים להציגן על אותם צירים. יותר מזה, עניין מרכזי הוא אחוז המושבות הקטנות מכלל מושבות האלמוגים, ולצורך כך אין חשיבות לתת-החלוקה של קבוצות הגודל הגדולות יותר. בנוסף לכך השימוש בשיטת חתכי קו ליצירת התפלגות גודל מושבות סובלת מהטייה הנובעת מכך שלמושבות קטנות סיכוי קטן יותר להיכלל בסקר (Zvuloni et al. 2008). במילים אחרות: חלקן היחסי של מושבות קטנות בסקר זה הוא קטן מחלקן היחסי באוכלוסיה. בבחינה שנעשתה בשנה שעברה עולה כי חלקן האמיתי של מושבות האלמוגים הקטנות מתוך כלל המושבות גדול פי 2 ויותר מהחלק המוצג להלן מתוך נתוני חתכי הקו בשונית (התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, דו"ח מדעי 2008). יש לזכור כי כמות המושבות המעונפות קטנה בערך פי 4 מכמות המושבות הלא-מעונפות, ובנוסף לכך קשה מאד לזהות מושבות כמעונפות כאשר הגודל קטן מאד. עובדה נוספת שיש לזכור היא כי קצב גדילתם של אלמוגים מעונפים גדול מקצב הגדילה של אלמוגים לא-מעונפים ועל כן בכל אלמוגים מעונפים בקבוצת הגודל "בינוני" עשויים להיות בני גילם של אלמוגים לא-מעונפים קטנים.

באתרי קצא"א והשמורה קבוצת הגודל הנפוצה ביותר בין האלמוגים המעונפים היא "גדול", ואילו באתרי המעבדה הגודל הנפוץ הוא "בינוני" (איור ב11 למעלה). בשנה הקודמת היה הגודל "בינוני" נפוץ ברוב האתרים הנסקרים. אתר השמורה הרדוד הוא האתר בו נמצא חלקן של המושבות המעונפות הקטנות הגדול ביותר, כ-32%.

מושבות אלמוגים לא-מעונפים מגודל "קטן" הן הנפוצות ביותר (בהפרש רב) בכל אתרי IUI (איור ב11 למטה). באתרי קצא"א והשמורה הגודל הנפוץ של אלמוגים אלה הוא "בינוני", לבד מאתר השמורה בעומק 5 מטרים שם הגודל הנפוץ הוא "ענק". חריגה זו נובעת ממצאותם של אלמוגי ענק מסוג *Lobophyllia* באתר זה, אשר עשויים לתפוס את רוב אורכו של חתך בן 10 מטרים. כפי שזכר למעלה, כמות המושבות הלא-מעונפות בכל האתרים גדולה בהרבה מכמות המעונפים ועל כן למפזר המושבות הלא-מעונפות משקל רב בעיצוב אופי האתר.

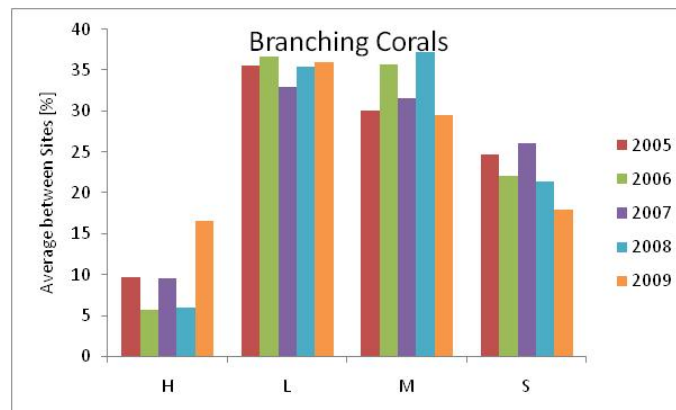


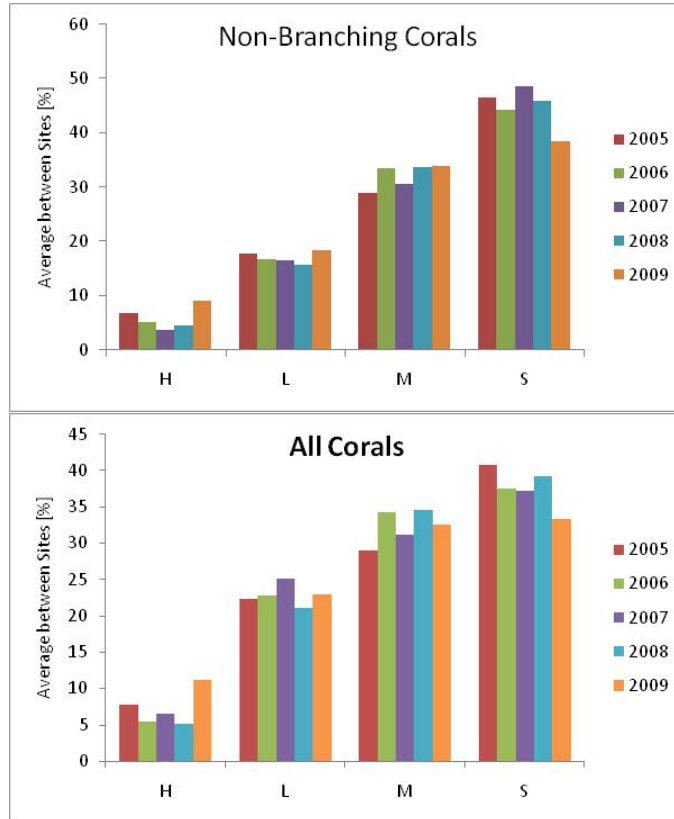


איור ב11: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: 5>Small; 5 ס"מ <Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ <Large < 30 ס"מ; 30 ס"מ <Huge; 30 ס"מ. הערכים הם אחוזים מסך המושבות מאותה קבוצה באתר. למעלה – אלמוגים מעונפים, למטה – אלמוגים לא-מעונפים.

Figure B11: Size frequency distribution of coral colonies in the surveyed sites. Size classes are: Small < 5 cm; 5 cm < Medium < 15 cm; 15 cm < Large < 30 cm; Huge > 30 cm. Values are percent of the total colonies of each coral type at each site. Top – branching corals, Bottom – non-branching corals.

השנה נסקרו יותר מושבות מעונפות "ענקיות" וחלקן של המושבות המעונפות ה"בינוניות" ירד בהשוואה לשנה הקודמת (איור ב12 למעלה). בשנים האחרונות יורד חלקן של המושבות הקטנות מסך כל מושבות האלמוגים המעונפים הנסקרים בכל האתרים. גם בין האלמוגים הלא-מעונפים חלקן של המושבות ה"קטנות" קטן יותר השנה, וחלקן של המושבות ה"גדולות" וה"ענקיות" עלה מעט (איור ב12 במרכז).
 בכל האתרים נמדדה השנה ירידה בחלקן של המושבות הקטנות מכל הסוגים בהשוואה לשנים הקודמות (איור ב12 למטה), וחלקן של המושבות ה"ענקיות" עלה. מושבות גדולות מראות חלק יציב מאוכלוסיית המושבות בשנים האחרונות (עלייה בהשוואה לבנה הקודמת) ואילו חלקן של המושבות הבינוניות נמצא בעליה מאז 2005 אם כי ירד מהשנה הקודמת.





איור ב12: שינויים בהתפלגות הממוצעת של קבוצות הגודל בכל האתרים בין השנים 2005 ו-2009. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small < 5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large < 30 ס"מ. למעלה – אלמוגים מעונפים, במרכז – אלמוגים לא-מעונפים, למטה – אלמוגים משתי הקבוצות.

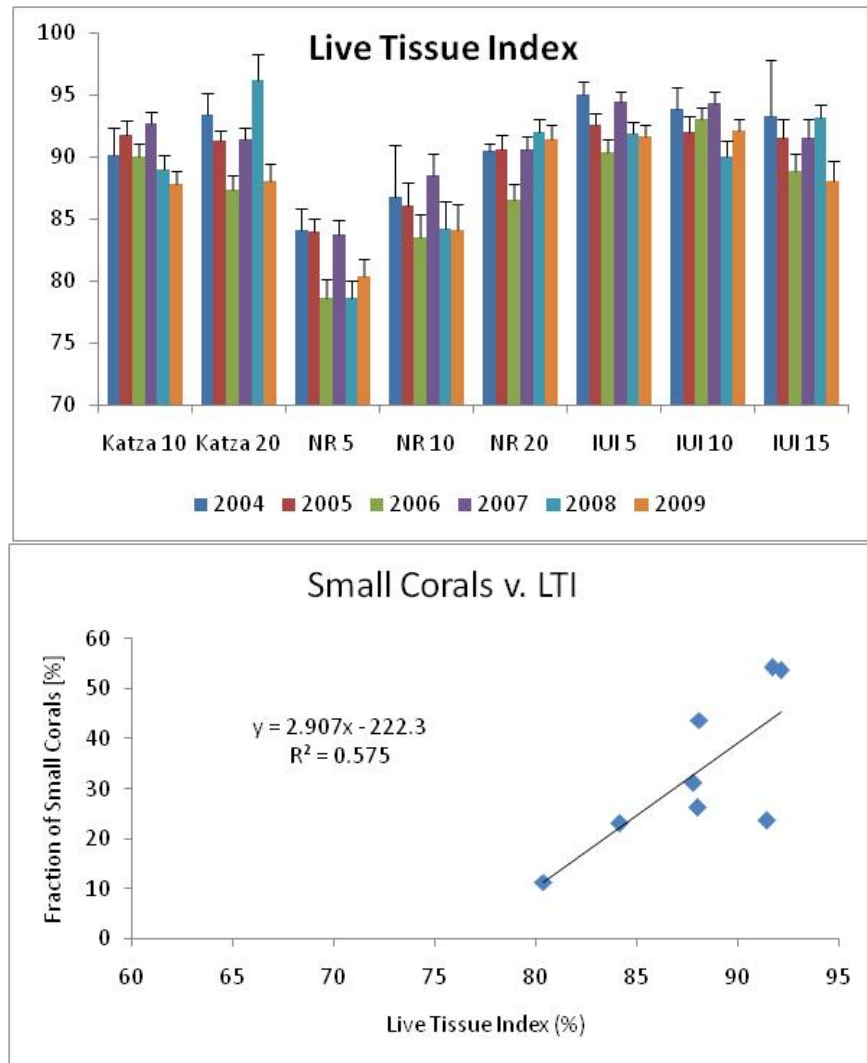
Figure B12: Changes in the average size frequency distribution of coral colonies between 2005 and 2009. Size groups are: Small < 5 cm; 5 cm < Medium < 15 cm; 15 cm < Large < 30 cm; Huge > 30 cm. Top - branching corals, center - non-branching corals, bottom - all stony corals.

בריאות אלמוגים

בתכנית הניטור נעשה שימוש באומדן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מדד זה, להלן Live Tissue Index (LTI) נמדד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז השטח של שלד המושבה המכוסה ברקמה חיה. למרות שאומדן אחוז הרקמה החי במושבה הוא איכותי, כמות המושבות המשתתפות בסקר (אלפים), העובדה ששגיאת ההערכה עשויה להיות לשני הכיוונים, והמשמעות הקטנה של שגיאת הערכה בסדר של 10% לגבי מוצע כל המושבות, מבטיחה מדד אמין. על מנת לוודא כי האומדן הוויזואלי על ידי כל דוגם אכן מדויק בטווח של 10%, וכי אין הטיה מגמתית בהערכה נעשה בשנה הקודמת ניסוי מבוקר להערכת דיוק השיטה. תוצאות הניסוי (התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, דו"ח מדעי 2008, נספח 3) מצביעות על דיוק גדול בהרבה מהצפוי.

האתר בו מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים נמוך ביותר היה גם השנה 5-NR (80.4%, גבוה מעט מאשר בשנה הקודמת). באתר זה המדד הרקמה החיה נמוך במיוחד עקב ריבוי המושבות הגדולות והענקיות בו, מושבות שכל הנראה גילן רב יותר וסיכוייהן להיפגע או לחלות גבוהים יותר. השנה נמצא המדד הגבוה ביותר באתר 10-IUI (92.1%) ובאתרים 5-IUI ו-20-NR (איור ב13). ברוב השנים נמדד הערך הגבוה ביותר באתרי IUI, ובפרט באתר 5-IUI, שם רוב המושבות קטנות והסיכויים למצוא בהן

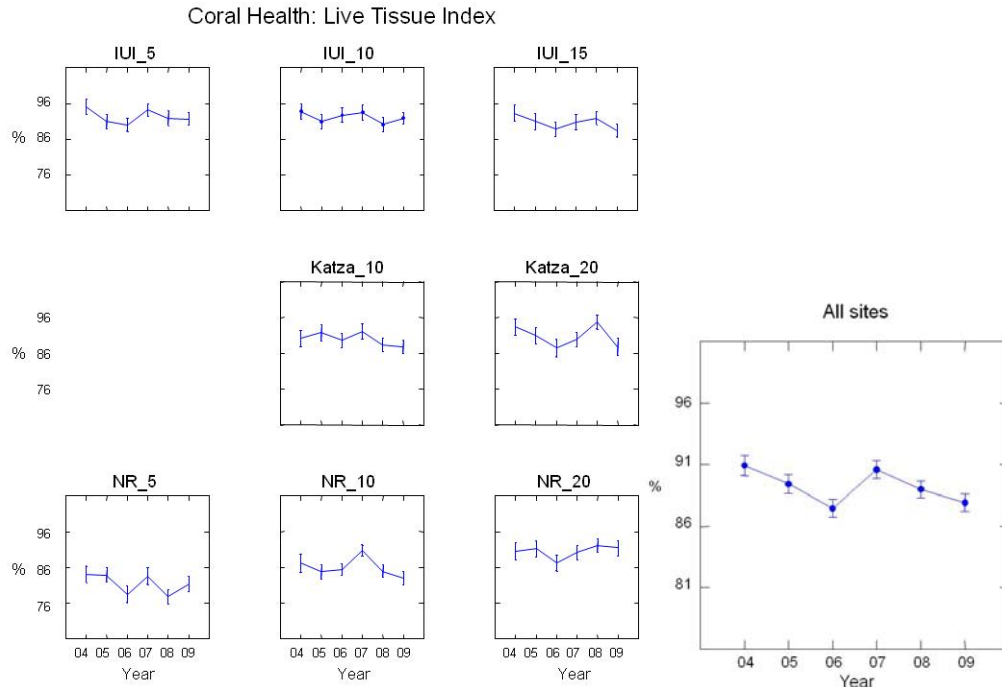
תמותה חלקית (עליה מבוסס המדד) קלושים. הקשר בין גודל המושבות ומדד הרקמה החיה ברור למדי (איור 13 למטה) ועל כן יעילות המדד היא במעקב בריאות האלמוגים במשך הזמן, ופחות להשוואה בין אתרים. על אף זאת, נמצא כי באתר 20-NR אחוז הרקמה החיה גבוה מהמצופה על פי אחוז האלמוגים הקטנים בו. ערך המדד שם דומה לזה שבאתרים 5-IUI ו-10 על אף שבהם אחוז האלמוגים הקטנים גבוה במידה רבה.



איור 13: מדד אחוז הרקמה החיה של אלמוגים באתרים השונים. המדד מוגדר כממוצע באתר של אחוז השטח החי/בריא מסך השטח של כל מושבת אלמוגים חיה.

Figure B13: The Live Tissue Index (LTI) for corals in the surveyed sites. The LTI is the site average of the percent area of live/healthy coral tissue for each living colony.

במבט כללי על סך האלמוגים בשוניות אילת נצפו בשש השנים האחרונות שני "מחזורים" של שינוי באחוז הרקמה החיה באלמוגים. בשנים 2004-6 נצפתה ירידה מתמשכת במדד הרקמה החיה, ואילו ב-2007 נמדדו ערכים גבוהים באופן משמעותי. השנים הבאות 2008-09 שוב הראו ירידה באחוז הרקמה החיה, לערך ממוצע דומה לזה של 2006 (איור 14). עקב הירידה המחודשת בערך מדד הרקמה החיה באלמוגים, ההבדלים בין השנים באחוז החיות של אלמוגים אינם מובהקים.



איור ב14: השינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2009.

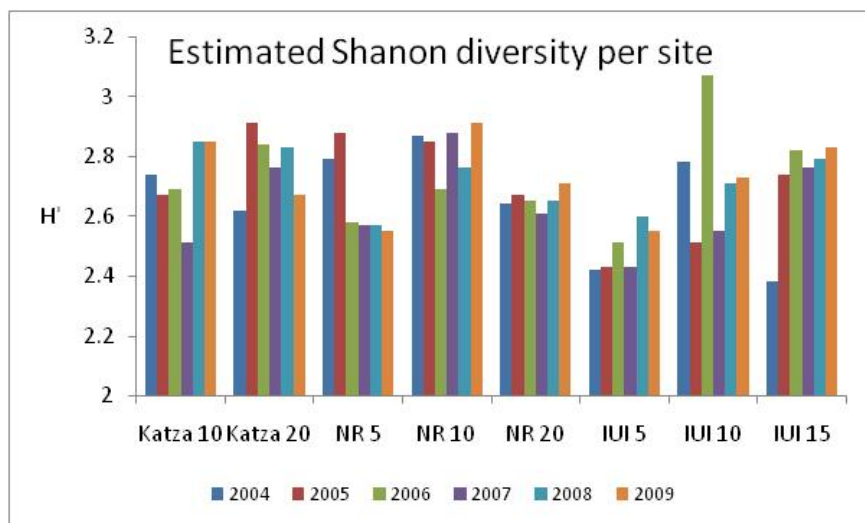
Figure B14: Changes in the state of coral colonies over time according to the average percentage of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2009.

מגוון מינים

מגוון המינים מוערך לפי מדד Shannon-Wiener (H') על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005). בתכנה זו מחושב מגוון המינים לאתר על ידי צבירת נתוני כל חתך עד לקבלת הערכה הנסמכת על מספר החתכים המקסימלי שנעשה, תוך התחשבות במינים נדירים (ראו דיון מפורט בדרכים להערכת מגוון המינים בדו"ח הניטור 2006). התוצאות (איור ב15) ניתנות כהערכת מגוון המינים עבור כל אתר בשלמותו בהסתמך על נתוני חתכי הקו וחישובי EstimateS.

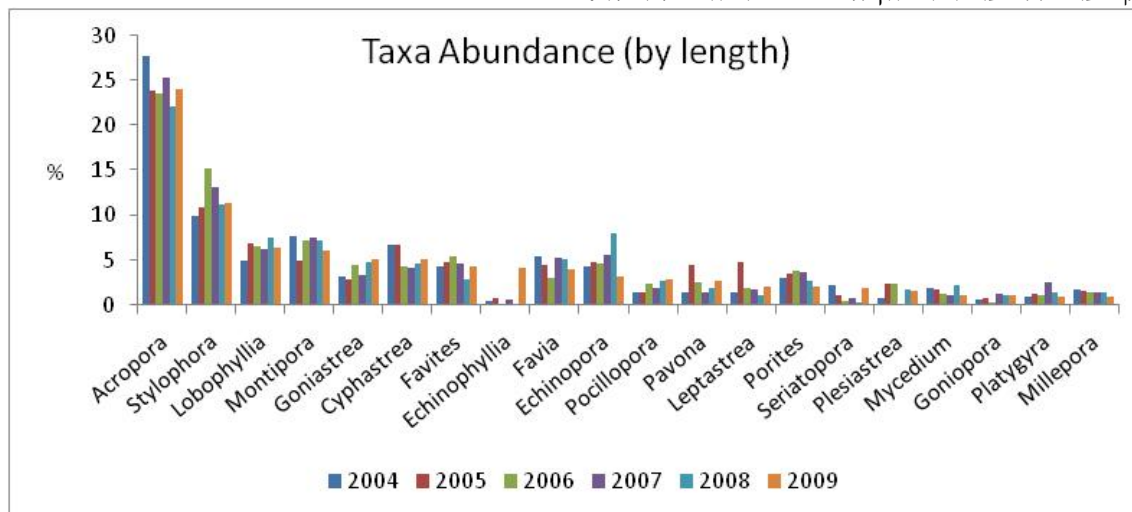
המגוון הנמוך ביותר בשנה נמצא באתרים 5-IUI ו-5-NR (בשניהם נמדד מדד שאנון של 2.55, מעט נמוך יותר מהמדד הנמוך בשנה הקודמת, 2.57) והמגוון הגבוה ביותר, 2.91, חושב עבור 10-NR (מעט גבוה יותר מהמדד הגבוה בשנה הקודמת, 2.85). השינויים בין השנים במגוון המינים המוערך על פי מדד Shannon-Wiener אינם מצביעים על קיומה של מגמה כלשהי.

חישוב המדד למגוון עבור כלל שוניות אילת נתן ערך של 3.04. בחישוב עבור כיסוי האלמוגים (להבדיל ממספר המושבות) התקבל ערך נמוך יותר למדד המגוון של Shannon-Wiener, 2.88. תוצאה זו עשויה להצביע על משקל גדול של אלמוגים בעלי שטח גדול המצויים במספרים יחסית נמוכים, מכיוון שמדד Shannon-Wiener מושפע מאד ממידת האחידות (evenness) של אלמוגים מסוגים שונים.



איור ב15: מגוון המינים והסוגים הממוצע של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shannon-Wiener, כפי שהוערכו עבור כל אתר על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>).
Figure B15: The Shannon-Wiener diversity index of coral genera and species in the surveyed sites estimated using EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>).

עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב16 (למעלה) לפי סדר אחר הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2009. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (כ-24% השנה, לעומת 22% בשנת 2008), חברת האלמוגים באילת מגוונות ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. טבלה ב3 מציגה את עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים בשטח הניטור ואת אחוזי הכיסוי שלהם בכל אתר. בהשוואה לשנים הקודמות נראה כי אין שינוי משמעותי בהרכב החברה. עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשנת 2009 מהווים כ-91% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל האלמוגים באילת (41 מינים נסקרו השנה). עובדה זו מדגישה את חשיבותם של המינים הנדירים בקביעת מדדי עושר ומגוון המינים בשוניות של אילת.



איור ב16: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת (לפי האורך הנמדד בחתכי הקו מנתוני 2004) בשנים 2004-2009, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2009.
Figure B16: The twenty most abundant coral taxa in the reefs of Eilat (according to their cumulative measured length in the line transects of 2004), arranged according to their abundance in 2009.

	IUI-5	IUI-10	IUI-15	Katza-10	Katza-20	NR-5	NR-10	NR-20	Eilat (all sites)
<i>Acropora</i>	1.9	3.5	3.1	7.0	6.8	10.2	2.3	9.6	5.1
<i>Stylophora</i>	5.1	3.1	1.9	2.1	1.9	2.2	1.2	0.7	2.4
<i>Lobophyllia</i>	0.0	0.1	0.0	0.7	0.1	11.5	0.0	0.2	1.3
<i>Montipora</i>	0.2	0.7	0.6	1.8	3.0	1.1	0.5	3.9	1.3
<i>Goniastrea</i>	1.0	0.4	0.2	1.3	0.3	5.2	0.4	0.4	1.1
<i>Cyphastrea</i>	2.0	1.4	0.6	0.8	1.0	0.4	0.4	2.1	1.1
<i>Favites</i>	1.3	0.7	0.4	0.9	2.0	0.5	1.0	1.0	0.9
<i>Echinophyllia</i>	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	7.3	0.2	0.3	0.9
<i>Favia</i>	2.3	1.0	0.5	0.4	0.6	0.7	0.6	0.3	0.8
<i>Echinopora</i>	0.4	0.4	0.3	2.1	0.8	0.0	0.3	1.1	0.7
<i>Pocillopora</i>	0.7	0.9	1.2	0.3	0.0	0.4	0.4	0.4	0.6
<i>Pavona</i>	0.0	0.0	0.2	1.0	3.2	0.0	0.0	1.5	0.6
<i>Leptastrea</i>	0.5	0.4	0.6	0.6	0.8	0.1	0.1	0.3	0.4
<i>Porites</i>	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.1	1.9	0.4
<i>Seriatopora</i>	0.0	0.0	0.2	0.3	2.9	0.2	0.6	0.0	0.4
<i>Plesiastrea</i>	0.3	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	1.8	0.3
<i>Mycedium</i>	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	1.3	0.2	0.0	0.2
<i>Goniopora</i>	0.1	0.0	0.1	0.4	0.0	0.7	0.5	0.2	0.2
<i>Platygyra</i>	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	0.0	0.8	0.2
<i>Millepora</i>	0.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2

טבלה ב3: עשרים האלמוגים הנפוצים (לפי אחוז כיסוי) בשטח הניטור, ואחוז הכיסוי הממוצע שלהם בכל אחד מאתרי הניטור.

Table B3: The twenty most abundant corals (% cover) in the monitored area and their average cover in each site as a percent of the total transect length at each site.

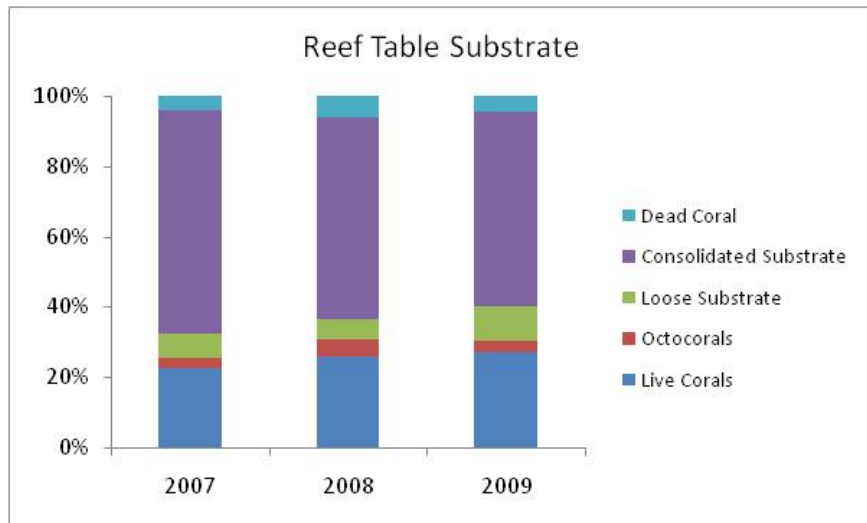
שולחן השונית

לשולחן השונית חשיבות גדולה בהיותו הנראה ביותר והנלמד ביותר בעבודות קודמות אשר סקרו את שונית האלמוגים באילת. במסגרת תכנית הניטור נסקר שולחן השונית בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, של שמורת חוף אלמוג. זהו אתר השונה במהותו משאר אתרי הניטור המצויים כולם באזורי "קידמת שונית" בהיותו מושפע משפלים קיצוניים ומסערות. שולחן השונית גם חשוף ביותר לפגיעה פיסית על ידי מבקרים, חפצים הצפים בים וכלי שיט, אם כי סגירת חלקה הדרומי של השמורה למבקרים מקטין את ההשפעות הללו. עם הקמתה של תחנת המדידה המטאורולוגית במזח המכון הבינאוניברסיטאי על ידי תכנית הניטור בספטמבר 2006 ניתן לעקוב אחר הגאות והשפל, ועצמת הרוחות וכיוון ("סערות") במפרץ לרוב מאופיינות ברוח חזקה מכיוון דרום) וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תצפיות הנוגעות לשולחן השונית. אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שונית מלוכד מהווה את רב שיטחו של שולחן השונית (איור ב17). בניגוד לאתרי קדמת השונית שם האחוז הגבוה ביותר של סלע מלוכד חשוף שנמדד השנה הוא 39% (KATZA-10) בשולחן השונית שטח הסלע המלוכד החשוף מהווה השנה כ- 55% ואילו אחוז הקרקע הלא מלוכדת כ-10%. כתוצאה מכך ההבדל בין אחוז הכיסוי החי לאחוז הכיסוי מתוך סך המצע הקשה אינו גדול בשולחן השונית. זו השנה השלישית בה נמדדת עליה בכיסוי האלמוגים (הן אחוז הכיסוי באתר והן אחוז הכיסוי המנורמל לשטח המצע הקשה). יחד עם זאת נמדדה ירידה בצפיפות המושבות בשולחן השונית יחסית לשנת 2007 (איור ב18).

מגוון המינים לפי מדד Shanon-wiener כפי שמוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005) היה השנה 2.59, ערך ביניים, בין 2008 (2.68) ו-2007 (2.53). בכל השנים נראה כי מדד המגוון בשולחן השונית נמוך מהערך הממוצע באתרי קדמת השונית (ראו למעלה).

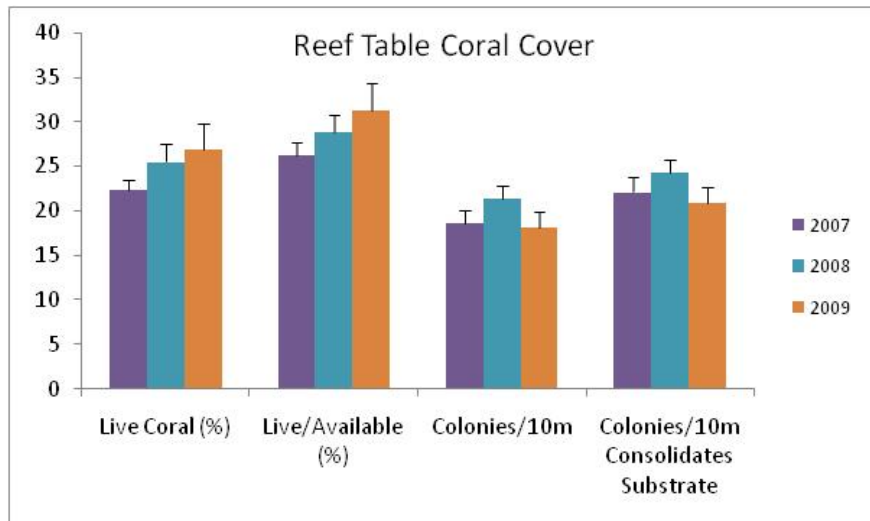
בשולחן השונית נמצאו השנה 24 סוגי אלמוגים, לעומת 41 בכל אתרי קדמת השונית. עשרים המינים הנפוצים בשולחן השונית מוצגים כנגד עשרים המינים הנפוצים באתרי קדמת השונית בטבלה ב4. רוב האלמוגים הנפוצים מצויים בשני בתי הגידול, אך ישנם הבדלים חשובים, למשל האלמוג *Lobophyllia* אשר תופס מקום נכבד באתרי קדמת השונית אינו מצוי על גבי שולחן השונית. לעומת זאת, האלמוגים *Platygyra*

ו- *Millepora* (אלמוג אש) אשר להם מקום חשוב בשולחן השוניית אינם כה נפוצים באתרי קדמת השוניית. הבדלים קיימים בתפוצה היחסית, למשל האלמוג מסוג *Platygyra* נמצא במקום השלישי באחוז הכיסוי בשולחן השוניית ובמקום ה-19 באתרי קדמת השוניית.



איור ב17: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. האחוזים הם ממוצעים מתוך כל חתכי הקו.

Figure B17: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. Values are averages of line transect values.



איור ב18: אחוז כיסוי האלמוגים וצפיפות מושבות בשולחן השוניית בשנים 2007-2009.

Figure B18: Percent cover of live corals, and density of coral colonies on the reef table.

Rank	Reef Front	Reef Table
1	<i>Acropora</i>	<i>Acropora</i>
2	<i>Stylophora</i>	<i>Stylophora</i>
3	<i>Lobophyllia</i>	<i>Platygyra</i>
4	<i>Montipora</i>	<i>Echinopora</i>
5	<i>Goniastrea</i>	<i>Favites</i>
6	<i>Cyphastrea</i>	<i>Porites</i>
7	<i>Favites</i>	<i>Seriatopora</i>
8	<i>Echinophyllia</i>	<i>Millepora</i>
9	<i>Favia</i>	<i>Favia</i>
10	<i>Echinopora</i>	<i>Cyphastrea</i>
11	<i>Pocillopora</i>	<i>Goniastrea</i>
12	<i>Pavona</i>	<i>Acanthastrea</i>
13	<i>Leptastrea</i>	<i>Pocillopora</i>
14	<i>Porites</i>	<i>Galaxea</i>
15	<i>Seriatopora</i>	<i>Montipora</i>
16	<i>Plesiastrea</i>	<i>Hydnophora</i>
17	<i>Mycedium</i>	<i>Galaxea</i>
18	<i>Goniopora</i>	<i>Echinophyllia</i>
19	<i>Platygyra</i>	<i>Pavona</i>
20	<i>Millepora</i>	<i>Alveopora</i>

טבלה ב4: עשרים האלמוגים הנפוצים (לפי אחוז כיסוי) באתרי קדמת השונית ובשולחן השונית.

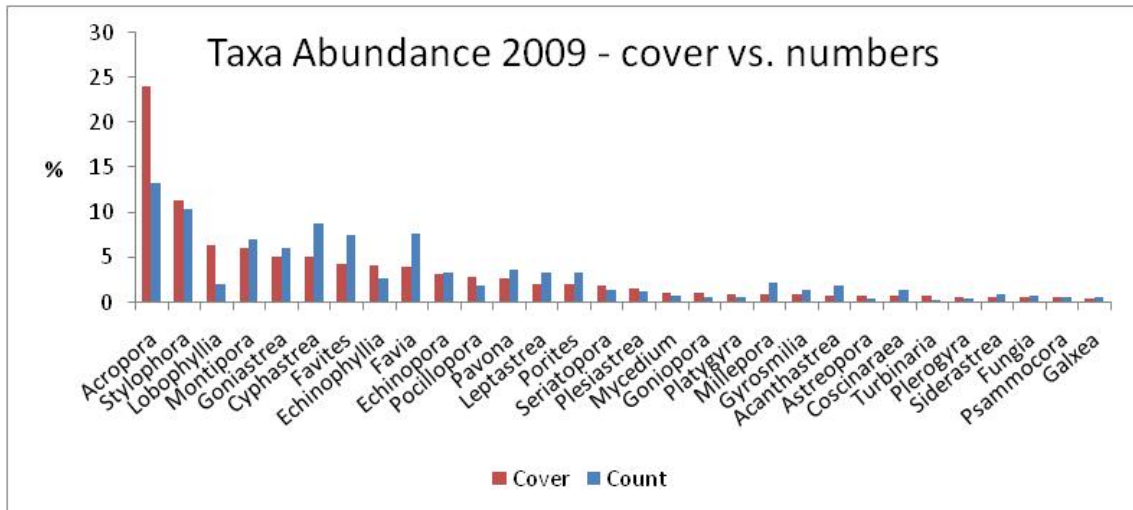
Table B4: The twenty most abundant corals (by cover percentage) at the reef table and the reef front sites.

דיון ומסקנות

אפיון סטטיסטי של אתרי הניטור באמצעות סקרים בשיטת חתכי הקו מצביע על מצב השונית בכל אתר, ואינו מתייחס לגורלה של מושבת אלמוגים זו או אחרת. חזרה על הסקרים באופן סדיר לאורך תקופה ארוכה מאפשרת מעקב אחר שינויים בזמן של מאפייני חברת שונית האלמוגים בשוניות הנמצאות בשטח ישראל. מדידה לאורך חתכים קווים יעילה במיוחד למדידת מאפיינים הקשורים לשטח (התפלגות מצע, אחוזי כיסוי וכד'), ופחות יעילה למדידות המבוססות על ספירה (התפלגות גדלים צפיפות מושבות וכד') עקב ההטיה המובנית כנגד מושבות בגודל קטן. התפתחות טבעית של "שונית" וכך גם השינויים במאפייני שונית שאינם תוצאה של הפרעה מסיבית הינם תהליכים איטיים ולא בהכרח מונוטוניים. השונות הרבה בתוך האתרים וביניהם, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, עלולה למסך סטטיסטית את יכולתנו לאבחן מגמות קלות, לא קיצוניות. יחד עם זאת נתוני תכנית הניטור יוצרים תמונה אקולוגית של שוניות אילת מדי שנה, והשוואת הנתונים בין השנים נועדה לאבחן ולהתריע על מצבי קיצון והתפתחויות מדיניות. עם הצטברות הנתונים משנה לשנה משתפרת יכולת האבחון הסטטיסטית.

- כיסוי האלמוגים, כמו גם הכיסוי המנורמל לשטח המצע הקשה בכל אתר עלה באופן חד בשנת 2007 ומאז נותר גבוה או אף המשיך לעלות ברוב האתרים, למעט אתרי קצא"א שם ניצול המצע אינו שונה משמעותית מהמצב בזמן תחילת הניטור. לאחר שלוש שנים של ירידה קלה (2004-06) נמדדו בשנים 2007 עד 2009 ערכים גבוהים יותר של כיסוי אלמוגים וניצול המצע הזמין באתרי קדמת השונית של שוניות אילת.
- באתרי IUI נמצא ניצול המצע הנמוך ביותר (בפרט בעומקים הרדודים) וכן האחוז הגבוה ביותר של מושבות קטנות, בהשוואה לאתרי קדמת השונית האחרים. יחד עם זאת נראה באתרים עלייה מתמשכת בניצול המצע לאורך שנות הניטור. אתרי IUI נבדלים מאתרי השמורה וקצא"א בכך שאין שם "שונית" לפי ההגדרה. שונית אלמוגים היא מבנה הבולט מעל קרקעית הים אשר נוצר בידי אלמוגים, אצות גירניות ושאר יושבי השונית. אתרי IUI הם אתרים בהם סלעי חוף שקועים תחת המים מהווים מצע קשה עליו מתיישבים אלמוגים, אולם אין יצירת מצע – סלע –

- קרבונטי על ידי האלמוגים. נראה כי בהיסטוריה הגיאולוגית הצעירה לא הייתה כלל שוניית באתר. נראה שסלעי החוף המהווים את המצע הזמין להתיישבות באתרי IUI אינם מצע טוב ואלמוגים מתקשים להיאחז בהם לאחר התיישבותם, או לחילופין שהאתר עבר שינויים דרמטיים בעת האחרונה (דוגמת רעידות אדמה וקבורה על ידי סדימנטים, Shaked et al, 2004) ועדיין לא נבנתה שם שוניית. יתכן גם כי שתי האפשרויות נכונות.
- זו השנה השלישית בה נסקר שולחן השוניית בשמורת האלמוגים. לאתר זה התייחסות נפרדת מאשר לשאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השוניית, עקב אופיו השונה והמיוחד. השנה נמדדה באתר זה המשך עליה במדדי הכיסוי (כיסוי האלמוגים עומד על 27%), וירידה (בהשוואה לשנה הקודמת) בצפיפות המושבות.
 - מדד הרקמה החיה במושבות אלמוגים כסמן לבריאות אלמוגים המשיך לרדת השנה, ובסך הכל נראית ירידה הדרגתית מהשיא של 2007. התמונה המתקבלת היא של ירידה הדרגתית, קפיצה מעלה, ושוב ירידה במחזוריות של 3 שנים. כיוון שבידינו שני "מחזורים" לא שלמים של "תבנית" זו עדיין מוקדם לקבוע האם זהו אכן מחזור או שמע ישנה מגמה ארוכת טווח של ירידה עם שנים טובות של עליה זמנית. אפשרות אחת, הנתמכת על ידי תצפיות מנקודות הצילום הקבועות, היא שלפחות חלק מהירידה אשר נצפתה בשנים 6-2005 נובעת מכיסוי אלמוגים באצות אשר היה בשיאו בשנת 2005. בשנים שלאחר מכן נחשפו אלמוגים שהיו מכוסים וחלקם התאושש – תהליך שהגיע לשיאו ב-2007.
 - מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים מושפע מאד מאחוזי המושבות הקטנות באתר, כיוון שבמושבות אלה נדיר למצוא תמותה חלקית – אם בגלל שמושבות קטנות טרם הספיקו להיפגע או בגלל שמושבות כאלה אינן שורדות פגיעה ובזמן קצר ימותו לחלוטין. על כן, דווקא באתרי IUI בהם כיסוי האלמוגים נמוך יחסית נמדדו ערכי מדד הרקמה החיה הגבוהים ביותר.
 - לא נמצא קשר בין צפיפות מושבות האלמוגים ובין אחוז הכיסוי החי באתרי הניטור.
 - בסך הכל נמצאה השנה ירידה בחלקן של המושבות ה"קטנות" באתרי הניטור ועליית-מה בחלקן של המושבות משאר קבוצות הגודל ובפרט ה"ענקיות". ממצא זה, אם יחזור בשנים הבאות, עשוי להצביע על שיפור ביכולת השרידות והגדילה של אלמוגים ביחס לשנים קודמות.
 - מגוון המינים על פי מדד Shannon-Wiener כמו גם הרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור אינם שונים משמעותית משנה לשנה, עדות להרכב חברה יציב. בהשוואה בין מדידות מגוון על פי אחוזי הכיסוי ומדידות על פי מספר המושבות נמצא כי המגוון המחושב על פי אחוזי הכיסוי נמוך יותר. נראה כי לתוצאה זו תורמים בעיקר שני סוגי אלמוגים אשר תרומתם המספרית נמוכה יחסית לשטח השוניית אותו הם תופסים (*Acropora*, *Lobophyllia*), והאלמוגים *Cyphastrea*, *Favites* ו-*Favia*, אשר מצויים במספרים גדולים אך תופסים שטח יחסית קטן ועל כן תורמים לאחידות גדולה יותר בחישוב על פי מספר המושבות (איור ב19).



איור ב19: השוואה בין התפוצה היחסית של שלושים האלמוגים הנפוצים ביותר באילת בשנת 2009 המחושבת לפי אחוז הכיסוי לעומת מספר המושבות.

Figure B19: A comparison of the relative abundance of the 30 most abundant corals in Eilat in 2009 calculated by percent cover versus by number of colonies.

ב.2. צילום אתרים קבועים

מטרה

מעקב רב שנתי אחר שינויים במספר מושבות האלמוגים, גודלן, ובריאותן באתרים קבועים בשוניות השונות מהחוף הצפוני ועד גבול מצרים.

שיטות

צילום חוזר של שטחי שוניות קבועים באתרי שוניות בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב20). בכל אתר חוברת לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השוניות בארבעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיוק בזמנים שונים (איור ב21). בסך הכל מוקמו 30 נקודות ובכל נקודה מצולמות ארבע תמונות לניתוח כמותי של השינויים באתרים השונים. עקב בלאי והתפוררות סלע השוניות המחזיק את התושבות אובדות מדי שנה מספר נקודות, ומספר התמונות מצטמצם. מאידך, השנה הוספו נקודות במקום נקודות חסרות, בפרט באתרים קצא"א ושמורת חוף אלמוג. בניית התמונים נעשית השוואה בין תמונות חופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך מדי שנה באותה עונה.

בכל תמונה נספרים האלמוגים ושאר חסרי החוליות הנייחים ונמדד שטח האלמוגים על ידי דיגיטיזציה של התמונות (ראה דו"ח 2004). לצורך השוואת שטח המושבות נלקחו בחשבון רק מושבות שמופיעות במלואן באופן ברור בשתי סדרות צילומים. במקרים בהם החפיפה בין תמונות משתי השנים לא מלאה (בשל תנועת חצובת המצלמה בתושבת הקבועה, תזוזה של תושבות במשך השנה שחלפה, שינויים בתנאי תאורה, או גידול אלמוגים באופן המסתיר מהמצלמה אלמוגים אחרים) נספרו האלמוגים, אך שטחם לא חושב בהשוואה בין השנים. השוואה כמותית בין סדרות הצילומים משנים עוקבות מתייחסת לשטח אלמוגים המצויים בשתי השנים (growth), תמותה והתיישבות של אלמוגים, וסך השינויים בשטח האלמוגים (area change) – כולל גדילה, תמותה, והתיישבות חדשה). האלמוגים זוהו במידת האפשר לרמת המין, וסווגו גם לפי קבוצות (אלמוגי אבן מעונפים, אלמוגי אבן לא-מעונפים, אלמוגים רכים, ואלמוגי אש). נתונים אשר לא שימשו לצורך השוואה עם השנה הקודמת עשויים לשמש בשנים הבאות. למרות אובדן חלק מהנקודות, נאספו נתונים רבים וייחודיים בשיטה זו אשר מהווים חוליה משלימה חשובה בניטור מצב השוניות.

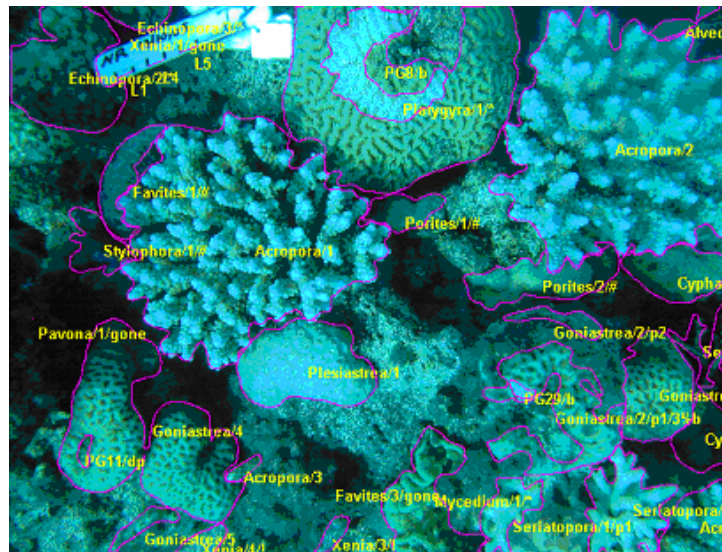
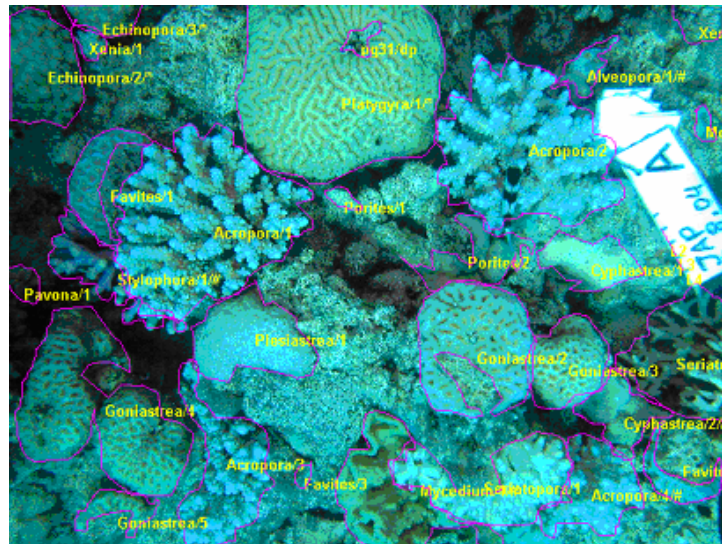
שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח: $1\text{cm}^2=2\text{kp}=2,000\text{pixels}$. שינויים בשטח נתונים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות.

להבדיל מחתכי הקו אשר משווים אפיון סטטיסטי של אתר, בסקר המצולם ישנה השוואה נקודתית של התפתחות אותן מושבות בדיוק משנה לשנה. אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים בכלל השטח. כוחו של הסקר המצולם, המסתמך על ניתוח של עשרות ריבועים ב-6 אתרים בין החוף הצפוני לטאבה, הוא במתן אומדן כללי של קצבי הגידול, התמותה וההתיישבות של אלמוגים לאורך חופי אילת.

התוצאות מוצגות באופן גרפי ועוברות גם עיבוד סטטיסטי. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

איור ב20: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).

Figure B20: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב21: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra 1* (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora 1,2* (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאמה). בנוסף, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילום משנת 2005, ומושבות החסרות בצילום זה. שטחי כל המושבות כמו גם השטחים המתים מסומנים (קו סגול) לצורך חישובי שטחים.

Figure B21: A set of photographs from one of the photo-survey sites in the nature reserve reef (2004 top, 2005 bottom). Among the observed changes are partial mortality of the massive coral *Platygyra 1* (top center), and growth of two colonies of the branching coral *Acropora 1* and *2*, (center and top right respectively). In addition, a few colonies are missing from the bottom picture (2005), and some are new settlers that appear only in 2005.

תוצאות

במהלך שנת 2009 נותחו 96 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות. בסך הכל נספרו 2157 מושבות מכל הסוגים ונמדד שטחם של 1444 אלמוגים לצורך השוואת שטחים בין השנים. סיכום נתוני הצילומים מופיע בטבלה ב-5.

בכל האתרים המצולמים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול מאד ביחס לאלמוגים מעונפים. המספר הגדול ביותר של מושבות מכל הסוגים נסקר באתר המכון הבינאוניברסיטאי (599 מושבות). צפיפות מושבות גבוהה ביותר (כ-35 אלמוגים בתמונה) נמדדה באתר המכון, מתוכם בממוצע כ-27 אלמוגי אבן בכל תמונה. בשמורת חוף אלמוג צפיפות האבן הממוצעת כ-19, ובקצא"א כ-23. צפיפות המושבות הנמוכה ביותר נמדדה גם השנה בחוף הצפוני, כ-15 מושבות בתמונה מתוכם כ-13 אלמוגי אבן.

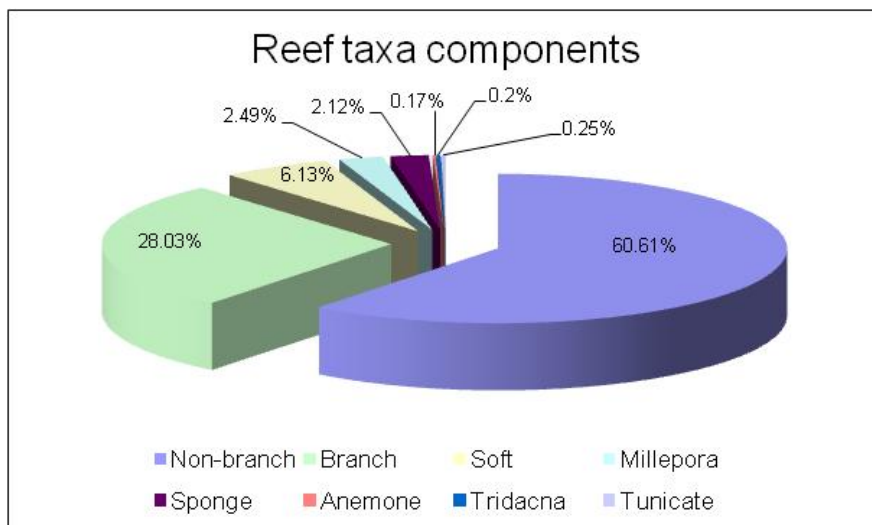
חברת השונית באתרים המצולמים מורכבת בעיקר מאלמוגי אבן (סה"כ כ-89%, 61% אלמוגים לא מעונפים ו-28% אלמוגים מעונפים), ואת רוב היתר (כ-11%) מהווים אלמוגים רכים (כ-6%) (איור ב-22). יש לזכור, עם זאת, שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגי אבן.

גם השנה השטח החי הגדול ביותר נמצא בשמורת חוף אלמוג, האתר בו שטח האלמוגים המעונפים גדול ביותר. שטחם של האלמוגים הלא-מעונפים גדול ביותר באתר המכון הבינאוניברסיטאי, מעט גדול יותר מאשר בקצא"א. שטח האלמוגים הלא-מעונפים בכל האתרים יותר מכפול משטח האלמוגים המעונפים, ואילו מספרית מושבות לא-מעונפות רבות פי 4 באתרים המצולמים בהשוואה למושבות המעונפות.

Site	No. of Pictures	Branching stony corals		Non-branching stony corals		All corals (stony, soft, millepora, others)	
		No. of colonies	Area (k-pixels)	No. of colonies	Area (k-pixels)	No. of colonies	Area (k-pixels)
NB	12	(11) 16	719	(90) 141	4380	(117) 177	6050
Dekel	15	(13) 45	2432	(63) 123	2645	(89) 190	5497
Katza	17	(53) 98	3041	(209) 288	6940	(316) 450	10701
NR	15	(39) 78	5134	(138) 204	6378	(256) 396	14833
IUI	17	(38) 66	3126	(304) 394	7210	(456) 599	11085
Taba	20	(21) 43	1414	(129) 215	6748	(210) 345	9421
Total	96	(194) 346	15866	(933) 1365	34301	(1444) 2157	57588

טבלה ב-5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2009. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההיטל המצולם שלה. נתוני שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שניתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיוול הצילומים לשטח "אמיתי". מחוץ לסוגריים מספר המושבות הכללי ו בסוגריים מספר המושבות ששטחן נמדד.

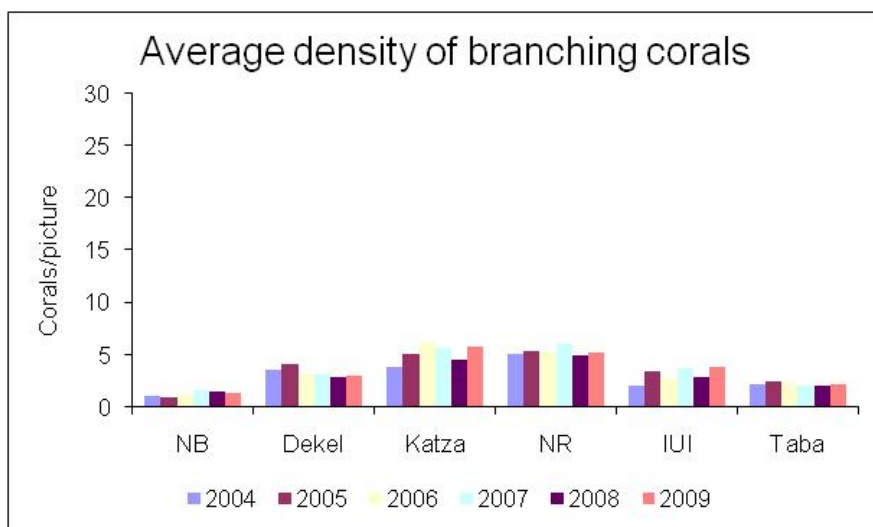
photo-2009Table B5: Summary of the areas and number of corals surveyed in the survey session. The "area" of a colony is its pictured area. Areas are given in pixels to allow for inter-annual comparisons and to avoid inaccuracies of calibration attempts to "real surface area". The number of colonies refers to the total number of colonies observed and the number of colonies for which area data is considered given in brackets.

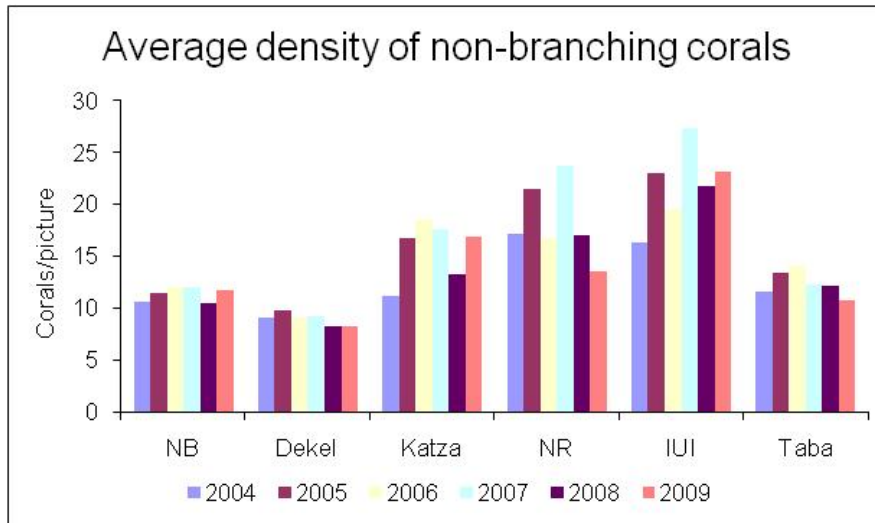


איור ב22: התפלגות הקבוצות המרכיבות את חברת השוניית באתרים המצולמים בשנת 2009, על פי אחוז השטח היחסי אותו הם תופסים.

Figure B22: Distribution of the taxa comprising reefs at the permanent photo-sites in 2009, according to the relative (percent) area which they occupy.

השנה נמצאה עליית-מה בצפיפות מושבות האלמוגים בהשוואה לשנה הקודמת, אולם הצפיפות עדיין נמוכה, בדרך כלל, מערכי השיא של 2007 (איור 23). ההבדלים בין השנים בצפיפות האלמוגים המעונפים קטנים מאד (מושבות בודדות), ובצפיפות הלא-מעונפים מעט גדולים יותר, כצפוי מהשיפוע הרבה יותר של אלמוגים אלה. צפיפות אלמוגי האבן המעונפים נמוכה ביותר בחוף הצפוני, ועבור הלא-מעונפים הצפיפות הנמוכה ביותר נמדדה בחוף הדקל.

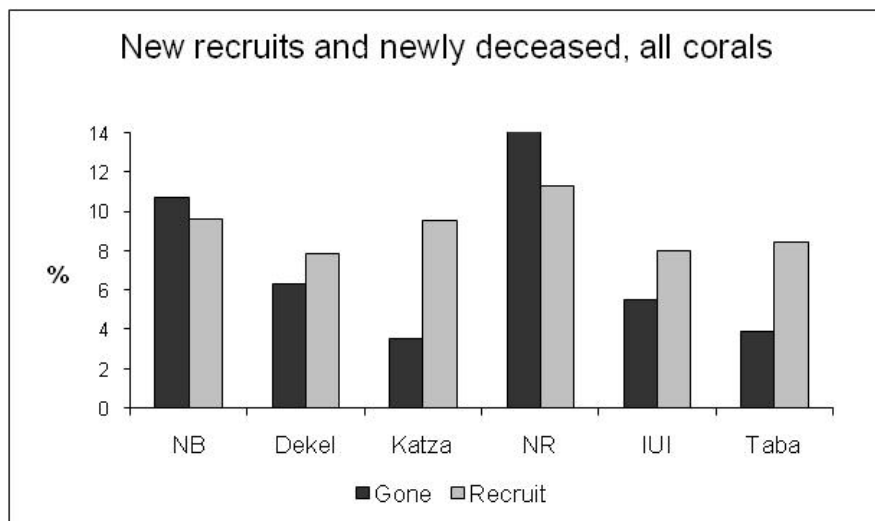


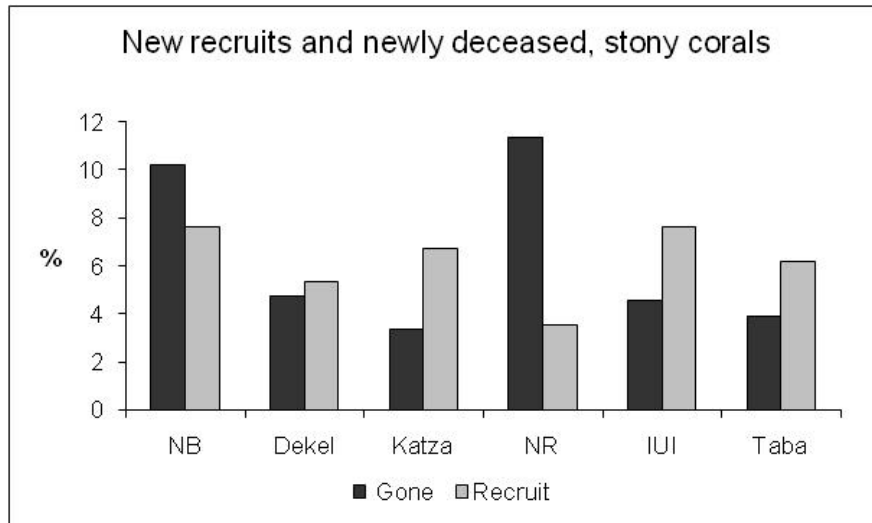


איור ב23: הצפיפות הממוצעת (מספר מושבות בתמונה) של מושבות אלמוגים מעונפים (למעלה) ולא-מעונפים (למטה) מאז שנת 2004 באתרי הסקר המצולם.

Figure B23: The average density (colonies per photograph) of branching (top) and non-branching corals (bottom) at the photo-survey sites since 2004.

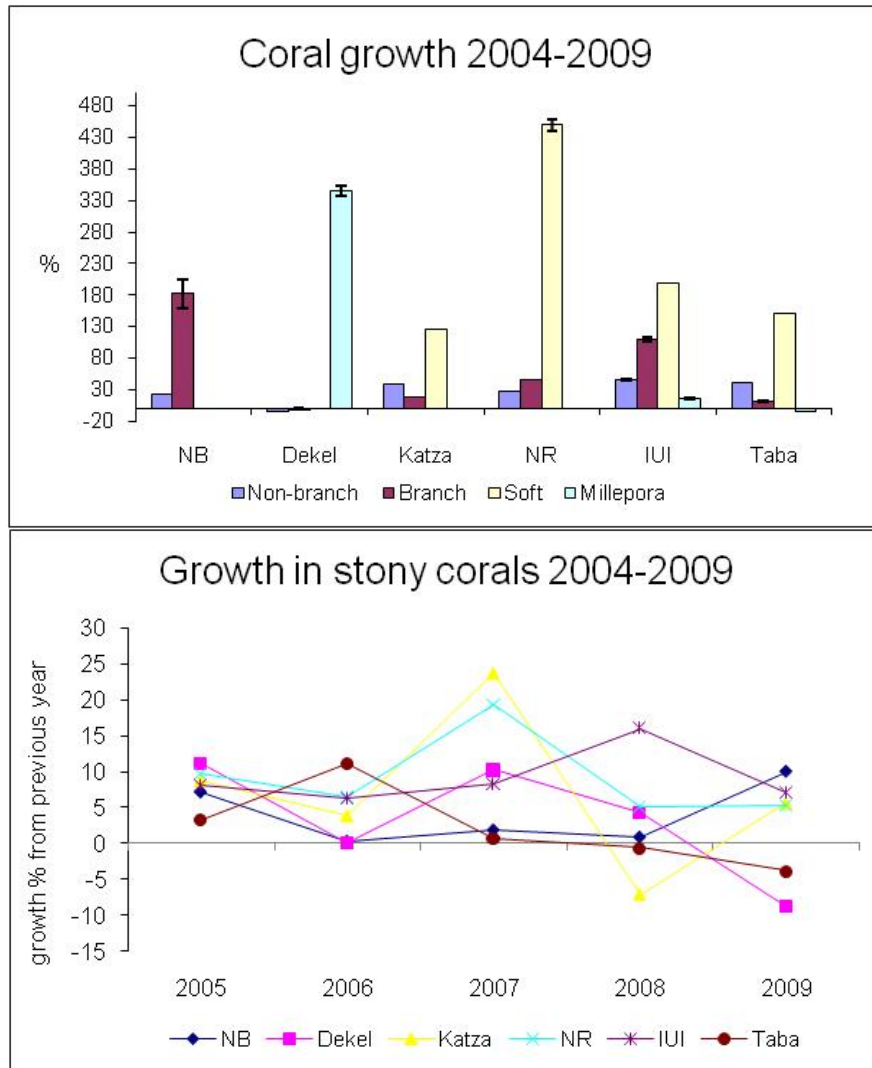
באתרי השמורה והחוף הצפוני נמצא עודף (אחוז מספרי) של תמותת מושבות לעומת התיישבות. בשאר האתרים מספר המתיישבים גדול ממספר המתים (איור ב24). תצפית זו נכונה הן עבור כלל האלמוגים והן עבור אלמוגי אבן.





איור ב24: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2009. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר. **Figure B24: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the photo-survey sites in 2009. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.**

גדילת מושבות אלמוגים מאז שנת 2004 נמדד על ידי השוואת שטח מושבות האלמוגים המופיעות הן בסדרת הצילומים של 2004 והן בצילומי השנה הנוכחית. הקבוצה הדינמית ביותר, בה נמדדו השינויים הגדולים ביותר, היא קבוצת האלמוגים הרכים, אשר השנה גדלה מאד דווקא באתרים הצפוניים, בעיקר באתר השמורה אך גם באתרי קצא"א וטאבה (איור ב25). אלמוגים רכים גדלים במהירות רבה יחסית ותופסים שטחים המתפנים (מאלמוגים אחרים), על כן גדילתם המהירה באתרים הצפוניים מעורר סמני שאלה. באתר חוף הדקל נמצאה השנה גדילה משמעותית של אלמוג האש מסוג *Millepora* ואלמוגים אחרים נותרו כמעט ללא שינוי. מושבות אלמוגי האבן מראות השנה גדילה בכל האתרים, מלבד הדקל. ברוב האתרים נמדדה בסך הכל צמיחה של אלמוגים במשך רוב השנים. באתרי דקל, קצא"א וטאבה ישנן שנים בהן הייתה נטו צמיחה שלילית של מושבות אלמוגי אבן (זאת אומרת ששטח אלמוגים חיים קטן ביחס לשנה הקודמת). שנת 2007 הייתה שנה בה נמדדה הצמיחה הגדולה ביותר ברוב האתרים. צמיחה של כמעט 24% נמדדה אז באלמוגי קצא"א, וכ-19% בשמורה. בשנה לאחר מכן, 2008, נמדדה בקצא"א צמיחה שלילית של 7%-. באתר המכון נמדדה צמיחה שנתית מרבית, כ-16%, בשנת 2008. בשנת 2009 הייתה הצמיחה בדקל 9% (שלילית) ובטאבה 4%-. בשאר האתרים הייתה גדילה נטו של אלמוגים.

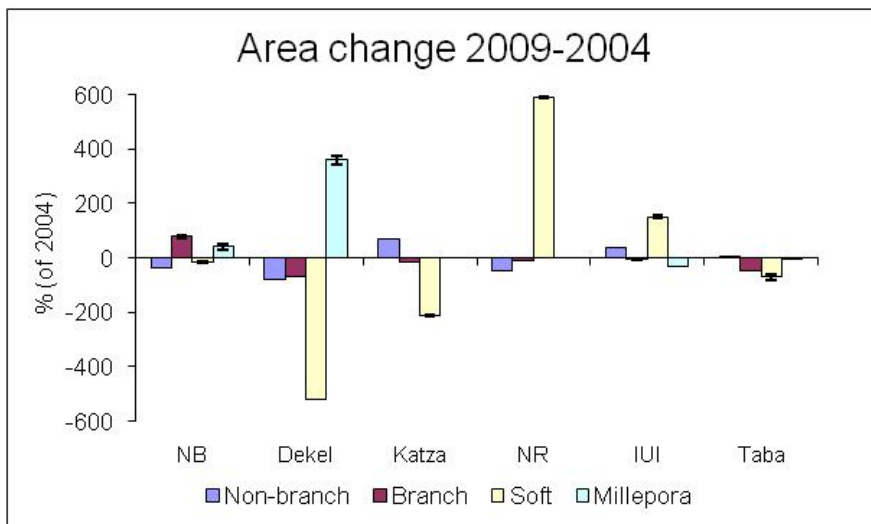


איור ב25: למעלה – סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות מאז 2004 באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2004 ו-2009, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים. למטה – צמיחת אלמוגי אבן משנה בכל אחד מאתרי הניטור. כל נקודה מייצגת את שינוי השטח (באחוזים) של מושבות קיימות בכל אתר, בהשוואה לשנה הקודמת.

Figure B25: Top – growth of corals between 2004 and 2009 at the photo-sites. Growth is the difference in area of colonies found and measured at each photo in both years, divided by their area in 2004 and given as percent change. Bottom – growth of stony coral colonies from year to year (in area %) at each monitoring photo-site. Each point represents the percent of added area of existing coral colonies compared to the previous year.

השינוי בשטח האלמוגים (כולל תמותה והתיישבות), להלן "השינוי בשטח", בכל סוגי המושבות (איור ב26) חושב על ידי חיסור סך השטח הנמדד בתמונות 2009 מסך השטח אשר נמדד בשנת 2004 בה נעשתה סידרת הצילומים הראשונה עבור אותן תמונות. המספר הרב של מושבות באנליזה זו גורם לכך שתנועות אקראיות של המצלמה בין השנים מבטלות זו את זו. יחד עם זאת ראוי לזכור כי בעוד שחישוב "הצמיחה" (איור ב25) מתייחס לאותן מושבות המופיעות במלואן בשתי סדרות הצילום, כאן אין בהכרח צימוד שכזה. השינויים בשטח האלמוגים הרכים ואלמוגי האש גדולים מהשינויים בקבוצות אלמוגי האבן. באתרי השמורה והדקל נמצא השנה גידול משמעותי בשטח האלמוגים הרכים ואלמוגי האש (בהתאמה), ואילו בחוף הצפוני גדלה קבוצת האלמוגים המעונפים ובקצא"א והמכון הבינאוניברסיטאי נמצא גידול בשטח של אלמוגי

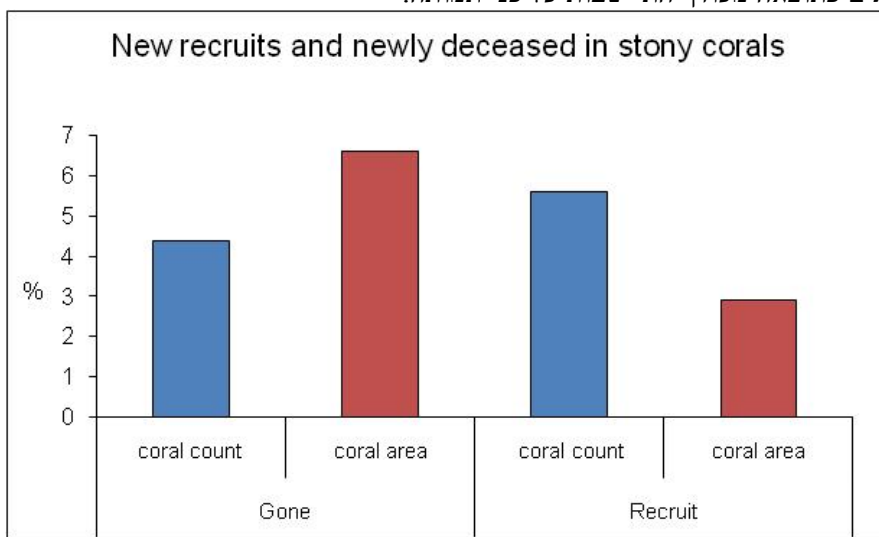
האבן הלא-מעונפים. בשמורה ובטאבה נמצא ירידה בסך השטח אלמוגי האבן.

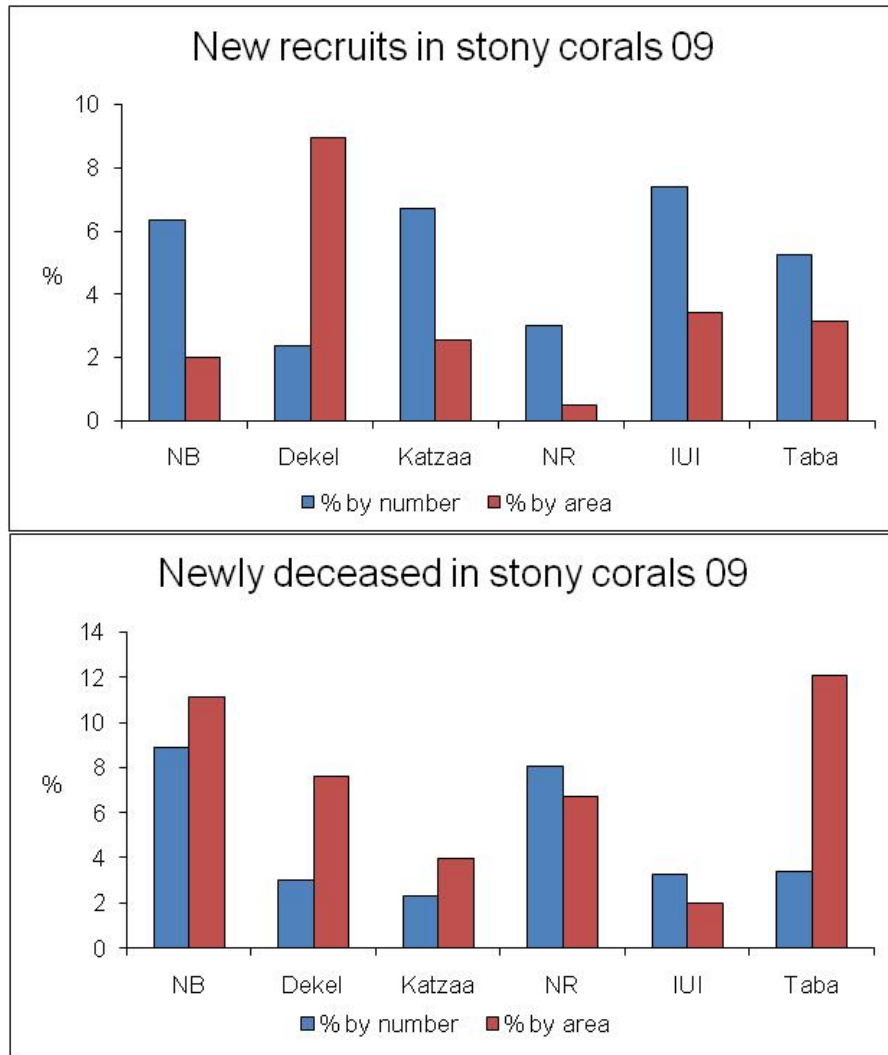


איור ב26: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים מאותה תמונה בין השנים 2004 ו-2009 חלקי שטח האלמוגים בשנה הראשונה וניתן באחוזים.

Figure B26: The average change in live cover for each site. Area changes are the difference in colony area between colonies of a single site between the 2004 photo and the 2009 photo, normalized by the colony area of the 2004 and given as percent change.

הבדלים בגדלי המושבות המתות והמתיישבות גורמים לכך שלא תמיד תואם השינוי במספר המושבות לשינוי בסך השטח האלמוגים. תמותה עשויה לפגוע הן במושבות גדולות והן בקטנות, בעוד שהתיישבות מורכבת תמיד ממושבות קטנות. השוואה בין אלמוגים מתיישבים לאלמוגים שמתו בשנת 2009 ניתנת באיור ב27. נראה שבכלל האתרים על אף המספר הגדול יותר של מושבות חדשות שטח האלמוגים שאבד כתוצאה מתמותה גדול מהשטח בנוסף כתוצאה מהתיישבות. בהתבוננות פרטנית בכל אתר עולה כי בכלם, לבד מחוף הדקל, הישוב ההתיישבות על פי השטח קטן מההתיישבות המחושבת כאחוז מספרי. לגבי תמותה לעומת זאת המצב בדרך כלל הפוך – שטח אלמוגים שמתו גדול מחלקם המספרי, מלבד באתרי השמורה והמכון. המכון הבינאוניברסיטאי הוא האתר היחיד בו נוסף שטח אלמוגים כתוצאה מעודף התיישבות על פני תמותה.

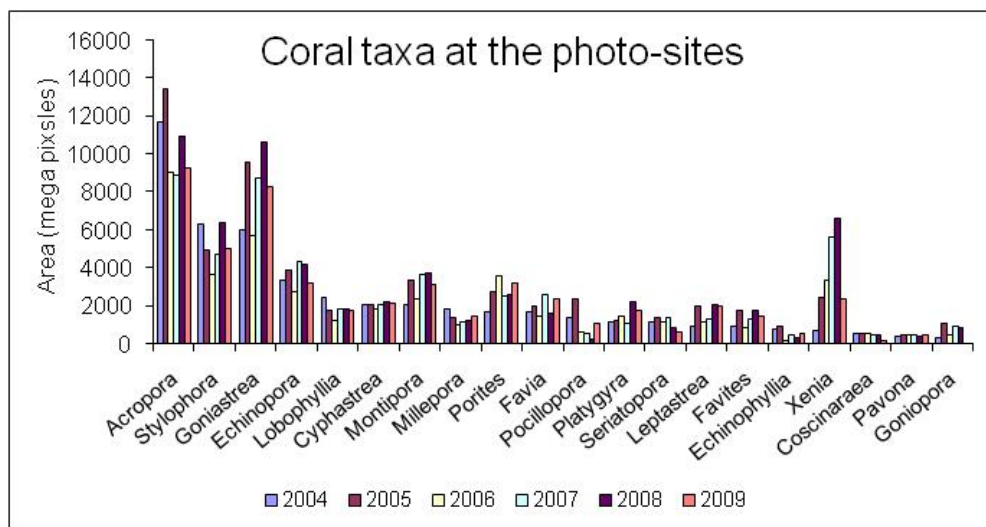




איור ב27: השוואה בין אחוז תמותה לאחוז התיישבות, ובין אחוז מספרי לאחוזי שטח באלמוגי אבן משנת 2009. האחוזים הם מכלל השטח או מכלל מספר המושבות באתרים המצולמים. למעלה – סיכום הנתונים עבור כל האתרים, באמצע – התיישבות באחוזים מספריים ואחוזים מהשטח בכל אתר. למטה – תמותת מושבות באחוזים מספריים ובאחוז מהשטח בכל אתר.

Figure B27: Mortality and recruitment in stony corals at the permanent photo-sites in 2009, a comparison between numerical fraction and fraction of size. Top – Data from all sites, middle – recruitment data from each site. Bottom – mortality data from each site.

אין שינוי משמעותי בהתפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים בהשוואה לשנים הקודמות. קבוצת האלמוגים הקטנים, הפגיעים ביותר, מהווה המרכיב המספרי הגדול ביותר מכלל המושבות באתרים המצולמים. כשישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר (איור ב27) ולמעלה מ-80% קטנים מכ-40 סמ"ר (קוטר של כ-8 ס"מ). בניגוד לשנה הקודמת בה נמצא כי שטחם של אלמוגים רבים גדל, נראה כי שטחם של רוב האלמוגים – ובפרט האלמוגים העיקריים באתרים המצולמים – ירד השנה (איור ב28). יחד עם זאת, השינויים אינם גדולים, מבנה החברה לא השתנה באופן ניכר, ובמרבית המקרים ערכי השנה נמצאים הטווח הערכים הנצפה בשנות הניטור הקודמות.



איור ב28: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום 2004-2009.
Figure B28: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2009 photo-surveys.

סיכום

השינויים בצפיפות מושבות בין השנים קטנים ולא מובהקים, והשנה נמצאה עליית-מה בצפיפות מושבות האלמוגים בהשוואה לשנה הקודמת. צפיפות המושבות באתרים המצולמים עדיין נמוכה, בדרך כלל, מערכי השיא של 2007.

ברוב האתרים נמדדה צמיחה נטו של אלמוגי אבן במשך רוב השנים. באתרי דקל, קצא"א וטאבה ישנן שנים בהן הייתה צמיחה שלילית של מושבות אלמוגים (זאת אומרת ששטח אלמוגים חיים קטן ביחס לשנה הקודמת). ערכי הצמיחה הגיעו למקסימום שנתי של 24% (קצא"א, בשנת 2007). השנה נמדדה צמיחה שלילית בדקל (-9%) ובטאבה (-4%). בשאר האתרים הייתה צמיחה נטו של אלמוגים.

שינויים בשטח האלמוגים כוללים הן את הצמיחה, הן תמותת אלמוגים והן התיישבות של אלמוגים חדשים. עודף (אחוז מספרי) של תמותת מושבות לעומת התיישבות נמצא באתרי השמורה והחוף הצפוני ובשאר האתרים מספר המתיישבים גדול ממספר המתים. נראה שבכלל האתרים על אף המספר הגדול יותר של מושבות חדשות שטח האלמוגים שאבד כתוצאה מתמותה גדול מהשטח שנוסף כתוצאה מהתיישבות. בחוף הצפוני נמצא גידול בשטח האלמוגים המעופפים ובקצא"א והמכון הבינאוניברסיטאי נמצא גידול בשטח האלמוגים הלא-מעופפים. בשמורה ובטאבה נמצאה בסך הכל ירידה בשטח אלמוגי האבן.

בהתפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים אין שינוי משמעותי בהשוואה לשנים הקודמות. קבוצת האלמוגים הקטנים מהווה המרכיב המספרי הגדול ביותר מכלל המושבות באתרים המצולמים (כשישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר). גם במבנה החברה אין שינויים משמעותיים לאורך השנים.

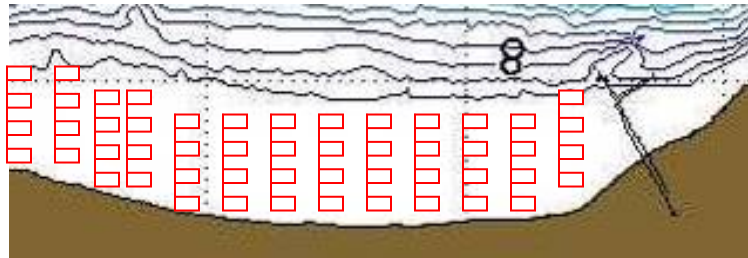
ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים

מטרה

אמזן השיפעה, מבנה החברה וסוגי המצע בלגונה של שוניות האלמוגים בחלקה הדרומי (הסגור למבקרים) של שמורת חוף אלמוג.

שיטות

מרכיבי חברת השונית שנסקרו בלגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחציץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונית. מפאת מיעוט האלמוגים, שיטת חתכי הקו לא התאימה לסקר החברה בלגונה. לפיכך, נעשה שימוש ביחידת דגום של ריבוע בגודל 1X1 מ'. הריבועים מונחים בשיטה סדורה לאורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגום") ממרחק של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השונית במרווחים של 5 מטרים זה מזה. "קו החוף" מוגדר כקו הברור בו מתחילה חשיפה של סלעי החוף (beach rock). בכל קו דגום נספרו עד ששה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגב השונית או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב השונית. בסה"כ כלל הסקר השנה 102 מטרים רבועים ב-17 קווי דגום לאורך החוף הדרומי בשמורת חוף אלמוג מגדר הגבול הדרומי של השטח הפתוח למבקרים ודרומה כ-400 מטרים (עד כ-50 מטר מצפון למזח המצפה התת-ימי) (איור ב-29). בכל ריבוע דגום נספרו האלמוגים וזוהו לרמת המין או לרמת הסוג, כפי שניתן היה. נרשמה הערכה ויזואלית של אחוז כיסוי האלמוגים החיים ואחוז וסוג המצע.



איור ב-29: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלגונת השמורה באזור הסגור לקהל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (באדום) הונחו באופן סדור במרחק של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונח בניצב לחוף והתחיל ממרחק 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השונית (קו דגום). כל קו דגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דגום בשטח הלגונה (102 ריבועי דגום).

Figure B29: The sampling design in the lagoon. 1 m² quadrates (red circles) were placed 5 m apart along a measuring tape laid cross shore, 9 m from the "shore line" to the reef table. Each cross shore line included 5 or 6 quadrates (though in this figure only 4 are depicted). 17 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area (totaling 102 quadrates).

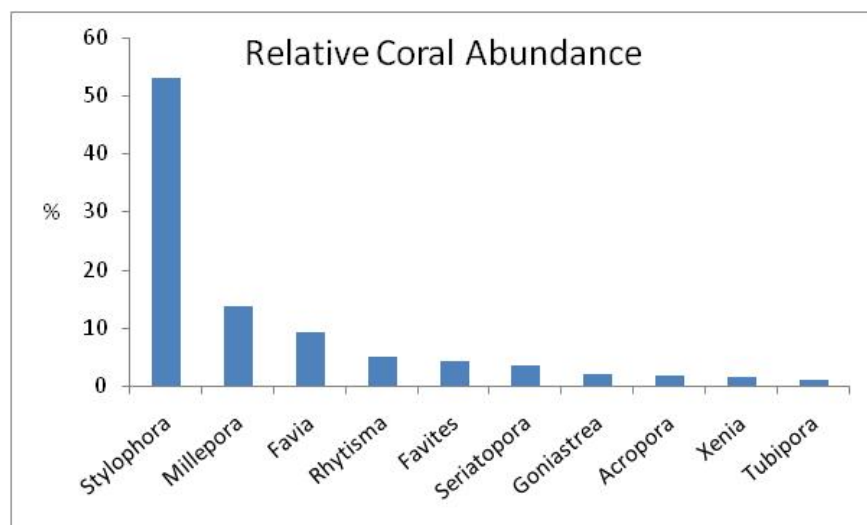
תוצאות

ב-102 ריבועים שנסקרו בלגונה נספרו סה"כ 310 מושבות של אלמוגי אבן (בשנת 2008 נספרו 322 ובשנת 2007, 288 מושבות) מ-15 סוגים, ו-26 מושבות אלמוגים רכים מ-5 סוגים (בשנת 2008 נספרו 51 אלמוגים רכים). הצפיפות הממוצעת של אלמוגי אבן בלגונה היא 3.04 מושבות למטר רבוע. מגוון המינים המחושב לפי מדד Shannon-Wiener הוא 1.75 (חישוב בעזרת תכנת EstimateS), גבוה מעט מהערך שחושב עבור השנה הקודמת. המין הנפוץ ביותר בלגונה הוא האלמוג *Stylophora pistillata* המהווה 57.4% מכלל מושבות אלמוגי האבן שנספרו (178 מושבות).

שכיחות עשרה סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-95% מכלל המושבות) נתונה באיור ב-30, וצפיפותם נתונה בטבלה ב-6.

במשך שנות הניטור נצפו שינויים קלים בצפיפות המושבות העיקריות בלגונה. בצפיפות האלמוגים מכל הסוגים ניכרת ירידה קלה, אך שינויים אלה אינם מובהקים (איור ב-31). התפלגות המינים בלגונה נשארה דומה בין השנים. האלמוג *Stylophora* נפוץ ביותר בלגונה ושכיחותו מכתיבה את השינויים בצפיפות סך

המושבות בלגונה. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הרכב אוכלוסיית האלמוגים בלגונה בין השנים 2004-2009. מגוון המינים בלגונה עלה מאז 2007, ונמצא בערך דומה לזה של 2006 (איור ב32).



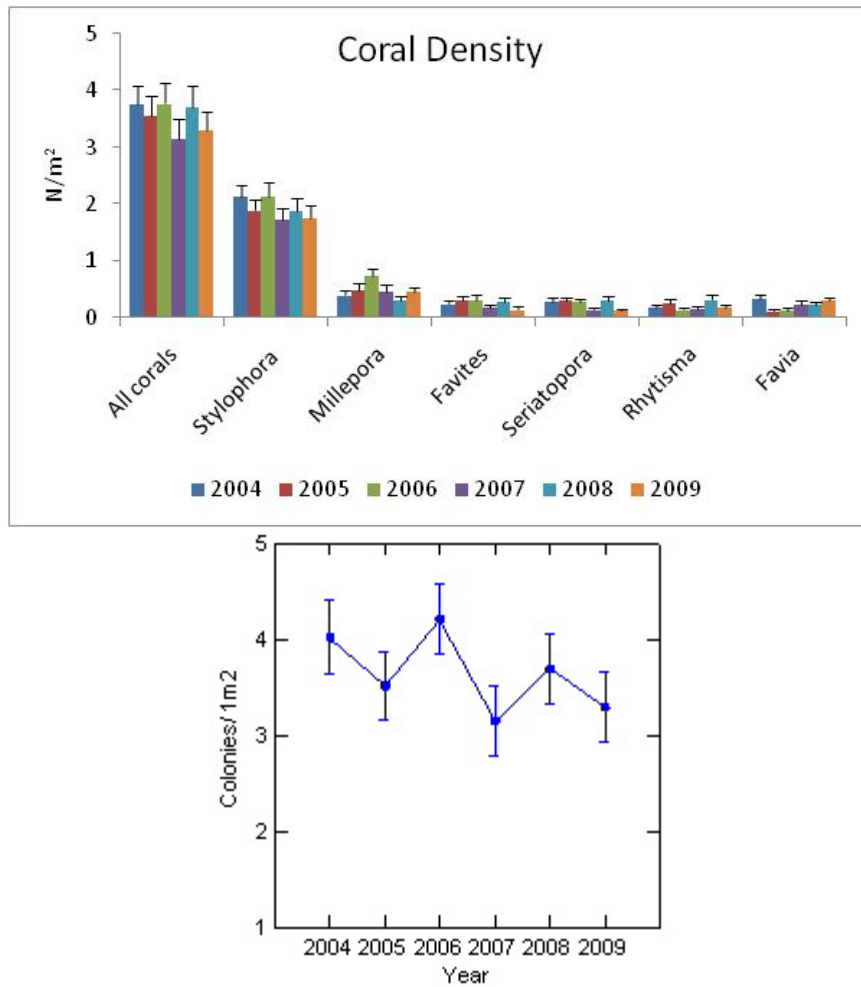
איור ב30: השכיחות היחסית (באחוזים, על פי מספר המושבות) של עשרה סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה (מהווים 95% מכלל האלמוגים).

Figure B30: Relative abundance (by colony number) of the 10 most abundant coral genera in the lagoon (these total 95%).

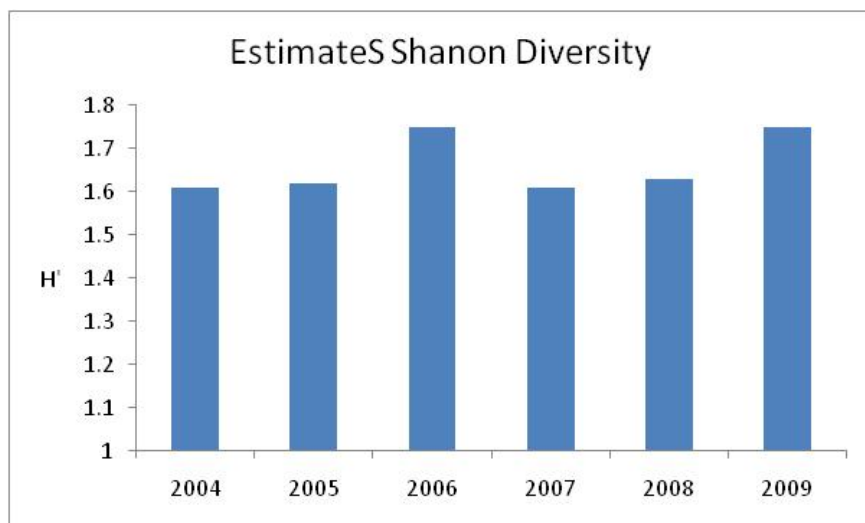
Species	Relative abundance	
	N	(%)
<i>Stylophora</i>	178	53.0
<i>Millepora</i>	46	13.7
<i>Favia</i>	31	9.2
<i>Rhytisma</i>	17	5.1
<i>Favites</i>	14	4.2
<i>Seriatopora</i>	12	3.6
<i>Goniastrea</i>	7	2.1
<i>Acropora</i>	6	1.8
<i>Xenia</i>	5	1.5
<i>Tubipora</i>	3	0.9

טבלה ב6: מספר המושבות וצפיפותן הממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של עשרה סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה.

Figure B6: The number of colonies and average density (colonies per square meter) of the ten most abundant coral taxa in the lagoon.



איור ב31: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים העיקריים בלגונה בשנים 2004 - 2008. למעלה: לפי סוגי האלמוגים העיקריים, למטה: ההבדלים בין השנים אינם מובהקים (מבחן ANOVA).
 Figure B31: The average density (colonies/square meter) of the dominant coral genera found in the lagoon in 2004 - 2008. Top: the dominant coral taxa, bottom: year to year changes are not statistically significant (ANOVA).



איור ב32: השינויים במגוון מיני האלמוגים (על פי מדד המגוון של Shanon-Wiener) בלגונה מאז 2004 כפי שהוערכו בעזרת תכנת EstimateS.

Figure B32: Changes in coral diversity in the lagoon since 2004, according to the Shanon-Wiener index, estimated using the EstimateS software.

מסקנות

במשך שנות הניטור מסתמנת יציבות של חברת האלמוגים בלגונה. נמדדה ירידה קלה (לא מובהקת) בצפיפות המושבות לאורך השנים. מגוון המינים לעומת זאת, עלה מאז 2007 לערך דומה לזה של 2006. נראה כי בהיות האלמוג *Stylophora* נפוץ בהרבה משאר המינים בלגונה, תנודות באוכלוסייתו מתיבות את השינויים הנצפים בלגונה בכלל.

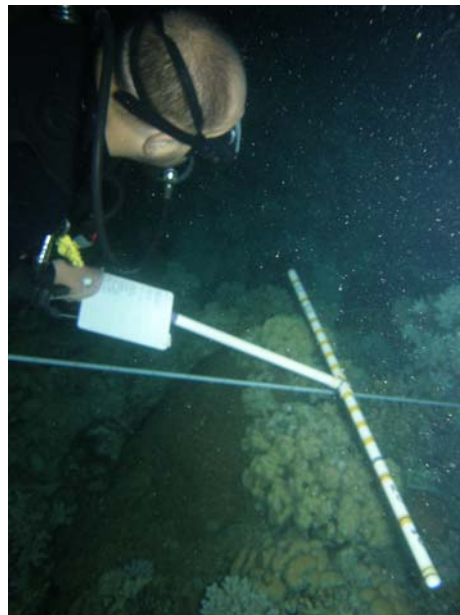
ב.4. דיגום חסרי חוליות

מטרה

אמזן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

שיטות

סקר חסרי החוליות הניידים נערך בשעות הלילה מכיוון שבשעות היום מרבית חסרי החוליות מסתתרים. הסקר התמקד בשוניות האלמוגים במעבדה הימית ובשמורת חוף אלמוג (באזור הסגור למבקרים) בעומקים 5 ו-10 מטרים (במקביל לעומקים בהם נערכים חתכי האלמוגים), ובלגונה. הספירה החלה שעה אחת אחר רדת החשיכה, לאחר יציאת חסרי החוליות ממסתורם לשם שיחור מזונם. החל מ-2006 מבוצע הסקר בשיטת חתכי-רצועה (belt-transect) לעומת ריבועי דיגום (quadrates) סדורים בשנים 2004-2005. חתכי הרצועה, באורך 50 מטרים, נפרסים החל מנקודה אקראית לאורך העומק הנבחר. מנקודת ההתחלה מתקדם צולל המחזיק מתקן בצורת T וסופר כל פרט הנמצא תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד (איור ב33). בשיטה זו ניתן לכסות שטח גדול ביעילות רבה, ובמקרה זה את מרבית שטחו של כל אתר לאורך קו העומק הנבחר, עובדה בעלת חשיבות עקב מספרם הקטן של חסרי החוליות. מרב השטח באתר נסקר לאורך קו העומק המבוקש לקבלת ספירה מדויקת ככל האפשר, אולם אבדה יכולת ההערכה של פרמטרים סטטיסטיים התלויים בחזרות של יחידות מדידה קטנות הדוגמות את האתר. הפרטים הנספרים, חסרי החוליות הניידים (קווצי עור ורכיכות), מסווגים לפי סוג או משפחה.



איור ב33: שיטת חתכי הרצועה לסקר חסרי חוליות ניידים: לאורך סרט מדידה עובר הסוקר האוחז מוטות צלובים בצורת T וסופר את הפרטים הנמצאים תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד. נסקרת רצועה אשר אורכה נקבע על ידי סרט המדידה ורוחבה על ידי המוט הניצב (1 מ'). צילום: תומר שאולוב

Figure B33: Belt-transect survey of motile invertebrates: a diver holding a T-shaped stick passes along a measuring tape counting the individuals found under the cross-arm. This makes a sampling unit whose length is defined by the measuring tape and whose width by the 1 meter long cross-arm. Photo: Tomer Shaulov

תוצאות

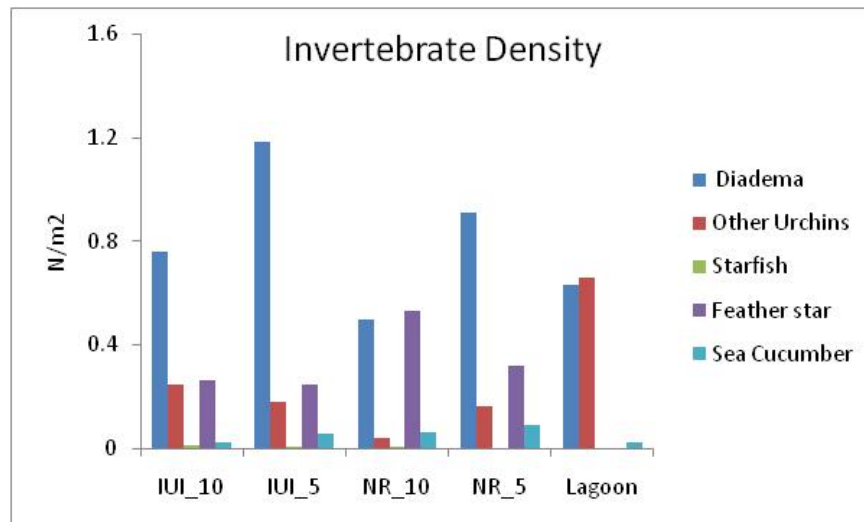
2150 מטרים רבועים נסקרו השנה בכל האתרים (IUI-5 ו-10, NR-5 ו-10, לגונת שמורת חוף אלמוג). התפלגות מספר הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה ב7.

	Lagoon		IUI-10		IUI-5		NR-10		NR-5	
	Density	Total	Density	Total	Density	Total	Density	Total	Density	Total
Diadema	0.6	505	0.8	189	1.2	354	0.5	198	0.9	363
other Urchins	0.7	527	0.2	61	0.2	53	0.0	15	0.2	65
all Urchins	1.3	1032	1.0	250	1.4	407	0.5	213	1.1	428
Starfish	0.0	0	0.0	4	0.0	2	0.0	4	0.0	1
Feather Star	0.0	0	0.3	65	0.2	74	0.5	211	0.3	128
Sea Cucumber	0.0	17	0.0	5	0.1	16	0.1	25	0.1	36
m ² Surveyed	800		250		300		400		400	

טבלה ב7: שכיחות (מספר הפרטים וצפיפותם למ"ר) חסרי החוליות הניידים באתרים הנסקרים.

Table B7: Total abundance and average density (number per 1m²) of mobile invertebrates at the monitored sites.

קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum* (איור 34).

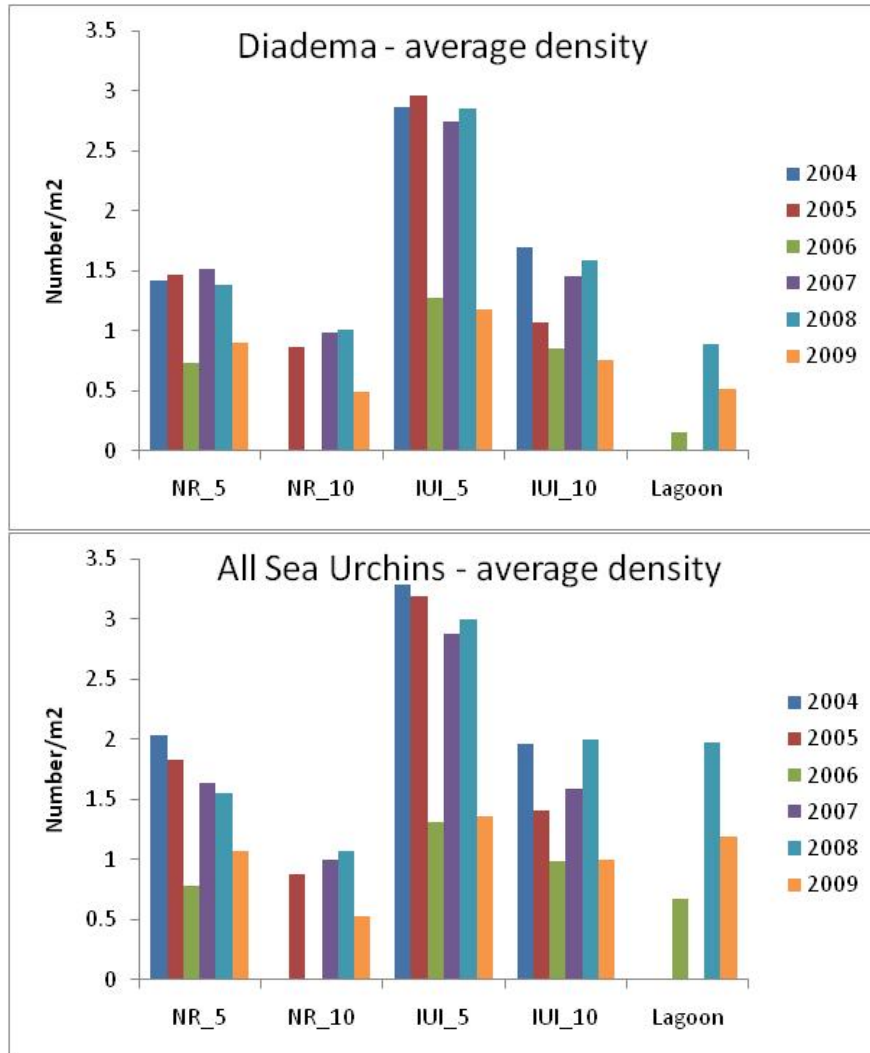


איור ב34: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים באתרי הניטור.

Figure B34: The average density (per m²) of mobile invertebrates at the sampling sites.

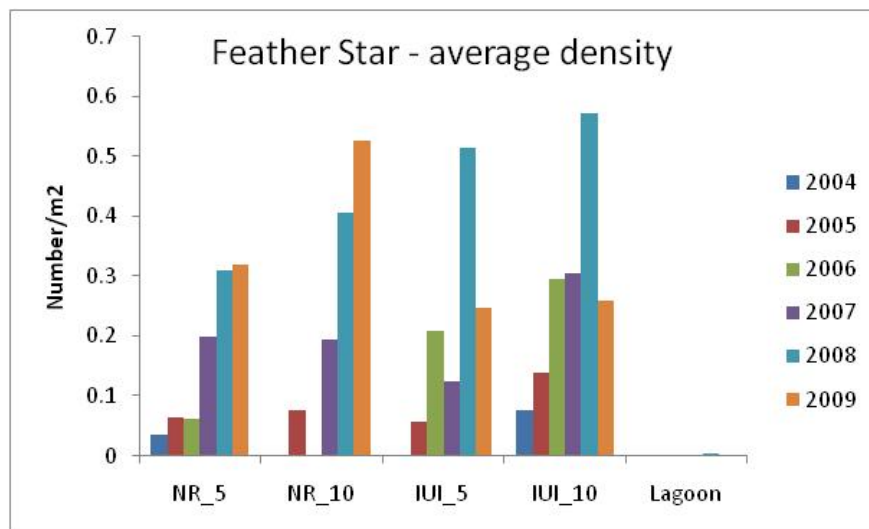
הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים מכל הסוגים (למעט *Diadema setosum*) נמצאה השנה בלגונה, בניגוד לשנים הקודמות בהן אתר IUI-5 היה בעל צפיפות הקיפודים הגדולה ביותר. באתר IUI-5 עדיין נמצאה צפיפות הקיפודים מסוג *Diadema setosum* הגבוהה ביותר. רוב קיפודי הים האחרים הם מסוג *echinomethra*, אשר התרבה מאד יחסית לשנים הקודמות. מגמת העלייה בצפיפות קיפודי הים אשר נראתה מאז שנת 2007 אינה נמשכת השנה (איור ב35). הערכים אשר נמדדו השנה עבור שכיחות קיפודי הים דומים לערכים הנמוכים של שנת 2006. לכאורה מתגלה תבנית בה לאחר (2) שנים בהם צפיפות הפרטים גבוהה ישנה נפילה של האוכלוסייה, אולם בהעדר נתונים מהימנים הקודמים לשנת 2004 לא ניתן לקבוע כי אכן יש כאן מחזוריות מסודרת. עבודות שנעשו

במכון הבינאוניברסיטאי בעבר מצביעות על קיומן של תנודות חזקות באוכלוסיית הקיפודים. באתרי השמורה נמשכת התאוששות חבצלות הים גם השנה, ונראה כי צפיפותן עלתה במידה נכרת במשך השנים 2004-2009 (איור ב36). גם באתרי IUI עלתה צפיפות החבצלות מאז 2004, אם כי השנה נמדדה ירידה בצפיפותן יחסית לשנה שעברה. צפיפות חבצלות הים בלגונה נמוכה משמעותית מערכי שאר האתרים.



איור ב35: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי הים (*Diadema setosum* (למעלה) ושל קיפודי הים מכל המינים (למטה) באתרי הניטור.

Figure B35: The average density (individuals per m²) of *Diadema setosum* (top) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.



איור ב36: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים באתרי הניטור.

Figure B36: The average density (per m²) of feather-stars at the sampling sites.

5.ב. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

מטרה

אומדן קצבי ההתיישבות והגידול של אצות צמודות-מצע וחשיבות הרעייה לויסות כמות האצות.

שיטות

ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון חוספס על מנת להקל על ההתיישבות אצות, הוצבו באופן שרירותי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. החל משנת 2007 הוצבו מערכים דומים גם בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בעומקים 20 מ', 5 מ', ובלגונה. בכל מערך שתי לוחיות חשופות ושתי לוחיות מכוסות כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ (איור 37). הלוחיות משמשות להתיישבות אצות צמודות מצע, ומהוות מודל להתיישבות אצות בשטחים חשופים בשונית. אחת לחודש מוחלף זוג לוחיות חשופה-מכוסה מצומדות מכל מערך בלוחיות נקיות – זמן השהות של כל לוחית במים כחודשיים.

האצות מגורדות מהלוחיות שהוצאו מהמים ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצטון:מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה-*chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

$$[Chl_a] \frac{mg}{cm^2} = (30 \cdot (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630})) / 100$$

הלוחיות המוגנות על ידי כלובי המתכת משמשות לאומדן כמות האצות הפוטנציאלית, בכך שהכלובים מונעים רעייה של דגים, קיפודי ים, וחלזונות גדולים שהם הצרכנים העיקריים של אצות אלה. פוטנציאל הגידול של אצות נשלט במידה רבה על ידי זמינות חומרי המזון (נוטריינטים) במים. הלוחיות החשופות מהוות מדד לכמות האצות האמיתית, וכך למידת הרעייה על אצות. בשל השונות הגבוהה של כמות האצות (= ריכוז *chlorophyll a*) על לוחיות הניסוי, כל מדידה חודשית מחושבת על-פי ממוצע שלוש הלוחיות המוגנות ושלוש הלוחיות החשופות שהוצאו באותו חודש. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).



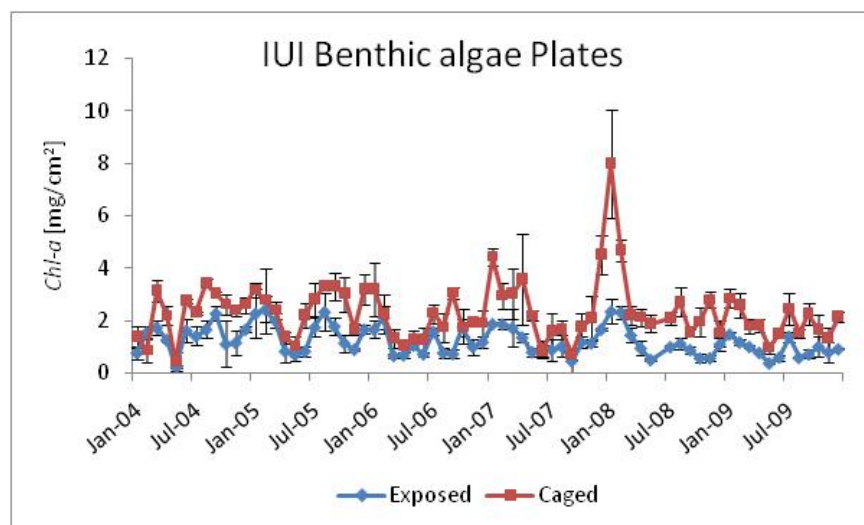
איור 37: (א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת.. צילום: נ. שגב (ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: ר. ריף
Figure B37: A) Algae settlement plates. Two plates in the array are exposed to grazing by herbivores, and two are protected by a wire cage. Photo: N. Segev (B) Every month divers replace the two settlement plates that have been in the sea for two months. Photo: R. Reef.

תוצאות

ערכי *chlorophyll-a* על גבי לוחיות מול המעבדה היו השנה נמוכים יחסית (איור ב38). הפריחה החזקה שנמדדה על גבי לוחיות מוגנות בחודשי החורף בשנתיים הקודמות לא נצפתה השנה; בשנים 2008 ו-2009 היה ערבוב עמוק אשר התבטא בין היתר בפריחת אצות בנתוניות חזקה, השנה הערבוב היה רדוד ופריחת חורף חזקה לא התרחשה – עדות לקשר ההדוק בין נוטריינטים בעומק, ערבוב, ופריחת אצות בנתוניות על גבי מדרונות השונית. הריכוז הגבוה ביותר אשר נמדד השנה על גבי לוחיות מוגנות מרעיה היה 2.84 mg/cm^2 בחודש ינואר 2009, לעומת 7.99 mg/cm^2 בינואר 2008. גם פריחת אצות על המדרונות, מחוץ ללוחיות לא נצפתה השנה.

ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעיה נותרו דומים לערכים של השנים הקודמות. נראה כי כאשר ישנה פריחה ואצות מצויות בשפע אוכלוסיית הרועים מצליחה לנצל את חלק הארי של האצות (ההפרש המרבי בין לוחיות מוגנות וחשופות היה בשנת 2008 5.64 mg/cm^2), ואילו בהעדר פריחה, עדיין נותרת כמות אצות אשר הרועים אינם מסוגלים לנצל – ההפרש המרבי היה השנה 1.47 mg/cm^2 , וערכי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות נותרו דומים (1.48 mg/cm^2 בינואר השנה לעומת 2.36 בשנה הקודמת). עובדה זו מעידה על כך שישנו ערך סף של כמות אצות אותו לא מסוגלים הרועים לנצל. תצפית זו תואמת גם לממצאים ממחקר ממוקד על רעייה בשונית אשר נתמך על ידי תוכנית הניטור ופורסם כנספח בדו"ח המדעי לשנת 2007.

לאור השינויים הגדולים אשר נמדדו בסקר קיפודי הים בשנים האחרונות – צפיפות גבוהה בשנים 2007 ו-2008 וירידה חדה בצפיפות השנה, תת-פרק ב.4 למעלה – יתכן כי כמות האצות הבנתוניות מהווה גורם מגביל להתפתחות אוכלוסיית הקיפודים.

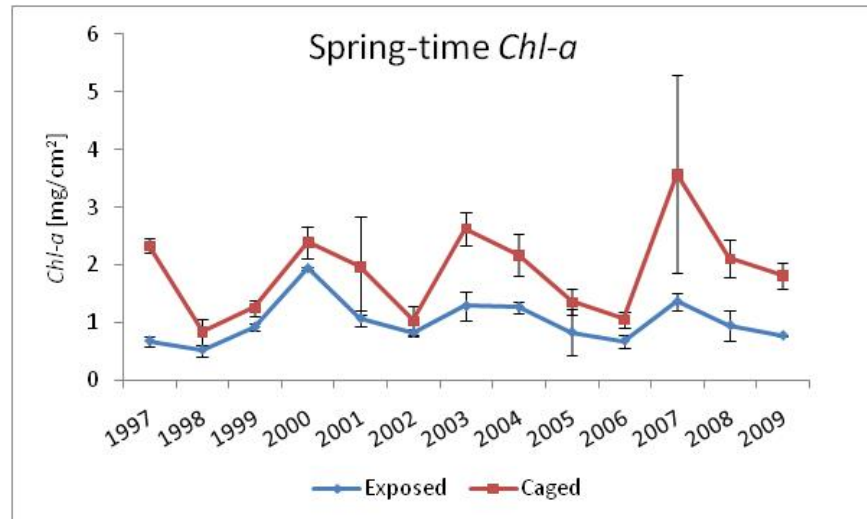


איור ב38: ממוצע כמות *Chlorophyll a* ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים מאז 2004. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

Figure B38: Average chlorophyll *a* on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates since 2004. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months).

מול המעבדה מתנהל מעקב רב-שנים אחר כמות הכלורופיל על גבי לוחיות ששהו במים משך חודשיים באביב (מרץ-אפריל) ובו נצפים שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית בעונה נתונה (איור ב39). ישנה מחזוריות בפוטנציאל הגידול של אצות (לוחות מוגנות מרעיה) אולם זו אינה סדורה. השנים בהם פוטנציאל הגידול היה נמוך ביותר הן 1998, 2002, 2006. על אף הערבוב הרדוד השנה והירידה בכמות האצות, פוטנציאל הגידול השנה כמעט כפול מזה של שנים אלה. השינויים הגדולים בכמות האצות באותה עונה בשנים עוקבות מצביעים על כך שכמות האצות מושפעת

ממספר תהליכים בנוסף לרעייה. בהשוואה זו נראה כי כמות הכלורופיל בשנת 2007 הייתה גבוהה מכמות הכלורופיל שנמדדה בעונה זו בכל השנים האחרות מאז 1997. ריכוזים גבוהים במיוחד נמדדו גם בשנים 2000 ו-2003 ומצביעים על עומק הערבוב כגורם מרכזי המשפיע על פריחת האצות. בכל שנה כמות האצות על גבי לוחיות החשופות לרעייה קטנה מהפוטנציאל המגולם בלוחיות המוגנות. ברוב המקרים (יוצא מן הכלל שנת 2000) משרעת ערכי הכלורופיל בלוחיות החשופות קטנה בהרבה מזו של הפוטנציאל, עדות לכך שהרעייה יעילה ביותר בויסות כמות האצות. בשנים בהן פוטנציאל האצות נמוך ההבדלים בין הלוחיות החשופות והמוגנות קטנים מאד, ונראה כי בשנים אלה כמות האצות היא גורם מגביל לאוכלוסיית הרועים בשונית.



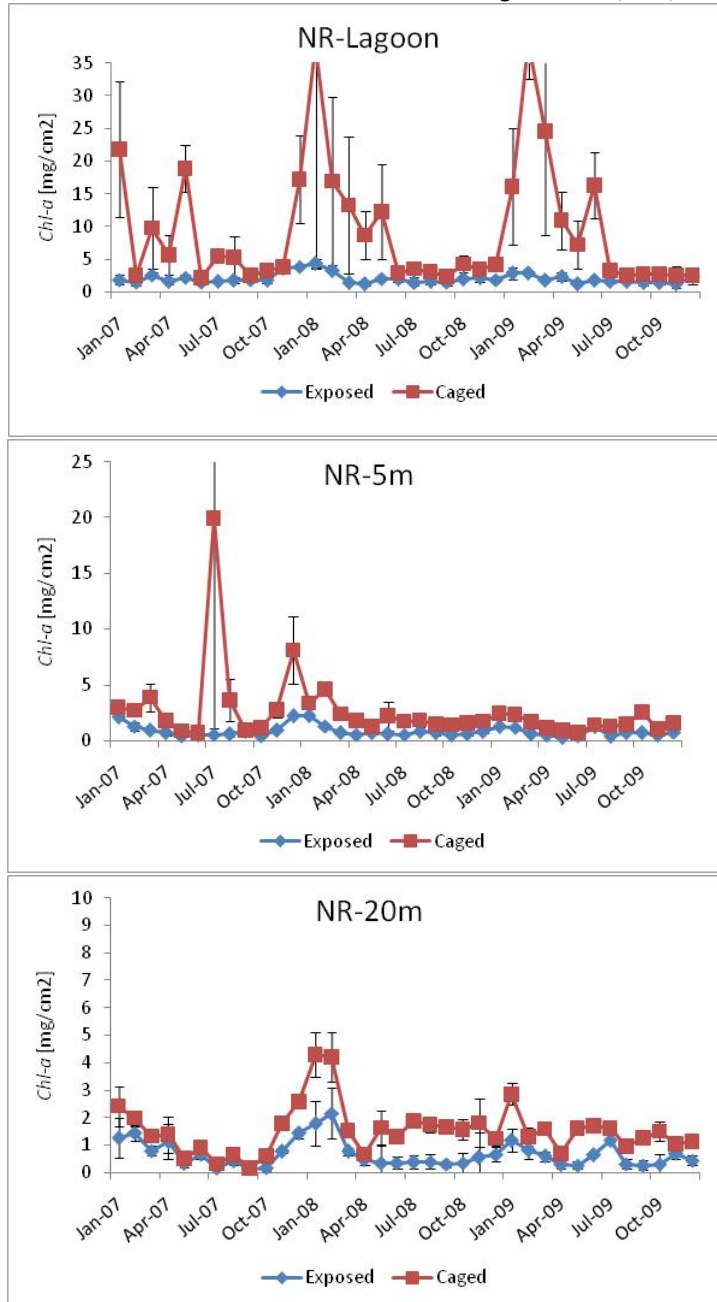
איור B39: ממוצע כמות Chlorophyll a בחודשי האביב (מרץ-אפריל) על-גבי לוחית חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים.

Figure B39: Average chlorophyll a during the months April-May on exposed and caged settlement plates since 1997. Each point is an average of three plates submerged in the sea for two months.

מאז שנת 2007 נמדדת התיישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בשלושה עומקים המייצגים שלוש סביבות שונות (איור ב40). בלגונה עומק המים נע סביב 1.5 מטרים (כתלות בגובה פני הים), ולכן עוצמת האור באתר זה גבוהה יותר מזו שבאתרים האחרים בהם הוצבו לוחות התיישבות. מאידך, אזור זה חשוף לפעולת גלים בעת סערה, והקרקע החולית אינה יציבה ועשויה לכסות את לוחיות ההתיישבות. השילוב בין לוחיות שכוסו לעיתים בחול ובין צמיחת אצות אשר לעיתים מילאו את כל כלובי ההגנה סביב הלוחות גורם לעיתים להבדלים גדולים (שגיאות תקן גדולות) בין שלושת מערכי הדיגום. שגיאות אלה מאפילות על הערכים הנמדדים ומקשות על ניתוח התוצאות. על אף זאת, אין ספק כי פוטנציאל הגידול בלגונה עשוי להיות גבוה בסדר גודל מזה שבעומקים גדולים יותר. על גבי הלוחיות החשופות בלגונה, לעומת זאת, ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן משמעותי מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרועים בלגונה מצליחה להתמודד גם עם פוטנציאל גבוה זה. בלגונה נצפו בשלוש שנות הניטור שתי פריחת עונתיות: פריחת חורף (ערכים גבוהים ביותר, בחודש פברואר) ופריחת אביב. בניגוד לממצאי אתר המעבדה לא נמצא הבדל משמעותי בין שלוש השנים 2007-9.

מערכי הלוחיות בעומק 5 מ' מוצבים על גבי סלע שונית המונע כסוי בחול ומעודד התיישבות וצמיחת אצות. גם כאן נמצאו חודשים בהם אחד הכלובים המגינים על הלוחיות מרעייה התמלא לגמרי באצות. במקרים אלה התקבלו ערכי כלורופיל גבוהים מאד – ושגיאות תקן גדולות. במפתיע לא נמדדה פריחת אצות בחורף 2007, וריכוז הכלורופיל הגבוה ביותר נמדד בקיץ 2007. כפי שנמצא במדרון מול המעבדה, ריכוזי הכלורופיל בקדמת השונית בשמורה בשנים 2007 ו-2008 היו גבוהים מריכוזיהם השנה. גם באתר זה נמצא שרעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות נותר נמוך.

ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות בעומק 20 מ' נמוכים ביותר עם שיאים בעיקר בחורף, אם כי בדומה לעומק 5 מ' לא נמדדה השנה פריחה בחורף. ריכוזי הכלורופיל השנה אינם נמוכים משמעותית מאשר בשנה הקודמת. גם בעומק 20 מ' פעילות הרועים מורידה את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, ובחודשי הקיץ ריכוז הכלורופיל עליהן נמוך מ- $1\text{mg}/\text{cm}^2$.



איור ב40: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשמורת חוף אלמוג מאז שנת 2007. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים). למעלה – לוחיות שהוצבו בלגונה, באמצע – לוחיות מעומק 5 מטרים, למטה – לוחיות מעומק 20 מטרים.

Figure B40: Average chlorophyll *a* on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates at the Nature Reserve since 2007. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months). Top – the lagoon, middle – at 5 meters depth, bottom – at 20 meters.

ב.6. סקר דגי השונית

מטרה

מעקב אחר שינויים בשפעת וכמות דגי השונית העיקריים בשונית שמורת האלמוגים. מעקב אחר מצב הדגה בשונית משמש הן לצורך ניטור קבוצה זו של שוכני שונית והן לצורך זיהוי מצבים העשויים לפגוע בחברת השונית כולה.

שיטות

דגי השונית נסקרו בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, "הגנים היפנים", באזור קדמת השונית בעומקים 5-8 מטרים. תדירות הסקר אחת לשנה, בתקופת הקיץ. מתוך כלל אוכלוסיית הדגים נבחרו 32 סוגים על סמך שני שיקולים: (1) דגים עיקריים (2) סוגים מייצגים של קבוצות פונקציונאליות בשונית. הבחירה נעשתה על סמך הניסיון המצטבר בשוניות אילת (Khalaf et al., 2003) ובעצה אחת עם ד"ר ערן ברוקוביץ'. אוכלוסיות היעד חולקו לשני חלקים: דגים החיים בעמודת המים (השוחים בעמודת המים ואינם צמודים למושבת אלמוגים זו או אחרת) ודגים מוצנעים (cryptic) שוכני קרקעית (רובם שוהים דרך קבע בין ענפי אלמוגים). הדגים נספרו בסדרה של מנסרות ישרות בעלות בסיס מלבני ברוחב 1 מ' ובאורך 7 מ' ונפח הכולל את עמודת המים בין הבסיס ופני המים. בכל פעם נדגם מערך סדור אשר מיקומו נבחר באופן שרירותי: סדרה של מנסרות סמוכות המופרדות 3 מ' זו מזו לאורך סרט מדידה. מימדי המנסרה נקבעו על פי שיקולים של טווח ראיה: על הצולל להיות מסוגל לראות את כל נפח המנסרה בבת אחת, המרחק בין מנסרות נועד לאפשר עבודה בטוחה בצלילה – קשר עין בין דוגמים. יחידות הדיגום הן: עבור דגי עמודת המים – נפח מנסרה עם בסיס מלבני 7X1 מ' על קרקעית המים ועד לפני המים, ופרק זמן של עשר דקות. עבור הדגים שוכני הקרקעית – בסיס יחידת הדיגום וכל מושבות האלמוגים המעונפים בתחומה. קצותיהם של שני סרטי מדידה מחוברים למוט באורך מטר קובעו לקרקעית המים (נקשרו לשונית) ונמתחו במקביל על ידי צולל השוחה עם המוט. קצות רצועות דיגום (אורך כל רצועה 7 מ', בסיס המנסרה) סומנו לאורך סרטי המדידה בעזרת מוטות נוספים. לאחר חלוקת השטח לאזורי דיגום מתרחקים הצוללים מרצועות הדיגום וממתנינים 5 דקות לאפשר חזרת הדגים לפעילות רגילה. לאחר פרק זמן זה מתחילה ספירת הדגים שוכני עמודת המים אשר עוברים בנפח המנסרה במשך עשר הדקות הבאות. לאחר ספירת דגים אלו במשך עשר דקות, נספרים הדגים שוכני הקרקעית המאכלסים את מושבות האלמוגים בתחומי בסיס המנסרה. יחד איתם נספרות מושבות האלמוגים המאוכלסות והמושבות הריקות.

תוצאות

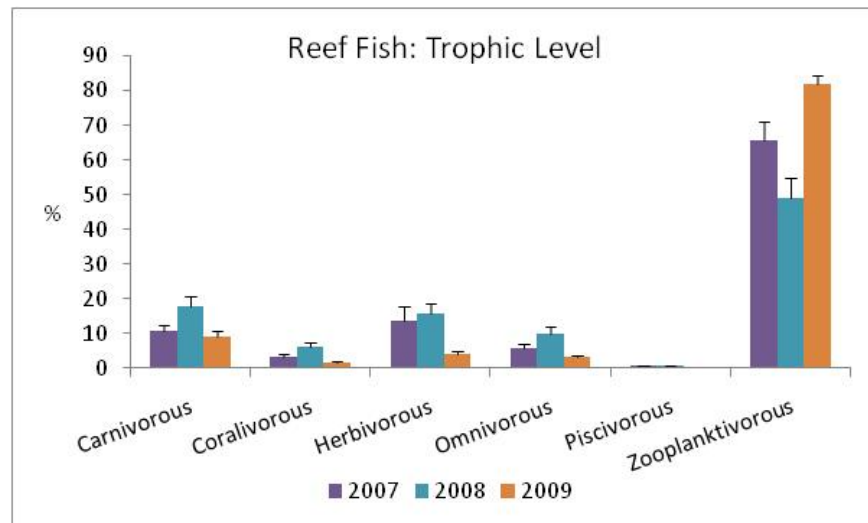
השנה היא השנה השלישית בה מבוצע סקר דגי השונית, ומתחילה להתקבל תבנית לגבי מבנה חברת הדגים בשמורה. יחד עם זאת הבדלים גדולים בכמות הנתונים אשר נאספה בכל שנה ושונות מובנית מאופי הדגימה מקשים על קבלת מסקנות סטטיסטיות בשלב זה. בשנה הנוכחית נדגמו 22 יחידות של 5 X 7X1 מטרים (עומק המים) 10X דקות (עבור דגים פלגים), לעומת 29 בשנה הקודמת. בסך הכל נספרו השנה 7289 דגים – יותר מכפול המספר שעלה במדגם בשנה הקודמת (3273). מדגם הדגים כלל 2240 דגים מעמודת המים ו- 5049 דגים שוכני קרקעית המשוייכים לאלמוגים ביחידות הדיגום (לעומת 746 ו-2526 פרטים בשנה הקודמת, בהתאמה). יש להזכיר כי רבים מהדגים צמודי הקרקעית חיים בלהקות של עשרות עד מאות פרטים ומספרם מוערך על ידי הסוקר בהתאם לצפיפות הדגים הנספרת בחלק מהלהקה כפול הערכת הנפח של הלהקה כולה. די בשתיים-שלוש להקות גדולות כדי לתרום אחוז ניכר מהדגים הנסקרים ומצב כזה משפיע בהכרח על הערכות השגיאה. המדגם כלל למעלה מ-120 אלמוגים מאוכלסים ו-80 אלמוגים לא-מאוכלסים. סקר השנה הקודמת כלל הרבה יותר אלמוגים (142 ו-183 בהתאמה) אך יחד עם הניב מספר קטן יותר של דגים.

קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין שוכני

השונית בשלוש השנים בהן מתקיים הסקר, והיוותה השנה כ-82% מכלל הדגים שנסקרו. אלו דגים קטנים יחסית הנעים בלהקות בהן מספר גדול של פריטים. נוכחות להקה אחת או יותר של דגים אלה עשויה לשנות את משקלם הייצוגי אך תמיד נמצא מספר גדול של דגים אלה בשונית (איור ב41). דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכזם חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. הקבוצה השנייה בגודלה השנה (9%) הייתה הדגים הטורפים (קרניבורים) דגים המווסתים את אוכלוסיית השונית – חסרי חוליות ודגים אחרים. הקבוצה השלישית היא קבוצת הרועים (הרביבורים) אשר היוותה השנה כ-4% מאוכלוסיית המדגם (בשנה שעברה היא חלקה של קבוצה זו דומה לקבוצת הטורפים). לדגים הרועים תפקיד חשוב בויסות כמות האצות צמודות-המצע בשונית וכך הינם בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. נוכחותם מקצרת את "שרשרת המזון" במעבר אנרגיה ישיר מהיצרנים הראשוניים (אצות) לדגה. מכיוון שדגים רועים ניוונים ממאקרו-אצות (אצות בנתוניות, צמודות מצע), הם לרוב דגים גדולים (סיכנים, נתחנים, תוכינונים) ופעולתם (ביחד עם קבוצת הקורליבורים, אוכלי האלמוגים) עשויה גם היא לגרום לבלייה של המצע (קרקעית אלמוגים).

הקבוצות הנותרות מהוות חלק קטן יחסית מאוכלוסיית דגי השונית.

חלוקת הדגים לפי הרמה הטروفית מאפשרת התייחסות למבנה החברה והשוואה בין השנים על אף הבדלים ניכרים בגודל המדגם, ומלמדת גם על התפקוד האקולוגי של דגי השונית. רשימת הדגים שנצפו בסקר, הקבוצה הטروفית לה הם משתייכים ושכיחותם בסקר השנה נתונה בטבלה ב8. בין השנים נשמר מבנה החברה המתואר למעלה, ושינויים יחסיים בין הקבוצות נובעים מכך שבסקר 2008 נמצא מספר קטן יותר של דגים זואופלנקטיבורים מאשר השנה וב-2007. כאמור הבדלים אלה מושפעים ממעבר של מספר קטן של להקות גדולות בעת עריכת הסקר ואין לראות בהם הבדלים אמיתיים בין השנים.



איור ב41: התפלגות דגי השונית על פי הרמה הטروفית.

Figure B41: Distribution of reef fish according to trophic level.

Taxa	Dweller*	Tropic level**	Occurrence	
<i>Amphiprion bicinctus</i>		Z	3	
Apogonidae		Z	4	
<i>Chromis dimidiata</i>		Z	47	
<i>Chromis viridis</i>		Z	2534	
<i>Dascyllus aruanus</i>		Z	13	
<i>Dascyllus marginatus</i>	Cryptic	Z	299	
Gobiidae		C	67	
<i>Labroides dimidiatus</i>		C	2	
<i>Neopomacentrus miryae</i>		Z	815	
<i>Pomacentrus sulfureus</i>		Z	19	
<i>Pomacentrus trichourus</i>		O	153	
<i>Pseudoanthias squamipinnis</i>		Z	1020	
Pseudochromidae		C	73	
Acanthuridae			H	94
<i>Anampse sp.</i>			C	1
<i>Atherinomorus lacunostus</i>		Z	1500	
Balistidae		C	34	
<i>Bodianus anthioides</i>		C	48	
Caesionidae		Z	77	
Chaetodontidae		Co	81	
<i>Cheilinus lunulatus</i>		C	1	
<i>Coris aygula</i>		C	1	
<i>Gomphosuse caeruleus</i>		C	12	
<i>Heniochus</i>	Pelagic	Z	4	
<i>Labroides dimidiatus</i>		C	14	
Ostraciidae		C	1	
<i>Paracheilinus octotaenia</i>		Z	34	
<i>Parupeneus sp.</i>		C	79	
<i>Pomacanthus imperator</i>		O	3	
<i>Pterios sp.</i>		C	1	
<i>Sargocentron diadema</i>		C	8	
Scaridae		H	142	
Serranidae		C	13	
<i>Siganus sp.</i>	H	2		
Syngnathidae	Z	2		
<i>Thalassoma sp.</i>	C	72		
<i>Variola louti</i>		P	16	
Total			7289	

* Cryptic - close to/hides within coral/rock

Pelagic - away from coral/rock

** C Carnivorous O Omnivorous
Co Coralivorous P Piscivorous
H Herbivorous Z Zooplanktivorous

טבלה ב8: שכיחות דגים בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג.

Table B8: Fish abundance of at the southern part of the Coral Beach Nature Reserve.

ג. ניטור הסביבה החופית

1.1. מי הים בקרבת החוף

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביולוגיים במי הים בקרבת החוף וזיהוי מגמות או מקורות זיהום העשויים לפגוע בחברת השונית.

שיטות

אחת לחודש מבוצעות מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים על דוגמאות ממי השטח בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובתחנת ים פתוח כפי שמפורט באיור 1 ובטבלה 1. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משמונה התחנות דוגמאות מים מעומק של 1-2 מ' באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO, לצורך מדידות במעבדה. בנוסף נמדדת טמפרטורת מי השטח באמצעות מד-חום כספית ונאמדת עכירות המים לפי עומק סקי (secchi), מדידה בה מורדת מהסירה דסקה צבועה בלבן ובעלת קוטר קבוע ונרשם העומק אשר מעבר לו לא ניתן להבחין בה.

מיד עם החזרה מהפלגת הדיגום מחולקים המים לצורך המדידות הכימיות הבאות:

חמצן מומס: ריכוז החמצן נקבע בשיטת ווינקלר שהיא ריאקציה סתירה המבוצעת בטיטרציה. הדגימות מקובעות ע"י הוספת שני ריאגנטים $MnSO_4$ ו- $KI+NaOH$ ומטוטרות עם $Na_2S_2O_3$ בריכוז 0.1N. הטיטרציה מתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מסוג Titrino 702 SM של חברת Metrohm, שוויץ. **pH:** מדידה בעזרת אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pHC2401-7 ומד pH דגם PHM 93 שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. ערכי pH נמדדים בטמפרטורה קבועה של $25^{\circ}C$.

מליחות: מדידה במד מליחות מדגם 2100 Minisal של חברת AGE Instruments, קנדה.

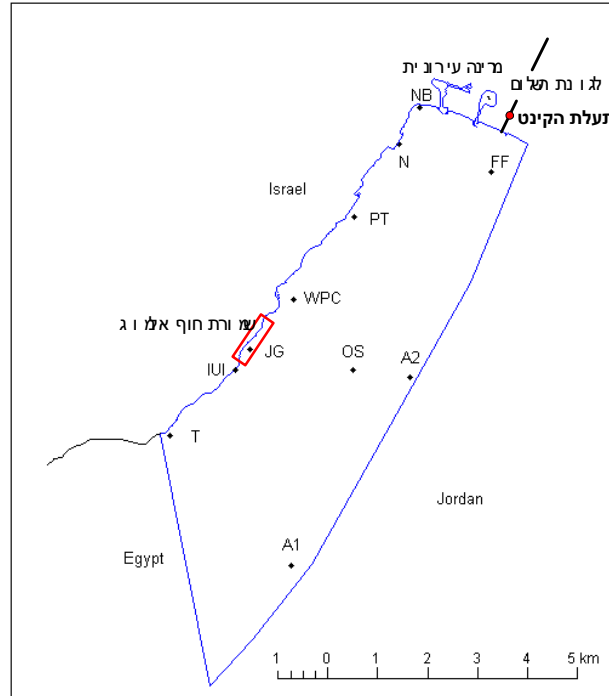
נוטריינטים: NO_2 , NO_3 , $Si(OH)_4$, PO_4 נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של המכשיר.

אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרציה Gran עם HCl בריכוז 0.05N המתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מדגם DL67 ואלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם DG111, שניהם של חברת Mettler Toledo, שוויץ.

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GFF. הפילטרים ממוצים באצטון 90% בחושך (במקרר $4^{\circ}C$) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכוז הכלורופיל והפאופיטין (Chlorophyll-a and Pheophytin) נמדד בפלואורומטר מדגם 10-AU Fluorometer של חברת Turner Designs, קליפורניה, ארה"ב. ריכוז הפאופיטין נמדד לאחר החמצת המיצוי עם HCl בריכוז 1N.

אמוניה: אמוניה נמדדת באמצעות פלואורומטר DyNA QuantTM 2000 של חברת Hoefler לאחר הדגרת הדוגמאות בחושך בתוספת ריאגנט צבע המכיל orthophthaldialdehyde למשך 3 שעות.

ספירת תאי פיטופלנקטון: מתבצעת במכשיר FACScan של חברת Becton Dickinson המשמש לספירת תאים והפרדתם למינים שונים עפ"י גודלם ותכולת הפיגמנטים בהם בשיטת flow cytometry. דוגמת המים עוברת בזרימה למינארית מול קרן לייזר הפוגעת בכל תא בנפרד, נשברת, ונקלטת על ידי חיישנים המספקים מידע על גודל התא וצורתו, וכן בליעה באורכי גל המאפיינים אוכלוסיות בעלות פיגמנטציה שונה זו מזו. בתוכנית הניטור נספרים תאים אאוקריוטים, בקטריות, וציאנובקטריה מין *Synechococcus*.



איור ג1: מפת תחנות הדיגום במפרץ אילת.

Figure C1: Map of the coastal-water monitoring stations in the territorial waters of Israel in the Gulf of Eilat.

שם תחנה	תיאור מיקום	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
FF	כלובי הדגים	29° 32'.25	34° 55'.75
NB	חוף צפוני מול מלון דן	29° 32'.94	34° 58'.23
N	מול קצה צפוני של בסיס חיל הים ולמון מרידיאן	29° 32'.55	34° 57'.36
PT	מסוף טעינת פוספטים	29° 31'.76	34° 57'.09
WPC	תחנת היחידה למניעת זיהום ים	29° 30'.87	34° 56'.54
NR	גנים יפניים שמורת חוף אלמוג, בקרבת המצפה התת-ימי	29° 30'.33	34° 55'.78
T	מול מעבר הגבול בטאבה	29° 29'.41	34° 54'.24
OS	ים פתוח צפונית ל- IUI	29° 30'.11	34° 56'.52

טבלה ג1: מיקום ותיאור תחנות הדיגום החופי של תכנית הניטור הלאומי.

Table C1: Locations of the coastal-water monitoring stations.

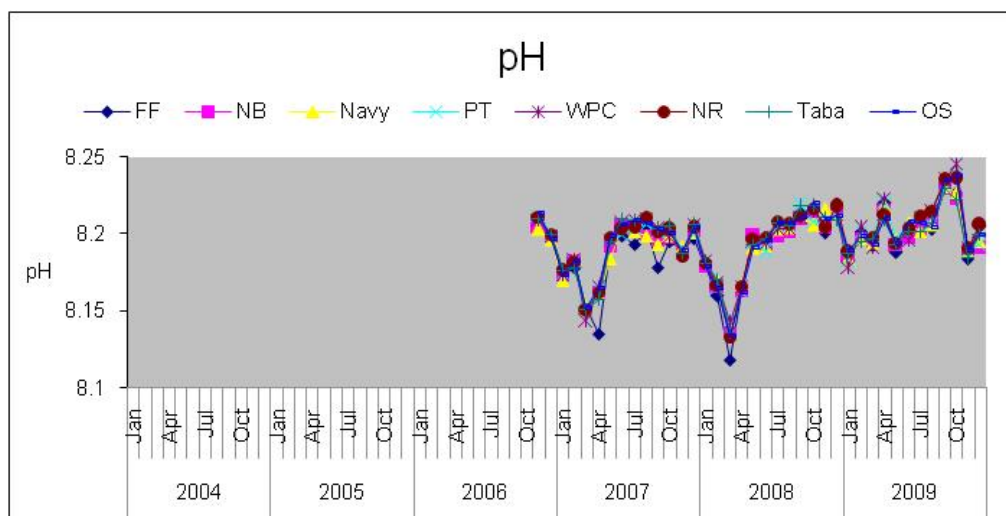
רמת חומציות המים (pH)

תזכורת: עקב התיישנות תמיסות התייחסנו אל כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים. הערכים המוצגים למטה מאז שנת 2007 הינם אמין ומדויקים.

ערכי ה-pH בחורף נמוכים, בדרך כלל, מאשר בקיץ וערכי המקסימום השנה היו בכל התחנות בחודשים ספטמבר-אוקטובר (איור ג2). זהו מחזור עונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתיו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף המעורבב. הערכים הנמוכים ביותר השנה נמדדו בחודש ינואר (מינימום 8.178) ובחודשים מאי ונובמבר ה-pH היה גבוה אך במעט 8.188, ו-8.183 בהתאמה, בתחנת "כלובי הדגים". הערך הגבוה ביותר אשר נמדד השנה היה 8.246 מול התחנה למניעת זיהום ים בחודש אוקטובר, ושם גם נמדד הערך הנמוך ביותר.

ערך ה-pH המרבי השנה גבוה ממה שנמדד בשלוש השנים האחרונות, ובנוסף לכך, לא נצפה השנה ערך מזערי דומה למדידות החורף של השנתיים הקודמות – 8.118 הוא הערך הנמוך ביותר שנמדד ב-2008, בחודש מרץ, במקום בו היו כלובי הדגים.

הערכים הנמדדים מאז סוף 2006 דומים לערכים שנמדדו לפני אוקטובר 2003 ומעידים על כך כי לא ניתן לאבחן מגמה ארוכת טווח של שינוי בערכי pH (בניגוד לאמור בדו"ח הניטור 2005, שם הוצגו מדידות שגויות).



איור ג2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום מאז אוקטובר 2006.
Figure C2: Monthly pH values at all coastal water monitoring stations since October 2006.

ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינטזה, תהליכי שיחלוף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם ה-pH נמוך יותר. מחזור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינטזה עשוי להשתנות גם באופן מקומי. המחזור השנתי של ערכי pH בכל תחנות המדידה מושפע קרוב לודאי על ידי מחזור הערבוב השנתי. בתקופת החורף מתערבבים מי השטח עם מים עמוקים בהם ה-pH נמוך כתוצאה מעודף נשימה על פוטוסינטזה. בעונת הקיץ המשוכבת מופרדים מי השטח ומי העומק, ובמים העליונים פעילות פוטוסינטטית גורמת לעליית ה-pH.

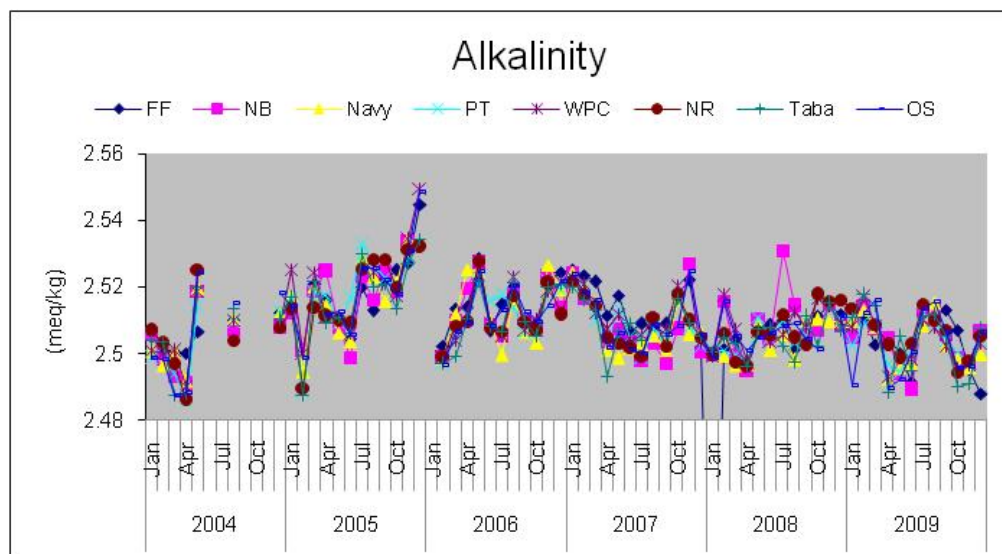
לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני.

אלקליניות

האלקליניות היא מדד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי אידוי ומיהול (מליחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. שינויים במליחות הינם קטנים ביותר ותהליכי קלציפיקציה צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי אלקליניות במים.

השנה לא נמדדה אלקליניות חריגה באף אחת מהתחנות החופיות. ערכים נמוכים של אלקליניות נמדדו באביב וערכים גבוהים יותר בקיץ, בדומה לשנה הקודמת, אולם ערכים נמוכים נמדדו שוב בסתיו השנה. כל התחנות הראו ערכי אלקליניות דומים במהלך הפלגת דיגום (באותו חודש). ערכים מעט נמוכים נמדדו בתחנת "כלובי הדגים" בחודש דצמבר (2.48795), הערך הנמוך ביותר השנה) ובתחנת "הים הפתוח" בחודש ינואר (2.49065), בעוד שרוב הערכים בתחנות האחרות באותם חודשים נעו סביב 2.5 (איור ג3). לאחר שש שנות ניטור לא ניתן לאבחן מחזוריות סדירה בערכי האלקליניות. מגמת עלייה אשר הסתמנה בשנים 2004-5 לא נמשכה בשנת 2006, ומאז ערכי האלקליניות די יציבים ואולי אף יישנה ירידה קלה, במקביל לירידה הקלה אשר נמדדה במליחות המים (ראה למטה).

עקב טווח הערכים המצומצם של האלקליניות לא ניתן לקבוע האם חל שינוי בקצב הקלציפיקציה או המסת קלציום-קרבונט בצפון המפרץ בשנים האחרונות.



איור ג3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.

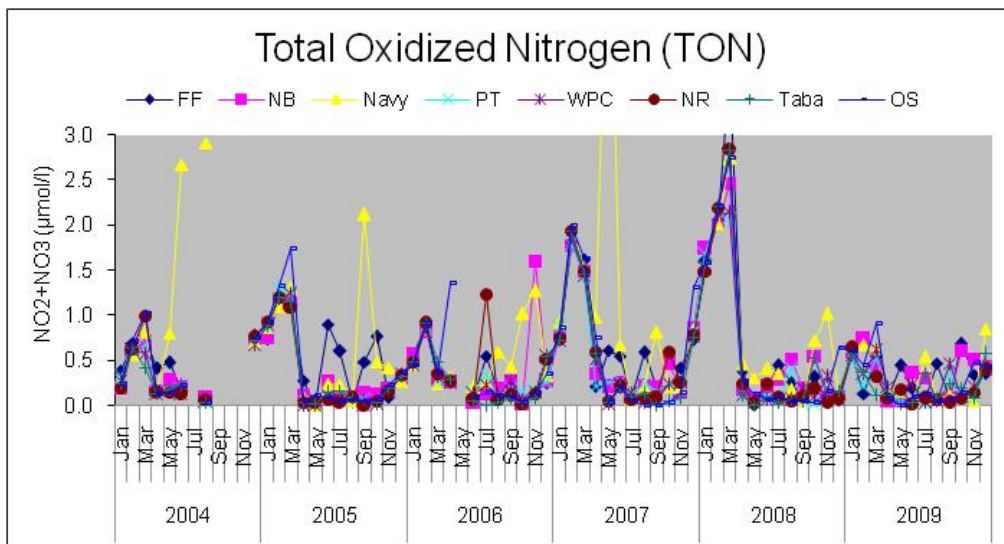
Figure C3: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

חנקן אנאורגני מחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$)

המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב של עמודת המים. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגורופית", בה השכבה הפוטית (העליונה) ענייה בנוטריינטים מכיוון שאין ערבוב בין מי השטח (העניים בנוטריינטים) למי העומק (שם הנוטריינטים מצטברים). ערבוב עמודת המים בחודשי החורף מביא להעשרת מי השטח בחנקן שמקורו במים העמוקים. לפיכך ערכי חנקן אנאורגני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף. בקיץ זמינות החנקן מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו – אם ממקור חיצוני ואם ממי העומק בתקופת הערבוב – גורמת לפריחתן. פריחת אצות ממושכת ואו אינטנסיבית עשויה לפגוע בשוניית.

ערבוב עמודת המים השנה לא היה עמוק, ועל כן לא נמדדו ריכוזים גבוהים של חנקן אנאורגני מחומצן במים החופיים גם בחודשי החורף (איור ג4). הריכוזים המרביים השנה נמוכים מאלו שנמדדו בשנה הקודמת. ריכוז מרבי נמדד בתחנת הים הפתוח בחודש מרץ, $0.914 \mu\text{mol/l}$, לעומת ערכים סביב $2.8 \mu\text{mol/l}$ ברוב התחנות בחודשי הערבוב בשנה הקודמת, בה נמדד ערך מרבי של $3.68 \mu\text{mol/l}$ בתחנת "כלובי הדגים".

גם השנה לא נמדדו ריכוזי חנקן גבוהים באופן חריג בתחנות החופיות. בפרט העדרן של מדידות חריגות מאזור החוף הצפוני מצביע על כך שהעשרה בחנקן שהייתה באזור זה בעבר נפסקה.



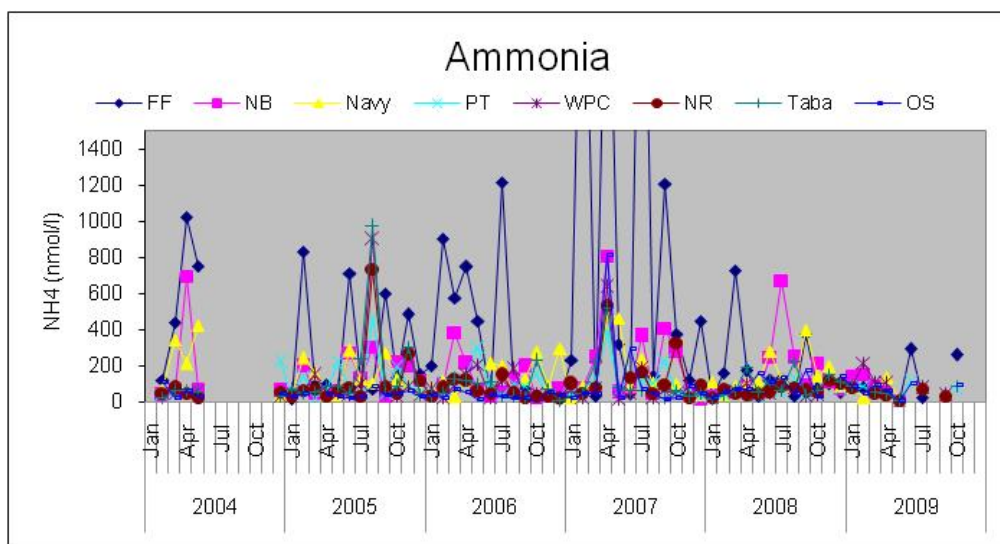
איור ג4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.
Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

אמוניה (NH₄)

קשיי דיגום אשר מקורם בבלאי מתמשך של בקבוקי דיגום, גרמו לכך שבמהלך הפלגת דיגום נוצר צורך להעביר מים מבקבוקי הדיגום שעל הסירה לכלי המעבדה. תהליך זה גרם לעיתים "לזיהום" של דוגמאות האמוניה – אשר מדידתם רגישה ביותר. עקב כך רבים מערכי האמוניה אשר נמדדו לא עמדו במבחן בדיקות האיכות ואינם מובאים להלן. תכנית הניטור רכשה השנה בקבוקי דיגום (Go-Flu) נוספים על מנת להבטיח איכות המדידות בעתיד.

האמוניה היא צורת חנקן זמינה מאד ונצרכת במהירות על ידי פיטופלנקטון וחיידיקים, ועל כן ריכוזה בים (ובפרט בתנאים אוליגוטרופיים) צפוי להיות נמוך ביותר. ריכוזי אמוניה גבוהים מעודדים גידול אצות העשויות לפגוע בשונית. האמוניה היא צורן הנצרך במהירות על ידי פיטופלנקטון, ועל כן נוכחות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי.

ריכוזי האמוניה אשר נמדדו השנה בכל התחנות היו קרובים הרבה יותר לריכוזים מהים הפתוח. מתוך המדידות האמינות השנה נמצא כי ריכוזי אמוניה הגבוהים ביותר עדיין נמדדים בתחנת "כלובי הדגים", אך שיעורם נמוך בהרבה מזה של ריכוזי השנים הקודמות (איור ג5). ממצאים אלה מתווספים לירידה בשיעור וכמות הערכים החריגים אשר נצפתה בשנה הקודמת ומעידים על כך כי מידת ההעשרה באזור החוף הצפוני בכלל ו"כלובי הדגים" בפרט ירדה משמעותית בשנתיים האחרונות.



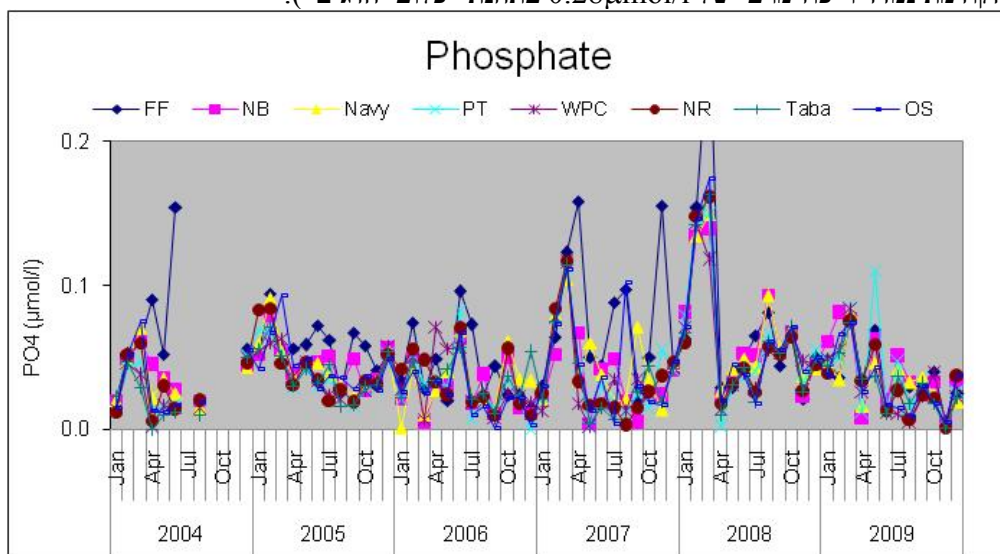
איור 5: ריכוזי אמוניה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.

Figure C5: Monthly concentrations of ammonia (NH_4) at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

פוספט (PO_4^{3-})

ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית חלשה של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ. הפוספט גם הוא נוטריינט חשוב ליצרנות ראשונית, ועל כן בקיץ ריכוזו בפני הים נמוך עקב צריכה בתהליך הפוטוסינטזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. ריכוזי פוספט מקומיים גבוהים באופן חריג בתחנות החופיות עשויים להצביע על העשרה מקומית בנוטריינטים.

ריכוזי הפוספט אשר נמדדו השנה בכל התחנות היו נמוכים בדרך כלל ממדידות השנים הקודמות, וזאת עקב הערבוב החלש והעדר ערכים חריגים (איור 6). הערך הגבוה ביותר נמדד בסמוך למסוף טעינת הפוספט של נמל אילת, $0.111 \mu\text{mol/l}$ בחודש מאי, עדות לכך כי במקום זה עדיין ישנה מפעם לפעם העשרה מקומית. יחד עם זאת, הן השיעור והן התדירות של העשרה זו נמוכים בהרבה בהשוואה לחריגות, אשר נמדדו בעבר (בשנה הקודמת נמדד ריכוז מרבי של $0.28 \mu\text{mol/l}$ בתחנת "כלובי הדגים").



איור 6: ריכוזי פוספט (PO_4) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.

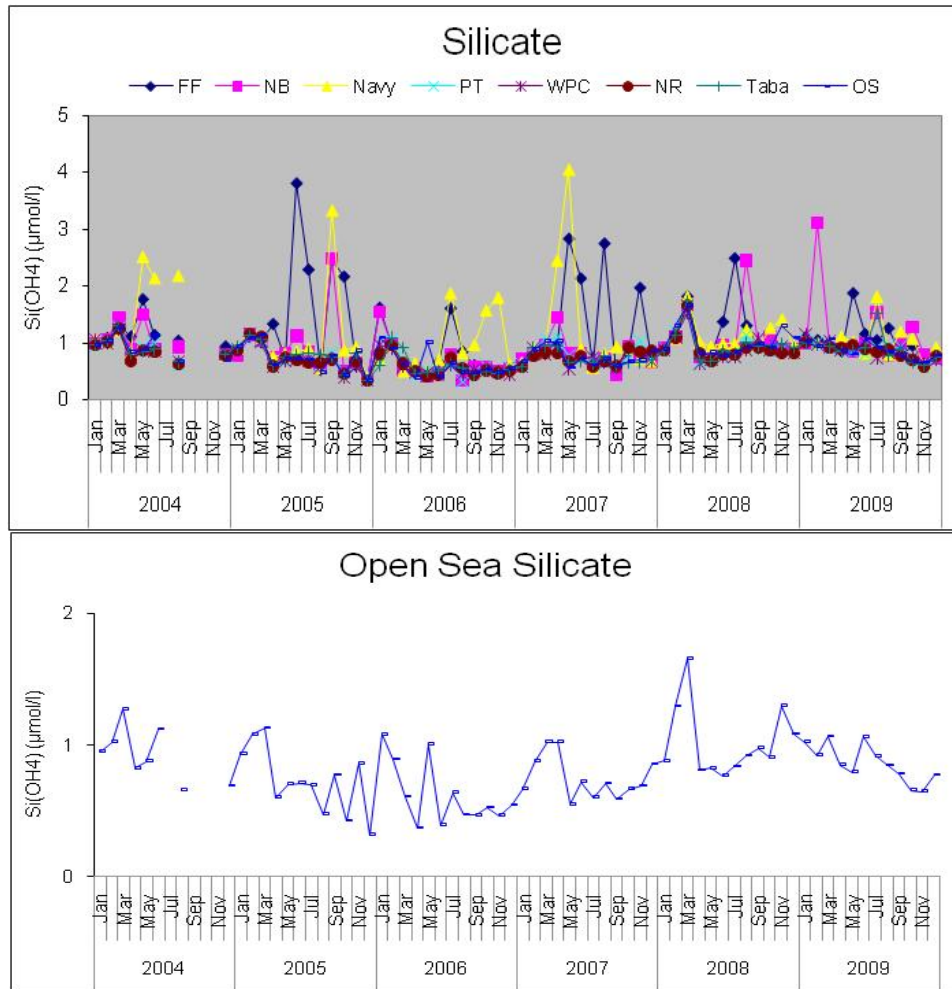
Figure C6: Monthly concentrations of phosphate (PO_4) at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

סיליקה (Si(OH)₄)

סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקעת שלד צורני במגוון גדול של פיתו/זואו-פלנקטון (דוגמת דיאטומאות) בעמודת המים. בהתאם לכך הסיליקה נצרכת במי השטח על ידי יצורים אלה וריכוזה נמוך במיוחד בקיץ וגבוה מעט יותר בחורף עם ערבוב מי השטח במי עומק עשירים יותר. ריכוזי סיליקה גבוהים באופן חריג נמדדו השנה בחוף הצפוני בחודש פברואר (3.101 μmol/l), בתחנת כלובי הדגים בחודש מאי (1.870 μmol/l) ובתחנות החוף הצפוני וחיל הים/מרידיאן בחודש יולי (1.813 μmol/l). בשאר התחנות ריכוזי הסיליקה בדרך כלל דומים, ודומים לריכוזים שנמדדו בתחנת הים הפתוח (איור ג7).

משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין מכסימום של 1.069 μmol/l במרץ למינימום של 0.652 μmol/l בנובמבר. ריכוזים אלה נמוכים מהריכוזים שנמדדו בשנה הקודמת ודומים לריכוזי 2006-7. זהו שינוי לעומת העלייה בריכוזי הסיליקה אשר נצפתה מאז 2005.

ריכוזי סיליקה נקודתיים גבוהים, בפרט בחודשי הקיץ, מצביעים על מקור העשרה היצוני (השנה – באזור החוף הצפוני וחיל הים, אם כי פחות מאשר בשנים שעד 2007. שינוי מגמתי ארוך טווח בריכוז הסיליקה עשוי להצביע על שינוי בהרכב אוכלוסיית הפיטופלנקטון. שינוי כזה עשוי לנבוע משינויים ארוכי טווח בתכולת המומסים במים.



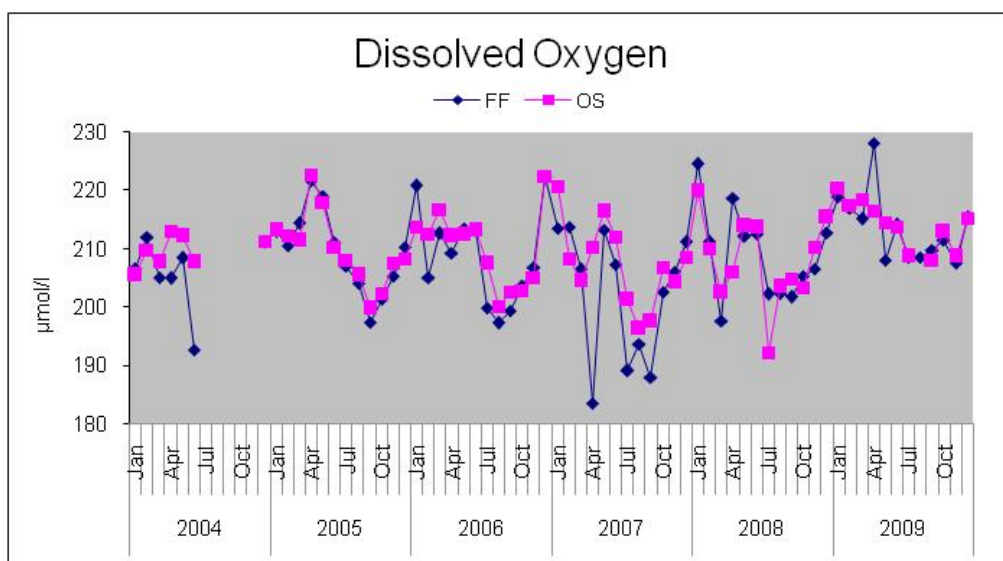
איור ג7: למעלה- ריכוזי סיליקה (Si(OH)₄) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009. למטה – ריכוזי הסיליקה בתחנת הים הפתוח באותה תקופה.

Figure C7: Top - monthly concentrations of silicate (Si(OH)₄) at the coastal sampling stations during 2004-2009. Bottom – silicate concentrations in the Open Sea station.

חמצן מומס

חמצן מומס נמדד בשתי תחנות, ליד כלובי הדגים ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס עולה בחודשי האביב, ויורד בקיץ-סתיו. שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ותהליך הנשימה/פוטוסינטזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסות החמצן וריכוז חמצן מומס במים צפוי לעלות. תהליכי נשימה במים צורכים חמצן, ואילו תהליכי פוטוסינטזה עשויים לשחרר חמצן למים. ריכוזי החמצן הגבוהים בסוף החורף-אביב עשויות לנבוע הן מהטמפרטורה הנמוכה בפני השטח והן עקב עליה בפעילות פוטוסינטטית בתקופה זו (ראה מדידות כלורופיל a למטה). לא צפויים להיות הבדלים במרחב (בין התחנות השונות) בריכוז החמצן המומס.

השנה נמדד ריכוז החמצן הגבוה ביותר במים החופיים בשש שנות הניטור – $228.1 \mu\text{mol/l}$ בחודש אפריל בתחנת "כלובי הדגים". ריכוז זה גבוה מהריכוז שנמדד באותו חודש בתחנת הים הפתוח, $216.6 \mu\text{mol/l}$ (איור 8). בדרך כלל היה ריכוז החמצן המומס במי השטח גבוה יותר ואחיד יותר השנה בהשוואה לשנים הקודמות. דינאמיות של שינויים בריכוזי החמצן עשויה להצביע על מחזוריים של פריחת פטופלנקטון וקריסתן. העובדה כי השינויים השנה היו קטנים בהשוואה לשנים קודמות מצביעה אולי על פריחת חלשות יותר השנה.

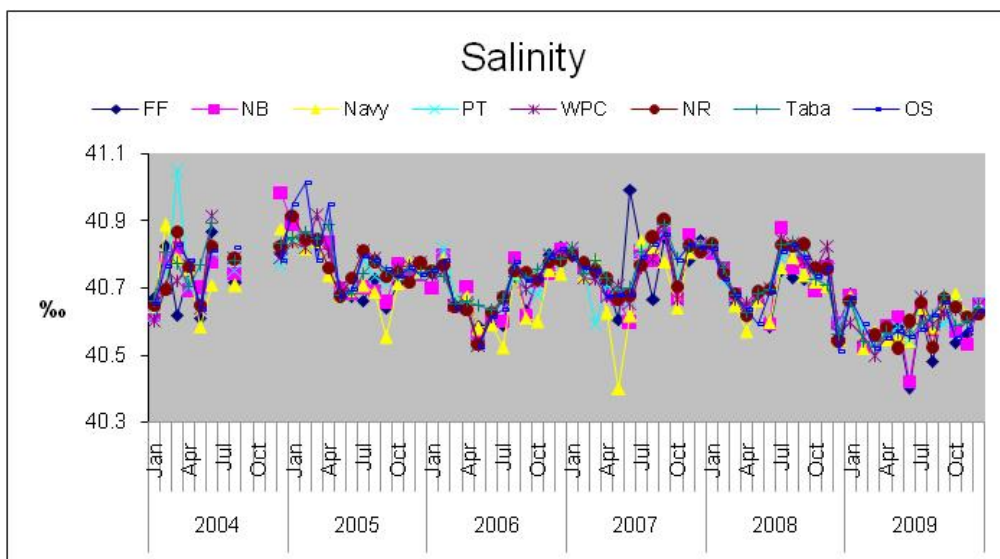


איור 8: חמצן מומס בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.

Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

מדדים פסיקליים מליחות

המליחות אשר נמדדה השנה במים החופיים הייתה נמוכה בדרך כלל ממדידות השנים הקודמות. רוב התחנות הראו מליחות דומה בכל הפלגה, ורק בתחנות החוף הצפוני וכלובי הדגים נמדדה מדי פעם – ובפרט בחודש יוני – מליחות מעט נמוכה יותר אשר עשויה להצביע על מיהול מי הים (איור 9). הבדלים מקומיים במליחות מצביעים על זרימת מים בעלי מליחות שונה ממליחות הים. בחוף הצפוני מקורות למים בעלי מליחות נמוכה עשויים להיות תעלת הקינט ומים הזורמים מהעיר אילת.



איור 9: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.

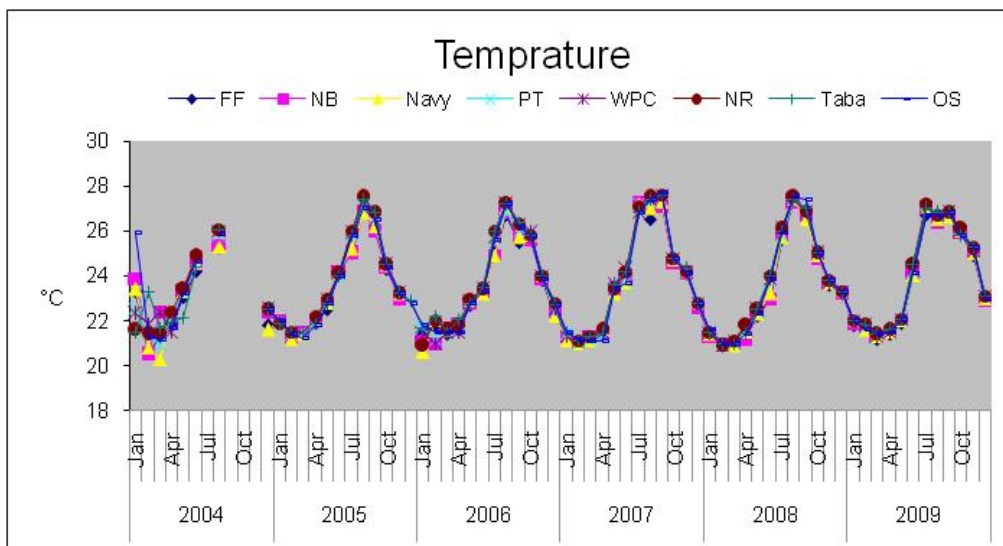
Figure C9: Salinity at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

טמפרטורה

טמפרטורת מי השטח מראה מחזור שנתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ. הטמפרטורה אשר נמדדה כל השנה בתחנות החופיות דומה לטמפרטורת הים הפתוח. משרעת הטמפרטורות השנה נעה בין 27.2°C בחודש יולי בשמורה ו- 21.2°C בחודש מרץ ב"כלובי הדגים". משרעת זו קטנה משל השנה הקודמת אשר נעה בין ערכי קיצון של 21.0°C בחודשים פברואר-מרץ ו- 27.5°C באוגוסט. על אף שהטמפרטורה המרבית השנה הייתה נמוכה מזו של שנת 2008, היו השנה יותר חודשים חמים (איור ג10).

הטמפרטורה בכל התחנות בדרך כלל דומה – בפרט בין התחנות הדרומיות עם המדרון התלול והתחנות הצפוניות מעל מדרון מתון יותר. הטמפרטורה המרבית ביולי בשמורה נובעת מהיותה של תחנה זו האחרונה בסדר הדיגום ואליה מגיעים לקראת צהריים.

[מדידות הטמפרטורה בחורף 2004 משתרעות על טווח של למעלה משתי מעלות באותו בוקר. למרות שהבדלי טמפרטורה מקומיים עשויים לשמש עדות לגופי מים שונים, או הזרמת מים מהחוף אל הים, המשרעת הגדולה חודש אחר חודש והעדר תבנית מרחבית מעמידה בספק את אמינות המדידות בתחילת 2004 (באותה תקופה נעשה שימוש במד טמפרטורה דיגיטאלי אשר הוחלף במד חום כספית מדויק).]

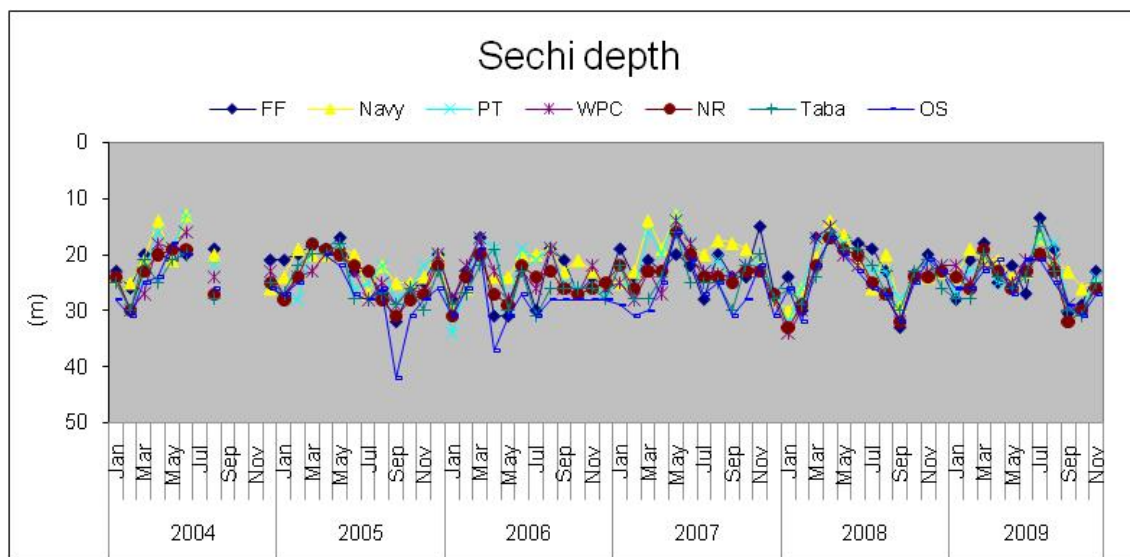


איור ג10: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.
Figure C10: Temperature at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

עכירות

הערכת עכירות המים לפי מדידת "עומק סקי" הינה גסה, בהיותה מושפעת גם מגורמים כגון מצב הים (היינו השתברות אור על פני המים בים גלי), זווית השמש, והערכה סובייקטיבית של המודד. גורמים אלה גם עשויים ליצור הפרשים גדולים יחסית של ערכים בין תחנות. יחד עם זאת המדידה פשוטה, זמינה, ונעשית מזה שנים רבות בכל העולם.

עומק הסקי גדול בסוף הקיץ ונמוך יותר באביב. המחזור השנתי של שינויים בעומק סקי (עכירות) נובע בעיקר ממחזור הערבוב אשר גורם לפריחת אצות ועליה בעכירות. אולם עכירות המים בקרבת החוף מושפעת גם מגורמים נוספים כגון סוג קרקעית הים ומשטר זרמים וגלים העשויים לגרום להרחפת סדימנט, תוספת מים בעלי עכירות גבוהה מהחוף, תוספת חומר חלקיקי לים, או פריחת אצות מקומית הנובעת מהעשרה בנוטריוטים. העכירות הגבוהה יחסית הנמדדת בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה. השנה נמדד עומק מרבי של 32 מ' בחודש ספטמבר בשמורה. עומק דומה נמדד ברוב התחנות באותו חודש בשנה הקודמת (איור ג11). העומק המזערי – 13.5 מ' נמדד ב"כלובי הדגים" בחודש יולי. בדרך כלל ערכי סקי דומים ברוב התחנות אולם חריגות קלות (עומק קטן = עכירות גבוהה) נמדדו בתחנת חיל הים/מרידיאן (בחודשים ספטמבר ואוקטובר) וב"כלובי הדגים" בחודשים יולי ונובמבר. עומקי סקי שנמדדים על ידי תכנית הניטור דומים בין השנים.



איור ג11: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.
Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

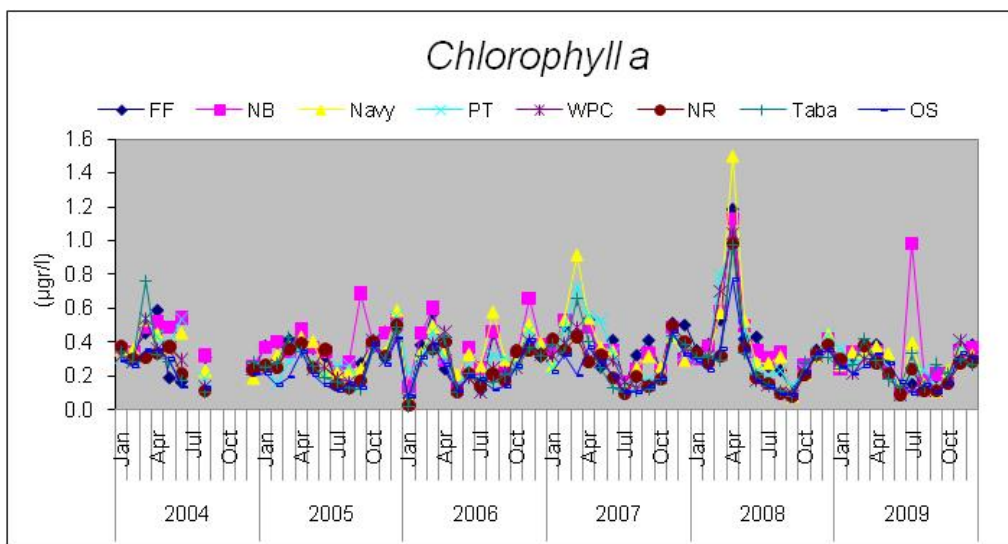
מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

ריכוז כלורופיל a קשור ישירות למחזור הערבוב השנתי, המספק חומרי מזון ויוצר פריחות פיטופלנקטון בחודשי האביב (איור ג12). בדרך כלל נמדדים ריכוזים נמוכים יותר נמדד בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וגבוהים יחסית בתחנות הצפוניות.

בחודש יולי השנה נמדד ריכוז כלורופיל גבוה במיוחד בתחנת "החוף הצפוני" – $0.98 \mu\text{gr/l}$. באותו חודש היה ריכוז הכלורופיל בשאר התחנות נמוך מ- $0.40 \mu\text{gr/l}$, הערך השני בגובהו אשר נמדד בתחנת "חיל הים". בשאר החודשים הייתה משרעת הערכים קטנה הרבה יותר ורוב התחנות הראו ריכוזי כלורופיל דומים. ריכוזי הכלורופיל המרביים השנה נמוכים מאלו שנמדדו בשנה שעברה. תדירות המדידות של ריכוזים גבוהים חריגים נמוכה בשנתיים האחרונות מאשר בשנים הקודמות להן ומצביעה על ירידה בכמות הפריחות המקומיות של פיטופלנקטון.

ריכוז כלורופיל a משמש מדד לצפיפות הפיטופלנקטון במי השטח ועל כן בעל אופי מקומי יותר מריכוזי התרכובות המומסות (הן בזמן והן במרחב). בימים אוליגוטרופיים (=עניים בחומרי מזון) מוגבלת כמות האצות על ידי זמינות נוטריינטים, לכן, אספקת נוטריינטים עשויה לגרום לפריחה מקומית של אצות. עליית ריכוז הכלורופיל בחודשי החורף והאביב נובעת מערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. יש לזכור כי כלורופיל a אינו מדד ישיר לריכוז נוטריינטים ואף לא ליצרנות ראשונית, כיוון שריכוז אצות בים עשוי להיות בעל אופי כתמי, ומושפע גם מתהליכי רעייה, ומהבדלים פיסולוגיים בפיטופלנקטון. התבנית הכללית של גרדיינט בריכוזי כלורופיל בין התחנות הצפוניות (ריכוזים מעט גבוהים יותר) לתחנות הדרומיות וים פתוח (ריכוזים נמוכים) נגרמת אולי ממצב קבוע של העשרה בנוטריינטים בתחנות הצפוניות.



איור ג12: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2009.
Figure C12: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations during 2004-2009.

דיון

השנה נבדלת מן השנים הקודמות לה בשני היבטים עיקריים: ערבוב עמודת המים היה השנה רדוד בהרבה מאשר בשנים 2007-8, וכמות הערכים החריגים אשר נמדדה בתחנות החופיות, כמו גם גודלם, הייתה נמוכה יחסית.

ערכי רוב המדדים במי השטח גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ. התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי. מחזור זה נשלט על ידי קירור וחימום מי השטח, אשר להם מחזוריות עונתית ברורה. בעונת החורף טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק, ונוצר גוף מים אחיד במאות המטרים העליונים במפרץ. חימום פני המים בקיץ יוצר שיכוב תרמי המפריד את עמודת המים למי שטח ולמי עומק, אשר מעבר החומר ביניהם מועט. בנוסף למחזור השנתי הטבעי הזה, נראה כי למי החופים חודרים לעיתים זיהומים ממקורות חיצוניים אשר משנים את הרכבם. שינויים אלה נמדדים לרוב רק בקרבת מקור הזיהום, או במורד הזרם ממנו. מיהול וערבוב יעילים יותר בחודשי החורף בהם גוף המים העליונים גדול יותר, ועל כן זיהוי זיהומים בחורף עשוי להיות קשה יותר. בקיץ לעומת זאת עשויה להתפתח גם תרמוקלינה יומית, אשר מבודדת את המטרים העליונים של מי השטח משאר המים העליונים. המיהול המוגבל במקרה שכזה עלול להביא לכך שזיהום כלשהו בפני השטח יביא לריכוזים גבוהים במיוחד של החומר המזהם בפני המים.

כאמור השנה שני התהליכים זכו לביטוי מועט יחסית לשנים הקודמות. הערבוב החלש השנה גרם לכך שהמחזור הטבעי היה חלש יחסית מכיוון שריכוזי הנוטריינטים, המוזנים על ידי ערבוב מי השטח עם מי העומק, נותרו לרוב נמוכים לאורך כל השנה. יחד עם זאת נראה כי אירועי העשרה מקומיים, בפרט בחוף הצפוני היו השנה מעטים יחסית אפילו בהשוואה לשנה הקודמת, ושיעורם היה קטן יחסית. עובדה זו נובעת אולי מניתוק אחד המקורות העיקריים להעשרה באזור החוף הצפוני, כלובי הדגים. לאחר שנתיים ללא כלובי הדגים יתכן גם כי התמעט שחרור נוטריינטים מהקרקעית במקום בו היו הכלובים, תהליך אשר אמנם לא תועד אך הועלה כסביר לאור ממצאי השנה הקודמת.

השילוב של ערבוב חלש עם ירידה בכמות החריגות גרם לכך שגם פריחת האצות בעמודת המים, פיטופלנקטון, הייתה השנה נמוכה בדרך כלל. יוצא מן הכלל הוא אירוע של פריחת אצות בין 16-22 ביולי: בימים אלה הייתה פריחת אצות חזקה אשר גרמה לעכירות גבוהה. בצלילה נראה היה כי פריחת האצות מוגבלת ל-20 המטרים העליונים של המים ומתחת לעומק זה המים היו תלולים.

עבור המדידות החופיות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם כאלה השונים משמעותית מהריכוזים הנמדדים בתחנות האחרות, ובפרט מתחנת הים הפתוח, אשר עברה מקור זיהום מקומי אינו סביר, ואם היה כזה

המהילה שם רבה יותר מאשר בקרבת החוף. ריכוזים גבוהים של פוספט מול מסוף התפזורת בחודש מאי מעיד שטעינת הפוספטים עדיין "זולגת" לים. חריגות קלות בריכוזי הסיליקה נמדדו גם השנה באזור חיל הים/מרידיאן והחוף הצפוני, אולם מגמת העלייה בריכוזי הסיליקה אשר נראתה מאז 2005, לא נמשכה ובמחצית השנייה של השנה החלו ריכוזי הסיליקה לרדת.

ג.2. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

עורכי הסקר וכותבי הדו"ח: א. דיאמנט, א. קולורני – היא"ל-מלח"י.

מטרה

סקר מחלות וטפילים בדגי חוף נועד לזהות ולכמת גורמי פגיעה עיקריים בדגים, ולבצע מעקב אחר מצאי המחלות והטפילים לאורך זמן.

שיטות

הסקר בוצע על ידי המחלקה לפתוביולוגיה של היא"ל-מלח"י (חקר ימים ואגמים – המרכז הלאומי לחקלאות ימית) במעבדות המחלקה באילת, בשני מישורים: (1) בדיקה פתולוגית של דגי סיכן (*Siganus*) טריים מאזור החוף הדרומי והצפוני של אילת, הכוללת נתיחה לזיהוי וכימות שכיחות ועוצמת הנגיעות של טפילים אשר מקורם חיידיקי. (2) בדיקה פתולוגית של דגים ממינים שונים אשר נמצאו מתים לאורך חופי אילת על ידי גורמים שונים (בעיקר פקחי רט"ג, וצוות ריף הדולפינים) והובאו למעבדת מלח"י לבירור סיבת המוות.

תוצאות

השנה נתפסו במסגרת הסקר 17 פרטים של סיכן משויש (*Siganus rivulatus*), שמונה בחוף הצפוני ותשעה בחוף הדרומי של אילת. כמו כן נבדקו 30 פרטים מסוג סיכן הודי *Siganus luridus*, חמישה אשר נתפסו על ידינו ו-25 נקנו מדייגים, ודג אחד מסוג *Siganus argenteus*. מספרם הנמוך של דגי הסיכן המשויש אשר נתפסו השנה מקשה על השוואה סטטיסטית אמינה עם נתוני שנים קודמות. עיקר הממצאים מסקר זה מרוכזים בטבלה ג2.

בנוסף לסקר המכוון מובאות להלן גם תוצאות הממצאים מ-28 דגים מסוגים שונים אשר נמצאו מתים לאורך החופים והובאו לבדיקה. הסוג השכיח ביותר שהובא היה תוכינן (*Scarus spp.*), 11 במספר. מכיוון שדגים אלה לא הגיעו טריים למעבדה לא בכל המקרים ניתן היה לקבוע את סיבת המוות. בחלק מן הדגים נמצאו פצעים המצביעים על פגיעת עופות דורסים, חכות, חצי דייג, ופגיעת אדם. בדגים נערכה סקירת טפילים, ובמידת האפשר (כתלות בטריות הדג) בדיקה בקטריולוגית. ממצאי הבדיקות מובאים בטבלה ג3. בבדיקות שנעשו לא נמצאו הבקטריות הפתוגניות אשר נמצאו בשנים קודמות (*Mycobacterium marinum*, *Streptococcus iniae*, *Lactococcus garvieae* וכדומה). בדג בוגר אחד מסוג תפאר הסהרון (*Cheilinus lunulatus*), אשר נמצא מת בחוף אלמוג ב-24 באפריל השנה, נמצא החיידק *Streptococcus parauberis*. הזיהוי נעשה באמצעות בדיקה פיסולוגית/ביוכימית ואושר בבדיקה מולקולארית של 16S rRNA.

דיון

עד כה ישנו רק דיווח אחד בספרות על החיידק *Streptococcus parauberis* בדגים, מחוות גידול בספרד שם גרם החיידק לתמותה רבה בדגי סולית מהסוג *Scophthalmus maximus*. זו הפעם הראשונה ש-*S. parauberis* מתגלה בים האדום. החיידק מוכר כמחולל דלקת עטינים בבקר- ומצוי בדרום הערבה כמו גם בבקר מאוסטרליה המועבר להסגר במתקנים של קיבוץ אילות, כעשרה ק"מ מצפון למפרץ, לפני שמופץ בארץ. אין זו הפעם הראשונה שפתוגנים "יבשתיים" פוגעים בדגים בים האדום. יש לתת את הדעת על מתקני ההסגר ואופן פינוי הפסולת מהם, כמו גם לאוניות המביאות בקר לארץ דרך נמל אילת ואופן הטיפול והניקוי שלהן, על מנת למנוע כניסת פתוגנים נוספים למפרץ. היעדרותם, זו השנה השנייה, של פתוגנים רבים אשר נמצאו בשנים האחרונות בצפון המפרץ הינה סימן מעודד. (על אף הקושי הסטטיסטי בקביעת המובהקות של ממצא זה). בכפוף לדיגום נרחב יותר, ממצאים אלה עשויים להצביע על ירידה בעוצמת הנגיעות של דגים בחיידקים הנזכרים מעלה, כגון *M. marinum*, *S. iniae*. העלייה בנגיעות ושיפעת טפילים וגורמי מחלות אלה בדגי הבר בשנות פעילותם של חוות הדגים בצפון המפרץ נחשדה אז כקשורה להגברה של גורמי מחלות וטפילים בתנאי הצפיפות הגבוהה בכלובים.

#	Date	Location	Species	Live/dead	Weight (g)	TL (cm)	Findings
1	12/12/09	Northern Beach (NB)	<i>S. rivulatus</i>	live	33	15.5	2 <i>Sclerocollum rubrimaris</i>
2	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	15	11	none
3	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	11	10	none
4	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	18	12	none
5	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	23.5	13	none
6	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	17	11	none
7	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	38	15	1 <i>Sclerocollum rubrimaris</i> 3 <i>Hexangium</i>
8	12/12/09	NB	<i>S. rivulatus</i>	live	37	15	2 <i>Hexangium</i>
9	28/08/09	Southern Beach (SB)	<i>S. rivulatus</i>	Live	172	25	1 <i>Hexangium</i> 6 <i>Procamallanus</i>
10	13/10/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	Live	69	19	3 <i>Procamallanus</i>
11	28/11/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	Live	231	31	6 <i>Procamallanus</i> 2 <i>Hexangium</i>
12	11/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	Freshly dead	152	24	2 <i>Procamallanus</i>
13	11/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	Live	162	25	2 <i>Procamallanus</i>
14	14/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	Live	114	22	1 <i>Cucullanus</i> 11 <i>Sclerocollum rubrimaris</i>
15	21/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	live	187	27	3 <i>Procamallanus</i> 2 <i>Hexangium</i>
16	21/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	live	174	26	1 <i>Cucullanus</i> 1 <i>Hexangium</i>
17	21/12/09	SB	<i>S. rivulatus</i>	live	126	23.5	5 <i>Procamallanus</i>
18	28/08/09	SB	<i>S. luridus</i>	live	199	26.5	3 <i>Sclerocollum rubrimaris</i> 4 <i>Procamallanus</i>
19	31/08/09	SB	<i>S. luridus</i>	live	123	20	700-800 <i>Gyiliauchen</i> 20-25 <i>Procamallanus</i> 4 <i>Opisthomonoporooides</i>
20	31/08/09	SB	<i>S. luridus</i>	live	144	23.3	400-500 <i>Gyiliauchen</i> 42 <i>Procamallanus</i> 3 <i>Opisthomonoporooides</i>
21	31/08/09	SB	<i>S. luridus</i>	live	129	20.2	>1000 <i>Gyiliauchen</i> 25 <i>Procamallanus</i> 5 <i>Opisthomonoporooides</i>
22	27/11/09	SB	<i>S. luridus</i>	live	155	22.5	400-500 <i>Gyiliauchen</i> 52 <i>Procamallanus</i>
23	14/12/09	SB	<i>S. argenteus</i>	live	88	20	18 <i>Opisthomonoporooides</i>
N 25	13/10/09	Unknown-purchased	<i>S. luridus</i>	dead	Average 31.76		none

טבלה מס' 2: ממצאים פתולוגיים בדגי סיכן (*Siganus sp.*) שנתפסו או נקנו במסגרת סקר פתוגנים.

Table C2: Pathogens found in wild *Siganus sp.* caught or bought for the purpose of surveying pathogens in wild fish.

#	Date	Location	Species	Weight (g)	Length (cm)	Findings
1	06/01/09	חוף הדקל	(דקר הפסים) <i>Epinephelus fasciatus</i>	44	15.0	קרט מעבר לקשתות הזימים Monogenean worms ½+
2	01/04/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. (תוכינן)	1538		Post-mortem <i>Vibrio</i> spp. ex blood
3	03/04/09	Dolphin Reef	<i>Mugil</i> sp. (בורי)	387	33.0	Triangular beak mark perforating skull
4	06/04/09	רט"ג	Abunafka (קיפודון רב קוצי) <i>Cylichthys spilostylus</i>	770	27.5	none
5	25/04/09	רט"ג	Broomtail wrasse (תפאר) (הסהרון) <i>Cheilinus lunulatus</i>	2459		<i>Streptococcus parauberis</i>
6	08/06/09	רט"ג	<i>Pseudobalistes fuscus</i> (צעיר)	850		Gill hemorrhages, bubbles under the corneas
7	19/06/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	1230	44.0	Intestine full of fluid, <i>Vibrio</i> sp. isolated from blood, VNN PCR neg.
8	29/06/09	רט"ג	<i>Arothron diadematus</i> (נפוחית) (המשקפיים)	2300	44.0	Nematode worms coiled in gill capillaries
9	06/07/09	רט"ג	<i>Lutianus (fulviflamma?)</i> לוטיין	630	34.0	Fishing hook caught in its throat
10	07/07/09	רט"ג	<i>Scarus (ghobban?)</i> תוכינן	452	29.0	Swimming in spirals the day before
11	07/07/09	רט"ג	קופסינן <i>Ostracion (cyanurus?)</i>	930	34.0	Intestines coming out of its mouth
12	20/07/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	1238	48.5	Monogenean flukes on gills, <i>Vibrio</i> sp. isolated from blood, VNN PCR neg.
13	08/08/09	רט"ג	<i>Scarus bicolor</i> תוכינן דו-גוני	309	30.5	Floating on a side, unable to dive. Right eye-bulb missing. No bacteria isolated from blood, VNN PCR neg.
14	09/08/09	Dolphin Reef	קופסינן <i>Ostracion (cyanurus?)</i>	670	30.5	Left eye with large blister. Blisters with gas inside in abd. cavity.
15	09/08/09	Dolphin Reef	<i>Pterois miles (volitans)</i> זהרון הדור	220	26.5	none
16	09/08/09	Dolphin Reef	<i>Brotula</i> sp.?	3.31	8.5	Full of blisters all over the body

17	22/08/09	Dolphin Reef	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	1150	40.5	none
18	24/08/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	2342	51.5	Left eye blind. Intestines extended, full of food and liquid
19	07/09/09	Dolphin Reef	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	2025	48.0	Gill hemorrhages, <i>Gnathia</i> Intestines full of diarrhoic fluid, digested food
20	03/10/09	Dolphin Reef	<i>Caesio lunaris</i> כחל סהרני	180	26.3	Nematodes in mesenteric membranes
21	12/10/09	רט"ג	White spotted PufferFish <i>Arothron hispidus</i>	831	32.0	none
22	12/10/09	Dolphin Reef	<i>Conger (cinereus?)</i> , ♀	1712	103.0	Intestines full of (diarrhoic?) fluid, many nematodes, cysts. Very developed gonads
23	07/11/09	Dolphin Reef	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	849	36.0	Gill hemorrhages, Gas Bubble Disease
24	10/11/09	רט"ג	<i>Variola</i> sp.	287	31.0	Hole in the palate (fishing hook?)
25	23/11/09	בן תמיר - Coral Beach Resort	Goatfish <i>Upeneus</i> sp.	183		Several monogenean worms in gills. Many nematodes emerging from intestines
26	03/12/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	1683	49.0	Abd. cavity full of liquid
27	04/12/09	רט"ג	Abunafka (קיפודג רב קוצי) <i>Cylichthys spilostylus</i>	770	28.0	Yellow ribbon tied to the tail
28	20/12/09	רט"ג	<i>Scarus</i> sp. תוכינן	1277	48.5	Severe heart pathology <i>Vibrio</i> sp.

טבלה מס' 3: דגי בר אשר נמצאו מתים לאורך חופי אילת, והובאו לבדיקה פתולוגית במלח"י.

Table C3: Wild fish and cephalopods found dead along the Eilat beaches examined at NCM.

ג.3. סקר ריכוז מתכות במרינה אילת

מטרה

מעקב אחר איכות המים והסדימנט במרינה אילת כאזור מועד להצטברות מתכות רעילות.

שיטות

מים וסדימנט נדגמו במשך הפלגת דיגום ייעודית. דוגמאות נלקחו מתעלת הכניסה למרינה (1), בחלקה הצפון-מזרחי של המרינה ליד הגשר (2), בקצה הצפון-מערבי (3), ודוגמת ביקורת בים מחוץ למרינה בעומק מים של כעשרה מטרים (נקודה C, איור ג13). מים מפני הים נדגמו ישירות למבחנות נקיות על ידי שחיין במרחק מטרים מהסירה. דוגמאות סדימנט נאספו בשנירקול ישירות לתוך מבחנות נקיות. המבחנות אוחסנו בקירור עד להעברתם למעבדה האנליטית במכון למדעי כדור הארץ של האוניברסיטה העברית, שם בוצעו האנליזות הכימיות. המדידות נעשו על ידי אופיר תירוש (תחת השגחתו של פרופ' יגאל אראל) באמצעות מכשיר ה-ICP-MS (Agilent 7500 cx) במעבדה לגיאוכימיה אנליטית במכון למדעי כדור"א, האוניברסיטה העברית, גבעת רם, ירושלים.

טיפול: דוגמאות סדימנט יובשו לחלוטין, ולאחר מכן נטחנו לאבקה באמצעות מכתש ועלי ועורבבו. מכל דוגמה נלקחה כמות של 1 גר' לאנליזה. הסדימנטים עברו מיצוי באמצעות חומצה חנקתית (HNO_3) מזוקקת בריכוז 3M במשך 24 שעות. התמיסה נמהלה פי 100 לצורך אנליזה ב ICP MS. דוגמאות מי ים נמהלו פי 50 לצורך אנליזה ב ICP MS ונמדדה בשיטת standard addition על ידי הוספת סטנדרטים אנליטיים בריכוזים ידועים לכל אחת מהדוגמאות.



איור ג13: מיקום המרינה בחוף הצפוני של מפרץ אילת, בעיר אילת (למעלה) ומיקום נקודות הדיגום במרינה (למטה).

Figure C13: Location of the Eilat marina on the northern beach of the gulf, within the town (top), and location of sampling points within the marina (bottom).

תוצאות

מדידות זיהום נעשו בעבר, בשנים 2004 ו-2006, על ידי המחלקה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה באילת. תכנית הניטור קיבלה על עצמה את המשך המדידות החל מהשנה. המדידות הקודמות היו מקיפות יותר מבחינת מספר האלמנטים שנמדדו אולם עבור רבים מהם הריכוז היה נמוך מסף הגילוי של המכשירים האנליטיים בהם נעשה שימוש (האנליזות בעבר נעשו על ידי חברת "בקטוכם" (למעט בדיקות שמן מינרלי אשר נעשו על ידי "מכון הנפט").

מכיוון שלא נמצאו שינויים מהותיים בין המדידות בשנים 2004 ו-2006, הוחלט השנה להתמקד במספר מצומצם יותר של מתכות כבדות ולנסות להגיע לדיוק אנליטי רב יותר, וזאת על מנת שניתן יהיה לכמת את ההתפתחות לאורך זמן. נבחרה סידרה של יסודות המייצגים קבוצות שונות של מתכות אשר מספקת תמונה על מצב הזיהום של המרינה במתכות. הדיוק האנליטי היה גבוה עד כדי שלושה סדרי גודל עבור חלק מהיסודות מאשר במדידות הקודמות (טבלה ג4), ובשנים הבאות תרחיב התכנית את מספר היסודות הנמדדים על מנת לקבל תמונה מקיפה יותר.

Surface Water [ppb]

	Western End (3)			Eastern Gate (2)			Entry Channel (1)			Control		
	2004	2006	2009	2004	2006	2009	2004	2006	2009	2004	2006	2009
Ag	<10	<0.1	0.65	<10	<0.1	<2	<10	<10	4	<10	<0.1	<0.2
Cd	<5	<0.1	<0.2	<5	<0.1	<0.2	<5	<0.1	<0.2	<5	<0.1	<0.2
Cr	<5	<10	1.6	<5	<10	1.6	<5	<10	1.7	<5	<10	1.2
Ni	34	<2	1.35	<40	<2	1.45	<40	<2	0.95	35	<2	1.25
Pb	<10	0.2	<2	<15	<=0.1	0.75	<10	<=0.1	1.15	<10	<=0.1	<0.5
V	<10	<10	5	<10	<10	4.75	<10	<10	4	<10	<10	4.8
Cu	36	<=2	11.45	25	<=2	11.85	28	3	8.35	19	<2	3.05
Fe	110	30	116	84	<30	98.5	73	<30	44	169	<30	41.5
Mb	14	11.3	13.1	<15	11.4	13.15	13	11.1	12.2	14	11.3	13.1
Zn	53	<=2	18.05	55	6	22.85	52	5	12.75	20	<2	7.4

Sediment [ppm]

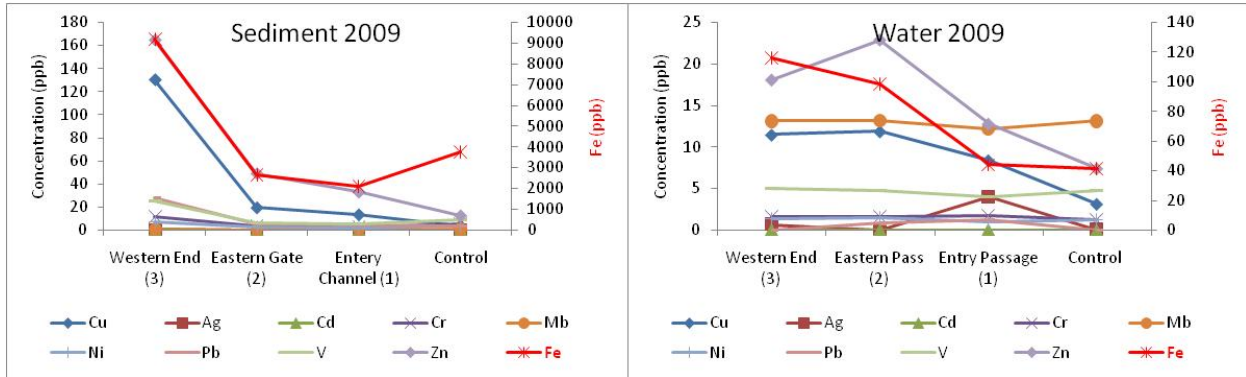
	2004	2006	2009	2004	2006	2009	2004	2006	2009	2004	2006	2009
	Ag	<0.250	<1	0.155	<0.250	<1	0.025	<0.250	<1	0.025	<0.250	<1
Cd	<0.300	0.2	0.2	<1	0.3	<0.1	<0.500	0.2	<0.1	<0.100	0.1	<0.1
Cr	22	26	11.5	19.7	40	3	8.5	45	2.1	9.26	25	4.9
Ni	14.6	10	6.65	13.2	18	2.3	10	22	1.45	5.83	10	3.1
Pb	13.2	10	28	8.1	16	5.15	3.8	24	4.35	3.14	20	3.35
V	38.4	28	25	30.2	50	6	16.5	60	5.5	1750	32	8.95
Cu	71	8	130	31	40	19	12	85	13	6.6	28	3.05
Fe	23719		9200	17729		2650	8320		2100	9700		3750
Mb	0.45	0.6	0.19	0.45	1	0.085	<4	1	0.08	0.195	0.8	0.37
Zn	164	40	165	88.3	50	49	40	65	33	29.27	75	12.5

טבלה ג4: ריכוזי מתכות במים וסדימנט מהמרינה באילת. נקודה 3 היא הפנימית ביותר ונקודת הביקורת מצויה מחוץ למרינה (ראו איור ג13).

Table C4: Metal concentrations in water and sediments from the Eilat marina. Point 3 is the innermost sampling point and the control is outside the marina (see Figure C13).

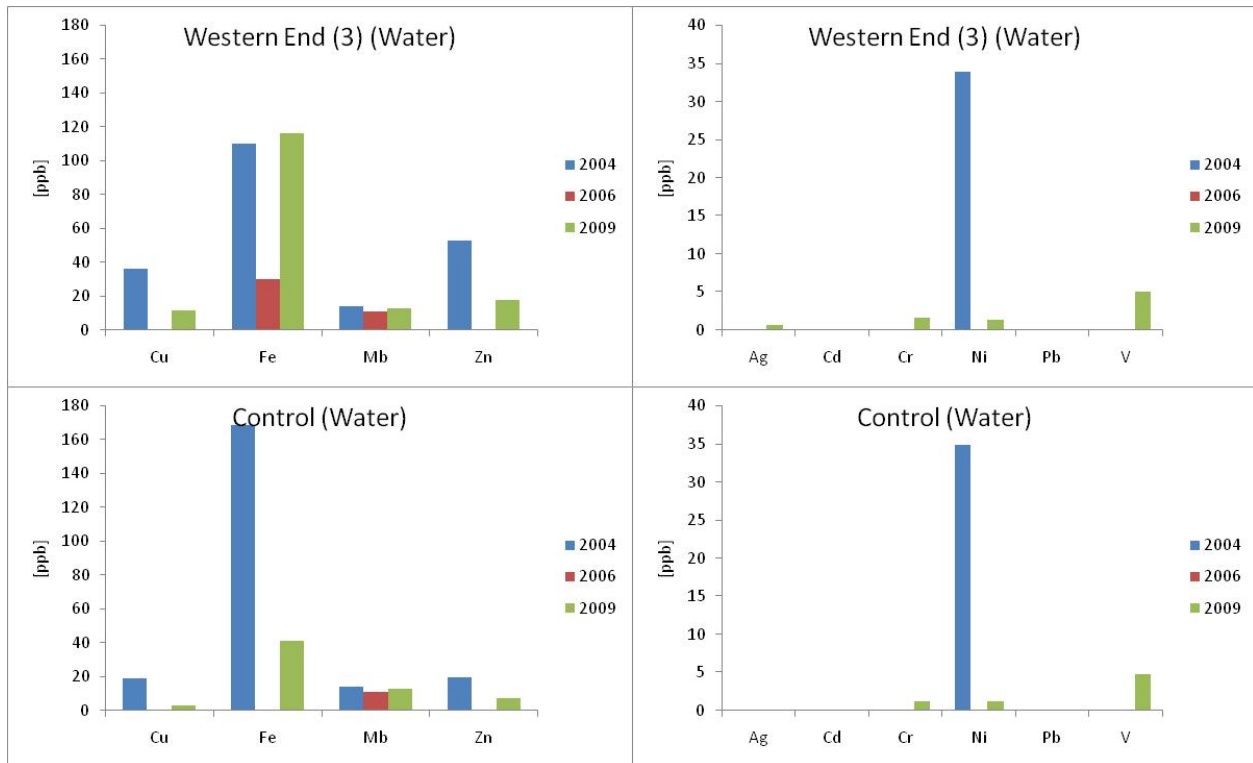
כצפוי, וכמו בסקרים הקודמים, גם השנה נמצא כי הריכוזים הגבוהים ביותר של מתכות במים נמצאים בקצה הצפון-מערבי של המרינה (נקודה 3) והולכים וקטנים כלפי מוצא המרינה לים. בנקודת הביקורת מחוץ למרינה נמצאו ריכוזים נמוכים של מתכות בהשוואה לנקודות הדיגום אשר בתוך המרינה (איור ג14). תוצאה זו צפויה מעצם הפעילות במרינה ובהיותה גוף מים עומדים בעל שיהלוף מוגבל עם הים. בדרך כלל נמצאו ריכוזים נמוכים יותר של מתכות המים בסקר 2009 בהשוואה לסקרים הקודמים, אולם גם כאן יתכן כי

הרגישות הנמוכה של מדידות השנים הקודמות יוצרות שינוי לכאורה. במדידות השנים הקודמות ובפרט בסקר 2004 נמצאו לעיתים ריכוזים גבוהים באופן מעורר חשד במים הפתוחים מחוץ למרינה, למשל ריכוז הברזל שנמדד אז בנקודת הביקורת גבוה בסדרי גודל מהריכוז שנמדד בתוך המרינה ומהריכוזים שנמדדו מאז (איור ג15). מצב דומה נמצא גם במדידת ריכוז הוונדיום בסדימנט משנת 2004 (איור ג16). חשוב לציין כי מדידות של ריכוזי מתכות רגישות ביותר לזיהומים. המדידות הנ"ל משנת 2004 חשודות על ידינו כשגויות לאור הדיקוּק הנמוך במדידת מתכות בסקרים מהשנים 2004 ו-2006.



איור ג14: השתנות ריכוזי מתכות במי המרינה (מימין) ובקרקעית (משמאל) בנקודות הדיגום בשנת 2009. נקודה 3 היא הפנימית ביותר במרינה ונקודה 1 נמצאת בתעלת הגישה לים. נקודת הביקורת נמצאת מחוץ למרינה בעומק מים של כעשרה מטרים.

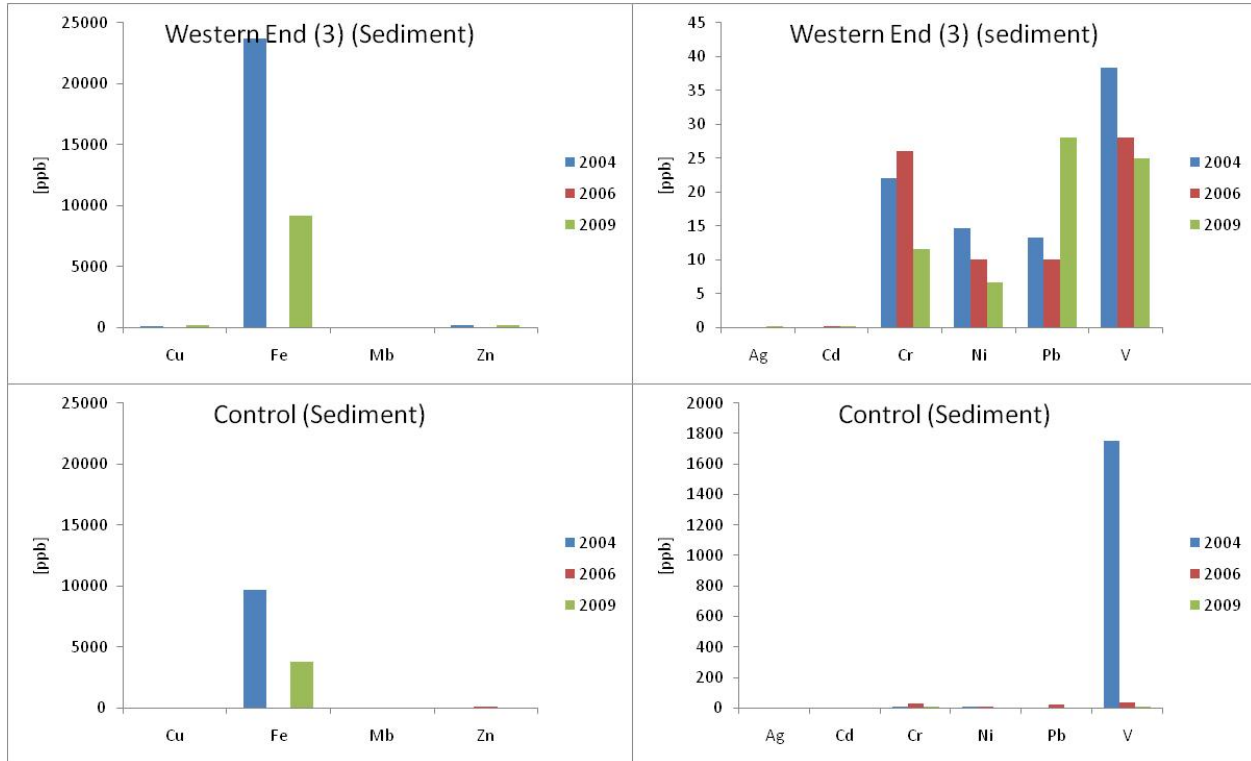
Figure C14: Metal concentrations in the Eilat marina. Left – in sediments, Right – in surface water. Point 3 is at the end of the marina while points 2 and 1 are progressively closer to its outlet to the sea. The control is outside the marina at water depth of approximately 10 meters depth.



איור ג15: השוואה בין ריכוזי מתכות במי המרינה בין השנים 2004, 2006 ו-2009. נקודה 3 היא הנקודה

הפנימית ביותר (בה נמצאו הריכוזים הגבוהים ביותר) ונקודת הביקורת מצויה מחוץ למרינה.

Figure C15: A comparison of metal concentrations in sea water of the Eilat marina between the years 2004, 2006 and 2009. Point 3 is the innermost point at the marina, where concentrations were highest, and the control is outside the marina.



איור 16: השוואה בין ריכוזי מתכות בסדימנט מקרקעית המרינה בין השנים 2004, 2006 ו-2009. נקודה 3 היא הנקודה הפנימית ביותר (בה נמצאו הריכוזים הגבוהים ביותר) ונקודת הביקורת מצויה מחוץ למרינה.

Figure C16X: A comparison of metal concentrations in sediments of the Eilat marina between the years 2004, 2006 and 2009. Point 3 is the innermost point at the marina, where concentrations were highest, and the control is outside the marina.

בהשוואה לתקני המשרד לאיכות הסביבה למי הים התיכון, חריגות נמצאו בריכוזי הנחושת בנקודות 2 ו-3 במרינה (11.45, 11.85ppb בהתאמה) לעומת התקן המרבי, 10ppb (תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל, אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה, 2002). שאר המתכות נמצאו מתחת לתקן עבור מי הים התיכון. אין תקן מוכר עבור מי מפרץ אילת. בסדימנט לא נמדדו ריכוזים חריגים. זוהי הפעם הראשונה שתכנית הניטור מבצעת מדידות במרינה. במקרים רבים מדידות השנים הקודמות שנעשו ביוזמת היחידה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה אינן ברורות השוואה למדידות השנה עקב רגישות נמוכה של המדידה. בשנים הבאות ניתן יהיה להתחיל לעקוב אחר ריכוזי המתכות במרינה בהשוואה למדידות 2009.

ד. מים פתוחים

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביולוגיים במי הים הפתוח לשם זיהוי מגמות שינוי ארוכות טווח באיכות המים העשויות להשפיע על המערכת האקולוגית בצפון מפרץ אילת.

שיטות

אחת לחודש מבוצעת בספינת מחקר הפלגה לתחנה A ולצפון המפרץ, בסמוך למקום בו היו כלובי הדגים (FF). פעמיים בשנה (אביב וסתיו) מבוצעת הפלגה ארוכה יותר, בשיתוף עם מדענים מירדן, הכוללת גם תחנה מול גבול ירדן-סעודיה בעומק מים של כ-800 מטרים, תחנה B. תחנה A נמצאת על הקו החוצה של המפרץ (גבול ישראל-ירדן) קרוב לנקודה הדרומית ביותר של המים הטריטוריאליים של ישראל במפרץ אילת, בעומק קרקעית גדול מ-700 מטר (מפה 1 בנספח 1.1). עומק הקרקעית בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר. בשנת 2009 לא בוצעו הפלגות משותפות עם המדענים הירדנים בשל המצב הפוליטי, ועל כן לא נערכו הפלגות לתחנה B.

על פי המלצת צוות חשיבה של מדענים שהתכנס במהלך 2008 (סיעור מוחות מדענים העוסקים באוקיינוגרפיה בנושא המדידות הימיות במסגרת תכנית הניטור, אשר כונסה על ידי תכנית הניטור בחודש ינואר 2008 במכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית ירושלים, בעקבות המלצת הוועד המנהל של התכנית בעת הדיונים על דו"ח הניטור 2007) הוחלט לוותר על תחנת הדיגום OS – תחנת ים פתוח – מכיוון שנראה היה שתחנה זו אינה מוסיפה מידע חיוני.

בתחנות הימיות נאספות דגימות מים מעומקים שונים, על ידי הורדת 'רוזטה' אל הים, כשעליה 11 בקבוקי ניסקין של עשרה ליטרים (חברת GoFlo), וסגירת הבקבוקים מתוך הספינה בעומקים הרצויים. אל הרוזטה נלווה מכשיר מדידה CTD המודד משתנים פיסיקליים באופן רציף. בתחנה A נלקחו שני קסטים (cast = הורדת רוזטה), קסט עמוק וקסט רדוד, בכדי לקבל רוזלוציה גבוהה של דגימות סביב התרמוקלינה ובעמודת המים העליונה. עומקי הדגימה נקבעו בהתאם לשינויי טמפרטורה, מליחות, ופלואורסנציה כפי שהצטיירו בזמן אמת מנתוני ה-CTD בכל הפלגה. בתחנות האחרות נלקח רק קסט אחד, כיוון שעומק המים קטן יותר. עומק הדגימה המרבי בכל תחנה תלוי בעומק הקרקעית ובכל מקרה הבקבוק התחתון נסגר 2-3 מ' מעל הקרקעית.

בכל תחנה מתבצע חתך אנכי רציף של מדידות טמפרטורה, מליחות, לחץ, ופלואורסנציה במכשיר CTD של Sea-Bird Electronics. דגימות המים מחולקות לבקבוקים שונים לצורך מדידת חמצן מומס (DO), pH, אלקליניות (A_T), נוטריינטים מומסים (NO_2^- , NO_3^- , $Si(OH)_4$, PO_4^{3-}), פחמן חלקיקי (POC), מליחות, כלורופיל (Chl-a), והתפלגות אוכלוסיית הפיטופלנקטון. סינון הדוגמאות לצורך מדידת כלורופיל ואוכלוסיית הפיטופלנקטון, וקיבוע דוגמאות לצורך מדידת חמצן מומס נעשו בספינה. המדידות בוצעו במעבדה לפי השיטות המתוארות בפרק העוסק במי החופים.

על פי הנוהג המקובל, וכיוון שבקבוקי הניסקין נסגרו בשלב הרמת הרוזטה, נלקחו מדידות ה-CTD מזמן ההרמה להצגה ולניתוח. כל הפלגה אורכת יום שלם ובהשוואת הנתונים ממקומות שונים או מקסטים שונים יש לזכור את הפרש הזמן בין המדידות.

יצרנות ראשונית (Primary Productivity) – מי השכבה המוארת (100 המטרים העליונים) נדגמים

באמצעות בקבוקי ניסקין מפני הים ומהעומקים 20, 40, 60, 80 ו-100 מטרים, בשעות החשכה. בסירה מועברים המים למיכלים אטומים לאור ובמעבדה מוכנס לכל מיכל פחמן רדיואקטיבי באקטיביות של 0.04 מיקרוקירי ^{14}C למ"ל מים. המים מכל עומק מחולקים לארבעה בקבוקי הדגרה בנפח 250 מ"ל + דוגמה למדידת האקטיביות במים "בזמן אפס".

דוגמאות המים המסומנות מוחזרות לים בבקבוקי הדגרה למשך 24 שעות כשהן תלויות ממצוף כך שכל דוגמה מצויה בעומק ממנו נלקחה. בכל עומק ישנו בקבוק הדגרה אחד אטום לאור, ושלושה בקבוקים שקופים למדידת היצרנות הפוטוסינטטית.

הדוגמאות מוחזרות למעבדה למחרת, בשעות החשכה, ומכל בקבוק הדגרה מסוננים 50 מ"ל מים על גבי

פילטר (NC-45). הפילטרים מיובשים בדסיקטור בנוכחות אדי חומצה כלורית למשך 24 שעות ואח"כ נקראים במונה סינטילציה במשך 10 דקות. בנוסף לפילטרים נלקחת מכל בקבוק הדגרה דוגמת מים לקריאת הרדיואקטיביות הכללית במים (added activity, AA) במונה הסינטילציה. מספר הקריאות במונה מכויל למספר ההתפרקויות בדוגמה (יעילות המונה), והתוצאה (decompositions per minute, DPM) משמשת לחישוב קליטת הפחמן על ידי הפיטופלנקטון בכל בקבוק הדגרה לפי הנוסחה הבאה:

$$[\text{mgC}/\text{m}^3/\text{day}] = \{ \text{DPM}_{(\text{sample})} / \text{Volume}_{(\text{sample})} \} * 25000 * \{ \text{Volume}_{(\text{AA})} / \text{DPM}_{(\text{AA})} \}$$

כשהמספר 25000 מהווה אומדן לריכוז הפחמן (מ"ג למטר מעוקב) במי ים. על מנת לחשב את קיבוע החמצן הנעשה על ידי פיטופלנקטון (פוטוסינטטי) מוחסר מערך הקיבוע בכל בקבוק הדגרה שקוף הערך המחושב מהבקבוק המוחשך באותו עומק.

פחמן חלקיקי (POC) – דוגמאות מעמודת המים נאספות בבקבוקי ניסקין מהרוזטה ומסוננות דרך רשת $200\mu\text{m}$ למיכלים בנפח 6 ליטרים. למחרת ההפלגה מסוננים המים על גבי פילטרים GF/F אשר חוממו מבעוד מועד בטמפרטורה של 450 מעלות למשך ארבע שעות לפחות, על מנת שיהיו נקיים מפחמן. לאחר הסינון כל פילטר נשמר בצלחת פטרי ומיובש בטמפרטורה של 60 מעלות למשך 24 שעות לפחות. הפילטרים היבשים מאוחסנים במקום יבש עד לאנליזה.

מדידת תכולת הפחמן בפילטרים נעשית במכשיר Total Organic Carbon analyzer של חברת Shimadzu Instruments, בו הפחמן המצוי בדוגמה מחומצן בטמפרטורה גבוהה (900-980 מעלות) ליצירת פחמן דו-חמצני (CO_2). הפחמן הדו-חמצני נישא על ידי חמצן לגלאי IR ויוצר אות אשר שיטחו פרופורצונלי לכמות הפחמן. לצורך כיוול משמשים סוכרים המכילים פחמן בכמות ידועה.

ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

פרופילים של טמפרטורה ומליחות בעמודת המים נמדדים באופן רציף על ידי מכשיר CTD בהפלגות הניטור החודשיות. נתונים אלה מראים את השינוי העונתי במבנה עמודת המים ברזולוציה גבוהה, ובעזרתם ניתן לעקוב אחר התפתחות הערבוב ככל שהחורף מתקדם, וחזרת המבנה המשוכב של עמודת המים עם ההתחממות באביב ובקיץ. מבט ארוך טווח יותר ניתן על ידי סקירה פרטנית של מדדים אלה בשנים האחרונות כפי שנרשמו בעת סגירת בקבוקי דגימת המים שעל הרוזטה (rosette) אליה מחובר מכשיר ה-CTD. לצורך השוואה זו בין השנים נעשה שימוש במדידות המליחות הפרטניות שנעשות במעבדה על דוגמאות המים. מדידות אלה לרוב מדויקות יותר מהמדידות האלקטרוניות של ה-CTD.

בשנה הקודמת, 2008, נשלח מכשיר ה-CTD לטיפול וכיול, ובהפלגות החודשים מאי-יוני-יולי נעשה שימוש במכשיר חלופי אשר לו דירוג עומק של 600 מטרים בלבד. מדידות חודשים אלה מוגבלות לפיכך לעומק זה.

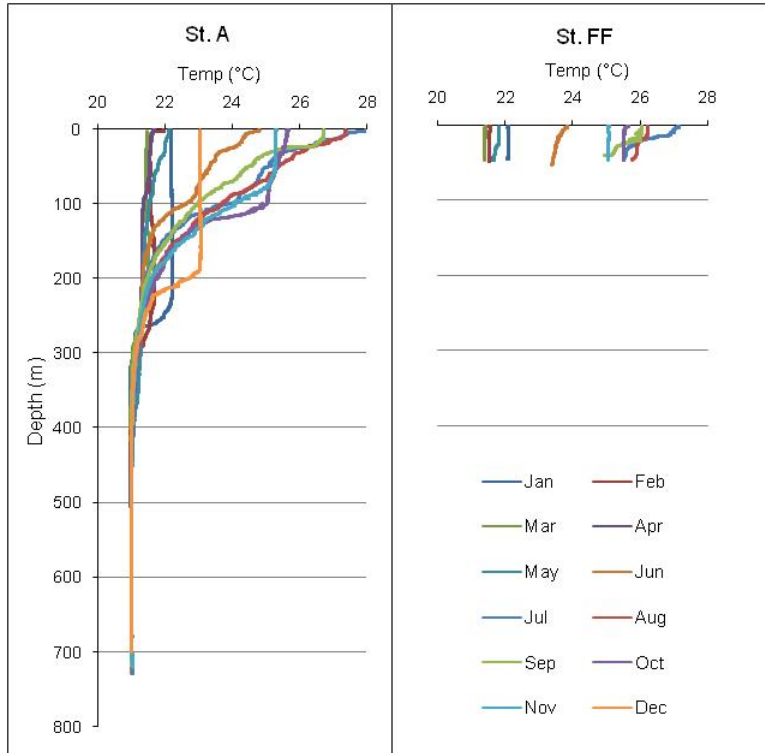
בחודש אפריל השנה הייתה תקלה באיסוף הנתונים מהמכשיר, ועל כן ישנם נתונים עד לעומק של כ-400 מטרים בלבד.

טמפרטורה

השנה היה ערבוב עמודת המים רדוד במיוחד, כ-300 מטרים. הערבוב הרדוד השנה בא אחרי שנתיים (2007-8) בהן היה ערבוב עמודת המים עמוק מ-800 מ'. הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנמדדה השנה בפני המים בתחנה A הייתה 27.926 מעלות בחודש יולי – נמוכה מהטמפרטורה המרבית בשנתיים הקודמות (27.97 באוגוסט 2008) (איור 1ד). לפיכך נראה כי משרעת הטמפרטורות השנה הייתה קטנה מזו של השנתיים הקודמות לה: טמפרטורת החורף הייתה גבוהה יותר ולא אפשרה ערבוב עמוק, ואילו בקיץ הטמפרטורה המרבית הייתה נמוכה יותר.

ערבוב עמודת המים המונע על ידי קירור המים מלמעלה בעונת החורף הוא גורם מרכזי בדינאמיקה של המערכת האקולוגית במפרץ. הערבוב הרדוד השנה, תוצאה של טמפרטורת חורף גבוהות יחסית, גרם

להתפתחות דינאמיקה שנתית אחרת מזו של השנתיים הקודמות.

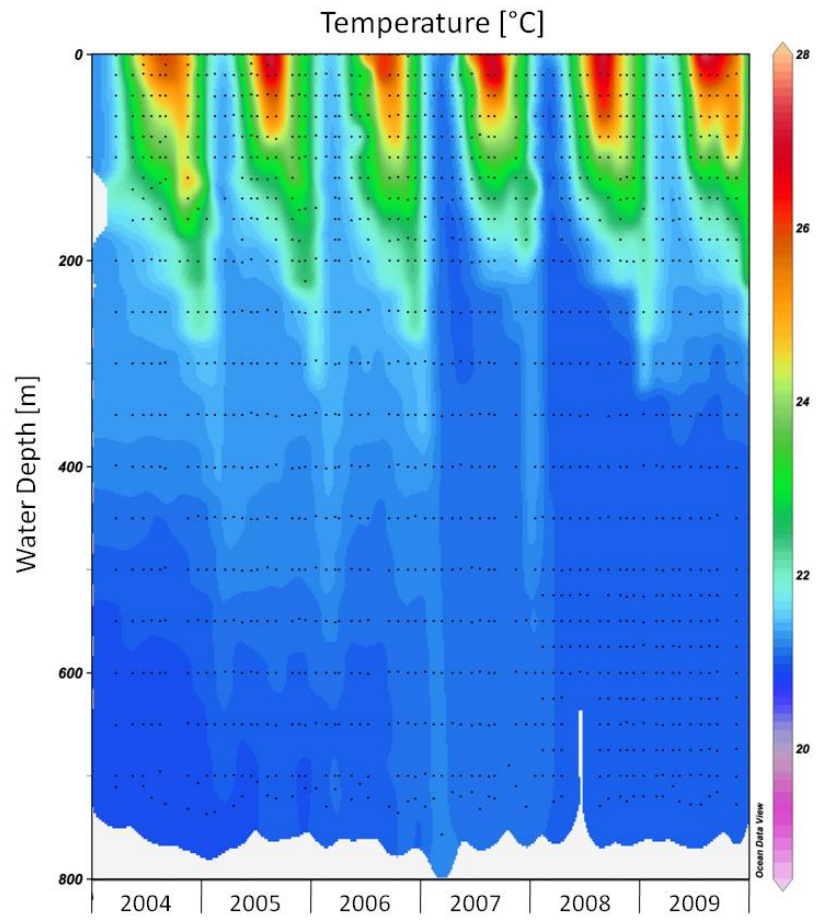


איור 1: טמפרטורות עמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

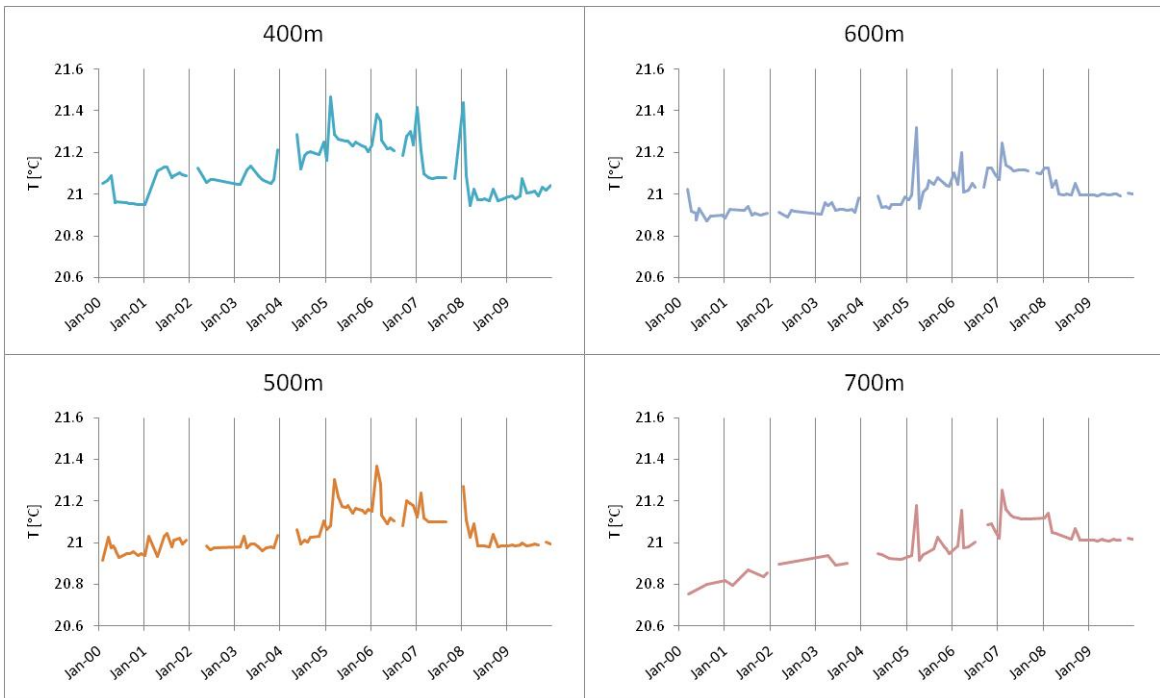
Figure D1: Temperature profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

עמודת המים הפתוחים מאופיינת על ידי מחזור קירור-חימום עונתי המניע את מחזורי הערבוב-שיכוב בעמודת המים. מחזוריות זו נכרת היטב בכל שנות הניטור כאשר השנים נבדלות במידת הקירור של פני הים וכן בעומק הערבוב. השנה, בניגוד לשנתיים הקודמות, היה הערבוב רדוד - מוגבל ל-250 המטרים העליונים בלבד. התחממות פני הים החלה מוקדם ומנעה העמקת הערבוב, וטמפרטורת פני הים הייתה גבוהה במשך זמן רב מאשר בשנתיים הקודמות – אם כי הטמפרטורה המרבית הייתה נמוכה מזו של השנים הקודמות. לאחר תקופת הערבוב עלו הטמפרטורות בעומקי הביניים, עד כ-250 מטרים, מעבר לנצפה בשנים הקודמות (איור 2ד).

במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז ופרופ' ב. לזר), נראה שמגמת ההתחממות הדרגתית של מי העומק עליה דיווחנו בשנים קודמות נעצרה בשנת 2008, וטמפרטורת המים העמוקים נותרה יציבה מאז (איור 3ד). בעומק 700 מ' הטמפרטורה הממוצעת אשר נמדדה השנה הייתה $21.013 \pm 0.004^\circ\text{C}$. טמפרטורה של 21.011°C נמדדה בחודש דצמבר 2008 ובחודש דצמבר 2009 הייתה הטמפרטורה 21.017°C . ז"א טמפרטורת מי העומק לא השתנתה במשך השנה, עד כמה שמכשיר המדידה מסוגל להבחין (דיוק המכשיר 0.001 מעלה, עם סטייה של עד 0.002 מעלות בשנה. המכשיר שבשימוש תכנית הניטור כוייל לאחרונה בשנת 2007).



איור ד2: שינויי טמפרטורה בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.
Figure D2: Changes in water temperature at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.



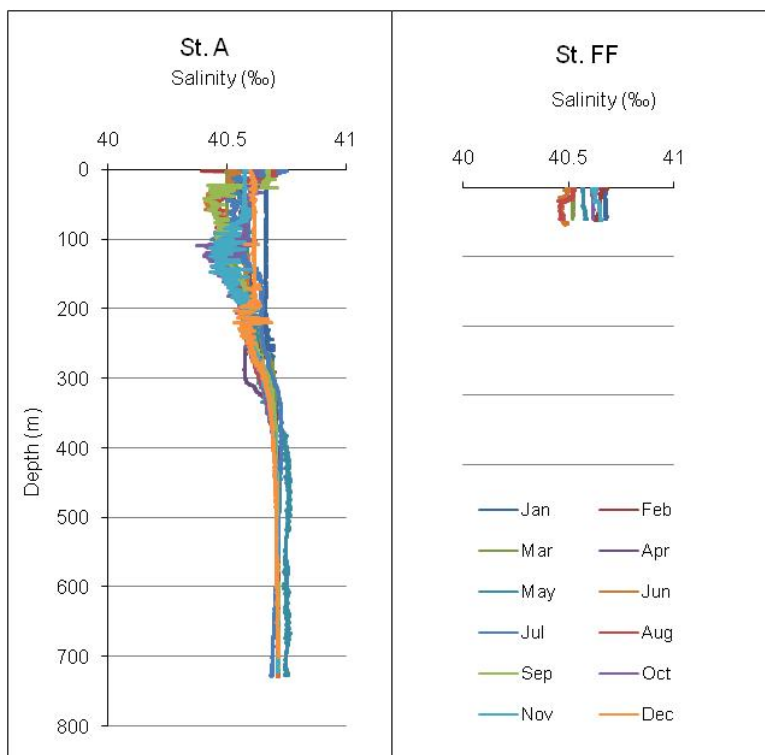
איור ד3: שינויי טמפרטורה במי העומק (בעומקים 400 עד 700 מטרים) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארז ופרופ' ב. לזר.

Figure D3: Changes in water temperature at depth (400m to 700m) at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of prof. J. Erez and prof. B. Lazar.

מליחות

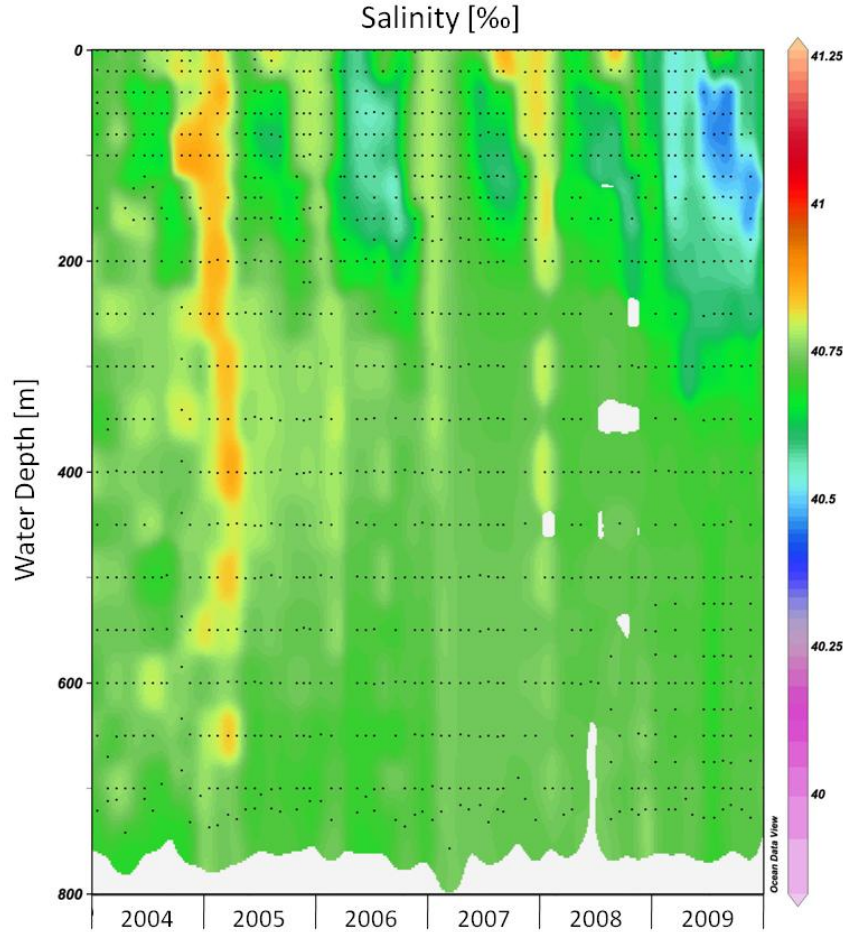
למדידות המליחות מחזור עונתי אופייני של היווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים ~25-200 מטרים בתקופה המשוכבת. שכבת "המליחות המינימלית" בעמודת המים בתקופת השכוב נוצרת עקב חדירת מים עם מליחות נמוכה יותר שמקורם בדרום המפרץ בסוף החורף. מים אלה מתערבבים עם המים העמוקים יותר בשכבה העליונה, בעוד שבפני הים האידוי גורם ליצירת שכבה בעלת מליחות גבוהה יחסית (וטמפרטורה גבוהה יחסית). באופן זה "נלכדת" שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בחודשי הקיץ מתחת לפני הים. עם התערערות המבנה המשוכב בסוף הקיץ ותחילת הערבוב, גם מים אלה מתערבבים, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדל (איור ד4).

גם השנה היינו עדים לחדירת גוף של מים בעלי מליחות נמוכה יחסית אך הפעם המליחות בעומק ה"מליחות המינימלית" נמוכה בהשוואה לשנים הקודמות (איור ד5). שינויי המליחות בעמודת המים הינם מחזוריים בעיקרם, ועל אף תבנית מעט שונה משנה לשנה לא ניכרת מגמה של שינוי ארוך טווח. ההבדלים בין השנים קשורים יותר לגופי המים החודרים לאזורינו מדרום מאשר למאזני האידוי המקומיים.



איור ד4: מליחות בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D4: Salinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור 5: שינויי מליחות בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.
Figure D5: Changes in salinity at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.

ד.2. מדדים כימיים

חמצן (O_2)

המחזור השנתי של שיכוב-ערבוב עמודת המים הוא הגורם העיקרי, ביחד עם תהליכי הפוטוסינתזה והנשימה, הקובע את ריכוזי החמצן בעמודת המים. בתקופת הערבוב ישנה ירידה בטמפרטורת המים ועל כן עלייה בקליטת חמצן אטמוספירי במים העליונים, אולם מים אלה מתערבבים עם מי עומק עניים בחמצן, וכך, למרות שמאגר החמצן המומס בעמודת המים גדל, נמצא החמצן בתת-רוויה. עם תום תקופת הערבוב ותחילת התקופה המשוכבת עולה היצרנות בעמודת המים העליונה ונוצר ריכוז גבוה של חמצן מומס קרוב לעומק הכלורופיל המרבי (DCM), ועם עליית הטמפרטורות במים העליונים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן. הערבוב הרדוד השנה גרם לכך שרק המים העליונים אווררו. בחודש אפריל נראה כי ריכוז החמצן המומס במים עלה עד לעומק של כ-300 מ', אך ברוב החודשים ריכוז החמצן מתחיל לרדת בעומק גדול מ-200-250 מ' (איור 6ד). ריכוז החמצן המרבי בתחנה A השנה נמדד בחודשי הקיץ מאי-אוגוסט, בעומקים 100-140 מ' ($220.18-221.45 \mu\text{mol/l}$). בקרבת החוף, בתחנת FF היה ריכוז החמצן המרבי גבוה יותר והגיע עד $245.79 \mu\text{mol/l}$ בחודש אפריל.

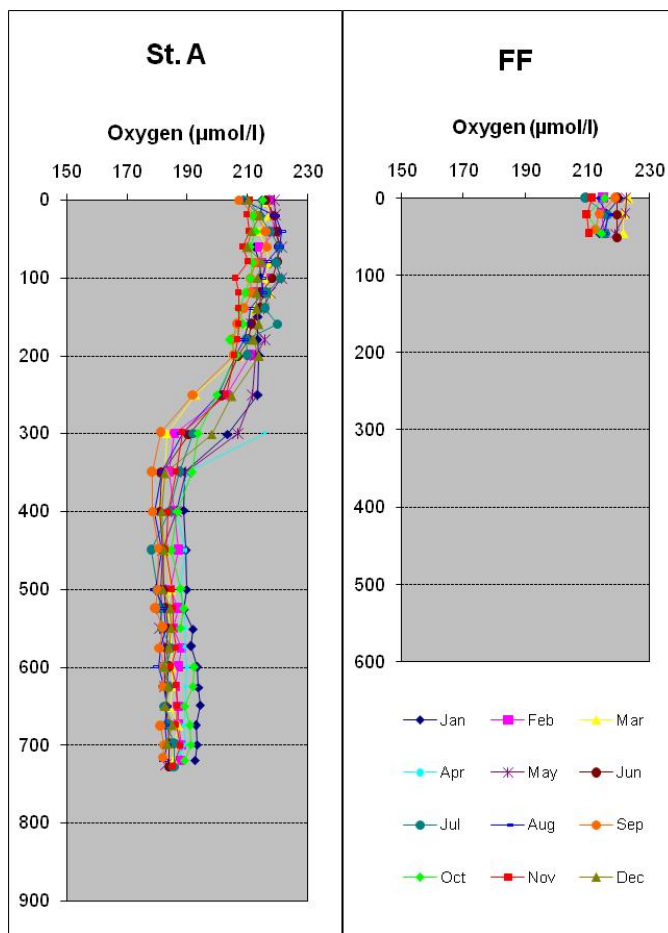
ריכוז החמצן במי העומק, 700 מ', ירד במשך השנה מ- $193.15 \mu\text{mol/l}$ בחודש ינואר ל-

$183.42 \mu\text{mol/l}$ בחודש דצמבר.

במשך רוב חודשי השנה, בהם עמודת המים משוכבת, מופרדים מי העומק מהמים העליונים, ובהיעדר

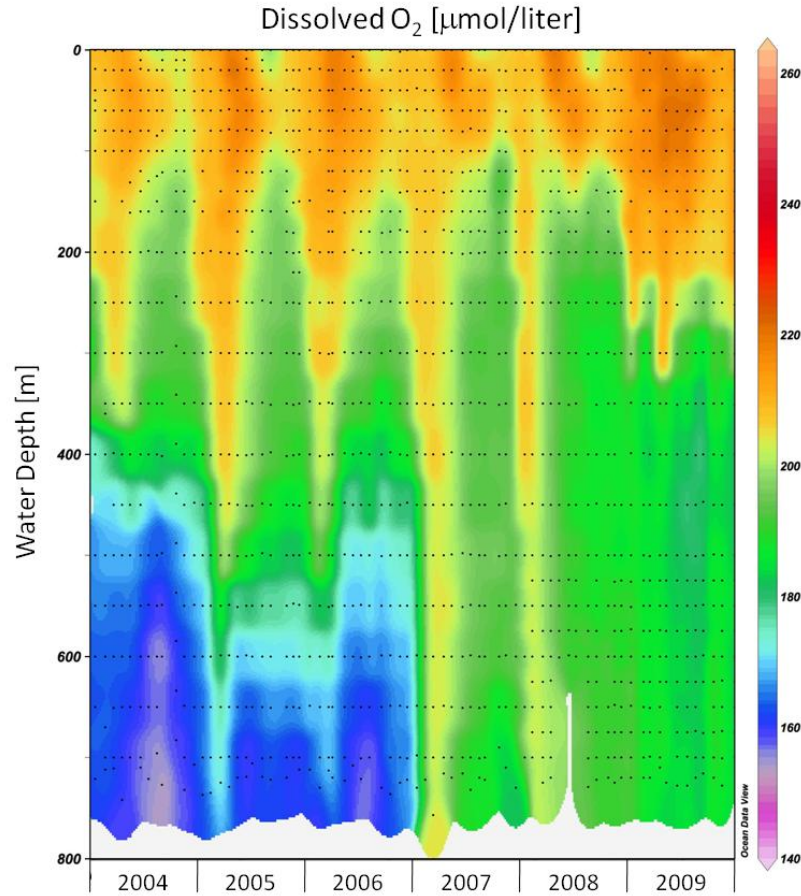
יצרנות ראשונית החמצן המומס בהם הולך ונצרך בתהליכי חמצון של חומר אורגני במים או בסדימנט. חידוש מלאי החמצן המומס במים העמוקים מתרחש בזמן ערבוב מי העומק עם מים רדודים עשירים בחמצן. בשנות הניטור 2004-6 לא היה ערבוב עמודת המים עמוק דיו כדי לאוורר את המים העמוקים מכ- 600 מ' אולם בשנים 2007-8 עורבבה כל עמודת המים בתחנה A, וריכוז החמצן במים העמוקים השתווה לריכוזו במי השטח בחודשי הערבוב. במשך השנה לאחר הערבוב נצרך החמצן במים העמוקים וריכוזו יורד. הערבוב הרדוד של השנה לא החדיר חמצן למים העמוקים מכ- 300 מ'. במים העמוקים יותר המשיך ריכוז החמצן לרדת (איור ד7). יחד עם זאת, מאגר החמצן המומס בעמודת המים עדיין גבוה משהיה בשנים 2004-6. שינוי זה מוסבר על ידי הערבובים העמוקים שחלו בשנים 2007-8 (איור ד8) או על ידי ירידה בעומס החומר האורגני המחומצן בשנים האחרונות, או על ידי שני תהליכים אלו יחדיו.

מאז שנת 2000 ועד לשנת 2007 נצפתה ירידה בריכוז החמצן במים העמוקים. השנים 2007-8 העלו את ריכוזי החמצן בכל העומקים, אולם ריכוזים אלה יורדים מאז חורף 2008. ריכוז החמצן המומס במים העמוקים דומה בסוף השנה לריכוזו של שנת 2001, לאחר הערבוב העמוק בשנת 2000, ולפני שהחלו המים העמוקים להידלדל בחמצן (איור ד9).



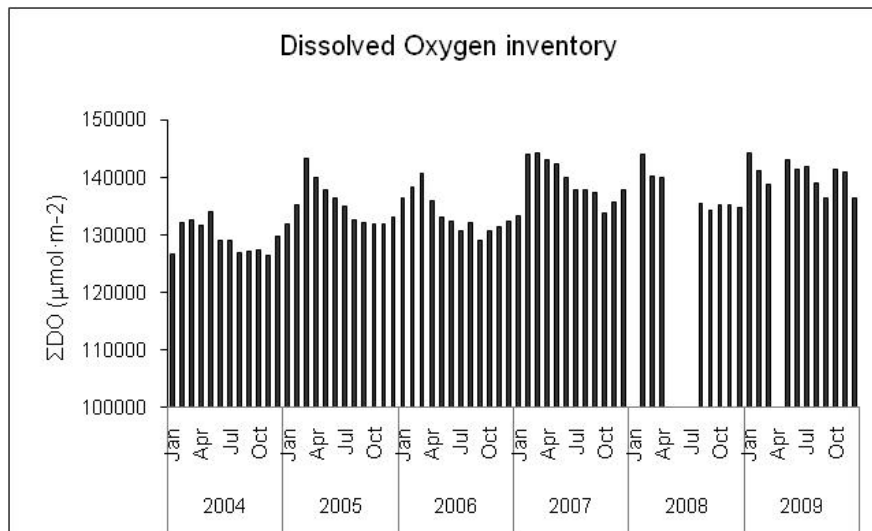
איור ד6: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור התודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



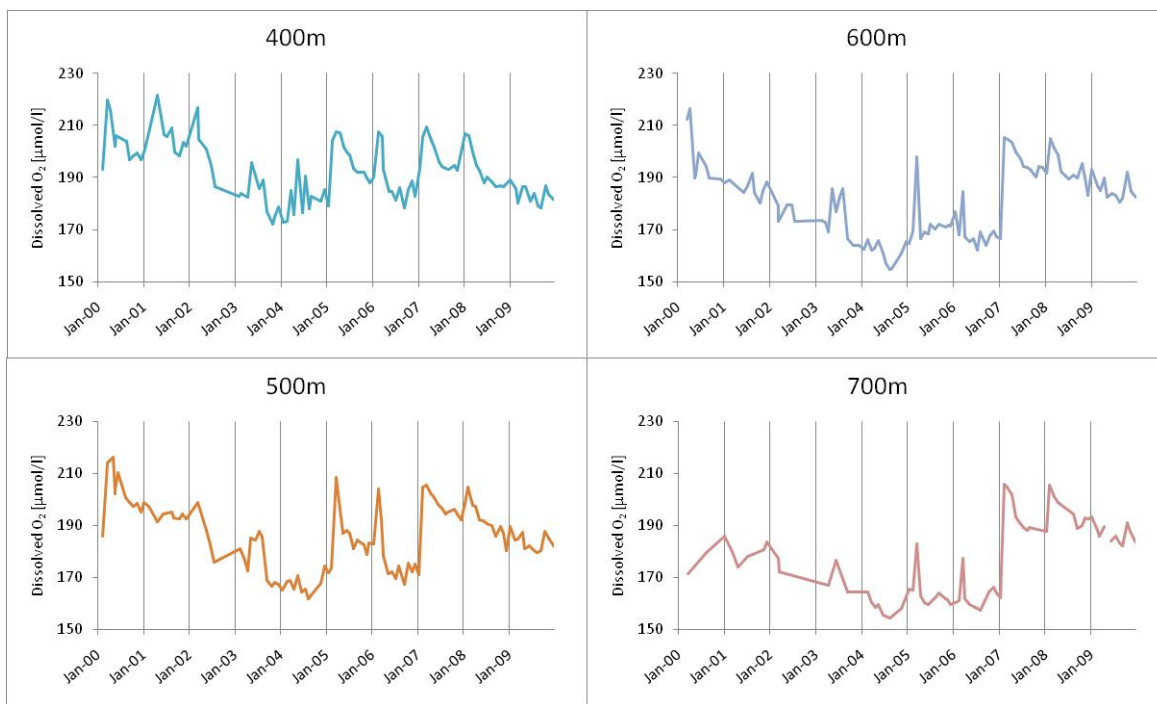
איור 7: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.



איור 8: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D8: Changes in the dissolved oxygen inventory in the water column at Station A since 2004.

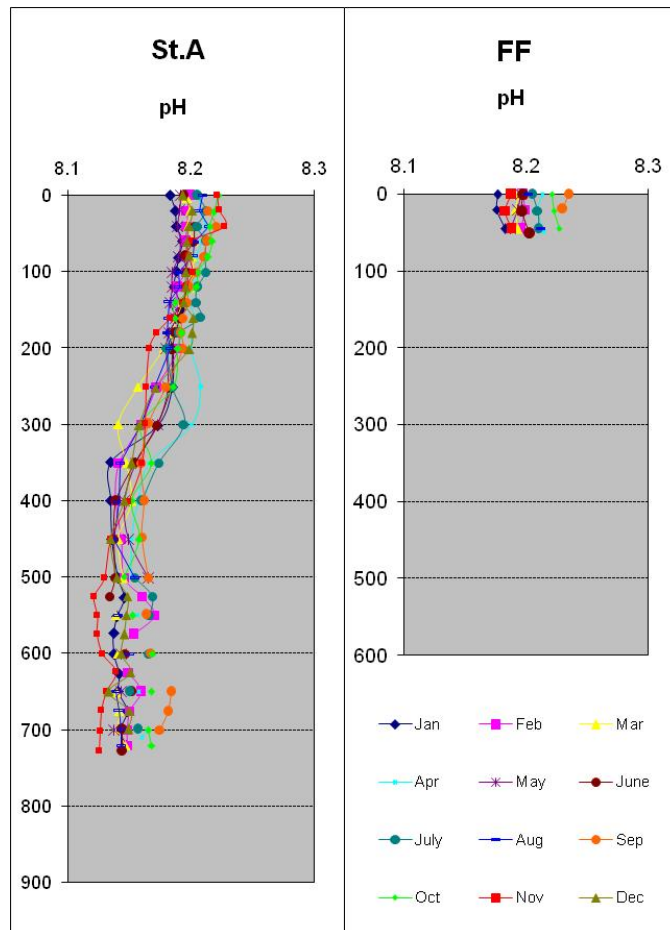


איור ד9: שינויים בריכוזי החמצן המומס בעמקים 400 עד 700 מטרים בתחנה A מאז שנת 2000.
Figure D9: Changes in dissolved oxygen concentrations in 400m to 700m water depth at Station A, since 2000.

ערך הגבה (רמת חומציות המים, pH)

[תזכורת: במהלך שנת הניטור 2006 התברר כי התמיסות המשמשות לכיול מד ה-pH התיישנו על המדף וכתוצאה מכך נוצרה הטייה של הערכים הנמדדים לעבר ערכי pH גבוהים יותר. משהחלו הערכים הנמדדים להיות גבוהים באופן חריג התעורר החשד שקיימת בעיה במדידה עצמה ומקור הבעיה אובחן. נערכה בדיקה של התמיסות, ובמקביל להחלפת כל החומרים ננקטו שתי פעולות: 1. במשך חודשיים נמשכה מדידת pH עם החומרים הישנים במקביל למדידות המכילות בחומרים חדשים ובדוקים, בניסיון לבדוק האם ניתן יהיה לתקן את הערכים השגויים תיקון מתמטי (בתנאי שניתן יהיה לייצר עקומה המתארת את הטיית ערך המדידות עם הזמן), 2. נערך בירור אשר במהלכו זוהה תאריך תחילת הבעיה (אוקטובר 2003). לפיכך הכרזנו בדו"ח 2007 על אי קבילותן של מדידות ה-pH מאותו תאריך ועד להחלפת התמיסות הבעייתיות ותיקון הבעיה בנובמבר 2006.]

רמת החומציות בעמודת המים משתנית במחזוריות הערבוב-שיכוב השנתית, בעקבות ערבוב מי העומק בעלי ה-pH הנמוך יחסית עם המים הרדודים בהם ה-pH מעט גבוה יותר. בדרך כלל דומה מבנה הפרופיל של pH בעמודת המים לזה של החמצן המומס, מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה. ערכי pH מרביים נמדדו קרוב לפני הים בחודש נובמבר (8.228) וערכים מזעריים נמדדו באותה הפלגה בקרבת הקרקעית (8.126). משרעת השינויים ב-pH הייתה גדולה השנה מאשר בשנה הקודמת, הערך המרבי היה גבוה יותר והערך המזערי נמוך יותר. ערך ה-pH המרבי גבוה יותר בקרבת החוף הצפוני (תחנת FF) מאשר בים הפתוח (תחנת A), ערך של 8.235 נמדד ב-FF בחודש ספטמבר.

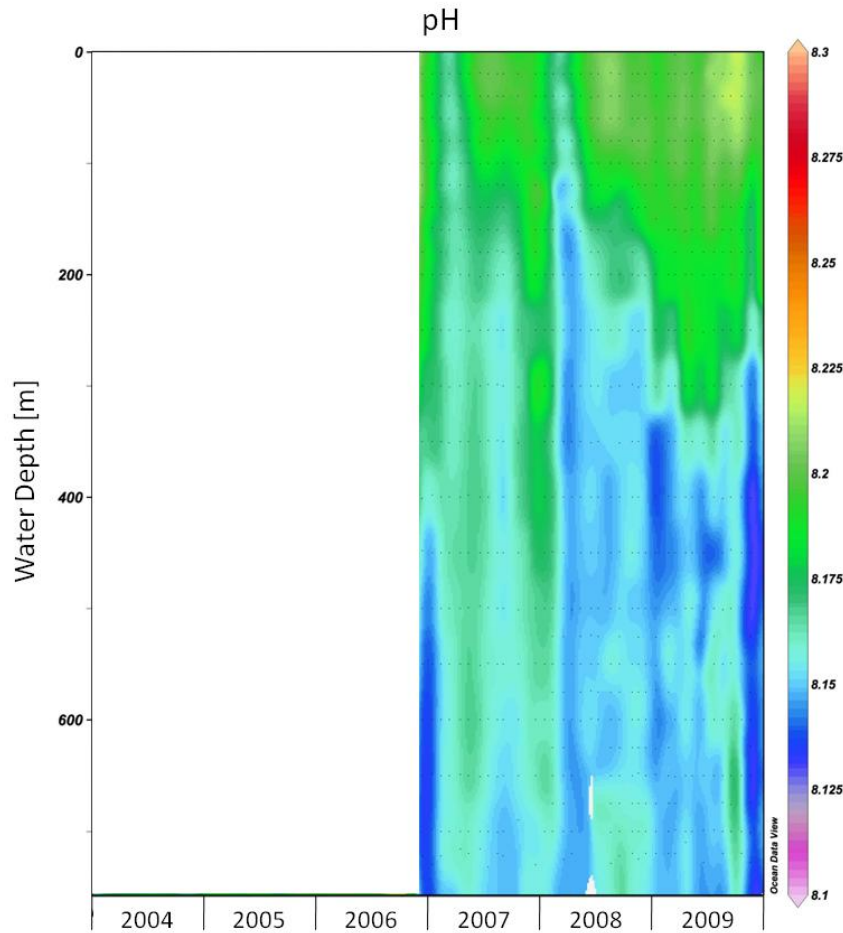


איור 10: ערכי רמת חומציות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול

המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D10: Depth profiles of pH values measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

אירועי הערבוב העמוק בשנים 2007-8 הורידו מעט את ערך הגבה בעמודת המים, והשנה עקב הערבוב הרדוד החל ה-pH לעלות במים הרדודים (איור 11).

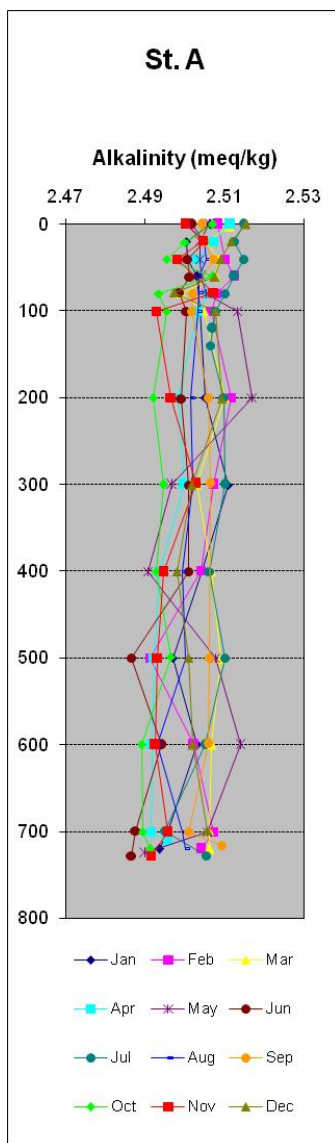


איור 11: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D11: Changes in pH in the water column at Station A since November 2006. Black dots represent the sampling depths.

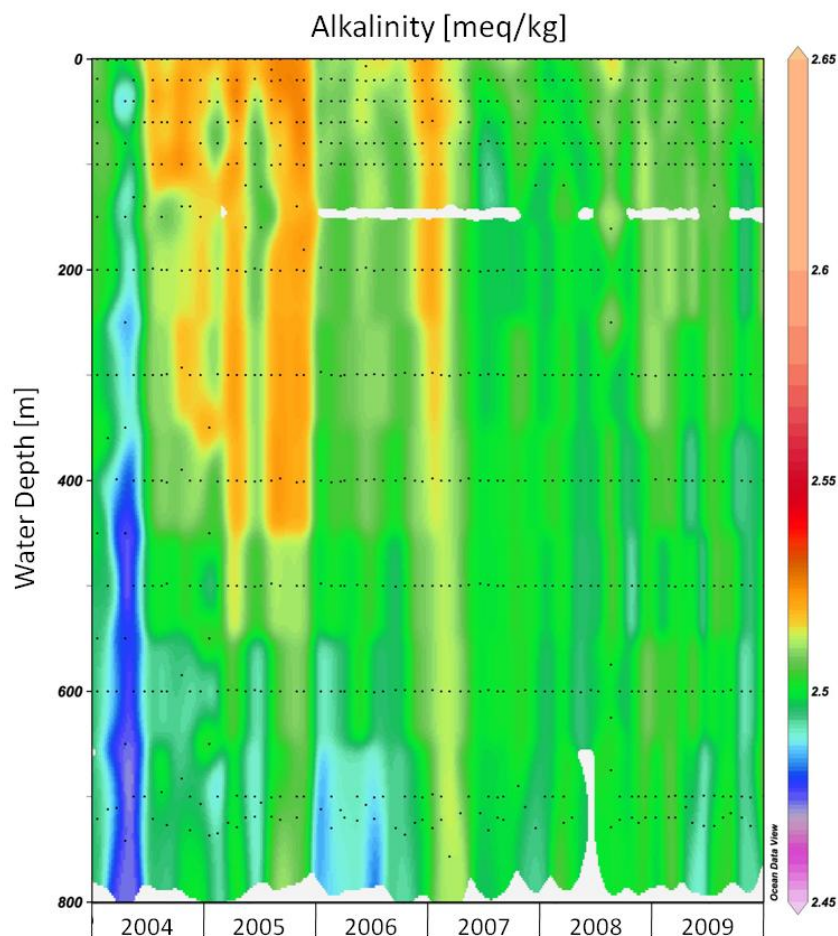
אלקליניות

האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד, הן בשינויים העונתיים והן בין העומקים (איור 12).
השנה נראה כי גם ערכי האלקליניות עלו מעט בהשוואה ל-2007-8, אולם עדיין נמוכים מהערכים אשר נמדדו בשנים 2004-5 (איור 13).



איור ד12: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D12: Alkalinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.



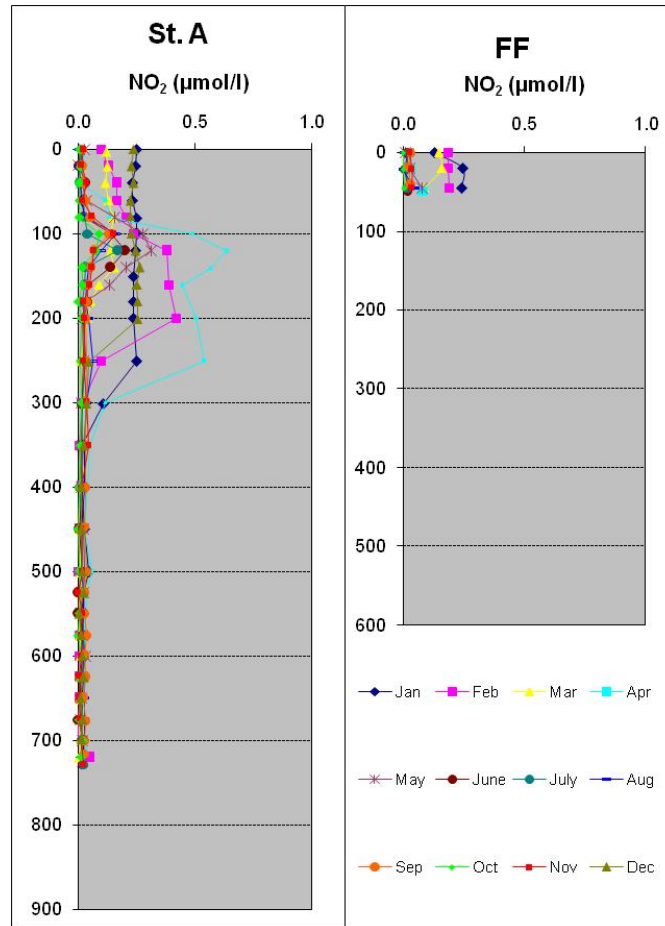
איור ד13: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D13: Changes in alkalinity in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.

ניטריט (NO_2^-) וניטראט (NO_3^-)

ריכוזי הניטריט במים נמוכים מאד, וזאת כיוון שהניטריט נצרך הן על ידי פיטופלנקטון באזור הפוטי והן על-ידי בקטריות וארכיאה המחמצנים אותו לניטראט בתהליך הניטריפיקציה המתרחשת בכל עמודת המים. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנארוביים, אולם תהליך זה פחות סביר במי המפרץ המחומצנים. עם זאת, יתכן שדניטריפיקציה מתרחשת בסדימנט.

ריכוזי הניטריט עולים בתקופת הערבוב בחורף, ועם תחילת השיכוב נוצר בין העומקים 100 ו-250 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטריט גבוה יחסית (איור ד14). באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך. השנה נמדד הריכוז המרבי של ניטריט בתחנה A בחודש אפריל בעומק 120 מטרים, $0.634 \mu\text{mol/l}$, מעט יותר ומעט עמוק יותר מאשר בשנה הקודמת (חודש מאי, $0.585 \mu\text{mol/l}$ בעומק 60 מטר).



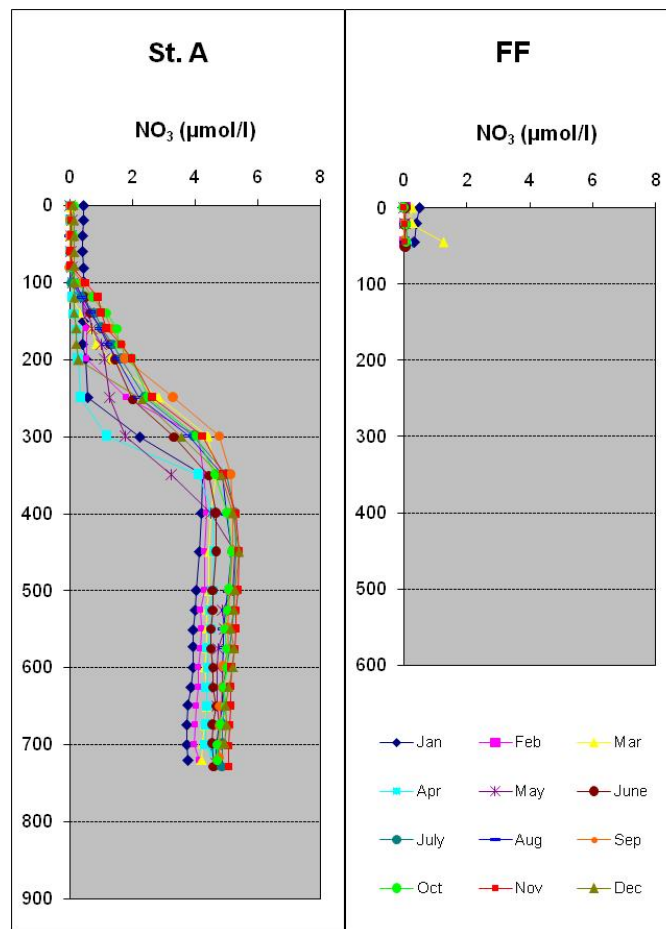
איור 14: ריכוזי ניטריט (NO_2^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D14: Nitrite (NO_2^-) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

ניטראט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. הניטראט הינו התוצר הסופי של תהליך הניטריפיקציה שתחילתו חמצון בקטריאלי של אמוניה ועל כן מהווה מדד לכמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים העמוקים. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטח בניטראט המגיע מהעומק. קליטת הניטראט על ידי פיטופלנקטון בשכבה הפוטית מהווה גורם מרכזי בהגברת היצרנות הראשונית ב"פריחת האביב". עקב צריכתו הגבוהה, ריכוזו בשכבה הפוטית נמוך מהריכוז הנמדד במים העמוקים, מלבד בזמן ערבוב עמודת המים (איור 15). בתקופת השיכוב ריכוז הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, ריכוזו עולה. השנה עקב הערבוב הרדוד במיוחד לא הובאו נוטריינטים רבים לפני הים והריכוז המרבי אשר נמדד בפני הים בתחנה A היה 0.429 בחודש ינואר. לשם השוואה, בשנה הקודמת נמדד ריכוז מרבי של $2.257 \mu\text{mol/l}$ בפני הים בתחנה A, ובשנת 2007 נמדד ריכוז של $1.767 \mu\text{mol/l}$ במים העליונים. בשנת 2006, שנה של ערבוב רדוד יחסית, נמדד בפברואר ריכוז ניטראט מרבי של $0.895 \mu\text{mol/l}$. במים העמוקים, לעומת זאת, הגיע ריכוז הניטראט המרבי לערכים גבוהים מ-5 (לעומת $4.3 \mu\text{mol/l}$ בשנה הקודמת), עדות לכך שניטראט שב להצטבר במי העומק. ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. משנת 2000, בה היה ערבוב עמוק, החל להבנות מאגר של חנקן מחומצן (ניטריט+)

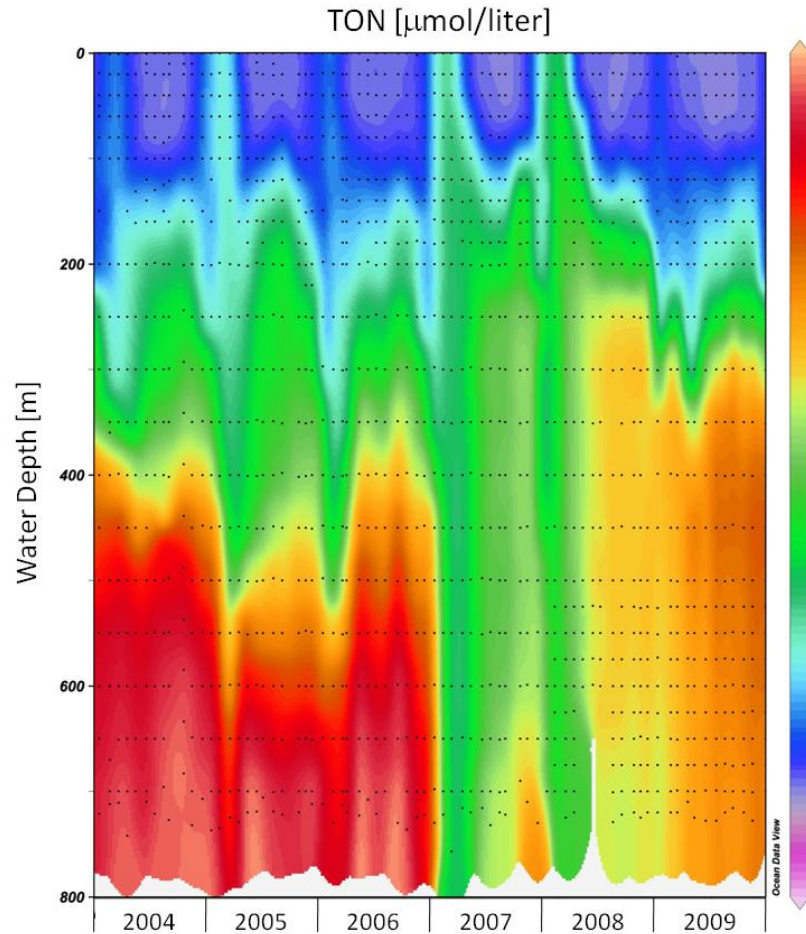
ניטראט) במים העמוקים. בחורף 2004-5 בו היה ערבוב של עמודת המים עד לכ-600 מטר ירדו מעט ריכוזי הניטראט במי העומק אולם ב-2006 נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 2004. שנתיים של ערבוב עמוק הורידו משמעותית את ריכוזי החנקן במים העמוקים. מאז אביב 2008, ריכוזי החנקן במים העמוקים מכ-350 מטרים נמצאים במגמת עלייה (איור ד16).

מעקב אחר השינויים במאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה (איור ד17). כמות החנקן המחומצן בעמודת המים הייתה קטנה ביותר באביב 2007, ומאז גדלה בהתמדה, מאגר החנקן בסוף השנה הנוכחית גדול מאשר בשנה הקודמת, וגדול מאשר בסוף 2007. נראה כי ריכוז הניטראט במים העמוקים הגיע לשיווי משקל של ערכים גבוהים יחסית ושינויים קטנים יחסית בשנים 2000-2007 (איור ד18). בחורפים בהם ערבוב עמודת המים הוריד את ריכוזי הניטראט בעומקים הגדולים מ-400 מטרים חזר הריכוז במהרה לערכו הקודם. הערבוב העמוק בשנת 2007 הוריד משמעותית את ריכוזי הניטראט בעומק (ערך מינימום בתקופה זו כ- $1.7\mu\text{mol/l}$), והעלייה שאחרי הייתה איטית מזו שנצפתה לאחר חורפים עם ערבוב עמוק בשנים קודמות. בסוף 2007 ריכוז הניטראט בעומק 700 מטרים היה כ- $3.9\mu\text{mol/l}$. חורף 2008 שוב הוריד את הריכוז (ל- $2.16\mu\text{mol/l}$), ובסוף 2008 היה הריכוז בעומק 700 מטרים כ- $4\mu\text{mol/l}$. הערבוב השנה כלל לא הגיע למים העמוקים וריכוזי הניטראט הוסיפו לעלות (קרוב ל- $5\mu\text{mol/l}$), אולם גם בתום שנתיים מאז הערבוב העמוק האחרון (חורף 2008) הריכוזים נמוכים משמעותית מערך "שיווי המשקל" שלפני 2007 (איור ד18). נדמה כי הקצב בו עולה ריכוז הניטראט במי העומק קטן מאז 2007 בהשוואה לשנים שלפני כן.



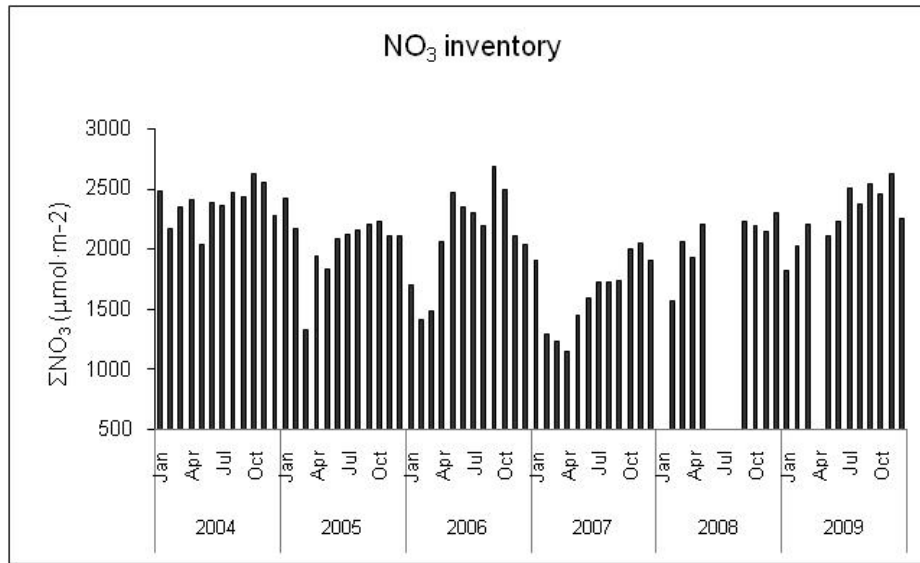
איור ד15: ריכוזי ניטראט (NO_3^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D15: Nitrate (NO_3^-) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

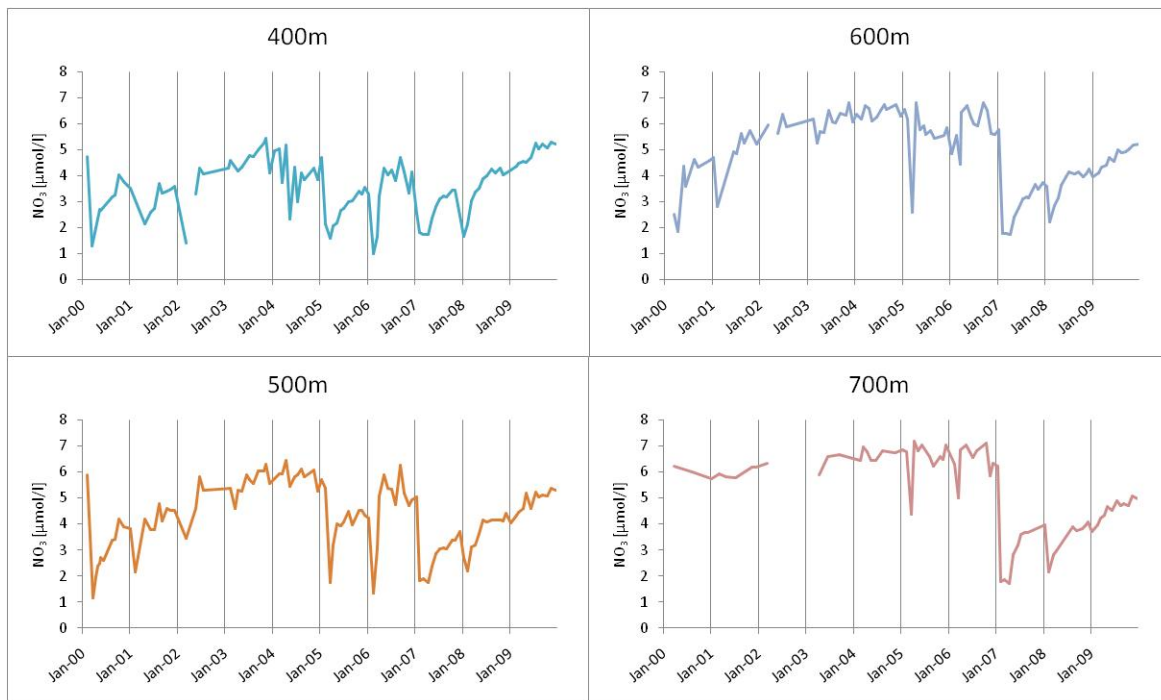


איור ד16: שינויים בריכוז החנקן המחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.



איור 17: שינויים במאגר הניטראט (NO_3) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.
Figure D17: Changes in the nitrate (NO_3) inventory in the water column at Station A since 2004.

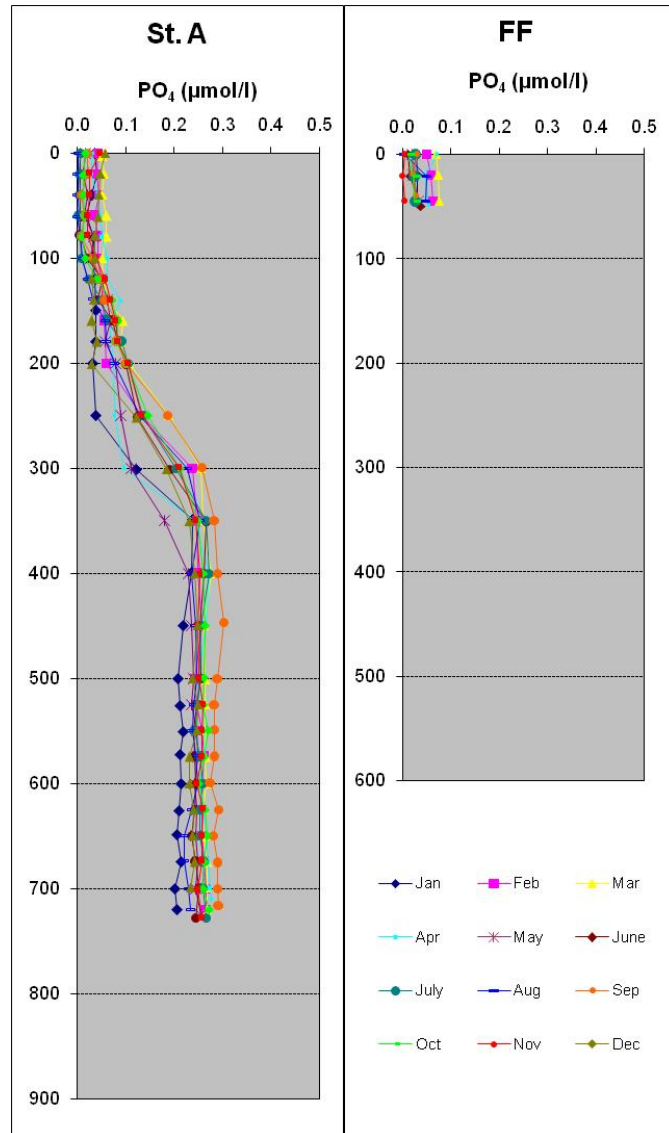


איור 18: שינויים בריכוז הניטראט בעמקים (400 עד 700 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.
Figure D18: Changes in nitrate concentration water depth of 400m to 700m at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of Prof. J. Erez and Prof. B. Lazar.

פוספט

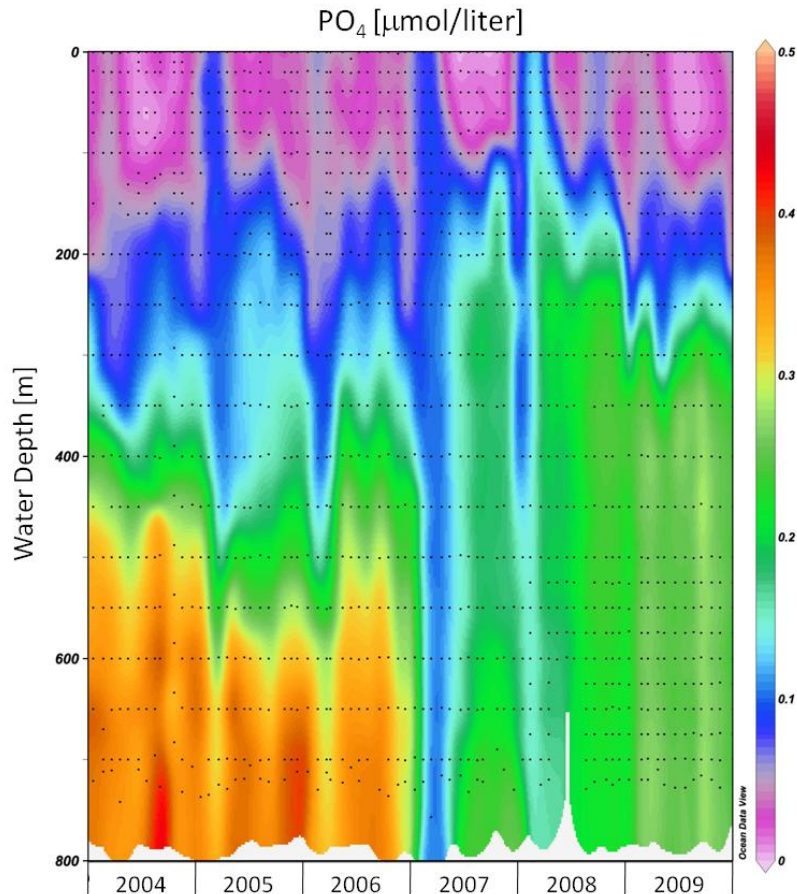
ריכוז הפוספט בעמודת המים, בדומה לנוטריונטים אחרים, נמוך בקרבת פני הים ועולה עם העומק (איור 19ד). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני על ידי היצרנים הראשוניים, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגנים מהמים הרדודים ופירוקם בעומק, עולה ריכוז הנוטריונטים ובכלל זה הפוספט עם העומק. גם המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן, ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב, אך ריכוזי הנוטריונטים אינם זהים. ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט), ונע בפני הים בטווח $0.002-0.072 \mu\text{mol/l}$ (בחודשים אוגוסט אפריל בהתאמה) ובמים העמוקים בטווח שבין $0.2-0.3 \mu\text{mol/l}$ (בחודשים ינואר וספטמבר). ריכוזים אלו נמוכים פי כמה מריכוזי השנה הקודמת. ריכוז הפוספט המרבי בפני הים באביב בתחנת כלובי הדגים כפול כמעט מהריכוז שנמדד בים הפתוח בתחנה A.

בעקבות הערבוב העמוק בשנת 2007 ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי. ערבוב עמוק נוסף בשנת 2008 שמר על ריכוז פוספט נמוך, אם כי פחות מאשר ב-2007. הערבוב הרדוד השנה לא העלה נוטריונטים – ובכלל זה פוספט – ממי העומק לצריכה בפני הים, וריכוז הפוספט במים העמוקים עלה השנה (איור ד20). אף על פי כן, ריכוז הפוספט בעמודת המים נמוך מריכוזו בשנים 2004-7. יחד עם זאת, הערבוב הנמוך במיוחד השנה גורם לכך שריכוז הנוטריונטים גבוה בעומקים הבינוניים (250-400 מטרים) משהיה בשנים 2004-2006 בהן היה ערבוב עמוק מ-450 מטרים. לפיכך מעקב אחר מאגר הפוספט נותן הערכה טובה יותר למצב בעמודת המים. בשנת 2007 הצטמצם מאגר הפוספט המומס במים אולם ב-2008 שב ונבנה והשנה גודלו דומה לגודל המאגר בשנים 2004-6, לפני הערבוב העמוק בשנים 2007-8 (איור ד21).



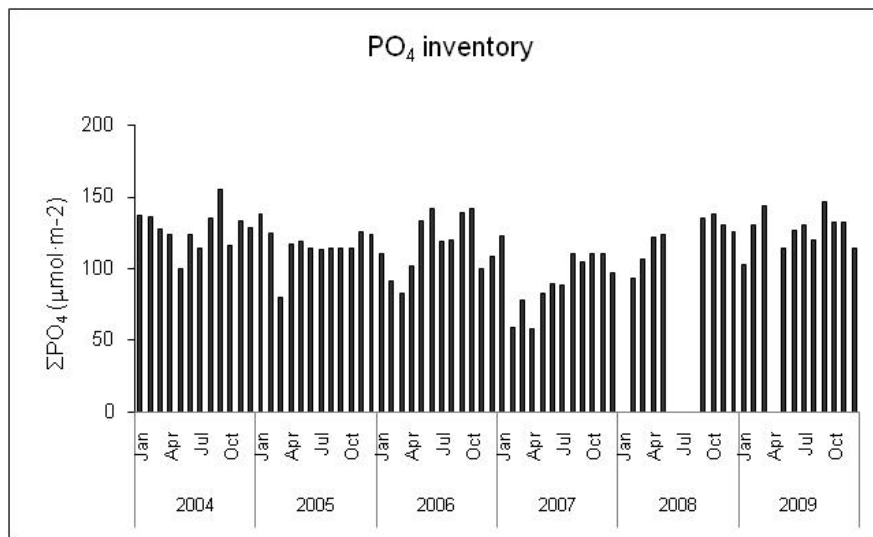
איור ד19: ריכוזי פוספט (PO_4^{3-}) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הנישור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D19: Phosphate (PO_4^{3-}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד20: שינויים בריכוז הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D20: Changes in the concentration of phosphate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.



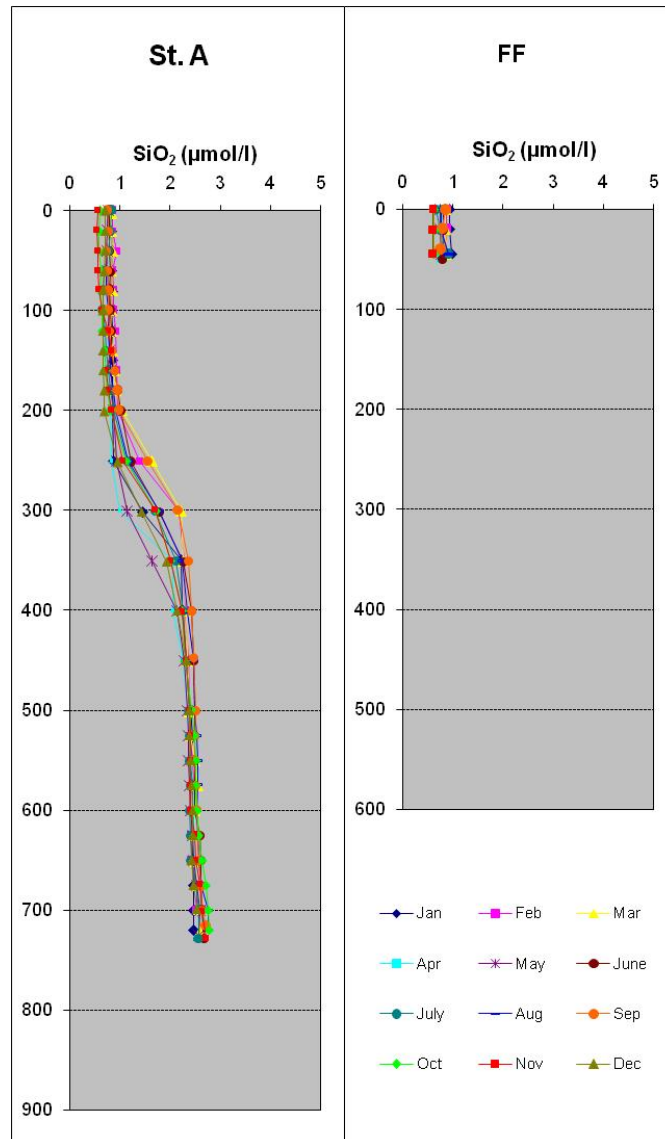
איור ד21: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D21: Changes in the phosphate inventory in the water column at Station A since 2004.

סיליקה

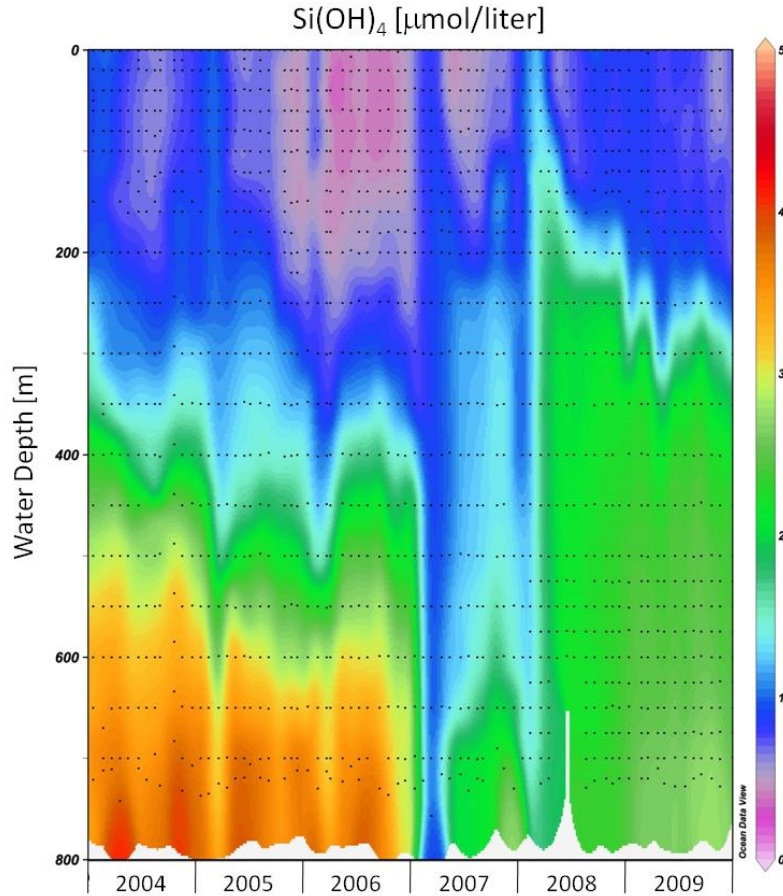
משרעת הערכים השנתית של ריכוזי הסיליקה קטנה, $0.566\mu\text{mol/l}$ (נובמבר) – $0.837\mu\text{mol/l}$ (מרץ), בפני הים בתחנה A (איור ד22). המחזור העונתי אינו בולט בריכוזי הסיליקה, ולאורך כל השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים (<300 מטר) נמוכים ביחס לעומק וכמעט קבועים. במים העמוקים ריכוזי הסיליקה גדל עם העומק, $2.781\mu\text{mol/l}$ בסמוך לקרקעית ו- $2.297\mu\text{mol/l}$ בעומק 450 מטרים בחודש אוקטובר. לשינוי בריכוזי הסיליקה במים העמוקים חשיבות רבה מכיוון שהוא מצביע על מקור סיליקה בסדימנט, המסת סיליקה ממוצא יבשתי או שלדים סיליקטים של פלנקטון, בעיקר אצות צורניות [diatoms]. אצות צורניות זקוקות לנוטריינטים רבים לכן נוכחותן מצביעה על העשרה בנוטריינטים. צריכת סיליקה במים העליונים ועליה בריכוזי הסיליקה במים העמוקים עשויה להצביע על נוכחות אצות צורניות. ברוב החודשים השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים מעט גבוהים מאשר בשנת 2006, לפני שנות הערבוב העמוק, אולם בסוף השנה יורד מעט ריכוזי הסיליקה. במים העמוקים ריכוזי הסיליקה מוסיף לעלות השנה אולם עדיין הינו נמוך מאשר בשנים 6-2004 (איור ד23).

מאגר הסיליקה בעמודת המים הגיע לערכים נמוכים ביותר בשנת 2007 אולם מאז עולה כמות הסיליקה המומסת במים (איור ד24). בסוף השנה הקודמת ובתחילת השנה הנוכחית מאגר הסיליקה דומה, אולם לקראת סוף השנה נראית ירידה במאגר הסיליקה. אם ירידה במאגר הסיליקה המומס בשנת 2007 מעידה על פריחת אצות צורנית ועליה נובעת מקריסת הפריחה, הרי שהירידה בכמות הסיליקה בסוף השנה הנוכחית (2009) עשויה ללמד על מחזור מחודש של פריחת האצות כתוצאה מהצטברות נוטריינטים בעמודת המים.



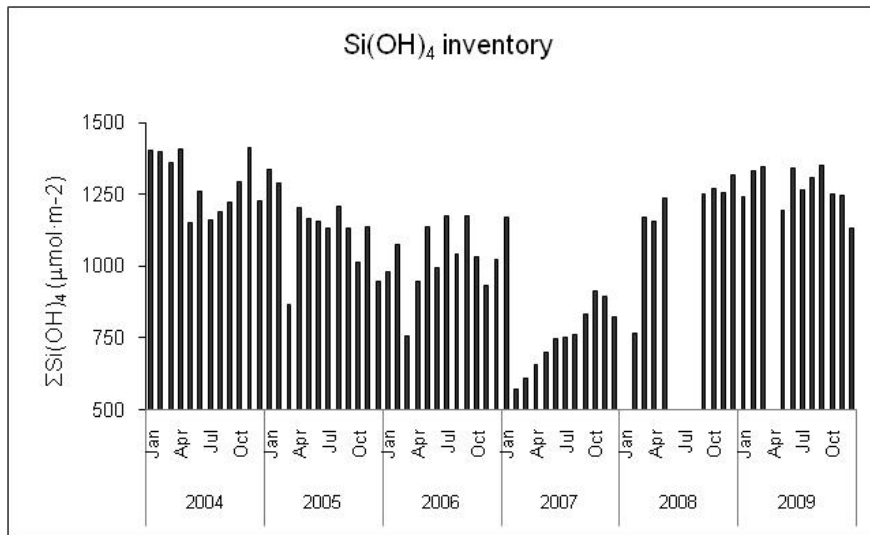
איור ד22: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D22: Silicate (Si(OH)_4) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד23: שינויים בריכוז הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D23: Changes in the concentration of silicate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.

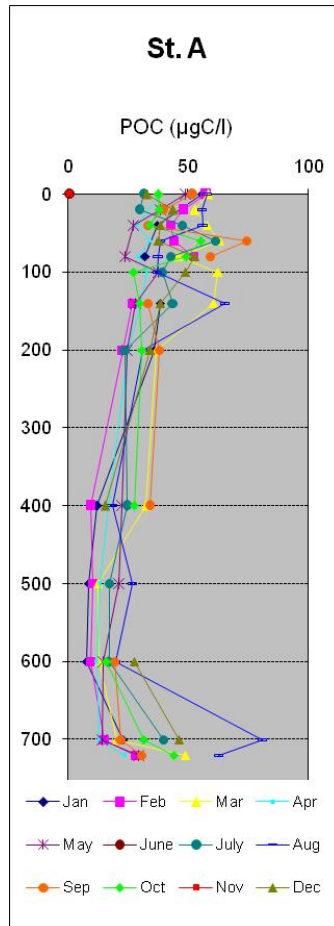


איור ד24: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D24: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.

פחמן אורגני חלקיקי (POC)

בעקבות המלצת תת-הועדה המיוחדת בנושא הכימיה בים (אשר כינסה תכנית הניטור בשנת 2008) להוסיף מדדים אשר יסייעו לכמת את מחזור הפחמן בצפון המפרץ, הוחל השנה במדידות פחמן אורגני חלקיקי. המדידה מתאפשרת בזכות מכשור אנליטי חדש (Total Organic Carbon analyzer של חברת Shimadzu Instruments) אשר נרכש במכון הבינאוניברסיטאי ומצוי במעבדת הכימיה של פרופ' בעז לזר. המדידה נעשית על פי הפרוטוקול הסטנדרטי של חברת Shimadzu. פרופילים של ריכוז הפחמן החלקיקי נמדדו בעמודת המים עם צפיפות דגימות גדולה בשכבה הפוטית, וקרוב לקרקעית. ריכוזי הפחמן החלקיקי גבוהים במיוחד ב-150 מטרים העליונים של עמודת המים (עד 60-70 $\mu\text{gC/l}$, איור 25). בעומקים 200-600 מטרים הריכוזים נמוכים יותר (עד כ-35 $\mu\text{gC/l}$) ובקרבת הקרקעית ישנה שוב עלייה לערכים דומים לאלה של המים העליונים. עליית ריכוז הפחמן החלקיקי בקרבת הקרקעית עשויה להצביע על הרחפת חלקיקים מהקרקעית. בחודש אוגוסט נמדד ריכוז מרבי של פחמן חלקיקי בעומק 700 מטרים, 81 $\mu\text{gC/l}$. הריכוזים הגבוהים בשכבת המים העליונה נובעים מהריכוז הגבוה של פיטופלנקטון וזואופלנקטון בשכבה הפוטית. הריכוזים הגבוהים ביותר של פחמן חלקיקי נמדדו בחודשים מרץ, אוגוסט וספטמבר, במקביל לריכוזים גבוהים של כלורופיל בחודשים אלה (ראו למטה).



איור ד25: ריכוזי כלורופיל a בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D25: Chlorophyll-a concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

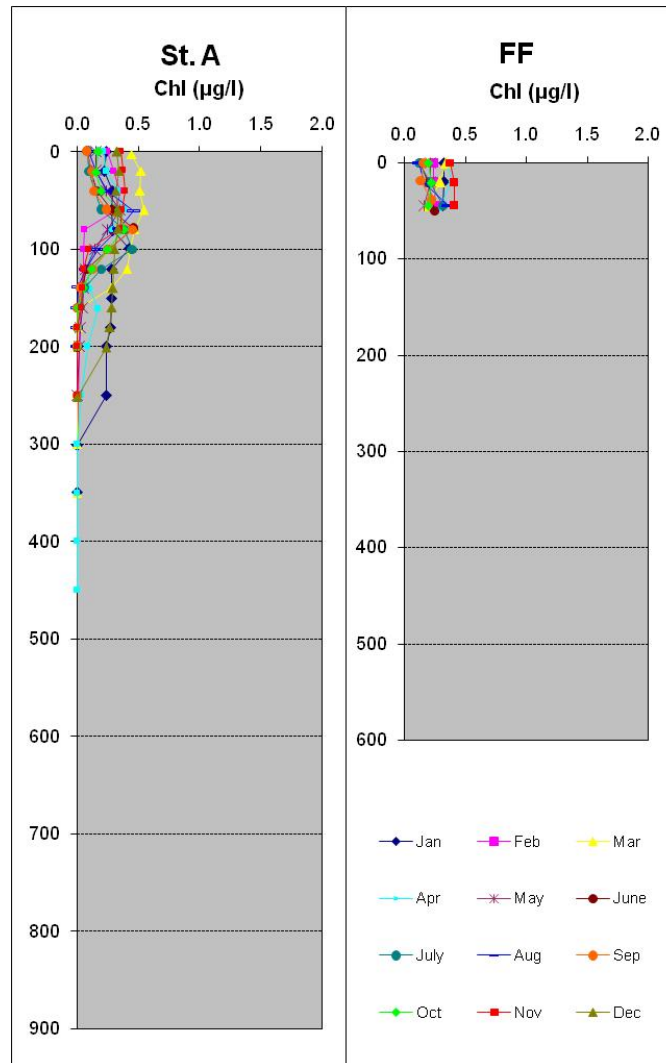
ד.3. מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

כלורופיל a הוא הפיגמנט הפוטוסינתטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלקית) לשיפעת הפיטופלנקטון בעמודת המים. השימוש בכלורופיל כמדד לביומסה הינו מורכב משום שריכוז פיגמנט זה בתוך תאי הפיטופלנקטון משתנה כפונקציה של עוצמת האור. לכן, ריכוז כלורופיל גבוה במים העמוקים יכול לעיתים לנבוע מהעלאה בריכוזו בתאים ולא מעלייה בריכוז התאים. עם זאת, במפרץ אילת, קיים מתאם חיובי בין ריכוז הכלורופיל לביומסת הפיטופלנקטון. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתית של ריכוזים אחידים ונמוכים יחסית בתקופת החורף בעמודת המים המעורבת וריכוזים גבוהים יותר בשכבת המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב. התקופה המשוכבת מתאפיינת בריכוז מרבי של כלורופיל a בעומקים 80-100 מטרים (deep chlorophyll maximum). עמוק יותר מה-DCM עוצמת האור קטנה וריכוז הכלורופיל יורד לאפס, ורדוד יותר נוצרת מגבלת נוטריינטים וריכוזי הכלורופיל בפני הים נמוכים. השנה לא נמצא כלורופיל בעומק גדול מ-250 מטרים מכיוון שערבוב עמודת המים היה רדוד מכדי להביא כלורופיל לעומקים אלה (איור ד26).

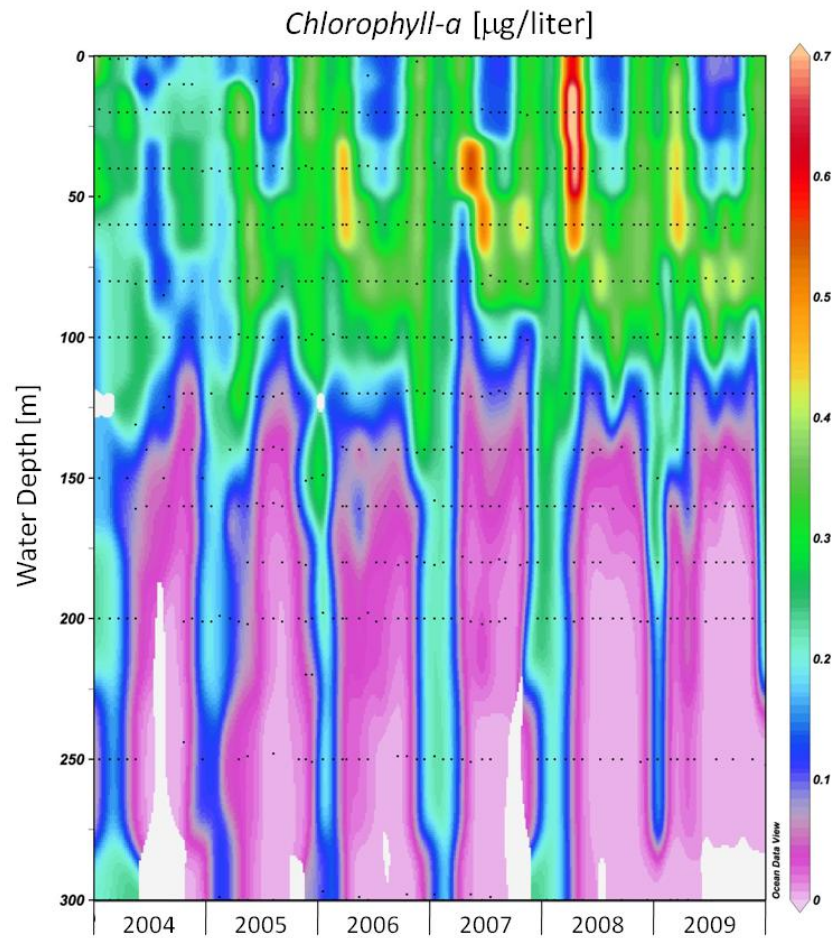
מאז שנת 2004 נצפתה עלייה בריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המרבי". ריכוזים מרביים נמדדו בשנים 2007-8 בעקבות העלאת שפע נוטריינטים מהעומק על ידי ערבוב עמוק. ריכוז הכלורופיל המרבי בתחנה A השנה היה $0.547 \mu\text{g/l}$ בחודש מרץ בעומק 60 מטרים, לעומת $1.137 \mu\text{g/l}$ בשנה שעברה. כך במים העליונים ריכוזי הכלורופיל בזמן הערבוב השנה נמוכים מבשנה שעברה ודומים לריכוזים אשר נמדדו בשנת 2006. בשכבת "הריכוז המרבי" נמצאו השנה ריכוזים דומים לריכוזי הכלורופיל בעומק זה בשנה הקודמת (איור ד27).

במבט לטווח ארוך יותר, נראית עלייה מתונה אך מובהקת (ניתוח רגרסיה, $P < 0.04$, $N = 110$) בריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המרבי (איור ד28) הנמשכת גם מעבר לשנות הערבוב העמוק 2007-8. בשנת 2008 היו ריכוזי הכלורופיל "בשכבת המקסימום העמוקה" (Deep Chlorophyll Maximum) הגבוהים ביותר מאז שנת 2000, והשנה אין חזרה לערכים גבוהים אלה.



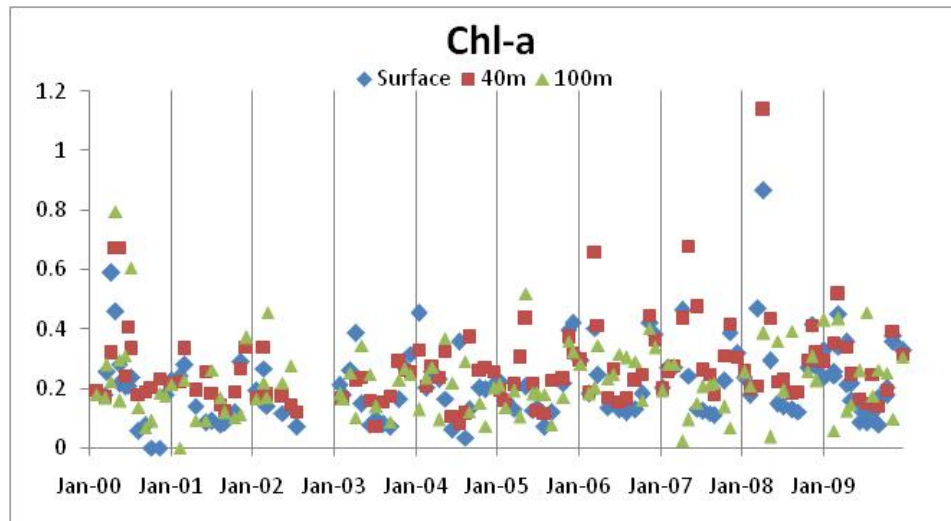
איור ד26: ריכוזי כלורופיל a בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D26: Chlorophyll- a concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד'27: שינויים בריכוז כלורופיל *a* בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות המדידה.

Figure D27: Changes in the concentration of *chlorophyll-a* in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling points.



איור ד28: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בפני הים ובעומקים 40 ו- 100 מטרים. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.

Figure D28: Concentrations of *chlorophyll-a* at Station A at the surface and at water depths of 40 and 100 meters since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of Prof. J. Erez and Pro. B. Lazar.

יצרנות ראשונית

בעקבות הרחבת פעילות הניטור כפי שהומלץ בפגישת תת-הוועדה לנושא הכימיה של מי המפרץ, הוספנו בשנת 2009 מדידה חודשית של יצרנות ראשונית במים הפתוחים. תוצאות המדידה מוצגות לראשונה בדו"ח הנוכחי.

למדידת יצרנות ראשונית בעמודת המים חשיבות גדולה בהערכת מצב המערכת האקולוגית במפרץ מכיוון שהעשרה בנוטריינטים עשויה לגרום לפעילות מוגברת של פיטופלנקטון. פעילות מוגברת לא בהכרח תגרום לעלייה משמעותית בריכוז הפיטופלנקטון (המוערך באופן גס באמצעות ריכוז הכלורופיל) מכיוון שקצב הרעיה של פיטופלנקטון על ידי זואופלנקטון עשוי גם הוא לעלות. לפיכך עלייה ביצרנות עשויה להיות אינדיקציה אמינה ואולי יחידה בשלבים הראשונים של שינוי מצב במעבר ממערכת כמו-אוליגוטרופית בה היצרנות הראשונית נמוכה והתנאים נוחים לאלמוגים, למערכת אאוטרופית בה היצרנות גבוהה.

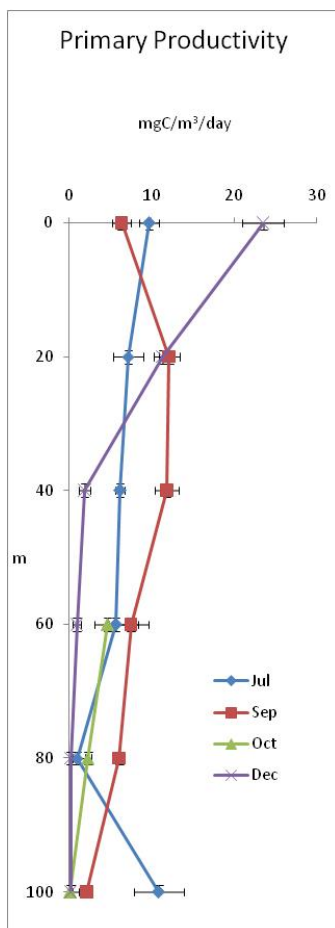
מדידת היצרנות מסובכת וקשה מבחינה טכנית, הן עקב הפעילות הימית המורכבת והן עקב פעילות המעבדה והשימוש באיזוטופים רדיואקטיביים, ועל כן לא בוצעה במפרץ אילת באופן סדיר בשנים האחרונות. מדידות יצרנות בוצעו בין השנים 1989-2002 במסגרת התכניות הקודמות לתכנית הניטור (Reeflux, Red Sea Program, Peace Park). תכנית הניטור התאימה את פרוטוקול המדידה אשר פותח על ידי ד"ר דוד אילוז ופרופ' יונתן ארז (אילוז, 1991) במפרץ אילת ושימש בווריאציות שונות בתכניות הקודמות, תוך שימוש בפרוטוקול מתחנת המדידה של ברמודה (BATS, <http://bats.bios.edu/>) וסיוע של ד"ר דוד אילוז (מכללת בית ברל) פרופ' יונתן ארז (המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית) וד"ר יוסף יעקובי (המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון, חקר ימים ואגמים). הפרוטוקול אשר ישמש את תכנית הניטור ואשר תוצאותיו הראשונות מוצגות בדו"ח זה עבר חודשים של ניסויים ושינויים, ומדידות יצרנות החלו להתבצע באופן סדיר החל מאמצע 2009. להלן תוצאות היצרנות מהחודשים יולי, ספטמבר, אוקטובר ודצמבר (איור ד29). תוצאות אלה הן הראשונות אשר נמצאו ראיות מבחינת הדירות המדידה בשלושת החזרות בכל עומק להיכלל בדו"ח הניטור ומהוות צעד משמעותי לקראת מיסודה של מדידת היצרנות במסגרת תכנית הניטור.

בפרופילים של יצרנות מהשכבה הפוטית ניתן להבחין בערכים נמוכים בחודש יולי, עליה ביצרנות בחודש ספטמבר עם תחילת ההעמקה של הערבוב האנכי ועמו עליית נוטריינטים והיווצרות אזור של יצרנות מוגברת בין העומקים 20-40 מטרים ועליה חדה של היצרנות בפני הים בחודש דצמבר. הירידה התלולה עם העומק בחודש דצמבר, נובעת ככל הנראה ממגבלת אור בעומקים הגדולים כתוצאה מעלייה בריכוז הפיטופלנקטון

בשכבה העליונה, התקצרות היום ושינוי זווית השמש. אופי הפרופילים וסטיות התקן הקטנות במדידות חודשים אלה מקנים לנו ביטחון באמינות המדידה. האינטגרלים של יצרנות המחושבים משלושת הפרופילים המלאים (יולי, ספטמבר, דצמבר) נעים בטווח של $0.52-0.83 \text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ (ממוצע $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ 0.65) ומתאימים לדיווחים ממדידות בתכניות הקודמות לתכנית הניטור. לשם השוואה, בתחנות הניטור הקבועות בימים האוליגוטרופים שמול הוואי וברמודה, נמדדים ערכים ממוצעים רב-שנתיים הנעים סביב $\sim 0.5 \text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ (<http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/methods/fig54.gif>), http://bats.bios.edu/bats_form_prod.html). כמובן שהשוואות אלה עדיין מוקדמות, אך הן מקנות לנו מידה נוספת של ביטחון במדידות.

בדו"ח הביניים הראשון של תכנית הניטור (גנין וסילברמן, 2003) מובאים ערכי יצרנות אשר נמדדו בחודשים ינואר ו־אפריל בשנים 2000-3. המדידות נעשו תוך שימוש בפרוטוקול הדגרה קצר (כארבע שעות), תוצאות אותן מדידות נעו בטווח $0.14-0.78 \text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$. הערכים הנמוכים יותר התקבלו בחורפים 2000-1, ובשנים 2002-3 הערכים שהתקבלו דומים לערכים אשר נמדדו על ידינו החל מסוף קיץ 2009. יש לשוב ולהזכיר שהערבוב השנה היה רדוד במיוחד, ומסתמן שגם בחורף 2010 הערבוב (אשר כבר החל בסוף 2009) יהיה רדוד, ועל כן יתכן שערכי היצרנות אשר ימדדו בשנת 2010 יהיו גם הם נמוכים. אולם בשנים שלאחר מכן עשויים ערכי היצרנות להיות גבוהים מאלו המדווחים כאן.

בזמן פריחת דיאטומאות (אצות סיליקטיות גדולות) קצרת מועד באפיל 2008 נמדדה בעשרים המטרים העליונים עליה ביצרנות מערכים סביב $15 \mu\text{gC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ ל- $30 \mu\text{gC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ (Iluz et al., 2009). ערכים אלה, אשר נמדדו בזמן פריחת האביב (לאחר חורף עם ערבוב עמוק), גדולים מעט מהטווח הנמדד על ידינו ($6-23 \mu\text{gC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$) בפני הים בחודשים ספטמבר ודצמבר 2009, איור ד29). השינוי היומי הגדול עליו מדווחים Iluz et al. (2009) מדגים את הדינאמיקה המהירה של יצרנות במפרץ ומלמד כי מדידות בדידות עשויות לסטות משמעותית ממוצע היצרנות, ורק מסד נתונים משמעותי יוביל להערכות טובות של קצב היצרנות הראשונית בצפון מפרץ אילת.



איור ד29: יצרנות ראשונית בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצריים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D29: Primary productivity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

דיון

המחזור השנתי מורכב מירידת טמפרטורות בפני הים המביאה בחורף לערבוב של המים העליונים עם המים התחתונים ותוך כך העלאת נוטריינטים מהעומק והעשרת המים העמוקים בחמצן. כשמתחילה העונה החמה התחממות המים העליונים יוצרת שיכוב פסיקלי יציב המונע ערבוב בין מי השטח והמים העמוקים. במהלך עונה זו נצרכים הנוטריינטים במים העליונים ונצברים נוטריינטים במים העמוקים ובמקביל מדלדל מאגר החמצן המומס במים העמוקים. הדינאמיקה העונתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה מכתיבה את פרופיל ריכוזי המרכיבים השונים בעמודת המים לאורך השנה. הדינאמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. מדידות השנה החולפת מלמדות כי ערבוב עמודת המים בשנת 2009 היה רדוד במיוחד, פחות מ-300 מטרים, ועובדה זו משתקפת במעבר החומרים בין המים העמוקים והמים העליונים שהיה השנה קטן במיוחד, ובתגובת המערכת הביולוגית. קרי, התמונה המצטיירת לגבי ריכוזי הנוטריינטים והחמצן במים הפתוחים בשנים האחרונות היא מצב בו תהליכים טבעיים הם הדומיננטים, ללא השפעה ניכרת של גורמים הנובעים מפעילות האדם, מעבר להשפעה הכללית של התחממות המים.

אירועים של ערבוב עמוק נרשמו בשנתיים הקודמות, 2007-8, והביאו לשינויים דרמטיים בריכוזי החומרים הנמדדים בעמודת המים. בהשוואה, הערבוב הרדוד במיוחד השנה מהווה חזרה מהירה "לשגרה" בה מצטברים ריכוזים גבוהים שח נוטריינטים במים העמוקים ואינם מזינים את שכבת המים העליונה. אם בשנה

הקודמת נמדדו ריכוזים אחידים של נוטריינטים מפני הים ועד לעומק של 860 מטרים, במדידות השנה נראה מפל ריכוזים החל מעומק של כ-250 מטרים. נראה כי בשנות הערבוב העמוק נשמר חלק גדול יותר מהנוטריינטים בצורה החלקיקית והמאגרים המומסים היו נמוכים, בפרט בשנת הערבוב 2007. השנה ישנה חזרה לגודל מאגרים דומה למדידות השנים הקודמות לערבוב העמוק. ריכוז רוב הנוטריינטים במי העומק עדיין נמוך משמעותית משהיה בשנות הניטור 2004-6. ריכוזי נוטריינטים במי העומק נמצאים אף הם במגמת עליה מערכי המינימום של 2007, אולם גם הריכוזים עדיין נמוכים משמעותית מכל מה שנמדד במים העמוקים בעשור האחרון. נדמה כי החזרה לריכוזים גבוהים במי העומק מתרחשת בקצב נמוך ממה שהראו המדידות בשנים 2000-6. כעבור שנתיים מאז הערבוב העמוק עדיין נמוכים ריכוזי הנוטריינטים בעומקים הגדולים מ-500 מטרים משהיו לפניו. בפרק הזמן 2000-6 היו הריכוזים חוזרים לרמתם הקודמת או אף עולים עליה בין חורף אחד לבא אחריו.

מאגר הסיליקה, אשר הידלדל מאד בעקבות הערבוב של 2007 חזר השנה לרמות הדומות לאלו של לפני שנות הערבוב. נראה כי פריחת אצות צורניות בעקבות הערבוב בשנת 2007 גרמה לירידת כמות הסיליקה המומסת בעמודת המים, ובשנים 2008-9 לא הייתה פריחה דומה כך שסיליקה מומסת בחזרה במים והמאגר המומס גדל.

ריכוזי הכלורופיל היו גבוהים במיוחד בשנתיים הקודמות, והשנה לא נמדדו ערכים כה גבוהים. יחד עם זאת, על אף שהערבוב השנה היה רדוד במיוחד נמדדו בריכוזי הכלורופיל שיאים גבוהים מאשר נמדדו בשנים 2000-2006, כך שנדמה כי מגמת העלייה בריכוז הכלורופיל, וכנראה בריכוז הפיטופלנקטון בים, נמשכת גם מעבר לשנות הערבוב העמוק 2007-8.

נדמה כי החימום במי העומק נבלם בשנות הערבוב העמוק 2007-8, אולם השנה נמצאת טמפרטורת המים העמוקים ברמה גבוהה מאשר בשנים 2000-6. עליית הטמפרטורה בעומק 600 מטרים כ- 0.1°C , ובעומק 700 מטרים כ- 0.25°C .

השנה בצענו לראשונה מדידות של פחמן אורגני חלקיקי ויצרנות ראשונית בעמודת המים. מדידות אלה מהוות תוספת משמעותית למידע הנאסף על ידי התכנית במטרה לעקוב אחר שינויים אפשריים במצב המערכת האקולוגית של המפרץ. מדידות הפחמן החלקיקי מלמדות על הרחפת חומר מהסדימנט כך שבפרופיל ישנם שני אזורים של ריכוזים גבוהים (מקורות): בשכבת המים העליונה שם המקור הוא פיטופלנקטון המצוי בריכוזים גבוהים, ובסמוך לקרקעית שם המקור הוא הרחפת חומר. מדידות היצרנות הראשונית עברו שלב ארוך של פיתוח ולקראת סוף השנה החלו להתקבל תוצאות מניחות את הדעת. הערכים הנמדדים נמצאים בטווח המוכר ממדידות שנעשו במפרץ בשנים האחרונות והינם גבוהים מערכים עליהם דווח במדידות מלפני שניים-שלושה עשורים או ממדידות שנעשות בימים אוליגטרופים דוגמת הוואי וברמודה. המדידות מצביעות על כך שרמת היצרנות הביולוגית ושיפעת הביומסה הפלנקטונית במי צפון המפרץ הינן גבוהות מאלו שהיו עד שנות ה-90, וגבוהות מאלו שבאזורים האוליגטרופיים ה"קלאסיים" (בסביבוים האנטיציקלונים אשר במרכז האוקיאנוסים השקט והאטלנטי).

ה. מדידות רציפות

ה.1. כלורופיל

מטרה

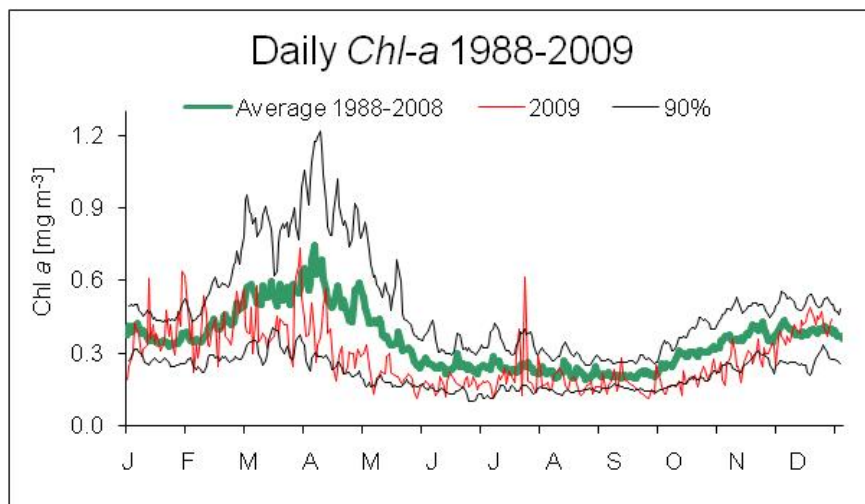
מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

שיטת

מדידה יומית של ריכוז כלורופיל a במים כמדד לשינויים בכמות הפיטוקלנקטון. מדי בוקר בין שמונה לתשע נלקחות שתי דגימות מים של 300 מ"ל כל אחת ממי השטח בנקודה קבועה במזח המצפה התת-ימי, מחוץ לשולחן השונית. המים מסוננים במקום דרך רשת 100 μm להוצאת זואופלנקטון, ומובאים למדידה במעבדה, שם מסוננת כל דוגמה על פילטר GF/F. מיצוי הכלורופיל נעשה ב-10 מ"ל Acetone (90%) במשך 24 שעות בחושך ב-4°C. האצטון כלל בופר של מגנזיום קרבונט. מדידת ריכוז הכלורופיל מתבצעת בפלואורומטר (Turner Designs TD-700) ומכילות באמצעות מדידה יומית של סטנדרט עם הדוגמאות. מדידות הכלורופיל היומיות נערכות במתכונת זו מאז שנת 1988, ומספקות מדד ארוך טווח מעבר לתקופת פעילותה של תוכנית הניטור.

תוצאות

גם השנה עלה ריכוז הכלורופיל בפני השטח בסמוך לשונית לערכים מרביים מוקדם מהצפוי על פי המחזור העונתי הממוצע מאז 1988 (איור ה-1). הערכים המרביים נמדדו השנה בחודש מרץ בעוד שהמחזור העונתי הממוצע, הכולל ריכוז כלורופיל a גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ, מציג לרוב ערכים מרביים בחודש אפריל. בשנתיים הקודמות, ובפרט בשנת 2007, נמדדו שיאי ריכוז כלורופיל גבוהים בהרבה מהממוצע הרב שנתי, והשנה החריגות מהערך הממוצע קטנות. בולטים במיוחד שלושה אירועים של ריכוזי כלורופיל גבוהים בחודשים ינואר, פברואר ויולי. בחודשים אלה, בהם ריכוזי הכלורופיל בדרך כלל נמוכים, נמדדו אירועים קצרים של ריכוזים גבוהים מ-90% מהערכים בעשרים השנים האחרונות.



איור ה-1: ריכוז כלורופיל a בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום דק - בשנת הניטור 2009, קו ירוק עבה - ממוצע רב שנתי (1988-2008), קו שחור דק גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll a concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2009 (thin red line) and the long-term average (1988-2008, thick green line). Thin black line marks the 90% of all accumulated data.

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

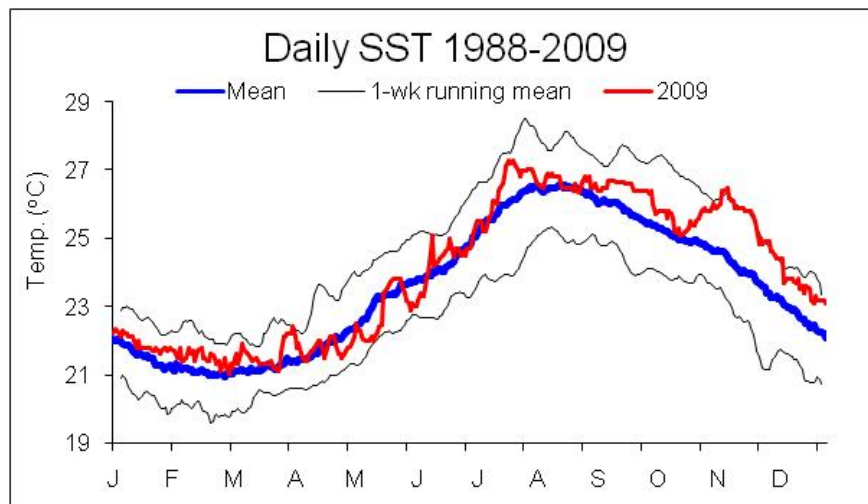
שיטות

טמפרטורת המים בפני הים נמדדת בצמידות למדידה היומית של הכלורופיל בקצה מזח המצפה הימי, בעזרת מד חום כספית מדויק עד כדי עשירית המעלה.

תוצאות

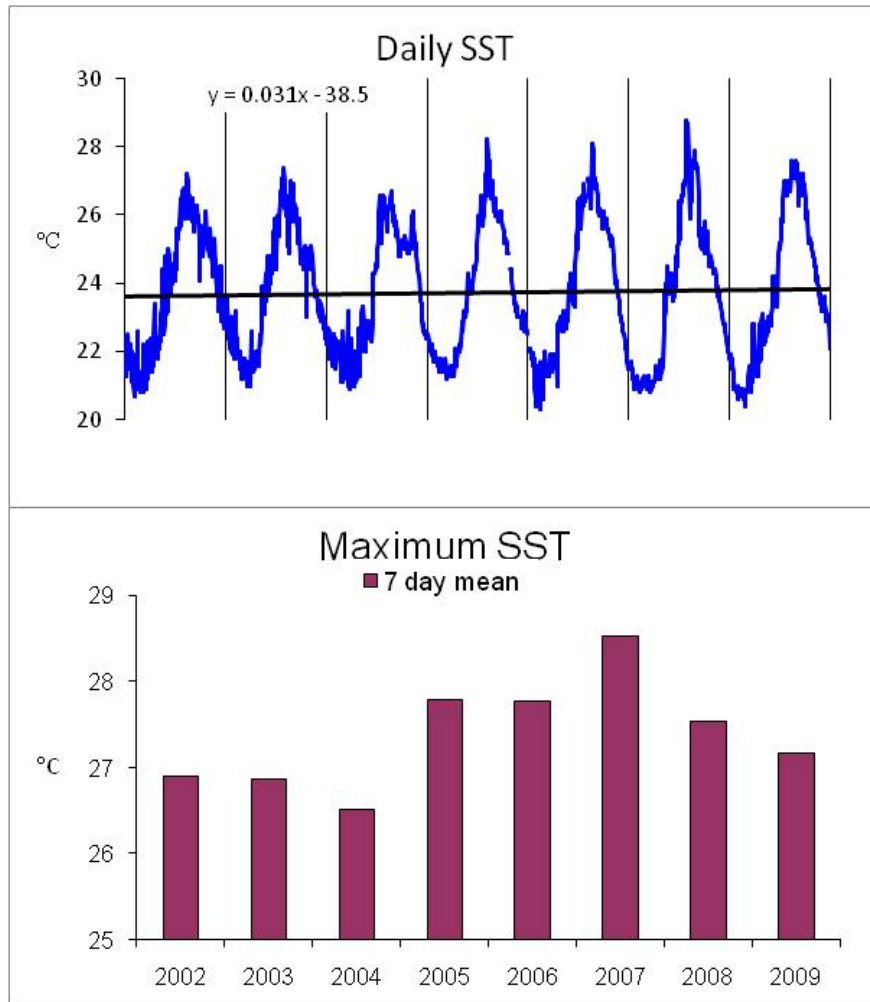
השנה אופיינה בטמפרטורת פני הים אשר אינה שונה מאד מהמוצע הרב שנתי – עד לחודשי החורף בסוף השנה. בחודשים נובמבר-דצמבר הייתה טמפרטורת המים גבוהה יחסית למוצע, לעיתים גבוהה אף מערכי הקיצון בעשרים השנים האחרונות (איור ה2). בחודשי החורף הייתה טמפרטורת המים גבוהה מעט מהמוצע הרב-שנתי ועובדה זו תרמה בוודאי לכך שערבוב עמודת המים היה השנה רדוד במיוחד. בניגוד לטמפרטורות הגבוהות יחסית אשר נמדדו בחודשי החורף, הן בתחילת השנה והן בסופה, הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה השנה נמוכה מאשר בשנתיים האחרונות (27.3°C בחודש יולי 2009, לעומת 27.6°C בשנה שעברה ו- 28.8°C בשנת 2007).

טמפרטורת פני המים הנמדדת מדי יום בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת עדיין במגמה של עלייה ארוכת טווח, על אף שהטמפרטורות השנתיות המרביות (במוצע על פני שבעה ימים) היו גם השנה נמוכות מאלו שנמדדו בשנים 2005-7 (איור ה3). עליית טמפרטורת המים בחודשי החורף מכתיבה המשך המגמה הזו.



איור ה2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2009, קו ירוק - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות מאז 1988, קווים שחורים - ערכי קיצון ממדידות 1988-2008.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2009 (red line), the average SST for 1988-2008 (blue line), and minimum and maximum values from 1988 to 2008.



איור ה-3: למעלה – טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי) מאז 2002. קו הרגרסיה מייצג מגמה ארוכת טווח של עליית טמפרטורת פני המים מאז 1988 (נתונים באדיבות פרופ' אמציה גנין). למטה – הטמפרטורה המרבית כפי שחושבה עבור ממוצע חלוץ זמן (running mean) בן ושבעה ימים.

Figure E3: Top – Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty since 2002. Linear regression represents the long term trend of rising SST since 1988 (data courtesy of Prof. Amatzia Genin). Bottom – Maximum SST calculated as the running mean 7 day interval for each year since 2002.

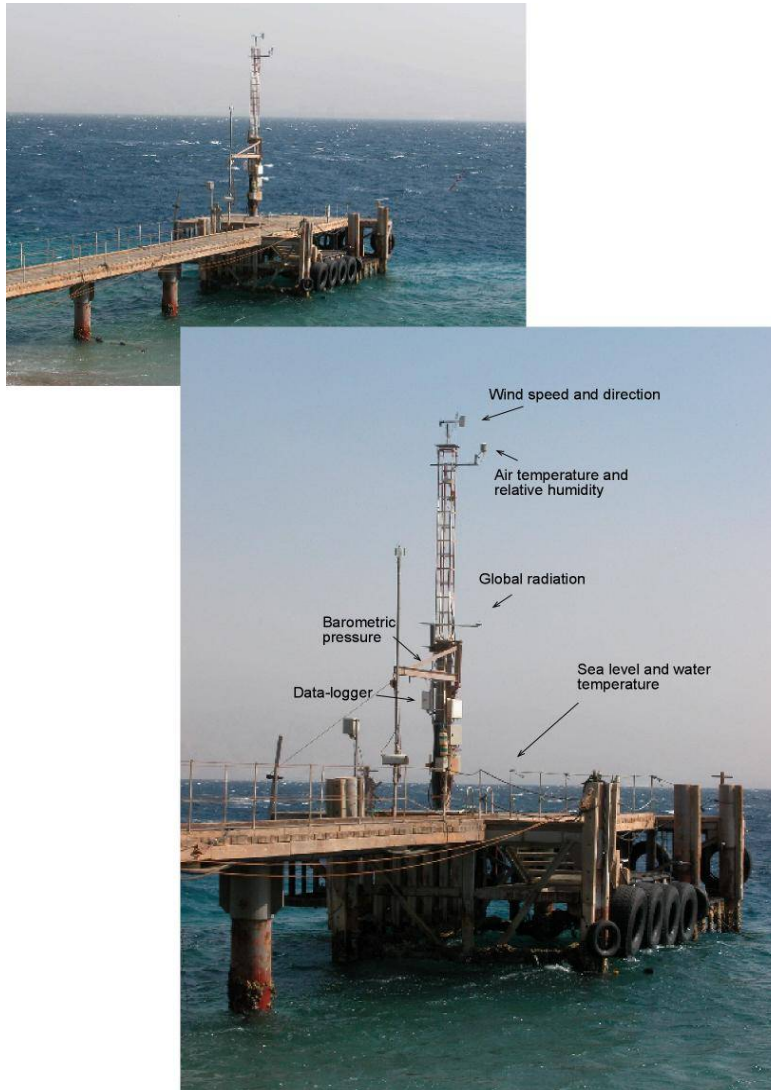
ה.3. משתנים מטאורולוגיים

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגיים במפרץ.

שיטות

בקיץ 2006 (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזרח של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקום: $N 29^{\circ} 30.211'$ $E 34^{\circ} 55.068'$). המערכת כוללת מגוון של רגשים מהטובים בשוק (טבלה ה-1), ומבצעת מדידות רציפות של המשתנים הבאים: טמפרטורת האוויר, לחות יחסית, לחץ ברומטרי, קרינה גלובלית, מהירות הרוח, כיוון הרוח, טמפרטורת המים ולחץ מים (= מפלס הים). הרגשים מחוברים לרשם-נתונים (data-logger) והמערכת כולה מצויה מעל הים ופועלת באופן עצמאי (איור 4) כאשר נתונים מועברים אוטומטית לשרת המכון הבינאוניברסיטאי. הזמן לפיו רושמת המערכת הוא שעון החורף של ישראל.



איור 4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזרח של המכון הבין-אוניברסיטאי.
Figure E4: The meteorological station at the end of the IUI pier.

Description	Manufacture	Model
Wind monitor MA (speed and direction)	Young	05106
Air temperature and relative humidity sensor	Campbell	HMP45C
for temp and RH sensor Casing (radiation protection)	Campbell	41003
Barometric pressure sensor	Young	61202
Barometer pressure port (to minimize errors caused by wind flow)	Young	61002
Global radition sensor	Kipp&Zonen	CM11B
Water pressure sen (includes temperature sensor)	Campbell	CS408
Water temperature probe	Campbell	108
Data-logger	Campbell	CR1000

טבלה ה-1: רשימת הרגשים המרכיבים את התחנה המטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי.

Table E1: Setup of the meteorological station at the end of the IUI pier, list of sensors.

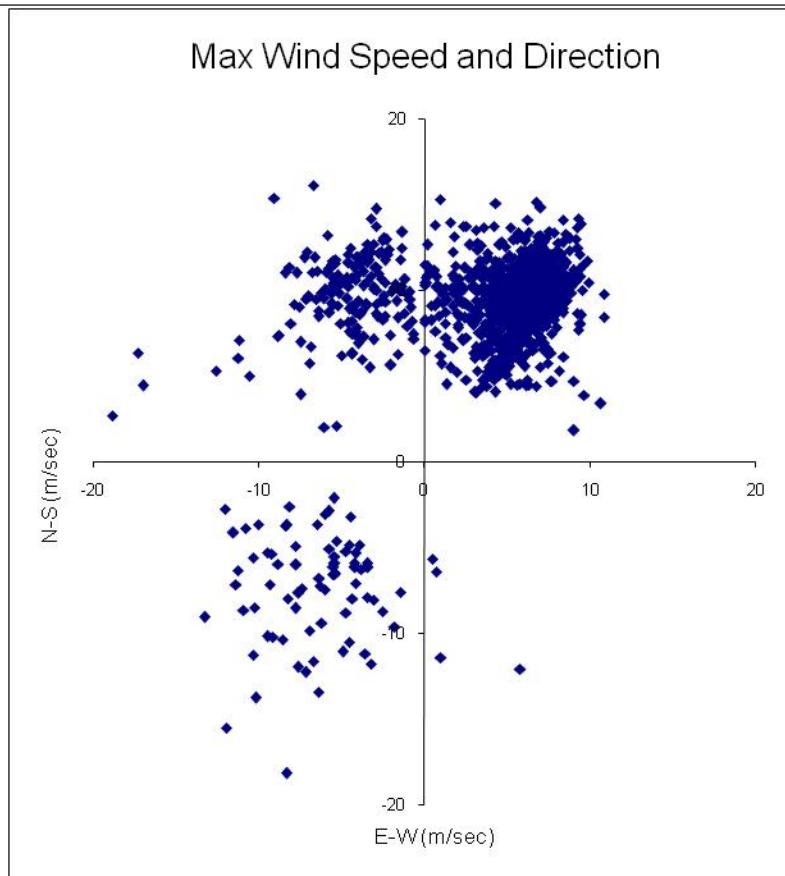
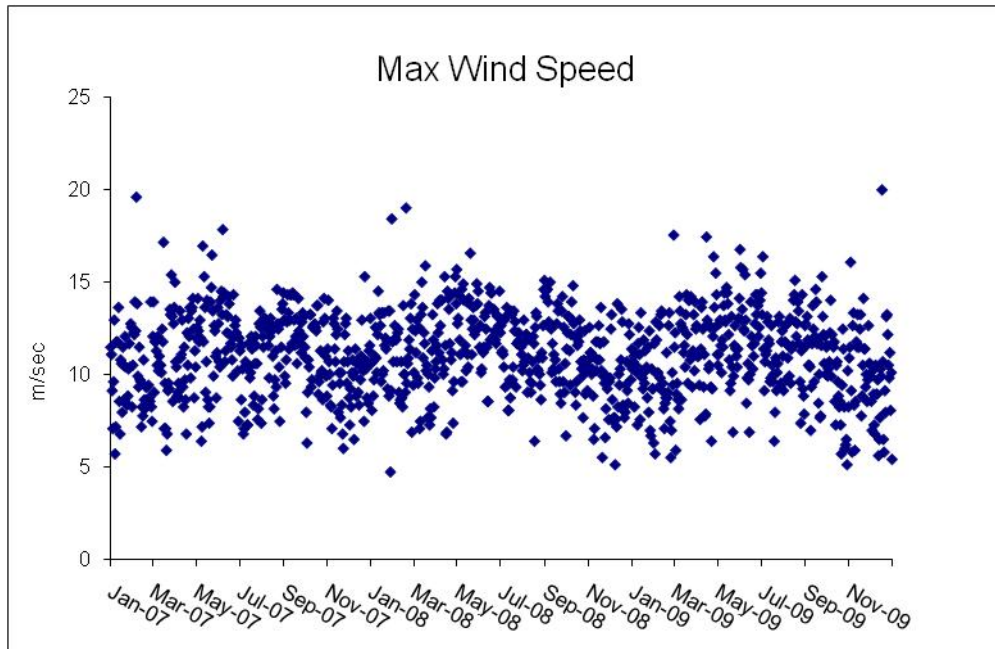
מהירות וכיוון הרוח, וטמפרטורת האוויר והלחות נמדדים מראש התורן שבקצה המזח, כעשרה מטרים מעל לפני הים (בזמן שפל). מד הלחץ הברומטרי ממוקם כחמישה מטרים מעל הים ומתוקן לגובה פני הים. הרגש המודד קרינה גלובלית ממוקם על זרוע במרחק 0.7 מטרים דרומית לתורן בכדי למנוע הצללה, כ-6 מטרים מעל הים. מד לחץ המים מקובע בצינור באורך 3 מטרים וקוטר של 3" המחובר אנכית אל העמוד המרכזי של המזח, ישירות מתחת לתורן. הצינור נועד לשכך את תנודות הגלים, ולצורך כך הוא פקוק בבסיסו בפקק בו קדוח חור בקוטר 3 מ"מ אשר מונע משינויי מפלס בעלי תדירות גבוהה להשפיע על הרגש. הרגש עצמו נמצא בעומק 0.79 ס"מ יחסית למפלס הים הרשמי של המפרץ – כיול גובה הרגש לפני הים נעשה באדיבותו של ד"ר דב רוזן מחקר ימים ואגמים לישראל. רגש זה גם מודד את טמפרטורת המים. רגש נוסף לטמפרטורת המים, שזה לו ייעודו היחיד, ממוקם כמטר עמוק יותר, מחוזק אל אותו עמוד מרכזי של המזח. כל המדידות מועברות לרשם-הנתונים הממוקם בקופסה עמידה על גבי התורן. מדידות כל המשתנים נרשמות בתדירות של שנייה, למעט מדידות מפלס הים אשר נרשמות בתדירות של דקה. רשם הנתונים ממצע עשר דקות של מדידה לערך אחד הנשמר בזיכרון הפנימי של רשם הנתונים. מדי שעה מחשב ייעודי מתקשר עם רשם הנתונים ואוסף את נתוני השעה החולפת המאוחסנים על גבי שרת המכון. בנוסף לנתונים הממוצעים על פני עשר דקות, שומר רשם-הנתונים את מהירות הרוח המרבית ואת כיוונה, ואת סטיית התקן של הכיוון בפרק זמן של עשר דקות. בנוסף לאלה שומרת המערכת סיכום של נתוני היממה האחרונה: ערכי קיצון (מרבי ומזערי) של כל המשתנים והזמן בו נקלטו (עבור נתוני הרוח והקרינה נרשמים רק הערכים המרביים, יחד עם כיוון הרוח).

תוצאות

לקראת סוף השנה, החל מחודש נובמבר (2009), אובחנה סטייה מתמשכת במדידות מפלס הים, ולאחר התייעצות עם מומחים והשוואות עם נתוני תחנות אחרות הוחלט להשמיט נתונים אלה מבסיס הנתונים של תכנית הניטור. לאחר ביקור של נציגי החברה המייצגת את מכשירי המדידה בארץ בדצמבר 2009 הוחלט להחליף את החיישן.

מדידות מטאורולוגיות ארוכות טווח נועדו להשלים את התמונה האקולוגית באבחון שינויים ארוכי טווח במשתנים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגיים (כגון שינויים בעוצמת הקרינה, טמפרטורת המים, תדירות ועוצמת סערות), ולבחון אירועים אקלימיים נקודתיים והשפעתם על המערכת האקולוגית (כגון אירועי שפל, סערות, ערכי חום וקרינה קיצוניים).

סערה דרומית חזקה ב-16 בדצמבר גרמה לשינויים מקומיים במבנה החופים, בעיקר בחופים הלא מוגנים בדרום רצועת החוף של ישראל. הסערה, עם משבי רוח של עד 20 מ'שניה גרמה גם לפגיעה באלמוגים ולהסעת סדימנט בעומק מים של עד כ-5 מטרים.

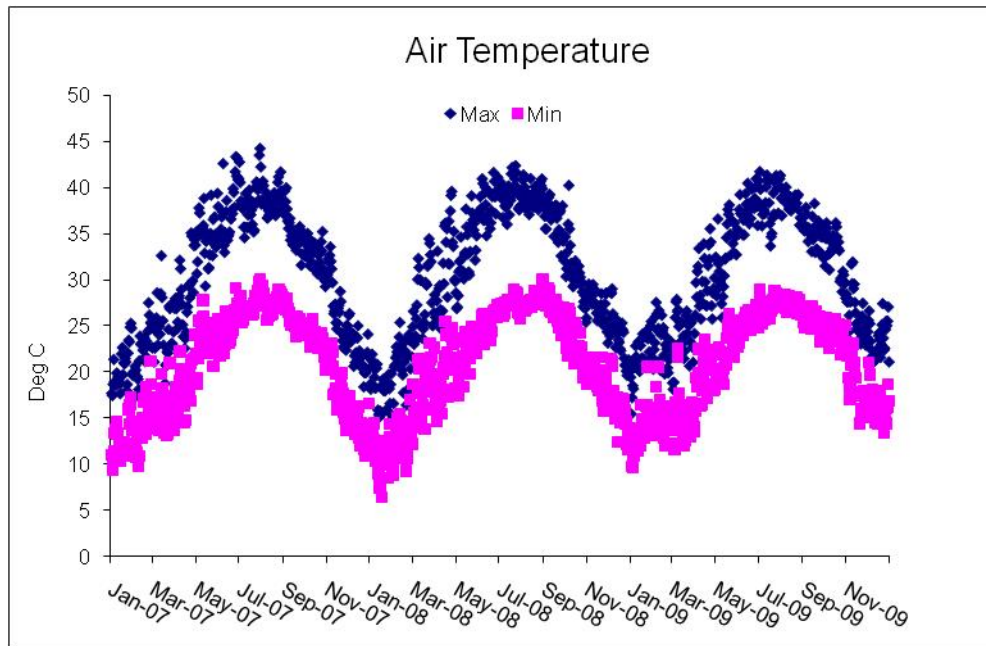


איור 5: למעלה - מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה - מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה מאז תחילת 2007.

Figure E5: Top- Maximum daily wind speed (m/sec). Bottom- Maximum daily wind speed and its direction since January 2007.

טמפרטורת האוויר מעל הים משקפת את המחזור העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 41.8 מעלות צלסיוס, בחודש יולי. בשנים 2007-8 הייתה הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה 42.4 ו-44.3 מעלות בהתאמה. הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה 9.8 מעלות (בחודש ינואר), גבוהה בשלוש וחצי מעלות מהטמפרטורה המזערית אשר נמדדה בשנה שעברה. בתחילת השנה, בחודשים ינואר עד מרץ, היו הטמפרטורות המרביות גבוהות יחסית לשנים הקודמות. עלייה זו בטמפרטורה בחודשי החורף עשויה להסביר את הערבוב הרדוד המסתמן לשנת 2010.

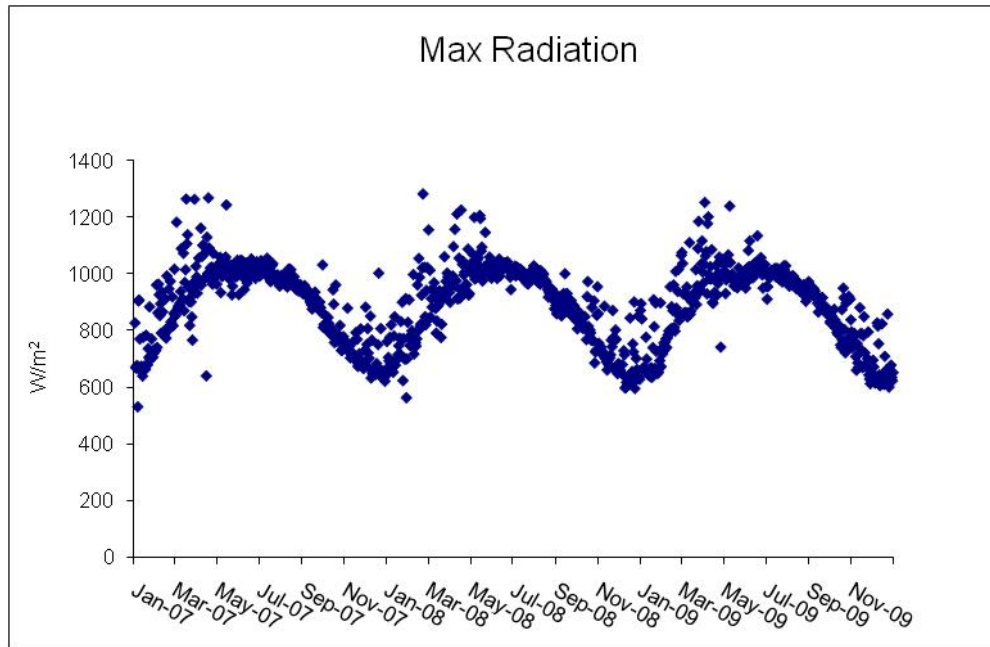
בחודשי הקיץ ההבדלים בין הטמפרטורה המרבית והמזערית ביממה (בשעות הערב ולפנות בוקר בהתאמה) גדולים מאשר בחודשי החורף. יש לציין כי הטמפרטורות נמדדות מעל הים ויש לצפות למשרעת ערכים קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, דהיינו ערכים מרביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור 6: ערכים מרביים ומזעריים של טמפרטורת האוויר מעל הים, בכל יממה.

Figure E6: Maximum and minimum daily air temperature above the sea.

הקרינה הגלובלית בעלת מחזור עונתי דומה לשל טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מרביים נמדדים בחודשי האביב (איור 7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-1 בצהריים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהריים המאוחרים. הקרינה המרבית השנה (1253 ואט\מטר רבוע) הייתה מעט נמוכה מהערך המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת.

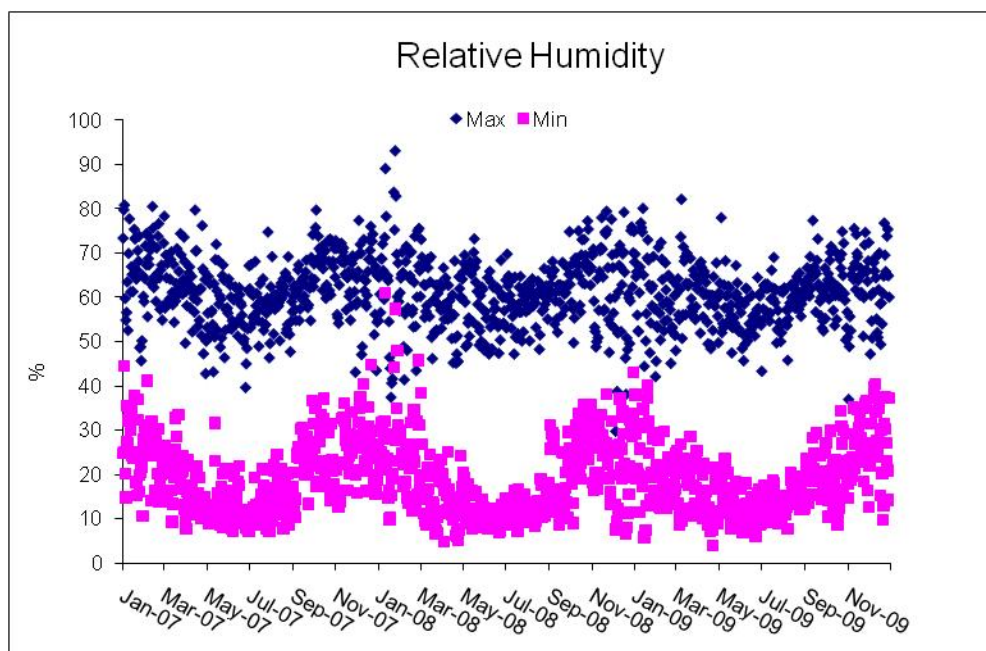


איור ה7: ערכים יומיים מרביים של קרינה גלובלית.

Figure E7: Maximum daily global radiation.

שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית קטנים יחסית למשרעת היומית הגדולה (איור ה8), ומונעים במידה רבה על ידי שינויים בכיוון ועוצמת הרוח. ערכי לחות נמוכים נמדדו בתחילת הקיץ וערכים גבוהים יותר – הן של הלחות המרבית והן המזערית – נמדדו בסתיו ובחורף. בחודשים ינואר ופברואר, בהם הרוח אינה יציבה וישנם יותר אירועי רוח דרומית נמדדה המשרעת הגדולה ביותר בערכי הלחות כמו גם הלחות היחסית הגבוהה ביותר. הלחות המרבית נמדדת לרוב בשעות הלילה או הבוקר המוקדמות ואילו הלחות המזערית בשעות אחר הצהריים-ערב.

גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות גבוהים בהרבה מהלחות הנמדדת ביבשה באזור אילת.

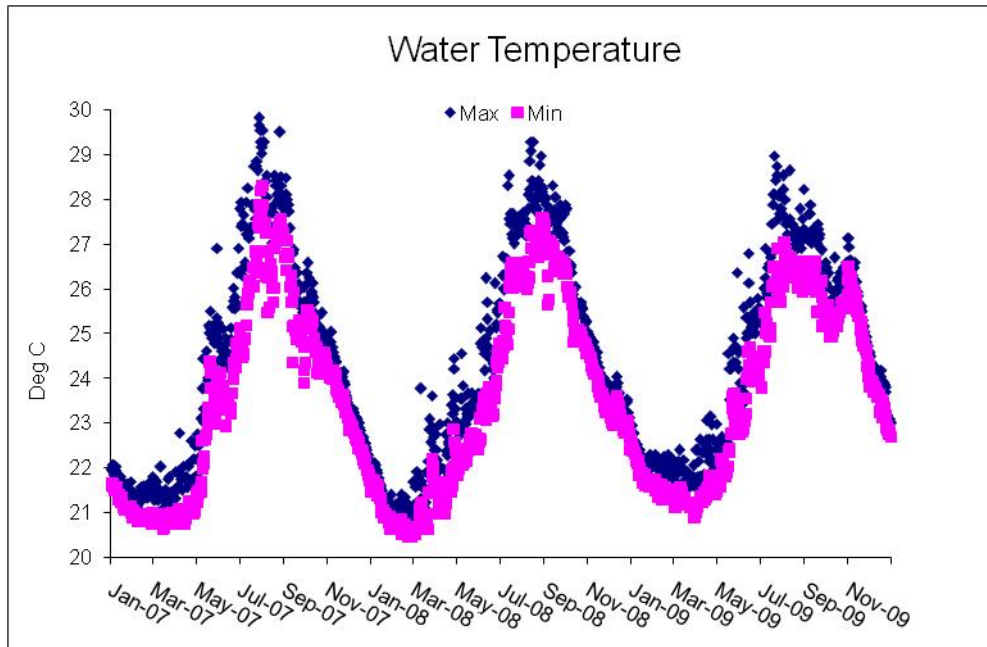


איור 8: ערכים מרביים ומזעריים של לחות יחסית מעל הים, בכל יממה.

Figure E8: Maximum and minimum daily values of relative humidity over the sea.

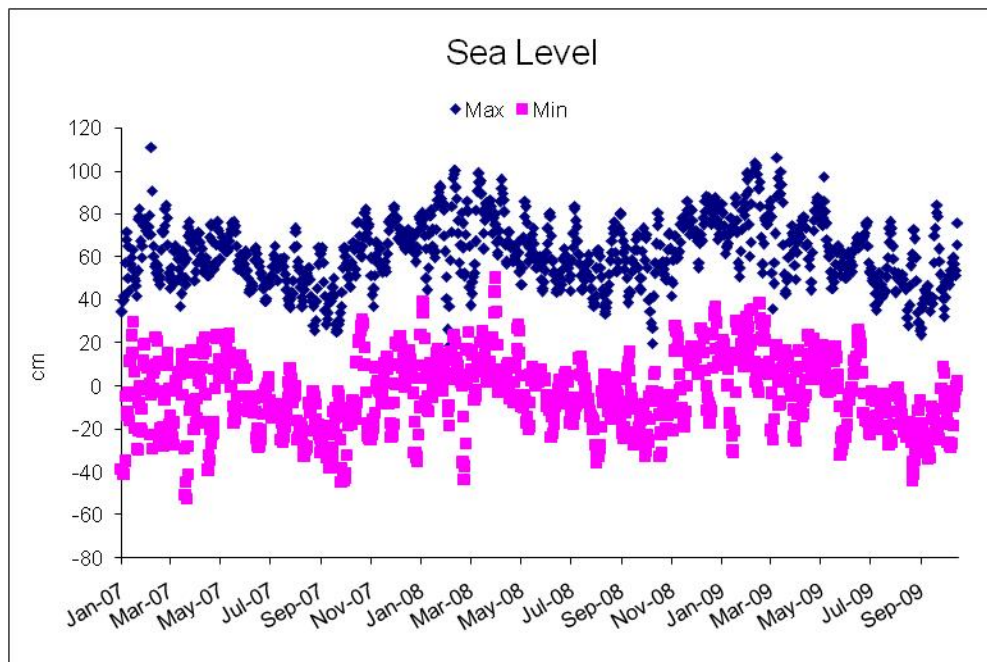
במידות טמפרטורת המים (עומק כ-2.5 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי בו טמפרטורת המינימום, 20.88°C , נמדדה בסוף חודש מרץ וטמפרטורת המקסימום, 29°C , נמדדה בחודש יולי (איור 9). בשנתיים הקודמות הייתה הטמפרטורה המזערית נמוכה יותר והטמפרטורה המרבית הייתה גבוהה יותר. טמפרטורת הים בחודשי החורף היא המכתיבה את עומק הערבוב. בסוף הקיץ, בחודש אוקטובר עלו טמפרטורות פני הים ממינימום של כ-25 מעלות באמצע אוקטובר ליותר מ-27 מעלות בתחילת נובמבר. בטמפרטורת האויר בזמן זה יש עליה קלה אך נראה כי ההסבר לכך ברוחות: בפרק זמן זה היו רוחות חלשות מאד אשר התנגדו בי צפון לדרום.

ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המרבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמוקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משרעת הטמפרטורות קטנה. בהתאמה לטמפרטורת האויר מעל הים הייתה השנה טמפרטורת פני הים גבוהה יחסית בתחילת השנה, בחודשים ינואר-אפריל בהם אמור הערבוב להגיע לעומקו המרבי.



איור ה-9: ערכים יומיים מרביים ומזעריים של טמפרטורת המים (בעומק כ-2.5 מ').
Figure E9: Maximum and minimum daily water temperature at ~2.5m depth.

כאמור למעלה, מדידות מפלס הים החל מה-15 באוקטובר 2009 הוסרו מבסיס הנתונים מכיוון שאובחנה סטייה משמעותית כלפי מעלה של הערכים הנמדדים. מפלס הים משתנה במחזוריות חצי ימית של גאות ושפל. המחזור השנתי מורכב ממפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור ה-10). בחודשי החורף גם נמדדו תנודות גדולות יותר במפלס הים המזערי ביממה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה.



איור ה-10: ערכים מרביים ומזעריים של מפלס הים, בכל יממה.
Figure E10: Maximum and minimum daily sea-level measurements.

דיון

השנה הרוחות החזקות ביותר ביו דווקא בחודשי האביב ובסוף השנה, בחורף. סערה דרומית חזקה עם רוחות במהירות של עד 20 מ'שניה (40 קשר) גרמה לנזקים ושינויים לאורך החופים ובמים הרדודים, עד עומק של כ-5 מטרים. תנודות במפלס הים היו גבוהות השנה, ובסך הכל היה מפלס הים גבוה מכרגיל, בעיקר לקראת סוף שנה. בטמפרטורת המים נמדדו ערכים גבוהים הן בחודשי החורף הן בתחילת השנה והן בסופה. הטמפרטורות הגבוהות בחודשים אלה גרמו לכך שהערבוב היה השנה רדוד במיוחד, ונראה כי גם בשנה הבאה (2010) צפוי ערבוב רדוד.

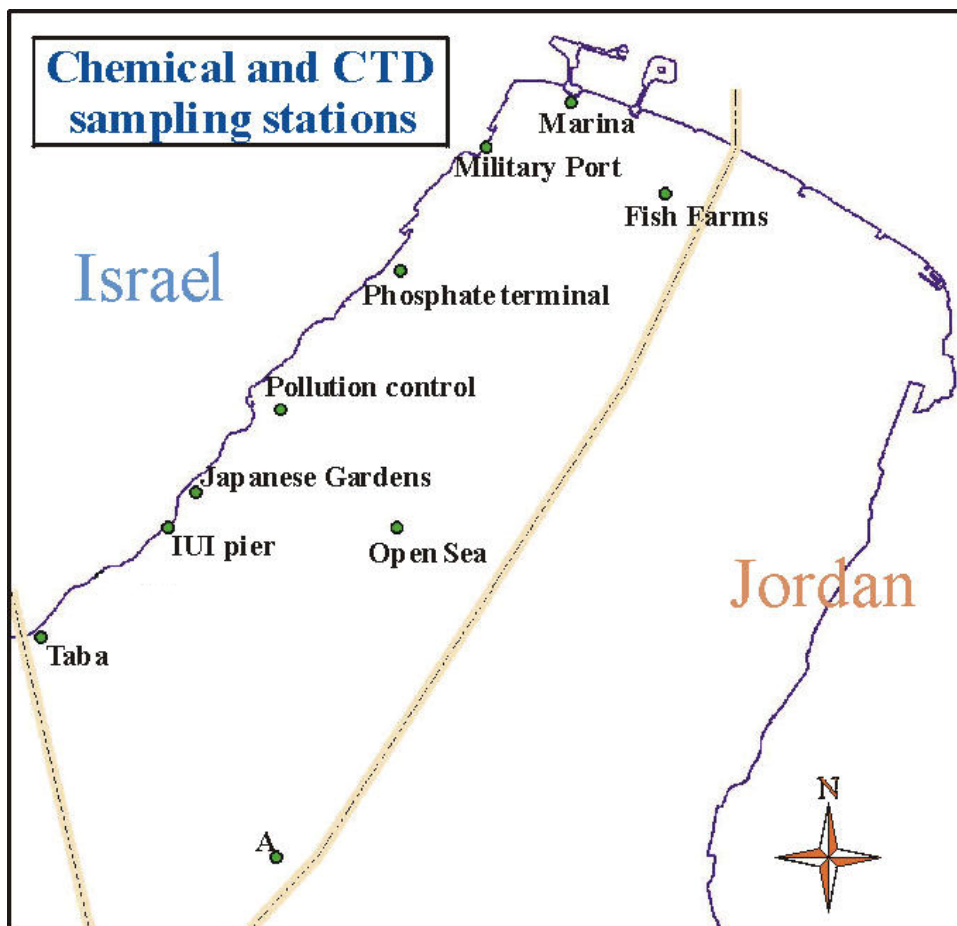
טמפרטורת פני הים מושפעת מאד גם ממהירות הרוח מעל לים, והציו השני של חודש אוקטובר בעקבות שבועיים של רוחות חלשות עלתה טמפרטורת פני הים בכמעט שתי מעלות.

1. ביבליוגרפיה

- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Khalaf, M. Brokovich, E., Al-Momani, O., Baranes, A. (2003) Red Sea marine peace park US-AID program Technical Report: Monitoring coral reef fishes. 65 pp.
- Loya Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya Y. (2004). The coral reefs of Eilat- past, present and future: Three decades of coral community structure studies. In: *Coral Reef Health and Disease*; Rosenberg and Loya (Eds). Springer-Verlag; Berlin Heidelberg, New York. pp. 1-34.
- Zvuloni, A, Artzy-Randrup, Y , Stone, L , Van Woesik, R , Loya, Y (2008) Ecological size-frequency distributions: how to prevent and correct biases in spatial sampling. *Limnology and Oceanography Methods*, 6:144-152.

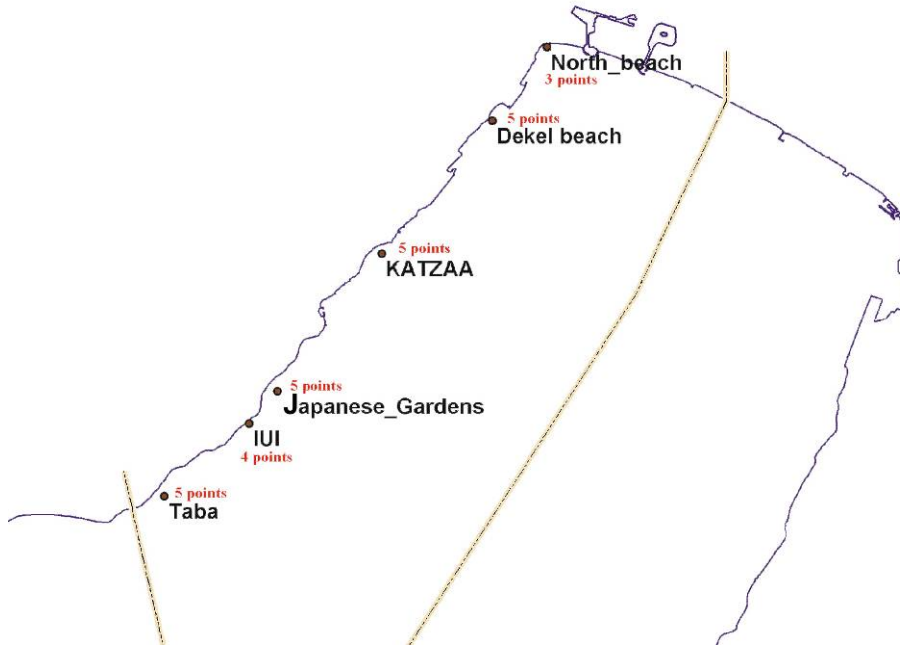
ז. נספחים

1.ז: מפות אתרי הניטור



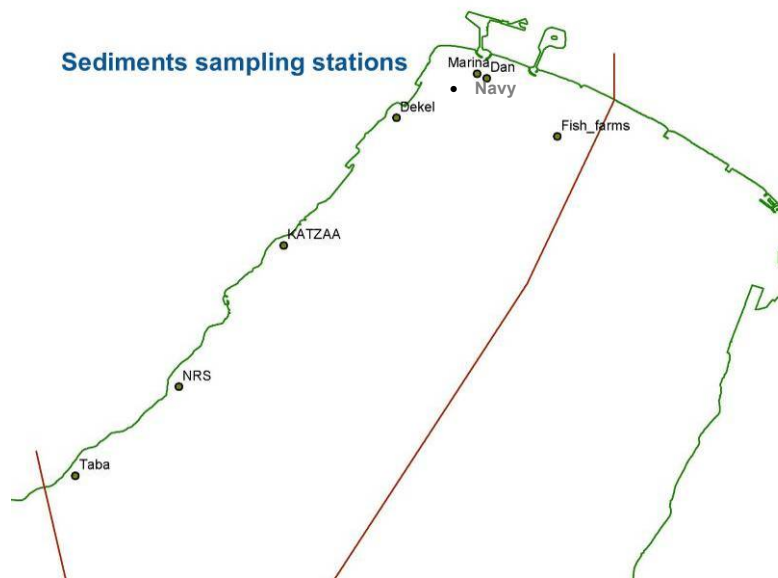
מפה ז1: תחנות דיגום מים (פני הים ועמודת המים). תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

Map G1: Study sites of water sampling (surface water and water column). Station B (not shown) is located 10 km south of Station A.



מפה ז2: מפת מיקום אתרי השוניית בהם הוצבו תושבות למעקב צילומי אחר חלקות קבועות. ראה פירוט תצלום האוויר באיור ב1 בגוף הדו"ח.

Map G2: Sites of photographic monitoring of fixed areas in the coral reef.



מפה ז3: מיקום אתרי דיגום הסדימנטים.

Map G3: Sites of sediment sampling.

2.2. רשימת סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת האלמוגים ומספר המושבות אשר נספרו בהתכני הקו בסקר חברת השונית בשנת 2009.
Table G1: List of corals and the number of colonies found in the coral reef line-transect survey, 2009.

Genus	IUI	Katza	NR	Total
<i>Acanthastrea</i>	40	2	9	51
<i>Acropora</i>	91	109	149	349
<i>Agaricia</i>	4	4	2	10
<i>Alveopora</i>		4	4	8
<i>Astreopora</i>	2	3	9	14
<i>Balanophyllia</i>	7	1	1	9
<i>Blastomussa</i>			5	5
<i>Coscinaraea</i>	30	5	3	38
<i>Ctenactis</i>		2	4	6
<i>Cynarina</i>	2		4	6
<i>Cyphastrea</i>	152	46	35	233
<i>Echinophyllia</i>	4	8	59	71
<i>Echinopora</i>	24	42	21	87
<i>Favia</i>	163	20	19	202
<i>Favites</i>	103	50	44	197
<i>Fungia</i>	1	10	9	20
<i>Galxea</i>	1	3	11	15
<i>Goniastrea</i>	60	32	70	162
<i>Goniopora</i>	4	5	10	19
<i>Gyrosmlia</i>	30	2	8	40
<i>Herpolitha</i>			3	3
<i>Hydnophora</i>	2		1	3
<i>Leptastrea</i>	52	26	11	89
<i>Leptoria</i>	1			1
<i>Lobophyllia</i>	4	9	39	52
<i>Millepora</i>	61	1		62
<i>Montipora</i>	48	55	81	184
<i>Mycedium</i>		7	13	20
<i>Pachyseris</i>		2		2
<i>Pavona</i>	6	72	19	97
<i>Platygyra</i>	8	1	10	19
<i>Plerogyra</i>	1	6	6	13
<i>Plesiastrea</i>	15	7	9	31
<i>Pocillopora</i>	35	5	10	50
<i>Porites</i>	41	16	29	86
<i>Psammocora</i>	2	8	8	18
<i>Seriatopora</i>	1	34	4	39
<i>Siderastrea</i>	24	1		25
<i>Stylophora</i>	182	37	55	274
<i>Tubipora</i>		1	1	2
<i>Turbinaria</i>	2	1	4	7
Total	1204	640	779	2623

טבלה 2: רשימת האלמוגים באתרים השונים, אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2009.

Table G2: list of corals found in the fixed areas monitored by photography, 2009.

Genus	NB	Dekel	Katzaa	NR	IUI	Taba	Total
<i>Acanthastrea</i>		1	2	2	2	6	13
<i>Acropora</i>	2	41	58	51	2	13	167
<i>Agaricia</i>				2			2
<i>Alveopora</i>	1	2	11	1		14	29
<i>Anemone</i>	1	3	3			1	8
<i>Astreopora</i>				4		3	7
<i>Balanophyllia</i>		2	4	1	2		9
<i>Blastomussa</i>						1	1
<i>Coral sp.</i>	3	1	5	13	18	11	51
<i>Coscinaraea</i>	5	8	1		4		18
<i>Ctenactis</i>		1		4			5
<i>Cynarina</i>	1	1				1	3
<i>Cyphastrea</i>	2	6	18	26	34	20	106
<i>Echinophyllia</i>	1	2	1	1	2	8	15
<i>Echinopora</i>	6	17	28	51	4	7	113
<i>Favia</i>	5	13	5	6	52	33	114
<i>Favites</i>	8	4	26	20	30	14	102
<i>Fungia</i>	2	6	4	7	1	3	23
<i>Galaxea</i>	6		1			1	8
<i>Goniastrea</i>	12	24	14	55	33	60	198
<i>Goniopora</i>		7	5	2			14
<i>Herpolitha</i>	1	1	2	1			5
<i>Heteroxenia</i>				1			1
<i>Hydnophora</i>	3			1		8	12
<i>Leptastrea</i>	11	2	9	3	10	15	50
<i>Leptoria</i>		1				1	2
<i>Leptoseris</i>		2		1			3
<i>Lobophyllia</i>	28	5		10	3	1	47
<i>Millepora</i>	2	9			30	46	87
<i>Montipora</i>	4	13	40	22	4	9	92
<i>Mycedium</i>	2	1	8	1			12
<i>Oxypora</i>			1				1
<i>Palythoa</i>				6			6
<i>Pavona</i>	9	6	8	2	2	2	29
<i>Platygyra</i>	8	9	1	8	7	11	44
<i>Plerogyra</i>	1	1	6				8
<i>Plesiastrea</i>				2	1		3
<i>Pocillopora</i>	7	1		2	6	7	23
<i>Porites</i>	21	48	11	17	4	34	135
<i>Psammocora</i>	2	2				2	6
<i>Rhytisma</i>	1	3	6	12	5	2	29
<i>Sabellidae</i>		3					3
<i>Sarcophyton</i>						2	2
<i>Seriatopora</i>		2	1	6		7	16
<i>Sinularia</i>		1	2				3

<i>Sponge</i>	4			6	1	9	20
<i>Stylophora</i>	8	16	19	24	21	14	102
<i>Tridacna</i>			1		1		2
<i>Tubastrea</i>						2	2
<i>Tubipora</i>						1	1
<i>Tunicate</i>		3		1		1	5
<i>Turbinaria</i>	6			1			7
<i>Xenia</i>	22	52	10	37			121

3.ז. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2009

תאריך וסוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
2 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתונות במכון	6 לוחיות משלושה עומקים.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה
6 ינואר צילום נקודות קבועות	צילום	צילומים בקצאא	1	מרק ניצן
7 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתונות מהשמורה הסגורה	18 לוחיות משלושה עומקים.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה מוריאל יוני
12 ינואר הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
13 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
14 ינואר	קליברציה פלורומטר	קליברציה	1	ענבל ניצן
18-22 ינואר אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי	אנליזות דוגמאות מההפלגה	אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים	5 ימים	טניה מוריאל ענבל ויוני ניצן
26 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתונות במכון	6 לוחיות	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	1	ענבל מוריאל
27-29 ינואר אנליזות דוגמאות + כתיבת דוח שנתי	אנליזות דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזות דוגמאות	3	מוריאל, טניה, ענבל, יוני, ניצן
פברואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק
3-7 פברואר עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	5	טניה, מוריאל, ניצן, ענבל, יוני, מרק
11 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתונות בשמורה הסגורה	18 לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	1	צלילה: ענבל, יוני, מוריאל מרק עבודה במעבדה: ענבל

ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	12 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	6	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS	22 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 40 FACS	23 פברואר הפלגה לתחנות: FF OS, A
טניה, מוריאל, ניצן, ענבל, יוני, מרק	1	אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	24 פברואר אנליזת דוגמאות
ענבל מוריאל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	6 לוחיות	25 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מרץ דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל, יוני, טניה, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות.	מרץ 11 צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מרץ 12 בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	מרץ 18 דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	מרץ 17 הפלגה לתחנות: FF OS, A
טניה, מוריאל ענבל יוני	9		אנליזות של דוגמאות	מרץ 22-26 אנליזות
צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	מרץ 30 צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מרץ 31 בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אפריל דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל, יוני, מרק עבודה במעבדה: ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות.	7 אפריל צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	8 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	19 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף

20 אפריל הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
21-23 אפריל אנליזות	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 אנליזת דוגמאות והזנה במחשב	אנליזת דוגמאות כימיה וביולוגיה	5	טניה מוריאל ענבל
27 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
28 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
מאי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
10 מאי דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
11 מאי הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
13 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הסגורה	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק
14 מאי קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ניצן
20 מאי דיגום הלגונה הסגורה	ספירת אלמוגים ואומדן אחוזי מחלות בריבועים סדורים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב	סקר חברת השונית	2 יום עבודה שנירקול + הכנסת נתונים	ניצן, ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק
25 מאי דיגום שולחן השונית	ספירת אלמוגים ואומדן אחוזי מחלות והכנסת הנתונים למחשב	סקר חברת השונית	2 יום עבודה שנירקול + הכנסת נתונים	ניצן, ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק
26 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	6 לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
27 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 6 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
יוני דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
1 יוני תיקון ריבועים קבועים	קדיחה ותיקון ריבועים קבועות בחוף הצפוני		1	מרק, ענבל ניצן
3 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	מרק, ענבל, ניצן
7 יוני צילום ריבועים קבועים באתר המעבדה הימית	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	מרק, ניצן
9 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	טניה, מרק מוריאל יוני ענבל

10 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
11 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק
14-15 יוני כנס במעבדה				
17 יוני הפלגה לתחנות: A, OS, FF,	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
18 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני
21 יוני סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק, ניצן
22 יוני סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק
24 יוני סקר חברת האלמוגים בשמורה מ' 20 סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית 10 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק, ניצן
25 יוני סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה,
28 יוני סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, ניצן, מרק
יולי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממוזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
1 יולי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל ענבל, מרק
2 יולי סקר חברת האלמוגים בשמורה הסגורה 5 מ' 10 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	2	
6 יולי סקר חברת האלמוגים בשמורה הסגורה 5 מ' 10 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	3	ענבל, מרק
7 יולי סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית 5 מ', 10 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	3	ענבל, מרק, טניה
8 יולי סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית 20 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	3	ניצן, טניה
9 יולי סקר חברת האלמוגים בקצא 20 מ'	ספירת אלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	3	מרק, טניה, ענבל
15 יולי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	טניה, מרק, יוני, ענבל

16 יולי	סקר חברת האלמוגים בקצאא 20 מ'	ספירת אלמוגים לאורך ההתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	3	מרק, טניה, יוני, ניצן
19 יולי	צילום ריבועים קבועים בקצאא	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	2	מרק, ניצן
20 יולי	דיגום חופי מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני
21 יולי	הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
22 יולי	אנליזות דוגמאות מההפלגה	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	כימיה ופיזיקה של עמודת המים		מוריאל, טניה, ענבל, יוני, מרק
26-30 יולי	עבודת מחשב + אנליזות	אנליזות הזנת נתונים למחשב			מוריאל, טניה, ענבל, יוני, מרק
28 יולי	ציליה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות אוגוסט	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממוז המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.		0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
3 אוגוסט	צילום ריבועים קבועים בשמורה הסגורה	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	3	מרק, ענבל
3 אוגוסט	צילית לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות במעבדה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
4 אוגוסט	צילית לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות בשמורה הסגורה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
4 אוגוסט	סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן, טניה, מוריאל, ענבל, מרק, יוני
5 אוגוסט	סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן, טניה, מוריאל, ענבל, מרק, יוני
9 אוגוסט	דיגום סדימנט במרינה	הוצאת דוגמאות ליבה במרינה	בדיקת מתכות	5 שעות	מרק, יוני
9 אוגוסט	צילית לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות בשמורה הסגורה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
11 אוגוסט	ציליה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	טניה, מרק, יוני, ענבל
13 אוגוסט	צילית לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות בשמורה הסגורה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
16 אוגוסט	צילית לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות בשמורה הסגורה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
18 אוגוסט	דיגום חופי מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני
19 אוגוסט	הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק

30 אוגוסט צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות.	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
ספטמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
8 ספטמבר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	3	טניה, מרק, יוני, ענבל
9-10 ספטמבר ניתוח נתונים	עבודה על הנתונים	אנליזת נתונים במחשב	2 ימי עבודה	יוני, ענבל, טניה מוריאל, מרק
13 ספטמבר דיגום חופי מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני
14 ספטמבר הפלגה לתחנות: A, OS, FF,	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, FACS מליחות 25 כלורופיל, 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
15-17 ספטמבר ניתוח נתונים	עבודה על הנתונים	אנליזת נתונים במחשב	3 ימי עבודה	יוני ענבל טניה מוריאל מרק ניצן
22 אוגוסט מדידת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	בדיקת יצרנות ראשונית	5 שעות	מרק, יוני
23 ספטמבר מדידת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	בדיקת יצרנות ראשונית	5 שעות	מרק
29 ספטמבר איסוף דגים	איסוף דגים לבדיקת טפילים	בדיקת טפילים בדגים	צלילת לילה	מרק,
30 ספטמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	1 יום עבודה	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
אוקטובר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
12 אוקטובר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	3	טניה, מרק, יוני, ענבל
13 אוקטובר מדידת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	בדיקת יצרנות ראשונית	5 שעות	מרק, יוני, ענבל
14 אוקטובר מדידת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	בדיקת יצרנות ראשונית	5 שעות	מרק
18 אוקטובר דיגום חופי מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני
19 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS, FF,	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, FACS מליחות 25 כלורופיל, 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
20 אוקטובר סקר חסרי חוליות בלגונה	סקר חסרי חוליות בלגונה הסגורה	ספירת חסרי חוליות בלגונה	3 שעות	מרק, שחר, ענבל
25-29 אוקטובר אנליזה וכתביב דוח	אנליזת עבודת מחשב כתיבת דוח שנתי			טניה, מוריאל, ניצן, מרק, יוני, ענבל
25 אוקטובר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	1 יום עבודה	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
נובמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
1-5 נובמבר אנליזה וכתביב דוח	אנליזת עבודת מחשב כתיבת דוח שנתי			טניה, מוריאל, ניצן, מרק, יוני, ענבל

טניה, ענבל מרק, מוריאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	עבודה על 18 לוחיות	9 נובמבר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה
טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	16 נובמבר דיגום חופי מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	8	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	17 נובמבר הפלגה לתחנות: A, OS, FF,
מרק,	צלילת לילה	בדיקת טפילים בדגים	איסוף דגים לבדיקת טפילים	22 נובמבר איסוף דגים
מרק,	צלילת לילה	בדיקת טפילים בדגים	איסוף דגים לבדיקת טפילים	23 נובמבר איסוף דגים
מרק,	צלילת לילה	בדיקת טפילים בדגים	איסוף דגים לבדיקת טפילים	24 נובמבר איסוף דגים
צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1 יום עבודה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	6 לוחיות.	30 נובמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	דוגמא אחת כל יום.	דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי
מרק	5 שעות	בדיקת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	1 דצמבר מדידת יצרנות ראשונית
מרק	5 שעות	בדיקת יצרנות ראשונית	איסוף מים למדידת יצרנות ראשונית	2 דצמבר מדידת יצרנות ראשונית
טניה, ענבל מרק, מוריאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	עבודה על 18 לוחיות	8 דצמבר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה
צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1 יום עבודה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	6 לוחיות.	23 דצמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	28 דצמבר דיגום חופי מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	8	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	30 דצמבר הפלגה לתחנות: A, OS, FF,