הסכון הבינאוניברסיפאי לסדעי הים באילת
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat
מיסודה על הסעבדה לביולוניה ימית ע"ש ה. שטיינינץ Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory

אדר תשס"ט | מרץ 2009

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2008

Israel National Monitoring Program at the Gulf of Eilat

מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:

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

התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

ת"ד 469, אילת 88103 P.O. Box 469, Eilat 88103, Israel ● טל' 6360111-8-972+ Tel. ● פקס 6374329-8-972+ Fax
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
טניה ריבלין, כימיה
ניצן שגב, ביולוגיה
מרק צ'רניחובסקי, ביולוגיה

מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת
א. דיאמנט, א. קולורני , חיא"ל-מלח"י.

יעוץ וסיוע:
פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאנוגרפיה כימית)

עזרה טכנית במכון הבינאוניברסיטאי:
מוטי אוהביה
עודד בן שפרוט
אסף ריבלין

תוכן העניינים

א. מבוא 4
א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת 4
א.2. הקדמה 4
א.3. תקציר התוצאות והמסקנות 4
א.4. המלצות 8
א.5. תקציר באנגלית, English Abstract 9
ב. שונית האלמוגים 14
ב.1. סקר חברת השונית 14
ב.2. צילום אתרים קבועים 35
ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים 44
ב.4. דיגום חסרי חוליות 48
ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית 52
ב.6. סקר דגי השונית 57
ג. ניטור הסביבה החופית 60
ג.1. מי הים בקרבת החוף 60
ג.2. קרקעית חולית 72
ג.3. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת 74
ד. מים פתוחים 77
ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות 77
ד.2. מדדים כימיים 82
ד.3. מדדים ביולוגיים 99
ה. מדידות רציפות 104
ה.1. כלורופיל 104
ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג 105
ה.3. משתנים מטאורולוגים 107
ו. ביבליוגרפיה 113
ז. נספחים 114
ז.1: מפות אתרי הניטור 114
ז.2. רשימות סוגי האלמוגים 116
ז.4. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2008 124

א. מבוא

א.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 האקולוגים 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.

א.2. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2008. 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 החמישית בה תכנית הניטור פועלת במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני חמש 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, ומצויים גם בבסיס הנתונים האלקטרוני המנוהל על ידי המכון הבינאוניברסיטאי: http://www.iui-eilat.ac.il/NMP/database.htm. 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

<u>שונית האלמוגים</u>

1. מגמת העלייה אשר נרשמה ברוב המדדים למצב השונית בשנת 2007 לא נמשכה השנה, אולם רוב מדדי הכיסוי נותרו גבוהים מאשר בשנים 2004-2006. עבור רוב המדדים השנה הקודמת, 2007, הייתה שנת שיא והשנה נמדדו בדרך כלל ערכים נמוכים יותר. יחד עם זאת לאורך תקופת הניטור ניכרת יציבות ולא ניתן להצביע על שינויים קיצוניים או מגמתיים.
2. גם השנה, בפעם השנייה ברציפות, היינו עדים לערבוב עמוק של עמודת המים (ערבוב מלא בתחנה B, 860 מטר, בחודש מרץ) וכתוצאה מכך לפריחת אצות על המדרונות. אולם השנה נדמה כי הפריחה הייתה פחות נרחבת, קצרת מועד, וככל הנראה חסרת השפעות שליליות.
3. אתרי המכון הבינאוניברסיטאי הרדודים, IUI-5 ו-IUI-10, הם האתרים בהם ניצול המצע הקשה על ידי אלמוגים הוא הנמוך ביותר. ניצול המצע הגבוה ביותר נמדד באתר השמורה NR-5. בכל האתרים לבד מ- NR-20 נמדדו השנה ניצול מצע נמוך בהשוואה לשנת 2007, אולם ניצול המצע עדיין גבוה בדרך כלל מערכי 2004-2006.

4. בשנות הניטור, 2004-2006, נמצאה הידרדרות מובהקת במצב מושבות האלמוגים על פי מדד אחוז הרקמה החיה במושבות חיות. בשנת 2007, נמצאה התאוששות ובכל האתרים נמדדו אחוזי רקמה חיה גבוהים יותר. מדד הרקמה החיה במושבות אלמוגים כסמן לבריאות אלמוגים חזר השנה לרדת, ובאתרים רבים נמדדו ערכים דומים לערכי 2006.
5. במקום בו רוב המושבות קטנות יעילות ניצול המצע נמוכה. הקשר זה מובהק גם ללא אתרי המכון הבינאוניברסיטאי בהם ניצול המצע נמוך במיוחד ואחוז המושבות הקטנות גבוה במיוחד. תצפית זו מובילה למסקנה ששוניות אילת אינן מוגבלות על ידי התחדשות מאגר האלמוגים ו/או מקום זמין להתיישבות הפגיות, אלא על ידי הצלחת ההתפתחות והשרידות של מושבות שהתיישבו וגידולן מעבר לסנטימטרים ספורים (= שנים בודדות). ישנו מאגר גדול של אלמוגים מתיישבים צעירים אשר אינם מצליחים לשרוד לאורך זמן. זהו הגורם המגביל את התפתחות השוניות באילת. מסקנה זו עלתה גם בשנים הקודמות והיא נתמכת על ידי מדידות אחוזי הכיסוי וצפיפות המושבות.
6. שולחן השונית נסקר זו השנה השנייה. אתר זה מורכב כמעט כולו ממצע קשה ונמצא אחוז ניצול נמוך של המצע הקשה בהשוואה לאתרים אחרים. שולחן השונית זוכה להתייחסות נפרדת משאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השונית, עקב אופיו השונה והמיוחד. הערכים שנמדדו השנה גבוהים מעט מערכי השנה שעברה. בהעדר מעקב ארוך יש להתייחס לשינוי זה בזהירות. ההבדלים הקטנים בין הערכים הנמדדים בשנים אלה מצביעים על כך שהסקרים מייצגים נכון את האתר.
7. גם השנה כמו בשנה הקודמת ניכרת במרבית אתרי השונית המצולמים מדי שנה צמיחת אלמוגים, ובכלל זה אלמוגי אבן, בהשוואה לשנת 2004. יחד עם זאת נמצאה בכל האתרים ירידה בצפיפות המושבות ובחלק מהאתרים נמצא עודף תמותה על התיישבות. שילוב זה מעיד על חשיבות שרידות וצמיחה של מושבות לקבלת שטח כיסוי גדול. עם זאת, יש לזכור ש<u>אתרי הצילום נבחרו במתכוון ולכן הם אינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים</u>. על מנת לחזק את כוחם הסטטיסטי של אתרים אלה נעשה השנה מאמץ להוסיף נקודות באתרי השמורה וקצא"א, בהם נעשים גם חתכי קו.
8. ברב האתרים המצולמים נמצא גידול בסך שטח האלמוגים כמו גם צמיחה של מושבות ספציפיות מאז 2004. השינויים בשטח וצפיפות אלמוגים בין השנים, התפלגות סוגי האלמוגים והשינויים בזמן הנמדדים באתרים המצולמים משקפים דינאמיקה יציבה של החברה ואינם מעידים על משבר חמור מחד או על פריחה יוצאת מן הכלל מאידך.
9. בלגונת שמורת שונית שאלמוגים, הנתונים המצטברים בחמש השנים האחרונות מורים על יציבות חברת האלמוגים. צפיפות המושבות דומה לאורך השנים על אף תנודות קלות, ומושפעת בעיקר משכיחות האלמוג העיקרי, *Stylophora*. המגוון לפי Shanon-Wiener המחושב על ידי תכנת EstimateS גם הוא יציב. בשנת 2006 נמצא מדד מגוון גבוה במיוחד אולם נראה כי בטווח הארוך מגוון האלמוגים בלגונה לא משתנה באופן משמעותי מאז 2004.
10. מגמת העלייה בצפיפות קיפודי הים אשר נראתה בשנה הקודמת (2007) נמשכה גם השנה, אם כי במידה פחותה. צפיפות חבצלות הים עלתה במידה נכרת במשך השנים 2004-2008, ובפרט בשנת הניטור הנוכחית.
11. שנת 2008 אופיינה בערבוב עמוק ופריחת אצות ישיבות חזקה ומוקדמת מאשר בשנה הקודמת. על אף זאת, בשנה הקודמת, 2007, אובחנה פריחת אצות אינטנסיבית אשר כיסתה חלקים נרחבים מהמדרונות והשונית ואילו השנה לא אובחנה פריחה בעוצמה דומה.
12. 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.
13. בין השנים 2007 ו-2008, בהן נערך הסקר, אין הבדלים משמעותיים בהרכב חברת דגי השונית כפי שמתבטאת בחלוקה לרמות הטרופיות.

<u>הסביבה החופית</u>

14. התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי. בעונת החורף, טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק ונוצר גוף מים אחיד במאות המטרים העליונים במפרץ. בעונה זו ריכוז רוב המשתנים הנמדדים בתחנות החופיות גבוה מאשר בעונת הקיץ בה מופרדים המים העליונים ממי העומק. השנה היה ערבוב עמוק במיוחד, עמוק אף מזה של שנת 2007, והערכים המרביים של רוב המדדים הכימיים בעונת הערבוב, פברואר-אפריל, גבוהים ממדידות השנים הקודמות. בעיקר הושפעו מדידות הנוטריינטים וריכוז הכלורופיל מהערבוב העמוק. ריכוז הנוטריינטים בפני הים היה גבוה בדרך כלל מאשר בשנים הקודמות, וגרם לפריחת פיטופלנקטון חזקה אשר התבטאה בריכוז כלורופיל גבוה במיוחד, בחודש אפריל.
15. השנה נמדדו פחות ערכים חריגים לאורך החופים מאשר בשנה הקודמת, וגם ערכן של החריגות היה נמוך יותר, ובפרט אלה של ריכוז האמוניה. אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות ולפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור. עם זאת, ועל אף הוצאת כלובי הדגים מהחוף הצפוני על גבול ישראל-ירדן, נמדדו פעמים רבות בתחנות הצפניות ריכוזים גבוהים יותר של נוטריינטים וכלורופיל מאשר בתחנות הדרומיות או בתחנת הים הפתוח.
16. ברוב התחנות החופיות נמדדה השנה תכולת חומר אורגני בסדימנט נמוכה בהשוואה למדידות השנים הקודמות. בכל התחנות נמצאו אחוזים נמוכים של חומר אורגני, פחות מ-3%. התחנה בה תכולת החומר האורגני נמוכה ביותר היא התחנה הדרומית ביותר, בסמוך לטאבה, ואילו תכולת החומר האורגני הגבוהה ביותר נמצאה בקצא"א.
17. בבדיקת דגי הבר לא נמצא השנה אף חיידק פתוגני. בכפוף לדיגום נרחב יותר, ממצאים אלה עשויים להצביע על ירידה בעוצמת הנגיעות של דגים בחיידקים כגון *Mycobacterium marinum*, *Streptococcus iniae*, וטפילים כגון *Kudoa iwatai*. העליה שתועדה בנגיעות בטפילים אלה בדגי הבר בשנים האחרונות נחשדה כקשורה לדגים מחוות הדגים בצפון המפרץ.
18. נמצאו מספר מקרים של מות דגים מחנק כתוצאה מאכילת לחם, בפרט בחוף ריף הדולפינים.

<u>עמודת המים הפתוחים</u>

19. המחזור העונתי מכתיב את הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה בים הפתוח. הדינאמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק בעונת השיכוב. ערבוב עמודת המים היה השנה עמוק אף מהערבוב של השנה הקודמת, אם כי נמשך זמן קצר יותר והיה יציב פחות. השפעת הערבוב הורגשה בריכוזים הגבוהים של נוטריינטים וכלורופיל אשר נמדדו בעמודת המים בתחילת האביב.
20. בזמן הערבוב נמדדו ערכים קיצוניים יותר השנה מאשר בשנה הקודמת, אולם בחודשים שלאחר מכן ניכר כי השינוי הגדול בהרכב עמודת המים היה בשנת 2007. בחודשים שלאחר הערבוב השנה עלתה כמות הנוטריינטים מעבר לערכי השנה הקודמת, אם כי עדיין ערכים אלה נמוכים משמעותית מאלו שנמדדו במפרץ בעשור האחרון. רבות מהמגמות שנצפו בשנים האחרונות נמחקו בשנה הקודמת - מאגר הנוטריינטים במי העומק הידלדל באופן משמעותי ומאגר החמצן התחדש – והשנה עדיין נשמרו ערכים הדומים לערכי שנת 2007.
21. יחד עם זאת נמדדו השנה ריכוזי כלורופיל (פריחת אצות פלנקטוניות) גבוהים במיוחד, אשר מחזקים את המגמה הנצפית של עלייה בריכוזי כלורופיל בחודשי האביב מאז 2004 לפחות. בעוד שרבות מהמגמות הכימיות אחריהן עקבנו בשנים האחרונות נראות כעת כמו מחזורים רב-שנתיים המושפעים משיעור הערבוב האנכי בחורף, העלייה בפריחת האצות בים בפתוח עדיין יכולה לציין מגמה.
22. במאגר הסיליקה, אשר הידלדל מאד בשנה הקודמת חלה השנה עלייה משמעותית אשר הביאה לחידוש המאגרים לרמות של לפני 2007. יתכן שפריחה מסיבית של אצות צורניות הוגבלה השנה על ידי גורמים שונים (כדוגמת זמינות חנקן) אבל נוכחות מתמשכת של אצות אלה גרמה לשטף סיליקה אל העומק והצטברותו במאגר המומס.
23. מגמת החימום של מי העומק נעצרה השנה, והטמפרטורות במים העמוקים השנה לא עלו לאחר

הערבוב לערכים גבוהים מערכי השנה הקודמת. טמפרטורת המים בעומק ירדה מעט השנה, אולם אין עדיין חזרה לערכי הטמפרטורה של תחילת העשור.

<u>מדידות רציפות</u>

24. השנה הגיע ריכוז הכלורופיל בפני השטח, בסמוך לשונית, לערכים מרביים מוקדם מהצפוי על פי המחזור העונתי הממוצע הרב שנתי. המחזור העונתי, הכולל ריכוז כלורופיל a גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ, מציג לרוב ערכים מרביים בחודש אפריל ואילו השנה הערכים המרביים נמדדו בחודש מרץ. שיאי ריכוז כלורופיל בשנה הקודמת היו גבוהים בהרבה מהממוצע הרב שנתי ואילו השנה החריגות היו קטנות יותר, אם כי ריכוזים גבוהים נמדדו במשך רוב חודש מרץ.
25. טמפרטורת פני המים הנמדדת בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת עדיין במגמה של עלייה ארוכת טווח, על אף שהטמפרטורות המרביות השנה היו נמוכות מאלו שנמדדו בשנים 2005-7 (איור ה3). יתכן שהדבר מסמן שינוי המגמה, אולם עדיין מוקדם מכדי לקבוע בוודאות.
26. מהירות הרוח המרבית נמדדת בחודשים ינואר-פברואר. אלה גם חודשים בהם הרוחות אינן יציבות ויתכנו אירועים של סערות דרומיות. בחודשים אלה נמדדים גם הלחות הגבוהה ביותר והמשרעת הגדולה ביותר בערכי הלחות. גם התנודות במפלס הים הן הגדולות ביותר בחודשים אלה. השנה הרוחות החזקות ביותר היו מערביות, בשני אירועים, בסוף ינואר ובתחילת פברואר. השנה היו הטמפרטורות המרביות נמוכות בכמעט שתי מעלות מהחום המרבי בשנה הקודמת. יחד עם זאת היו השנה ימים רבים בחודשים יולי-אוגוסט בהם נמדדו טמפרטורות גבוהות לעומת השנה הקודמת בה הטמפרטורות המרביות נמדדו בשני אירועים אשר ביניהם ירידת-מה במידת החום.
27. המשרעת השנתית של טמפרטורת פני הים בשנתיים האחרונות עמדה על כ-9 מעלות. השנה היו ערכי הקיצון של טמפרטורת המים (הן המרבית והן המזערית) נמוכים מעט מאשר בשנת 2007.

א.4. המלצות

I. הבעיה העיקרית הנראית בשונית האלמוגים היא שרידותן הנמוכה של מושבות קטנות. לפיכך, הננו ממליצים שפעולות לשיקום השונית תתמקדנה בשיפור שרידות האלמוגים. בשלב ראשון אנו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc) אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות לשרידות הנמוכה.

II. הערבוב העמוק השנה לא גרם לכיסוי המדרונות באצות בנתוניות כפי שאירעה בשנה הקודמת, וזאת למרות שריכוזי נוטריינטים הגיעו השנה לערכים גבוהים יותר מאשר בשנת 2007. נראה כי חלקם של הדגים רועי האצות גדול בוויסות פריחת האצות הבנתוניות ועל כן אנו ממליצים לאסור כליל דייג של דגים אוכלי אצות בצפון המפרץ, ולפעול להגנתם מפני פגעים נוספים מעשה ידי אדם, כגון הרעלות מזון וכו'.

III. השנה פחתו באופן ניכר כמות החריגות בריכוזי הנוטריינטים והכלורופיל בתחנות הניטור החופיות. עם זאת, עדיין נמצאו מדי פעם ריכוזי נוטריינטים ופיטופלנקטון חריגים המעידים על זיהום בנוטריינטים בעיקר בתחנות המדידה הבאות: אזור מוצא תעלת הקינט (התחנה בה נמצאו בעבר כלובי הדגים), חוף צפוני ומלון מרידיאן. אנו ממליצים על נקיטת כל האמצעים להפסקת זיהום זה.

IV. נראה כי השנה לא נמשכה עליית הטמפרטורה במי העומק. יחד עם זאת עדיין איננו קרובים יותר להבנת התופעה. במי השטח עדיין לא ברור עם מגמת ההתחממות נבלמה. לטמפרטורת המים חשיבות עליונה בקביעת משתנים רבים הקשורים באקולוגיה הימית והמחזור העונתי של ערבוב-שיכוב, שהוא גורם אקולוגי מרכזי במפרץ, מונע בעיקר על ידי שינויי טמפרטורה. על כן אנו ממליצים לעודד מחקרים שמטרתם להבין את הגורמים הפיסיקליים לעליית הטמפרטורה הנ"ל ואת השלכותיה האפשריות על המשטר העונתי.

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 2007

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2008)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Aqaba (NMP) in 2008. It is divided into chapters according to the various 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 fifth 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 five 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. Most indicators of the state of the coral reef measured this year were lower than the values determined in the previous year, but higher than those of the years 2004-2006. For most of the indicators 2007 was a year of particularly high values. Thus, the high values of 2007 did not prove to be the beginning of a rising trend. Considering the inter-annual fluctuations, the reefs of Eilat seem stable over the period in which data is collected by the NMP.
2. This year, for the second consecutive time, a deep mixing of the water column occurred (the water column was mixed to a depth of at least 860 meters, the depth of measurement in station B during the joint Israel-Jordan sampling cruise in March 2008). This produced a bloom of benthic algae on the shallow slopes. However, the algae bloom this year was apparently less extensive and of shorter duration than that of the previous year, and no ill effects were detected in Eilat's coral reefs.

3. The highest substrate utilization was found at the shallow Coral Reserve site, NR-5. The shallow reef sites at the Interuniversity Institute for Marine Sciences (IUI-5, IUI-10) have the lowest substrate utilization by corals. At all sites, except NR-20 the substrate utilization measured this year was lower than that of 2007, but still higher than that of 2004-6.
4. In the years 2004-6 a significant declining trend in the Live Tissue Index for coral health at a site was measured, and in 2007 this was stopped and higher values of LTI were measured. This year saw a drop in the LTI compared to 2007, and at many sites values were similar to those measured in 2006.
5. At sites where "small" is the dominant coral colony size substrate utilization is low. This correlation is significant even when data from the IUI (where the majority of colonies are small and utilization of substrate is particularly low) is excluded. This observation leads to the conclusion that these reefs are not limited by reef rejuvenation and settlement of coral planulae but rather by the success (or lack of it) of settled corals and their ability to grow past the initial few centimeters (=years). There seems to be a large pool of young settled corals that are unable to grow beyond the first years. This seems to be the limiting factor in the development of Eilat's reefs. This conclusion, also stated in our previous annual reports, in supported by data of live coverage and coral colony density.
6. This was the second year in which the reef table (reef flat) at the Nature Reserve Reef was surveyed. This site consists almost exclusively of rocky substrate, and was found to have significantly lower substrate utilization than the other surveyed sites (all on the Fore-reef). Due to its special character the reef flat is not compared to other surveyed sites, and will be monitored separately year to year. State-of-the-reef indicators measured this year on the reef flat are generally somewhat higher than those measured in the previous year. Lacking long-term surveillance this observation should be treated with caution. The small deviations between the years indicate that our coverage of the reef flat is adequate.
7. Permanent photo-sites in the reef document specific locations and do not provide a statistical representation of the live cover/species diversity etc. of the site. In order to enhance the significance of photo-site data an effort was made this year to add new sites at the Nature Reserve and KATZA, where line transects surveys are also conducted.
8. In photos of this year, similar to 2007, growth of corals (stony as well as soft) and increased live cover was documented, in comparison to the data from 2004. Concomitantly, a drop in the colony density was found at all sites and at some sites coral mortality was greater than coral settlement. This combination is further evidence for the importance of coral survival and growth to larger size.
9. At most photo-sites increased live coverage and growth of specific colonies since 2004 was found. The inter-annual changes in live cover and colony density, coral diversity, and other temporal changes represent a stable dynamic population.
10. The coral community at the Nature Reserve lagoon seems stable over the past five years. The coral colony density seems similar year to year, barring small

fluctuations, and is derived mainly from the prevalence of the coral *Stylophora*. Coral diversity (according to the Shanon-Wiener index, calculated using the EstimateS software (Colwell, 2005)) also seems stable. In 2006 coral diversity was particularly high, but in the long term it seems this hasn't changed significantly since 2004.

11. The increase in Sea-urchin density reported in 2007 seems to continue, although to a lesser degree. Sea-feather density increased significantly in the years 2004-2008, and especially during this year.
12. A deep mixing of the water column lead to a bloom of benthic algae, that appears stronger and earlier in the year on this years algae settlement plates, compared to 2007. However, observations of the slopes did not detect benthic algae coverage of similar intensity to that of 2007.
13. The rate of benthic algae growth seems to decrease rapidly with increasing 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.
14. There was no significant difference in the community structure (according to a division into functional/trophic levels) of reef-fish between 2008 and 2007, the years in which this survey was conducted.

Coastal water

15. Most chemical variables measured in the coastal waters of Eilat are controlled by the seasonal cycle of summer stratification – winter mixing of the upper water column. Accordingly, the concentrations of most variables (nitrogen, phosphate, silicate) are higher in the surface waters during the winter. This year a deep mixing of the water column occurred, of a similar scale to that of 2007, and maximal values of most measured variables – particularly the nutrient and *chlorophyll-a* concentrations – were higher during February to April this year. The high nutrient concentrations at the sea surface lead to a strong phytoplankton bloom and particularly high *chlorophyll-a* concentrations measured in April.
16. This year, fewer abnormal values were measured in Eilat's coastal water compared to the previous year, and the amplitude of abnormal measurements was smaller. This is true for nutrient and Ammonium concentrations. Ammonium being a very rapidly utilized species is an indication for local input sources. Nevertheless, and despite the removal of fish farms from the northern shore, higher concentrations of nutrients and *chlorophyll-a* were occasionally measured at stations along this shore compared to open sea or southern station values.
17. Organic content is sediments did not change significantly since 2003. At most coastal stations a lower organic content was measured this year, compared to previous measurements. At all stations organic material comprises less then 3% by weight of the upper sea floor sediments. The lowest organic content was measured at Taba, the southernmost station, and the highest at KATZA.

18. Lethal bacterium pathogens were not found in this year's survey of wild reef fish. Pending more sampling, this finding may indicate a decline in fish infection sustained by the bacteria *Mycobacterium marinum* and *Streptococcus iniae*, and the myxosporean endoparasite *Kudoa iwatai*. In past years, an increased prevalence of these pathogens among wild fish was suspected as related to the cage-cultured fish.
19. A few cases of fish mortality resulting from strangulation caused by bread were reported from Eilat's Dolphin Reef.

The open water column

20. The seasonal cycle of summer stratification – winter mixing of the upper water column is the dominant featured observed in the concentrations of nutrients, dissolved oxygen and the dynamics of phytoplankton population in the open waters. The multi-annual is governed by the depth and duration of annul mixing, and the amount of nutrients accumulated in the deep water. This year vertical mixing of the water column was measured to the sea floor at station B, similar to the mixing of 2007, but it seems that this year's mixing was of shorter duration and was less stable. The effects of deep mixing were felt in the high concentrations of nutrients and *chlorophyll-a* measured in the water column at the beginning of spring.
21. Mixed-season values were higher this year than in 2007, although in later months it became apparent that the big changes in water column concentrations occurred during the previous year. In the months following the deep mixing nutrient concentrations rose to higher values than those of the previous year, though still lower than the concentrations measured in the decade preceding 2007. Many of the trends measured in the past few years ended in 2007 – the nutrient inventory was depleted and the oxygen inventory renewed – and this year's values remain similar to those of 2007.
22. Chlorophyll-a concentrations (planktonic algae) were higher this year than in the previous year, adding to the observed trend of rising springtime chlorophyll- a since at least 2004. While many of the other (chemical) trends that were reported by the NMP now seem like inter-annual cycles coupled to deep mixing events, the rise in springtime plankton algae may still represent a trend.
23. Silicate inventory that was much depleted in the previous year rose considerably during this year, and silicate content in the water column rose to pre-2007 values. It is possible that an intensive bloom of siliceous algae was limited by the availability of other nutrients (e.g. N) but ongoing presence of these algae contributed a continuous flow of silicate that dissolved in the water column.
24. The trend of rising deep-water temperature did not continue through 2008, and deep water temperatures following this year's mixing were not higher than those of 2007. Temperature at depth dropped a little, but is still higher than that of the beginning of the decade.

Continuous measurements

25. This year's *chlorophyll-a* values reached their peak near the coral reef earlier than

predicted by multi-seasonal data accumulated since 1988. The seasonal cycle of high winter-time concentrations and low summer-time values commonly reaches a maximum during April, and this year's highest values were measured in March. Last year's *chlorophyll-a* peaks were significantly higher than the inter-annual average while this year's maximum was less abnormal, although high *chlorophyll-a* concentrations were measured throughout the month of March.

26. The sea surface temperature (SST) measured from the Observatory's pier still displays a long-term rising trend, although this year's maximal values were lower than those measured in the years 2005-2007. This could indicate a change in the multi-annual trend, but it is still early to be certain.
27. Highest wind speeds were measured in January-February. These are also the months in which the wind is unstable and southern storm events may occur. Relative humidity and the variance in relative humidity are also highest during these months, and so are the variations in sea level (tides). This year's strongest winds came from the west, in two discreet events at the end of January-beginning of February. Highest air temperatures above the sea were nearly 2°C lower this year than in 2007, while most days in July-August had higher maximal temperatures.
28. The annual variance in SST in the past two years was ~9°C. This year's extreme SST values (both maximum and minimum) were somewhat lower than those of 2007.

ב. שונית האלמוגים

ב.1. סקר חברת השונית

<u>מטרה</u>

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

<u>שיטות</u>

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 2008.

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 12 ל-17, 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 ז2, טבלה ז1). 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 ס"מ, 5-15 ס"מ, 15-30 ס"מ ו- >30 ס"מ (S, M, L ו- H בהתאמה).

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 באומדן 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 "מדד הבריאות" (Health Index, HI), מחושב עבור כל אתר כממוצע אחוז הרקמה החיה של כל המושבות החיות שנספרו באתר זה.

השנה ביצעו הסוקרים סימולציה ממוחשבת לקביעת דיוק האומדן הויזואלי, בכדי להעריך את אמינות מדד אחוז הרקמה החיה לבריאות אלמוגים. ניסוי זה מדווח בנספח ז3.

איור ב1: תצלום אווירי שלקטע 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, ו (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.

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

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 (ראו דו"ח הניטור 2006 לדיון מקיף יותר).

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 בשנת 2008 על ידי חלוקתו בממוצע הרב שנתי באותו אתר. המובהקות הסטטיסטית המדווחת היא על סמך המבחן עם מסד הנתונים המנורמל.

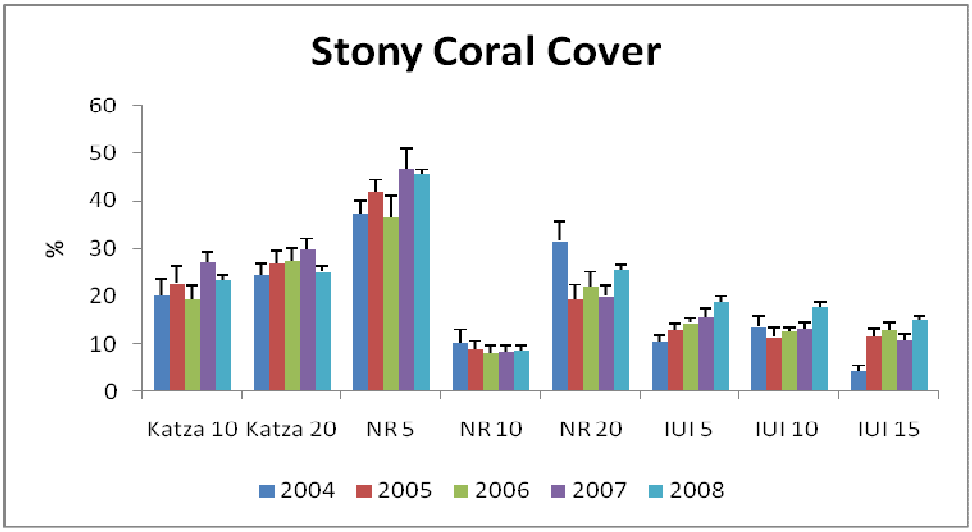
בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן.

תוצאות:

זו השנה השנייה 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 תכנית הניטור 2007) יוחד לשולחן השונית תת-פרק נפרד בדו"ח זה.

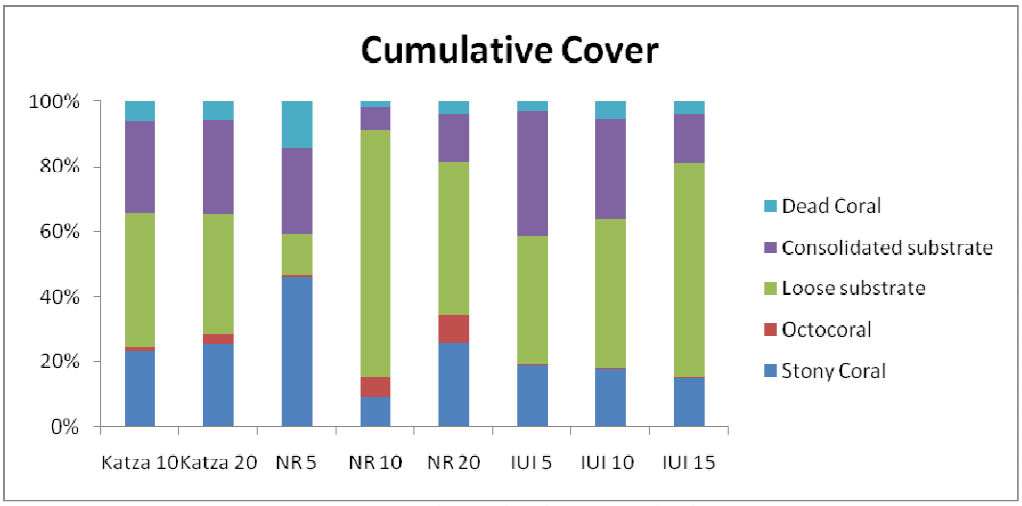
כיסוי אלמוגים

אחוז כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR) 45.7%, ערך כמעט זהה לזה שנמדד בשנה הקודמת (46.7%), וגבוה מהערכים אשר נמדדו בשנים 2004-6. הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), 8.7%, בדומה לשנים הקודמות (8.3-9%). ההבדלים בין השנים קטנים ורובם בטווח השגיאה של ההערכות. שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשונות 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 19% (5-IUI) ל-49% (10-NR). מקדם שונות גבוה מצביע על כתמיות חזקה של מיפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.



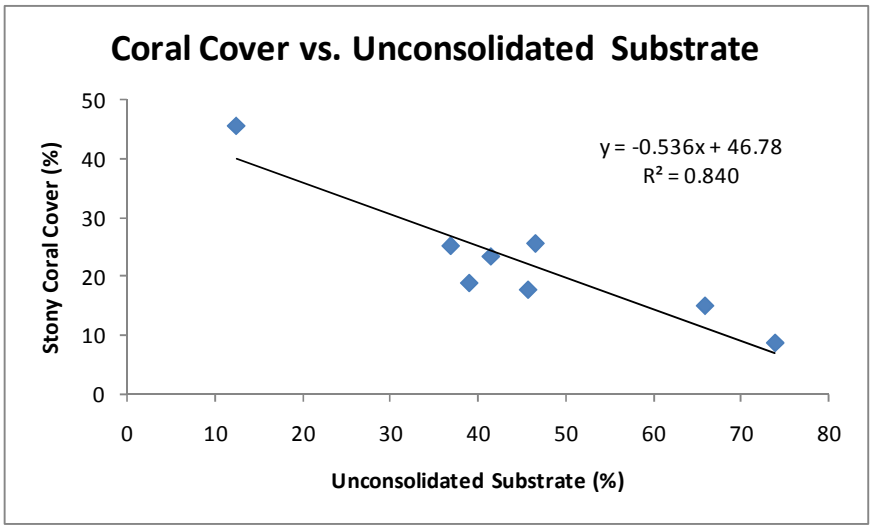
איור ב3: שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגים חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחוזים מכלל השטח.
Figure B3: Average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area).

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 וחצץ, באותו אתר (איור ב5). נראה שאת רוב ההבדל באחוז הכיסוי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות ההבדלים באחוז הקרקע הלא מלוכדת, אשר אינה מתאימה להתיישבות אלמוגים.



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 באתרים השונים.

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

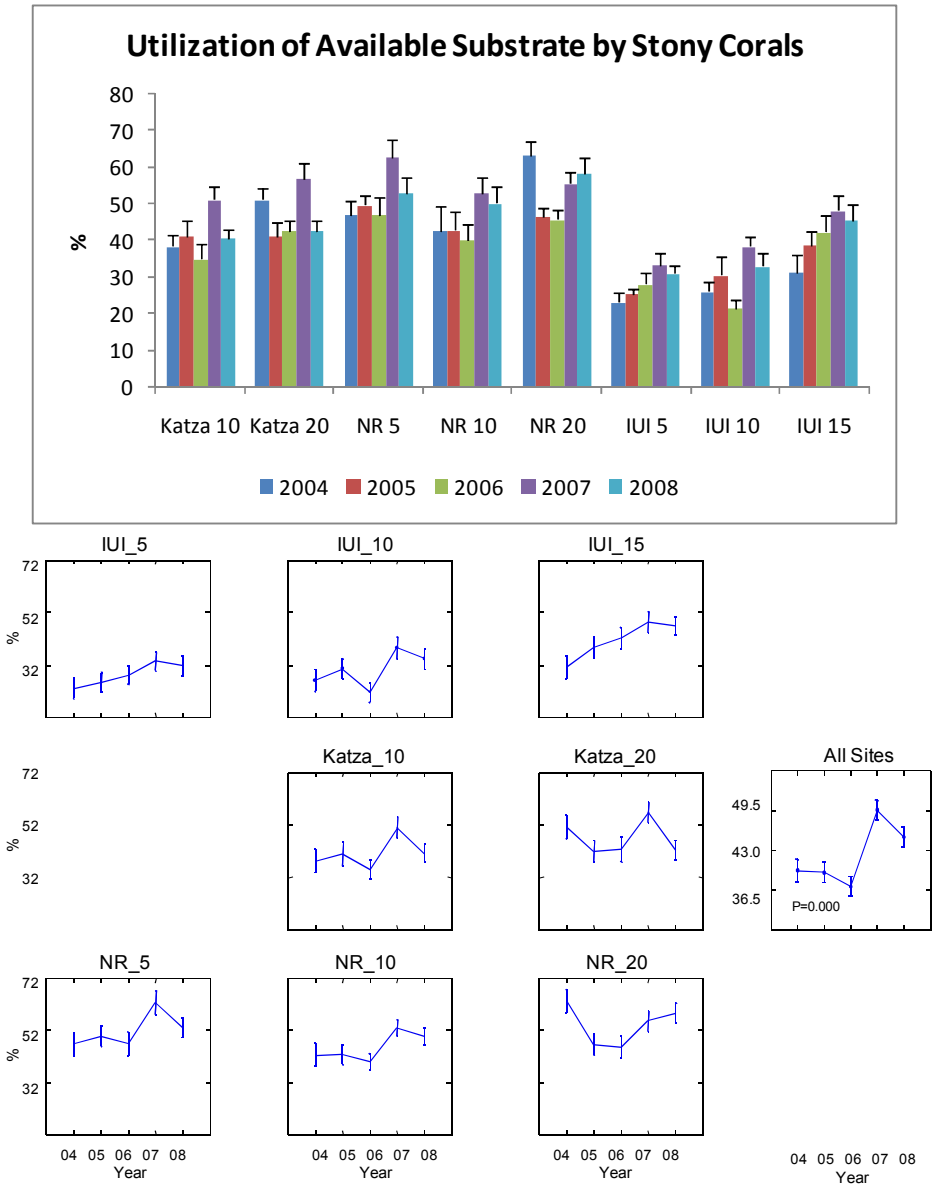
על מנת לנסות ולעמוד אחר הבדלים נוספים בין האתרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים , יש לנרמל את אחוז הכיסוי לאחוז הקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים (איור ב6).

ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיחס 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

באתרי ה-IUI, ובפרט באתרים IUI-5 ו-15, ניכרת התאוששות הדרגתית (אם גם לא מובהקת) מאז 2004. בשנת הניטור הקודמת, 2007, נרשמה עליה מובהקת בניצול המצע הזמין להתיישבות אלמוגים בכל האתרים. השנה נרשמה עליה נוספת רק באתר NR-20, בכל שאר האתרים היו אחוזי ניצול המצע נמוכים מערכי 2007 אם כי ברוב המקרים ניצול המצע עדיין גבוה ממדידות השנים הקודמות. כפי שצוין בדו"ח הניטור 2007, בחברת השונית קיימות תנודות משנה לשנה ואין די בשנה בודדת להעיד על מגמות ארוכות טווח, על אף מובהקות סטטיסטית של המדידות. עם הצטברות הנתונים בחמש השנים האחרונות נראה כי מצב רוב אתרי השונית יציב, או אף משתפר באופן מתון. לאחר העלייה שנצפתה בשנת 2007 ישנה השנה ירידה בניצול התשתית הזמינה על ידי אלמוגים, אולם ניצול המצע השנה עדיין גבוה מהערכים אשר נמדדו בשנים 2004-6 (איור ב6 למטה).

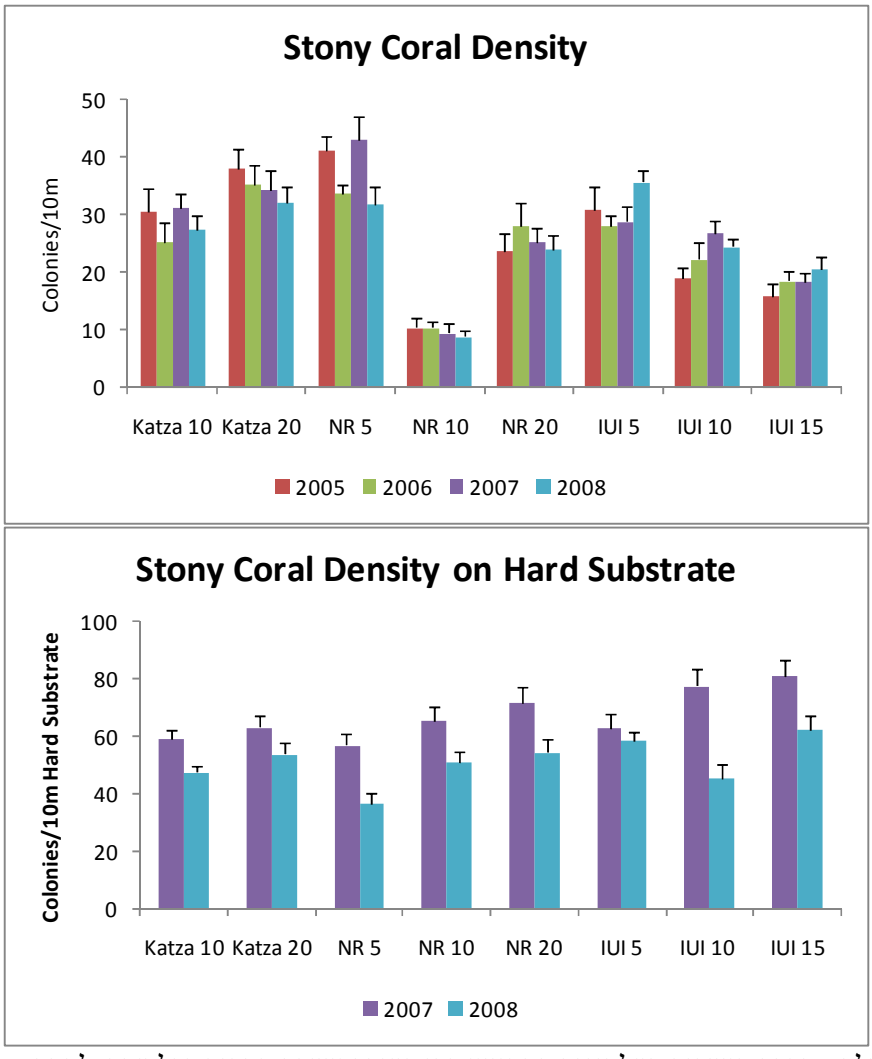
ההבדלים בין השנים מובהקים סטטיסטית, כאשר בשנת 2007 ערכים גבוהים במובהק מבשנים 2004-6, ובשנת 2008 ערכים גבוהים במובהק מערכי המינימום בשנת 2006.



איור ב6: 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. ההבדל בין השנים עבור "כל האתרים" מובהק.

Figure B6: 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 2004-2008. 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 (36 מושבות בממוצע בעשרה מטרים), והקטנה ביותר, גם השנה, ב-10-NR (9), (איור ב7). ברוב האתרים צפיפות המושבות השנה קטנה מאשר בשנה החולפת (2007), לבד מהאתרים 5-IUI ו-15-IUI. כמו בשנה שחלפה, נמצא גם השנה כי באתר IUI-5 בו צפיפות המושבות גדולה ביותר, ניצול המצע הזמין להתיישבות אלמוגים נמוך מזה שבעומק 15 בו הצפיפות נמוכה ביותר. התבוננות על צפיפות המושבות מנורמלת לעשרה מטרים מצע קשה (איור ב7 למטה), זמין להתיישבות, מראה כי צפיפות זו דומה בין האתרים 5-IUI ו-15-IUI. אם כן, יעילות ניצול המצע מוכתבת ככל הנראה על ידי גודל המושבות. בהשוואה לשנה החולפת, 2007, נמצאת ירידה בצפיפות המושבות על גבי מצע זמין בכל האתרים.

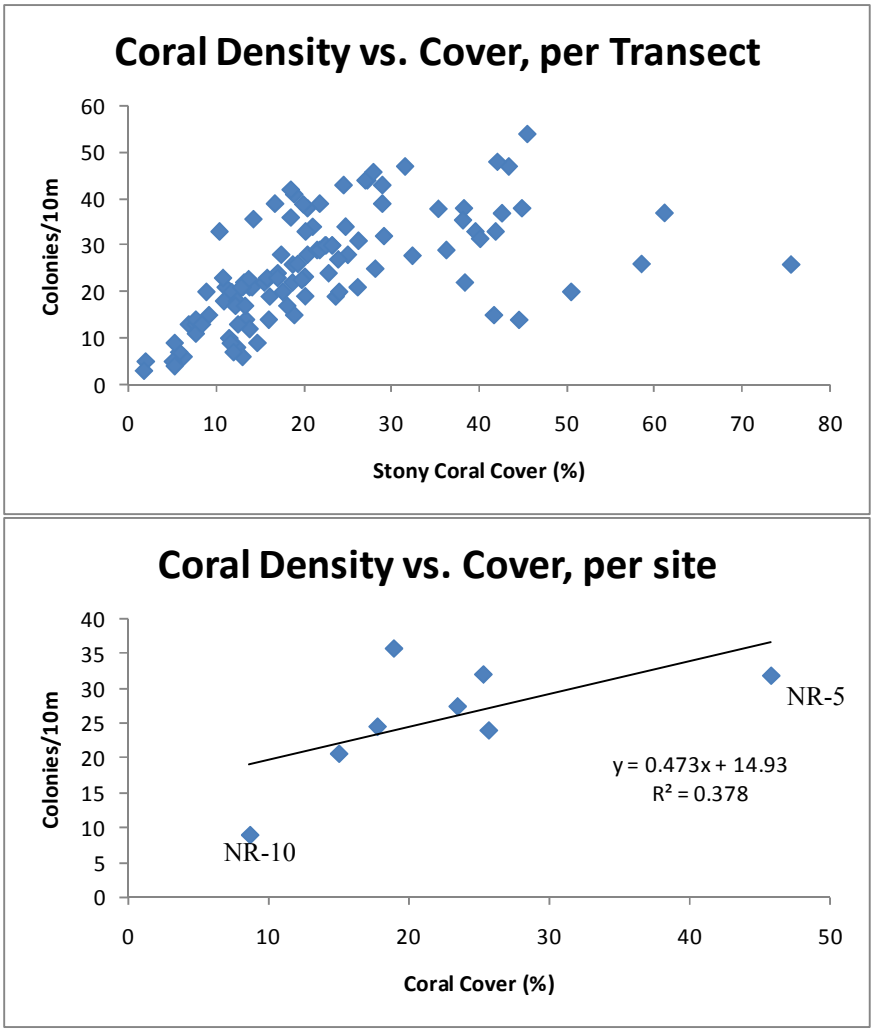


איור ב7: למעלה - מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר. למטה – מנורמל למצע קשה הזמין להתיישבות אלמוגים.

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.

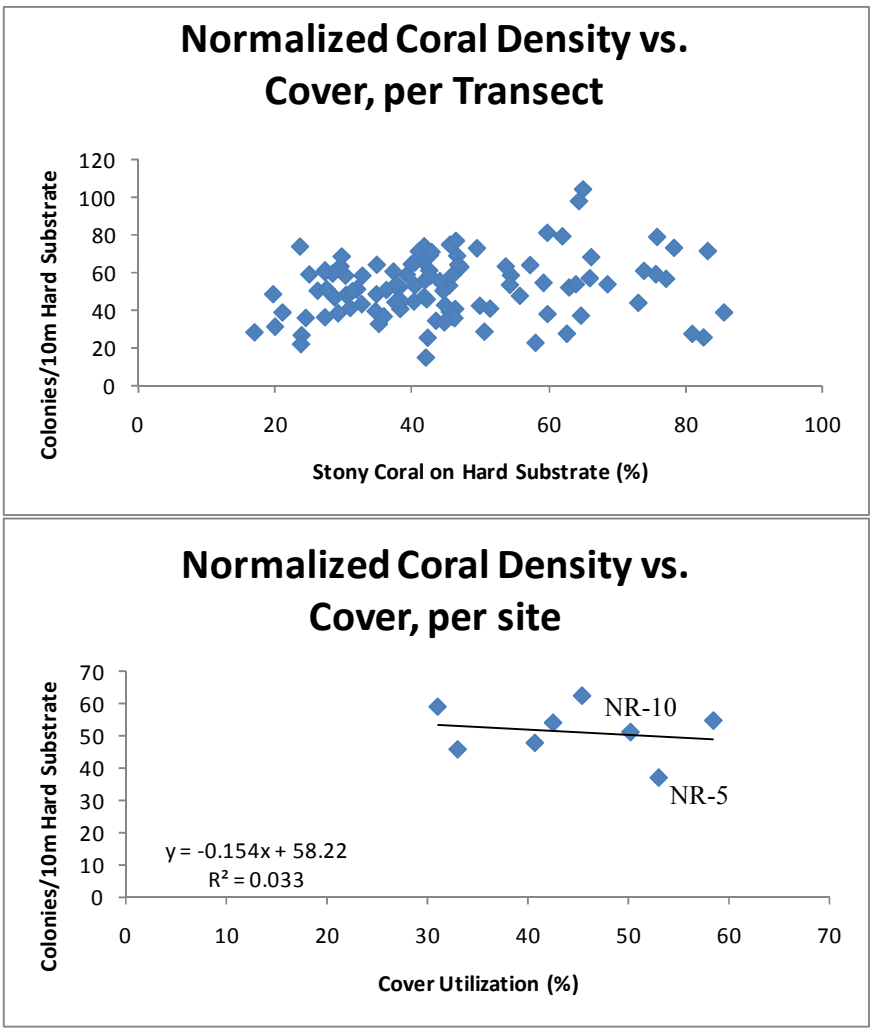
כמו בשנים החולפות ההתאמה בין צפיפות המושבות (מספר מושבות בחתך ממוצע) ובין אחוז כיסוי האלמוגים אינה טובה באחוז כיסוי גבוה – עדות לכך שכיסוי גבוה אינו מושג בתוספת מושבות (איור ב8 למעלה). אתר NR-5, בו אחוז הכיסוי הגבוה ביותר, חורג מקו ההתאמה המתאים לאתרים בהם אחוז הכיסוי נמוך ולצפיפות האלמוגים ישנה השפעה ישירה על הכיסוי עקב מחסור במושבות גדולות (איור ב8 למטה). האתר NR-10, בו אחוז הכיסוי נמוך במיוחד (עקב מצע חולי בעיקר, ראו למעלה), מראה על כיסוי גבוה יחסית לצפיפות המושבות בו.

בחינת ההתאמה בין צפיפות המושבות על גבי מצע קשה המתאים להתיישבות לבין אחוז הכיסוי על גבי מצע זה מראה את הדברים ביתר חדות (איור ב9). הן לגבי חתך בן עשרה מטרים (איור ב9 למעלה) והן לגבי הממוצע באתר (איור ב9 למטה) התאמה גרועה בין ניצול המצע ובין צפיפות המושבות על מצע קשה מורה כי ניצול גבוה של המצע הקשה אינו מושג על ידי עלייה בכמות המושבות. בהסרת האפקט הממסך של סוג המצע נראה כי באתר NR-10 בו אחוז הכיסוי נמוך, אחוז ניצול המצע הזמין למעשה די גבוה וצפיפות המושבות על גבי מצע זה דומה לאתרים אחרים בעלי אחוז ניצול דומה.



איור ב8: צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים. למעלה - בחתכים בני עשרה מטרים; למטה – צפיפות ממוצעת באתרי הדיגום.

Figure B8: The density of coral colonies versus the percent coral cover. Top - per line transect (10 meters in length); bottom – average density per site.



איור ב9: צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז המצע הקשה המנוצל על ידי אלמוגים. למעלה - בחתכים בני עשרה מטרים; למטה – צפיפות ממוצעת באתרי הדיגום.

Figure B9: The density of coral colonies versus the percent hard cover utilized by corals. Top - per line transect (10 meters in length); bottom – average density per site.

Site	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
N	14	12	13	17	13	12	12	14
Total transect length (cm)	14065	11395	12707	17010	13017	12018	11964	14100
Stony coral	**23.4**	**25.3**	**45.7**	**8.7**	**25.6**	**18.9**	**17.7**	**15.0**
stdev	9.8	7.1	13.4	4.2	11.6	3.6	6.5	5.7
SE	2.6	2.1	3.7	1.0	3.2	1.0	1.9	1.5
CV	0.42	0.28	0.29	0.49	0.45	0.19	0.37	0.38
Octocoral	**0.9**	**2.9**	**0.8**	**6.3**	**8.6**	**0.1**	**0.3**	**0.5**
stdev	1.1	2.6	1.5	6.9	4.9	0.2	0.6	0.7
SE	0.3	0.8	0.4	1.7	1.4	0.1	0.2	0.2
CV	1.31	0.91	1.80	1.10	0.57	3.07	2.12	1.46
GRV+Sand	**41.4**	**36.9**	**12.4**	**73.9**	**46.5**	**39.0**	**45.7**	**65.9**
stdev	20.7	13.6	8.3	12.8	16.1	9.7	13.2	7.5
SE	5.5	3.9	2.3	3.1	4.5	2.8	3.8	2.0
CV	0.50	0.37	0.67	0.17	0.35	0.25	0.29	0.11
Rock	**28.4**	**29.0**	**26.4**	**7.0**	**14.7**	**38.3**	**31.0**	**15.3**
stdev	12.7	10.4	13.1	4.1	8.7	9.8	13.0	7.9
SE	3.4	3.0	3.6	1.0	2.4	2.8	3.8	2.1
CV	0.45	0.36	0.50	0.58	0.59	0.26	0.42	0.52
Dead Coral	**5.7**	**5.2**	**14.2**	**1.6**	**3.5**	**2.7**	**4.8**	**3.6**
stdev	4.3	2.9	9.3	1.7	2.6	1.1	2.5	2.7
SE	1.2	0.8	2.6	0.4	0.7	0.3	0.7	0.8
CV	0.77	0.56	0.66	1.07	0.74	0.41	0.51	0.74
Live/available	**40.7**	**42.5**	**53.0**	**50.2**	**58.4**	**31.1**	**33.1**	**45.4**
stdev	8.4	9.6	14.5	19.7	15.3	6.5	12.6	17.4
SE	2.2	2.8	4.0	4.8	4.2	1.9	3.6	4.6
CV	0.21	0.23	0.27	0.39	0.26	0.21	0.38	0.38
average# of colonies/10m	**27.4**	**32.0**	**31.9**	**8.8**	**24.0**	**35.8**	**24.5**	**20.6**
stdev	9.6	10.3	11.0	4.1	9.1	6.8	4.6	8.4
SE	2.6	3.0	3.1	1.0	2.5	2.0	1.3	2.3
CV	0.35	0.32	0.35	0.46	0.38	0.19	0.19	0.41
Colonies/10m hard substrate	**47.7**	**53.9**	**36.9**	**51.0**	**54.6**	**58.9**	**45.7**	**62.3**
Stdev	8.6	13.4	13.5	14.9	17.8	9.8	16.6	19.9
SE	2.3	3.9	3.7	3.6	4.9	2.8	4.8	5.3
CV	0.18	0.25	0.37	0.29	0.33	0.17	0.36	0.32

טבלה ב2: סיכום נתוני הכיסוי שנאספו בחתכי הקווים באתרי השונית 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.

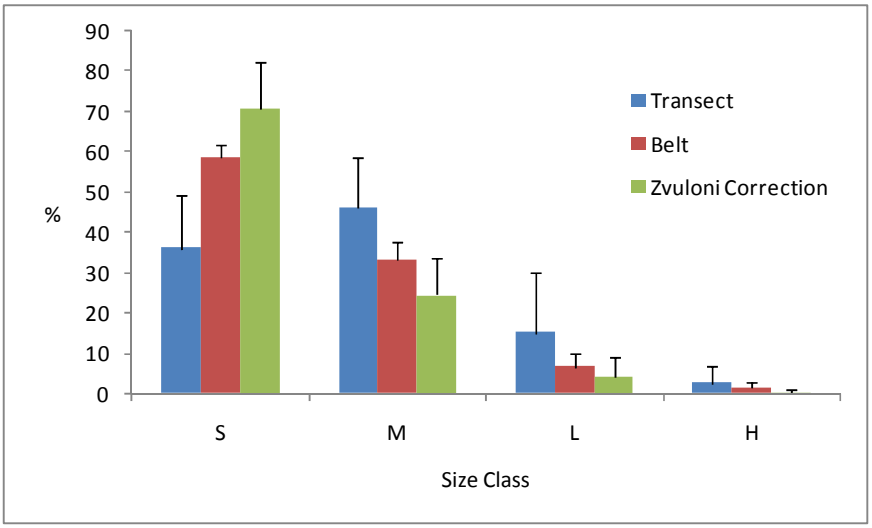
Table B2: Summary of cover data collected in line transects at the monitoring sites. Data is given as average percent cover measured in all transects at each site (combination of location and depth) with associated standard deviation, standard error and variance coefficient.

<u>גודל מושבות אלמוגים</u>

מושבות אלמוגים תחת סרט המדידה משויכות לאחת מקבוצות הגודל **קטן**<5ס"מ; **בינוני**<15ס"מ; **גדול**<30ס"מ; **ענק**>30ס"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.

על מנת לאמוד את חשיבות ההטיה וגודל השגיאה הנובע ממנה בוצעו מול המכון הבינאוניברסיטאי (אתר 5-IUI) ספירות אלמוגים בחלוקה לקבוצות גודל על חמישה חתכים באורך 10 מטרים כל אחד 1) בשיטת חתכי הקו כפי שמבוצע בסקר השונית, 2) בחתכי רצועה ברוחב של מטר אחד (איור ב10). בחתכי הרצועה נספרו רק אלמוגים אשר מרכזם בשטח הנדגם. נתוני ספירת המושבות בחתכי הקו גם עברו את התיקון המוצע על ידי (Zvuloni et al. 2008) על מנת לאמוד את הצלחת התיקון בטיפול בנתונים הנאספים על ידי תכנית הניטור.

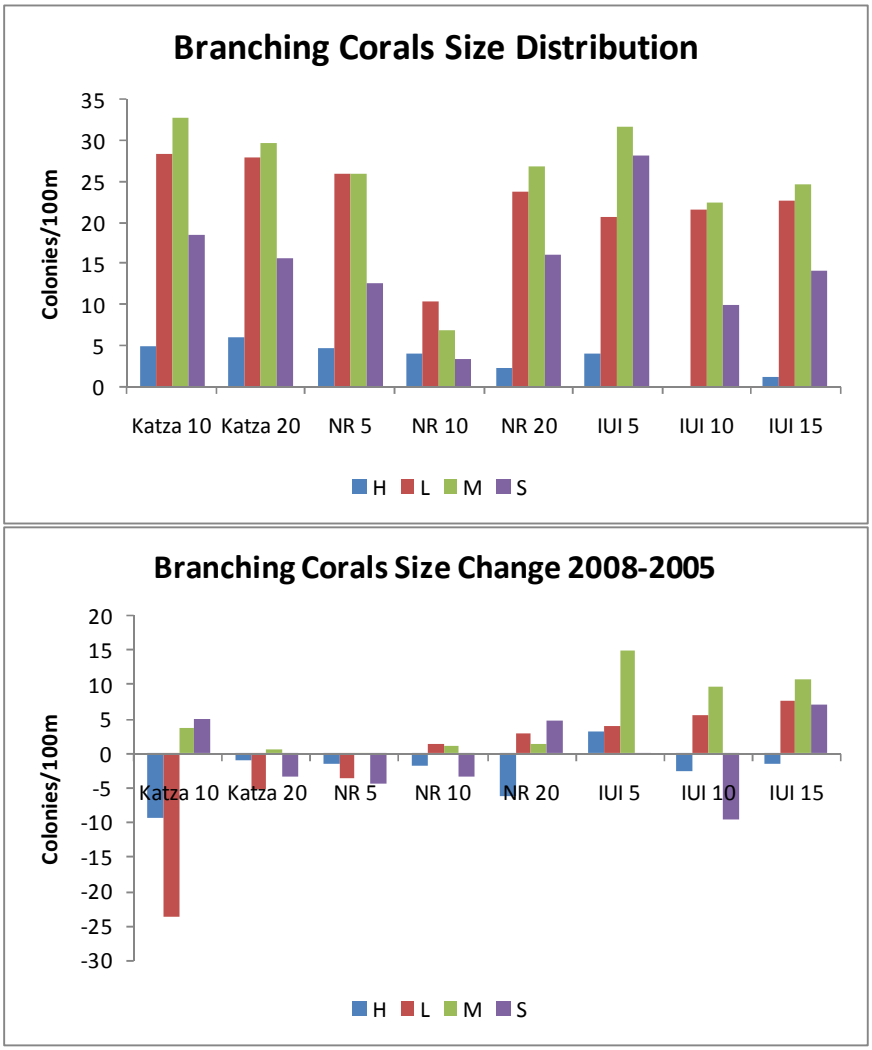


איור ב10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באתר 5-IUI בסקר שמטרתו אמדן ההטיה נגד מושבות קטנות בסקר חתכי קו על ידי השוואה בין שיטת חתכי קו לשיטת חתכי רצועה. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: 5>Small ס"מ; 5 ס"מ <Medium>15 ס"מ; 15 ס"מ <Large>30 ס"מ; 30<Huge ס"מ.

Figure B10: Size distribution of coral colonies in IUI-5 in a an attempt to estimate the bias against small colonies inherent in Line-transect surveys by comparing results of line- versus belt- transect surveys. Size groups are: Small<5 cm; 5 cm <Medium< 15 cm; 15 cm <Large< 30 cm; Huge>30 cm.

חלקן היחסי של מושבות קטנות בסקר חתכי הרצועה גדול בערך פי 1.5 מאשר בסקר חתכי הקו, ועל פי התיקון המוצע חלקן במציאות אמור להיות גדול כמעט פי 2 מאשר בחתכי הקו. ההבדל בין סקר חתכי הרצועה לערכים המתוקנים מתוצאות חתכי הקו נובע, אולי, ממספר נמוך מדי של חתכי קו (א. זבולוני, דברים בעל פה). נראה, אם כן, כי חלקן היחסי של מושבות קטנות באתר המכון 5-IUI גדול פי 1.5-2 מהערכים המוצגים בסקר השונית. אתר זה הוא אתר עשיר במיוחד במושבות קטנות. על פי חישובי המודל באתרים אחרים עשוי ההבדל בין הערך במציאות לערך הנמדד בשיטת חתכי הקו ומוצג למטה להיות אף גדול יותר.

<u>אלמוגים מעונפים (branching) איור ב11:</u> על פי סקר חתכי הקו נמצא כי ברוב האתרים קבוצת הגודל הנפוצה ביותר היא "בינוני". רק באתרי השמורה הרדודים, התמונה מעט שונה – באתר 10-NR קבוצת הגודל "גדול" נפוצה ביותר ובאתר 5-NR נמצאה תפוצה דומה לקבוצות "בינוי" ו"גדול". בשנה הקודמת, 2007, גם באתרים 20-NR וקצא"א-10 הייתה קבוצת ה"גדול" הנפוצה ביותר. השנה בכל אתרי IUI קבוצת הגודל הנפוצה היא "בינוני", בעוד שבשנה החולפת הגודל הנפוץ בIUI-5 ו-10 היה "קטן". בכל האתרים, מלבד אתרי IUI נמצאה השנה ירידה בצפיפות המושבות (ראו למעלה, איור ב7) ועובדה זו עשויה להסביר את השינוי בהתפלגות קבוצות הגודל. בהשוואה לשנת 2005 (איור ב11 למטה) נמצא שרק באתרי IUI היה גידול יציב ברוב קבוצות הגודל, ובעיקר בגודל ה"בינוני". בשאר האתרים צפיפות המושבות ובפרט מושבות גדולות ירדה. הדבר בולט במיוחד באתר קצא"א-10. בסך הכל ישנן פחות מושבות מעונפות ממושבות שאינן מעונפות (ראו למטה) והשפעתן על סך הניצול או הכיסוי באתר נמוכה יחסית.



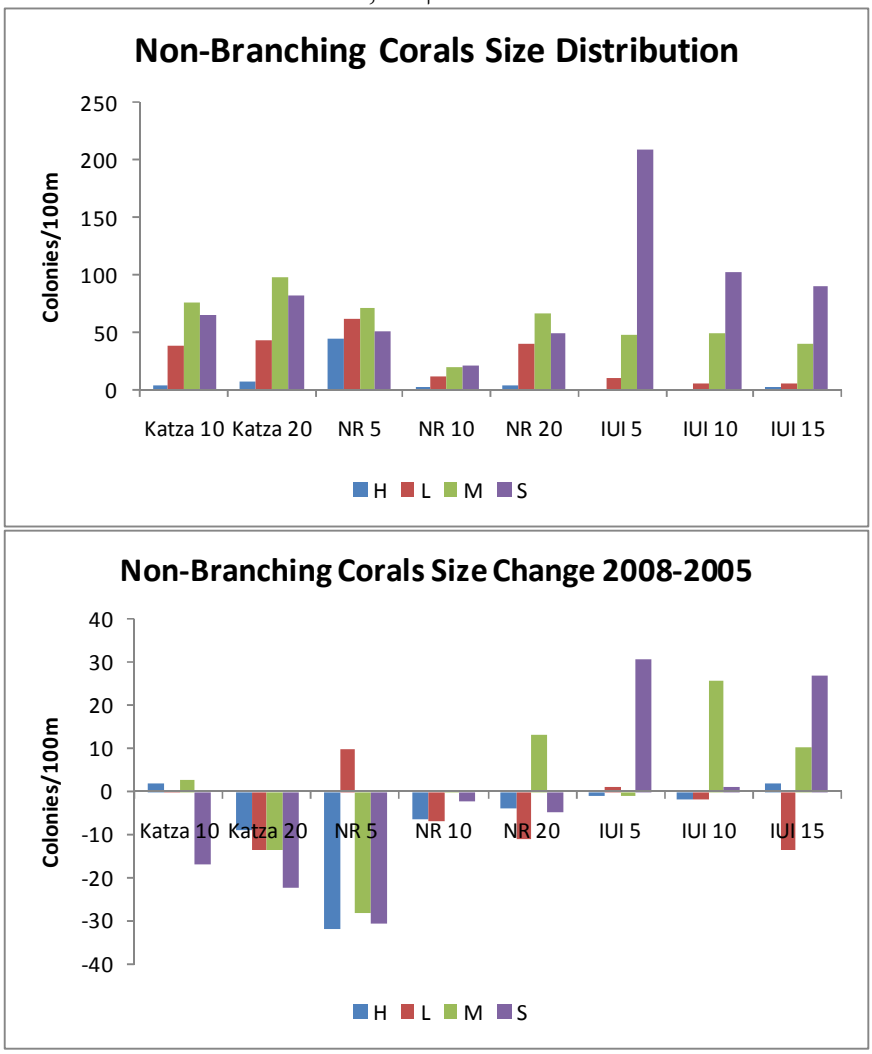
איור ב11: למעלה - התפלגות גודל מושבות האלמוגים המעונפים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small<5 ס"מ; 5 ס"מ <Medium< 15 ס"מ; 15 ס"מ <Large< 30 ס"מ; Huge>30 ס"מ. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים. למטה – השינוי במספר המושבות (מנורמל ל-100 מטרים) של כל קבוצת גודל בהשוואה בין הסקר של 2008 והסקר של 2005.

Figure B11: Top - size distribution of branching coral colonies in the surveyed sites. Sizes are: Small<5 cm; 5 cm <Medium< 15 cm; 15 cm <Large< 30 cm; Huge>30 cm. The number of colonies is normalized to a transect length of 100 meters. Bottom – the change in number

of colonies per 100 meters of each size group surveyed in 2008 and 2005.

<u>אלמוגים לא-מעונפים (non-branching) איור ב12:</u> כמו בשנה הקודמת (2007) בכל אתרי IUI הגודל הנפוץ (בהפרש רב) הוא "קטן", וזהו המצב גם ב- 10-NR אם כי בהבדל זעום בין "קטן" ו"בינוני". השנה באתר קצא"א-10 הגודל הנפוץ אינו "קטן" אלא "בינוני". כמו בשנה שעברה, באתרי קצא"א-20 ו-5-NR ו-20 הגודל הנפוץ הוא "בינוני". ב- 5-NR הגודל השני הנפוץ הוא "גדול" ואילו בשני האתרים האחרים הגודל השני הנפוץ הוא "קטן". כמות המושבות הלא מעונפות בכל האתרים גדולה בהרבה מכמות המעונפים ועל כן למפזר המושבות הלא-מעונפות משקל רב בעיצוב אופי האתר.

בהשוואה לשנת 2005 רק באתר 5-NR נמצאה עלייה במספר המושבות הלא-מעונפות הגדולות. באתר קצא"א-20 נמצאה עליה במספר המושבות ה"ענקיות" אך מספר זה כה קטן שלשינוי הנמדד משמעות קטנה. בשאר האתרים עליה במספר המושבות הבינוניות או הקטנות, אם בכלל.



איור ב12: למעלה - התפלגות גודל מושבות האלמוגים הלא-מעונפים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small<5 ס"מ; 5 ס"מ <Medium< 15 ס"מ; 15 ס"מ <Large< 30 ס"מ; Huge>30 ס"מ. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים. למטה – השינוי במספר המושבות (מנורמל ל-100 מטרים) של כל קבוצת גודל בהשוואה בין הסקר של 2008 והסקר של 2005.

Figure B12: Top - size distribution of non-branching coral colonies in the surveyed sites. Sizes are: Small<5 cm; 5 cm <Medium< 15 cm; 15 cm <Large< 30 cm; Huge>30 cm. The number of colonies is normalized to a transect length of 100 meters. Bottom – the change in number of colonies per 100 meters of each size group surveyed in 2008 and 2005.

בכל האתרים מושבות האלמוגים מהקבוצות "קטן" או "בינוני" הן הנפוצות ביותר. עובדה זו מחזקת את המסקנה כי המחסור החמור באילת הוא במושבות אלמוגים גדולות ומפותחות התופסות שטח רב. בהתחשב בהטיית שיטת המדידה (חתכי קו) כנגד מושבות קטנות נראה שהמצב אף חמור מהמצטייר מנתונים אלה.

<u>בריאות אלמוגים</u>

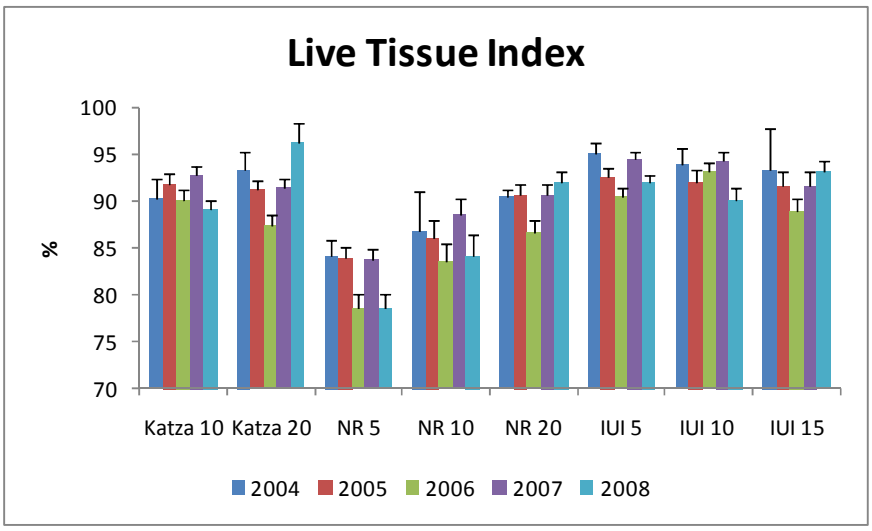
בתכנית הניטור נעשה שימוש באומדן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מדד זה, להלן Live Tissue Index (LTI) נמדד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז השטח של שלד המושבה המכוסה ברקמה חייה.

למרות שאמדן אחוז הרקמה החי במושבה הוא איכותי, אמדן ויזואלי על ידי הסוקר, כמות המושבות המשתתפות בסקר (אלפים), העובדה ששגיאת ההערכה עשויה להיות לשני הכיוונים, והמשמעות הקטנה של שגיאת הערכה בסדר של 10% לגבי ממוצע 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 השנה ניסוי מבוקר להערכת דיוק השיטה. תוצאות הניסוי – המפורט בנספח ז3 – מצביעות על דיוק גדול בהרבה מהצפוי. השגיאה בהערכה הויזואלית של אחוזי שטח בתמונה בודדת הייתה קטנה מ-25%. עבור חמישים תמונות בהן ממוצע "השטח החי" עמד על 58.1% נעו הערכות הנבחנים בין 55.4% ל-60.8% (שגיאה של עד 2.7% בהערכת הממוצע). כאמור, ככל שמספר הדגימות גדל השגיאה בהערכת הממוצע צפויה לקטון.

השנה נמדד בין האתרים טווח ערכים גדול יותר למדד הרקמה החיה בהשוואה למשרעת הערכים של השנה החולפת (2007). משרעת הערכים של המדד נעה בין 78.6% (NR-5) ל-96.2% (קצא"א- 20), והערך הממוצע בכל האתרים היה 89.6%, מעט נמוך יותר מהערך הממוצע בשנה הקודמת (90.6%, איור ב13). העובדה כי הערך הגבוה ביותר נמצא השנה באתר קצא"א-20 מפתיעה. בשנים הקודמות היה ערך המדד גבוה ביותר באתר IUI-5 אשר בו הכמות הגדולה ביותר של מושבות קטנות, אשר בהן לא צפויה תמותה חלקית. באתר קצא"א-20 צפיפות גדולה יותר של מושבות בינוניות ומעלה, לכן צפוי היה ערך נמוך יותר של אחוזי הרקמה החיה. יחד עם זאת, נראית השנה ירידה בצפיפות כל המושבות באתר קצא"א-20, ויתכן כי תמותת מושבות פגועות גרמה לערך הגבוה במדד הרקמה החיה.

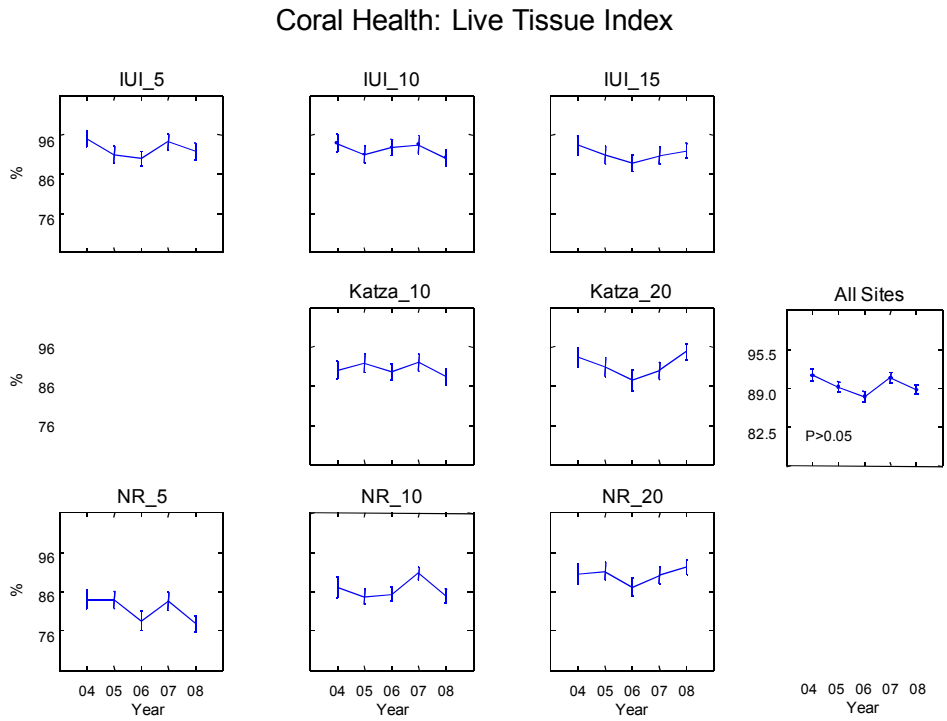
בכל האתרים העמוקים, ורק באתרים העמוקים (NR-20, קצא"א-IUI 20, IUI-15) נמצאה השנה עלייה בערכי מדד הרקמה החיה בהשוואה לשנים הקודמות. בשאר האתרים נרשמה ירידה בערכי המדד יחסית לערכים הגבוהים של שנת 2007.

בשנים 6-2004 נצפתה ירידה מתמשכת במדד הרקמה החיה, ואילו ב-2007 נמדדו ערכים גבוהים באופן משמעותי. השנה חזרה הירידה בערך המדד, אולם ערכו עדיין גבוה מנקודת המינימום ב-2006. נראה כי ההתאוששות בשנת 2007 הייתה זמנית, והשנים הבאות ילמדו האם מגמת ההידרדרות נמשכת או שמא יש כאן תנודות סביב ערך יציב למדי. עקב הירידה המחודשת בערך מדד הרקמה החיה באלמוגים, ההבדלים בין השנים באחוז החיות של אלמוגים אינם מובהקים (איור ב14).



איור ב13: מדד אחוז החיות 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.



איור ב14: השינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות של אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2008.

Figure B14: Changes in the state of coral colonies over time according to the average % of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2008.

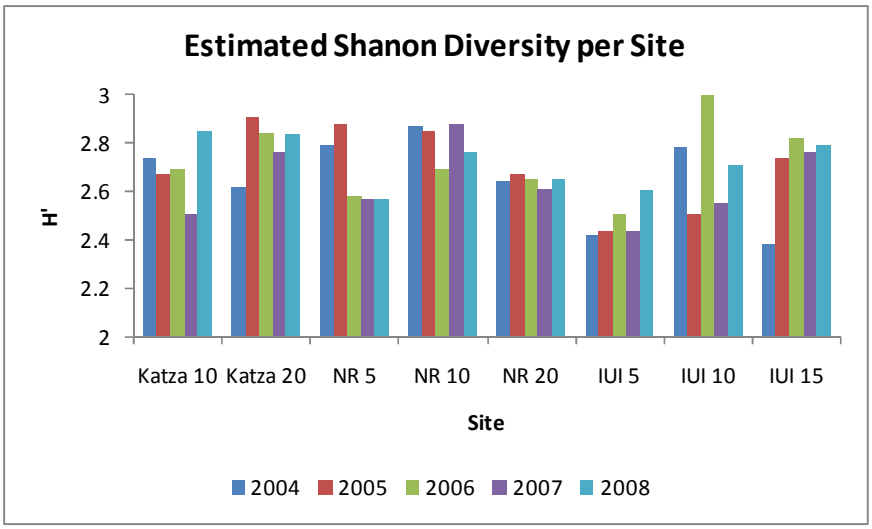
<u>מגוון מינים</u>

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.

השינויים בין השנים במגוון המינים המוערך על פי מדד Shanon-Wiener אינם מצביעים על קיומה של מגמה כלשהי. יחד עם זאת ברב האתרים נרשמה השנה עלייה קלה בערך המדד. יוצאים מן הכלל האתרים 5-NR ו-10-NR בו לא נמצא שינוי המראה ירידה יחסית לשנת 2007.

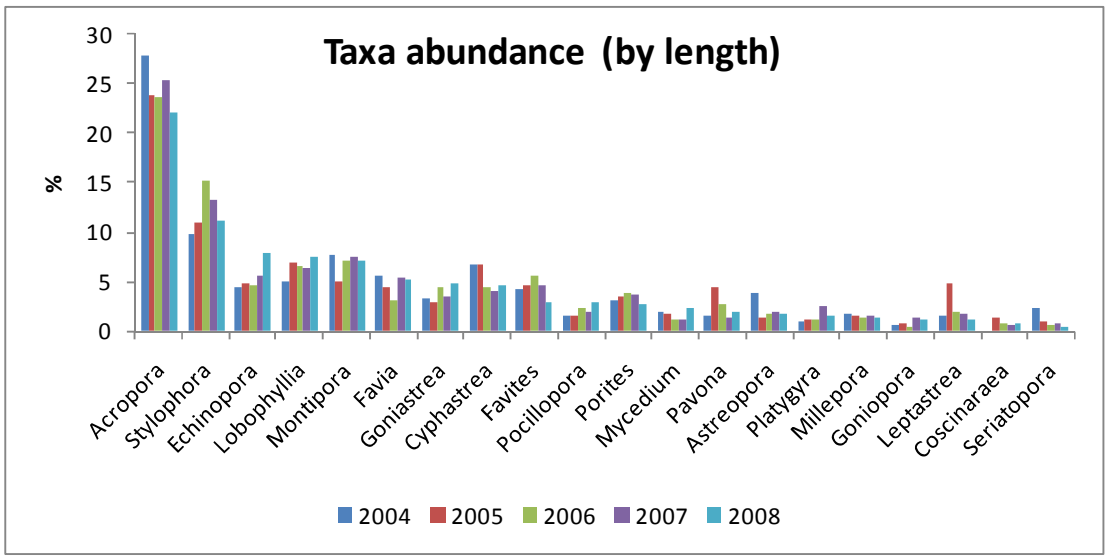
השנה נמצא המגוון הנמוך ביותר באתר 5-NR (2.57) והמגוון הגבוה ביותר חושב עבור 10-KATZA (2.85).



איור ב15: מגוון המינים והסוגים הממוצע של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shannon-Wiener, כפי שהוערכו עבור כל אתר על ידיד תכנת EstimateS (Colwell, 2005; http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS).

Figure B15: The Shanon-Wiener diversity index of coral genera and species in the surveyed sites estimated by the EstimateS software (Colwell, 2005 ; http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS).

עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב16 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2008. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (כ-22% השנה, לעומת 25% בשנת 2007), 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 2008 מהווים כ-93% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל האלמוגים באילת. 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 2004-2008, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2008.

Figure B16: The twenty most abundant coral genera in the reefs of Eilat (according to their cumulative measured length in the line transects of 2004) in the years 2004-2008, arranged according to their abundance in 2008.

	IUI-5	IUI-10	IUI-15	Katza-10	Katza-20	NR-5	NR-10	NR-20	Eilat (all sites)
Acropora	2.2	3.4	4.0	7.1	4.3	6.8	4.3	6.0	4.9
Stylophora	4.3	3.4	3.5	1.2	2.8	2.6	1.3	0.9	2.5
Echinopora	0.2	0.6	0.2	1.1	1.3	9.9	0.3	1.0	1.7
Lobophyllia	0.1	0.0	0.0	0.3	0.4	12.9	0.2	0.5	1.7
Montipora	0.1	1.2	1.2	1.4	2.6	1.6	0.6	3.7	1.6
Favia	1.7	1.3	1.0	0.7	0.6	0.2	0.9	2.5	1.1
Goniastrea	1.1	0.4	0.4	0.8	0.5	4.2	0.9	0.5	1.1
Cyphastrea	1.7	1.0	0.9	0.7	1.3	0.6	0.6	1.2	1.0
Favites	1.0	0.9	0.3	0.6	0.8	0.1	0.6	0.8	0.6
Pocillopora	0.9	1.7	0.8	0.5	0.0	0.6	0.3	0.4	0.6
Porites	0.1	0.3	0.3	0.4	0.8	0.6	0.2	1.9	0.6
Mycedium	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1	3.1	0.0	0.0	0.5
Pavona	0.0	0.2	0.2	0.7	1.6	0.1	0.1	0.3	0.4
Plesiastrea	0.4	0.3	0.1	0.5	0.4	0.6	0.5	0.3	0.4
Astreopora	0.1	0.0	0.5	0.4	0.3	0.0	0.4	1.2	0.4
Platygyra	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.8	0.2	0.5	0.3
Millepora	0.5	1.6	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3
Psammocora	0.0	0.2	0.0	0.3	0.9	0.2	0.1	0.5	0.3
Goniopora	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	0.5	0.0	0.1	0.3
Leptastrea	0.4	0.5	0.1	0.2	0.2	0.4	0.0	0.1	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.

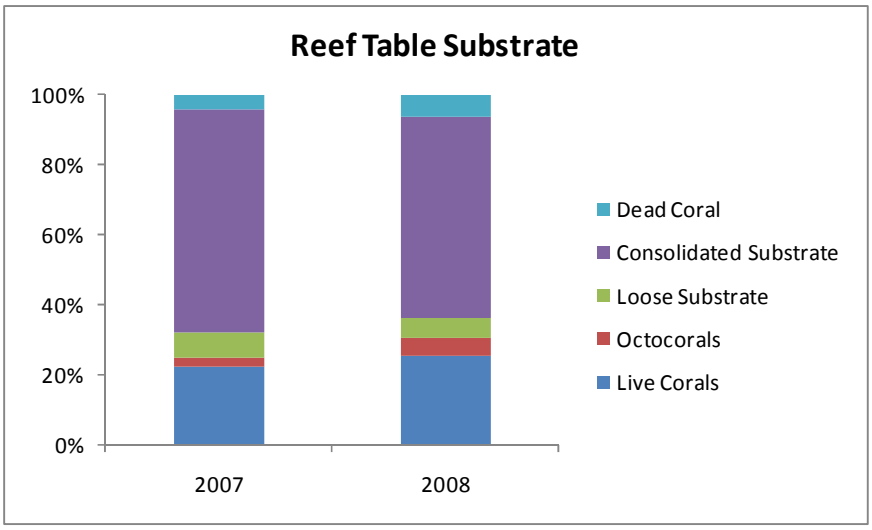
<u>שולחן השונית</u>

שולחן השונית נסקר בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, של שמורת חוף אלמוג. שולחן השונית הוא 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 ונסחפים בים וכלי

שיט, אם כי סגירת החלק 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 וכיוונן ("סערות" במפרץ לרוב מאופיינות ברוח חזקה מכיוון דרום) וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תצפיות הנוגעות לשולחן השונית. לאתר זה חשיבות גדולה בהיותו הנראה ביותר והנלמד ביותר בעבודות קודמות אשר סקרו את שונית האלמוגים באילת.

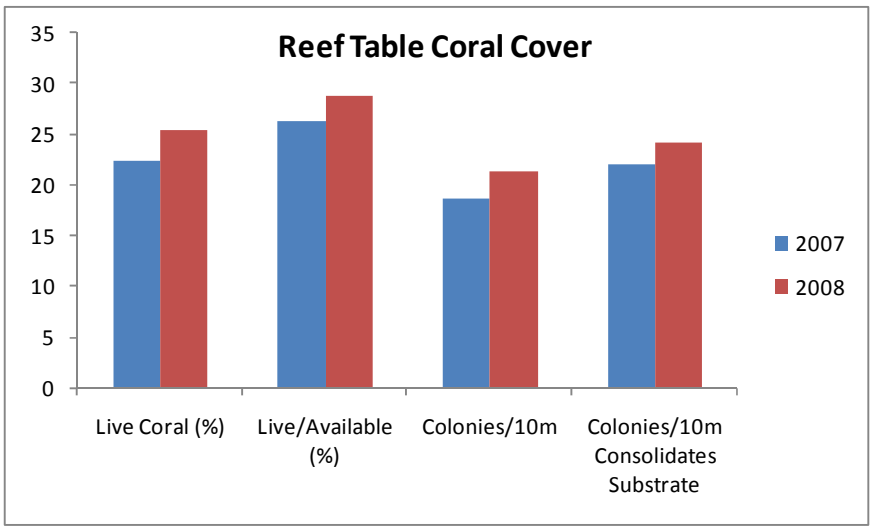
אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שונית מלוכד מהווה את רב שיטחו של שולחן השונית (איור ב17). בניגוד לאתרי קדמת השונית שם אחוז הסלע המלוכד החשוף נע בין 7% (10-NR) ל-38% (5-IUI) בשולחן השונית שטח הסלע המלוכד החשוף מהווה כ- 56% ואילו אחוז הקרקע הלא מלוכדת כמעט זניח (כ-6%). כתוצאה מכך ההבדל בין אחוז הכיסוי החי לאחוז הכיסוי מתוך סך המצע הקשה אינו גדול בשולחן השונית. השנה נמדדו ערכים גבוהים יותר של כיסוי וצפיפות אלמוגים ביחס לשנת 2007 (איור ב18). מגוון המינים לפי מדד Shanon-wiener כפי שמוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005) היה השנה 2.68, גבוה יותר מערך 2007 (2.53). מכיוון שזו השנה השנייה בלבד בה מבוצע סקר שולחן השונית אין להתייחס לנתונים אלה כמייצגים מגמה כלשהי.

ערך מדד המגוון בשולחן השונית דומה לערכים באתרי קדמת השונית, אולם בסך הכל נמצאו בשולחן השונית 23 סוגי אלמוגים, לעומת 42 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 הבדלים קיימים בנפיצות היחסית, למשל האלמוג מסוג *Platygyra* נמצא במקום השני באחוז הכיסוי בשולחן השונית ובמקום ה-16 באתרי קדמת השונית.



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 השונית בשנים 2007-2008.

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

Rank	Reef Front	Reef Table
1	*Acropora*	*Acropora*
2	*Stylophora*	*Platygyra*
3	*Echinopora*	*Stylophora*
4	*Lobophyllia*	*Echinopora*
5	*Montipora*	*Seriatopora*
6	*Favia*	*Favia*
7	*Goniastrea*	*Porites*
8	*Cyphastrea*	*Millepora*
9	*Favites*	*Favites*
10	*Pocillopora*	*Cyphastrea*
11	*Porites*	*Montipora*
12	*Mycedium*	*Acanthastrea*
13	*Pavona*	*Pocillopora*
14	*Plesiastrea*	*Cyphastrea*
15	*Astreopora*	*Hydnophora*
16	*Platygyra*	*Lobophyllia*
17	*Millepora*	*Goniastrea*
18	*Psammocora*	*Galxea*
19	*Goniopora*	*Leptastrea*
20	*Leptastrea*	*Agariciella*

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

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

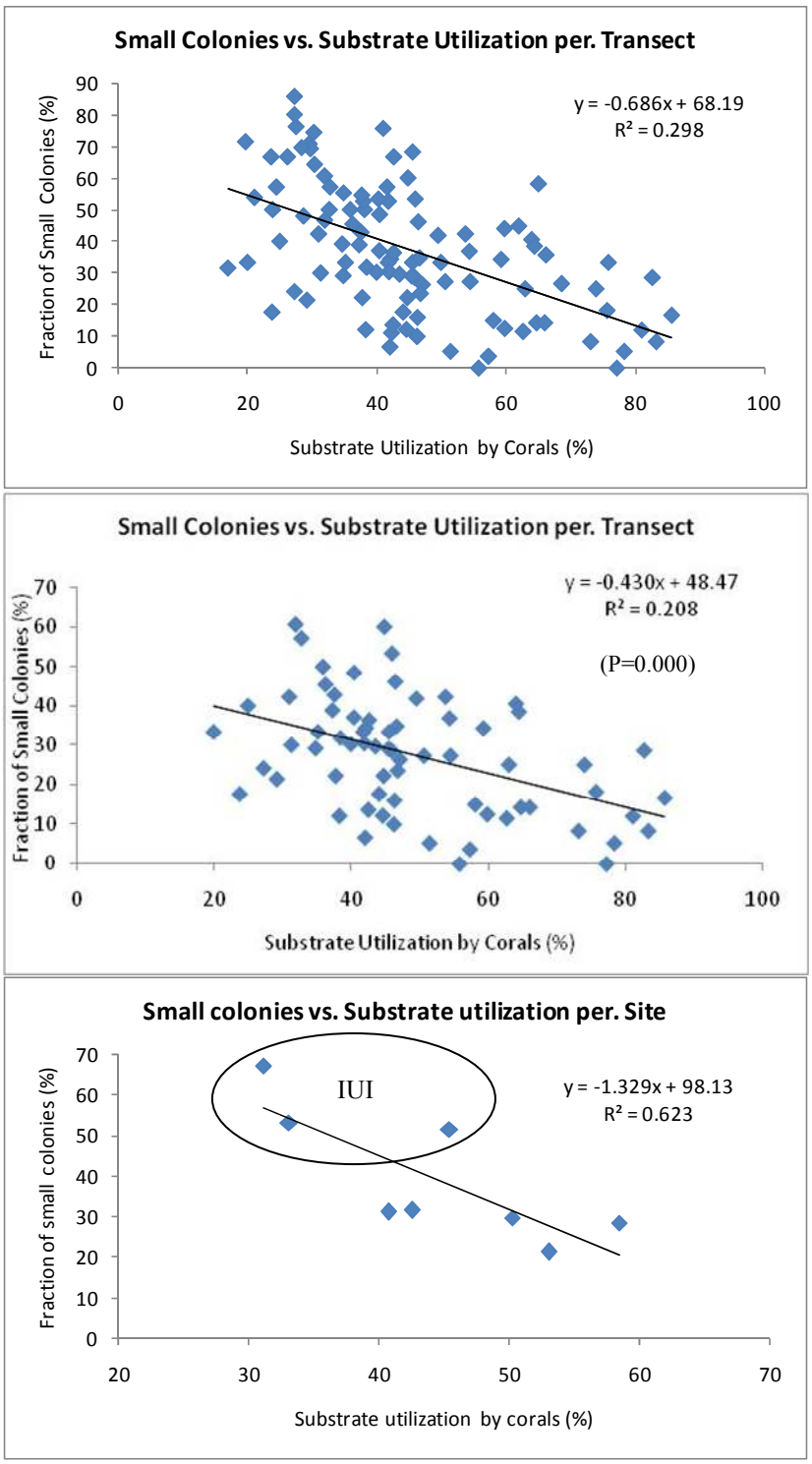
<u>דיון ומסקנות</u>

סקרי השונית בשיטת חתכי הקו בשונית מבוססים על אפיון סטטיסטי של משתנים אקולוגיים באתרים ובעומקים הנסקרים. האפיון הסטטיסטי 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. על כן ייתכן שפרק הזמן בו פועלת תכנית הניטור במתכונתה

הנוכחית (החל משנת 2004) הינו קצר מכדי לאבחן מגמות ארוכות טווח, באם קיימות. השונות הרבה בתוך האתרים וביניהם, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, עלולה למסך סטטיסטית את יכולתינו לאבחן מגמות קלות, לא קיצוניות. יחד עם זאת נתונים אלה יוצרים תמונה אקולוגית של השונית מדי שנה, והשוואת הנתונים בין השנים נועדה לאבחן ולהתריע על מצבי קיצון והתפתחויות מדאיגות, בפרט באתרים החורגים מהמגמה הכללית. עם הצטברות הנתונים משנה לשנה משתפרת יכולת האבחון הסטטיסטית.

- מגמת העלייה אשר נרשמה ברוב המדדים למצב השונית בשנת 2007 לא נמשכה השנה, אולם רוב מדדי הכיסוי נותרו גבוהים מאשר בשנים 2004-2006. גם השנה, בפעם השנייה ברציפות, היינו עדים לערבוב עמוק של עמודת המים (ערבוב מלא בתחנה B, 860 מטר, בחודש מרץ) וכתוצאה מכך לפריחת אצות על המדרונות. אולם השנה נדמה כי הפריחה הייתה פחות נרחבת ויותר קצרת מועד, וככל הנראה לא נודעו לה השפעות חמורות.
- שולחן השונית נסקר זו השנה השנייה. לאתר זה התייחסות נפרדת מאשר לשאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השונית, עקב אופיו השונה והמיוחד. הערכים שנמדדו השנה גבוהים מעט מערכי השנה שעברה. בהעדר מעקב ארוך יש להתייחס לשינוי זה בזהירות. ההבדלים הקטנים בין הערכים הנמדדים בשנים אלה מצביעים על כך שהסקרים מייצגים נכון את האתר.
- עבור רוב המדדים השנה הקודמת, 2007, הייתה שנת שיא והשנה נמדדו בדרך כלל ערכים נמוכים יותר. יחד עם זאת לאורך תקופת הניטור ניכרת יציבות ולא ניתן להצביע על שינויים קיצוניים או מגמתיים. אתרי המכון הבינאוניברסיטאי הרדודים, 5-IUI ו-10-IUI, הם האתרים בהם ניצול המצע הקשה על ידי אלמוגים הוא הנמוך ביותר. ניצול המצע הגבוה ביותר נמדד באתר השמורה 5-NR. בכל האתרים לבד מ- 20-NR נמדדו השנה ניצול מצע נמוך בהשוואה לשנת 2007, אולם ניצול המצע עדיין גבוה בדרך כלל מערכי 2004-2006.
- מדד הרקמה החיה במושבות אלמוגים כסמן לבריאות אלמוגים חזר השנה לרדת, ובאתרים רבים נמדדו ערכים דומים לערכי 2006.
- היחס בין ניצול המצע הזמין ובין אחוז המושבות הקטנות מלמד כי במקום בו מושבות קטנות הן הגודל השלט, יעילות ניצול המצע נמוכה (איור ב19). הקשר בין אחוז גבוה של מושבות קטנות וניצול נמוך של המצע הקשה מובהק גם ללא אתרי המכון הבינאוניברסיטאי (IUI) בהם קשר זה בולט במיוחד. תצפית זו מובילה למסקנה ששוניות אילת אינן מוגבלות על ידי התחדשות מאגר האלמוגים ו/או מקום זמין להתיישבות הפגיות, אלא על ידי הצלחת ההתפתחות והשרידות של מושבות שהתיישבו וגידולן מעבר לסנטימטרים ספורים (= שנים בודדות). בהתחשב בכך שסקרי חתכי הקו מוטים כנגד מושבות קטנות (ראו דיון בפסקה העוסקת בגודל מושבות) ניתן לומר בוודאות שחלקן של המושבות הקטנות באילת גדול עוד יותר. ישנו מאגר גדול של אלמוגים מתיישבים צעירים אשר אינם מצליחים לגדול ולהתפתח לאורך זמן, בפרט באתרי המכון הבינאוניברסיטאי. זהו הגורם המגביל את התפתחות השוניות באילת. מסקנה זו עלתה גם בשנים הקודמות והיא נתמכת על ידי מדידות אחוזי הכיסוי וצפיפות המושבות.



איור ב19: אחוז מושבות האלמוגים הקטנים מסך כל מושבות האלמוגים כנגד אחוזי הניצול של מצע קשה המתאים להתיישבות אלמוגים (אחוז הכיסוי החי/אחוז המצע הקשה). למעלה - בכל יחידת מדידה (קו בן עשרה מטרים), באמצע – ללא המדידות מאתרי המכון הבינאוניברסיטאי (הקשר מובהק), למטה -ממוצע לכל אתר.

Figure B19: The percent fraction of small coral colonies versus the fraction of available substrate that is utilized by corals (% live cover/% consolidated substrate). Top – for each 10m transect; middle – excluding the IUI sites (significant correlation); bottom – average values for each site.

ב.2. צילום אתרים קבועים

<u>מטרה</u>

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

<u>שיטות</u>

צילום חוזר של שטחי שונית קבועים באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב20). בכל אתר חוברה לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השונית 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 השונית 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. בניתוח הנתונים 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 ויחודיים בשיטה זו אשר מהווים חוליה משלימה חשובה בניטור מצב השוניות.

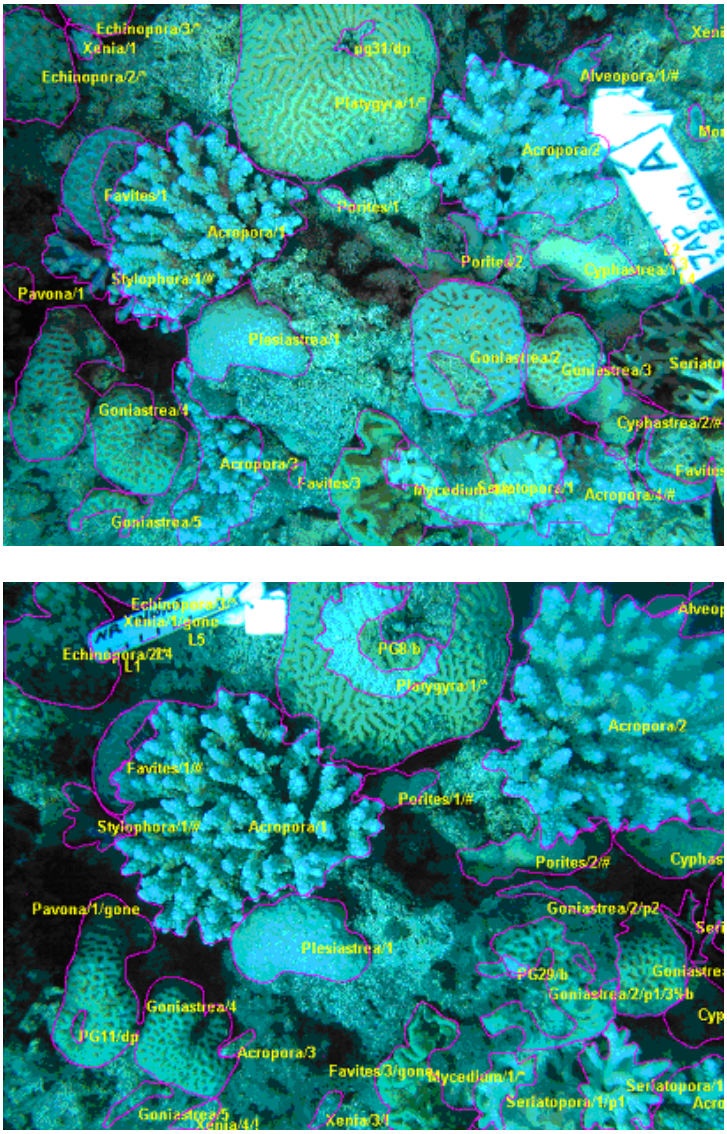
שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח: $1cm^2$=2kp=2,000pixels. שינויים בשטח ניתנים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות.

להבדיל מחתכי הקו אשר משווים אפיון סטטיסטי של אתר, בסקר המצולם ישנה השוואה נקודתית של התפתחות אותן מושבות בדיוק משנה לשנה. <u>אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים.</u> כוחו של הסקר המצולם, המסתמך על ניתוח של עשרות ריבועים ב-6 אתרים בין החוף הצפוני לטאבה, הוא במתן אמדן 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 1 *Platygyra* (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המענף 1,2 *Acropora* (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 2008 נותחו 124 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות. בסך הכל נספרו 2297 מושבות מכל הסוגים ונמדד שטחם של 1549 אלמוגים לצורך השוואת שטחים בין השנים. סיכום נתוני הצילומים מופיע בטבלה ב5.

בכל האתרים המצולמים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול מאד ביחס לאלמוגים מעונפים. המספר הגדול ביותר של מושבות נסקר בשמורת חוף אלמוג (583 מושבות). צפיפות מושבות גבוהה (של כ-25 אלמוגים בתמונה) נמדדה בקצא"א, בשמורת חוף אלמוג צפיפות המושבות הממוצעת למעלה מ-29 מושבות בתמונה, ובמעבדה הימית למעלה מ-25. בשאר האתרים הצפיפות הממוצעת נמוכה מ-20 מושבות בתמונה (בפרט ירידה בצפיפות המושבות בקצא"א) והצפיפות הנמוכה ביותר – כ-8 מושבות בתמונה – נמצאה באתר החוף הצפוני. צפיפות המושבות ממוצעת בכל התמונות הייתה 18.5.

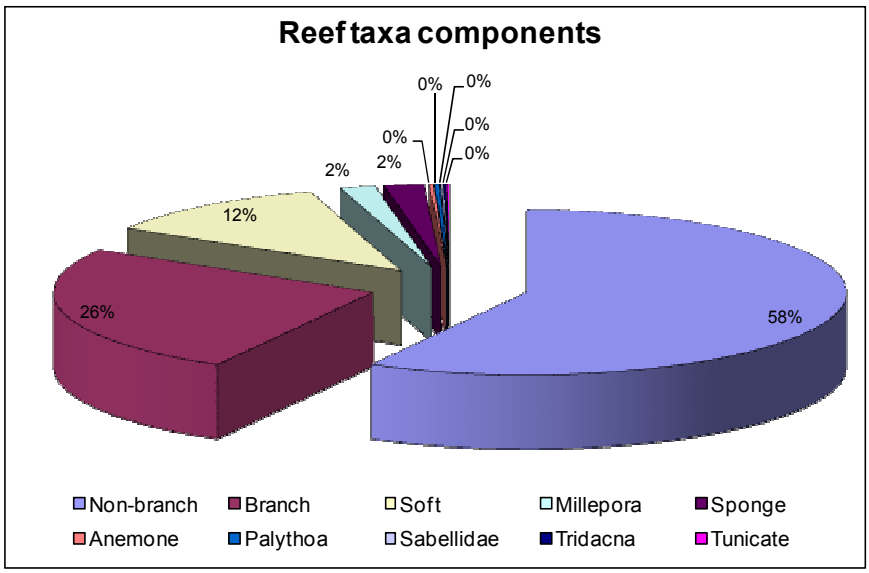
חברת השונית באתרים המצולמים מורכבת בעיקר מאלמוגי אבן (סה"כ כ- 84%, 58% אלמוגים לא מעונפים ו-26% אלמוגים מעונפים), ואת רוב היתר (כ- 12%) מהווים אלמוגים רכים (איור ב22). יש לזכור, עם זאת, שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגים.

השטח החי הגדול ביותר נמצא בשמורת חוף אלמוג שם גם שטח האלמוגים המעונפים הגדול ביותר. המספר הגדול ביותר של מושבות אלמוגים מעונפים נמצא באתר קצא"א. גם שטחם של האלמוגים הלא-מעונפים גדול ביותר באתר השמורה, בניגוד לשנה הקודמת בה שטח הלא-מעונפים היה גדול ביותר בטאבה. כמו בשנה הקודמת גם השנה בכל האתרים היה השנה שטח האלמוגים הלא-מעונפים גדול משטח האלמוגים המעונפים, בדומה ליחס בכמות המושבות.

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	16	13(10)	349	96(71)	3,772	127(88)	5,104
Dekel	20	48(19)	2,201	136(72)	4,246	237(123)	7,336
Katza	28	109(56)	4,301	289(198)	7,749	478(311)	14,773
NR	20	95(64)	6,151	338(241)	10,668	583(415)	22,487
IUI	20	48(24)	2,651	346(276)	6,097	517(406)	9,380
Taba	20	41(12)	2,292	247(146)	8,311	355(206)	11,801
Total	**124**	**354(185)**	**17,944**	**1452(1004)**	**40,843**	**2297(1549)**	**70,881**

טבלה ב5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2008. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההיטל המצולם שלה. נתוני שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שניתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיול הצילומים לשטח "אמיתי". מחוץ לסוגריים מספר המושבות הכללי ו בסוגריים מספר המושבות ששטחן נמדד.

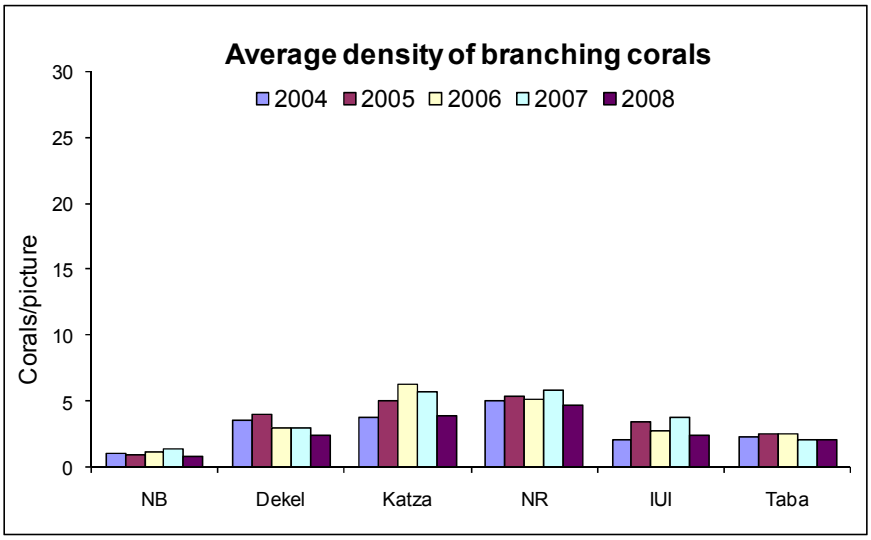
Table B5: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2008 photo-survey session. The "area" of a colony is its pictured area. Areas are given in pixels to allow for iner-annual comparisons and to avoid inaccuracies of calibration attempts to "real surface area". The number of colonies refers to the total number of colonies observed and the number of colonies for which area data is considered given in brackets.

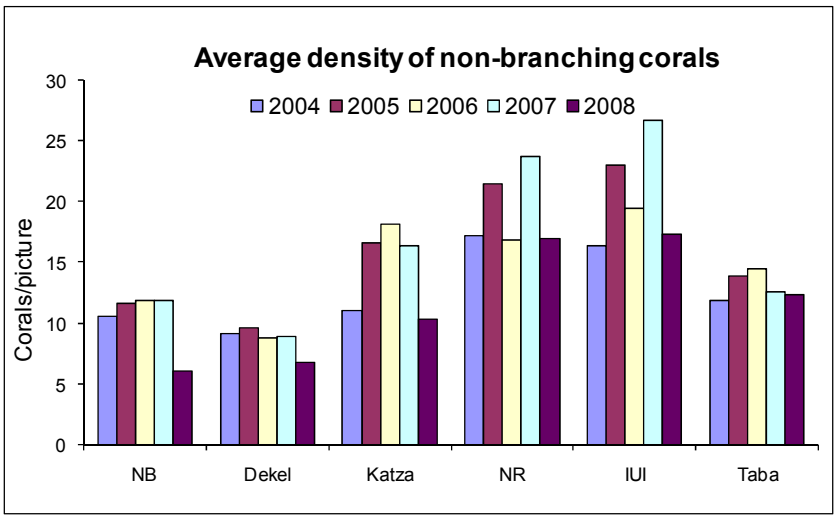


איור ב22: התפלגות הקבוצות המרכיבות את חברת השונית באתרים המצולמים בשנת 2008, על פי אחוז השטח היחסי אותו הם תופסים.

Figure B22: Distribution of the taxa comprising reefs at the permanent photo-sites in 2008, according to the relative (percent) area which they occupy.

בכל האתרים המצולמים צפיפות מושבות אלמוגי האבן המעונפים לא השתנתה כמעט מאז שנת 2004. בצפיפות האלמוגים הלא-מעונפים ישנם שינויים מעט גדולים יותר בין השנים, אך ההבדל נעוץ, כנראה, במספרם הגדול יותר. בכל האתרים נמצאה השנה צפיפות מושבות נמוכה מאשר בכל השנים הקודמות (איור ב23). צפיפות אלמוגי האבן נמוכה ביותר באתרים הצפוניים (החוף הצפוני וחוף הדקל), אולם השנה נכרה גם ירידה בצפיפות המושבות בקצא"א, שהיה בעבר אתר בעל צפיפות מושבות גבוהה.

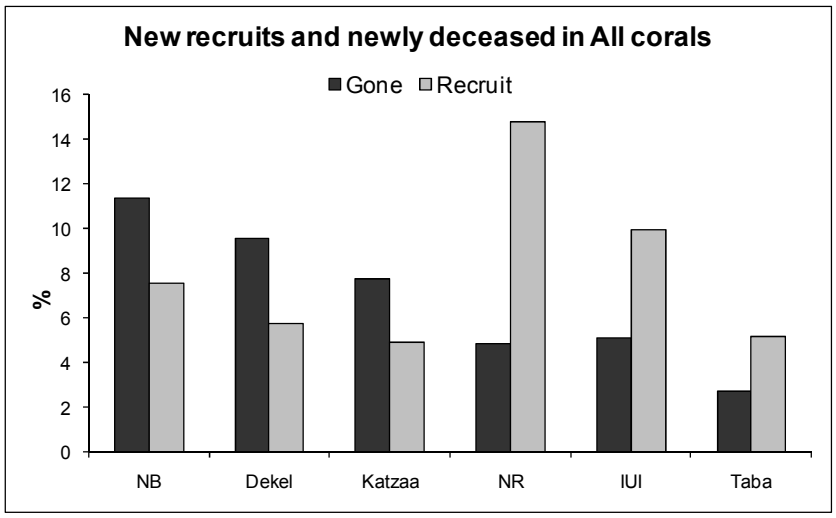


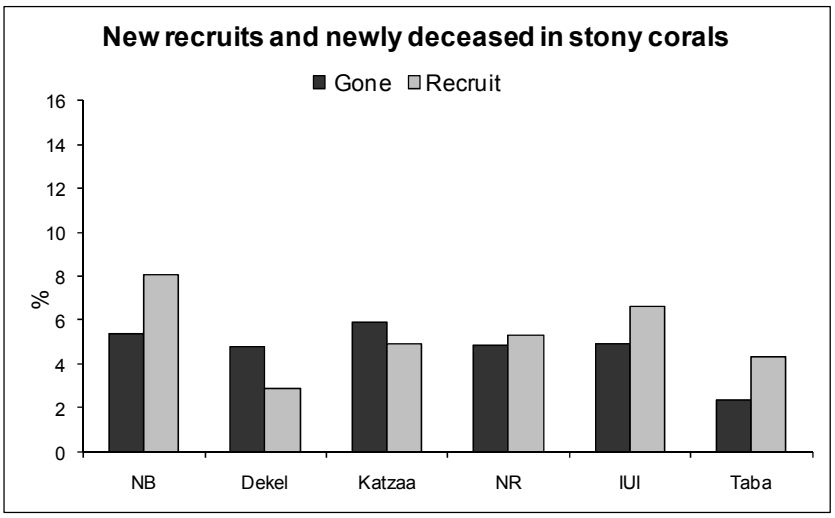


איור ב23: הצפיפות הממוצעת (מספר מושבות בתמונה) של מושבות אלמוגים מעונפים (למעלה) ולא-מעונפים (למטה) מאז שנת 2004 באתרי הסקר המצולם.

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

באתרים הדרומיים, השמורה, המעבדה הימית וטאבה נמצא עודף התיישבות על תמותה באלמוגים מכל הסוגים (איור ב24). לעומת זאת, בחוף הצפוני, בדקל, ובקצא"א נמצא עודף תמותה על התיישבות. באשר למאזן תמותה\התיישבות באלמוגי אבן, גם בחוף הצפוני נמצא עודף התיישבות על תמותה, ורק באתרי הדקל וקצא""א המאזן השנה שלילי.

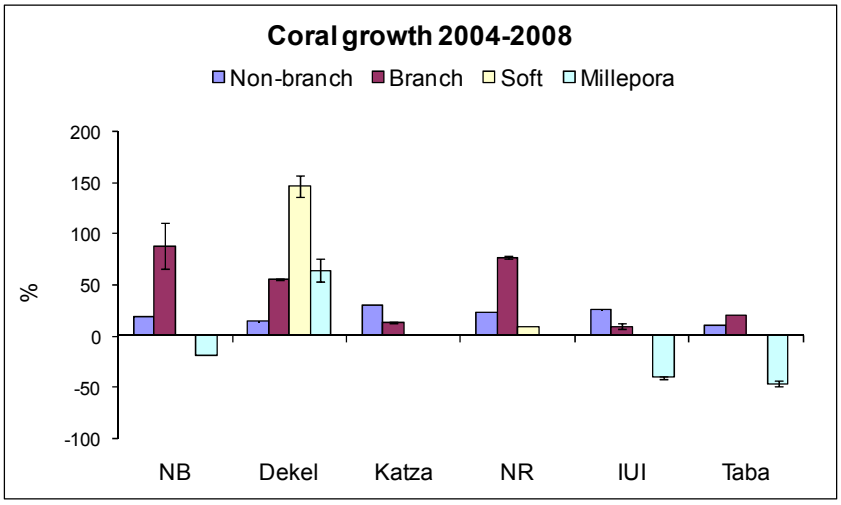




איור ב24: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2008. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר.

Figure B24: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the phot-survey sites in 2008. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.

גידול 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 גדלה מאד באתר חוף הדקל (איור ב25). בשנים הקודמות (2006-7) נרשם גידול דומה גם באתרי השמורה, בחוף הצפוני ובטאבה. אלמוגי האבן המעונפים מראים השנה גדילה בכל האתרים, בפרט בשמורה ובחוף הצפוני שם נמצא גידול של למעלה מ-50%. גם האלמוגים הלא-מעונפים גדלו השנה בכל האתרים, אם כי בשיעור קטן יותר. באתרים בהם נמצאה גדילה בשנה הקודמת (2007) הייתה זו, לרוב, גדולה מאשר הגידול של השנה.

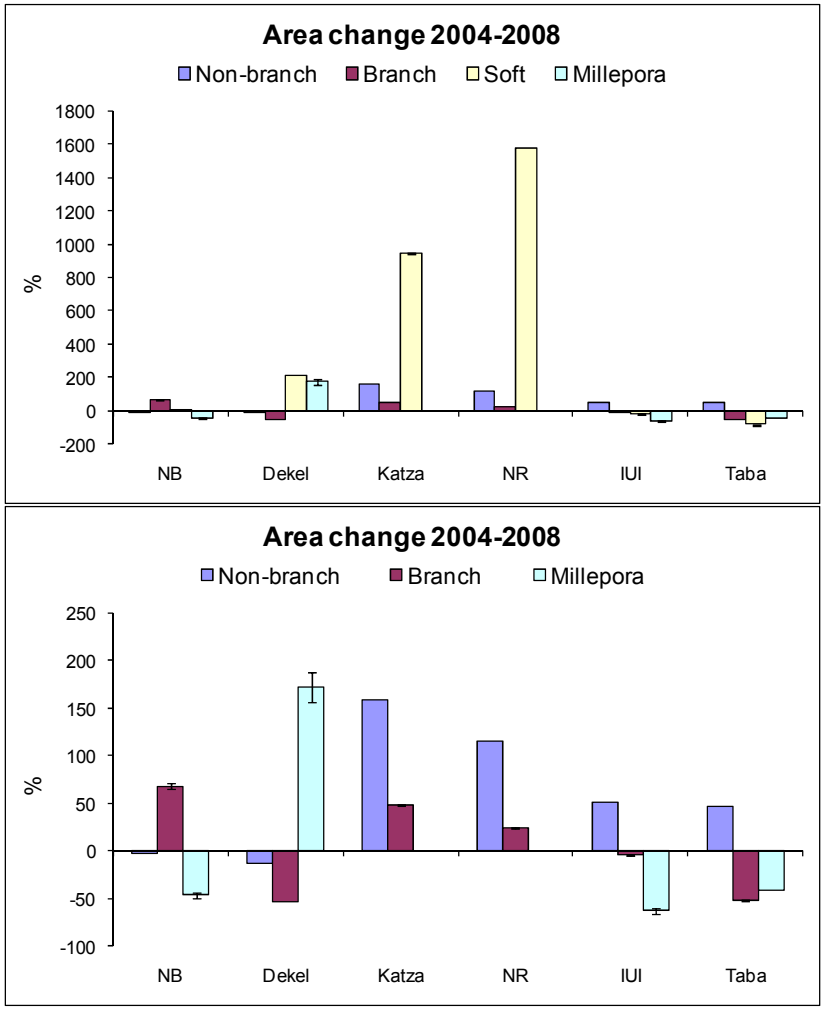


איור ב25: סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות מאז 2004 באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2004 ו-2008, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים.

Figure B25: Growth of corals between 2004 and 2008 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.

הבדלים בגדלי המושבות המתות והמתיישבות גורמים לכך שלא תמיד תואם השינוי במספר המושבות לשינוי בסך שטח האלמוגים. תמותה עשויה לפגוע הן במושבות גדולות והן בקטנות, בעוד שהתיישבות מורכבת תמיד ממושבות קטנות. באיור ב26 ניתן סך השינוי בשטח האלמוגים (כולל תמותה והתיישבות) להלן "השינוי בשטח" בכל סוגי המושבות מאז 2004. השינוי בשטח חושב על ידי חיסור סך השטח הנמדד בתמונות 2008 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.

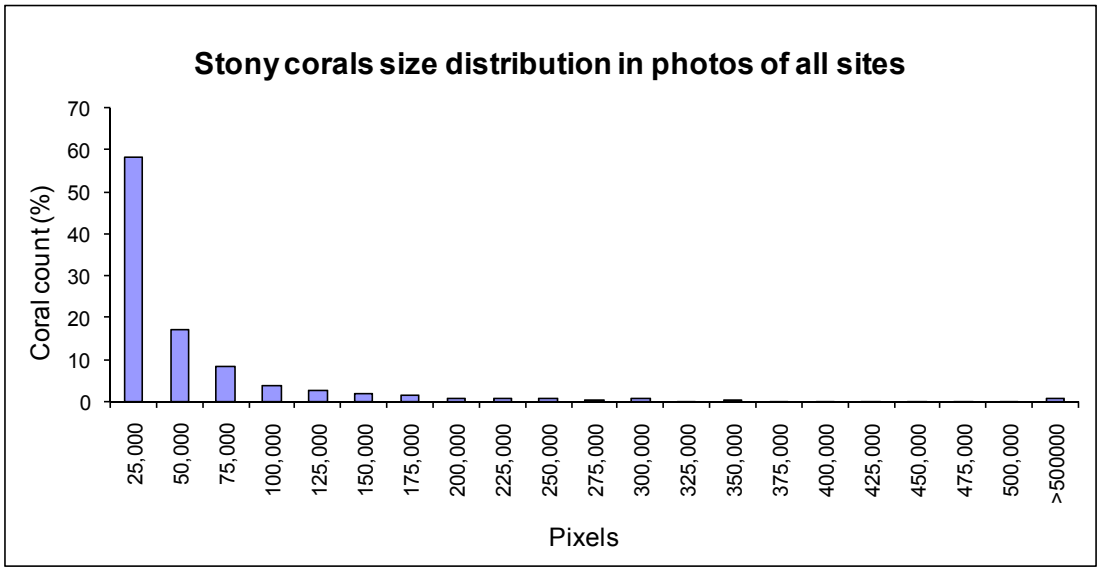
השינויים בשטח האלמוגים הרכים גדולים בסדר גודל מהשינויים בשאר קבוצות האלמוגים. הגידול המשמעותי בשטח האלמוגים הרכים הוא באתרי השמורה וקצא"א (איור ב26). באתר השמורה וקצא"א נמצא גידול בשטח אלמוגי האבן המעונפים והלא מעונפים, ובשאר האתרים נמצא גידול רק בקבוצה אחת. בחוף הצפוני הגידול הוא באלמוגים המעונפים ובשאר האתרים באלמוגים הלא-מעונפים.



איור ב26: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים בין השנים בכל תמונה חלקי שטח האלמוגים מאותה תמונה בשנה הראשונה וניתן באחוזים. למעלה: כל קבוצות האלמוגים, למטה: ללא האלמוגים הרכים.

Figure B26: The average change in live cover for each site. Area changes are the difference in colony area between colonies of both photos normalized by the colony area of the earlier photo and given as percent change. Top: all coral groups, bottom: not including soft corals.

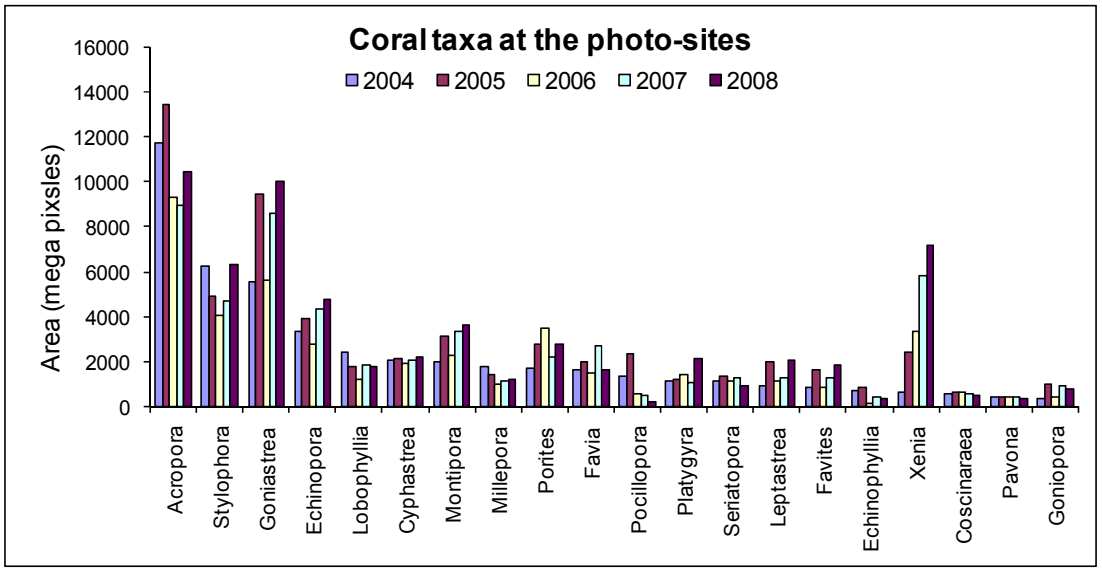
התפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים השנה דומה לזו של השנים הקודמות. כמעט שישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר (איור ב27) ולמעלה מ- 80% קטנים מכ-40 סמ"ר (קוטר של כ-8 ס"מ). המושבות הקטנות פגיעות יחסית ורוב תמותת האלמוגים מתרחשת באוכלוסיה זו.



איור ב27: התפלגות גדלי האלמוגים (שטח מושבות) באחוזים מכלל מושבות אלמוגי האבן החיות אשר שטחן ניתן למדידה באתרים המצולמים ב-2008.

Figure B27: Size distribution (percentage of colonies for each size group- photographed colony area) of stony corals pictured in 2008.

שטחם של אלמוגים רבים גדל השנה בהשוואה לשנים הקודמות. בפרט נכון הדבר לגבי ארבעה המינים הנפוצים ביותר באתרים המצולמים (איור ב28). האלמוג הרך *Xenia* אשר גדל מאד בשנה הקודמת הוסיף להתפרס על פני שטח גדול יותר השנה.



איור ב28: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום 2004-2008.

Figure B28: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2008 photo-surveys.

<u>סיכום</u>

גם השנה כמו בשנה הקודמת ניכרת במרבית האתרים צמיחת אלמוגים, ובכלל זה אלמוגי אבן, בהשוואה לשנת 2004. יחד עם זאת נמצאה בכל האתרים ירידה בצפיפות המושבות ובחלק מהאתרים נמצא עודף תמותה על התיישבות. שילוב זה מעיד על חשיבות שרידות וצמיחה של מושבות לקבלת שטח כיסוי גדול. נראה כי הירידה בצפיפות באה במקרים רבים עם עלייה בסך שטח האלמוגים עובדה הרומזת על תפישת שטח רב יותר על ידי מספר קטן יותר של מושבות – מושבות גדולות יותר הן המפתח לקבלת כיסוי חי רב יותר. גם באתר המעבדה הימית אשר הראה עד כה ירידה בשטח כל קבוצות האלמוגים מאז 2004, נמצאה השנה עלייה בשטח האלמוגים הלא-מעונפים.

בשונה מתוצאות חתכי הקו אשר הראו השנה יציבות בכיסוי האלמוגים ושיפעתם, ניתוח צילומי האתרים הקבועים הצביע על עודף מספרי של תמותה על התיישבות ברוב האתרים. יחד עם זאת, במרבית האתרים ניכרה צמיחה של אלמוגים – אם כי לא גדולה – מאז 2004. רק באתר המעבדה הימית, אשר בחתכי הקו מראה התאוששות הדרגתית, נצפתה בצילומים ירידה קלה בכיסוי של כל קבוצות האלמוגים מאז 2004.

השינויים בשטח וצפיפות אלמוגים בין השנים, התפלגות סוגי האלמוגים והשינויים בזמן הנמדדים באתרים המצולמים משקפים דינאמיקה יציבה של החברה ואינם מעידים על משבר חמור מחד או על פריחה יוצאת מן הכלל מאידך. ברב האתרים נמצא גידול בסך שטח האלמוגים כמו גם צמיחה של מושבות ספציפיות מאז 2004.

ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים

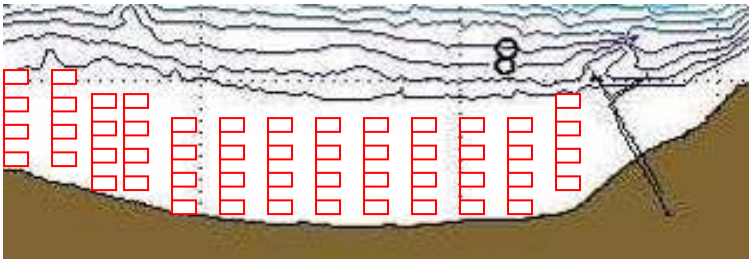
<u>מטרה</u>

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

<u>שיטות</u>

מרכיבי חברת השונית שנסקרו בלגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחצץ (=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 דיגום נספרו עד ששה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגב השונית או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב השונית. בסה"כ כלל הסקר 101 מטרים רבועים ב-17 קווי דיגום 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 ב29). 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 ב29: 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 דיגום). כל קו דיגום כלל בין 5 ל- 6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דיגום בשטח הלגונה (102 ריבועי דיגום).

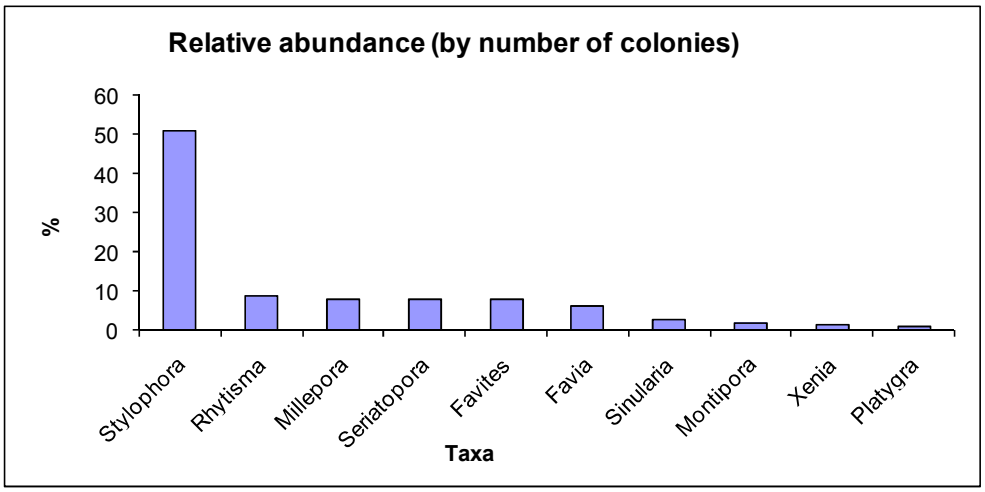
Figure B29: The sampling design in the lagoon. 1 m^2 quadrates (red circles) were placed 5 m apart along a measuring tape laid cross shore, 9 m from the "shore line" to the reef table. Each cross shore line included 5 or 6 quadrates (though in this figure only 4 are depicted). 17 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area (totaling 102 quadrates).

<u>תוצאות</u>

ב-101 הריבועים שנסקרו בלגונה נספרו סה"כ 322 מושבות אלמוגי אבן (בשנת 2007 נספרו 288 מושבות) מ- 13 סוגים, ו-51 מושבות אלמוגים רכים מ-6 סוגים. הצפיפות הממוצעת של אלמוגי אבן 3.18 מושבות למטר רבוע. מגוון המינים המחושב לפי מדד Shannon-Wiener הוא 1.63 (חישוב בעזרת תכנת EstimateS). המין הנפוץ ביותר בלגונה הוא האלמוג *Stylophora pistillata* המהווה 59% מכלל מושבות אלמוגי האבן שנספרו (190 מתוך 322). שכיחות עשרה סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-96% מכלל המושבות) נתונה באיור ב30, וצפיפותם נתונה בטבלה ב6.

צפיפות מושבות האלמוגים אשר נמדדה השנה בלגונה חזרה לערך דומה למדידות השנים הקודמות. בסך הכל השינויים בצפיפות המושבות משנה לשנה אינם מובהקים (איור ב31). האלמוג *Stylophora* נפוץ ביותר בלגונה ושכיחותו מכתיבה את השינויים בצפיפות סך המושבות בלגונה. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הרכב אוכלוסיית האלמוגים בלגונה בין השנים 2004-2008. מגוון המינים בלגונה נותר יציב ודומה לערך המחושב בשנה הקודמת (2007). נראה כי הערך הגבוה במיוחד בשנת 2006 נבע מרישום פרטים נדירים

בודדים שעלו במדגם באותה שנה (איור ב32).



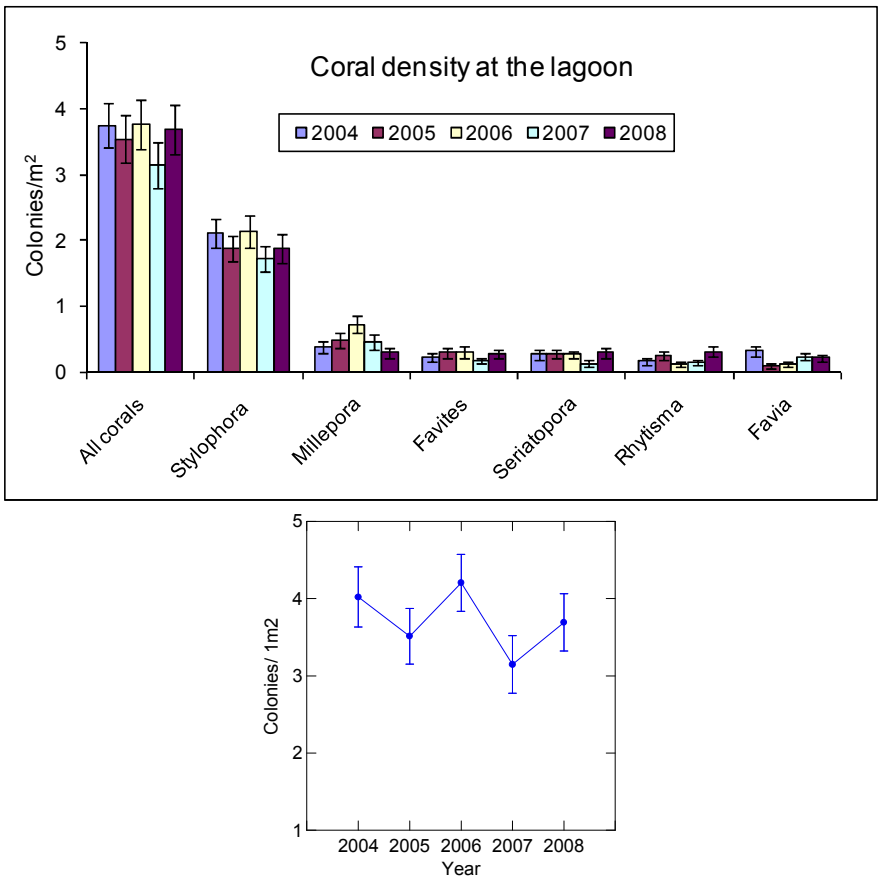
איור ב30: השכיחות היחסית (באחוזים) של סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה (מהווים 96%).

Figure B30: Relative abundance of the dominant coral genera in the lagoon (these total 96%).

Species	N	Relative abundance (%)	N/m2
Stylophora	190	50.9	1.9
Rhytisma	32	8.6	0.3
Millepora	30	8.0	0.3
Seriatopora	30	8.0	0.3
Favites	29	7.8	0.3
Favia	22	5.9	0.2
Sinularia	10	2.7	0.1
Montipora	7	1.9	0.1
Xenia	5	1.3	0.0
Platygra	4	1.1	0.0

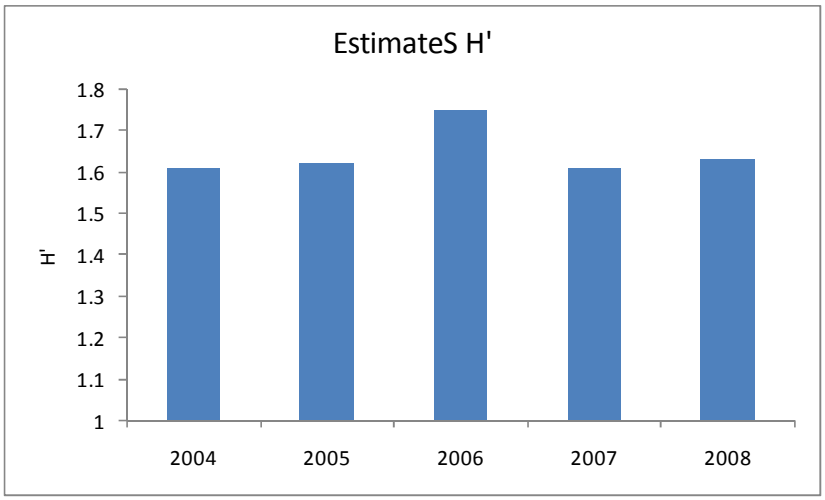
טבלה ב6: מספר המושבות וצפיפותן הממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של עשרה סוגי האלמוגים העקרים בלגונה.

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



איור ב31: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים העיקריים בלגונה בשנים 2004 – 2008. למעלה: לפי סוגי האלמוגים העקריים, 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.

<u>מסקנות</u>

הנתונים המצטברים בחמש השנים האחרונות מורים על יציבות חברת האלמוגים בלגונה. צפיפות המושבות דומה לאורך השנים על אף תנודות קלות, ומושפעת בעיקר משכיחות האלמוג העיקרי, *Stylophora*. המגוון לפי Shanon-Wiener המחושב על ידי תכנת EstimateS גם הוא יציב. בשנת 2006 נמצא מדד מגוון גבוה במיוחד אולם נראה כי בטווח הארוך מגוון האלמוגים בלגונה לא משתנה באופן משמעותי מאז 2004.

ב.4. דיגום חסרי חוליות

<u>מטרה</u>

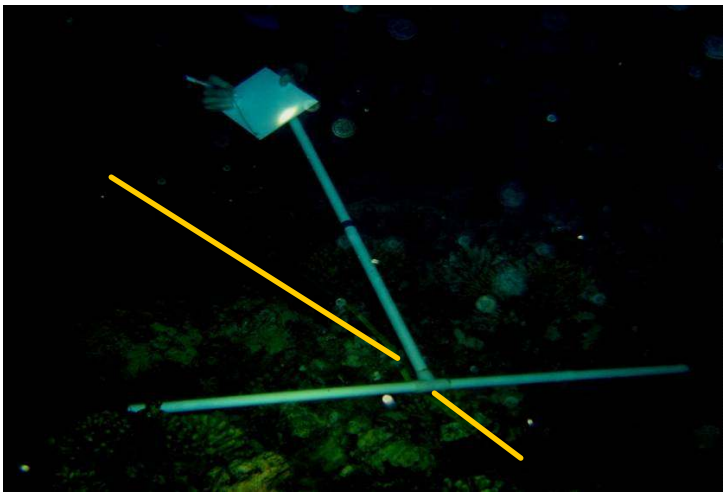
אמדן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

<u>שיטות</u>

סקר חסרי החוליות 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. מירב השטח באתר נסקר לאורך קו העומק המבוקש לקבלת ספירה מדויקת ככל האפשר, אולם אבדה יכולת ההערכה של פרמטרים סטטיסטים 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').

Figure B33: Belt-transect survey of motile invertebrates: a diver holding a T-shaped stick passes along a measuring 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.

<u>תוצאות</u>

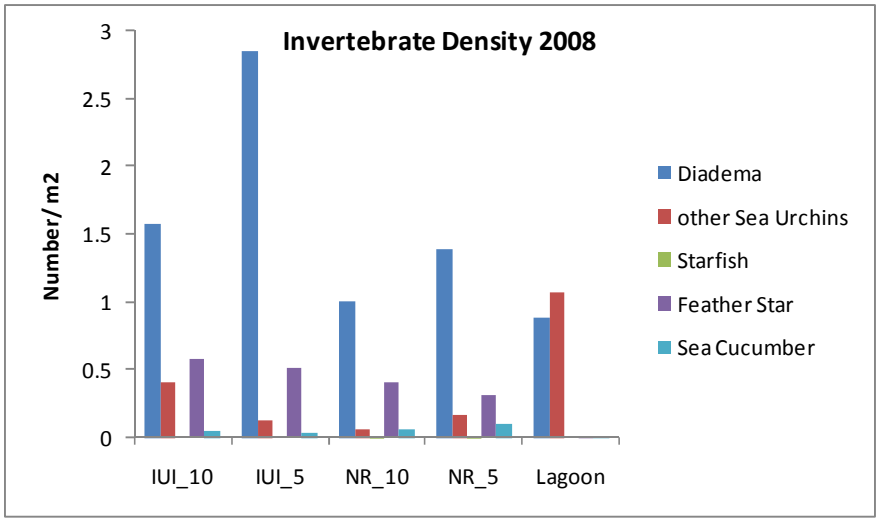
השנה נסקרו בסך הכל 1650 מטרים רבועים בכל האתרים. בנוסף לאתרים 5-IUI ו-10, ו-5-NR ו-10 נערך השנה סקר חסרי חוליות ניידים גם בלגונה של שמורת חוף אלמוג. התפלגות מספר הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה ב7.

	Lagoon		IUI-10		IUI-5		NR-10		NR-5	
	Density	**Total**	**Density**	**Total**	**Density**	**Total**	**Density**	**Total**	**Density**	**Total**
Diadema	0.89	357	1.58	396	2.86	571	1.01	405	1.39	555
other Urchins	1.08	431	0.41	102	0.14	27	0.06	24	0.17	67
all Urchins	1.97	788	1.99	498	2.99	598	1.07	429	1.56	622
Starfish	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	3
Feather Star	0.01	2	0.57	143	0.52	103	0.41	163	0.31	124
Sea Cucumber	0.02	7	0.05	13	0.04	7	0.07	27	0.11	45
m^2 Surveyed	250		200		400		400		400	

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

Table B7: Total abundance and average density (number per 1m^2) 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).

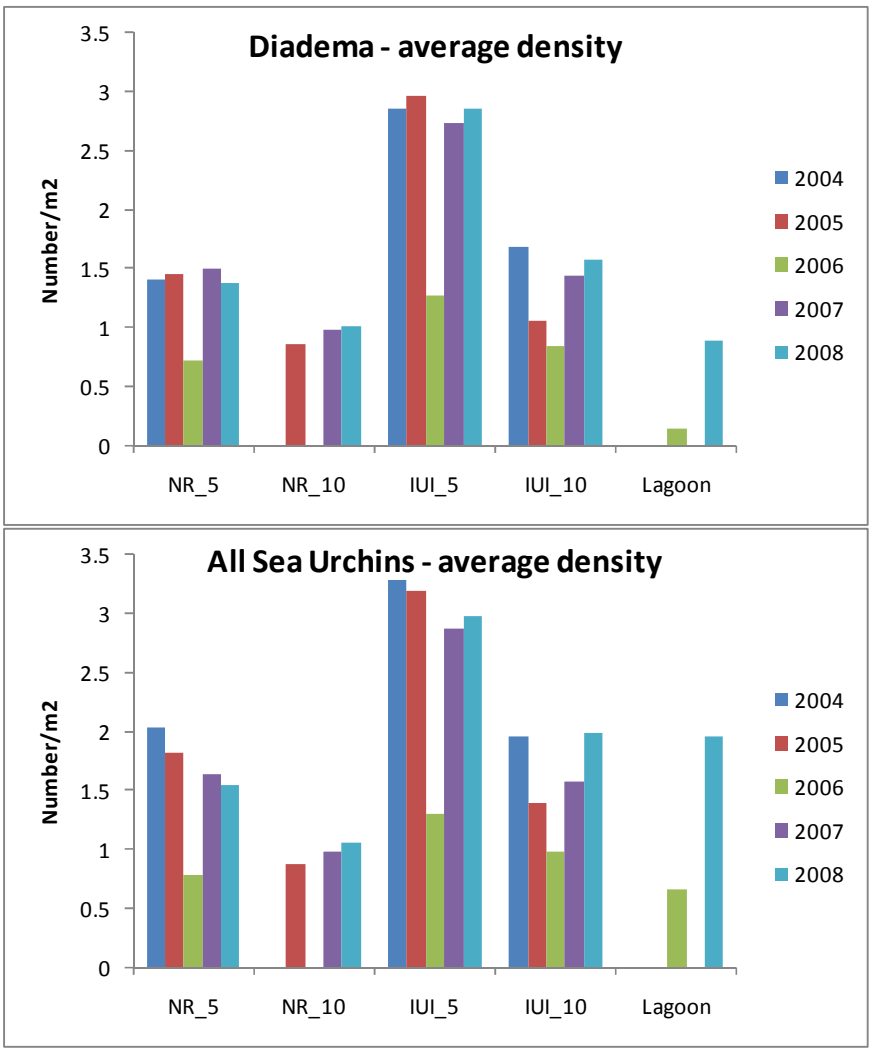


איור ב34: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים באתרי הניטור.

Figure B34: The average density (per m^2) mobile invertebrates at the sampling sites.

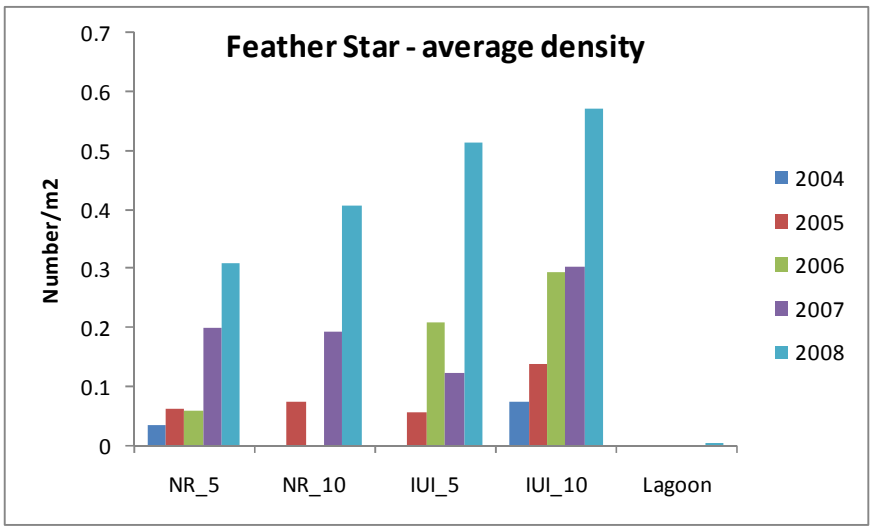
בדומה לשנים הקודמות, הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים נמצאה באתר IUI-5. מגמת העליה בצפיפות קיפודי הים אשר נראתה בשנה הקודמת (2007) נמשכת (לבד מבאתר NR-5) אם כי במידה פחותה (איור ב35). בחמש השנים בהן סקרה תכנית הניטור את שכיחות חסרי החוליות שנת 2006 הייתה שנה בעלת שכיחות נמוכה ביותר עבור כל הסוגים הנסקרים. יחד עם זאת, בשנים האחרונות נערכו שינויים בשיטת הסקר על מנת לאפשר כיסוי טוב יותר של השטח ועל כן הערכה סטטיסטית של ההבדלים בין השנים אינה אפשרית. שינוי שיטת הסקר התבקש עקב מספרם הנמוך של חסרי החוליות.

התאוששות חבצלות הים נמשכת גם השנה, ונראה כי צפיפותן עלתה במידה נכרת במשך השנים 2004-2008, ובפרט בשנת הניטור הזאת (איור ב36). צפיפות חבצלות הים בלגונה נמוכה בהשוואה לשאר 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 m^2) 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 m^2) of feather-stars at the sampling sites.

ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

<u>מטרה</u>

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

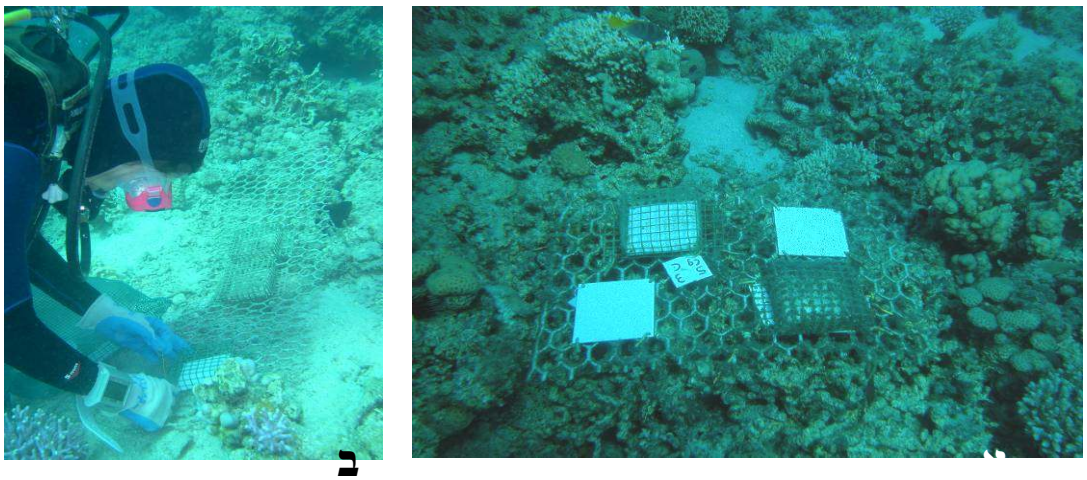
<u>שיטות</u>

ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון חוספס על מנת להקל על התיישבות 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 ב37). 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 הפוטוסינתטים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה- *chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

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

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).



ב

איור ב37: א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת.. צילום: ניצן שגב (ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

Figure B37: A) Algae settlement plates. Two plates in the array are exposed to grazing by

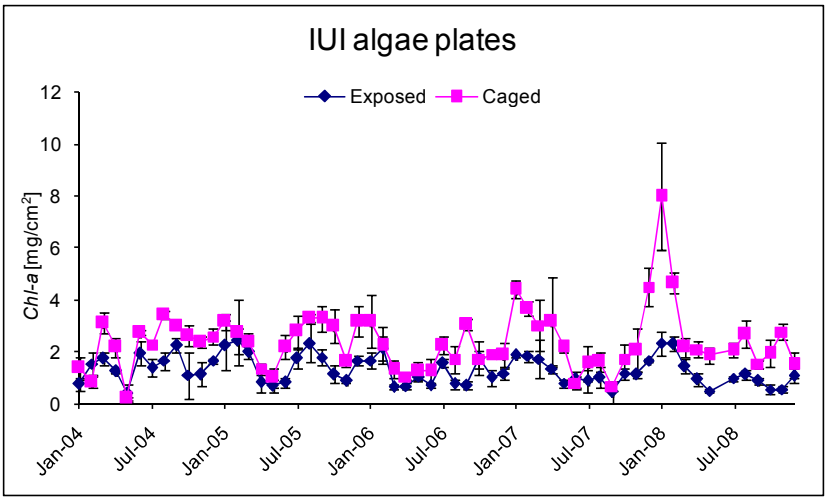
herbivores, and two are protected by a wire cage. Photo: Nitzan Segev (B) Every month divers replace the two settlement plates that have been in the sea for two months. Photo: Ruti Reef.

<u>תוצאות</u>

מערכי הלוחיות שהיו על חול (בפרט בלגונה) הוזזו השנה, והוצבו מחדש על גבי משטחי סלע על מנת למזער השפעות של תנועת החול. בשנים הקרובות ניתן יהיה לבחון קיומו של מחזור עונתי מסודר שיתבטא בריכוזי הכלורופיל על גבי הלוחיות ללא האפקט הממסך של שגיאות תקן גדולות כתוצאה מכיסויים של המערכים בחול.

הערכים המרביים (מקסימלים) של *chlorophyll-a* על הלוחיות מול המעבדה הימית היו השנה הגבוהים ביותר מאז 2004 (איור ב38), גבוהים אף מהריכוזים של השנה הקודמת אשר גם בה היה ערבוב עמוק של עמודת המים. בפרט נכון הדבר לגבי הלוחיות המוגנות מרעייה המייצגות את פוטנציאל הגידול. בחודשים דצמבר 07 – פברואר 08 היו ריכוזי הכלורופיל גבוהים מהריכוז המרבי שנמדד בינואר 2007 (mg/cm^2) 4.427) והגיעו לערך מרבי של $7.992\ mg/cm^2$ בחודש ינואר 2008. ערכים אלה מייצגים כנראה שיא של פריחת אצות ישיבות בעקבות ערבוב עמודת המים. יחד עם זאת, השנה, להבדיל מהשנה הקודמת, לא נצפתה פריחה מסיבית של אצות אשר כיסו את השונית והמדרונות במפרץ.

כמות האצות על גבי הלוחיות המוגנות מרעייה גדולה בהרבה (בפרט בחודשים של פריחה) מאשר בלוחיות החשופות, עדות לחשיבות הרבה של בעלי החיים הרועים בויסות כמות האצות צמודות המצע בשונית. על אף הפריחה החזקה הניכרת בריכוזי כלורופיל גבוהים במיוחד על גבי לוחיות מוגנות, ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות היו השנה גבוהים אך במעט מאלו שבשנה הקודמת ($2.356\ mg/cm^2$ ו- $1.873\ mg/cm^2$ בהתאמה). הדבר מעיד על כך שגם בשנה בה הערבוב העמוק גורם לפריחת אצות חזקה במיוחד מצליחים רועי השונית לווסת את כמות האצות.



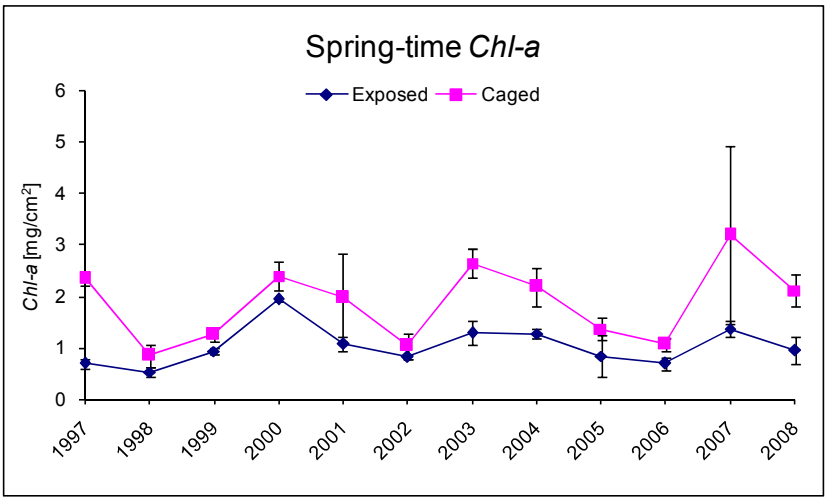
איור ב38: ממוצע כמות Chlorophyll *a* ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים מאז 2004. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

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).

מעקב רב-שנים אחר כמות הכלורופיל על גבי לוחיות ששהו במים משך חודשיים באביב (מרץ-אפריל) מלמד שישנם גם שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית בעונה נתונה (איור ב39). אך לא ניתן להבחין במחזוריות רב-שנתית מסודרת. העובדה כי באותה עונה בשנים עוקבות מתקבלים שינויים כה גדולים בכמות האצות מצביעה 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. בכלל זה גם השנה הנוכחית, 2008, אשר הריכוזים המרביים בה, בחודש ינואר היו גבוהים יותר.

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. ההבדלים בין הלוחיות החשופות והמוגנות בשנים בהן פוטנציאל האצות נמוך קטנים מאד, ועשויים להצביע על כך שכמות האצות היא גורם מגביל בגידול בע"ח רועים בשנים אלה.



איור ב39: 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.

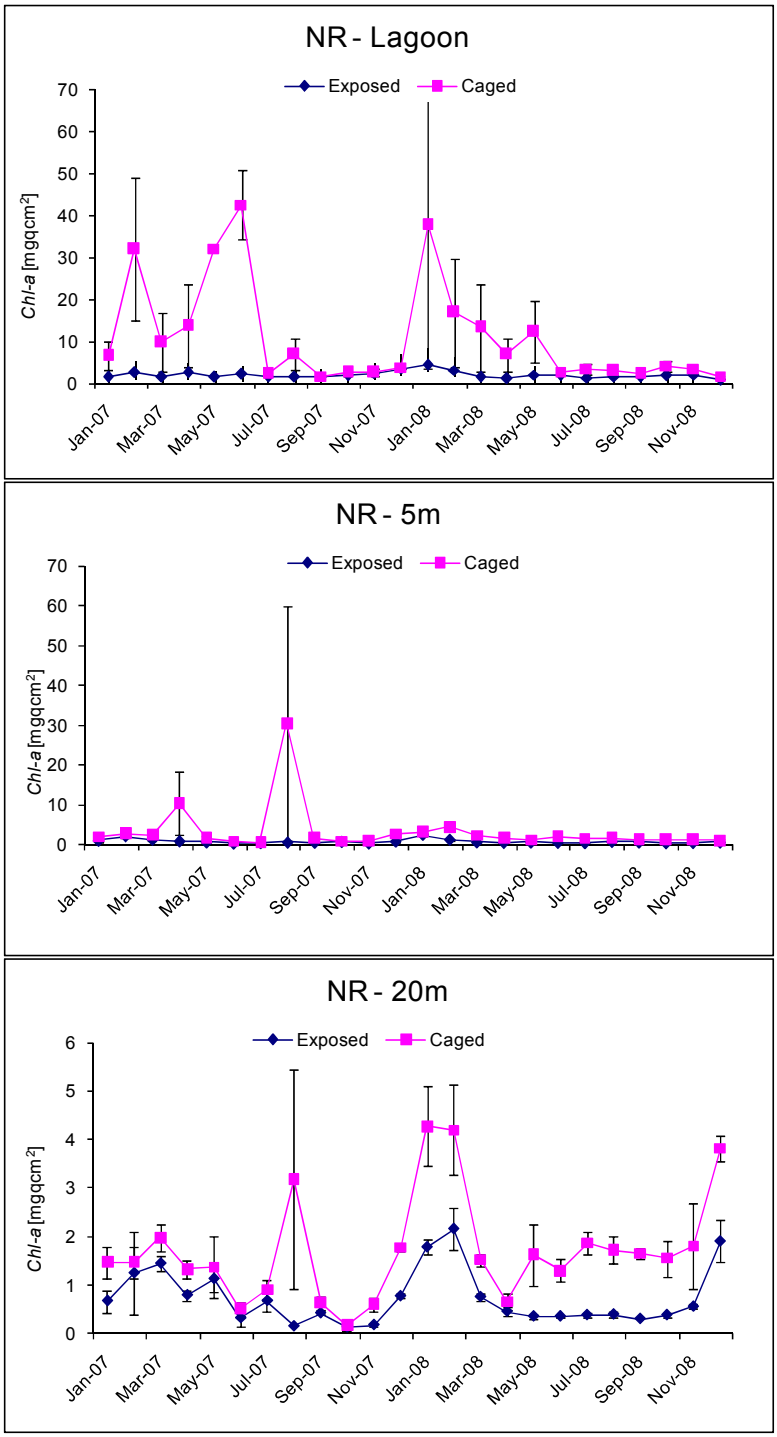
Figure B39: Average chlorophyll *a* during the months April-May on exposed and caged settlement plates since 1997. Each point is an average of three plates submerged in the sea for two months.

התיישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג נמדדה 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. ללא ספק פוטנציאל הגידול בלגונה עשוי להיות גבוה בסדר גודל מזה שבעומקים גדולים יותר. למרות זאת, נראה שעל גבי הלוחיות החשופות בלגונה ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן משמעותי מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרועים בלגונה מצליחה להתמודד גם עם פוטנציאל גבוה זה.

בעומק 5 מ' מוצבים כל מערכי הלוחיות על גבי סלע שונית המונע כיסוי 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. גם כאן 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 – לרוב נמצא פוטנציאל הגידול נמוך מ- $2mg/cm^2$ עם שיאים בעיקר בחורף (חודש אוגוסט 2007 יוצא מן הכלל בריכוז הכלורופיל הגבוה שנמדד בו). גם כאן פעילות הרועים מורידה את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, ובחודשי הקיץ ריכוז הכלורופיל עליהן נמוך מ- $1mg/cm^2$.

גם באתרי השמורה, בדומה לאתר המעבדה, נמצאה השנה תבנית בה עלו ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות ההתיישבות בחודשים דצמבר 07 – פברואר 08. בחודשים אלה גם עלה ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות מעבר לרקע הנמוך בו הוא שרוי בשאר החודשים.



איור 40: ממוצע כמות Chlorophyll *a* ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשמורת חוף אלמוג בשנים 2007-8. 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 in the years 2007-8. 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.

<u>דיון</u>

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. המחזור העונתי ניכר לרוב בפוטנציאל גידול גבוה בחודשי החורף (לעומת האביב בשנה הקודמת) אך גם בריכוזי כלורופיל גבוהים יחסית על לוחיות חשופות, עובדה העשויה להצביע על קצב גידול גדול יותר בעונה זו (אם כי לא ניתן לשלול הסברים אחרים הנוגעים לפעילותם של הרועים).

שנת 2008 אופיינה בערבוב עמוק ופריחת אצות ישיבות חזקה ומוקדמת מאשר בשנה הקודמת. על אף זאת, בשנה הקודמת, 2007, אובחנה פריחת אצות אינטנסיבית אשר כיסתה חלקים נרחבים מהמדרונות והשונית. השנה לא אובחנה פריחה בעוצמה דומה, אולם יש לזכור כי זוהי אבחנה תצפיתית ולא שיטתית ועל כן אולי אינה לגמרי מדוייקת.

ב.6. סקר דגי השונית

<u>מטרה</u>

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.

<u>שיטות</u>

דגי השונית נסקרו בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, "הגנים היפנים", באזור קדמת השונית בעומקים 8-5 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 מר 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 שוהה 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 הים. 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 הים ועד לפני המים, ופרק זמן של עשר דקות. עבור הדגים שוכני הקרקעית– בסיס יחידת הדיגום וכל מושבות האלמוגים המעונפים בתחומה.

קצוותיהם של שני סרטי מדידה מחוברים למוט באורך מטר קובעו לקרקעית הים (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 וממתינים 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.

<u>תוצאות</u>

סקר דגי השונית נמצא עדיין בשלב של פיתוח השיטה. השנה היא השנה השנייה בה מבוצע הסקר, וגודל המדגם השנה כמעט כפול מגודל המדגם בשנה הקודמת. כמות הנתונים גדולה בהתאם. יחד עם זאת, נמצא מקום להציג את תוצאות הסקר בכדי להתחיל לייצר בסיס אליו ניתן יהיה להשוות ממצאים בעתיד. גם במידה וישתנו שיטות הסקר או דרכי ההצגה, לדיווחים ראשוניים אלה תמצא חשיבות. למרות זאת, קשה לנתח ולהציג תוצאות של שתי שנים בלבד אשר גודל המדגם בהן שונה כל כך.

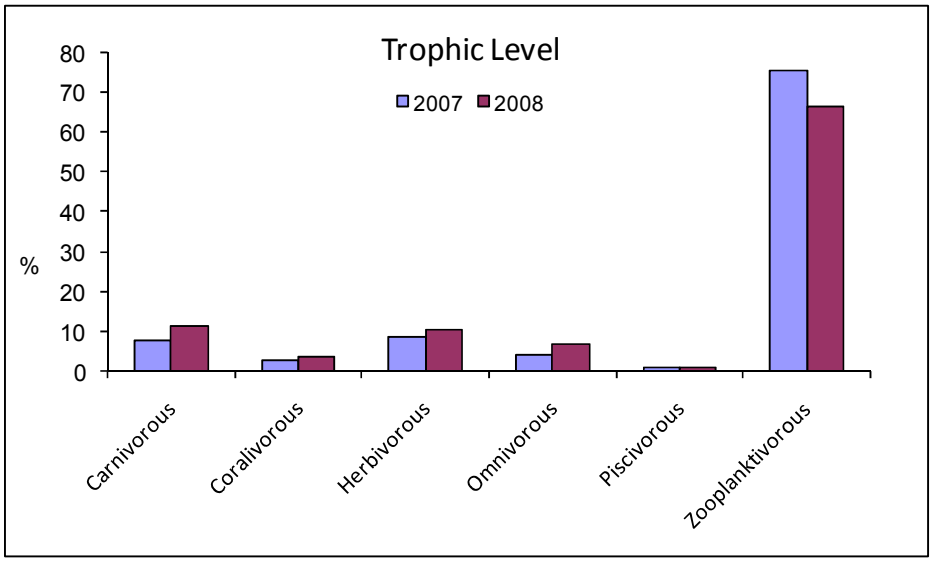
נדגמו 29 יחידות דיגום של 7X1 X (עומק המים) מטרים 10X דקות (עבור דגים פלגים). בסך הכל נספרו 3273 דגים (746 דגי עמודת המים ו- 2526 דגים שוכני קרקעית). 142 מושבות אלמוגים מאוכלסות ו- 183 מושבות אלמוגים לא-מאוכלסות נכללו בסקר.

התפלגות הפרטים לפי רמה טרופית נתונה באיור ב41, ורשימת הדגים שנצפו בסקר ושכיחותם נתונה בטבלה ב8. לחלוקה על פי רמה טרופית חשיבות גדולה משתי סיבות. הראשונה, התפלגות זו, באחוזים נותנת תמונת מצב על מבנה החברה ומאפשרת השוואה בין השנים על אף ההבדלים הגדולים בגודל המדגם. הסיבה השנייה היא שהרמה הטרופית היא המכתיבה את "תפקוד" הדגים במערכת האקולוגית ועל פיה ניתן לעקוב אחר משתנים כלליים בבית הגידול: לדגים הרועים (הרביבורים באיור ב41) תפקיד חשוב בויסות כמות

האצות צמודות-המצע בשונית (ראה פרק ב5) וכך בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. נוכחותם מקצרת את "שרשרת המזון" במעבר אנרגיה ישיר מהיצרנים הראשוניים (אצות) לדגה. דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכזם חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. דגים קורליבורים (אוכלי אלמוגים) מהווים מנגנון אירוזיה הגורם להרס אלמוגים, ודגים קרניבורים מווסתים את אוכלוסיית השונית – הן חסרי חוליות והן דגים.

מכיוון שדגים רועים ניזונים ממאקרו-אצות (אצות בנתוניות, צמודות מצע), לרוב הם דגים גדולים (סיכנים, נתחנים, תוכינונים) ופעולתם עשויה גם היא לגרום לבלייה של המצע (קרקעית\אלמוגים). לעומתם הדגים הזואופלנקטיבורים, הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים קטנים הרבה יותר ומצויים במספרים גדולים (איור ב41). דגים אלה מצויים לעיתים קרובות בלהקות גדולות בסמוך לשונית, והמספרים הניתנים כאן מורכבים מהערכת גודל הלהקות, ולא ספירה מדויקת, עקב הקושי הטכני הכרוך בכך. יש לציין כי המספר הקטן של דגים גובים (*Gobiidae*) נובע קרוב למדי מהקושי בגילויים – אלה דגים נחבאים, אך נחשבים לנפוצים מאד בשוניות אילת.

בין השנים 2007 ו-2008, בהן נערך הסקר, אין הבדלים משמעותיים בהרכב חברת דגי השונית כפי שמתבטאת בחלוקה לרמות הטרופיות. ההבדל בכמות היחסית של קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים נובע מכך שאלו מצויים בלהקות בהן מספר גדול של פריטים, נוכחות להקה אחת או יותר של דגים אלה עשויה לשנות את משקלם הייצוגי. ההבדל הזה, אם כן, ככל הנראה אינו משקף שינוי בין השנים. בשנים הבאות עם המשך המעקב אחר חברת דגי השונית ניתן יהיה לבחון עם הבדלים כאלה חוזרים ונשנים ומייצגים מגמה. על פי הנתונים הקיימים נראה כי לא זה המצב.



איור ב41: התפלגות דגי השונית על פי הרמה הטרופית.

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

Taxa	Dweller*	Tropic level**	Occurrence
Pseudanthias squamipinnis		*Z*	514
Neopomacentrus miryae		*Z*	1320
Chromis viridis		*Z*	101
Pomocentrus trichourus		*O*	185
Dascyllus marginatus		*Z*	135
Pseudochromidae		*C*	47
Blenniidae		*C*	2
Canthigaster coronata		*C*	3
Pomacanthus imperator	Cryptic	*O*	12
Pomocentrus		*O*	26
Dascyllus aruanus		*Z*	13
Chromis dimidiate		*Z*	76
Labroides dimidiatus		*C*	14
Amphiprion bicinctus		*Z*	16
Sargocenttron diadema		*Z*	7
Gobiidae		*C*	50
Tetraodontidae			2
Aluterus scriptus		*C*	1
Pomocentrus sulfureu		*O*	2
Scaridae		*H*	139
Scorpaenidae		*C*	2
Chaetodontidae		*Co*	119
Acanthuridae		*H*	167
Thalassoma sp.		*C*	150
Zebrasoma		*H*	33
Parupeneus sp.	Pelagic	*C*	32
Variola louti		*P*	23
Wrasses		*C*	16
Gomphosuse caeruleus		*C*	12
Lethrinidae		*C*	1
Balisitidae		*C*	36
Epinephelus fasciatus		*C*	8
Pygoplites diacantus			1
Siganus sp.		*H*	7
Total			3273

* Cryptic - close to/hides within coral/rock
Pelagic - away from coral/rock

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

ג.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 ג1, בטבלה ג1, ובטבלת הפעילות. 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 סֶקי (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 ריאקצית 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^oC.

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

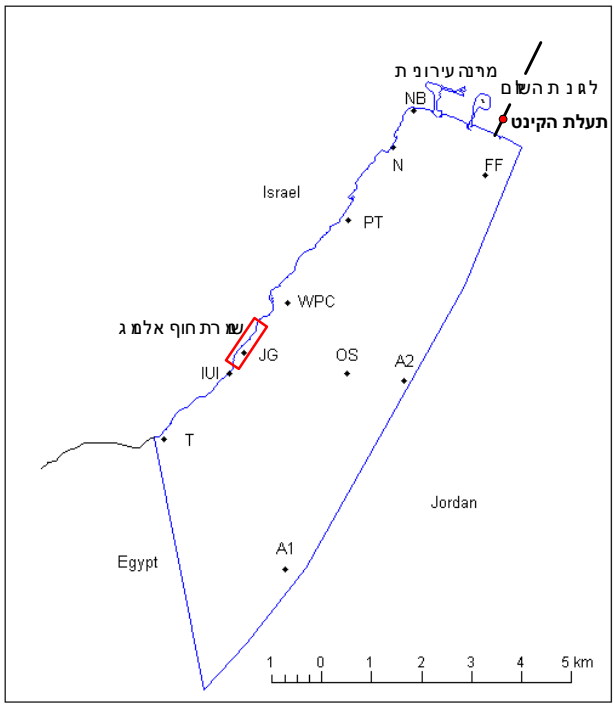
נוטריינטים: NO_2, NO_3, $Si(OH)_4$, PO_4 נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של המכשיר.

אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרצית 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^oC) 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 Hoefer 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 ממין *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 דרומי של בסיס חיל הים \מלון 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 מול ה - 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.

תוצאות

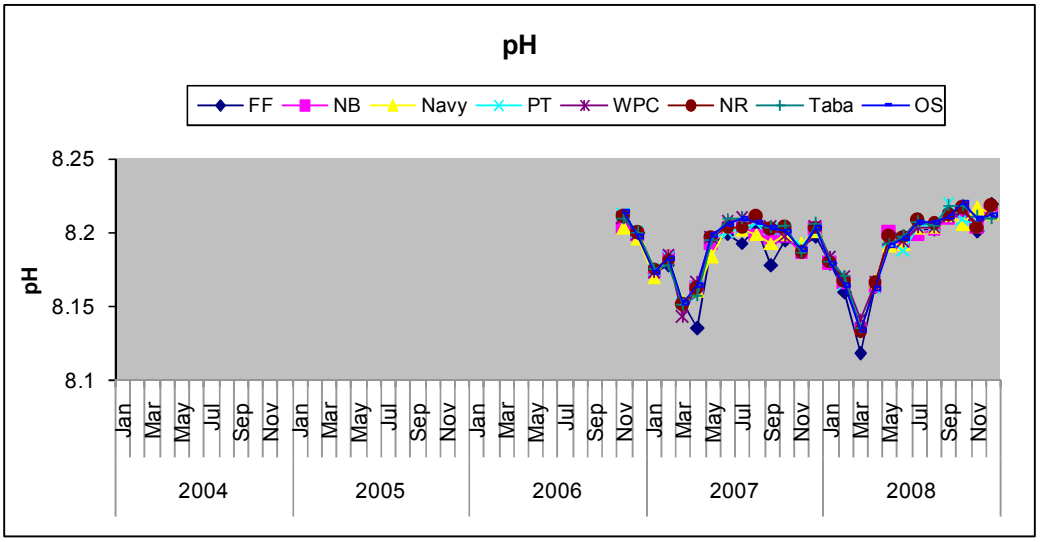
מדדים כימים

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 אמינים ומדוייקים.

ערכי ה-pH בשנת 2008 דומים לערכים שנמדדו בשנה שקודמת: ערך מזערי התקבל בחודש מרץ בכל התחנות, כאשר הערך הנמוך ביותר נמדד בחוף הצפוני בסמוך לתחנת "כלובי הדגים" (המקום בו היו חוות הדגים עד לפינויין, קרוב לגבול ישראל-ירדן), pH=8.118. בשנת 2007 נמדד בתחנה זו ערך מזערי של 8.135 בחודש אפריל (איור ג2). זהו מחזור עונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתיו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף המעורבב. 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).

בכל התחנות נמדדו לאורך השנה ערכים דומים, עם הבדלים קלים בחודש מרץ בו ירדו הערכים למינימום.



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 האטמוספרה, 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.

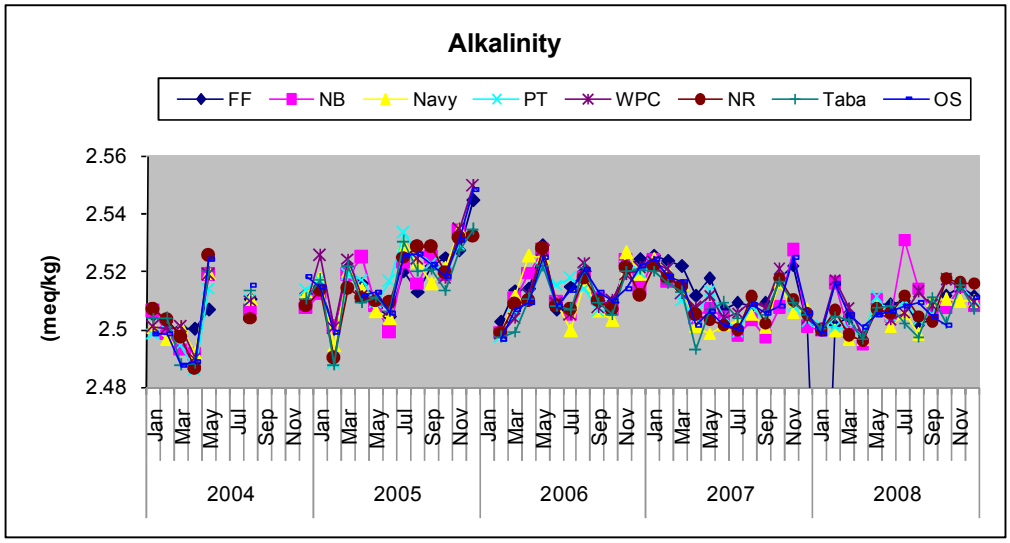
לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני.

<u>אלקליניות</u>

ערכי האלקליניות הנמוכים, אשר נמדדו בסוף השנה הקודמת (2007), נותרו נמוכים בחורף 2008, והחל מחודש מאי נמדדו ערכים מעט גבוהים יותר (איור ג3). מדידות חריגות נמצאו בינואר בתחנת "כלובי הדגים", 2.3774 – נמוך משמעותית מכל שאר המדידות, ובחודש יולי בתחנת החוף הצפוני , 2.531 – גבוה משמעותית מכל שאר המדידות של השנה. למעט חריגים אלה הראו רוב התחנות ערכים דומים מדי חודש. השתנות הערכים השנה הייתה שונה מזו של השנה הקודמת: בשנת 2007 נמדדו ערכים גבוהים יותר בחודשי החורף ונמוכים בחודשי הקיץ. גם לפני כן לא ניתן היה לאבחן מחזור עונתי ברור ונראה כי מדידות האלקליניות אינן עוקבות במדויק אחר המחזור העונתי.

בשנים 2004 ו-2005 הסתמנה מגמת עלייה באלקליניות אולם מגמה זו נבלמה בשנת 2006 ומאז נותרו ערכי האלקליניות נמוכים.

האלקליניות היא מדד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי אידוי ומיהול (מליחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. במדידות המליחות לא אובחנה מגמה ארוכת טווח (ראה למטה), ותהליכי קלציפיקציה צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי אלקליניות במי הים. בהעדר מגמה ברורה בחמש השנים האחרונות יש לבחון את שינויי האלקליניות בטווח ארוך יותר על מנת לקבוע האם מתקיימים שינויים ארוכי טווח אם לאו. בפרט, על סמך הנתונים שבידינו אין אפשרות לקבוע האם חל שינוי בקצב הקלציפיקציה או המסת קלציום-קרבונט בצפון המפרץ.



איור ג3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

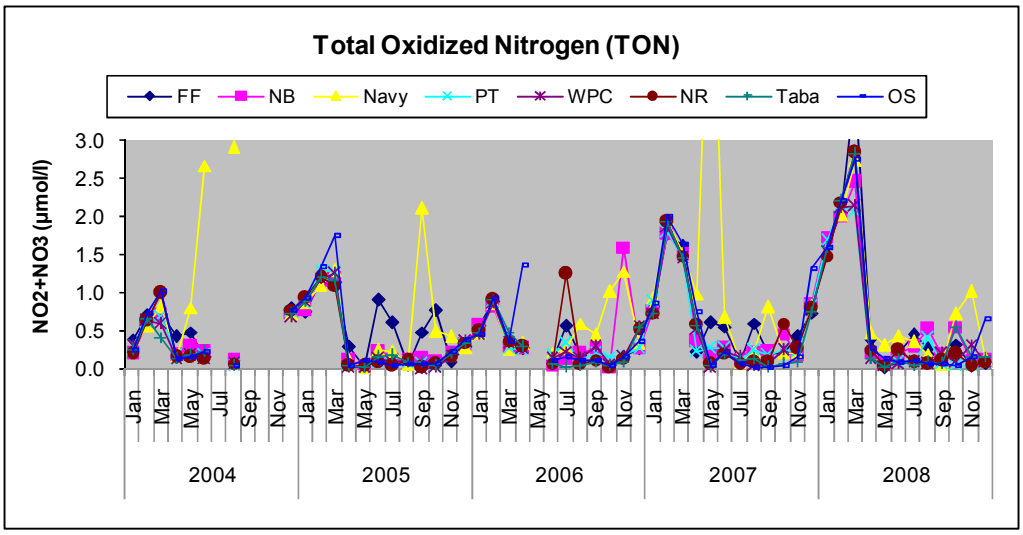
Figure C3: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

<u>חנקן אנאורגאני מחומצן (TON – Total Oxidized Nitrogen = $NO_3 + NO_2$)</u>

ערכי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף (איור ג4). עקב הערבוב העמוק נמדדו השנה ריכוזי חנקן גבוהים ביותר בחודשי הערבוב. גבוהים מריכוזי החורף של 2007. ריכוזי החנקן עלו במי השטח באופן עקבי מנובמבר 2007 והגיעו לשיא בחודש מרץ 2008. רוב התחנות הראו ערכים מרביים של כ- 2.8 µmol/l, והערך המרבי נמדד באותו חודש בתחנת "כלובי הדגים" – 3.68 µmol/l. לשם השוואה, בשנת 2007 שגם בה היה ערבוב עמוק הגיע הערך המרבי בכל התחנות לכ- 2 µmol/l, ובחודש מרץ כבר החלו ריכוזי החנקן בתחנות החופיות לרדת.

על אף שכלובי הדגים הוצאו מן המים מוסיפים ריכוזי החנקן באתר זה להיות הגבוהים ביותר. יחד עם זאת הערכים הגבוהים באופן חריג אשר נמדדו תדיר גם מחוץ לעונת הערבוב בתחנות החוף הצפוני לא הופיעו השנה. החריגות היחידות היו בתחנת חיל הים\מלון מרידיאן בחודשים אוקטובר-נובמבר, אולם גם אלה בערך קטן יותר מאשר בשנים הקודמות.

המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגוטרופית", 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. זמינות החנקן בקיץ מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו – אם ממקור חיצוני ואם ממי העומק בתקופת הערבוב - גורמת לפריחתן. פריחת אצות ממושכת ו\או אינטנסיבית עשויה לפגוע בשונית.



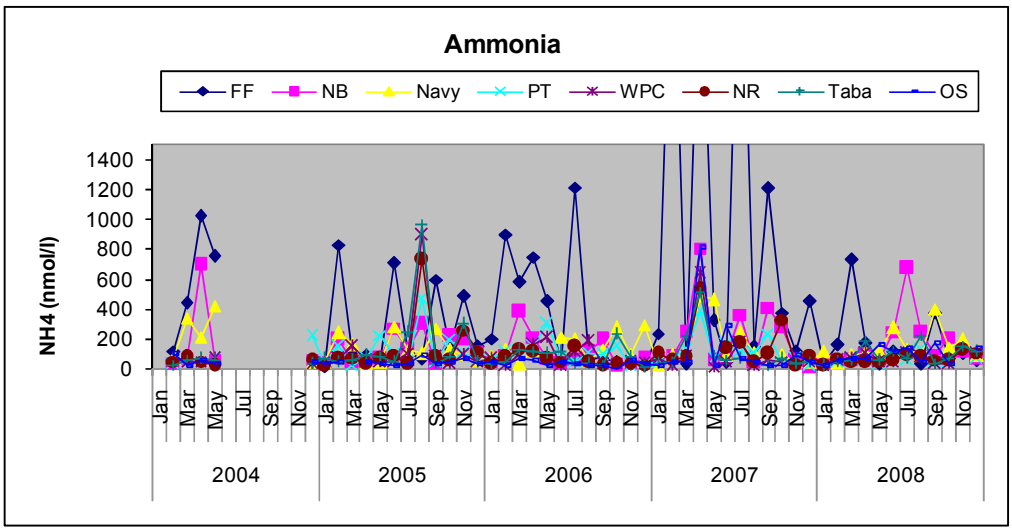
איור ג4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

<u>אמוניה (NH_4)</u>

השנה נמדדו ריכוזי אמוניה מרביים נמוכים יחסית לערכים הגבוהים של השנה הקודמת. יחד עם זאת ערכים מקומיים גבוהים נמדדו בחודש מרץ בתחנת כלובי הדגים, בחודש יולי בתחנת החוף הצפוני, ובחודש ספטמבר בתחנות כלובי הדגים וחיל הים\מלון מרידיאן (איור ג5). הערכים החריגים אשר נמדדו באזור החוף הצפוני של אילת מעידים על כך שגם בהעדרם של כלובי הדגים עדיין מועד אזור זה להעשרה מקומית בנוטריינטים, אך הן תדירות והן עוצמת החריגות היו השנה נמוכים מאשר בשנים הקודמות.

האמוניה היא צורת חנקן זמינה מאד ונצרכת במהירות על ידי פיטופלנקטון וחיידקים, ועל כן ריכוזה בים (ובפרט בתנאים אוליגוטרופיים) צפוי להיות נמוך ביותר. ריכוזי אמוניה גבוהים מעודדים גידול אצות העשויות לפגוע בשונית. האמוניה היא צורון הנצרך במהירות על ידי פיטופלנקטון, ועל כן נוכחות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי. עובדה זו מסבירה את ההבדלים בריכוזי אמוניה בתחנות השונות באותו מחזור מדידה או בתחנה כלשהי בזמנים שונים. העובדה כי ריכוז האמוניה בתחנת הים הפתוח נמוכים תמיד מעידה על מקור בקרבת החוף. מקורות להעשרה באמוניה עשויים להיות כניסות של מי תהום מועשרים או מי שפכים לים, הצפויים בעיקר בקרבת העיר אילת.



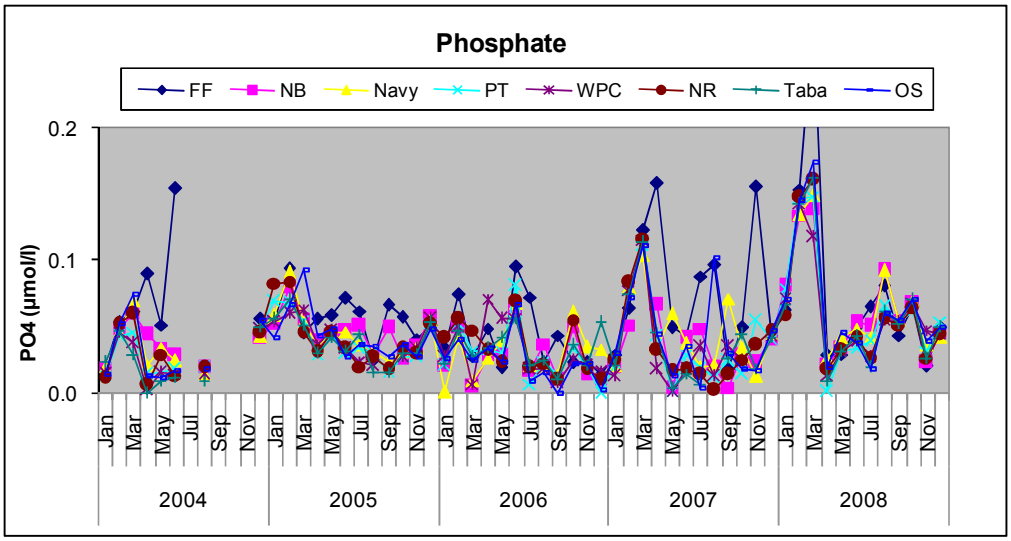
איור ג5: ריכוזי אמוניה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C5: Monthly concentrations of ammonia (NH_4) at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

<u>פוספט (PO_4^{-3})</u>

ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית חלשה של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ (איור ג6). גם השנה עקב הערבוב העמוק היו ריכוזי פוספט גבוהים במיוחד בחודשי הערבוב פברואר-מרץ, והערכים המרביים היו גבוהים מאלו של שנת הערבוב הקודמת, 2007. הריכוזים הגבוהים נמדדו בכל התחנות, 0.14-0.17 µmol/l, והגיעו לשיא של 0. 28µmol/l בתחנת כלובי הדגים. גבוה בהרבה מערכי השנים הקודמות.

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 מצביעים על העשרה מקומית בנוטריינטים. אזור כלובי הדגים עדיין מועשר בפוספט יחסית לשאר התחנות החופיות. לריכוזי הפוספט הגבוהים פוטנציאל הרסני מבחינת ההשפעה על אקולוגית השונית.



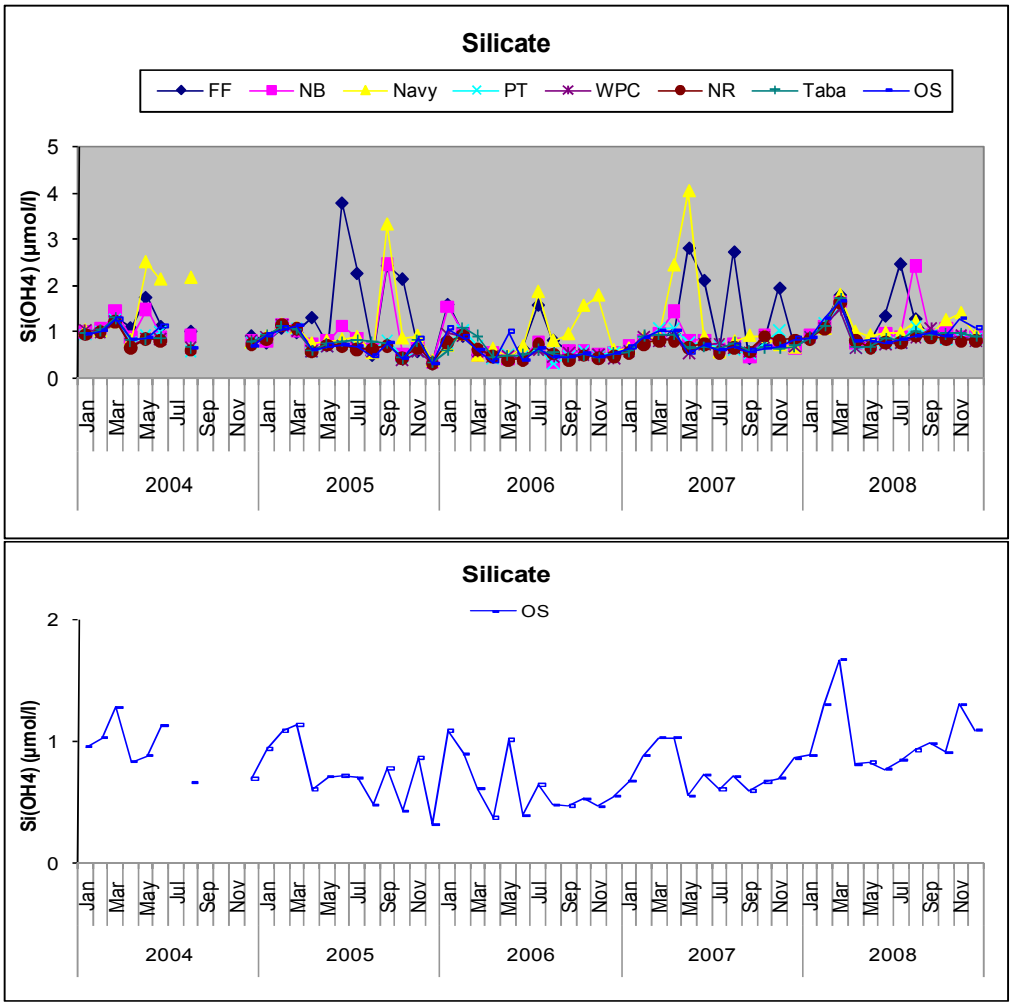
איור ג6: ריכוזי פוספט (PO_4) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C6: Monthly concentrations of phosphate (PO_4) at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

סיליקה ($Si(OH)_4$)

השנה נמדדו שני ערכים גבוהים באופן חריג בריכוזי הסיליקה, בתחנת כלובי הדגים בחודש יולי (2.845 µmol/l) ובתחנת החוף הצפוני בחודש אוגוסט (2.448 µmol/l). בשאר התחנות ריכוזי הסיליקה דומים, ודומים לריכוזים שנמדדו בתחנת הים הפתוח ומראים מחזוריות שנתית של ריכוזים גבוהים יחסית בחודשי הערבוב ונמוכים יותר בקיץ (איור ג7). משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין מכסימום של 1.67µmol/l במרץ 2008 למינימום של 0.77µmol/l ביוני. ריכוזים אלה גבוהים מהריכוזים שנמדדו בשנה הקודמת, 2007. למעשה, מאז סוף 2005 ניכרת מגמה של עליה בריכוזי הסיליקה במי השטח בתחנת הים הפתוח (איור ג7 למטה).

סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקעת שלד צורני במגוון גדול של פיטו/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 נקודתיים גבוהים, בפרט בחודשי הקיץ, מצביעים על מקור העשרה חיצוני. שינוי מגמתי ארוך טווח בריכוז הסיליקה עשוי להצביע על שינוי בהרכב אוכלוסיית הפיטופלנקטון. שינוי כזה עשוי לנבוע משינויים ארוכי טווח בתכולת המומסים במים.



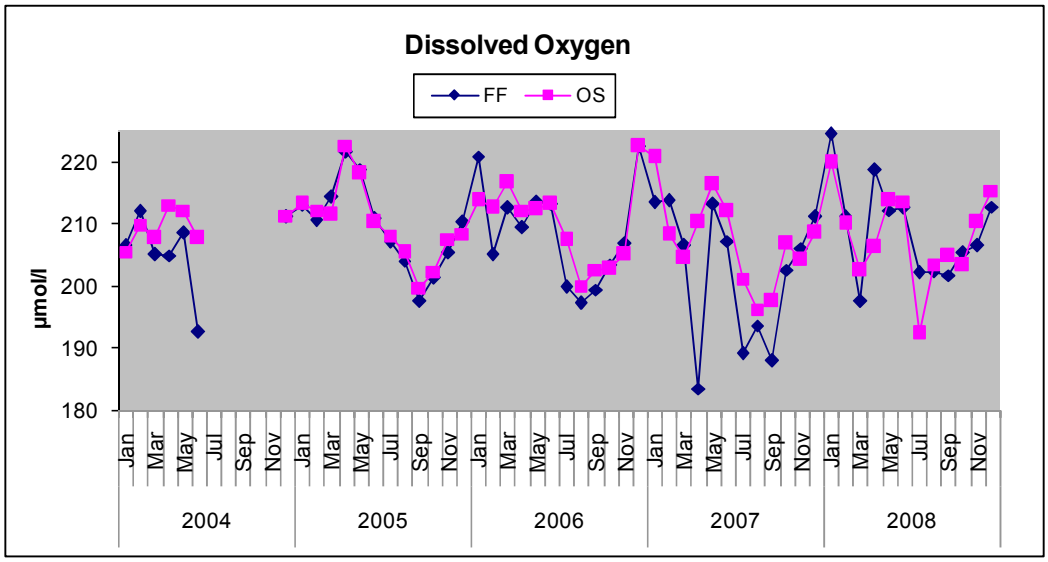
איור ג7: למעלה- ריכוזי סיליקה ($Si(OH)_4$) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008. למטה – ריכוז הסיליקה בתחנת הים הפתוח באותה תקופה.

Figure C7: Top - monthly concentrations of silicate ($Si(OH)_4$) at the coastal water sampling stations during 2004-2008. Bottom – silicate concentrations in the Open Sea station during that period.

חמצן מומס

חמצן מומס נמדד בשתי תחנות, ליד כלובי הדגים ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס עולה בחודשי האביב, ויורד בקיץ-סתיו (איור ג8). בחודש ינואר השנה נמדד הערך המרבי, 219.85 µmol/l בתחנת ים פתוח ו- 224.55 µmol/l בתחנת כלובי הדגים. ריכוז החמצן ירד לסביבות ה- 200 µmol/l בחודש מרץ ועלה שוב באפריל. דינאמיות כזו עשויה להצביע על מחזורים של פריחות פיטופלנקטון וקריסתן. ריכוזי החמצן הנמוכים בחודשי הקיץ היו השנה גבוהים מאלו של השנה הקודמת, בפרט בתחנת כלובי הדגים.

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.



איור ג8: חמצן מומס בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

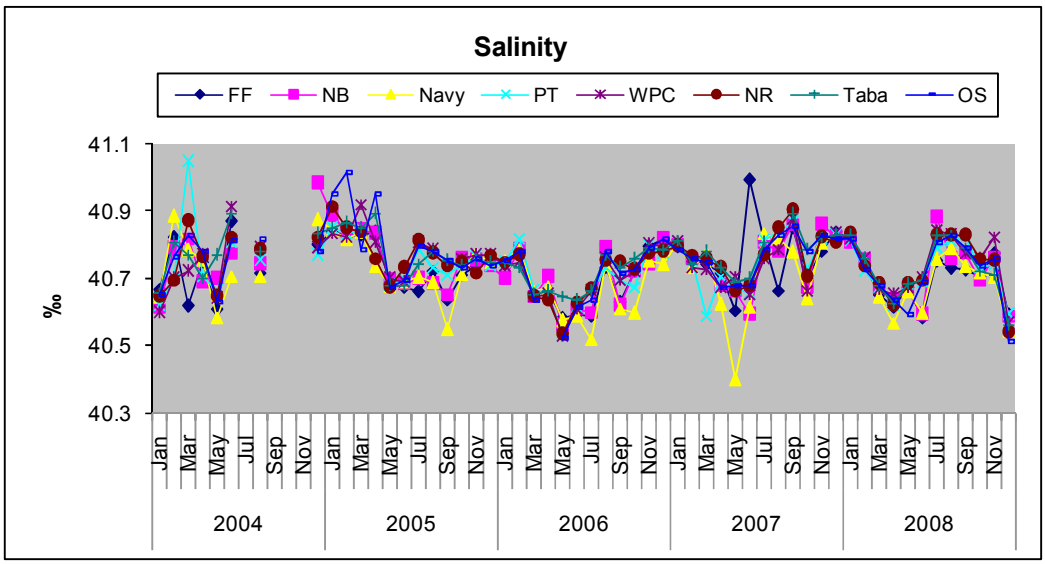
Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

מדדים פיסיקליים

מליחות

טווח הערכים של ריכוז מלחים בתחנת הים הפתוח בשנת 2008 נע בין 40.827ppm בחודש אוגוסט ל-40.512ppm בחודש דצמבר (איור ג9). הירידה החדה במליחות בחודש דצמבר (מ- 40.760ppm בנובמבר) הינה חריגה ועשויה להעיד על חדירת גוף מים חיצוני בעל מליחות שונה. חיזוק לכך ניתן גם ממדידות המליחות בהפלגות החודשיות בתחנה A. ברוב התחנות החופיות נמדדו השנה ערכים דומים לערכי המליחות בים הפתוח. כמעט ולא נרשמו חריגות של מליחות נמוכה המעידות על כניסה מקומית של מים "זרים" באזור החוף. בחודש אפריל נמדדה מליחות מעט נמוכה בתחנת חיל הים\מלון מרידיאן, ובחודש יוני מליחות נמוכה ובעלת ערך דומה בתחנה זו ובתחנת החוף הצפוני וכלובי הדגים.

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. מלון מרידיאן הוא מקור ודאי למי תהום בעלי מליחות נמוכה ממליחות הים.



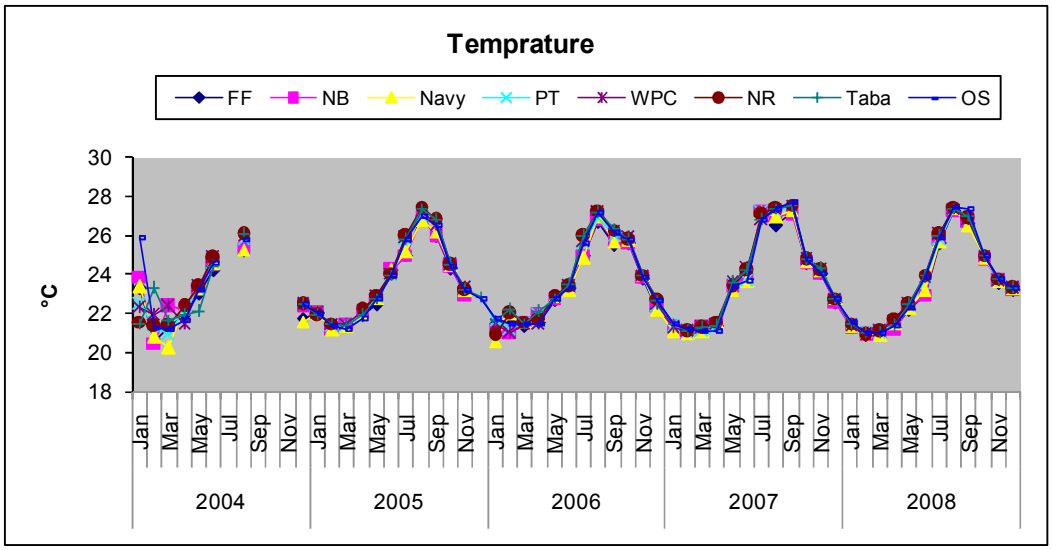
איור ג9: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C9: Salinity at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

<u>טמפרטורה</u>

טמפרטורת מי השטח בתחנות החופיות דומה לטמפרטורה הנמדדת בים הפתוח ומראה מחזור שנתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ (איור ג10). המשרעת השנתית בשנת 2008 נעה בין ערכי קיצון של $21.0^{o}C$ בחודשים פברואר-מרץ ו-$27.5^{o}C$ באוגוסט. הטמפרטורה המרבית השנה הייתה מעט נמוכה מזו של השנה הקודמת, אך טמפרטורת חודש דצמבר השנה גבוהה כמעט במעלה שלמה מהטמפרטורה בדצמבר 2007. מדידות הטמפרטורה בתחנות השונות דומות זו לזו, כצפוי ממדידות הנעשות בסמיכות זמן זו לזו בים ללא מדף יבשת ועם מדרון חוף תלול.

[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 2004-2008.

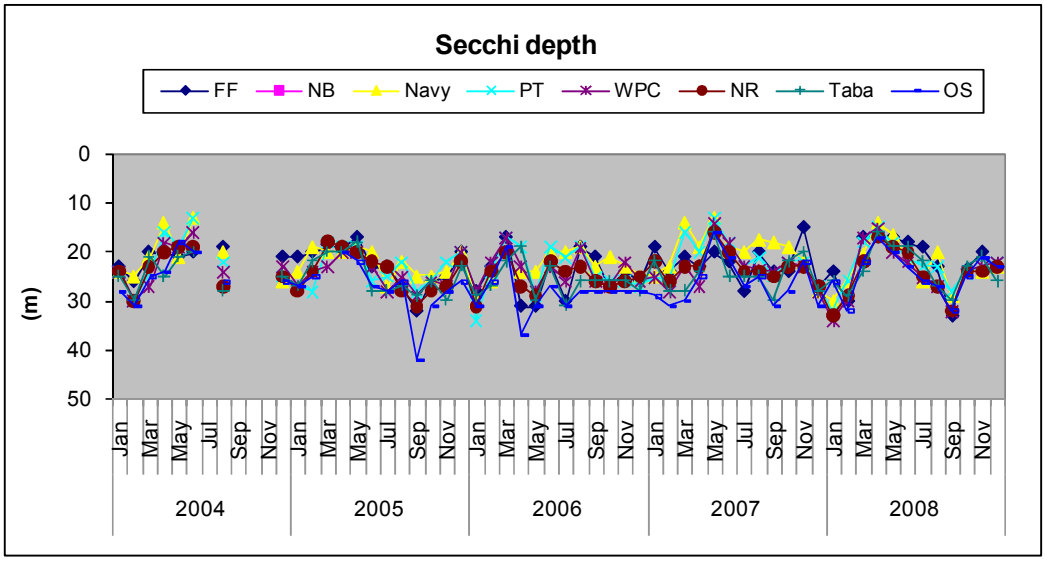
Figure C10: Temperature at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

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 מרבי בסוף הקיץ, 32 מטרים בחודש ספטמבר ברוב התחנות, ונמוך ביותר בזמן פריחת האביב (איור ג11). במעבר מחודשי הערבוב לחודשי הקיץ עומק הסקי גדל, אך נוצר הפרש בין עומק הסקי בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות ובין התחנות הצפוניות שם העומק גדל לאט יותר. יש לציין כי השנה הפרשים אלה קטנים מאשר בשנים קודמות. נראה כי עומק הסקי הרדוד יותר בתחנות הצפוניות מצביע על מציאות חלקיקים רבים יותר במים בתחנות אלה לאחר תום הערבוב. בפרט נמדד עומק רדוד יחסית בתחנות "כלובי הדגים" ו"חיל הים\צלון מרידיאן".

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 בנוטריינטים. העכירות הגבוהה יחסית הנמדדת בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה.



איור ג11: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

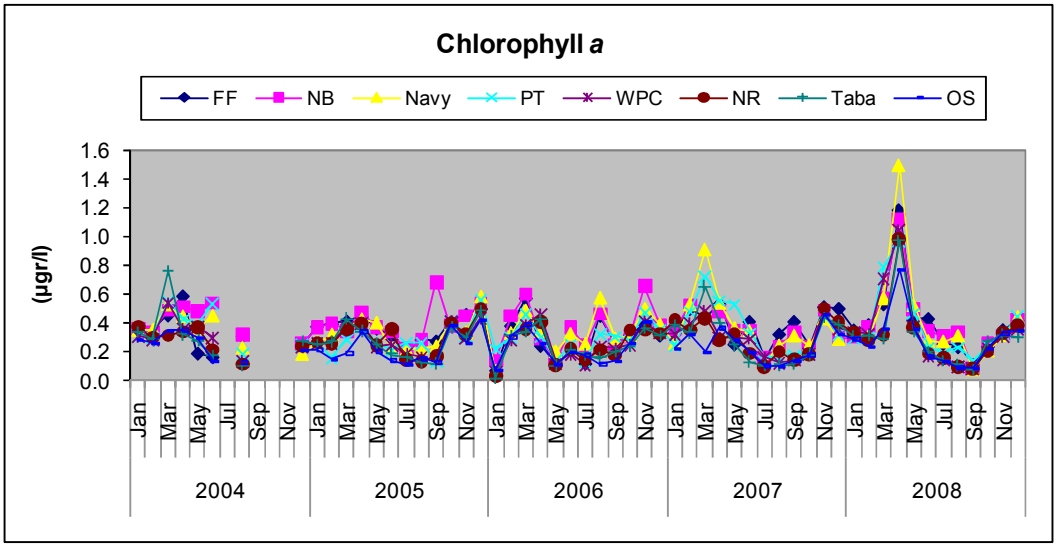
מדדים ביולוגיים

כלורופיל *a*

ריכוז כלורופיל *a* מושפע ישירות ממחזור הערבוב השנתי, המספק חומרי מזון ויוצר פריחות פיטופלנקטון בחודשי האביב (איור ג12). בדרך כלל ריכוז נמוך יותר נמדד בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וריכוז גבוה יחסית נמצא בתחנות הצפוניות שם נמדדו ערכים גבוהים למדי עד סוף הקיץ. בים הפתוח, למשל, היה ריכוז הכלורופיל המרבי בשנת 2008 0.77µgr/l בחודש אפריל (לעומת 0.370µgr/l באפריל2007 ו- 0.266µgr/l בחודש אפריל 2006), לעומת זאת נמדד השנה ריכוז כלורופיל מרבי של 1.50µgr/l בתחנת חיל הים\מלון מרידיאן (באפריל, לעומת 0.914µgr/l במרץ 2007). השנה נמדדו בתחנות הדיגום החופיות ריכוזי כלורופיל גבוהים אף מאלה של השנה החולפת אשר גם בה היה ערבוב עמוק.

הערבוב השנה היה עמוק יותר (ראו למטה, פרק "הים הפתוח"), וכך נראה קשר בין עומק הערבוב ועוצמת פריחת פיטופלנקטון. לעומת זאת, במדידות היומיות של ריכוזי הכלורופיל במזח המצפה התת-ימי נמצאו ריכוזים גבוהים יותר בשנת 2007 מאשר השנה. יתכן כי ישנה השפעה מקומית בקרבת השונית, או לחילופין יתכן שתדירות המדידה בתחנות החופיות נמוכה מכדי לספק תמונה אמיתית על דינאמיקת הפריחה.

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 פיסיולוגיים בפיטופלנקטון. התבנית הכללית של גרדיינט בריכוזי כלורופיל בין התחנות הצפוניות (ריכוזים גבוהים) לתחנות הדרומיות וים פתוח (ריכוזים נמוכים) נגרמת אולי ממצב קבוע של העשרה בנוטריינטים בתחנות הצפוניות. בדרך כלל נחשב מפרץ אילת לגוף מים אוליגוטרופי בחודשי הקיץ, אולם ריכוזי הכלורופיל הגבוהים בתחנות הצפוניות דווקא בחודשים אלה מצביעים על העשרה מקומית באזור הצפוני המשנה את אופי המים שם.



איור ג12: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2008.

Figure C12: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations during 2004-2008.

<u>דיון</u>

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. השנה היה ערבוב עמוק במיוחד, עמוק אף מזה של שנת 2007, והערכים המרביים של רוב המדדים הכימיים בעונת הערבוב, פברואר-אפריל, גבוהים ממדידות השנים הקודמות. בעיקר הושפעו מדידות הנוטריינטים וריכוז הכלורופיל מהערבוב העמוק. ריכוז הנוטריינטים בפני הים היה גבוה בדרך כלל מאשר בשנים הקודמות, וגרם לפריחת פיטופלנקטון חזקה אשר התבטאה בריכוז כלורופיל גבוה במיוחד, בחודש אפריל. יש לציין כי במדידות היומיות ממזח המצפה התת-ימי נמדדו בשנת 2007 ריכוזי כלורופיל גבוהים מהריכוזים שנמדדו השנה. יתכן שהתדירות הנמוכה יחסית של הסקרים החופיים (אחת לחודש) עשויה לגרום להחמצת ריכוזי השיא במשתנה דינאמי כגון ריכוז הכלורופיל.

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. השנה נמדדו פחות ערכים חריגים לאורך החופים מאשר בשנה הקודמת, וגם שיעור החריגות היה נמוך יותר. יחד עם זאת, ועל אף הוצאת כלובי הדגים מהחוף הצפוני על גבול ישראל-ירדן, נמדדו פעמים רבות בתחנות הצפוניות ריכוזים גבוהים יותר של נוטריינטים וכלורופיל מאשר בתחנות הדרומיות או בתחנת הים הפתוח. ריכוזים כאלה מהווים עדות לחדירה מתמשכת של מזהמים באזור החוף הצפוני של אילת, ו\או לשחרורם האיטי מקרקעית הים החולית באזור זה. בפרט, השנה גם נמדדו הרבה פחות חריגות בריכוזי האמוניה וערכן היה נמוך בדרך כלל מערך החריגות בשנת 2007. יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור.

חריגות בריכוזי הסיליקה (ערכים גבוהים) נמדדו באביב בתחנות כלובי הדגים וחיל הים/מלון מרידיאן. מעבר לכך, נמצא כי ריכוזי הסיליקה בחודשי הקיץ (בהם הריכוזים נמוכים) עולים בהתמדה מאז שנת 2005. לפני כן נמדדו ריכוזי סיליקה דומים לריכוזים הנמדדים כיום.

עבור המדידות החופיות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם כאלה השונים משמעותית מהריכוזים הנמדדים בתחנות האחרות, ובפרט מתחנת הים הפתוח, אשר עבורה מקור זיהום מקומי אינו סביר, ואם היה כזה המהילה שם רבה יותר מאשר בקרבת החוף. לפיכך, כל המדידות המוזכרות למעלה חשודות כמייצגות מקור זיהום נקודתי בקרבת תחנת המדידה. הדבר נכון במיוחד עבור אמוניה, אשר קצב פירוקה במים גבוה במיוחד. נראה כי על אף שמדידות חריגות היו מועטות יותר השנה ושיעורן נמוך יותר עדיין סובלות התחנות הצפוניות, כלובי הדגים והחוף הצפוני, ואיזור חיל הים/מלון מרידיאן, מחדירה מקומית של מים בהרכב שונה מהרכב הים הפתוח.

ג.2. קרקעית חולית

<u>מטרה</u>

מעקב אחר תהליכי אאוטרפיקציה במפרץ באמצעות מדידת כמות החומר האורגאני המצטבר על קרקעית המפרץ.

<u>שיטות</u>

סדימנט נדגם משש אתרים (טבלה ג2) לצורך בדיקת תכולת חומר אורגני וריכוז מזהמים. דגימות סדימנט נאספו על ידי צוללים מהשכבה העליונה של הקרקעית באמצעות מזרקי פלסטיק. כל דוגמא היא גלעין קטן של הסנטימטרים העליונים של קרקעית הים, ובכל אתר נאספו שלוש דוגמאות לצורך מדידת תכולת החומר האורגני באמצעות שריפה. מכל גלעין נחתכה פרוסת סדימנט עליון בעובי של 1 ס"מ לצורך מדידת תכולת חומר אורגני כמפורט להלן: דגימות הסדימנט עברו ייבוש בתנור (105ºC) במשך 24 שעות. לאחר הייבוש הועברו הדגימות לתנור שריפה (450ºC) למשך 4 שעות. כמות החומר האורגאני בכל דגימה שווה להפרש המשקלים לפני ואחרי השריפה. לכל אתר חושב האחוז המשקלי של חומר אורגאני בסדימנט העליון.

שיטה זו להערכת כמות החומר האורגני עשויה להוות הערכת יתר מכיוון ששרפת הסדימנט עלולה לשרוף גם חלק מהקרבונט. הערכה זו טובה, אם כן, להשוואה בין מדידות שנעשו באותה דרך, אך לא לשם קביעה מדויקת של אחוז החומר האורגני בסדימנט.

	גבול ירדן	חוף צפוני	חוף הדקל	קצא"א	שמורת אלמוג	חוף הנסיכה-טאבה
מעלות רוחב (N)	29 32.470	29 32.715	29 32.254	29 31.057	29 30.210	29 29.587
מעלות אורך (E)	34 58.481	34 57.716	34 56.835	34 55.834	34 55.834	34 54.399

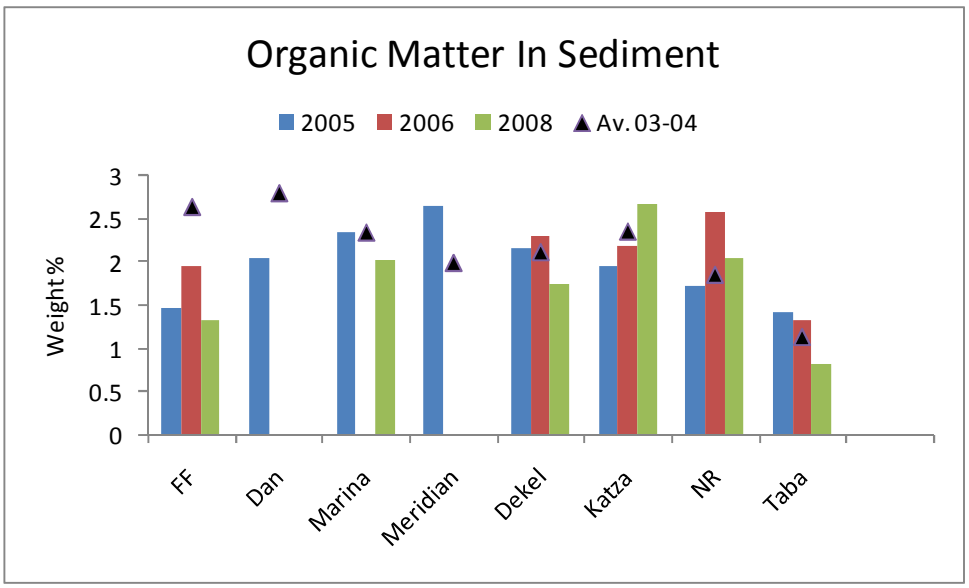
טבלה ג2: תחנות איסוף דוגמאות סדימנט מהקרקע החולית לצורך מדידות כימיות. כל הדוגמאות נאספו מעומק מים של 20-18 מטרים על ידי צוללים.

Table C2: Sites where sediment samples for measurement of chemical properties were collected. All samples were collected by divers, either into hand inserted PVC tubes (cores, 20-30 cm long) or from the top-most 30 cm directly into plastic zip-lock bags.

<u>תוצאות</u>

ברוב בתחנות נמדדה השנה תכולה נמוכה של חומר אורגני בסדימנט בהשוואה למדידות השנים הקודמות. יוצאת מן הכלל התחנה בקצא"א בה נמדד אחוז גבוה יותר של חומר אורגני (איור ג13). בסך הכל נמצאו בכל התחנות אחוזים נמוכים של חומר אורגני, פחות מ-3%. התחנה בה תכולת האורגני נמוכה ביותר היא התחנה הדרומית ביותר, בסמוך לטאבה, ואילו תכולת החומר האורגני הגבוהה ביותר נמצאה בקצא"א.

לאורך השנים מאז 2003 אין שינוי גדול בתכולת החומר האורגני בסדימנט בכל התחנות. ככלל אין תבנית ברורה לפיזור החומר האורגני בסדימנט במרחב, וגם אין הבדלים משמעותיים בין התחנות. יוצאת מן הכלל התחנה הדרומית, ליד טאבה, בה נמצאו תמיד ערכים נמוכים במידה נכרת מאשר בשאר התחנות. מעניין לציין שבקרבת כלובי הדגים אחוז החומר האורגני בסדימנט נמצא תמיד נמוך מאשר באזור שמורת חוף אלמוג.



איור ג13: אחוז חומר אורגאני בסדימנט (הערכה באמצעות שקילה ושריפה) בתחנות המדידה בצפון מפרץ אילת, השוואה בין השנים 2005, 2006, 2008 וממוצע הדגימות שנאספו בשנים 2003 ו- 2004.

Figure C13: Weight percent of organic matter in sediments along the northern shores of the gulf (estimated by weighing the sediments, burning organic matter, and re-weighing the residual sediments). A comparison of samples collected in 2005, 2006, 2008, and an average of five samples collected during 2003 and 2004.

ג.3. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

עורכי הסקר וכותבי הדו"ח: א. דיאמנט, א. קולורני – חיא"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 חיא"ל-מלח"י (חקר ימים ואגמים – המרכז הלאומי לחקלאות ימית) במעבדות המחלקה באילת.

המחקר הפתולוגי אמור לבחון 50 דגי סיכן (*Siganus*) מאזור החוף הדרומי, והצפוני של אילת, לשם השוואה של אוכלוסיית הטפילים שעליהם עם מסד הנתונים של השנים הקודמות. בדיקת הדגים כוללת נתיחה לזיהוי וכימות שכיחות ועוצמת הנגיעות של טפיליהאשר מקורם חיידקי.

לרוע המזל, רק 6 סיכנים מהמין סיכן מצוי, (*Siganus rivulatus*) נתפסו, ולא הייתה אפשרות לבצע בהם בדיקות היסטולוגיות עקב השריפה אשר פגעה במעבדות ההיסטולוגיות של המכון לחקר ימים ואגמים באילת, בנובמבר 2007.

בסה"כ 37 דגים ממינים שונים ושלושה דיונונאים (Cephalopoda) נמצאו מתים לאורך חופי אילת, והובאו על-ידי פקחים של רשות שמורות הטבע לבדיקה במעבדה. החיות נבדקו, והטפילים שלהן תועדו. בחיות מספיק טריות נערכה בדיקה בקטריולוגית.

תוצאות

#	Date	Location	Live/dead	Sex	Weight (g)	TL (mm)	FL (mm)	Findings
1	05/11/08	Meridien	Live	♂?	55.30	168	157	1 nematode, 7 enteric worms, 53 acanthocephala
2	05/11/08	Meridien	Live	♂?	60.22	166	156	
3	05/11/08	Meridien	Live	♂?	59.42	172	160	
4	05/11/08	Meridien	Live	♂?	106.49	204	191	
5	05/11/08	Meridien	Live	♀	167.40	240	223	
6	11/11/08	Meridien	Live	♂?	111.00	211	195	20 acanthocephala, 1 enteric worm

טבלה מס' ג3: ממצאים פתולוגיים בדגי סיכן מצוי (*Siganus rivulatus*), אשר נתפסו ליד המסעדה התת-מימית, בסמוך למלון מרידיאן, בנובמבר 2008.

Table C3: Pathogens found in wild *Siganus rivulatus* caught next to Hotel Meridien, November 2008.

#	Date	Location	Species	Findings
1	06/01/08	Nature Reserve	Farida	Fishing hook in mouth
2	28/01/08	Palm Beach	*Tetrosomus gibbosus*	- - -
3	28/01/08	Nature Reserve	*Ostracion* sp.	- - -
4	28/01/08	Nature Reserve	*Tetrosomus* sp.	- - -
5	28/01/08	Nature Reserve	*Cyclichthys spilostylus*	- - -
6	30/01/08	North Beach	*Trigla* sp.?	Monogeneans on gills; digenean larval stages in gall bladder
7	10/03/08	South Beach	*Chelinus lunulatus*	- - -
8	24/03/08	Aqua Sport	*Cyclichthys spilostylus*	- - -
9	02/04/08	Dolphin Reef	*Scarus* sp.	- - -
10	16/04/08	Nature Reserve	*Scarus* sp.	- - -
11	16/04/08	Nature Reserve	Squid	- - -
12	08/05/08	Nature Reserve	*Tetrosomus gibbosus*	*Coccomyxum* (?) in external intestinal wall
13	03/06/08	Nature Reserve	*Chelinus lunulatus*	Speargun wound?
14	14/06/08	Nature Reserve	Giant squid	- - -
15	15/06/08	Nature Reserve	*Scarus* sp.	*Gnathia* sp. and monogenean gill worms
16	24/06/08	Nature Reserve	*Fistularia commersoni*	Copepods on gills; Digenean intestinal worms
17	28/06/08	Nature Reserve	*Trichiurus lepturus*	Wound on snout
18	04/07/08	Nature Reserve	*Scarus* sp.	- - -
19	06/07/08	Nature Reserve	*Canthigaster* sp.	- - -
20	05/08/08	Nature Reserve	*Scarus* sp.	Monogeneans on gills
21	26/08/08	Dolphin Reef	*Diplodus noct*	Intestinal blockage by bread
22	26/08/08	Dolphin Reef	*Diplodus noct*	Intestinal blockage by bread
23	26/08/08	Dolphin Reef	*Abudefduf saxatilis*	Intestinal blockage by bread
24	26/08/08	Dolphin Reef	*Abudefduf saxatilis*	Intestinal blockage by bread

25	26/08/08	Dolphin Reef	*Abudefduf saxatilis*	Intestinal blockage by bread
26	26/08/08	Dolphin Reef	*Abudefduf saxatilis*	Intestinal blockage by bread
27	26/08/08	Dolphin Reef	*Abudefduf saxatilis*	Intestinal blockage by bread
28	26/08/08	Dolphin Reef	*Terapon puta*	Intestinal blockage by bread; gill monogeneans
29	05/10/08	Dolphin Reef	Giant squid	Heavy infestation by Cestodes
30	12/10/08	Nature Reserve	*Zebrasoma xanthurum*	Speargun wound
31	25/10/08	Nature Reserve	*Cyclichthys spilostylus*	- - -
32	28/10/08	Nature Reserve	*Gymnothorax nudivomer*	Wound (bite?)
33	08/11/08	Nature Reserve	*Arothron hispidus*	- - -
34	08/11/08	Nature Reserve	*Cyclichthys spilostylus*	- - -
35	10/11/08	Nature Reserve	*Trichiurus lepturus*	Tail missing
36	10/11/08	Nature Reserve	*Fistularia commersoni*	Mouth copepods; intestinal nematodes
37	16/11/08	Dolphin Reef	*Pterois miles*	Large fish stuck in its throat
38	23/11/08	Dolphin Reef	*Thalassothia cirrhosus*	Swollen swimbladder
39	24/11/08	Nature Reserve	*Cyclichthys spilostylus*	Head wound
40	24/12/08	Dolphin Reef	*Pterois miles*	*Vibrio* sp. isolated from blood

טבלה מס' ג4: דגי בר אשר נמצאו מתים לאורך חופי אילת, והובאו לבדיקה פתולוגית במלח"י.

Table C4: Wild fish and cephalopods found dead along the Eilat beaches examined at NCM.

<u>דיון</u>

בכל החיות שנבדקו, לא נמצא אף חיידק פתוגני מאלו אשר בודדו בשנים קודמות (כגון: *Mycobacterium marinum*, *Streptococcus iniae*, *Lactococcus garvieae*, וכו'). בכפוף לדיגום נרחב יותר, ממצאים אלה עשויים להצביע על ירידה בעוצמת הנגיעות של דגים בחיידקים הנזכרים מעלה, כגון *Mycobacterium marinum*, *Streptococcus iniae*, וטפילים כגון *Kudoa iwatai*. העליה בנגיעות ושיפעת טפילים וגורמי מחלות בדגי הבר בשנות פעילותם של חוות הדגים בצפון המפרץ נחשדה כקשורה להגברה של גורמי מחלות וטפילים בתנאי הצפיפות הגבוהה בכלובים.

עקב תהליכי פירוק וריקבון של דגים אשר נמצאו מתים,לא תמיד ניתן היה לקבוע את סיבת המוות. אובחנו מספר פצעים באזור הפה, שנגרמו כתוצאה מקרסי חכות, ופצעים בגוף, שנגרמו מרובה דיג. לפחות במקרה אחד (שמונה דגים המשתייכים לשלושה מינים שונים, מריף הדולפינים) סיבת המוות הייתה אכילת לחם רך, אשר גרמה לסתימת מעיים קטלנית.

ד. מים פתוחים

<u>מטרה</u>

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

<u>שיטות</u>

אחת לחודש מבוצעת בספינת מחקר הפלגה לתחנה A ולצפון המפרץ, סמוך לכלובי 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 (מפה1 בנספח ז.1). עומק הקרקעית בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר.

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 השנה 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 רזולוציה 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 (NO_2^{-1}, NO_3^{-1}, $Si(OH)_4$, PO_4^{-3}), 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.

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.

השנה, בעקבות שליחתו של מכשיר ה-CTD לטיפול וכיול, נעשה בהפלגות החודשים מאי-יוני-יולי שימוש במכשיר חלופי אשר לו דירוג עומק של 600 מטרים בלבד. מדידות חודשים אלה מוגבלות לפיכך

לעומק זה.

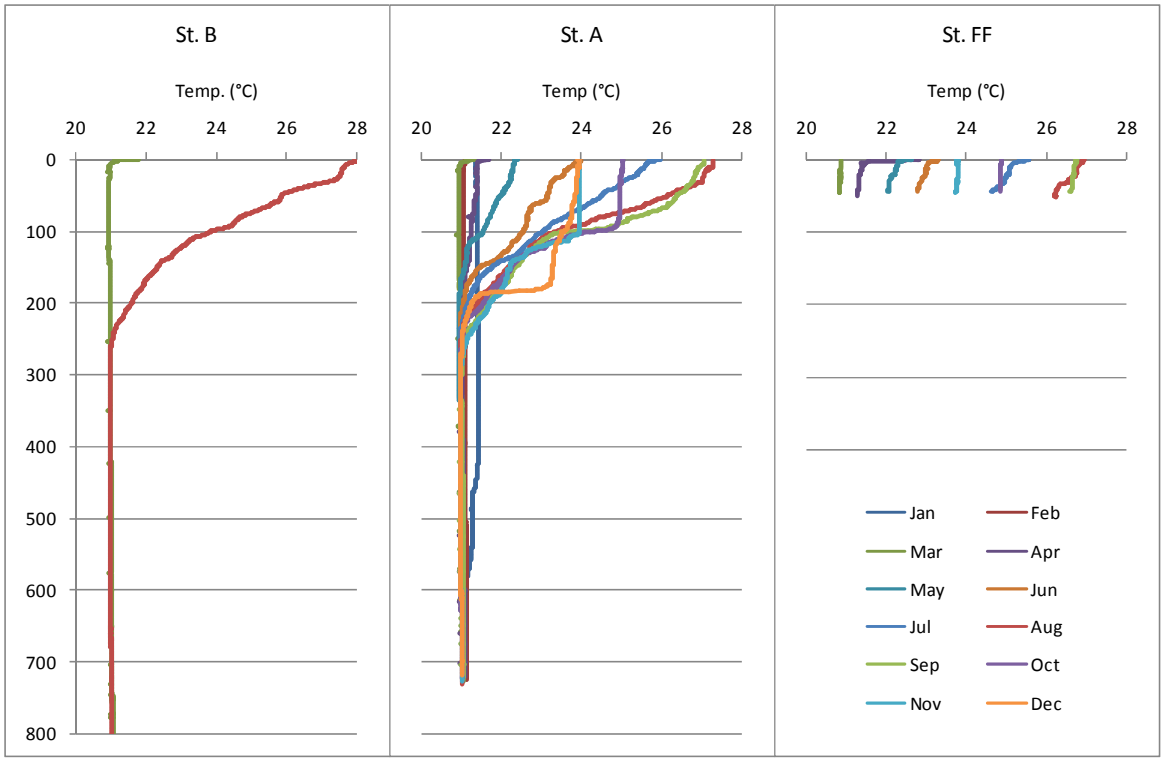
<u>טמפרטורה</u>

גם השנה, כמו ב-2007, הגיע עומק הערבוב המרבי (בחודש מרץ) לקרקעית הים בתחנה B. אולם השנה היה עומק המדידה 861 מ', בעוד שבמרץ 2007 עומק המדידה היה 814 מ'. ההפרש הוא במיקום הספינה בעת המדידה וכיוון שבשני המקרים נמדדה עמודת מים מעורבבת עד לקרקעית, לא ניתן לקבוע באיזו שנה היה הערבוב עמוק יותר. יחד עם זאת, הערבוב העמוק השנה היה קצר מזה של השנה הקודמת (איור ד1).

טמפרטורת עמודת המים בתחנה B בחודש מרץ הייתה 21˚C עם שינוי של כשתי מאיות המעלה לאורך העמודה, לעומת שנת 2007 בה הייתה טמפרטורת עמודת המים המעורבבת 21.19˚C. בחודש ינואר היה עומק הערבוב כ- 400 מטר, עמודת המים בתחנה A הייתה מעורבבת כולה בחודשים פברואר-מרץ, ובהפלגת חודש אפריל כבר החלה התרמו קלינה להיבנות מחדש. לעומת זאת בחודש אפריל אשתקד עדיין הייתה כל עמודת המים בתחנה A מעורבבת.

טמפרטורת פני המים הגבוהה ביותר שנמדדה השנה בהפלגות הניטור הייתה 27.97˚C בפני הים בחודש אוגוסט בתחנה B (בשנה שעברה נמדדה בהפלגת ספטמבר בתחנה B טמפרטורה של 28.67˚C).

בחודש דצמבר נמדדה "מדרגה" בפרופיל הטמפרטורה, בעומק של כ- 90 מטר ישנה ירידת טמפרטורה חדה, והמשך ירידה עד לגג התרמוקלינה בעומק כ- 164 מטרים. מדרגה זו הינה ככל הנראה עדות לגוף מים בעל תכונות שונות שחדר לאזור מדרום. עדות נוספת לכך ניתנת במדידות המליחות, המוצגות למטה.



איור ד1: טמפרטורת עמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

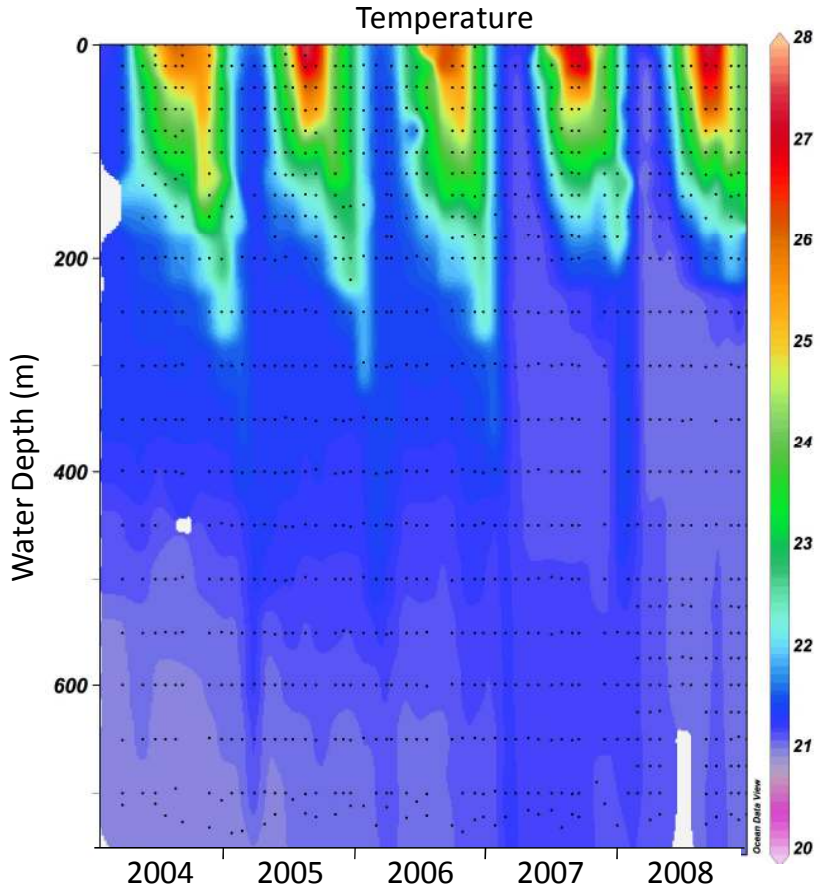
Figure D1: Temperature profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.

חמש השנים האחרונות (2004-2008) בתחנה A מאופיינות על ידי מחזור קירור-חימום עונתי המניע את מחזורי הערבוב-שיכוב בעמודת המים. בדומה לשנה הקודמת גם השנה עורבבה עמודת המים בתחנה A

לכל עומקה, והטמפרטורות היו אף מעט נמוכות יותר. בסוף השנה הנוכחית נותרו המים העמוקים קרים יותר מאשר בסוף השנה הקודמת אך בחודשי הקיץ התחממו המים בעומקי הביניים יותר מאשר ב-2007 (איור ד2). הטמפרטורה המירבית בפני הים הייתה השנה נמוכה מעט מזו של השנה הקודמת.

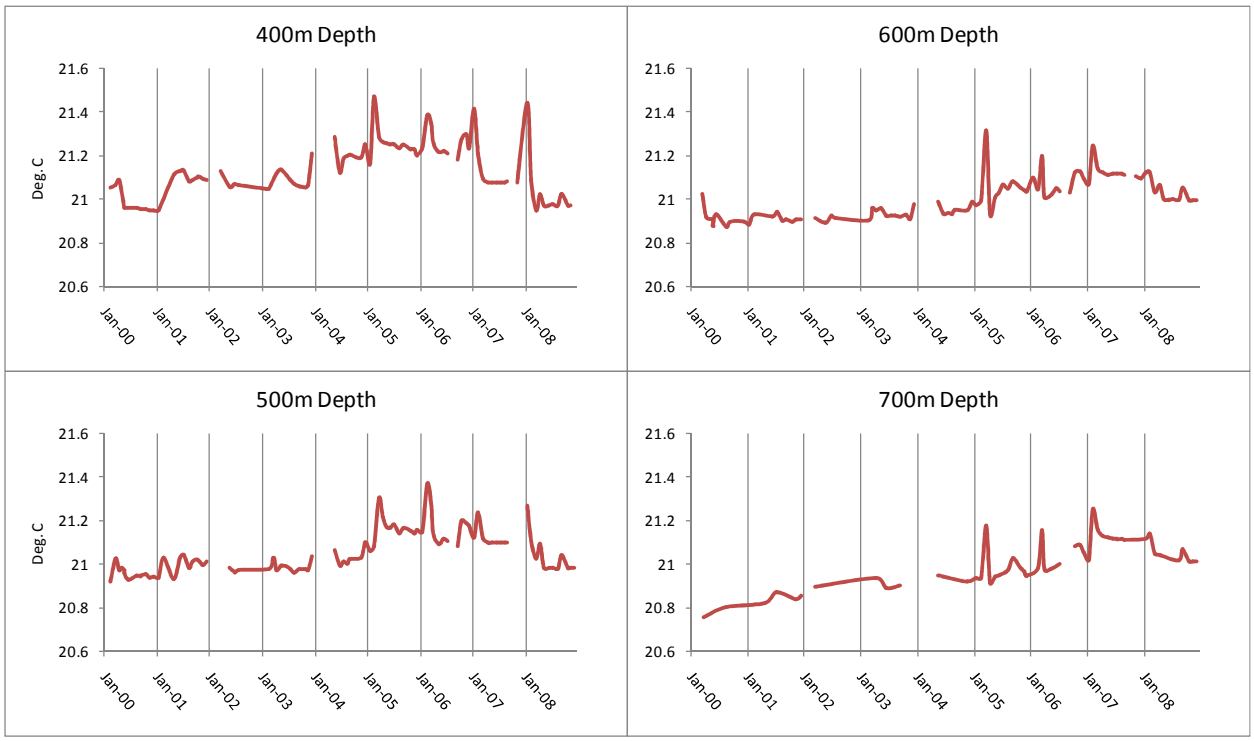
במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר), נראה שמגמת ההתחממות הדרגתית של מי העומק עליה דיווחנו בשנים קודמות לא המשיכה בשנת 2008 (איור ד3). מגמה זו ניכרה גם בשנת 2007 בה היה ערבוב עמוק אולם נראה כי השנה, בעקבות הערבוב העמוק השני ברציפות ההתחממות נעצרה. בעקבות החורף הקר יחסית של 2008 טמפרטורת מי העומק הייתה נמוכה מזו של שנת 2007.

בעומק 700 מטרים עלתה הטמפרטורה בין חודש מרץ 2000 לחודש מרץ 2007 ב- 0.4 ˚C ובין מרץ 2007 למרץ 2008 ירדה הטמפרטורה ב- 0.1 ˚C. בין אוגוסט 2000 לאוגוסט 2007 עלתה הטמפ' ב- ˚C 0.3 ובין אוג' 2007 ואוג' 2008 ירדה הטמפ' ב- 0.1 ˚C. נראה כי לאחר שנים ללא ערבוב לעומק זה בהן עלתה הטמפרטורה, שנות הערבוב העמוק 2007-2008 גרמו לירידה קלה של טמפרטורת מי העומק.



איור ד2: שינויי טמפרטורה בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D2: Changes in water temperature at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



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

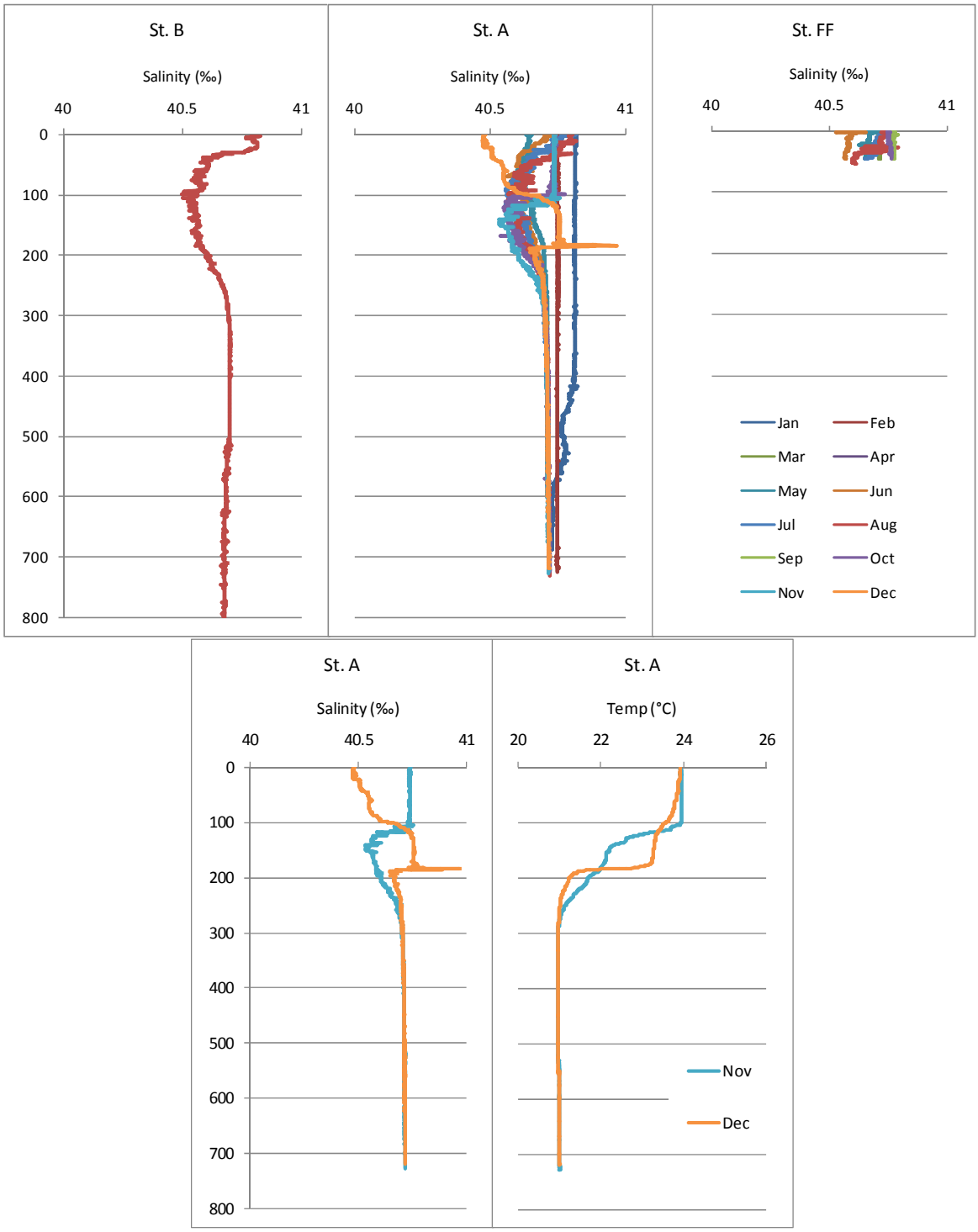
Figure D3: Changes in water temperature at depth (400m to 700m) at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.

<u>מליחות</u>

השנה התגלו בעיות במדידות המליחות על ידי מכשיר ה-CTD וכתוצאה מכך נשלח המכשיר לטיפול וכיול, ומדידות המליחות של החודשים מרץ-אפריל נפסלו.

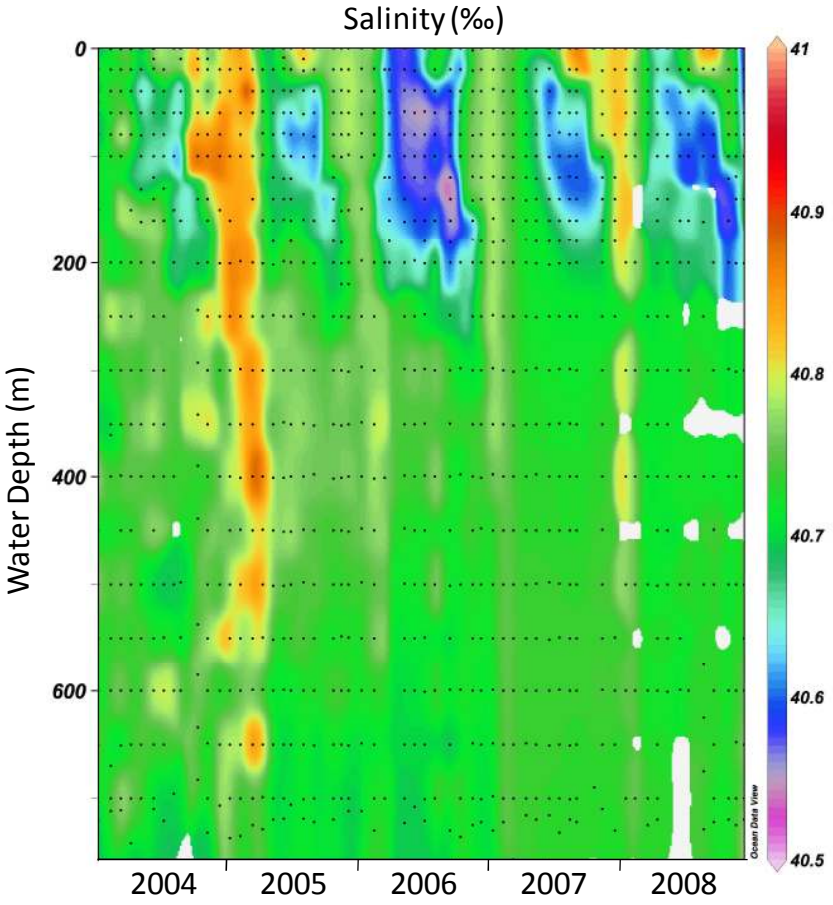
מדידות המליחות מראות את המחזור העונתי האופייני בהיווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים 25-200~ מטרים בתקופה המשוכבת. שכבת "המליחות המינימלית" בעמודת המים בתקופת השכוב נוצרת עקב חדירת מים עם מליחות נמוכה יותר בפני השטח שמקורם בדרום המפרץ בסוף החורף. מים אלה מתערבבים עם המים העמוקים יותר בשכבה 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.

בחודש דצמבר נראית חדירה של גוף מים זר המאופיין במליחות שונה (איור ד4). מבנה מליחות המים בעומקים של עד כ-180 מטר שונה באופן ניכר מזו של החודש הקודם. נראה כי בעומק של כ-110 מטר ישנו ערבוב של שני גופי מים. במבט על סדרת זמן נראית בבירור הופעת המים בעלי המליחות הנמוכה מדי קיץ, אולם בסוף קיץ 2008 נראה כי גוף מים זה "נדחק" לעומק גדול מהרגיל (איור ד5). שינויי המליחות בעמודת המים הינם מחזוריים בעיקרם, ועל אף תבנית מעט שונה משנה לשנה לא ניכרת מגמה של שינוי ארוך טווח.



איור 4ד: מליחות בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D4: Salinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



איור ד5: שינויי מליחות בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D5: Changes in salinity at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

ד.2. מדדים כימיים

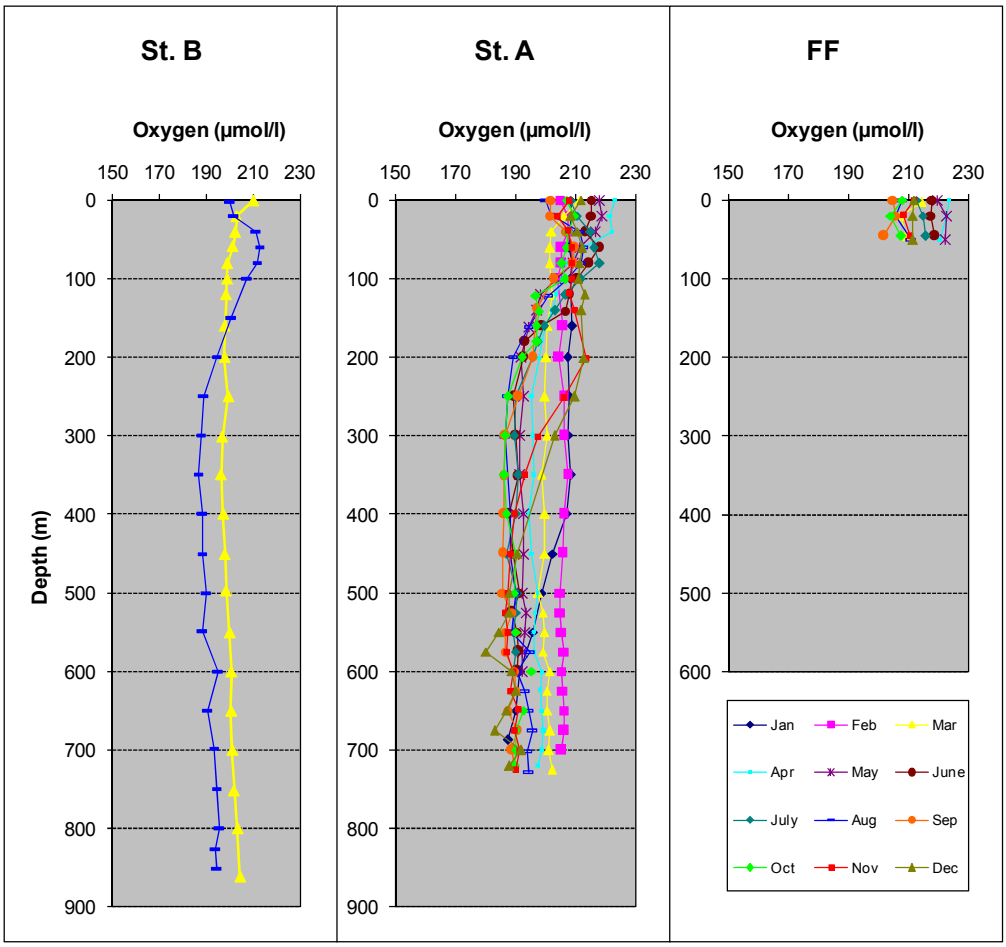
<u>חמצן (O_2)</u>

המחזור השנתי של שיכוב-ערבוב עמודת המים הוא הגורם העיקרי 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 המירבי (DCM), ועם עליית הטמפרטורות במים העליונים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן. ריכוז חמצן כמעט אחיד בעמודת המים נמדד השנה בחודש פברואר בלבד והחל מחודש מרץ כבר נמדדה עלייה בריכוז החמצן המומס קרוב לפני הים. בחודשי הקיץ ריכוז החמצן המרבי (השנה כ-216µmol/l) מצוי בעומק ה- DCM (40 עד 80 מטרים לערך) ומשם ירידה עם העומק לערכים של כ- 195µmol/l בקרבת הקרקעית (איור ד6). ערך זה גבוה מזה של שנת 2007 בה היה ריכוז החמצן המומס בחודשי הקיץ בקרבת הקרקעית כ- 180µmol/l.

בדרך כלל 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 עמוק בו מתערבבים מי העומק עם מים רדודים עשירים בחמצן. בהשוואה לשנים קודמות (מאז 2004) הערבוב בשנת 2007 היה עמוק במיוחד ש"אוורר" את מי העומק והעלה את ריכוז החמצן בהם

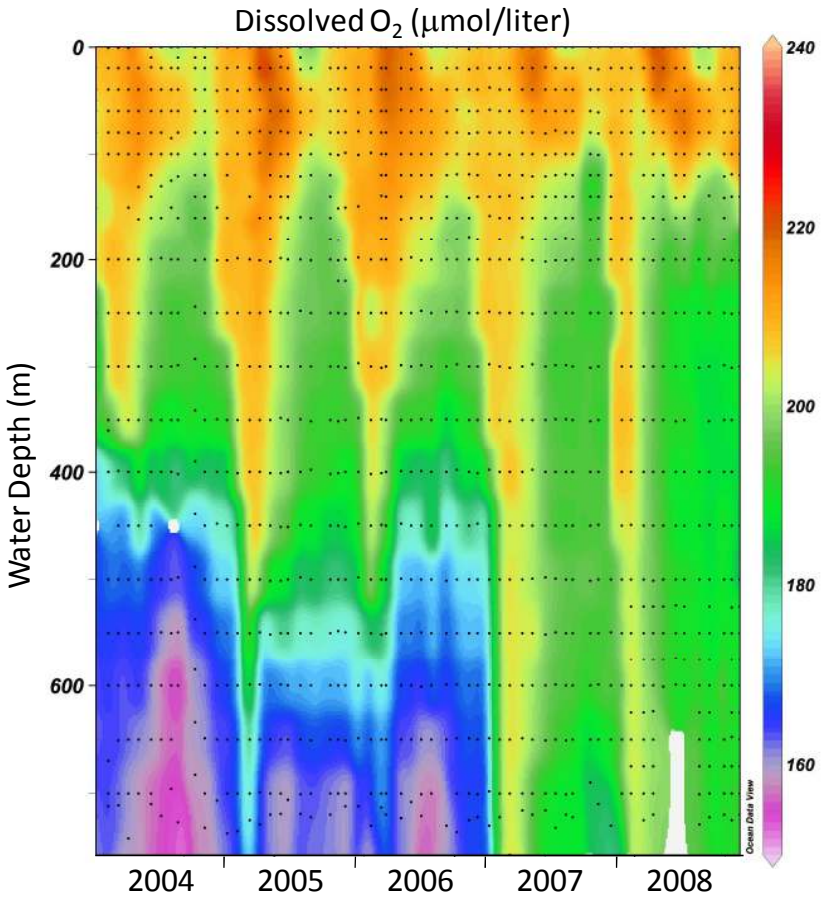
מעל ל-200µmol/l גם בסמוך לקרקעית בתחנות A ו-B. ריכוזי החמצן בעומק ירדו מעט לקראת סוף 2007 אולם הערבוב העמוק של השנה העלה שוב את ריכוזי החמצן בעומק (איור ד7). גם מאגר החמצן המומס בעמודת המים אשר עלה בעקבות הערבוב של 2007 חודש בערבוב השנה (איור ד8). יחד עם זאת נראה מחישובי מאגר החמצן המומס כי הערבוב השנה היה קצר יותר מערבוב השנה הקודמת (2007) ומאגר החמצן החל להידלדל מוקדם יותר השנה והגיע לערכים נמוכים יותר, אך עדיין גבוהים משמעותית מהערכים של השנים 2004-2006.

בשנים בהם הערבוב הגיע עמוק מספיק על מנת לאוורר את המים לריכוז חמצן של בערך 200µmol/l בעומק 500 מטר (השנים 2000, 2005, 2006, 2007, 2008) ובעומק 600 מטר (בשנים 2000, 2005, 2007, 2008), היה קצב ירידת ריכוז החמצן בחודשי הקיץ נמוך בשנים 2007-8 מאשר בשנים הקודמות (איור ד9).



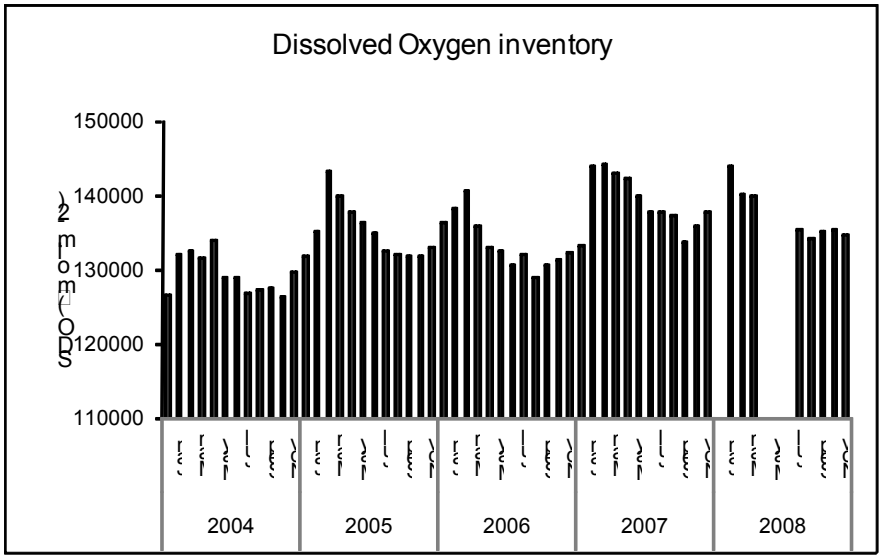
איור ד6: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

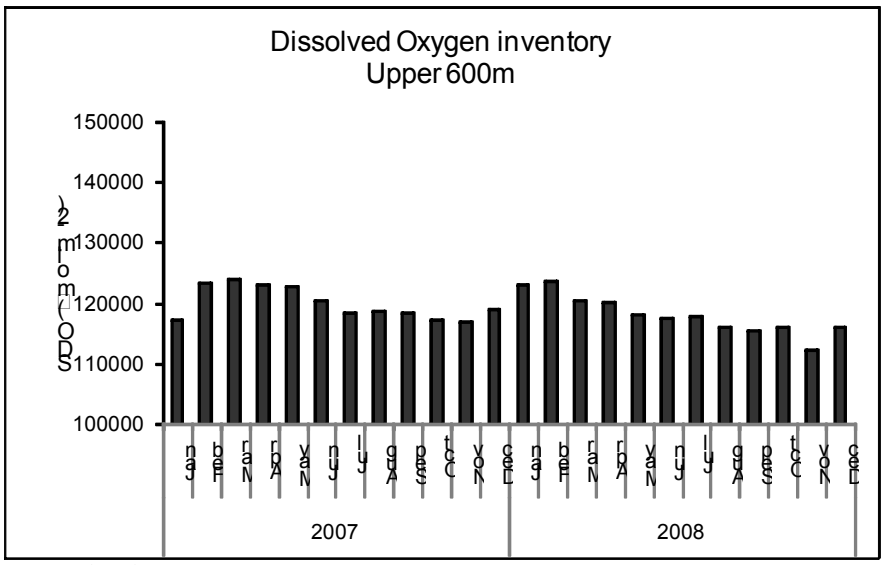
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



איור ד7: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

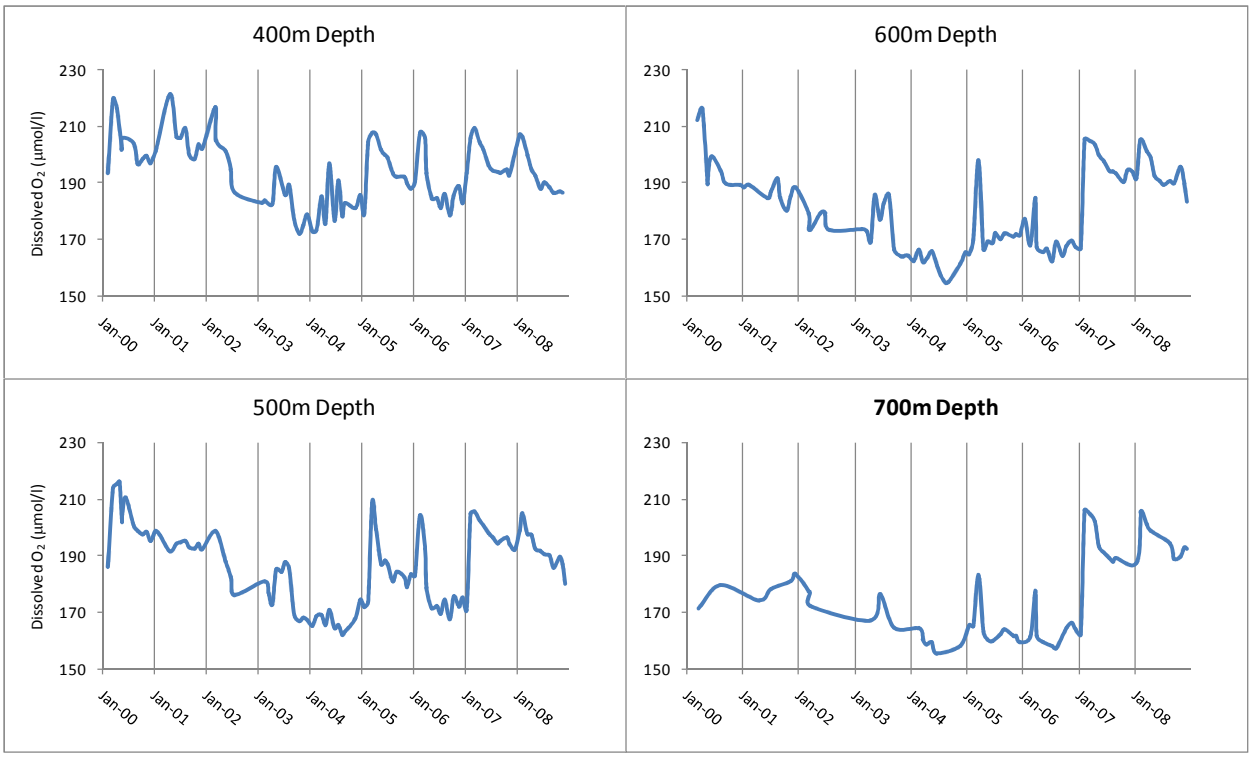
Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





איור ד8: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מפני הים עד עומק 700 מטר, למטה: בשנים 2007-8 עד עומק 600 מטר.

Figure D8: Changes in the dissolved oxygen inventory in the water column at Station A since 2004. Top: upper 700m, bottom: upper 600m in the years 2007-8.



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.

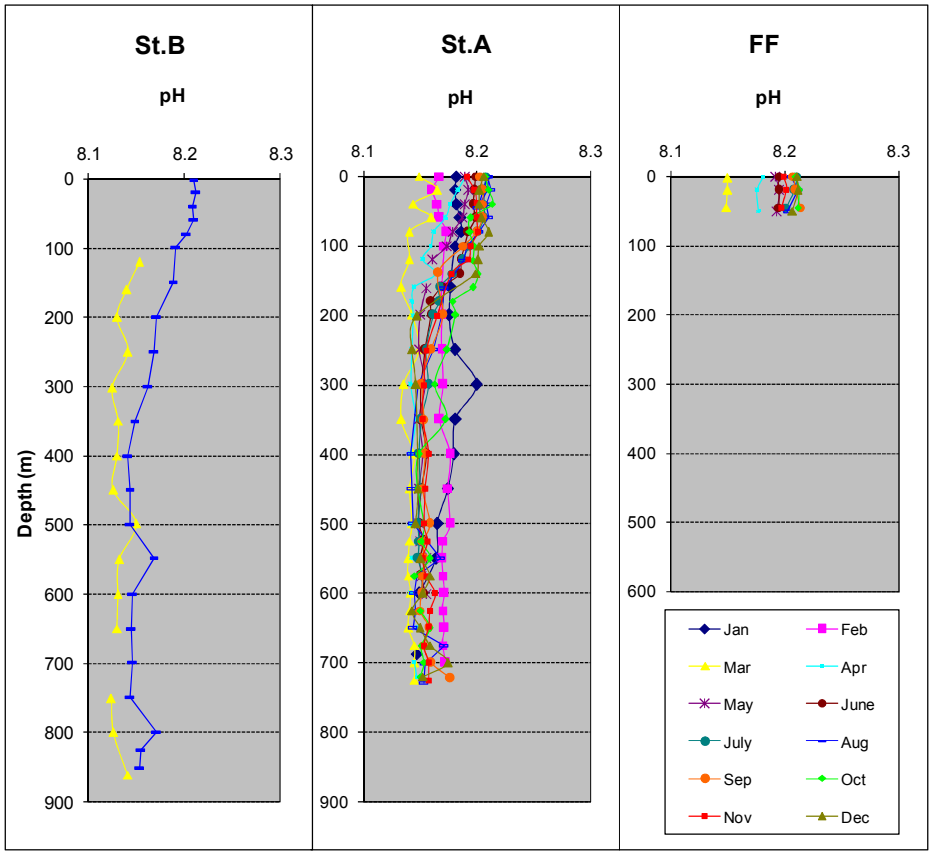
<u>רמת חומציות המים (pH)</u>

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 המכויילות 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.

ערכי ה-pH אשר נמדדו בשנים 2007-8, בשימוש עם תמיסות חדשות וכיול המדידה מוצגים להלן.

רמת החומציות בעמודת המים משתנים 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 (איור ד10). ערכי pH מירביים נמדדו קרוב לפני הים בסוף הקיץ (8.213, מעט נמוך יותר באשר בשנת 2007). בקרבת הקרקעית נמדד באותו זמן pH מעט נמוך יותר (8.144).

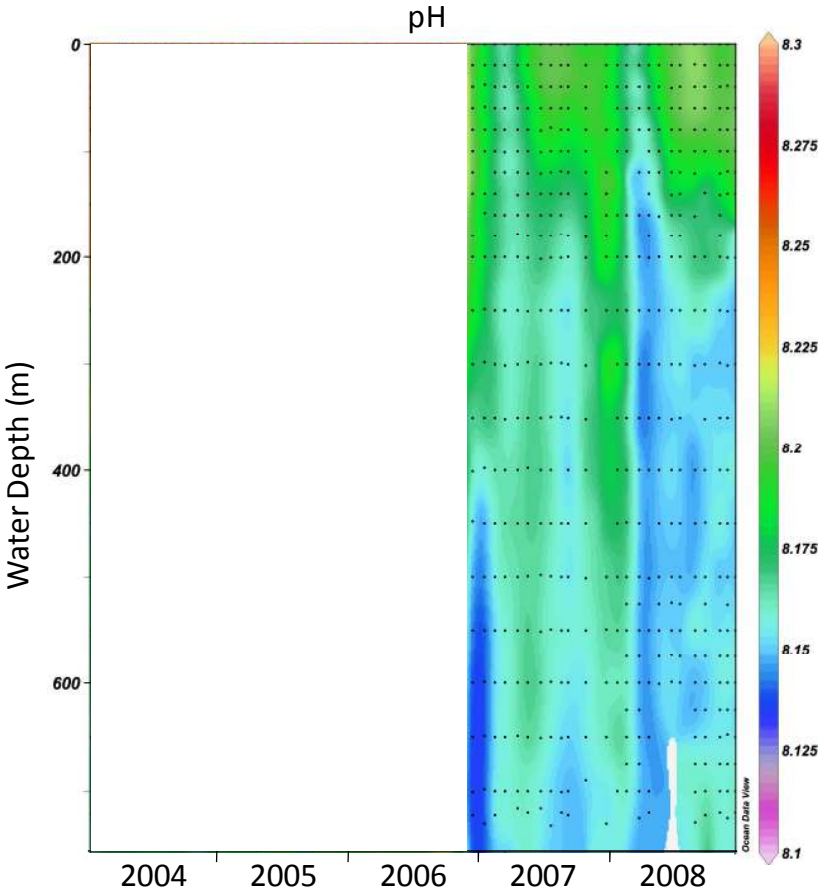
בשנה הקודמת נמדדו ערכי pH גבוהים יותר בתחנות הדרומיות מאשר בתחנות הצפוניות. השנה לא נמצא הבדל כזה בין התחנות.



איור ד10: ערכי רמת חומציות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D10: Depth profiles of pH values measured during monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.

הערבוב העמוק השנה הוריד את ערכי ה-pH בכל עמודת המים לערכים נמוכים מעט מאלה של התקופה המקבילה בשנה הקודמת (איור ד11). בתקופה המשוכבת עולה ערך ה-pH במים העליונים אולם הערכים בעומק נותרים נמוכים.



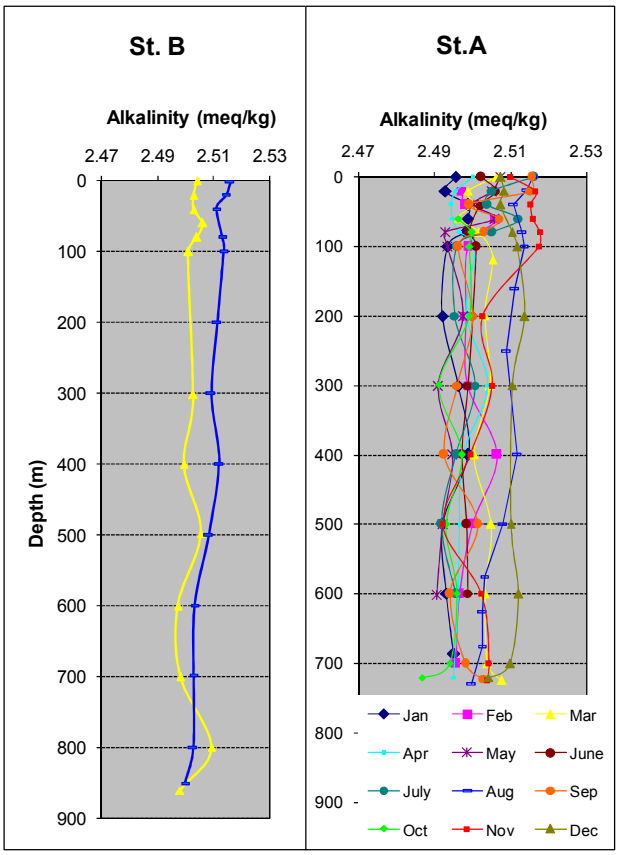
איור ד11: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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

<u>אלקליניות</u>

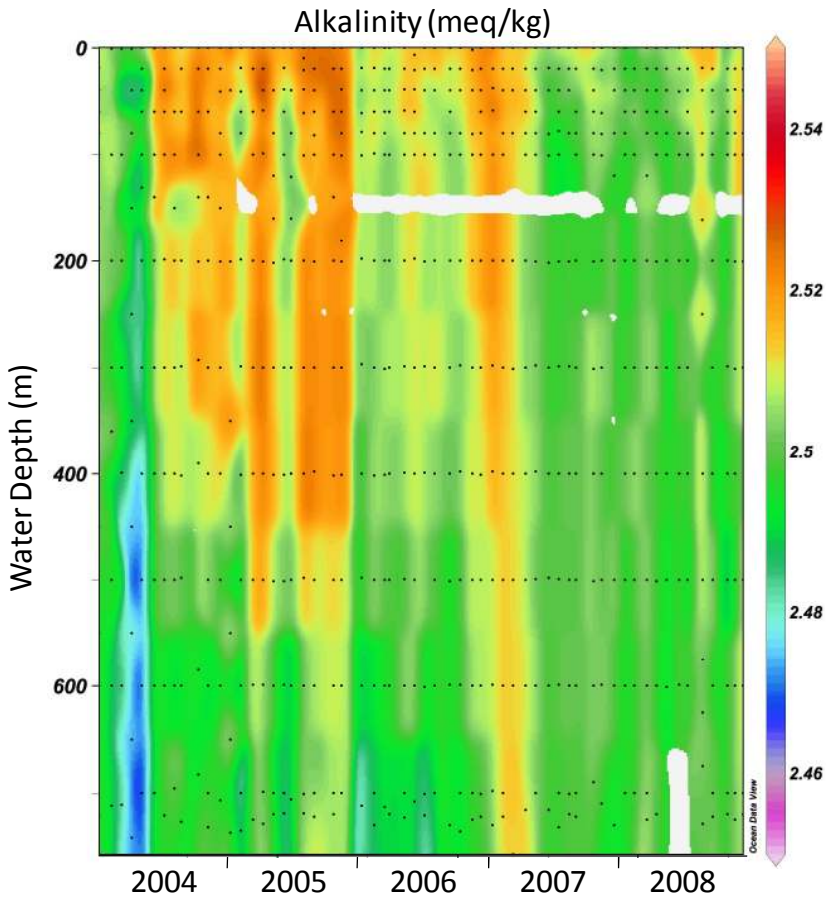
האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד (איור ד12), הן בשינויים העונתיים והן בין העומקים, משרעת ערכים מרבית של כ-0.025meq/kg בתחנה.

בטווח הארוך נראה כי ערכי האלקליניות בשנתיים האחרונות נמוכים מאלו של השנים 2004-5 (איור ד13).



איור ד12: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D12: Alkalinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



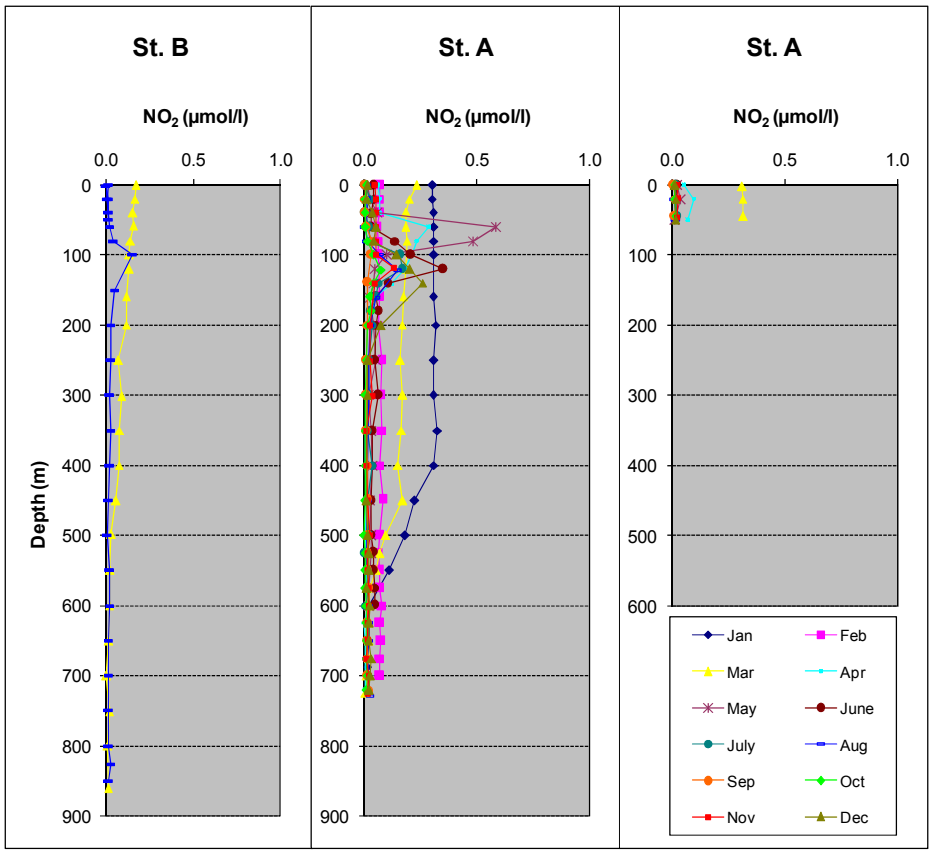
איור ד13: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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

<u>ניטריט (NO_2^-) וניטרט (NO_3^-)</u>

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 אנארובים, 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-200 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטריט גבוה יחסית (איור ד14). באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגאני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך. הריכוז המרבי של ניטריט נמדד גם השנה בחודש מאי, 0.585µmol/l בעומק 60 מטר בתחנה A.



איור ד14: ריכוזי ניטריט (NO_2^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D14: Nitrite (NO_2^-) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.

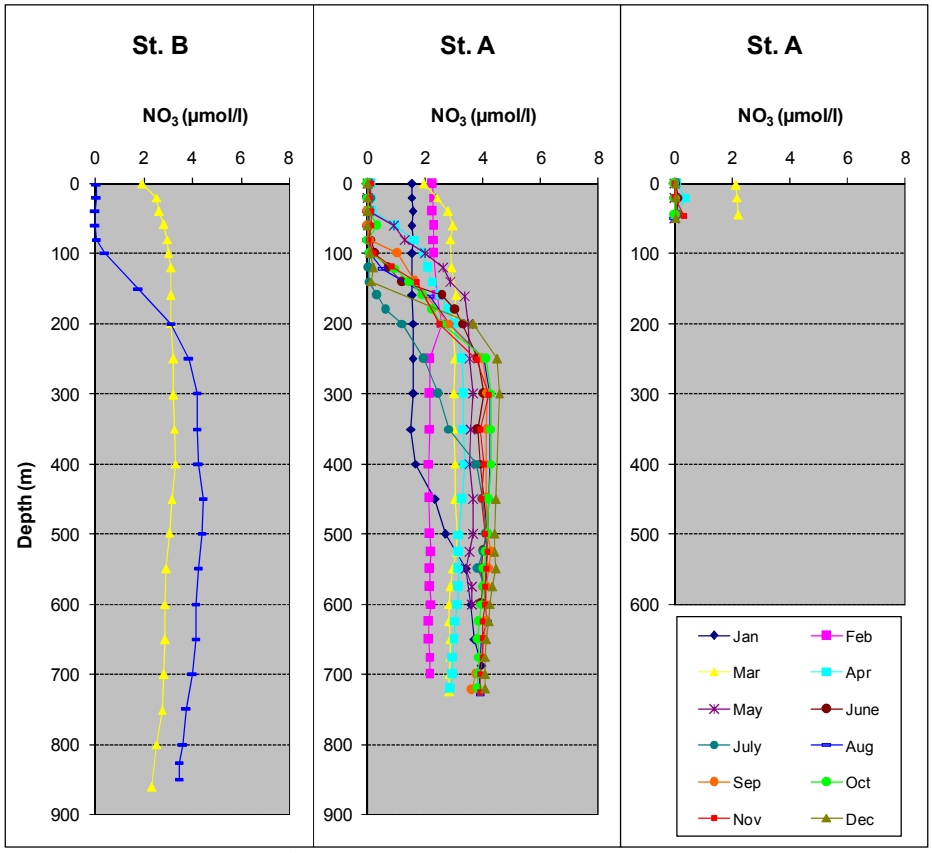
ניטראט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. הניטראט הינו התוצר הסופי של תהליך הניטריפיקציה שתחילתו חמצון בקטריאלי של אמוניה ועל כן מהווה מדד לכמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים העמוקים. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטח בניטראט המגיע מהעומק. קליטת הניטראט על ידי פיטופלנקטון בשכבה 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 ד15). בתקופת השיכוב ריכוז הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, בחודש פברואר, נמדד ריכוז מרבי של 2.257µmol/l בפני הים בתחנה A. בשנת 2007 נמדד ריכוז של 1.767µmol/l במים העליונים, ובשנת 2006 נמדד בפברואר ריכוז ניטראט מרבי של 0.895µmol/l. הערכים הגבוהים יותר של ניטראט במים העליונים בשנתיים האחרונות מעידים על הערבוב העמוק של השנים 2007-8 המביא נוטריינטים ממאגרים עמוקים. ריכוז הניטראט המרבי במי העומק הגיע השנה (2008) ל-4.3µmol/l בחודש דצמבר בתחנה A, נמוך משמעותית מהריכוזים שנמדדו במי העומק לפני שנות הערבוב 2007-8.

ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. החל משנת 2000, בה היה ערבוב עמוק נבנה מאגר של חנקן מחומצן (ניטריט+ ניטראט) במים העמוקים בחורף 5-2004 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. הערבוב העמוק והארוך של 2007 גרם לירידה חדה בריכוזי החנקן במי העומק ואלו נותרו נמוכים גם השנה (איור ד16). בחודש דצמבר השנה

נמדד ריכוז ניטראט של 4.075mmol/l בסמוך לקרקעית בתחנה A, לעומת 4.843µmol/l בחודש דצמבר 2007. השינוי במאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה (איור ד17). בעקבות הערבוב העמוק יחסית של 5-2004 נמדדה בשנת 2005 כמות ניטראט נמוכה מהערכים הגבוהים של 2004, אולם בתקופה המשוכבת של סוף שנת 2006 מאגר הניטראט חוזר לערכים הגבוהים של 2004. הערבוב של 2007 מצמצם את מאגר הניטראט באופן משמעותי, וכמות הניטראט בעמודת המים נותרה נמוכה יחסית עד לסוף השנה. הערבוב בתחילת 2008 הוריד שוב את מאגר הניטראט, אך בהמשך השנה עולה כמות הניטראט מחדש לערכים גבוהים משל שנת 2007, ערכים דומים לאלו של שנת 2005. הערבוב העמוק השני ברציפות השנה לא הוריד את מאגרי החנקן מתחת לערכי השנה הקודמת אלא להיפך, בסוף השנה כמות החנקן במים הייתה גדולה מזו של שנת 2007.

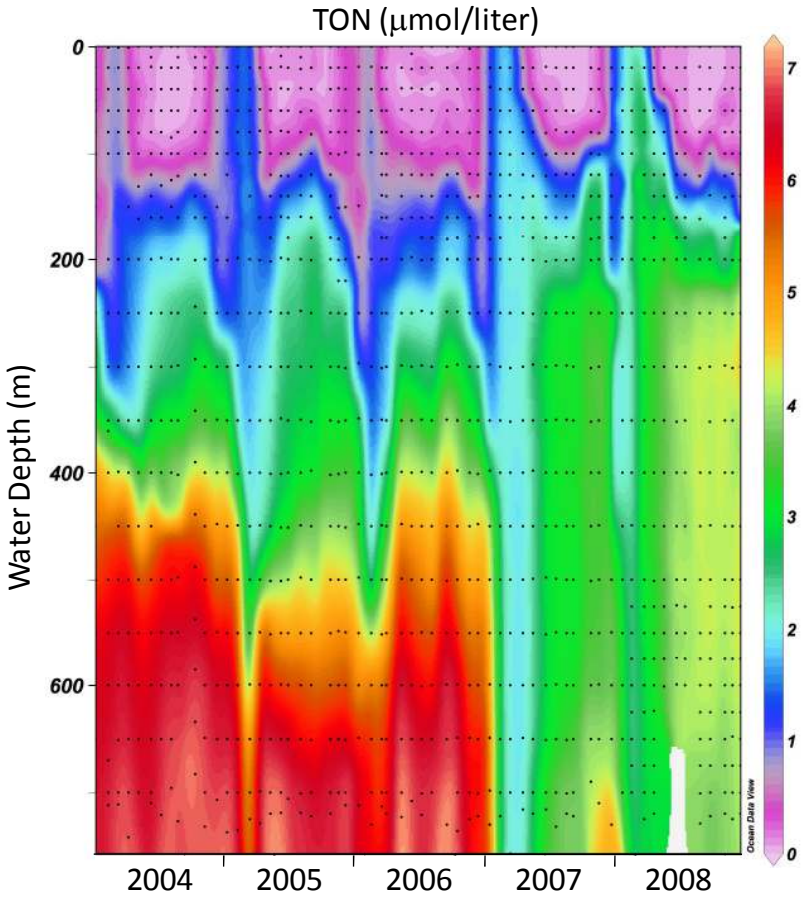
ריכוזי הניטראט המזעריים במים העמוקים היו בשנתיים האחרונות נמוכים מהערכים שנמדדו מאז שנת 2000, כאשר ערכי השנה הקודמת (2007) נמוכים מעט מערכי השנה (איור ד18). קצב עליית ריכוז הניטראט בשנתיים האחרונות נמוך גם הוא מהקצבים של השנים הקודמות – במשך שמונה החודשים שלאחר מדידת הריכוז המזערי בעומק 600 מטרים עלה ריכוז הניטראט בעומק זה בשיעור של 0.38µmol/l/month בשנת 2000, ב- 0.35µmol/l/m בשנת 2005, 0.20µmol/l/m בשנת 2007 ובקצב של 0.25µmol/l/m בשנת 2008.

גם כאן ניכר הבדל גדול בין השנים 2000-2006 והשנים 2007-8, וגם כאן קצב עליית הריכוז ב-2008 גבוה מעט מזה של 2007.



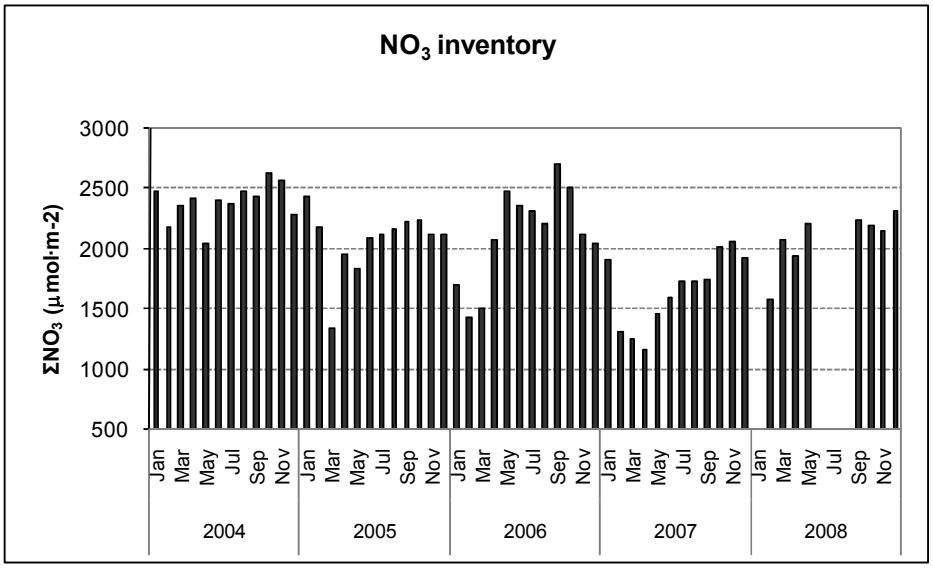
איור ד15: ריכוזי ניטראט (NO_3^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

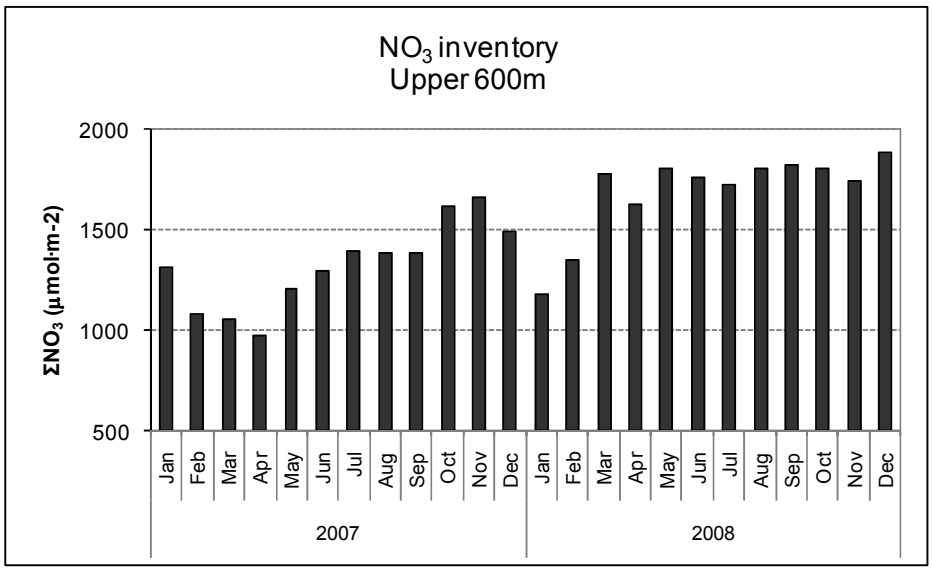
Figure D15: Nitrate (NO_3^-) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



איור ד16: שינויים בריכוז החנקן המחומצן (TON= NO_3+NO_2) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

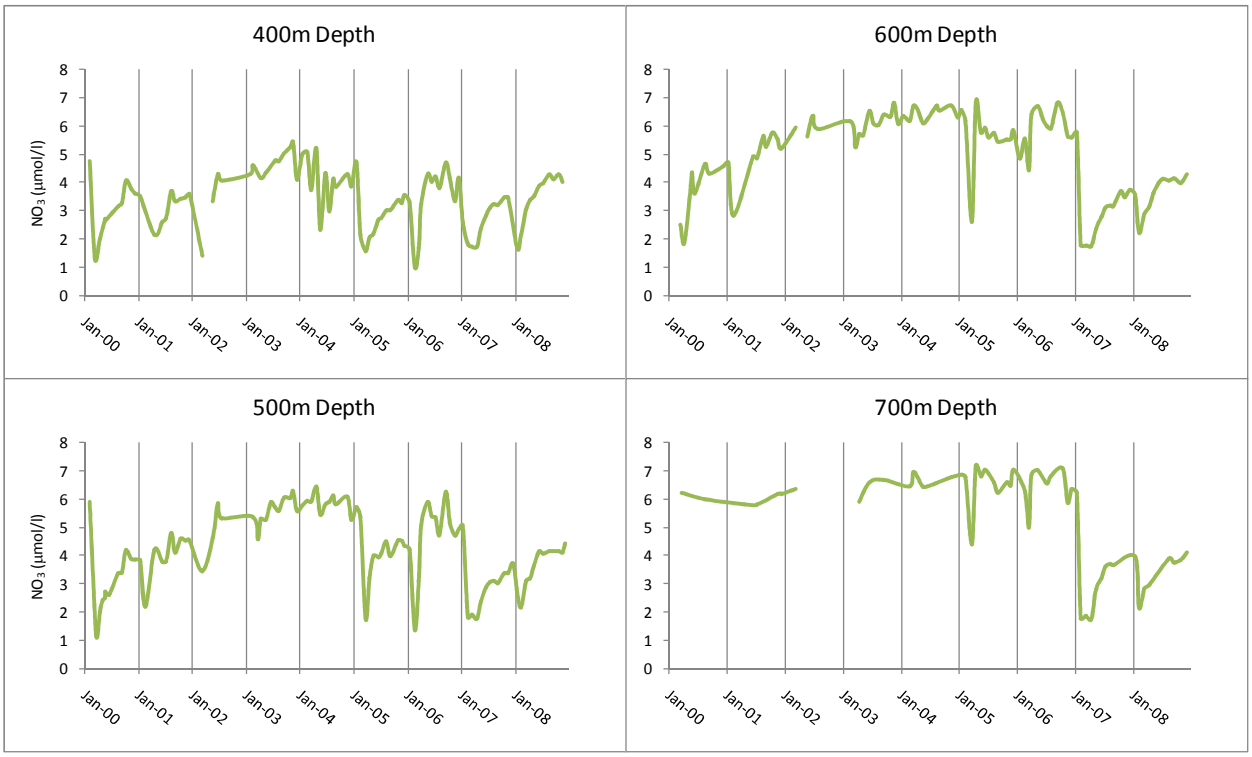
Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen (TON= NO_3+NO_2) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





איור ד17: 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 ד18: 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 וב. 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 J. Erez and B. Lazar.

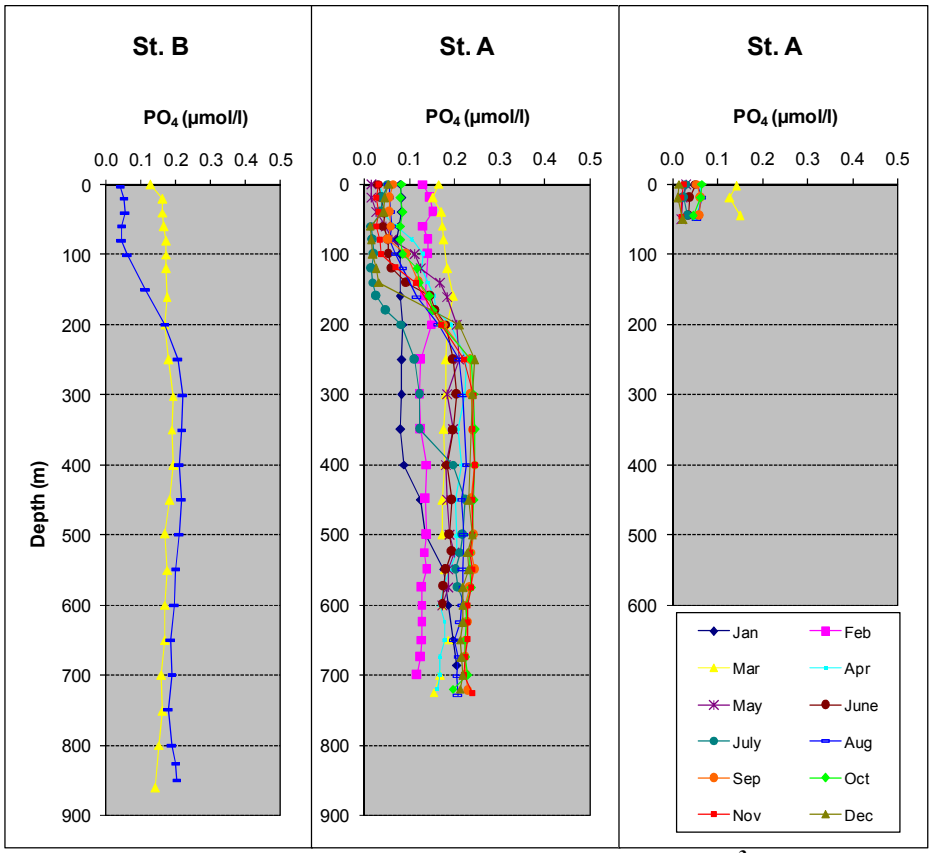
<u>פוספט</u>

בדומה לנוטריינטים אחרים, ריכוזי הפוספט בעמודת המים נמוכים בקרבת פני הים ועולים עם העומק (איור ד19). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגנים מהמים הרדודים לעמוקים ופירוקם שם, עולה ריכוז הנוטריינטים ובכלל זה הפוספט עם העומק. גם המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן, ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב אך ריכוזי הנוטריינטים אינם זהים. ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט), ונע בין 0016-0.164µmol/l בפני הים (בחודשים מרץ ומאי בהתאמה) ובמים העמוקים בטווח 0.117-0.237µmol/l (בחודשים פברואר ודצמבר). ריכוזים אלו מעט גבוהים יותר מהריכוזים שנמדדו בשנה הקודמת.

בעקבות הערבוב העמוק של 2007 ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי, ונותרו נמוכים גם השנה, אם כי במי הביניים ומים העמוקים הריכוז עלה מעט השנה על אף הערבוב העמוק (איור ד20). למרות זאת ריכוז הפוספט בעמודת המים נמוך מריכוזו בשנים שקדמו ל-2007. עד לסוף השנה נותר ריכוז הפוספט במים העמוקים נמוך מבכל השנים מאז 2004, בדומה לריכוזי החנקן.

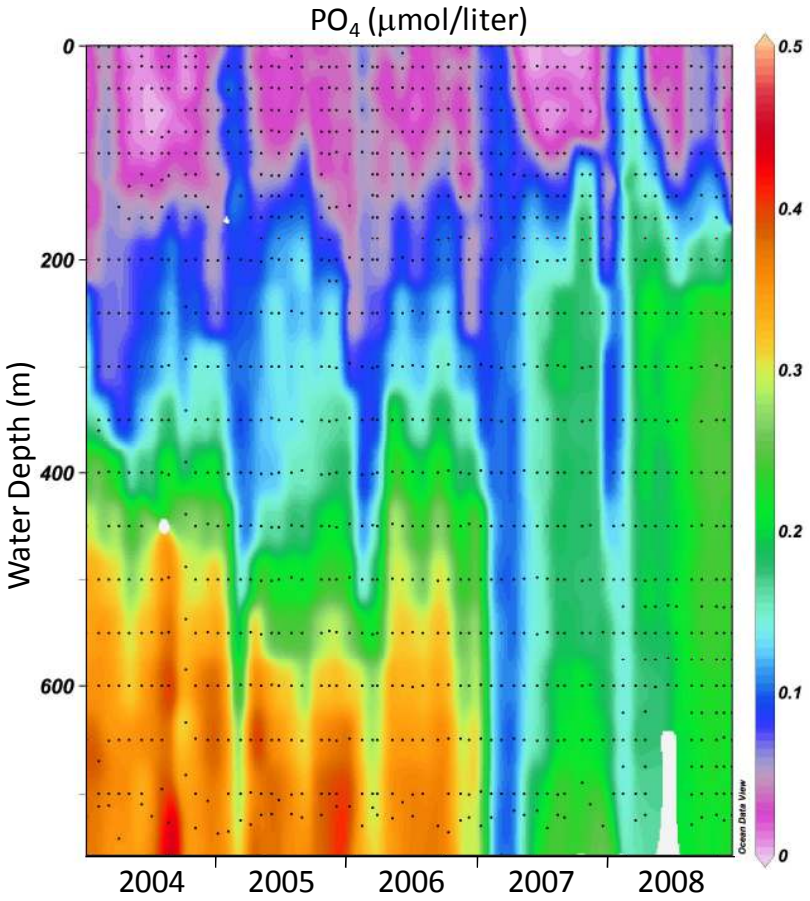
מאגר הפוספט בעמודת המים הצטמצם גם הוא בערבוב 2007, אולם אחרי הערבוב העמוק של 2008, בסוף השנה עולה כמות הפוספט האצורה בעמודת המים לערכים דומים ואף גבוהים משל השנים 2004-6 (איור 21).

נתוני 2008 מצביעים על אי המשכיותה של העלייה הקלה ביחס N:P, עליה דווח בדוח"ות השנים האחרונות (איור ד22).



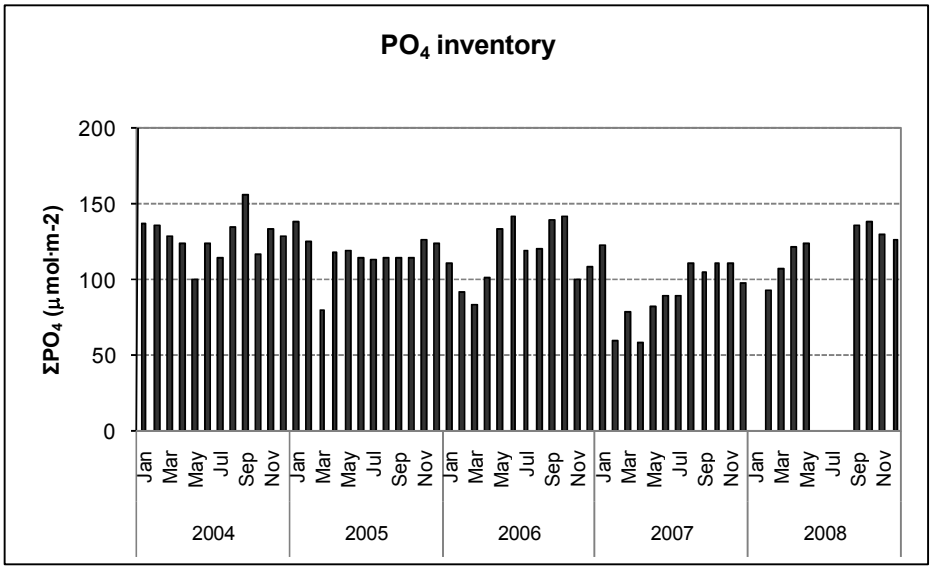
איור ד19: ריכוזי פוספט (PO_4^{-3}) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

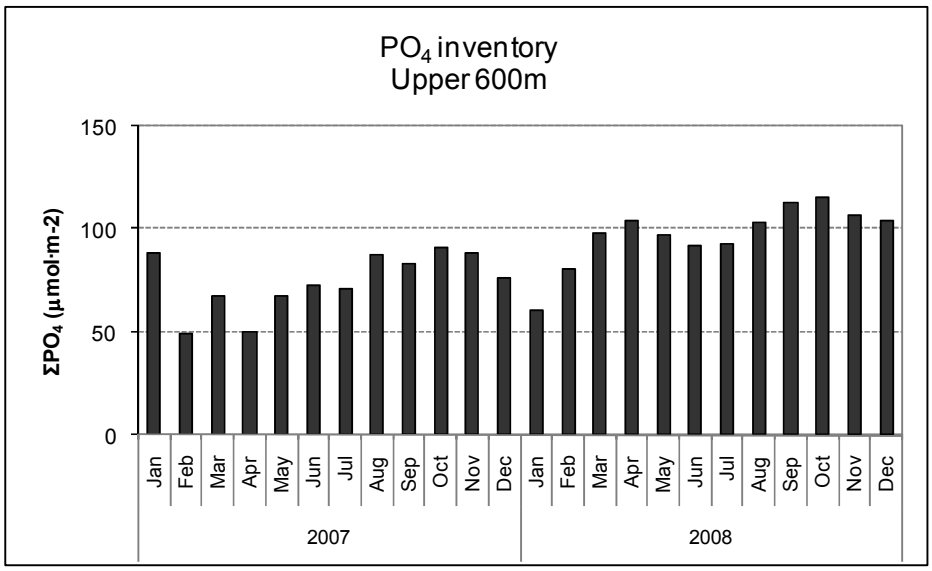
Figure D19: Phosphate (PO_4^{-3}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



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

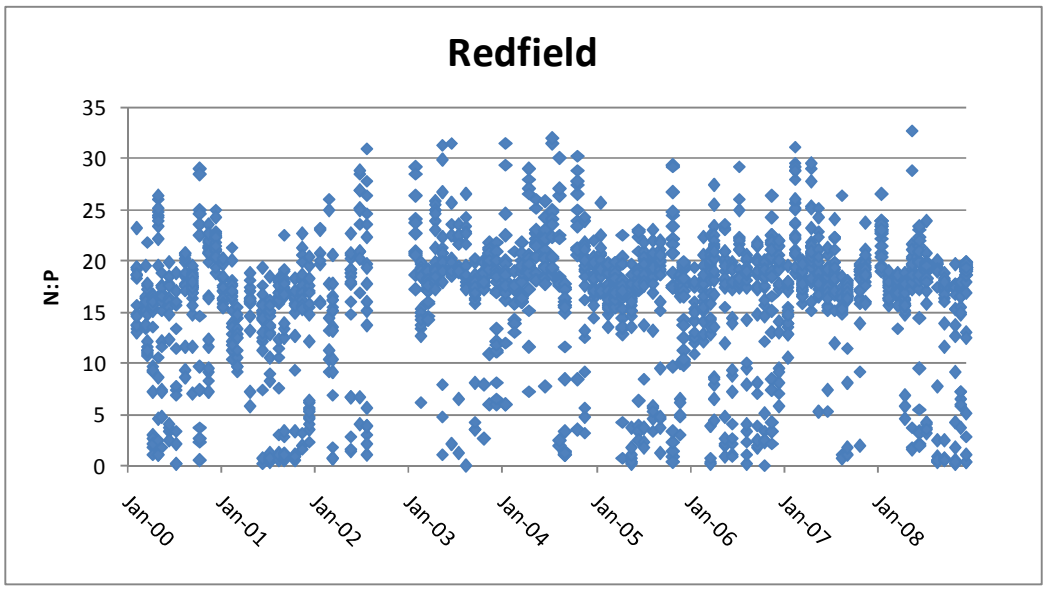
Figure D20: Changes in the concentration of phosphate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





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.



איור ד22: יחס חנקן לזרחן בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר. הקו האדום הוא קו המגמה של כל נקודות המדידה.

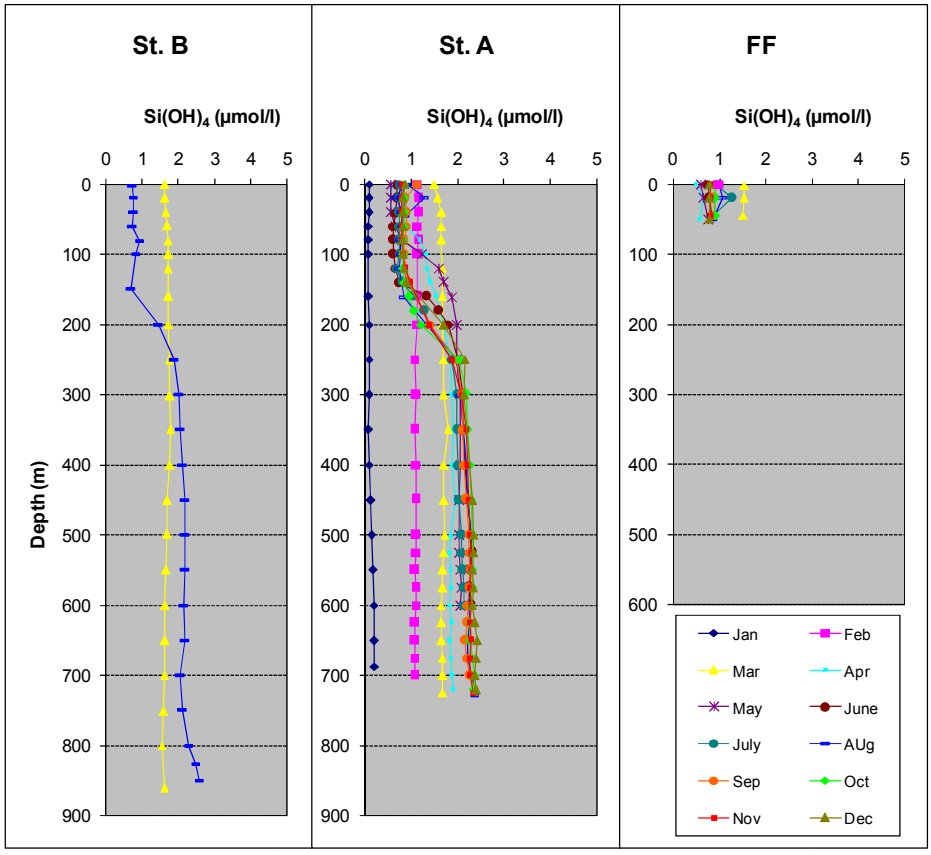
Figure D22: The N:P ratio at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar. Red line is the regression line for all data points.

<u>סיליקה</u>

המחזור העונתי אינו בולט בריכוזי הסיליקה, ולאורך כל השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים (<300 מטר) נמוכים ביחס לעומק וכמעט קבועים. במים העמוקים ריכוז הסיליקה גדל עם העומק. יחד עם זאת, בשיא הערבוב (חודש פברואר) עולה מעט ריכוז הסיליקה במים העליונים ואחריו ישנה עליה בערכי הסיליקה בסמוך לקרקעית (איור ד23). 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 בריכוז הסיליקה במים העמוקים עשויה להצביע על נוכחות אצות צורניות.

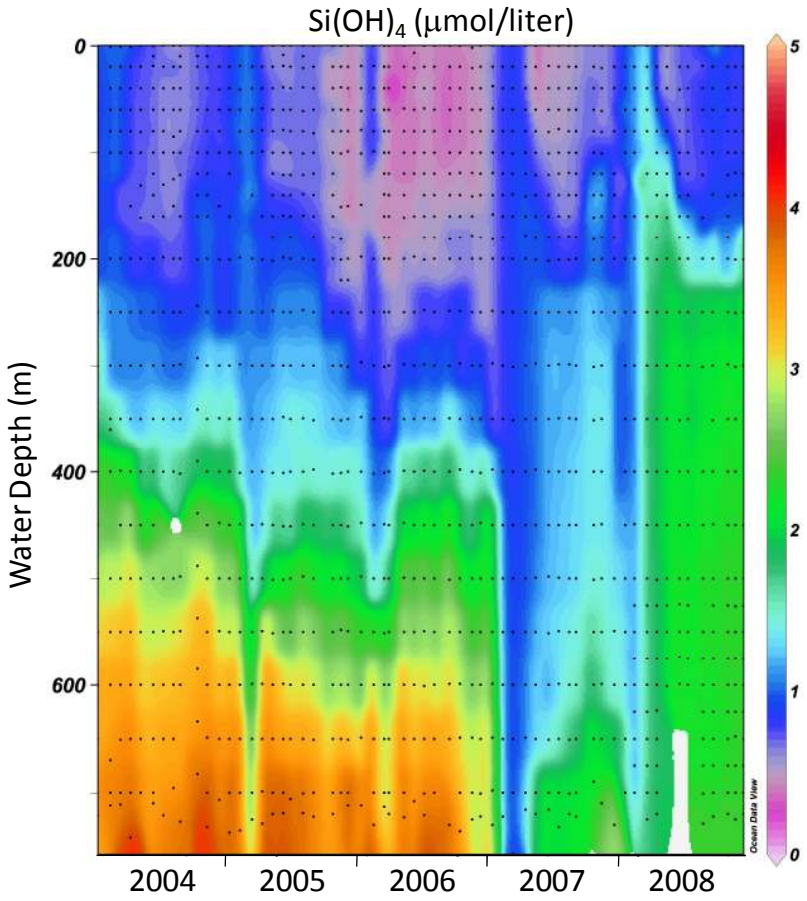
השנה החלו ריכוזי הסיליקה במים העליונים שוב לעלות, לאחר שבשנה הקודמת נשמרו ריכוזים נמוכים לאורך כל השנה. במקביל גם ריכוז הסיליקה במים העמוקים עלה בהשוואה לשנה הקודמת אך עדיין הינו נמוך משמעותית מהריכוז בשנים 6-2004 (איור ד24). תמונה זו דומה לנוטריינטים אחרים, כמפורט למעלה.

מאגר הסיליקה בעמודת המים, שהגיע לערכים נמוכים ביותר בשנה הקודמת, החל גם הוא להצטבר השנה, על אף הערבוב העמוק (איור ד25). כמות הסיליקה בעמודת המים בקיץ השנה גבוהה אף מכמות הסיליקה בשנים 6-2005, וזאת מכיוון שריכוזי הסיליקה גבוהים יחסית על פני רוב העמודה ואילו בשנים ההן היו הריכוזים גבוהים יותר – אך רק במי העומק. הריכוז הגבוה בכל עמודת המים השנה, יחד עם העלייה במאגר הסיליקה המומס זו עשוי להצביע על ירידה בצפיפות האצות הצורניות ומעבר הסיליקה למאגר האי-אורגני המומס בעמודת המים.



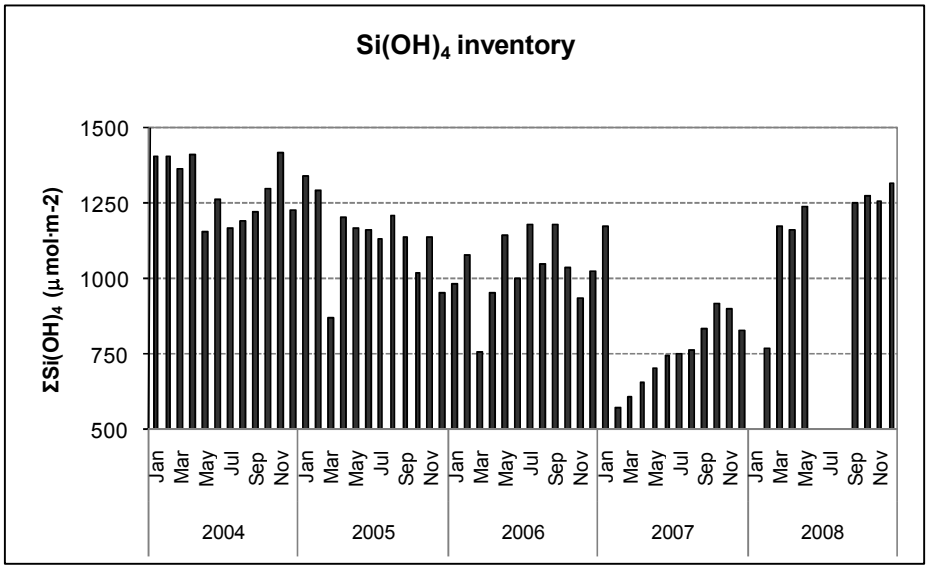
איור ד23: ריכוזי סיליקה ($Si(OH)_4$) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

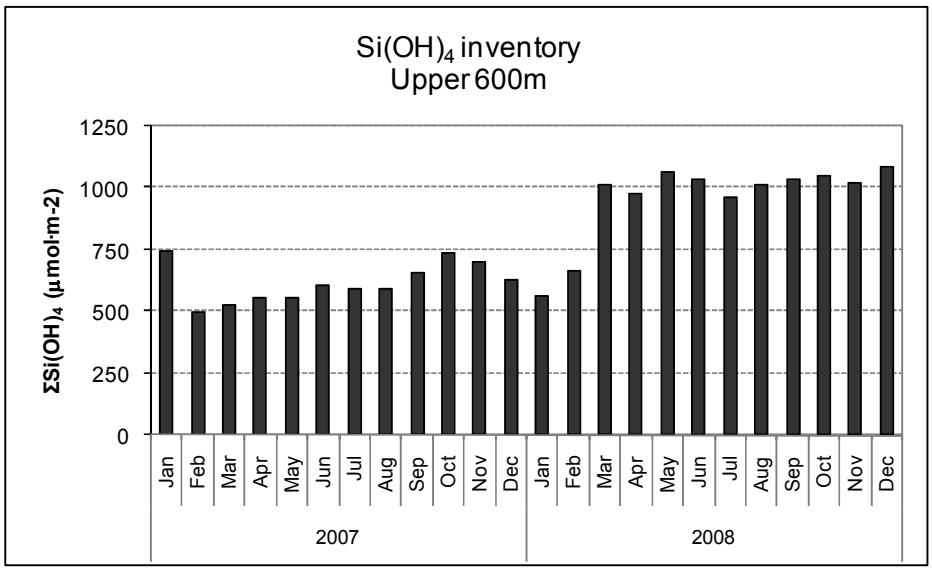
Figure D23: Silicate ($Si(OH)_4$) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



איור ד24: שינויים בריכוז הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D24: Changes in the concentration of silicate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





איור ד25: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D25: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.

ד.3. מדדים ביולוגיים

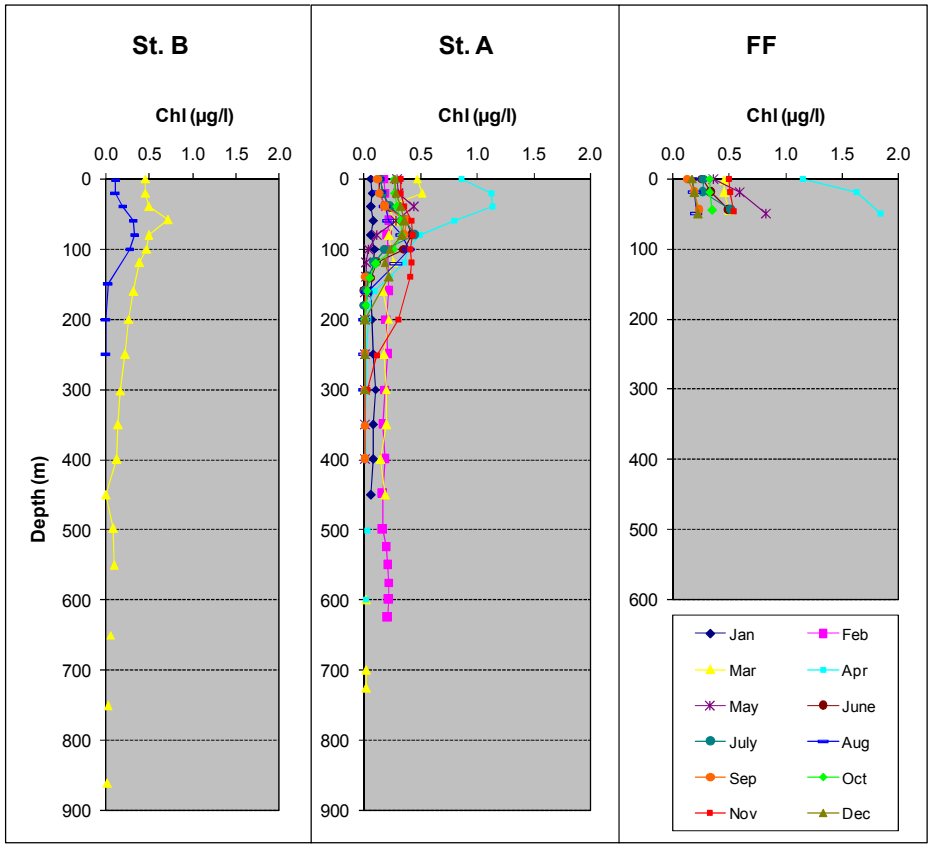
<u>כלורופיל *a*</u>

כלורופיל *a* הוא הפיגמנט הפוטוסינטטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלקית) לכמות האצות והפעילות הפוטוסינתטית בעמודת המים. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתית של ריכוזים אחידים ונמוכים יחסית בתקופת החורף המעורבבת ועלייה בשכבת המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב (איור ד26). התקופה המשוכבת מתאפיינת בריכוז מירבי 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.

מאז שנת 2004 נצפתה עלייה בריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המירבי" (איור ד27). מגמה זו נמשכה גם השנה, כאשר בעקבות הערבוב העמוק נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד של כלורופיל *a*, גבוהים אף מאלה של השנה הקודמת.

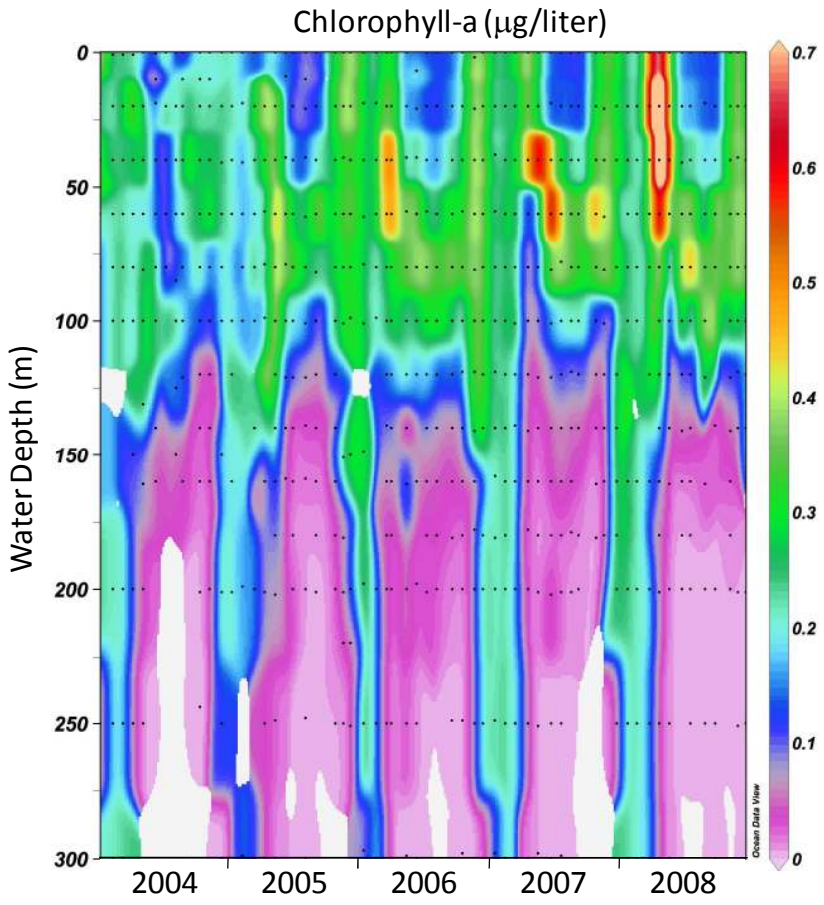
ריכוז הכלורופיל המירבי השנה בתחנה A היה 1.137mg/l בעומק 40 מטר, חודש אפריל. לשם השוואה, בשנה הקודמת היה ריכוז הכלורופיל המרבי 0.760mg/l בעומק 60 מטרים בחודש יוני, ובשנת 2006 הגיע ריכוז הכלורופיל ל- 0.660mg/l בעומק 40 מ' בחודש מרץ. הבדלים אלה עשויים לנבוע מהבדלים בעומק הערבוב וכמות הנוטריינטים שהועלו מהעומק באמצעות הערבוב. בעקבות הערבוב העמוק של השנה הקודמת ירד ריכוז הנוטריינטים במי העומק בתחנה A, ועל כן צפוי היה ריכוז כלורופיל נמוך יותר השנה על אף הערבוב. בפועל הן ריכוז הכלורופיל והן ריכוזי הנוטריינטים המרביים אשר נמדדו השנה היו גבוהים יותר מאשר בשנת 2007, והדבר מעיד ככל הנראה על ערבוב עמוק יותר אשר הגיע למים עמוקים ועתירי נוטריינטים מדרום לתחנה A אשר לא ערבבו בשנה הקודמת. ריכוזי כלורופיל מרביים נצפו השנה מוקדם מאשר בשנת 2007 (חודש אפריל לעומת יוני) ועובדה זו מצביעה כנראה על משך זמן הערבוב העמוק, אשר היה ארוך יותר בשנה הקודמת.

במבט לטווח ארוך יותר על ריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המירבי (איור ד28) נראה כי מאז הערבוב העמוק של שנת 2000 (640 מטרים) בו נמדדו ערכי כלורופיל גבוהים במיוחד, ישנה מגמה של עלייה בריכוז הכלורופיל, בפרט במשך פריחת האביב. השנה היו ריכוזי הכלורופיל "בשכבת המקסימום העמוקה" (Deep Chlorophyll Maximum) הגבוהים ביותר מאז שנת 2000.



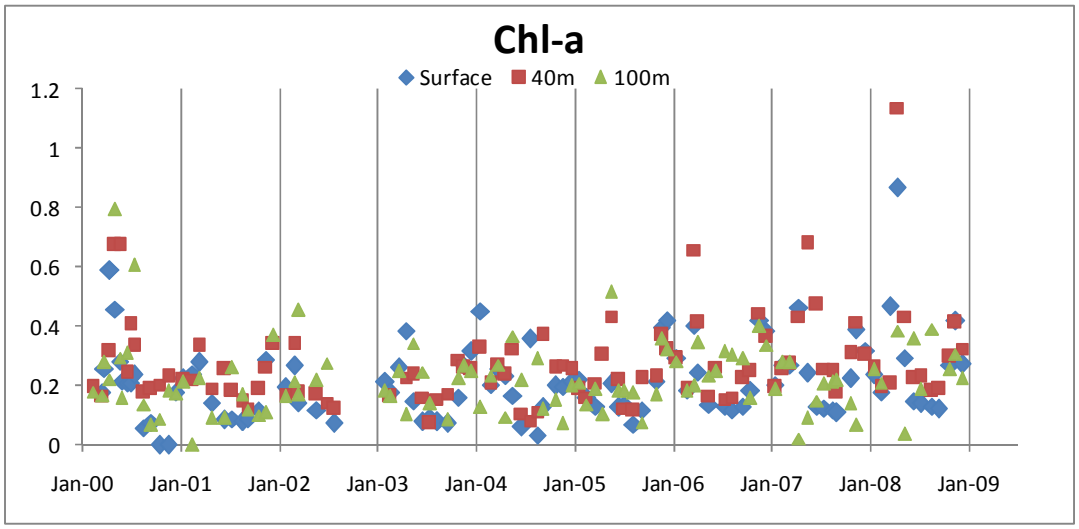
איור 26ד: ריכוזי כלורופיל *a* בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D26: *Chlorophyll-a* concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



איור ד27: שינויים בריכוז כלורופיל *a* בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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



איור ד28: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בעומקים 40 ו- 60 מטרים. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר.

Figure D28: Concentrations of *chlorophyll-a* at Station A at water depths of 40 and 60 meters since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.

<u>דיון</u>

הדינאמיקה העונתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה ברורה במדידות השנה החולפת. המחזור השנתי מורכב מירידת טמפרטורות בפני הים המביאה בחורף לערבוב של המים העליונים עם המים התחתונים ותוך כך העלאת נוטריינטים מהעומקוהעשרת המים העמוקים בחמצן. כשמתחילה העונה החמה התחממות המים העליונים יוצרת שיכוב פיסיקלי 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 הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק.

ערבוב עמודת המים היה השנה ככל הנראה עמוק אף מהערבוב של השנה הקודמת, אם כי נמשך זמן קצר יותר והיה יציב פחות. השפעת הערבוב הורגשה הן בריכוזים הגבוהים של נוטריינטים וכלורופיל אשר נמדדו בעמודת המים בתחילת האביב. ערכים אחידים, המעידים על ערבוב העמודה, נמדדו עד לקרקעית בתחנה A בחודשים פברואר ומרץ, ועד לקרקעית בתחנה B (השנה בעומק כ-860 מטרים) בהפלגה המשותפת עם תכנית הניטור הירדנית בחודש מרץ. ערבוב זה הוא השני ברציפות לאחר הערבוב העמוק והארוך של השנה הקודמת, 2007. בזמן הערבוב נמדדו ערכים קיצוניים יותר השנה מאשר בשנה הקודמת, אולם בחודשים שלאחר מכן ניכר כי השינוי הגדול בהרכב עמודת המים היה בשנת 2007. בחודשים שלאחר הערבוב השנה עלתה כמות הנוטריינטים מעבר לערכי השנה הקודמת, אם כי עדיין ערכים אלה נמוכים משמעותית מאלו המוכרים במפרץ בעשור האחרון. רבות מהמגמות המדאיגות שנצפו בשנים האחרונות נמחקו בשנה הקודמת ונשמרו בערכים דומים גם השנה - מאגר הנוטריינטים במי העומק הידלדל באופן משמעותי ומאגר החמצן התחדש. יחד עם זאת נמדדו השנה ריכוזי כלורופיל (פריחת אצות פלנקטוניות) גבוהים במיוחד בעת פריחת האביב אשר מחזקים את המגמה הנצפית של עלייה בריכוז כלורופיל בעונה זו מאז 2004 לפחות. בעוד שרבות מהמגמות הכימיות אחריהן עקבנו בשנים האחרונות נראות כעת כמו מחזורים רב-שנתיים המצומדים למחזורי הערבוב העמוק, העלייה בפריחת האצות בים בפתוח עדיין יכולה לציין מגמה. השנים הבאות יוכלו להאיר נקודה זו – האם ירדו ריכוזי הכלורופיל המרביים לערכים של 2001-2 או שמא יוותרו גבוהים בדומה לערכי 2006, בה לא היה ערבוב משמעותי.

במאגר הסיליקה, אשר הידלדל מאד בשנה הקודמת חלה השנה עלייה משמעותית אשר הביאה לחידוש המאגרים לרמות של לפני 2007. מצד אחד נדמה כי סיליקה נצרכה פחות במים העליונים ומצד שני, על אף שהריכוזים לא עלו לערכים של לפני 2007, מאגר הסיליקה השנה היה מעבר למדידות בשנים 6-2005. יתכן שפריחה מסיבית של אצות צורניות הוגבלה השנה על ידי גורמים שונים (כדוגמת זמינות חנקן) וירידת שיפעתן גרמה למעבר הסיליקה למאגר האי-אורגני המומס בעמודת המים.

בתוכנית הניטור אין עדיין נתונים מספיקים לבחון קיומה של מגמת העשרה בנוטריינטים ודלדול מאגר החמצן בטווח של עשרות שנים ועל פני מספר מחזורים של "ערבוב עמוק". בשנים הבאות, לאחר השנתיים אחרונות של ערבוב עמוק (8-2007) אולי ניתן יהיה להפריד בין 'מגמה' לשינויים עונתיים מחזוריים.

מגמת החימום של מי העומק לא נמשכה השנה, ולאחר הערבוב טמפרטורות מי העומק לא עלו לערכים גבוהים מערכי השנה הקודמת. טמפרטורת המים בעומק ירדה מעט השנה, אולם אין עדיין חזרה לערכי הטמפרטורה של תחילת העשור. יתכן שדרושות מספר שנים "קרות" וערבוב עמוק על מנת ליצור שינוי בחום המים, ואילו המדדים הכימיים מגיבים מהר יותר בזכות הפעילות הביולוגית. אולם, אין די בנתונים שבידינו לומר בוודאות האם מגמת החימום נבלמה או תימשך בשנים הבאות בהן לא יהיה ערבוב עמוק בדומה לשנתיים האחרונות.

ה. מדידות רציפות

ה.1. כלורופיל

<u>מטרה</u>

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

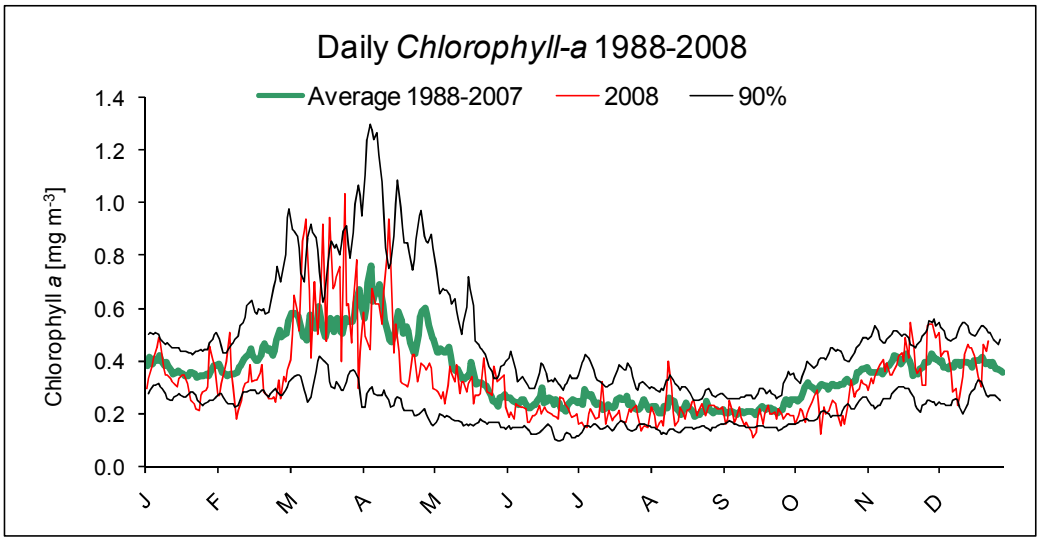
<u>שיטות</u>

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 100µm 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- 4ºC. האצטון כלל בופר של מגנזיום קרבונט. מדידת ריכוז הכלורופיל מתבצעת בפלואורומטר (Turner Designs TD-700) ומכוילות באמצעות מדידה יומית של סטנדרט עם הדוגמאות.

מדידות אלה נערכות במתכונת זו מאז שנת 1988, ומספקות מדד ארוך טווח מעבר לתקופת פעילותה של תוכנית הניטור.

<u>תוצאות</u>

השנה הגיע ריכוז הכלורופיל בפני השטח בסמוך לשונית לערכים מרביים מוקדם מהצפוי על פי המחזור העונתי הממוצע מאז 1988 (איור ה1). המחזור העונתי, הכולל ריכוז כלורופיל *a* גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ, מציג לרוב ערכים מרביים בחודש אפריל ואילו השנה הערכים המרביים נמדדו בחודש מרץ. בשנה הקודמת נמדדו שיאי ריכוז כלורופיל גבוהים בהרבה מהממוצע הרב שנתי, ואילן השנה החריגות היו קטנות יותר, אם כי עדיין נמדדו ריכוזים גבוהים במשך רוב חודש מרץ. למרות הערבוב העמוק השנה לא חרגו בדרך כלל ריכוזי הכלורופיל השנה מטווח 90% של שני העשורים האחרונים.



איור ה1: ריכוז כלורופיל *a* בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום דק- בשנת הניטור 2008, קו ירוק עבה - ממוצע רב שנתי (1988-2007), קו שחור דק גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll *a* concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2008 (thin red line) and the long-term average (1988-2007, thick green line). Thin black line marks the 90% of all accumulated data.

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

<u>מטרה</u>

מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

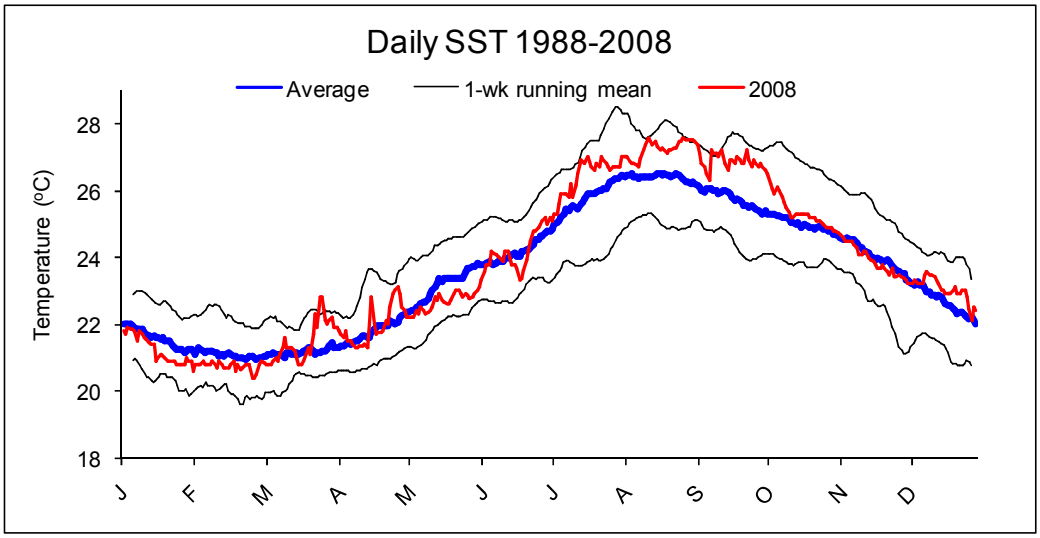
<u>שיטות</u>

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

<u>תוצאות</u>

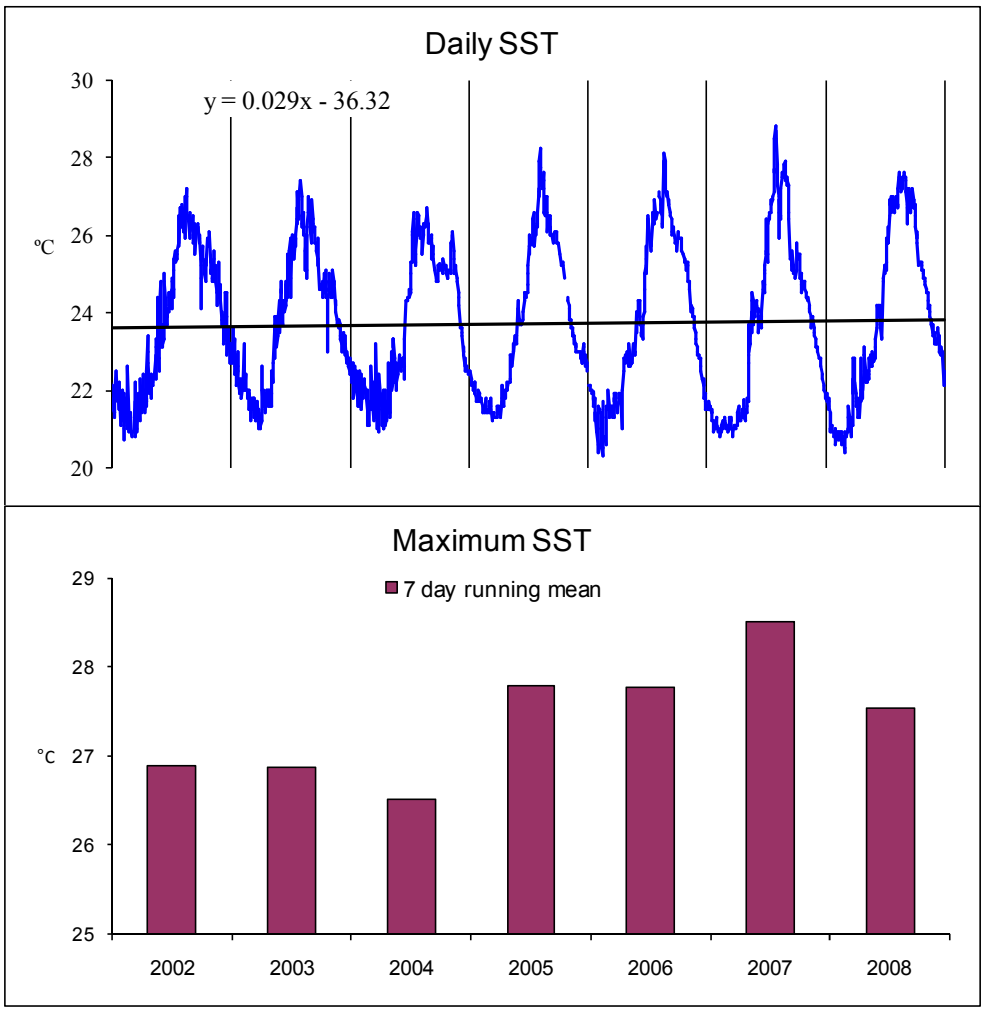
טמפרטורת פני הים בשנת 2008 אינה שונה מאד מהממוצע הרב שנתי, אולם גם השנה הטמפרטורה המרבית בחודשי הקיץ יולי-אוגוסט גבוהה מהממוצע הרב-שנתי (איור ה2). הערכים הקיצוניים של טמפרטורת פני הים לא חרגו השנה מערכי ה-90% המרביים, כפי שקרה בשנה הקודמת, אולם זאת מכיוון שגבולות אלה נמתחו בעקבות הטמפרטורות הקיצוניות של שנת 2007. הטמפרטורות השנה, בפרט בחודשים אוגוסט וספטמבר נושקים לגבולות אלה ומצביעים על כך שמי השטח גם השנה היו חמים בהשוואה לממוצע מאז 1988. הערך המרבי אשר נמדד השנה היה 27.6 ˚C נמוך בכמעלה שלמה מהערך המרבי של השנה הקודמת אך גבוה כמעט במעלה מהערך הממוצע הרב שנתי.

טמפרטורת פני המים הנמדדת בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת עדיין במגמה של עלייה ארוכת טווח, על אף שהטמפרטורות המרביות השנה היו נמוכות מאלו שנמדדו בשנים 2005-7 (איור ה3). יתכן שהדבר מסמן שינוי המגמה, אולם עדיין מוקדם מכדי לקבוע בוודאות.



איור ה2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2008, קו ירוק - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות מאז 1988, קווים שחורים – ערכי קיצון ממדידות 1988-2007.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2008 (red line), the average SST for 1988-2006 (blue line), and minimum and maximum values from 1988 to 2007.



איור ה3: 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 חלון 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.

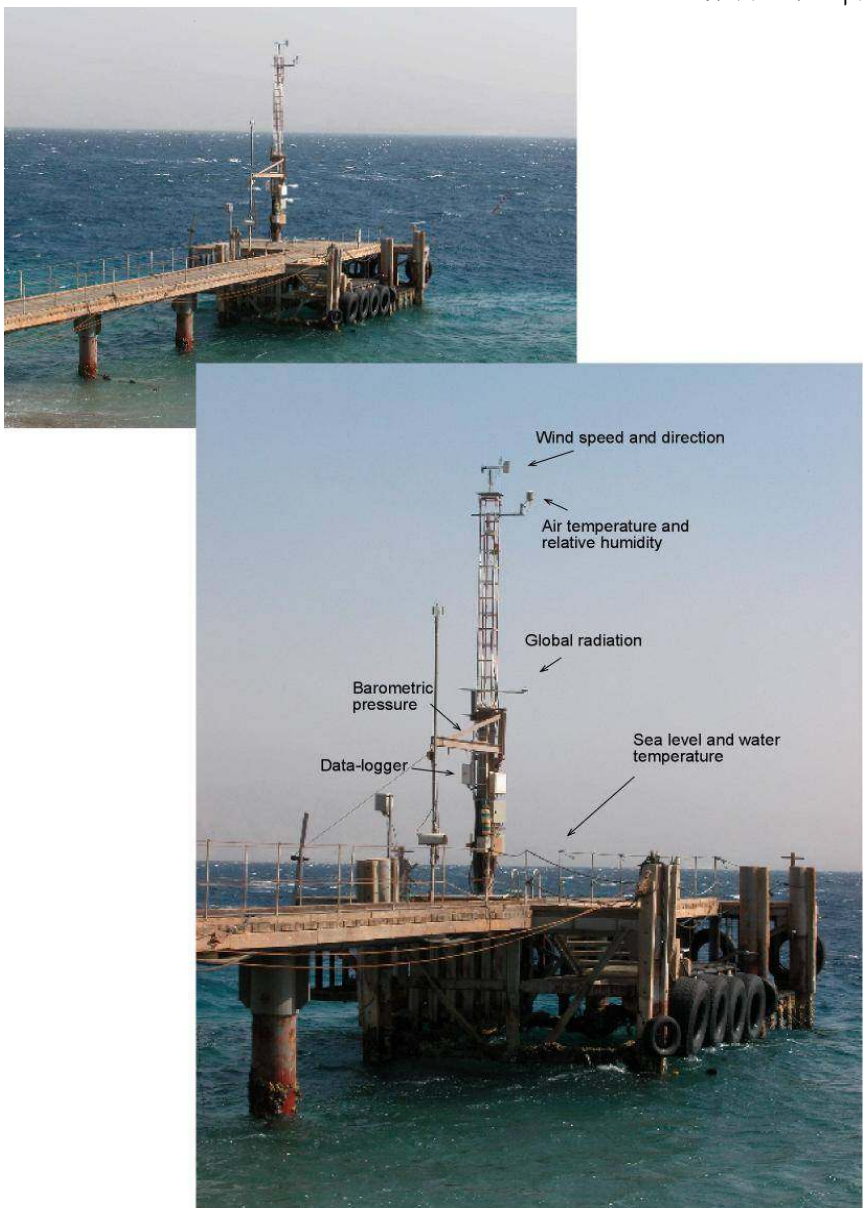
ה.3. משתנים מטאורולוגים

<u>מטרה</u>

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגים במפרץ.

<u>שיטות</u>

בחודש ספטמבר (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקום: ’55.068 ˚34 E ’30.211 ˚29 N). המערכת כוללת מגוון של רגשים מהטובים בשוק (טבלה ה1), 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 בקצה המזח ופועלת באופן עצמאי (איור ה4) כאשר נתונים מועברים אוטומטית לשרת המכון הבינאוניברסיטאי. הזמן לפיו רושמת המערכת הוא שעון החורף של ישראל.



איור ה4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזח 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 sensor (includes temperature sensor)	Campbell	CS408
Water temperature probe	Campbell	108
Data-logger	Campbell	CR1000

טבלה ה1: 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.

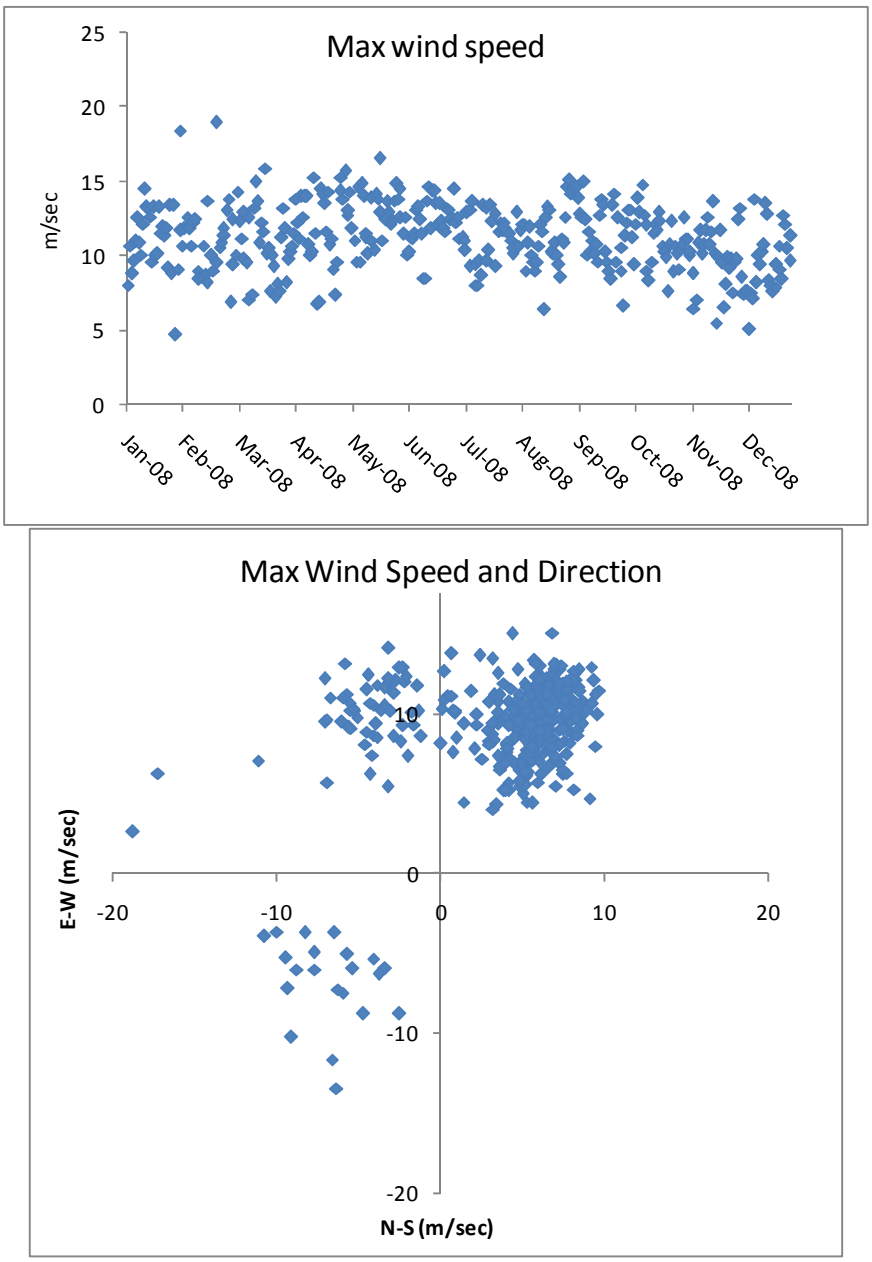
מהירות וכיוון הרוח, וטמפרטורת האוויר והלחות נמדדים מראש התורן שבקצה המזח, כעשרה מטרים מעל לפני הים (בזמן שפל). מד הלחץ הברומטרי ממוקם כחמישה מטרים מעל הים ומתוקן לגובה פני הים. הרגש המודד קרינה גלובלית ממוקם על זרוע במרחק 0.7 מטרים דרומית לתורן בכדי למנוע הצללה, כ-6 מטרים מעל הים. מד לחץ המים מקובע בצינור 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 המירבית ואת כיוונה, ואת סטיית התקן של הכיוון בפרק זמן של עשר דקות. בנוסף לאלה שומרת המערכת סיכום של נתוני היממה האחרונה: ערכי קיצון (מירבי ומזערי) של כל המשתנים והזמן בו נקלטו (עבור נתוני הרוח והקרינה נרשמים רק הערכים המרביים, יחד עם כיוון הרוח).

<u>תוצאות</u>

מדידות מטאורולוגיות ארוכות טווח נועדו להשלים את התמונה האקולוגית באבחון שינויים ארוכי טווח במשתנים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגים (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).

השנה היו שני אירועים של רוח מערבית חזקה, במהירות מרבית העולה על 18 מטר\שנייה (כ-36 קשר), בסוף ינואר ובאמצע פברואר. לבד מרוחות חריגות אלה הייתה מהירות הרוח נמוכה מ- 16 מטר\שנייה מכיוון צפון-מזרח (איור ה5). אירועי הרוח הדרומית המרבית היו השנה חלשים מ-15 מטר\שניה, לעומת השנה שעברה בה נמדדה מהירות רוח מרבית של כ-19 מטר\שנייה בעת סערה דרומית. בשתי השנים הייתה מהירות הרוח המרבית בחודשי החורף, ינואר-פברואר.

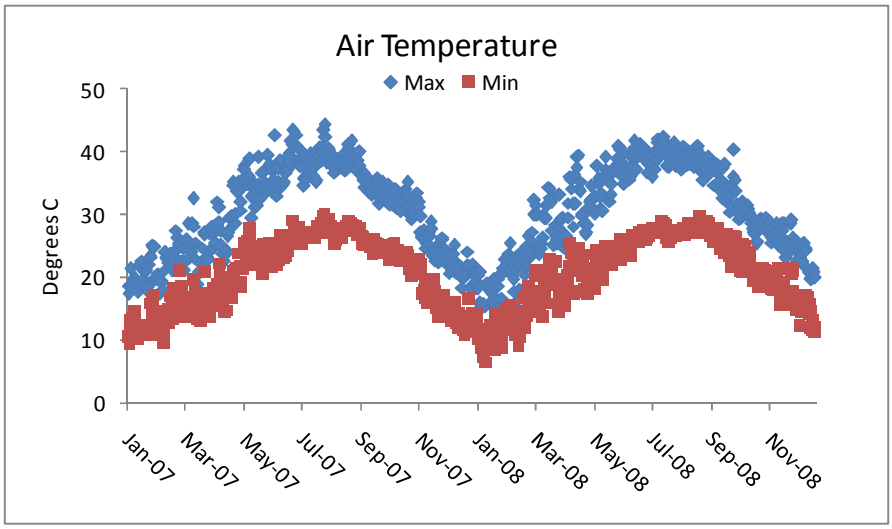


איור ה5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה.

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

מדידות טמפרטורת האוויר מעל הים מראות את המחזור העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והמזערית בכל יממה (איור ה6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 42.41 מעלות צלסיוס אשר נמדדו בחודש יולי. הטמפרטורה המרבית בשנה הקודמת הייתה 44.28 מעלות צלסיוס, גם כן בחודש יולי. בשנה שעברה נמדדו שיאי החום נמדדו בשני אירועים בחודשים יוני ויולי, ואילו השנה נמדדו טמפרטורות גבוהות (אם כי מעט פחות) באופן רציף בחודשים אלה. הטמפרטורה הנמוכה ביותר נמדדה בחודש ינואר השנה, 6.41 מעלות.

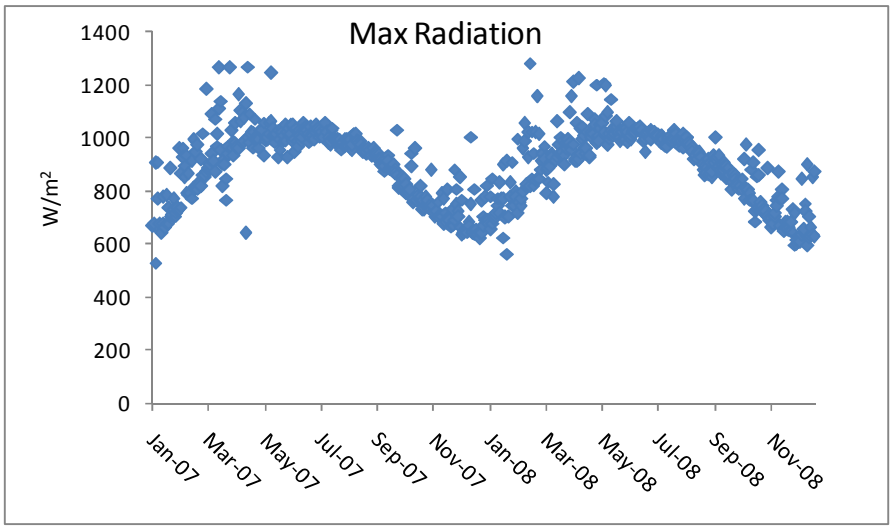
יש לציין כי הטמפרטורות נמדדות מעל הים ויש לצפות למשרעת ערכים קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, דהיינו ערכים מרביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור ה6: 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 ה7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-1 בצהריים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהריים המאוחרים.

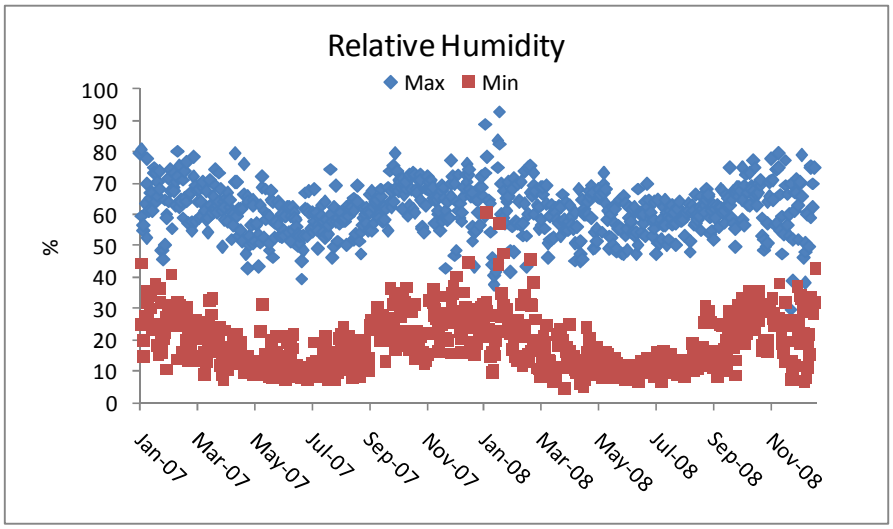


איור ה7: ערכים יומיים מרביים של קרינה גלובלית.

Figure E7: Maximum daily global radiation.

שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית קטנים יחסית למשרעת היומית הגדולה (איור ה8). 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.

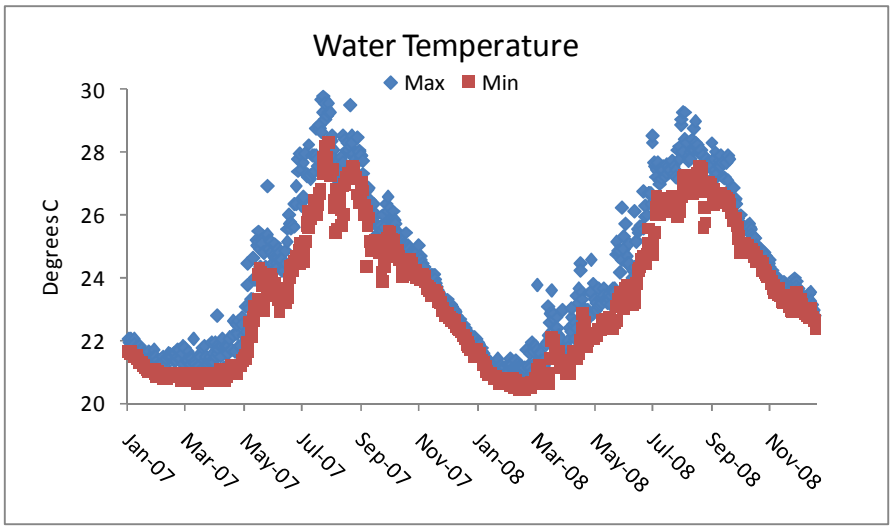
גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות גבוהים בהרבה מהלחות הנמדדת ביבשה באזור אילת.



איור ה8: ערכים מרביים ומזעריים של לחות יחסית מעל הים, בכל יממה.

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

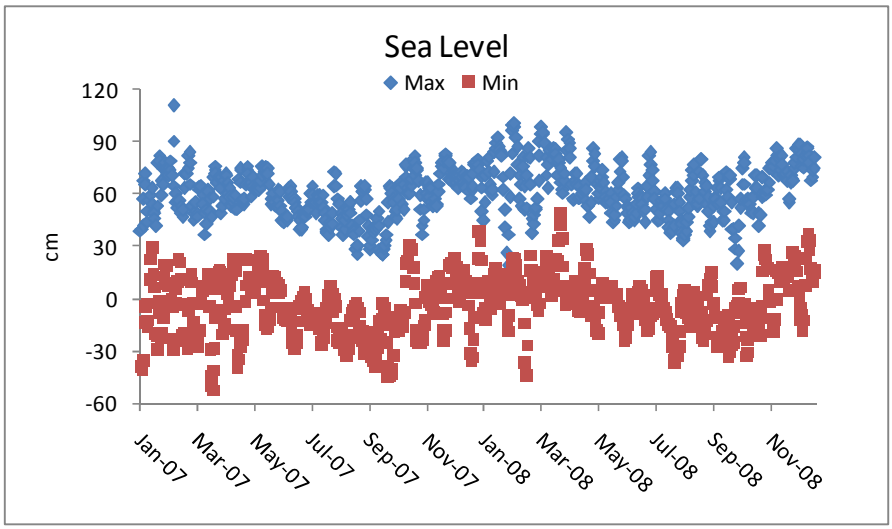
במדידות טמפרטורת המים (עומק כ-2.5 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי בו טמפרטורת המינימום, 20.46°C, נמדדה בחודש פברואר וטמפרטורת המקסימום, 29.29°C, נמדדה בחודש אוגוסט (איור ה9). בשנה הקודמת הייתה הטמפרטורה המזערית מעט גבוהה יותר (20.74°C) ומאוחר יותר, בחודש מרץ. גם הטמפרטורה המרבית הייתה בשנת 2007 גבוהה יותר (29.82°C), אך אירעה מוקדם יותר, בחודש יולי. ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המרבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמוקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משרעת הטמפרטורות קטנה.



איור ה9: ערכים יומיים מרביים ומזעריים של טמפרטורת המים (בעומק כ-2.5 מ').

Figure E9: Maximum and minimum daily water temperature at ~2.5m depth.

מפלס הים משתנה במחזוריות חצי יממית של גאות ושפל. המחזור השנתי מורכב ממפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור ה10). בחודשי החורף גם נמדדו תנודות גדולות יותר במפלס הים המזערי ביממה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה.



איור ה10: ערכים מרביים ומזעריים של מפלס הים, בכל יממה.

Figure E10: Maximum and minimum daily sea-level measurements.

<u>דיון</u>

בחודשים ינואר-פברואר נמדדת מהירות רוח מרבית, הרוחות אינן יציבות, ויתכנו אירועים של סערות דרומיות. בחודשים אלה גם הלחות גבוהה ביותר והמשרעת בערכי הלחות היא הגדולה ביותר, וגם התנודות במפלס הים הן הגדולות ביותר. השנה הרוחות החזקות ביותר היו מערביות, בשני אירועים, בסוף ינואר ובתחילת פברואר. הטמפרטורות המרביות השנה נמוכות בכמעט שתי מעלות מהחום המרבי בשנה הקודמת. יחד עם זאת היה השנה חום גבוה במשך ימים רבים בחודשים יולי-אוגוסט לעומת השנה הקודמת בה הטמפרטורות המרביות נמדדו בשני אירועים וביניהם ירידת מה במידת החום. שיא החום נמדד לרוב בשעות אחר הצהריים ואילו שיא הקרינה נמדד בשעות הצהריים המוקדמות.

המשרעת השנתית של טמפרטורת פני הים בשנתיים האחרונות עמדה על כ-9 מעלות. השנה היו ערכי הקיצון של הטמפרטורה (הן המרבית והן המזערית) נמוכים מעט מאשר בשנת 2007.

ו. 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.

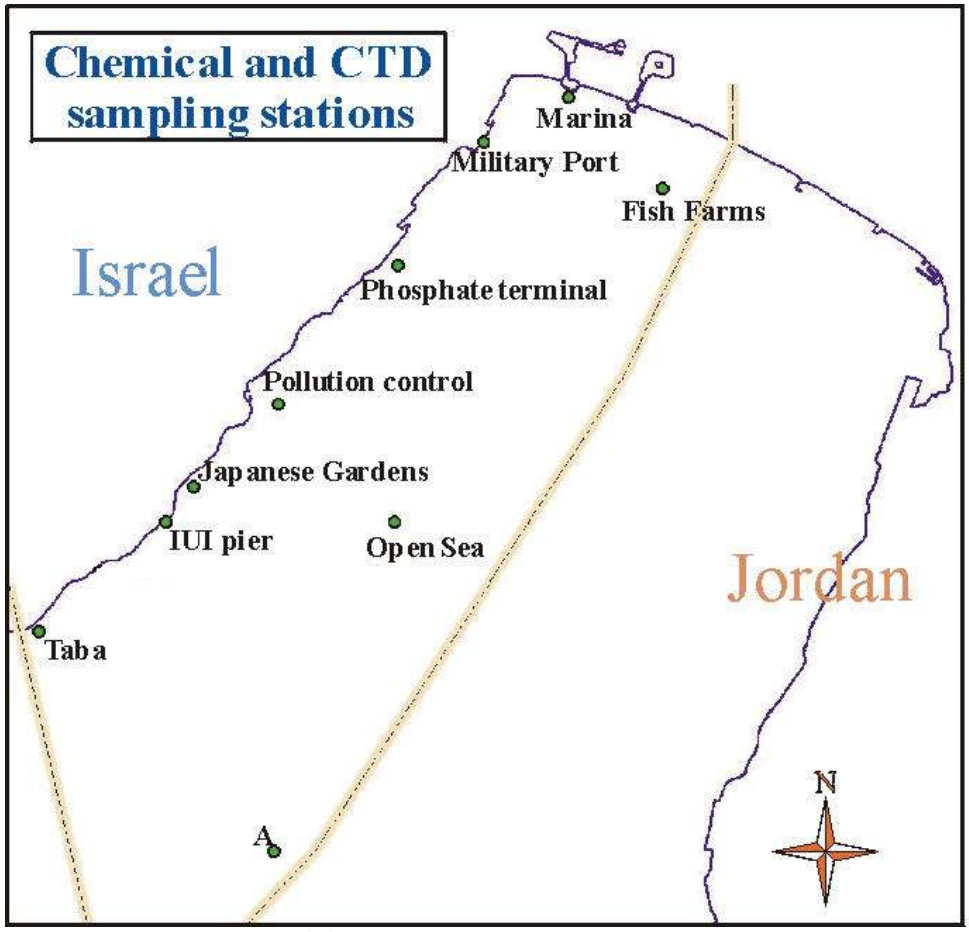
Loya Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. Mar. Biol.13:100-123.

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.

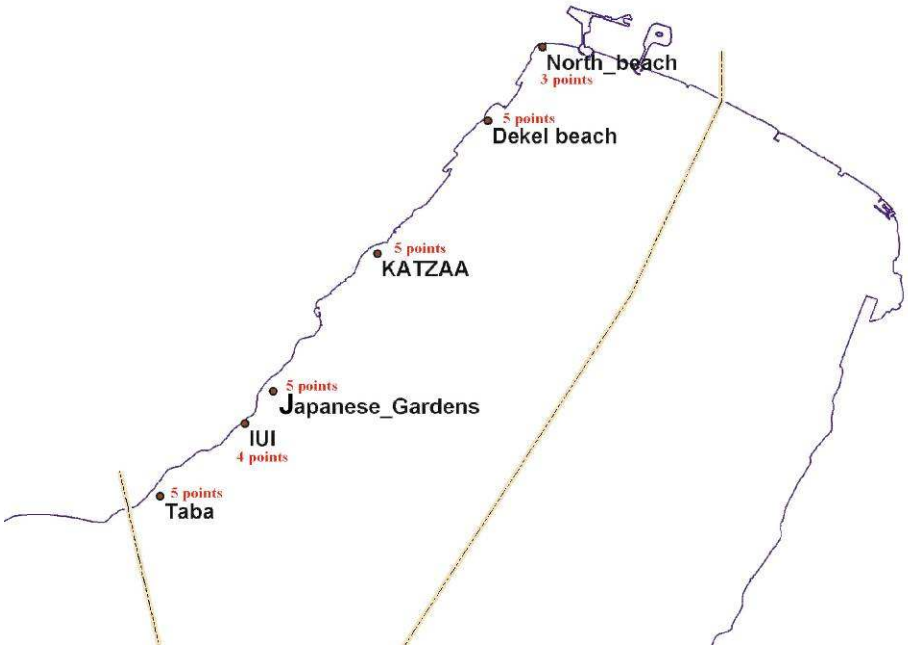
ז. נספחים

ז.1: מפות אתרי הניטור



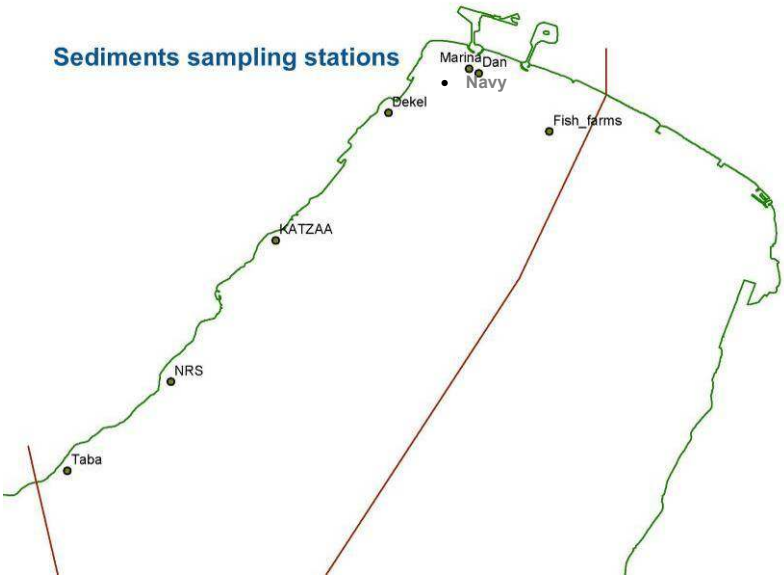
מפה ז1: תחנות דיגום מים (פני הים ועמודת המים). תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה .

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 השונית 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.

ז.2. רשימות סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת האלמוגים אשר נספרו בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2008.

Table G1: List of corals found in the coral reef line-transect survey, 2008.

	Number of colonies			
Genus	**IUI**	**Katza**	**NR**	**Total**
Acanthastrea	21	5	5	31
Acropora	81	139	160	380
Alveopora		6	5	11
Astreopora	8	9	16	33
Balanophyllia	5		1	6
Balastomussa		1		1
Cladiella	1		1	2
Coscinaraea	26	6	1	33
Ctenactis		1	6	7
Cynarina	1			1
Cyphastrea	120	48	40	208
Echinophyllia	7		2	9
Echinopora	20	51	117	188
Favia	130	37	26	193
Favites	85	45	35	165
Fungia	7	9	10	26
Galaxea		3	6	9
Goniastrea	47	28	71	146
Goniopora	2	21	12	35
Gyrosmilia	27	3	6	36
Heteroxenia		14	18	32
Hydnophora	1	2		3
Leptastrea	34	12	13	59
Leptoria		1		1
Leptoseris			1	1
Litophyton			7	7
Lobophyllia	3	8	50	61
Millepora	64	2	7	73
Montipora	44	81	80	205
Mycedium		9	17	26
Nephthea			3	3
Oxipora		1		1
Pavona	10	65	14	89
Platygyra	16	9	16	41
Plerogyra		2		2
Plesiastrea	21	15	13	49
Pocillopora	36	11	10	57
Porites	29	32	50	111
Psammocora	3	20	12	35
Rhytisma	14	20	19	53
Sarcophyton	2	4	10	16
Seriatopora		11		11

Siderastrea	16	1		17
Stereonephthya			3	3
Stylophora	148	50	57	255
Tubipora		1		1
Turbinaria	1	2	3	6
Xenia	2	16	111	129
Herpolitha		3	5	8
Total	1032	804	1039	2875

טבלה ז2: רשימת האלמוגים באתרים השונים, אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2008.

Table G2: list of corals found in the fixed areas monitored by photography, 2008.

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

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

ז.3. אחוז הרקמה החיה באלמוגים, מדד לבריאות אלמוגים. דיון ובחינת דיוק

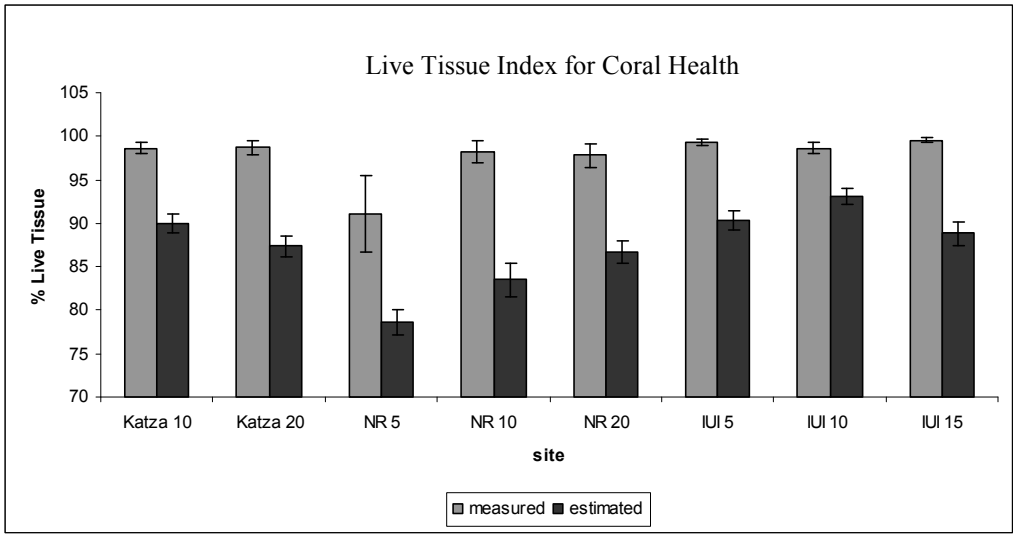
ממוצע אחוז הרקמה החיה באלמוגים חיים משמש את תכנית הניטור כמדד לבריאות אלמוגים. מדד זה בא להעריך עד כמה אלמוגים חיים פגועים על ידי גורמי עקה כגון הלבנה, מחלות, טריפה, וכו' כהשלמה למדידת אחוז הכיסוי החי אשר בודק כמה אלמוגים חיים באתר. בפרט, שינויים במדד משנה לשנה עשויים להתריע על התגברות של גורמי עקה כנ"ל באופן שיאפשר תגובה. סוג מידע כזה אינו פועל יוצא מסקרי הכיסוי בהם התוצאה היא מסוג "חי\מת" ולא "עד כמה". יחד עם זאת יש להתייחס למדד מתוך הבנת מגבלותיו והגרומים העשויים להשפיע על תוצאותיו.

ממוצע אחוז הרקמה החיה באתר הוא הממוצע של אחוז שטח הרקמה החיה\בריאה (מכלל שטח המושבה) בכל המושבות החיות באתר. אחוז השטח של רקמה חיה במושבה נאמד ויזואלית על ידי הסוקר עבור כל המושבות החיות תחת סרט המדידה. במקרה זה משמש סרט המדידה אך ורק לבחירת המושבות המשתתפות במדגם, ואמדן אחוז השטח החי נעשה ללא מדידה ועבור כל שטח המושבה – גם שטח שאינו תחת סרט המדידה.

יתרונה של השיטה במהירות האיסוף המאפשר צבירת מידע רב בצלילה. כוחה של השיטה נובע מכמות הנתונים הגדולה (בשנת 2008 נאמד אחוז השטח החי עבור 5962 מושבות אלמוגים) ומכך ששגיאה בהערכת אחוז הרקמה החיה במושבה צפויה להיות קטנה משמעותית מגודל ההערכה. בנוסף לכך שגיאת הערכה, אם תהיה, אינה מכוונת – כמות הנתונים הגדולה תגרום בסופו של דבר למזעור השגיאה סביב הממוצע. אולם, השיטה נסמכת על אומדן ויזואלי של אחוזי שטח ונתונה לשגיאות הערכה ולהטיה הנובעת מהערכה סובייקטיבית שכזו.

בדו"ח תכנית הניטור 2006 נעשתה בדיקה לאמינותה של השיטה, בהסתמך על גוף הנתונים שנאסף בסקרי 2006. בנוסף להערכת אחוז הרקמה החיה כמתואר לעיל חושב האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות חיות על סמך חתכי הקו (Line Intercept Method). מספר החזרות במדידה זו הינו מספר החתכים ולא מספר המושבות.

השנה הוספנו סימולציה ממוחשבת להערכת דיוק האומדן הויזואלי של שטחים על ידי סוקרי צוות הניטור. תוצאות הבדיקות הללו לשיטת הערכת אחוז הרקמה החיה באלמוגים כמדד לבריאות אלמוגים מובאות להלן. מדדי בריאות האלמוגים לשנת 2006 כפי שנמדדו בעזרת סרט המדידה גבוהים בכ-10% מהמדדים המחושבים מהאומדן הויזואלי הכולל את כל שטח המושבה (איור ז4).



איור ז4: מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים באתרים השונים בשנת 2006: הערך המוערך מכלל שטח המושבה כנגד הערך המדוד לאורך סרט המדידה.

Figure G4: The estimated Live Tissue Index (LTI) for coral health in 2006 based on the estimated percent of the entire area of colonies versus the measured value along line transects .

ההפרש בין שיטת האומדן ושיטת מדידת האורך בחתכים דומה בגודלו ואחיד בכיוונו בכל האתרים ומצביע על הטיה שיטתית של אחת מהשיטות להערכת מדד בריאות אלמוגים. העובדה כי ההטיה שיטתית רומזת כי הפגם אינו בשיטת האומדן הנתונה לשגיאה סובייקטיבית, אשר צפויה להיות אקראית בהתחשב בכך שהאומדן נעשה על אלמוגים בעלי צורות שונות ועל ידי סוקרים שונים. מעבר לכך, ניתוח הנתונים מעלה כי רוב המושבות הקטנות בריאות לחלוטין, ובמרבית המקרים בהם למושבת אלמוגים רקמה מתה, שטח הרקמה המת קטן משטח הרקמה החי – טבלה ז3. במילים אחרות: הסיכוי לפגוש תחת סרט המדידה רקמה מתה נמוך מהסיכוי לפגוש רקמה חיה, גם עבור מושבות שבריאותן אינה מושלמת, וזאת משום ההטיה השיטתית של שיטת חתכי הקו כנגד שטחים קטנים (ראו גם דיון בהתפלגות גדלי מושבות בפרק "סקר שונית האלמוגים").
לצורך הדיון הנוכחי יש לכך שתי השלכות: 1) יש סבירות גבוהה יותר למדוד תחת סרט המדידה שטחים חיים מאשר שטחים מתים באותה מושבה, 2) אלמוגים קטנים מיוצגים בסקר פחות מנפיצותם היחסית האמיתית. נובע מכך שחישוב מדד הבריאות מתוך התוצאות המדדות מוטה לטובת שטחים חיים, והמדד המתקבל ממנו מייצג תמונה אופטימית יותר מהמציאות. יחד עם זאת, כיוון שסרט המדידה משמש לצורך בחירת המושבות המשתתפות בשני המקרים, וכיוון שהסקר מוטה כנגד אלמוגים קטנים (ובריאים), נראה כי שתי השיטות מציגות תמונה פסימית מהמציאות.

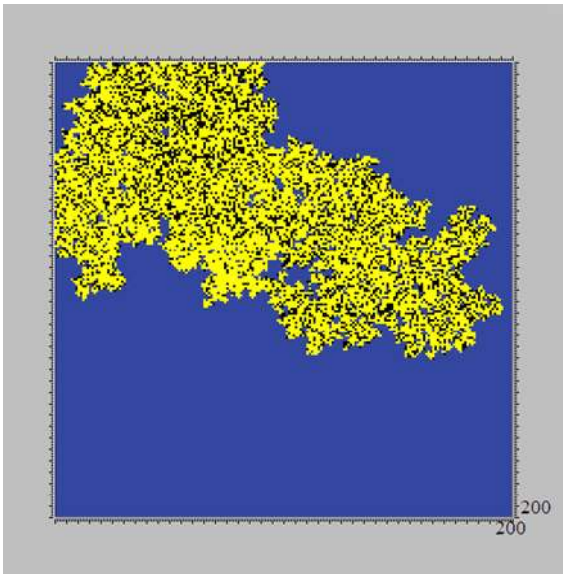
אחוז הרקמה החיה	אחוז מכלל המושבות
0-50	10
51-99	26
100	64

טבלה ז3: חלקם היחסי של קבוצות בריאות (אחוזי רקמה חיה) מכלל מושבות האלמוגים בשנת 2006. רובן הגדול של מושבות האלמוגים שנסקרו בעלות שטח רקמה חיה גדול משטח הרקמה המתה.

Table G4: The fraction of colonies of various "health groups" (i.e. percent live tissue) in 2006. The vast majority of the studied colonies have more healthy tissue than dead tissue.

ככל הנראה למושבות הקטנות (=צעירות) אחוז חיות גבוה מפני שהן 1) לא נדבקו עדיין בחוליים, או 2) מושבות קטנות שנדבקות מתות במהירות ועל כן סיכוייהן להיכלל בסקר אפסיים. בשני המקרים נראה כי עבור אומדן של בריאות מושבות אלמוגים, ז"א מצבן של מושבות אלמוגים חיות, עדיף לא לספור מושבות קטנות. כיוון שכך מדד הרקמה החיה נותן תמונה אופטימית מהמציאות – שהרי הוא מתחשב באלמוגים הקטנים שבהם הסיכוי למצוא מחלות קלוש. הבריאות "הטובה" של מושבות קטנות עוזרת גם להסביר את הסתירה לכאורה בין מדד בריאות גבוה באלמוגי האתר IUI-5 ובין העדויות לעקה באתר זה העולות משאר המדדים. למעשה זוהי עדות נוספת למספר הרב של מושבות קטנות באתר ולכך שעל מנת לקבל תמונת מצב נכונה עדיף לא להתחשב במושבות אלמוגים קטנות לצורך חישוב מדד הבריאות.

על אף התובנות הללו נותרה שאלת הדיוק של אמדן אחוז הרקמה החיה, וההנחה כי השפעתה על המדד זניחה נותרה בגדר הנחה. השנה התבצע ניסוי מבוקר למדוד את שגיאת ההערכה הויזואלית, ואת מידת השפעתה על אחוז ממוצע המחושב ממספר חזרות. לצורך כך הוכנו בעזרת תכנת EcoBeaker 2.5 (http://simbio.com/) 50 תמונות בהן שטח התמונה מחולק אקראית ובאופן לא גיאומטרי לשניים או שלושה שטחים הנבדלים בצבעם (איור ז5). כל אחד מחברי צוות הניטור (המשתתף בסקרים) התבקש להעריך את השטח הכחול בכל תמונה. תוצאות ההערכה הושוו לאחוז האמיתי בכל תמונה (כפי שניתן על ידי התכנה), וממוצע השטח הכחול כפי שהוערך על ידי כל אחד מהסוקרים הושווה לממוצע האמיתי של 50 התמונות.



איור ז5: אחת מחמישים תמונות בהן נדרש הנבחן להעריך את אחוז השטח הכחול מכלל השטח.

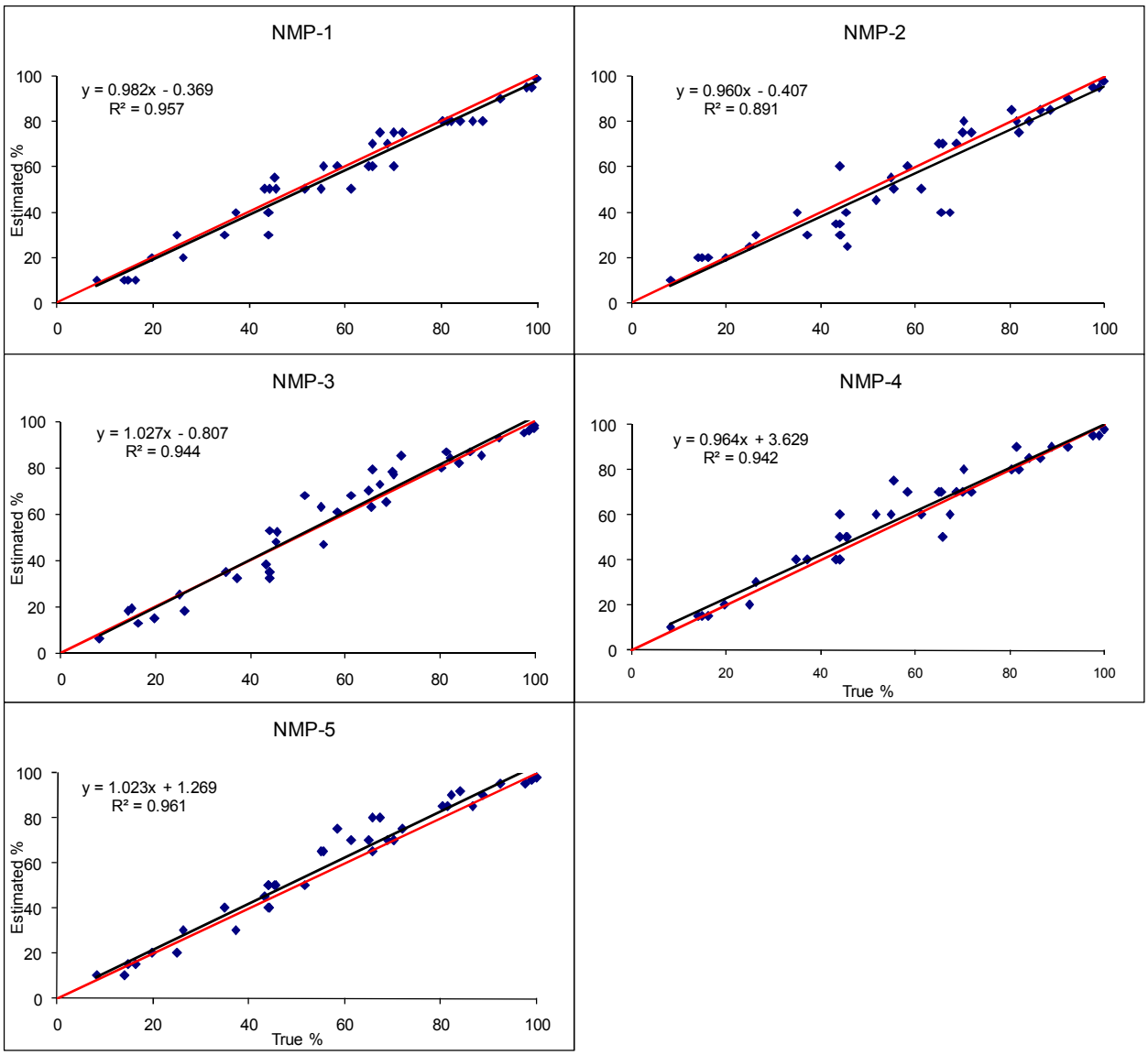
Figure G5: One of 50 pictures in which the requirement is to estimate the percentage of blue area.

עבור כל הנבדקים הערכת אחוז השטח הכחול קרובה למדי למציאות, והסטיות אקראיות – ז"א בחלק מהתמונות ניתנה הערכת יתר ובחלקן הערכה נמוכה מהמציאות (איור ז6). השגיאה המרבית בהערכת שטח לתמונה בודדת הייתה כ-25%, מרבית ההערכות קרובות הרבה יותר לערך האמיתי. קווי הרגרסיה עבור 50 הנקודות נותנים ערכים של 0.891-0.961, עם ערך ממוצע של 0.939, ומלמדים על התאמה גבוהה בסך ההערכות עבור 50 התמונות. ממוצע אחוז האזור הכחול בחמישים התמונות כפי שניתן על ידי התוכנה ("האמיתי") היה 58.1%. טווח הממוצעים של צוות הניטור היה 55.4-60.8% והסטיות הגדולות ביותר מהערך האמיתי היו 2.7, ז"א טעות של 4.6% מהערך המבוקש.

הערך הממוצע שהוערך על ידי כל הנבדקים 58.3±2.2.

לסיכום: שיטת ההערכה של אחוז הרקמה החיה במושבות אלמוגים על ידי אומדן שטח ויזואלי עם מספר גדול של חזרות מתבררת כשיטה יעילה, אמינה ומדוייקת. להלן מספר נקודות אותן יש להביא בחשבון בזמן השימוש בשיטה\ ניתוח תוצאותיה:

1. אומדן מדד הבריאות של מושבות אלמוגים נראה אמין בהתחשב במספר החזרות הגדול, נוכחות סוקרים שונים והסיכוי לכך ששגיאות בהערכת השטחים לא יהיו מגמתיות.
2. יכולת הערכת השטחים באופן ויזואלי עבור כל תמונה\מושבה טובה למדי. ההתאמה עבור 50 תמונות מצוינת. ככל שגודל המדגם (מספר המושבות) גדול דיוק האומדן עולה.
3. ההדירות הטובה של אומדן מדד הבריאות באתרים השונים ולאורך השנים מקנה ביטחון באמינות השיטה.
4. לצורך מעקב אחר שינויים בזמן, שיטה עליה חוזרים מדי שנה, אף אם היא לוקה במגבלות קבועות, תיתן תמונה אמינה של השינויים בזמן.
5. הניסיון למדוד ערכים עבור חישוב מדד הבריאות מתוך סקר לאורך קו מניב תוצאות המוטות באופן מובהק לכיוון מדד בריאות גבוה. שיטה זו סובלת מהטיה מובנית.
6. התמונה המתקבלת ממדד בריאות האלמוגים עשויה להצביע על ערכי בריאות גבוהים מהמציאות מכיוון שהיא מתחשבת במושבות אלמוגים קטנות.



איור 6ז: ההתאמה בין אחוז השטח הכחול המוערך לאחוז השטח האמיתי בחמישים התמונות הכלולות במבחן. כל גרף מהווה את תוצאות המבחן של אחד מחברי צוות הניטור. הקו האדום הוא התאמה מלאה בין האומדן לערך האמיתי ועבורו R^2 =1, הקו השחור הוא קו הרגרסיה של תוצאות המבחן.

Figure G6: The correlation between the estimated and real "percent blue" in each of the 50 pictures that constituted the Live Tissue Index validity test. Each diagram represents the results of a member of the monitoring team. Red lines are perfect correlation between true and estimated value (R^2=1) and the black line is the linear fit of test results. One of 50 pictures in which the requirement is to estimate the percentage of blue area.

ז.4. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2008

תאריך וסוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
2 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות משלושה עומקים.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה
14 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות מהשמורה הסגורה	18לוחיות משלושה עומקים.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה מוריאל יוני
15 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
16 ינואר הפלגה לתחנות: A, OS FF	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
20-24 ינואר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות מההפלגה	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	5 ימים	טניה מוריאל ענבל ויוני
28 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל איסוף מהלגונה יוני טניה
29-31 ינואר אנליזת דוגמאות + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	3	מוריאל , טניה, ענבל, יוני , ניצן
פברואר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
3-7 פבורואר עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	5	טניה, מוריאל, ניצן, ענבל, יוני
10 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה	18לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, יוני עבודה במעבדה: ענבל
11 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
11 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני

12 פברואר הפלגה לתחנות: A, OS FF	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
13-14 פברואר אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	1	טניה, מוריאל, ניצן, ענבל, יוני
26 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
10 מרץ צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה	18לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, יוני עבודה במעבדה: ענבל
11 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
16 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
17 מרץ הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות:B, A, OS FF, NRR	116 נוטריינטים , 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקליות, 58 מליחות 30 כלורופיל FACS 63	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנה עמוקה B והשוואתה לתחנות הקבועות (A, OS)	10	טניה, ענבל, מוריאל
19-31 מרץ אנליזות	אנליזות של דוגמאות		9	טניה, מוריאל ענבל יוני
אפריל דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל ,טניה, מוריאל, יוני, ניצן
1 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
2 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
13 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
14 אפריל הפלגה לתחנות: A, OS FF	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל,

20-24 אפריל אנליזות	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACSאנליזת דוגמאות והזנה במחשב	אנליזת דוגמאות כימיה וביולגיה	5	טניה מוריאל ענבל
29 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
מאי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל ,טניה, מוריאל, יוני, ניצן
6 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הסגורה	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, טניה, מוריאל יוני
7 מאי קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ניצן
11 מאי דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
12 מאי הפלגה לתחנות: A, FF OS, NRR	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
15 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
18-20 מאי אנליזות	אנליזות	אנליזת דוגמאות	3	טניה מוריאל ענבל יוני
21 מאי קדיחת נקודות צילום במכון	קדיחת והתקנת נקודות צילום קבועות	צלילה לקדיחת נקודות צילום	1	יוני, ענבל
22 מאי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות באתר המעבדה	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל, ניצן
26 מאי צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות באתר הנסיכה	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל, ניצן
27 מאי 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
28 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 6 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
29 מאי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות באתר הדקל	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל, ניצן
יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן

4 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות דקל	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	מרק , ענבל
10 יוני צלילה לתירגול חתכים בשונית	חתך בשונית	חתך בשונית הכנסת נתונים	1	טניה, ענבל, מרק
11 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	טניה, ניצן, יוני ענבל
12 יוני דיגום השולחן בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך סרט מדידה שלוחן השמורה הדרומית	סקר אלמוגים בשולחן השמורה הדרומית	1	ניצן, מרק, טניה, מוריאל , ענבל
15 יוני הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
16 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי, יוני
19 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות בשמורה הסגורה	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ניצן , ענבל
22 יוני סקר חברת האלמוגים בשולחן השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשולחן השונית בשמורה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה
24 יוני אנליזות	אנליזות	עיבוד נתונים	1	טניה מוריאל ענבל ניצן יוני
23 יוני הוספת נקודות צילום בשמורה	קדיחת נקודות צילום קבועות	הצבת נקודות צילום קבועות	1	מרק, יוני
23 יוני צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה 10 מ' והמעבדה 5 מ'	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה מרק
24 יוני צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה	סקר חברת השונית באתר המעבדה	1	ענבל, טניה, מרק
25 יוני הכנסת נתונים למחשב	הכנסת נתונים	עיבוד נתונים במחשב	1	ענבל
26 מאי צילום ריבועים קבועים וקדיחת נקודות צילום	צילום 5 נקודות קבועות בקצאא הצבת נקודות צילום	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית והוספת נקודות צילום	1	טניה , ענבל מרק, יוני
29 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
30 יוני סקר חברת האלמוגים באתר בשמורה הסגורה וקצאא צילום נקודות קבועות	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשולחן השונית בשמורה וקצאא	סקר חברת השונית צילום נקודות קבועות	1	ענבל, טניה יוני, מרק
יולי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני

1 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI והשמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה
2 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה
3 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן טניה
4 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה,מרק
6 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- מעבדה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה
7 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה ו IUI וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה, מרק
8 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- ו IUI והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן טניה
8 יולי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
9 יולי הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
10 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן
10 יולי צלילת לילה	סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות באתר המעבדה	צלילה 1	מרק, מוריאל
13 יולי צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	יוני, ענבל, טניה, מוריאל

14 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה, מרק
14 יולי צלילת לילה סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי החוליות במעבדה	סקר חברת חסרי החוליות בשונית	צלילה	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
15 יולי הכנסת נתונים	הכנסת נתונים	עיבוד נתונים	1	ענבל
16 יולי צלילה בקצאא '	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה, מרק,
17 יולי צלילת לילה	ספירת חסרי חוליות באתר המעבדה	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה	מוריאל ,מרק
20 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה
21 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, ענבל, ניצן, מרק
21 יולי צלילת לילה בשמורה	ספירת חסרי חוליות באתר השמורה הסגורה	סקר חסרי חוליות	4 שעות צלילת לילה	מרק, מוריאל, טניה, ענבל
23 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה, ניצן, מרק
23 יולי צלילת לילה לסקר חסרי חוליות בשונית	סקר חסרי חוליות ב IUI	ספירת חסרי חוליות	4 שעות	מרק, ענבל
24 יולי עבודת מעבדה	האזנת נתונים למחשב	האזנת נתונים במחש	1	ענבל
27 יולי צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מוריאל , מרק,
28 יולי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית החוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ניצן, מרק
29 יולי סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן טניה מוריאל ענבל מרק
31 יולי סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן טניה מוריאל ענבל מרק
31 יולי צלילת לילה לסקר חסרי חוליות בשונית	סקר חסרי חוליות ב IUI	ספירת חסרי חוליות	4 שעות	מרק, ענבל, מוריאל, טניה
אוגוסט דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני

3 אוגוסט צלילת לילה לסקר חסרי חוליות בשונית	סקר חסרי חוליות ב IUI	ספירת חסרי חוליות	4 שעות	מרק, ענבל
4 אוגוסט סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן טניה מוריאל ענבל מרק יוני
5 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	יוני, ענבל, טניה, מוריאל
4 אוגוסט סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן טניה מוריאל ענבל מרק יוני
12-14 אוגוסט ניתוח נתונים	עבודה על הנתונים	אנליזת נתונים במחשב	3 ימי עבודה	יוני ענבל טניה מוריאל
17 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
19 אוגוסט הפלגהvה משותפת עם הירדנים לתחנות: A, OS FF, B	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	12 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
26 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מוריאל , מרק,
27-28 אוגוסט אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות מההפלגה	אנליזת דוגמאות	שבוע	מרק טניה מוריאל ענבל ניצן
ספטמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
ספטמבר	עבודה על הדוח + אנליזות	עבודה על הדוח		ענבל ניצן מוריאל טניה
10 ספטמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, טניה, מוריאל מרק
14 ספטמבר סקר דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	ספירת דגים	3 שעות	ניצן טניה מוריאל ענבל מרק
16 ספטמבר הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
17 ספטמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
18 ספטמבר אנליזה	אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות מההפלגה	8 שעות	טניה מוריאל ענבל ניצן מרק
21-25 ספטמבר אנליזות	אנליזת דוגמאות ונתונים	אנליזת דוגמאות ונתונים	5 ימים	טניה מרק ענבל מוריאל ניצן
29 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מוריאל , מרק,

אוקטובר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
6 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה מרק
23 אוקטובר דיגום עשב ים	דיגום עשב ים בחוף הצפוני	צלילה לסקר עשב ים בחוף הצפוני		
6 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה מרק
26 אוקטובר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
27 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
29 אוקטובר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מוריאל , מרק,
נובמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
3 נובמבר דיגום סדימנט בחוף הנסיכה	דיגום סדימנט מ 20 מ' בחוף הנסיכה	מדידת חומר אורגני בסידימנט	1 יום	מרק ענבל
4 נובמבר דיגום סדימנט בחוף הנסיכה	דיגום סדימנט מ 20 מ' בחוף הנסיכה	מדידת חומר אורגני בסידימנט	1 יום	מרק טניה
5 נובמבר יצרנות ראשונית	דיגום ליצרנות ראשונית	מדידת יצרנות ראשונית	5 שעות	מרק
10 נובמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	5 שעות	ענבל, מוריאל, טניה מרק
16 נובמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק יוני
17 נובמבר הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק יוני
23 נובמבר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	5	ענבל, מוריאל , מרק,
25 נובמבר דיגום סדימנט בחוף FF	דיגום סדימנט מ 20 מ' בחוף FF	מדידת חומר אורגני בסידימנט	1 יום	מרק יוני
27 נובמבר השתלמות בטיחות			1 יום	טניה מוריאל ענבל יוני

דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
4 דצמבר סקר אלמוגים	סקר שונית ב IUI	צלילה לספירת אלמוגים	5 שעות	יוני ניצן טניה מרק ענבל מוריאל
9 דצמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה מרק יוני
10 דצמבר הפלגה לתחנות: A, OS FF,	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק יוני
14 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק יוני
15-25 דצמבר אנליזות ועיבוד נתונים	עבוד נתונים לכתיבת הדוח	עיבוד נתונים וכתיבת הדוח	ימי עבודה	יוני ענבל טניה מוריאל מרק ניצן
28 דצמבר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	5	ענבל, מוריאל , מרק,