

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת  
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat  
Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory עשתייץ  
מיסודה של המעבדה לביולוגיה ימית ע"ש ה. עשתייץ



מרץ 2007

אדר תשס"ז

תכנית הניטור הלאומית בצפון מפרץ אילת

## דו"ח מדעי לשנת 2006

מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:  
ד"ר יונתן שקד, מנהל תכנית הניטור  
פרופ' אמציה גבין, מנהל מדעי, תכנית הניטור

התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

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



### חברי הוועד המנהל:

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

פרופ' מיכה אילן, אוניברסיטת תל אביב  
פרופ' שמשון בלקין, האוניברסיטה העברית בירושלים  
מר יצחק בן דוד, סמכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה  
מר אלון זסק, אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה  
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה  
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 איילון, ביולוגיה  
מוריאל דריי, כימיה  
טניה ריבלין, כימיה  
ניצן שגב, ביולוגיה

### חומר אורגני ומתכות כבדות בסדימנט

נורית קרס (חיא"ל), לודוויג הליץ (המכון הגיאולוגי) וברק חרות (חיא"ל)

### יעוץ וסיוע:

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאנוגרפיה כימית)  
ד"ר יעקב (ג'ק) סילברמן, מכון וייצמן למדע (אוקיינוגרפיה כימית ופיסיקלית, עיבוד נתונים)

### עזרה טכנית במכון הבינאוניברסיטאי:

מוטי אוהביה  
איציק לרר  
אסף ריבלין

## תוכן עניינים

4	א. מבוא
4	א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת
4	א.2. הקדמה
4	א.3. תקציר התוצאות והמסקנות
6	א.4. המלצות
7	א.5. תקציר באנגלית, English Abstract
11	ב. שונית האלמוגים
11	ב.1. סקר חברת השונית
28	ב.2. צילום אתרים קבועים
37	ב.3. חברת האלמוגים בלאגונת שמורת האלמוגים
39	ב.4. דיגום חסרי חוליות
43	ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית
47	ג. ניטור הסביבה החופית
47	ג.1. מי הים בקרבת החוף
61	ג.2. קרקעית חולית
62	ג.3. פחמן אורגני ומתכות כבדות בסדימנטים
73	ד. מים פתוחים
73	ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות
78	ד.2. מדדים כימיים
94	ד.3. מדדים ביולוגיים
99	ד.4. פיטופלנקטון וחיידיקים בעמודת המים
103	ה. מדידות רציפות
103	ה.1. כלורופיל
104	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג
105	ה.3. משתנים מטאורולוגיים
111	ו. ביבליוגרפיה
112	ז. נספחים
112	ז.1: מפות אתרי הניטור
114	ז.2: רשימות סוגי האלמוגים
116	ז.3: מדד בריאות האלמוגים: יעילות אמינות וגורמים משפיעים
118	ז.4: דו"ח ביניים מחקר רעיית אצות ישיבות בשמורת חוף אלמוג
121	ז.3: פעילות צוות הניטור

## א. מבוא

### א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת

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

### א.2. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2006. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות וכל 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 השלישית בה תכנית הניטור פועלת במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני שלוש שנים בהן נאספים נתונים 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 תכנית הניטור, <http://www.iui-eilat.ac.il/NMP/database.htm>. דו"ח זה מופיע בשלמותו באתר האינטרנט של המשרד לאיכות הסביבה ([www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il)). הנתונים הגולמיים זמינים להורדה מאתר תכנית הניטור (<http://www.iui-eilat.ac.il/NMP/>) על ידי כל המעוניין.

### א.3. תקציר התוצאות והמסקנות

#### הערה כללית

במהלך השנה התגלתה שגיאת מדידה בקביעת ערכי pH במים. שגיאה זו מונעת התייחסות לערכי pH-כפשוטם, אך מאפשרת שימוש במדידות סימולטאניות (שעובדו באותו יום) לצורך השוואה של ערכים במרחב הגיאוגרפי לגילוי חריגות מקומיות במהלך יום מדידה. גם ערכי pH-שפורסמו בדו"חות הקודמים של תכנית הניטור חשודים בשגיאה ואין להשתמש בערכים המוחלטים אלא לצורך השוואה בין מדידות מאותו יום, כאמור לעיל.

#### שונית האלמוגים

1. שונית בריאה היא שונית בה נמצא כיסוי גבוה של אלמוגים חיים. זהו היעד הסופי. שאר המדדים נועדים לתת הערכה מוקדמת לגבי מצבה של השונית, ולהצביע על תהליכים אשר עשויים בסופו של דבר להשפיע על כיסוי האלמוגים בשונית.

2. בשנה החולפת, כמו גם בשנתיים שקדמו לה, לא אובחנו שינויים קיצוניים; לא של התאוששות ולא של קריסה. יחד עם זאת, במדדים שונים מתחילות להסתמן מגמות על פני שלוש השנים האחרונות. למרות שבמרבית המקרים המגמות אינן מובהקות סטטיסטית, אנו ממליצים לייחס להן חשיבות משום שיתכן שמשך הזמן שחלף מאז תחילת הניטור איננו ארוך דיו על מנת להבדיל סטטיסטית בין המגמות לשונות הטבעית הגדולה. תהליכים אקולוגיים בשונית מתרחשים על פני שנים עד עשרות שנים ומשך הזמן בו פועלת תוכנית הניטור עדיין קצר מכדי לבודד תהליכים אלה.

הנתונים ברובם מדאיגים, אך הבחינה הסטטיסטית מצווה זהירות בהסקת מסקנות. לאור מגוון הממצאים שנאספו עד כה נראה כי שונות האלמוגים באילת נמצאת במצב של עקה, והזהירות מחייבת צמצום גורמי הפגיעה בה.

3. אופייה הכתמי של שונות האלמוגים באילת, הבא לידי ביטוי באחוזים הגבוהים של מצע לא מלוכד, מחייב התבוננות באחוזי הניצול של מצע מלוכד ("סלעי"). מתוך נתונים אלה נראה כי מרבית האתרים בעלי אחוזי ניצול דומים, כלומר, לא נמצא אתר מסוים בו קיימת הפרעה מקומית גדולה מזו שבאתרים אחרים. בהשוואת נתוני אחוז הניצול מכל האתרים בין השנים 2004-2006 מסתמנת מגמה של ירידה והידרדרות, אולם מגמה זו אינה מובהקת סטטיסטית.

4. צפיפות מושבות האלמוגים בכל **התך** תואמת באופן כללי את אחוז כסוי האלמוגים עד לשלושים אחוז בערך. אחוז כיסוי גבוה מזה מושג באמצעות מושבות גדולות יותר ולא באמצעות תוספת מושבות. התאמה טובה בין אחוז הכסוי **באתר** ובין צפיפות האלמוגים בו מצביעה על כך שבאתרי השונות באילת חסרות מושבות אלמוגים גדולות אשר יכלו להביא לעליה באחוזי הכסוי של אלמוגים. בנוסף, נמצא מתאם חיובי בין שכיחותן של מושבות גדולות ובין ניצול המצע הלא מלוכד על ידי אלמוגים, חיזוק נוסף לכך ששונות בריאה ומלאה היא שונות שבה אלמוגים גדולים שכיחים. לעומת זאת נמצא מתאם שלילי בין שכיחות המושבות הקטנות ובין ניצול המצע המתאים להתיישבות. לכן, שכיחות גבוהה של מושבות קטנות מהווה סימן לעקה בשונות באילת.  
באתרי IUI נמצאה עליה בשכיחות המושבות הבינוניות בהשוואה לשנת הניטור הקודמת, העשויה להצביע על התאוששות באתרים אלה.

5. בשנות הניטור, 2004-2006, נמצאה הידרדרות מובהקת בבריאות מושבות האלמוגים. בדיקה מעמיקה של ממצא זה מראה כי שיטת המדידה אמינה והנתונים אמיתיים (ראה נספח 3ז). ההידרדרות הגדולה ביותר נמצאה באתר 5-NR.

6. מדד מגוון המינים של Shannon-Wiener המחושב ליחידת דיגום של קו באורך עשרה מטרים מושפע במידה רבה מאופי האתר. שימוש בתכנת EstimateS להערכת המגוון עבור האתר כולו משנה מעט את סדר האתרים מבחינת מגוון המינים. השינויים במגוון המינים ובסוגי האלמוגים הדומיננטיים בין השנים קטנים, ועשרים הסוגים הנפוצים ביותר מהווים כ-95% מכלל השטח המכוסה אלמוגים. ברוב האתרים מספר הסוגים גדול בהרבה מעשרים (באתרים KATZA-20 ו-IUI-5 ישנם למלה מארבעים מינים) ועובדה זו מדגישה את חשיבות המינים הנדירים בשונות בהערכות מגוון המינים.

7. באתרים המצולמים נמדדה בדרך כלל עליה בשטח המכוסה אלמוגים מאז 2004, ונמדדה גם צמיחה חיובית של רוב סוגי האלמוגים ברוב האתרים. יוצאים מן הכלל האתרים בחוף הצפוני ובטאבה שם האלמוגים הלא-מעונפים נמצאים בירידה, והאתר בקצא"א שם נמדדה ירידה בשטח האלמוגים המעונפים.

8. התפלגות סוגי האלמוגים והשינויים בזמן הנמדדים באתרים המצולמים משקפים מצב יציב יחסית, ללא משבר חמור, מחד, או התפתחות יוצאת מן הכלל, מאידך.

#### הסביבה החופית

9. התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי. בהתאם לכך, במי השטח בחודשי החורף ערכי רוב המדדים (חנקן, פוספט, סיליקה) גבוהים יותר מאשר בקיץ. בנוסף למחזור טבעי זה, 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. עבור המדידות החופיות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם כאלה השונים משמעותית מהריכוזים הנמדדים בתחנות האחרות, ובפרט בתחנת הים הפתוח, אשר עבורה מקור זיהום מקומי אינו סביר.

10. נראה כי אזור כלובי הדגים, החוף הצפוני, וסביבת חיל הים/מלון מרידיאן מושפעים מזיהומים מקומיים כמפורט להלן:

- ריכוזי חנקן גבוהים במיוחד נמדדו סמוך לתחנות החופיות הצפוניות (כלובי הדגים, החוף הצפוני, וחיל הים/מלון מרידיאן) בחודשי הקיץ והסתיו.
- ריכוזי חנקן גבוה נמדד גם בשמורת חוף אלמוג, בחודש יולי. מקור זיהום שם אינו מוכר מהשנים החולפות אך מועמדים אפשריים הם המצפה התת-ימי, מלון אורכידיאה, וקו הצינור המוביל שפכים לאורך החוף מקצהו הדרומי של החוף הישראלי ועד אילת.
- ריכוזי אמוניה גבוהים, עד פי חמישה מערכי הים הפתוח, נמדדו מתחילת השנה ועד לחודש יולי סמוך לכלובי הדגים. מחודש אוגוסט ריכוזי האמוניה הגבוהים ביותר (אך נמוכים בהרבה מהערכים שנמדדו בכלובי הדגים בחודשים הקודמים) נרשמו מול החוף הצפוני וחיל הים/מלון מרידיאן. גם השנה נמדד ריכוז גבוה של אמוניה בקרבת הגבול המצרי בתחילת הסתיו. יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור.
- ריכוזי סיליקה גבוהים נמדדו בתחילת השנה בתחנות הצפוניות ביותר, ובקיץ-סתיו מול חיל הים/מלון מרידיאן.
- ריכוזי החיידקים בתחנות הצפוניות גבוהים, בדרך כלל, מהריכוזים בתחנות האחרות (בעיקר בחודשי החורף והאביב).

11. ריכוזי המתכות והפחמן האורגאני שנמדדו בסדימנטים קטנים. תפוצת ריכוזי המתכות מראה הבדלים טבעיים ברורים בין סדימנטים מהחוף הצפוני בעלי ריכוזים גדולים יחסית לבין סדימנטים מהחוף הדרומי.

12. פרופיל עומק של ריכוזי פחמן אורגאני בגלעין סדימנט מהחוף הצפוני מראה מגמת העשרה עם העומק (ריכוזים קטנים יותר בחלקו העליון של הגלעין) לעומת התנהגות הפוכה בגלעין מהחוף הדרומי. יש להמשיך ולחקור את הסיבות להתנהגות זו של הפחמן האורגאני.

#### עמודת המים הפתוחים

13. גם במדידות הים הפתוח המחזור העונתי ברור והוא המכתיב את הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה.

14. הדינמיקה הרב-שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. לאחר הערבוב העמוק יחסית של חורף 2004-5 נמדדה ירידה בריכוזי ובמאגרי הנוטריינטים ועליה בריכוזי החמצן המומס בעמודת המים ביחס לערכים המדאיגים של 2004. אולם, הערבוב בחורף 2005-6 היה רדוד יותר ובסוף שנת 2006 שוב נמדדו ערכים גבוהים של נוטריינטים ונמוכים של חמצן. בטווח היותר ארוך, נמצא שריכוזי רוב הנוטריינטים עולים מאז שנת 2000, אז היה ערבוב עמוק (חורף 1999-2000) ובעקבותיו פריחת אצות גדולה במיוחד, הניכרת במדידות הכלורופיל.

15. ריכוזי הכלורופיל בשנת 2006 היו גבוהים מריכוזי הכלורופיל של 2005, למרות הערבוב הרדוד יותר.

16. מאז שנת 2000 מסתמנת עליית טמפרטורה במים העמוקים בשיעור של למעלה מ- $0.15^{\circ}\text{C}$ . לשינויים בטמפרטורת המים עשויות להיות השלכות מרחיקות לכת על משטר הזרימה והדינמיקה העונתית במפרץ. עליית טמפרטורה עשויה לתרום גם לירידה בריכוזי החמצן, אך במקרה זה נראה כי עיקר הירידה בריכוזי החמצן נובע ממקור אחר, ככל הנראה העשרה בחומר אורגני.

## **4. המלצות**

I. בדומה לשנות הניטור הקודמות, נמדדו השנה חריגות רבות של ריכוזי נוטריינטים ופיטופלנקטון המעידות על זיהום בנוטריינטים בתחנות המדידה הבאות: כלובי הדגים, חוף צפוני ומלון מרידיאן. אנו ממליצים על נקיטת כל האמצעים להפסקת זיהום זה.

II. בקיץ 2006 נמדדו ריכוזים חריגים של נוטריינטים בחלק הדרומי של שמורת אלמוג ובקרבת טאבה. אנו ממליצים על בדיקה של מקורות זיהום אלו בקיץ הקרוב, זיהום אשר סכנתו לשונית גבוהה.

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

IV. תיעוד השיבות הרבה של הדגים הרועים (herbivores) בשמירה על כסוי נמוך של אצות בשונית, מחייב השקעת משאבים בשמירה על אוכלוסיית אותם דגים בצפון המפרץ. נדרשת אכיפה אפקטיבית למניעת דיג בשונית ובסביבתה.

V. ניתוח הרכבם הכימי של גלעיני הסידמנט מצביע על השפעה גוברת של תהליך העיור (אילת ועקבה) על הכימיה הימית. הננו ממליצים לבחון בחינה קפדנית את השפעתם האפשרית של הפיתוח העירוני העתידי באזור על הכימיה הימית. בהינתן לחצי הפיתוח הנרחבים בסביבת מפרץ אילת, מחד, ורגישותה של מערכת השונית ומורכבותה, מאידך, הננו ממליצים להקים וועדה מקצועית מתמדת בעלת "שיניים" אשר תרכב ממומחים במגוון תחומים (אקולוגיה, פיסיקה, כימיה) ותפקידה יהיה לבחון את ההיבטים הסביבתיים האפשריים של כל יוזמה חדשה ולייעץ לוועדות התכנון ולמשרד לאיכות הסביבה, הן בשלבי התכנון הראשוני של כל יזמה והן בשלבי אישורה.

VI. במים העמוקים מסתמנת מגמה של עליית טמפרטורה לאורך זמן, בשיעור החורג מערכים המוכרים מאזורים אחרים בעולם. לטמפרטורת המים חשיבות עליונה בקביעת משתנים רבים הקשורים באקולוגיה הימית והמחזור העונתי של ערבוב-שיכוב, שהוא מרכיב עיקרי במפרץ, מונע בעיקר על ידי שינויי טמפרטורה. על כן אנו ממליצים לעודד מחקרים שמטרתם להבין את הגורמים הפיסיקליים לעליית הטמפרטורה במי העומק ואת השלכותיה האפשריות על המשטר העונתי.

## 5.א. תקציר באנגלית, English Abstract

### **The Israel National Monitoring Program at the Northern Gulf of Aqaba** Funded by the Israel Ministry of the Environment **Scientific report 2006**

Prof. Amatzia Genin, Scientific Director  
Dr. Yonathan Shaked, Program Manager  
(March, 2007)

#### **Introduction**

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Aqaba (NMP) in 2006. It is divided into chapters according to the various fields 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.

This is the third year in which the NMP operates regularly and data is collected using similar methods by the same 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 three years. A comparison of the present-day state of the reef with historical data can be found in the NMP report of 2004.

This report is available through the Israel Ministry of the Environment's web-site:

[www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il). The raw data can be obtained through the NMP web-site: [www.inm-eilat.org.il](http://www.inm-eilat.org.il).

## **Key findings**

### General

During 2006 an analytical error affecting all pH measurements was discovered. This requires that all pH values published by the NMP until November 2006 be considered erroneous. Nevertheless, simultaneous pH values, measured on the same day, may be used for purposes of relative comparison along a profile or between stations during the course of a sampling campaign.

### The coral reefs of Eilat

1. In 2006, as in the preceding two years, indications of extreme changes in the state of the reefs were not recognized. The reefs display neither substantial growth nor catastrophic decline. That being said, the numerous proxies of the state of coral reefs in Eilat indicate that the reef is under stress and a trend of decline seems to emerge. Although in most cases the trend is not statistically significant we urge that these be taken seriously: it is likely that the time elapsed since the start of the monitoring program is not yet long enough to statistically distinguish trends from the large natural variability. Ecological processes in coral reefs operate on a time scale of years and decades, much longer than the time the NMP is operating. While statistical standards require prudence in interpreting the data, we feel that caution calls for every effort to be made in reducing risk and damage to the reefs of Eilat.

2. The patchy character of the reefs of Eilat, that manifests in large areas of unconsolidated substrate on which corals cannot settle, calls for coral cover data to be normalized by the area of consolidated (hard) substrate rather than be taken at face value. Thus, the measure of live coverage in a reef is the percent consolidated substrate utilized by corals, rather than the percent coral cover. When this normalized coral cover is considered, all sites display similar values i.e. local inhibition of reef growth at a given site is not recognized. When the data is compared across the years since 2004 a trend of deterioration and drop in the normalized coral cover is indicated, but is not (yet?) statistically significant.

3. The number of coral colonies per line-transect (10m) correlates with the percent coral cover up to cover values of ca. 30%. Transects in which higher cover was recorded do not have a higher colony density but rather larger colonies. On the scale of a site (8-18 transects) a good correlation between coral density and live cover was found – indicating that large colonies are too few to influence the cover of a site, in other words: there are too few large coral colonies in the reefs of Eilat. In addition, a positive correlation was found between the occurrence of large colonies and substrate utilization. On the other hand, a negative correlation was found between the occurrence of small colonies and substrate utilization. These corroborate the assertion that large colonies are the backbone of a healthy reef and that a dominance of small colonies indicates a reef under stress.

At the sites of the IUI, which display the poorest substrate utilization, an increase in the occurrence of “medium” sized colonies with respect to the previous year may indicate a process of recovery.

4. The data collected by the NMP since 2004 indicate a statistically significant decline in



corals health. An examination of the results and the method (the “coral health index”) affirm that these are sound (see appendix G3). The biggest decline is found at the NR-5 site.

5. The Shannon-Wiener species diversity index, calculated for a unit length of one transect (10 meters) is influenced by the patchy character of the reefs. Use of the EstimateS software (Colewell 2005) to estimate the diversity index for each site as a whole brought about a change in the relative diversity between the sites. These higher estimates are largely due to the presence of rare species that are likely missed in a 10-meters-long transect. Over the years there is little change in the diversity index and the twenty most abundant coral genera comprise ca. 95% of the live cover in the reefs of Eilat. Genera richness is much greater than 20, exceeding 40 genera in the richest sites (KATZA-20 and IUI-5), giving additional significance to the presence of rare species in the reefs of Eilat.

6. Coral growth and an expansion of live coral cover since 2004 was generally found in the photo-survey sites. Exceptions are the sites at the northern beach and at Taba where non-branching corals are declining, and at KATZA where a loss of branching coral cover was noted.

7. The distribution of coral genera and temporal changes in the photo-survey sites represent stability of the reef community and do not reflect unusual growth or a catastrophic decline.

#### Coastal water

8. 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. In addition to this natural seasonal cycle it seems that the coastal waters of Eilat are occasional affected by contamination inputs that alter their chemical properties. These changes are measured on a local scale in close proximity to the source. For coastal monitoring purposes, abnormal concentrations are those that differ significantly from the background given by the majority of stations and especially the Open Sea monitoring station. And contamination refers to input of water or compounds that alter the seawater composition.

9. Abnormal seawater composition (i.e. contamination) was often measured at the vicinity of the Fish Farms, North Beach, and at the Navy/Meridien Hotel stations. Incidents include:

- Significantly high nitrogen concentrations were measured at the FF, NB, and Navy stations in the summer and autumn months.
- High nitrogen concentrations were also measured at the Nature Reserve station in July. The source for this is yet undetermined with likely candidates including the Underwater Observatory, the Orchids Hotel, and the sewage pipeline that runs parallel to the coast.
- High concentration of ammonium, up to five-fold the open sea values were measured through July near the Fish Farms. Since August highest ammonium concentrations were measured at the Navy/Meridien Hotel station. For the second year now high ammonium concentrations were measured at the Taba station at the end of summer. It is worthwhile remembering that ammonium is quickly consumed in seawater and high concentrations will only be measured very close to the source.
- High silicate concentrations were measured early in the year at the northern stations, and in the summer-fall at the Navy/Meridien Hotel station.
- As a general rule phytoplankton and bacteria cell counts were higher at the northern stations than at other stations, especially during the winter and spring.

10. Concentrations of organic carbon and heavy metals in sediments were found to be small. There is a natural distinction between sediments from the northern beach, where metal concentrations are high, and those from the south.

11. Organic carbon concentrations in the sediment core from the northern beach decline towards the top of the core, while at the southern sediment core the concentrations rise towards the top. An explanation to the changes in organic carbon concentrations in the cores is yet to be found.

#### The open water column

12. The seasonal cycle of summer stratification – winter mixing of the upper water column is the dominant feature observed in the concentrations of nutrients, dissolved oxygen and the dynamics of phytoplankton population in the open waters.

13. Multi-year variations are governed chiefly by the depth and duration of the aforementioned mixing events, and the amount of nutrients stored in the deep water between events. Following the relatively deep 2004-5 winter mixing event we measured a decrease in nutrient concentrations and quantities, and an increase in the dissolved oxygen in deep waters, relative to the alarming values of 2004. However, the winter mixing of 2005-6 was much shallower (~500m) and by the end of the year values were nearly back to the 2004 values. Looking further back in time, nutrient concentrations have been rising and dissolved oxygen concentrations dropping since 2000, in which a particularly strong mixing event occurred.

14. *Chlorophyll-a* concentrations in 2006 were generally higher than the 2005 values, despite the relatively shallow mixing of 2005-6.

15. A gradual rise in deep water temperature since year 2000, amounting to 0.15°C, has been recorded. Changes in deep water temperature may effect the current regime and seasonal dynamics in the Gulf. Rising temperatures may also contribute to the decline in oxygen concentrations, but in this case it seems that it can only explain a small part of it. Declining oxygen concentrations in the deep water must have a different cause, most likely enrichment in organic matter.

## ב. שונית האלמוגים

### ב.1. סקר חברת השונית

#### מטרה

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

#### שיטות

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

אתר	סימול	קו רוחב	קו אורך	עומקים (מ')
המכון הבינאוניברסיטאי (מעבדה ימית)	IUI	34°55'.02	29°30'.07	5,10,15
השמורה הסגורה (גנים יפנים)	NR	34°55'.26	29°30'.33	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 2005.

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

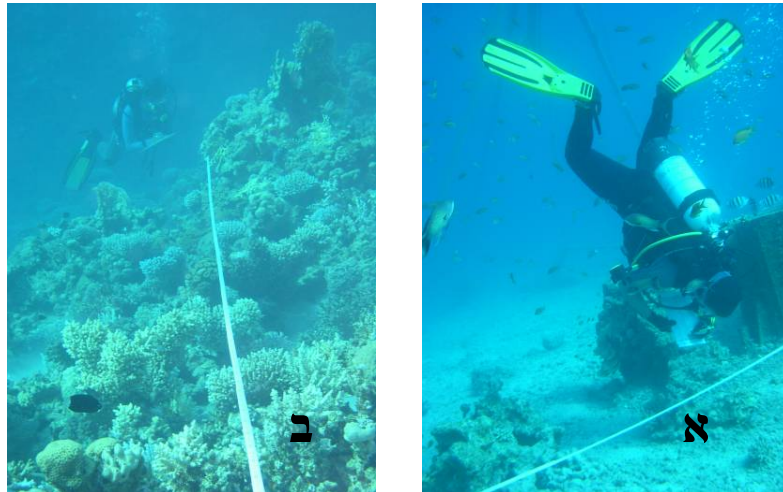
סקר חברת האלמוגים נעשה באמצעות שיטת חתכי הקו שפותחה על-ידי Loya *et al.* (1972). בכל אתר גיאוגרפי נפרש סרט מדידה מנקודת התחלה אקראית לאורך קו עומק כמפורט בטבלה ב1. לאורך סרט המדידה נבחרה מראש נקודת ההתחלה של החתך על-ידי מחולל מספרים אקראיים. מנקודה זו בוצעו חתכים באורך 10 מטרים לאורך סרט המדידה, כשביניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים באתר (שילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק) נע בין 8 ל-18, ונקבע לפי תוצאות הסקר עד לקבלת דיוק גבוה מ-25%. בכל מקטע של עשרה מטרים נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת סרט המדידה בדיוק של סנטימטר אחד (איור ב2). אלמוגים חיים (אלמוגי אבן ואלמוגים רכים) וחסרי חוליות אחרים זוהו לרמת הסוג, ובמידה והתאפשר אף לרמת המין (ראה נספח 2, טבלה 1, לרשימת האלמוגים שנרשמו בכלל החתכים). 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 (L, M, S ו-H בהתאמה). עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז החיות בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז החיות של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. מדד הבריאות (Health Index – HI) של כל אתר חושב כמוצע אחוז החיות של כל המושבות שנספרו באתר זה.

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, בריאות חברת האלמוגים והתפלגות גודל המושבות. מגוון מינים חושב לפי מדד Shannon Wiener (משוואה ב1), כש-  $P_i$  הוא פרופורציית מספר המושבות של מין (או סוג)  $i$  מתוך סה"כ  $n$  המינים (או הסוגים) שנספרו.

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

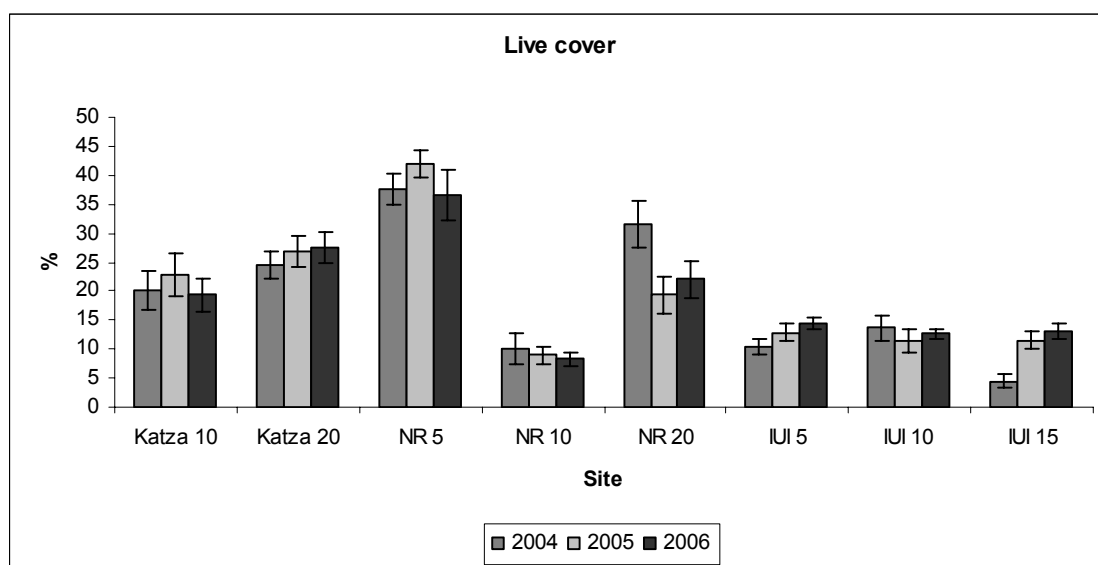
מדד מגוון זה נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספים במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. השנה הוספנו להערכת המגוון גם הערכות לעושר ולמגוון המינים אשר חושבו בעזרת תוכנת EstimateS (Colwell, 2005). הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות תוכנת Systat v9 (SPSS inc, 1998).

בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן. Error bars represent the standard error.

תוצאות:

כיסוי אלמוגים

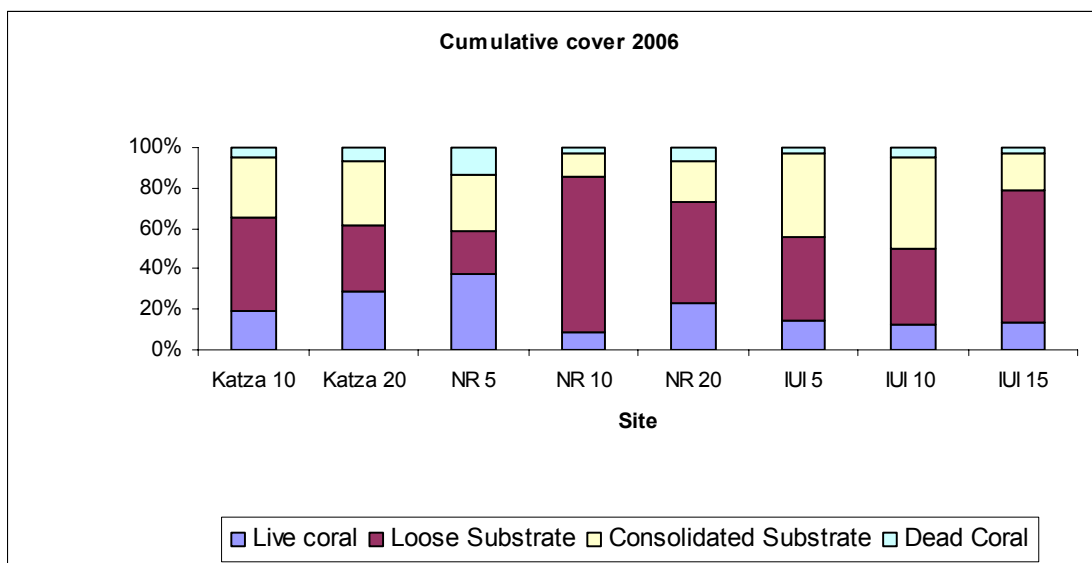
כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור 3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR) 36.5%, שהם ירידה של כ-5% יחסית לשנה הקודמת (42%). הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), 8.3%, בדומה לשנה הקודמת (9%). בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים (מקדם שונות (CV) = 48%) בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (טבלה 2), 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 24% (10-IUI) ל-66% (10-NR). מקדם שונות גבוה מצביע על כיתמיות חזקה של מיפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.



**איור 3:** שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגים חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אזור דיגום, באחוזים מכלל השטח.  
**Figure B3:** Average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area).

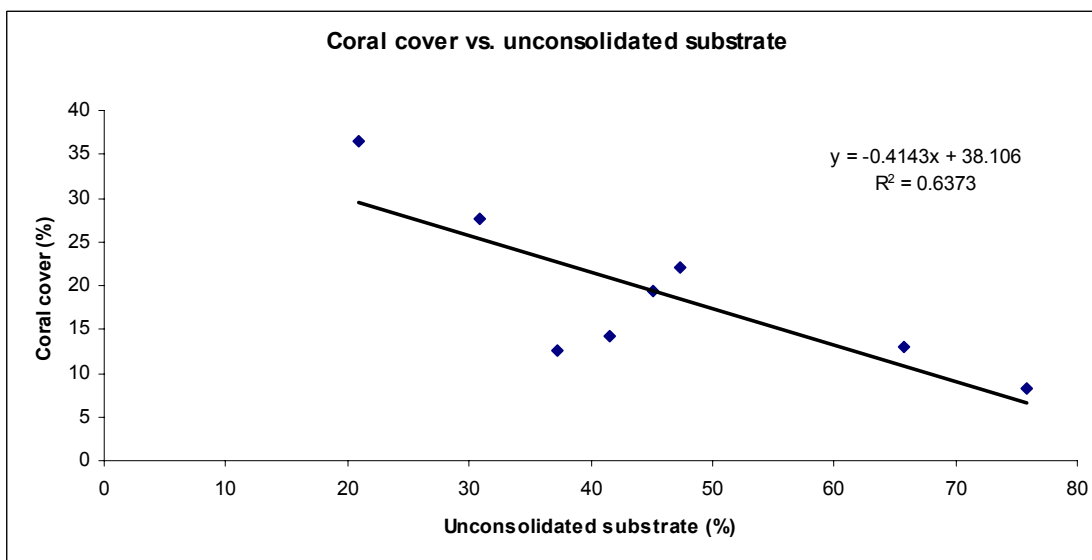
הבדלים גדולים בין האתרים הנסקרים נמצאו גם בהתפלגות סוג המצע עליו עשויים אלמוגים להתיישב (איור 4). אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים באתר נמצא בהתאמה הפוכה לכמות המצע ה"לא מלוכד" (non-consolidated), הכולל חול וחצץ, באותו אתר (איור 5). נראה שאת רוב ההבדל באחוז הכיסוי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות ההבדלים באחוז הקרקע הלא מלוכדת, אשר אינה מתאימה להתיישבות אלמוגים. לפיכך, על מנת לנסות ולעמוד אחר הבדלים נוספים בין האתרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים בהם, יש לנרמל את אחוז הכיסוי לאחוז הקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים.

שני אתרים אשר עבורם ההתאמה פחות טובה הם 5-IUI ו-10-IUI. באתרים אלה אחוז הכיסוי החי נמוך מהמצופה על סמך כמות המצע הלא מלוכד.



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.**

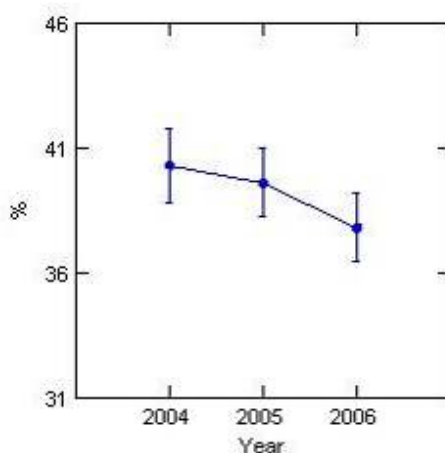
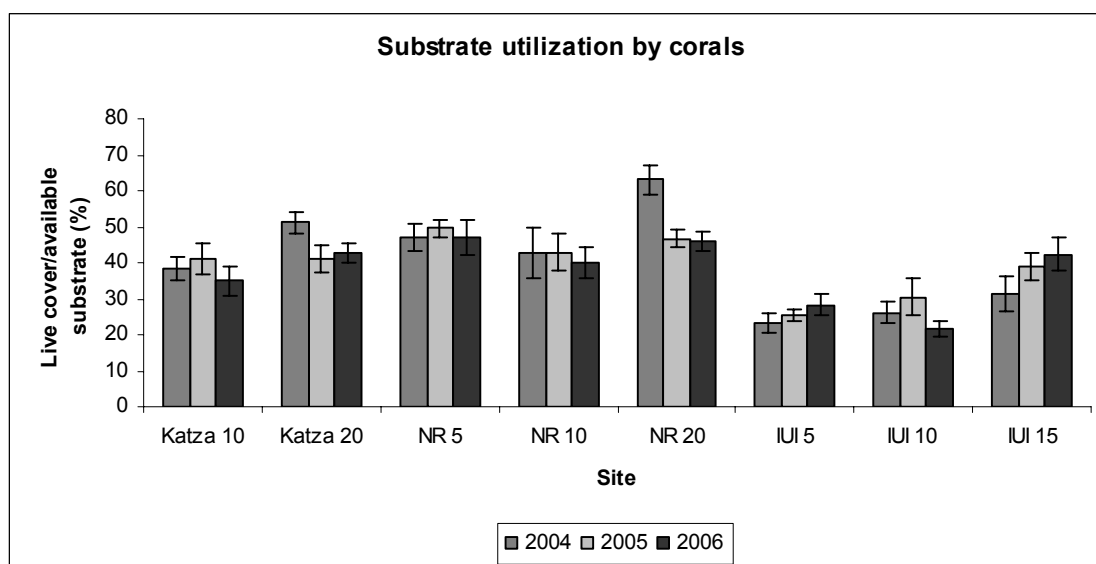


איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים כנגד אחוז הקרקע החולית באתרים השונים. שני האתרים החורגים מקו ההתאמה (אחוז כיסוי נמוך יחסית לכמות המצע הלא מלוכד) הם מול המעבדה הימית בעומק 5 ו-10 מטרים (IUI-5 ו-IUI-10).

**Figure B5: Percent live stony coral coverage versus sandy sea floor in the sites examined. The two sites with exceptionally low coral cover considering the amount of unconsolidated substrate are IUI-5 and IUI-10.**

ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיחס בין אחוז הכיסוי החי וסכום האחוזים של הקרקע המלוכדת והכיסוי החי, מתוך הנחה שהמצע המתאים להתיישבות אלמוגים הוא קרקע מלוכדת ושכל האלמוגים יושבים על מצע כזה. אתרי IUI היו בשנים האחרונות האתרים בהם אחוז הניצול של המצע המלוכד נמוך ביותר (איור ב6)

למעלה). כצפוי, ובדומה לממצאי השנה הקודמת, באתרי IUI הרדודים ניצול המצע המתאים נמוך במיוחד. נראה כי באתרים אלה תנאים קשים לאלמוגים בהשוואה לשאר האתרים, אשר אינם מבוטאים בהתפלגות סוג המצע בהם. יחד עם זאת באתרים IUI-5 ו-IUI-15 ניכרת התאוששות הדרגתית מאז 2004. באתר IUI-15 ניצול המצע הזמין כבר מגיע ליותר מ-40%, בדומה לרוב האתרים האחרים. באתר IUI-10, לעומת זאת, הייתה השנה ירידה בניצול המצע המתאים לאלמוגים בהשוואה לשנים 2004-5. השוואה בין השנים 2004-2006 מראה מגמת ירידה באחוז הניצול של מצע קשה על ידי אלמוגים בשוניות אילת, אך ירידה זו אינה מובהקת,  $P=0.43$  (איור 6 למטה). יש צורך בפרק זמן ארוך יותר על מנת לבחון קיומה של מגמת ההידרדרות הנראית לכאורה במדידות אלה.

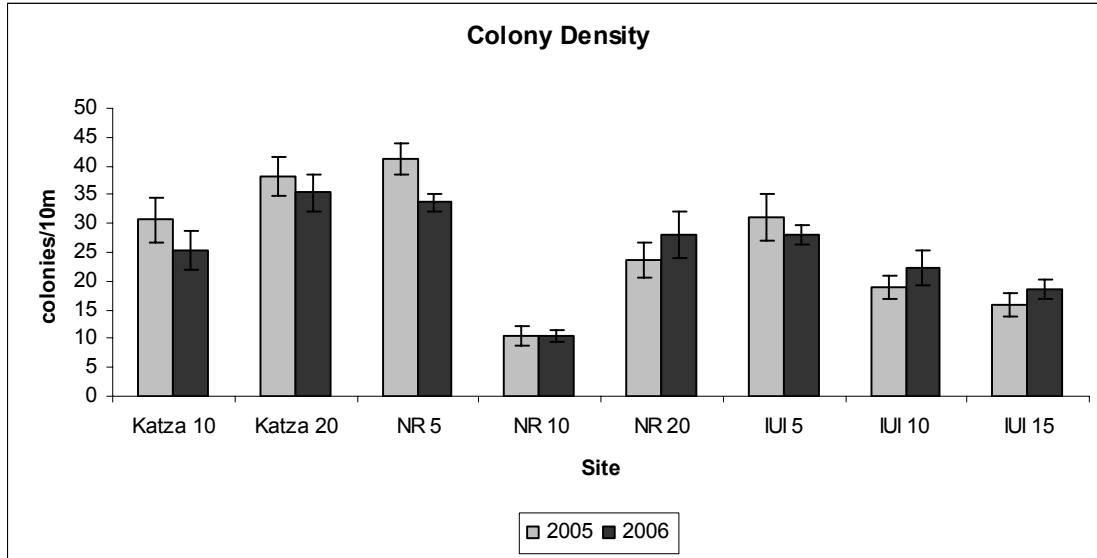


איור 6: למעלה- אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה- תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית לגבי שינוי בניצול המצע המתאים על ידי אלמוגים בכל האתרים הנבדקים. בסך הכל נראית מגמת ירידה עם השנים, אך מגמה זו אינה מובהקת סטטיסטית ( $P=0.43$ ).

**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 2004-2006. There seems to be a gradual decline in consolidated substrate utilization in Eilat, but this is not statistically significant ( $p=0.43$ ).



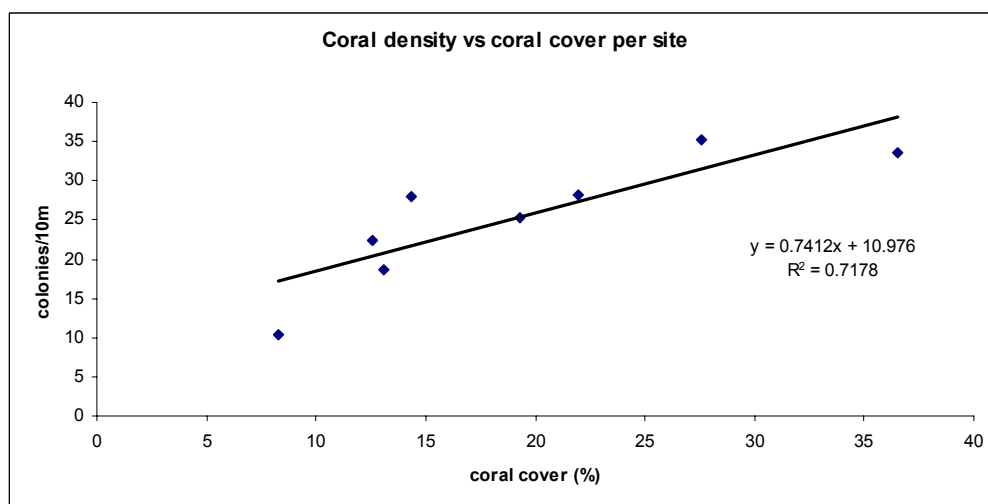
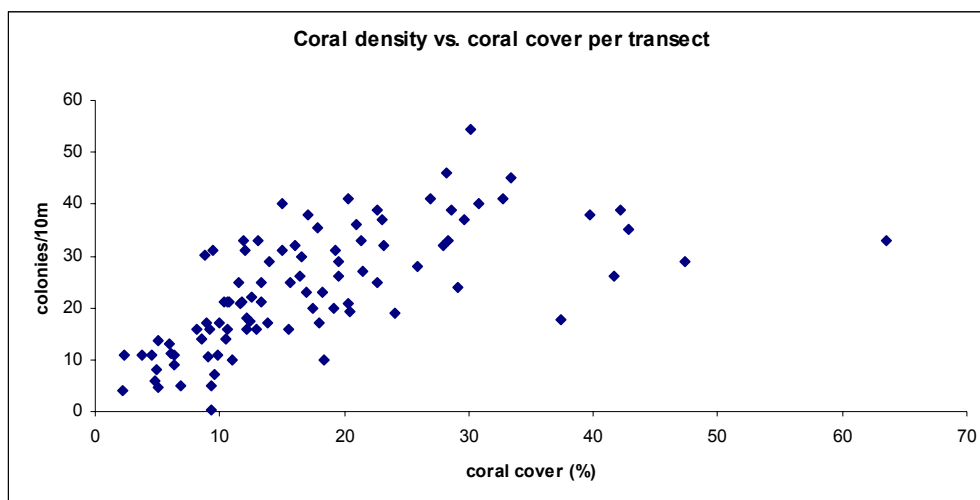
בין האתרים נמצאו גם הבדלים גדולים בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בחתך של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה ב-20-KATZA (35.3), והקטנה ביותר ב-10-NR (10.4), (איור 7). כמו בשנה שחלפה, נמצאו באתרי המעבדה הימית הבדלים במספר המושבות הממוצע בחתך, בניגוד לאחוזי הכיסוי הדומים בכל העומקים. מספר המושבות הגדול ביותר במעבדה הימית נמצא בעומק 5 מטרים והקטן ביותר ב-15 מטרים.



איור 7: מספר מושבות האלמוגים הממוצע בחתך באורך עשרה מטרים בכל אתר.

Figure B7: The average number of coral colonies per ten meters in each site.

מספר מושבות האלמוגים הממוצע בעשרה מטרים משקף באופן כללי את אחוז הכיסוי החי בחתך, עד לערכי כיסוי של כ-30%. עבור אחוז כיסוי גדול יותר אין כמעט עליה בצפיפות המושבות ומכאן שכיסוי אלמוגים גבוה מושג במקומות בהם מושבות האלמוגים גדולות (איור 8 למעלה). כאשר מתבוננים ביחס צפיפות המושבות הממוצעת לעשרה מטרים לכיסוי החי באתרי הדיגום (איור 8 למטה), נמצאת הקבלה טובה בין המדדים המעידה על כך שבממוצע כיסוי חי גדול יותר באתר מושג על ידי מספר מושבות רב יותר – ומכאן שתרומתן של מושבות גדולות לכיסוי באתר קטנה, או במילים אחרות: ברוב האתרים אין מספיק מושבות גדולות.



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.

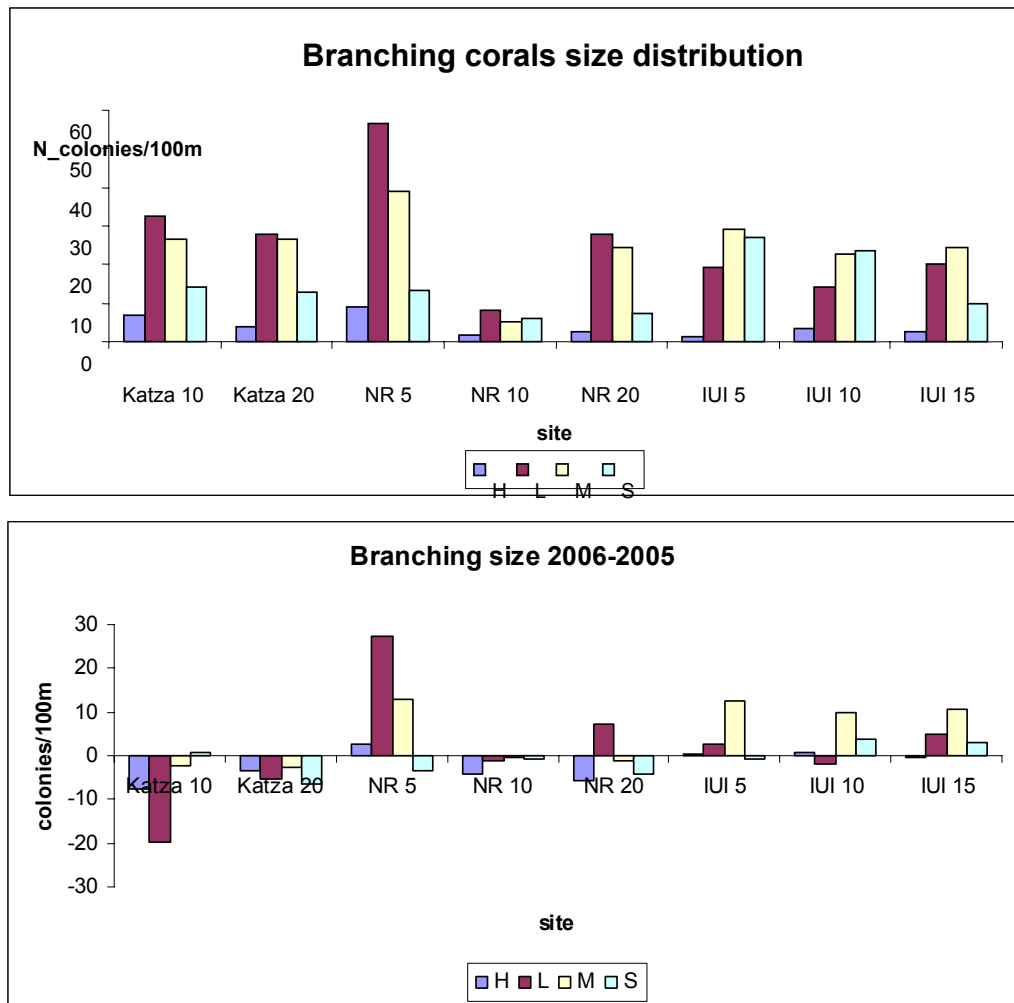
Site	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
N_transects	12	8	9	18	10	14	12	11
Live coral (%)	19.3	27.5779	36.5	8.3	22.0	14.3	12.6	13.1
stdev	10.2	7.423616	13.4	5.4	9.6	3.9	3.0	4.5
SE	2.9	2.6	4.5	1.3	3.0	1.0	0.9	1.4
CV	52.8	26.9	36.8	65.6	43.6	27.0	24.1	34.4
Octocoral (%)	0.4	0.6	0.3	1.4	1.0	0	1.0	4.4
stdev	0.6	0.7	0.7	1.9	0.8		0.0	0.4
SE	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3		0.0	0.1
CV	144.0	120.8	198.4	128.3	80.2		3.0	8.3
GRV+Sand (%)	45.1	30.9	20.9	75.8	47.4	41.6	37.3	65.8
stdev	19.5	11.6	8.6	11.1	23.0	23.6	18.4	13.2
SE	5.6	4.1	2.9	2.6	7.3	6.3	5.3	4.0
CV	43.2	37.5	41.3	14.7	48.6	56.6	49.2	20.1
Rock (%)	29.6	30.5	27.5	11.2	18.8	40.7	45.5	18.2
stdev	13.1	9.3	13.4	10.0	7.8	23.5	19.5	13.2
SE	3.8	3.3	4.5	2.4	2.5	6.3	5.6	4.0
CV	44.3	30.5	49.0	89.1	41.3	57.7	42.8	72.6
Dead Coral (%)	5.1	6.5	13.2	2.6	6.5	3.3	4.4	2.5
stdev	3.4	2.6	5.1	2.4	3.9	2.2	3.6	2.0
SE	1.0	0.9	1.7	0.6	1.2	0.6	1.1	0.6
CV	66.0	40.3	38.5	91.1	60.0	65.9	82.8	80.4
Live/available	35.0	42.7	47.0	40.0	45.7	28.2	21.6	42.3
stdev	13.8	8.0	14.1	19.4	8.4	11.4	8.1	15.5
SE	4.0	2.8	4.7	4.6	2.7	3.0	2.3	4.7
CV	39.5	18.7	30.0	48.4	18.4	40.3	37.6	36.7
colonies/10m	25.2	35.3	33.7	10.4	28.1	28.1	22.3	18.6
stdev	11.5	9.5	4.6	4.2	12.8	6.6	10.3	5.2
SE	3.3	3.4	1.5	1.0	4.1	1.8	3.0	1.6
CV	45.7	27.0	13.6	40.0	45.6	23.5	46.1	28.2

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

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

#### גודל מושבות אלמוגים

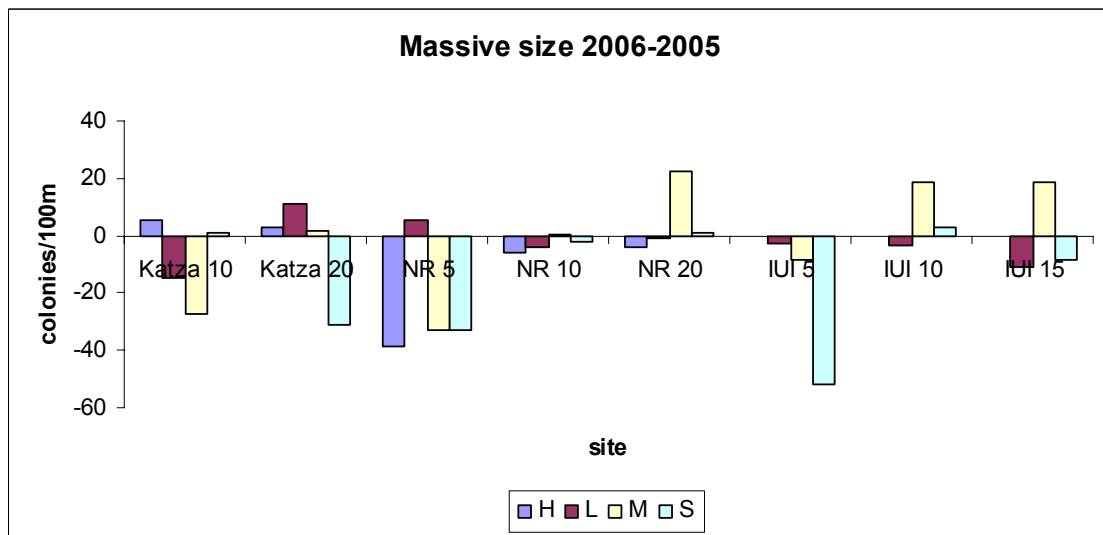
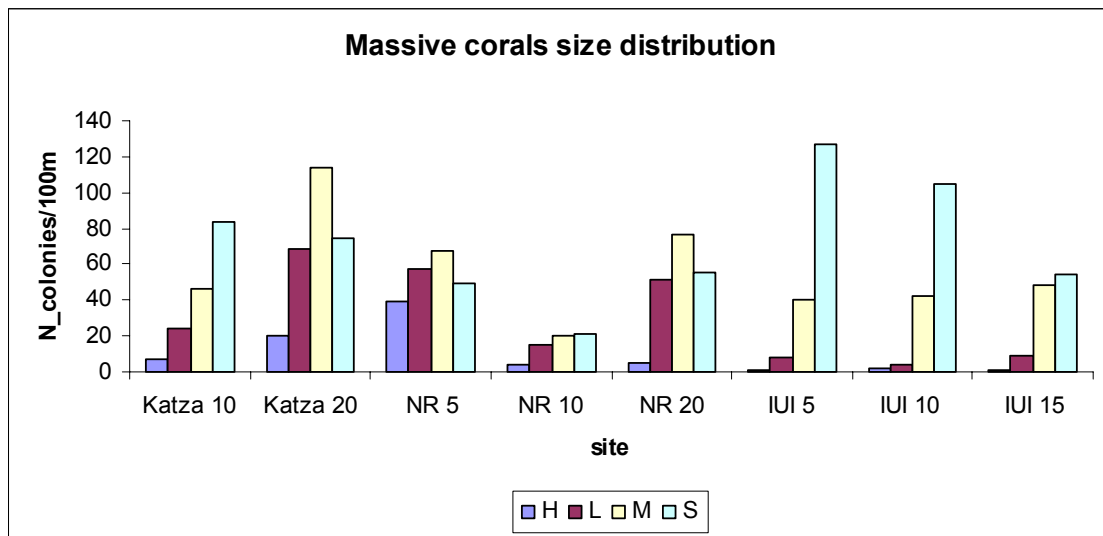
אלמוגים מעונפים (branching): הגודל הנפוץ ביותר של מושבות אלמוגים מעונפים ברוב האתרים הוא "גדול". יוצאים מן הכלל אתרי IUI שם נפוצות ביותר מושבות "קטנות" ו"בינוניות" (איור ב9). בהשוואה לשנה החולפת נראה כי באתרי IUI ישנו גידול בעיקר במספר המושבות הבינוניות ומעט במספר המושבות הגדולות והקטנות. נתון זה עשוי להצביע על הצלחת התיישבות וגידול של מושבות. באתרי השמורה (5-NR ו-20-NR) נראית עליה במספר המושבות הגדולות כאשר בעומק הרדוד העלייה ניכרת וישנה גם עליה במספר המושבות הבינוניות. באתר השמורה 10-NR ובשני אתרי KATZA נמצאה ירידה במספר המושבות מכל קבוצות הגודל.



איור ב9: 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 2006 והסקר של 2005.

**Figure B9: 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 2006 and 2005.**

אלמוגים לא-מעונפים (non branching): גודל מושבות האלמוגים הלא-מעונפים הנפוץ ביותר הוא "קטן", כשרק באתרים 5-NR, 20-NR, ו-20-KATZA נפוצות ביותר מושבות אלמוגים בגודל "בינוני" (איור ב10). באתרי IUI וב-10-KATZA המושבות הקטנות דומיננטיות מאד, בשאר האתרים ההבדלים בין קבוצות הגודל קטנים יותר. בהשוואה לשנה החולפת נראית עלייה במספר המושבות הבינוניות באתרי IUI ועלייה קטנה במספר המושבות הגדולות באתרים 5-NR ו-20-KATZA. באתרי KATZA גם נסקרו השנה מעט יותר מושבות "ענקיות". בכל שאר האתרים ועבור שאר קבוצות הגודל ירדה צפיפות המושבות בהשוואה בין השנים. מבחינה מספרית אלמוגים לא-מעונפים נפוצים יותר מאלמוגים מעונפים בכל קבוצות הגודל.



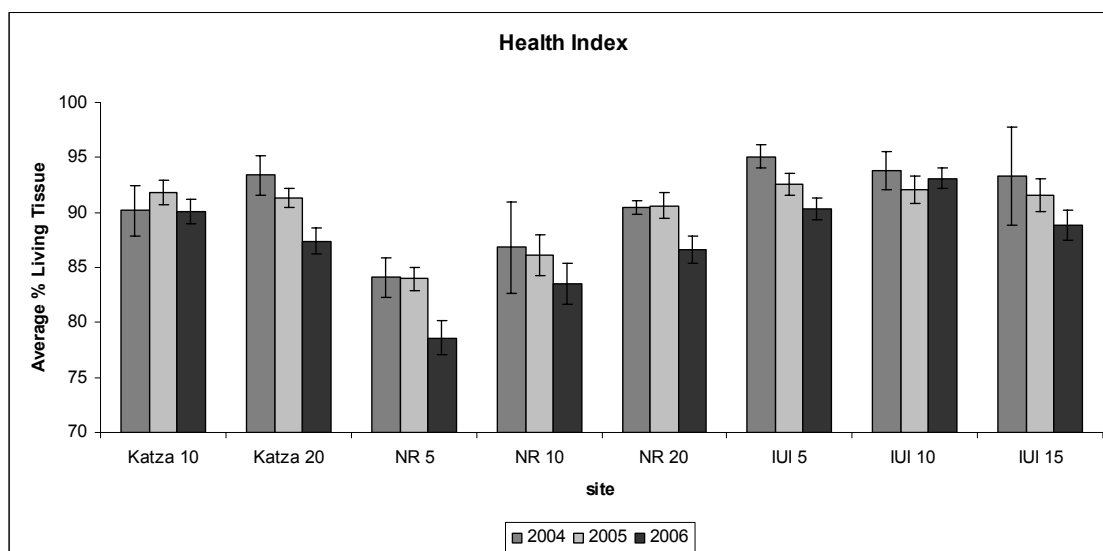
איור ב10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים הלא-מעונפים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small < 5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large < 30 ס"מ; Huge > 30 ס"מ. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים. למטה – השינוי במספר המושבות (מנורמל ל-100 מטרים) של כל קבוצת גודל בהשוואה בין הסקר של 2006 והסקר של 2005.

**Figure B10: 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 2006 and 2005.**

#### בריאות אלמוגים

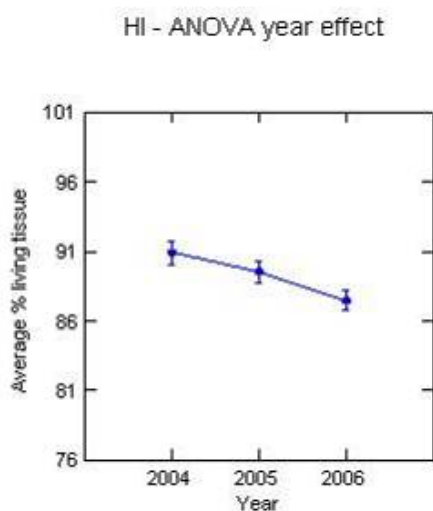
בין האתרים נמצאו הבדלים קטנים במדד הבריאות (HI) הממוצע של אלמוגים חיים (איור ב11). מדד הבריאות באתר נע בין 78.6% (NR-5) ל-93% (IUI-93), ומדד הבריאות הממוצע של אלמוגים חיים בכל האתרים הוא 87.5%. נראה כי בכל האתרים ישנה ירידה במדד הבריאות מאז תחילת תכנית הניטור ב-2004. במרבית האתרים ירידה זו עקבית ונמשכת משנה לשנה. קיבוץ כל המושבות מכל האתרים לערך ממוצע אחד המייצג את "מצב הבריאות של האלמוגים באילת" לאורך שלוש השנים האחרונות (2004-2006) מראה ירידה קטנה, אך מובהקת, במדד הבריאות ( $P=0.01$ , איור ב12), וכך מצביע המדד על הידרדרות במצב הבריאות הכללי של האלמוגים באילת בשנים האחרונות.

בחינה מדוקדקת של מדד הבריאות ומשמעותו ניתנת בנספח ז3.



איור ב11: מדד הבריאות הממוצע של אלמוגים באתרים השונים. מדד הבריאות של מושבת אלמוגים הוא אחוז השטח החי/בריא מסך שטח המושבה.

**Figure B11: The average health index (HI) for corals in the surveyed sites. The health index is the percent area of live/healthy coral tissue out of the total colony area.**

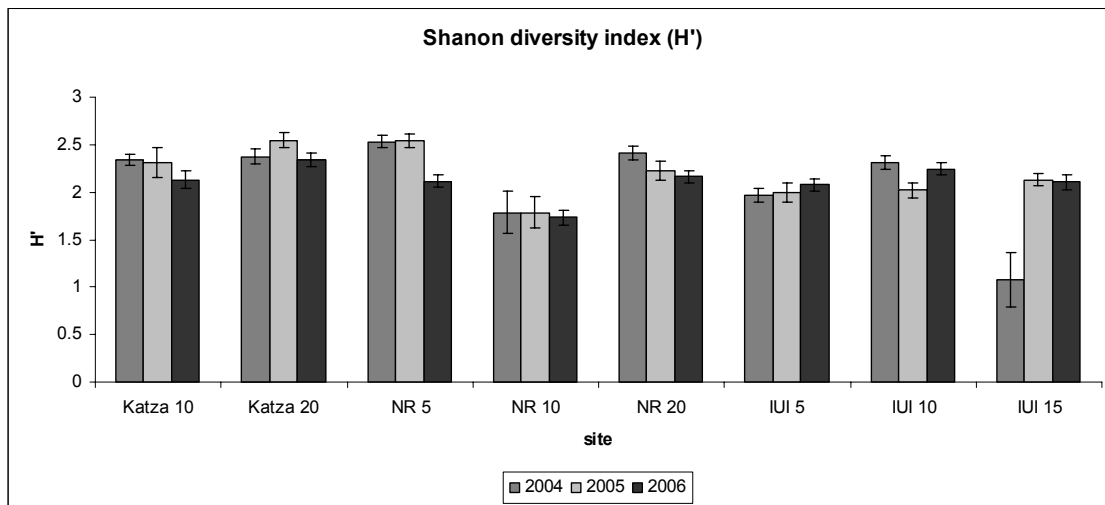


איור ב12: השינוי במדד הבריאות הממוצע של אלמוגים באילת בשנים 2004-2006. שינוי זה מובהק סטטיסטית (P=0.01).

**Figure B12: The change in average health index (HI) for corals of Eilat over the period 2004-2006. This change is statistically significant (P=0.01).**

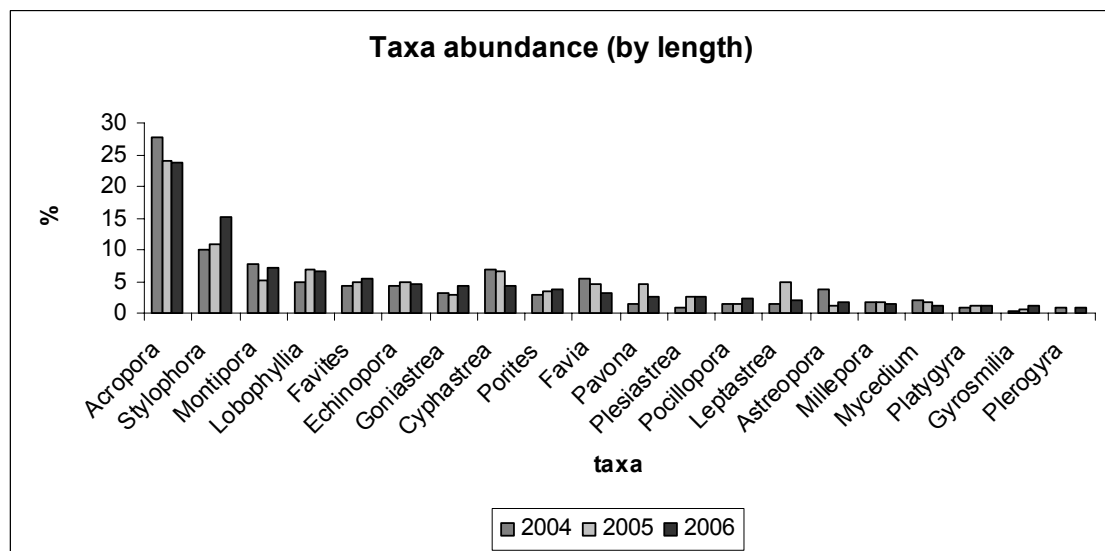
#### מגוון מינים

מגוון המינים הגבוה ביותר (לפי מדד Shannon-Wiener,  $H'$ ) נמצא באתר 20-KATZA, וערכו 2.34. המגוון הנמוך ביותר נמצא באתר 10-NR שם נמדד ערך של 1.73 (איור ב13). בהשוואה לשנה החולפת נראה שמלבד באתרים 5-IUI ו-10-IUI חלה ירידה במגוון המינים לפי Shannon-Wiener, בכל האתרים. בהשוואה לשנתיים הקודמות נראה כי ישנן תנודות בערך מגוון המינים אשר גודלן קטן בהרבה ממשרעת הערכים של מדד המגוון בין האתרים (1.73-2.34). יוצא מן הכלל האתר 15-IUI בו נראית עלייה גדולה בערך מדד המגוון מאז 2004: עלייה של למעלה מיחידה שלמה. יתכן כי הקפיצה הגדולה נובעת מאפיון לקוי של אתר 15-IUI בשנת 2004, עובדה הנרמזת גם משגיאת התקן הגדולה במיוחד.



איור ב13: מגוון המינים והסוגים הממוצע של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shannon-Wiener, משוואה ב1. **Figure B13: The average diversity of coral genera and species in the surveyed sites. The species diversity index follows the Shannon-Wiener index, eq. B1.**

עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב14 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים, 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 חלקם היחסי של אלמוגי *Acropora* ירד, אולם זהו עדיין הסוג הנפוץ ביותר. שינויים אחרים בחלקם היחסי של הסוגים קטנים מאד ואינם מעידים על שינוי משמעותי בהרכב החברה. עשרים המינים הנפוצים ביותר בשנת 2006 מהווים כ-95% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל סוגי האלמוגים באילת. עובדה זו מדגישה את חשיבותם של המינים הנדירים בקביעת מדדי עושר וגוון המינים בשוניות של אילת.



איור ב14: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת (לפי האורך הנמדד בחתכי הקו) בשנים 2004-2006, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2006. **Figure B19: The twenty most abundant coral genera in the reefs of Eilat (according to their cumulative measured length in the line transects) in the years 2004-2006, arranged according to their abundance in 2006.**

Species	% cover out of total transect length per site
---------	---

	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
<i>Acropora</i>	8	6	7	1	7	2	2	3
<i>Stylophora</i>	2	2	5	1	1	5	3	3
<i>Montipora</i>	2	3	1	0	4	0	0	0
<i>Lobophyllia</i>	1	1	10	0	1	0	0	0
<i>Favites</i>	1	1	0	1	2	1	1	0
<i>Echinopora</i>	0	2	3	0	1	0	0	0
<i>Goniastrea</i>	0	1	3	0	1	1	0	0
<i>Cyphastrea</i>	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Porites</i>	0	2	0	0	1	0	1	1
<i>Favia</i>	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Pavona</i>	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Plesiastrea</i>	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Pocillopora</i>	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Leptastrea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astreopora</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Millepora</i>	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Mycedium</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Platygyra</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Gyrosmlia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Plerogyra</i>	1	0	0	0	0	0	0	0

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

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

#### דיון

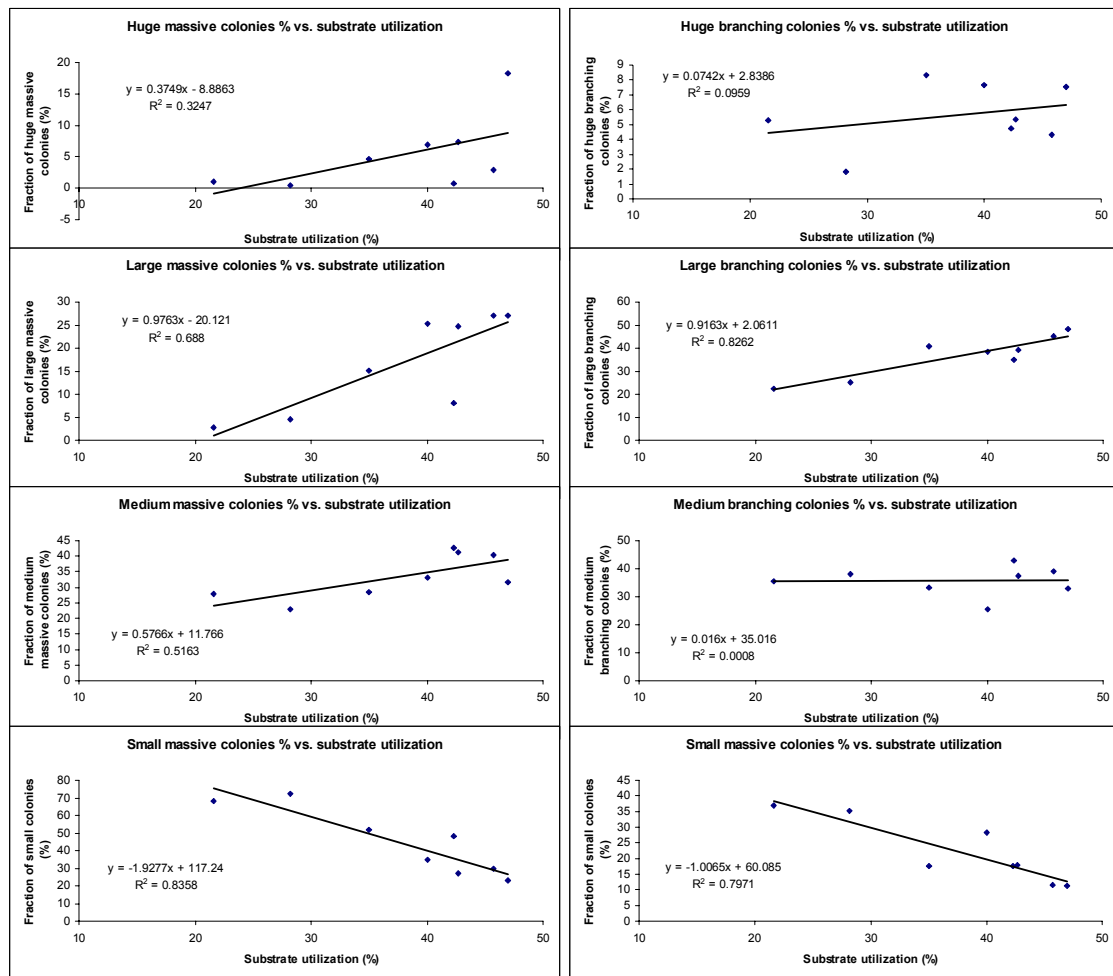
רוב התוצאות המוצגות למעלה ניתנות לפירוש כפשוטן. בדיון זה מושם דגש על שני משתנים חשובים, התפלגות גודל המושבות ומדדי מגוון המינים, אשר לדעתנו יש להרחיב עליהם את הדיבור.

#### גודל מושבות אלמוגים:

על מנת לבדוק איזו קבוצת גודל מהווה את עמוד השדרה של השונית מוצגת כאן (איור ב15) שכיחותם היחסית (לפי מספר מושבות) של אלמוגים מקבוצות הגודל השונות כנגד אחוז השטח הזמין המנוצל על ידי אלמוגים בכל אתר. ההנחה היא שניצול גבוה של השטח הזמין להתיישבות מצביע על שונית "בריאה". השאלות הנשאלות הן: (1) האם ריבוי מושבות קטנות מצביע על תנאים טובים המעודדים התיישבות או תנאים קשים בהם מתיישבים אינם שורדים? ו- (2) באיזה שלב בגדילת האלמוגים מושג ניצול מירבי של השטח העומד לרשותם (או: איזו קבוצת גודל מהווה את מרבית שטח השונית)?

התאמה טובה לניצול השטח הזמין להתיישבות נמצאה רק עבור שכיחותה של קבוצת הגודל "אלמוגים גדולים". נראה כי קבוצה זו היא המשפיעה ביותר על יעילות הניצול של השונית וכך בשונית בה אלמוגים רבים מגודל זה ניצול השטח הוא הגבוה ביותר. לעומת זאת נמצאה התאמה שלילית חזקה בין שכיחות המושבות הקטנות ויעילות ניצול המצע. המסקנה מכך היא ששונית בה הגודל השכיח הוא "קטן" היא שונית במצב של עקה ולא במצב של צמיחה. נראה כי בשוניות אילת השלב המגביל לצמיחת השוניות הוא שלב ההתבגרות וגידול מושבות לאחר השנים הראשונות, ולא שלב ההתיישבות. מסקנות אלה נכונות הן עבור אלמוגים מעופפים והן עבור אלמוגים לא-מעופפים. כיוון שמספר האלמוגים הלא-מעופפים גדול בהרבה ממספר האלמוגים המעופפים התפלגות הגדלים שלהם היא הדומיננטית. הגידול באתרי IUI במספר המושבות הבינוניות מעודד, ועשוי להצביע על הצלחת ההתיישבות ותחילתה של צמיחת אלמוגים. יחד עם זאת, אתרים אלה עדיין נשלטים באופן מובהק על ידי מושבות קטנות, בייחוד שני האתרים הרדודים, וניצול השטח בהם עדיין נמוך במיוחד.





איור ב15: אחוז מושבות האלמוגים מכל קבוצת גודל מסך כל מושבות האלמוגים באתר כנגד אחוזי הניצול של מצע קשה המתאים להתיישבות אלמוגים (אחוז הכיסוי החי/אחוז המצע הקשה).

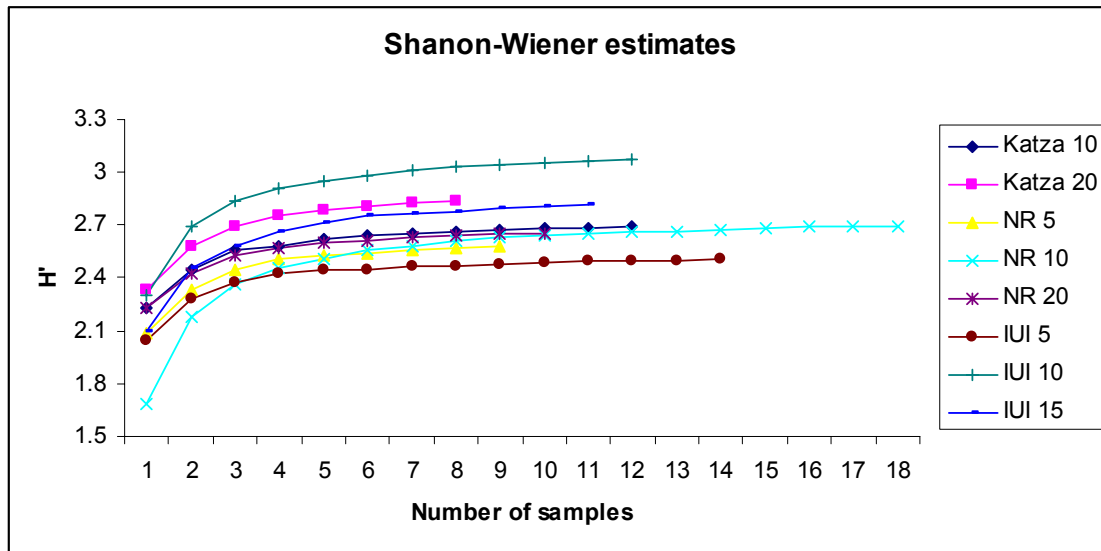
Figure B15: The percent fraction of coral colonies from each size group versus the fraction of available substrate that is utilized by corals (% live cover/% consolidated substrate).

#### מגוון מינים:

השאלות העולות לגבי מגוון המינים של Shannon-Wiener באתרי הניטור הן: (1) מה רגישותו של המדד לגודל יחידת הדיגום/אופיו של האתר? (2) מה מייצגים ערכי המדד? (3) מה משמעותה של משרעת הערכים בין האתרים לגבי מצב חברת האלמוגים בהם?

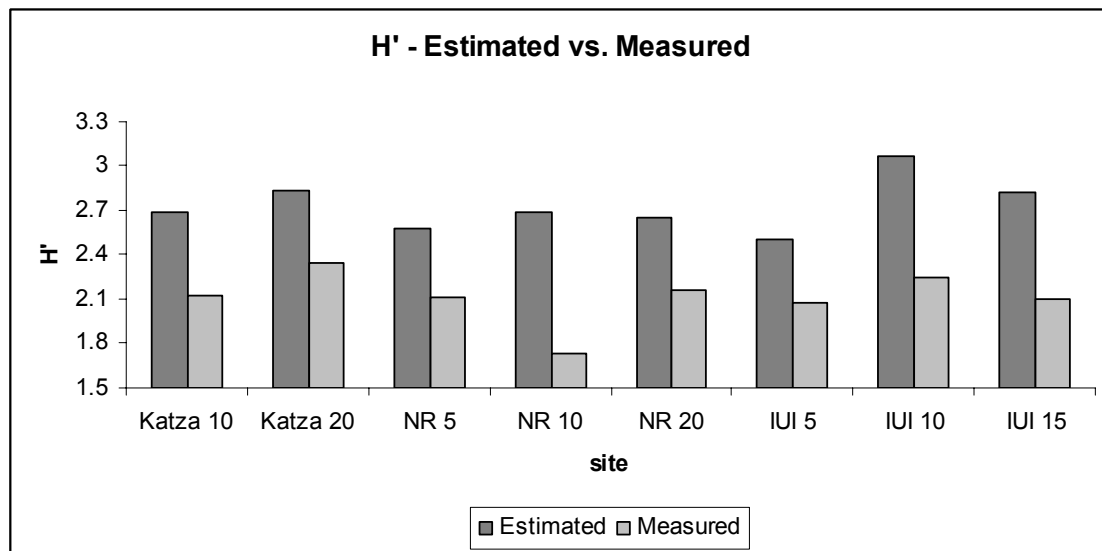
על מנת לענות על שאלות אלה השתמשנו בתוכנת EstimateS v.8.0 (Colwell, 2005) להעריך את ערך מדד Shannon-Wiener עבור כל אתר על סמך המדידות הקיימות (ז"א לבחון את התלות בגודל יחידת הדיגום, גודל המדגם, ואופי האתר), והערכנו גם את עושר המינים אשר משמעותו האקולוגית מובנת יותר. מדד Shannon-Wiener מחושב על ידינו תלוי בפרופורציה של מספר המושבות ממין (או סוג) מסוים מתוך כלל המושבות באתר, והערך לאתר הוא ממוצע הערכים של כל החתכים שנעשו באותו אתר. ישנה כאן תלות של ערך מדד המגוון באורך קו הדגימה: באתר בעל אופי כתמי או בעל פיזור מינים מקובץ יהיה מדד Shannon-Wiener קטן יותר עבור קו קצר יותר. ניתן להשתחרר מהתלות בגודל יחידת הדגימה על ידי צבירת יחידות הדגימה והערכת המדד המתקבל עבור כל שלב עד שעקומת הצבירה מתמתנת קרוב לערך סופי, שהוא הגודל המוערך כאמיתי לאותו אתר (איור 16). נראה כי בכל האתרים אפיון האתר משביע רצון, ומדד Shannon-Wiener המוערך עבור כל אתר בשלמותו גבוה מהערך הממוצע עבור יחידת דגימה (הערך ההתחלתי של העקומות באיור 16). כמו כן, נראה מתוך גרף ההצטברות באיור 16 כי עבור האתר 10-NR, ובמידה פחותה גם עבור 15-IUI מדד מגוון נמוך היה תוצאה של אופי כתמי באתר (או יחידת דיגום קטנה יחסית לאתר). טווח הערכים של מדד מגוון המינים של Shannon-Wiener

המוערך עבור האתרים בשלמותם נע בין 2.5 באתר IUI-5 ל- 3.1 ב-IUI-10, בדומה לטווח אשר התקבל כמוצע עבור יחידת דיגום (קו באורך של עשרה מטרים). יחד עם זאת, מיקומם היחסי של חלק מהאתרים מבחינת מגוון המינים השתנה, וההבדלים בין הערך המחושב ליחידת דיגום באתר והערך המוערך לאתר כולו עשויים להגיע עד ליחידה שלמה (הבדל מירבי נמצא באתר NR-10 בין ערך של 1.73 כמגוון הממוצע ליחידת דיגום ו-2.69 כערך המוערך לאתר כולו; איור ב17). ההבדל גובע ככל הנראה מאופיו הכתמי של האתר אשר בגינו מגוון המינים ליחידת דיגום קטן במיוחד (כיוון שמספר הפרטים ביחידת דיגום קטן במיוחד) ואינו משקף את מגוון המינים באתר. נראה כי הערכה טובה יותר של מגוון המינים באתר ניתנת על ידי חישוב מדד Shannon-Wiener לאתר כולו.



איור ב16: מגוון הסוגים של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shannon-Wiener, כפי שמחושב על ידי תוכנת EstimateS מתוך מדידות 2006.

Figure B16: The Shannon-Wiener diversity indices of coral genera in the surveyed sites as calculated using the EstimateS software, based on the 2006 monitoring data.

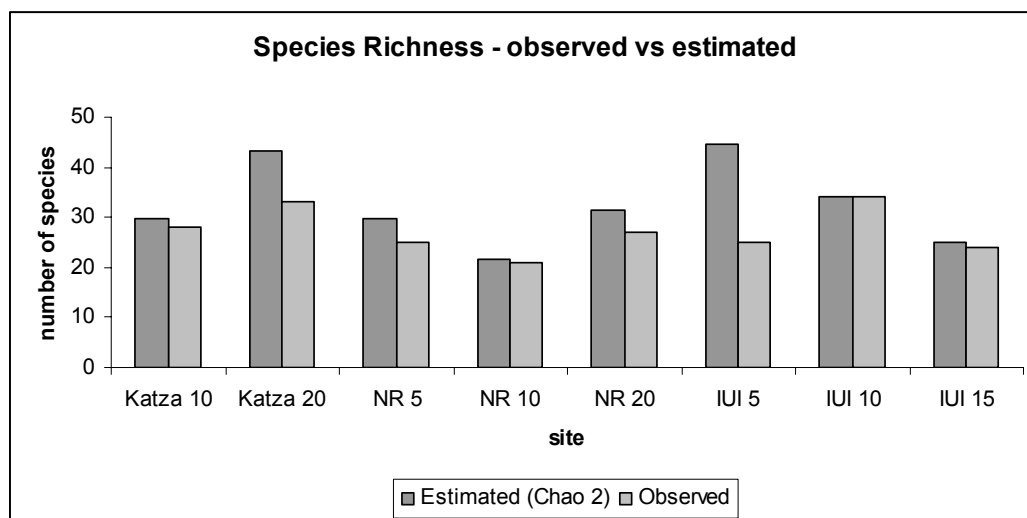
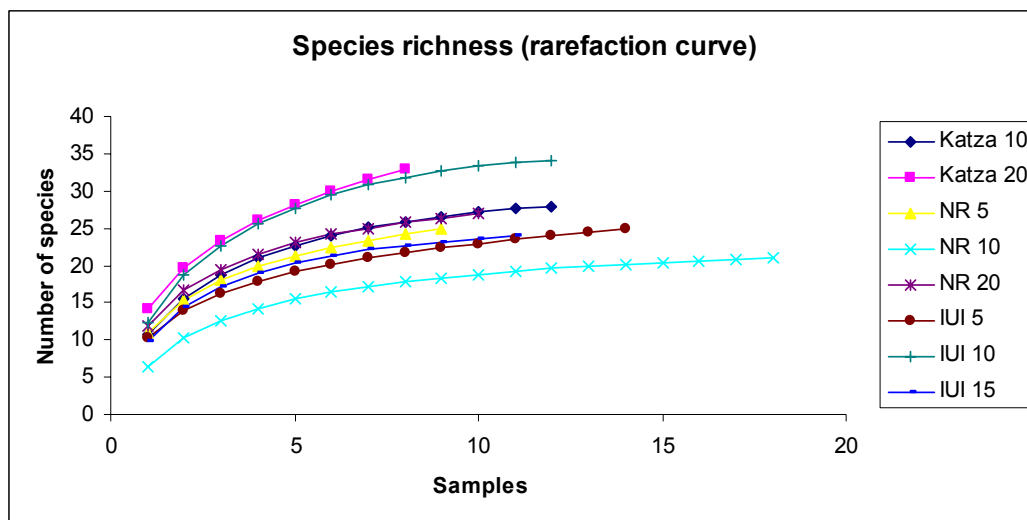


איור ב17: מגוון המינים והסוגים של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shannon-Wiener, השוואה בין הערך המחושב ליחידת דיגום (= אורך קו של עשרה מטרים) ובין הערך המוערך לאתר כולו.

Figure B17: The Shannon-Wiener diversity index of coral genera in the surveyed sites, a comparison between the value calculated per sampling unit (i.e. a 10-meter line transect) and the value estimated for the entire site.

על מנת לבחון את ההבדלים בין האתרים ולעמוד על משמעותו של מגוון המינים בדקנו גם את עושר המינים

באתר, שהוא אחד המרכיבים של מגוון. השוואת עושר המינים נעשתה באמצעות עקומת rarefaction המחושבת מתוך אותם נתוני מגוון, על ידי תכנת EstimateS (איור ב18 למעלה). משרעת הערכים של מספר המינים באתר נעה בין 21 באתר 10-NR ל-34 באתרים IUI-10 ו-KATZA-20. מתוך העקומות ניתן לראות שברוב האתרים לא התגלו כל המינים הקיימים. גם כאן ניתן להעריך את עושר המינים האמיתי באתר בהסתמך הן על העושר שהתגלה והן על הסתברות קיומם של מינים נדירים אשר יתכן ולא עלו במדגם. עושר המינים האמיתי בכל אתר הוערך תוך שימוש במעריך Chao 2 (Chao, 2005). איור ב18 למטה מציג השוואה בין עושר המינים הנצפה ועושר המינים המוערך בכל אתר. עבור האתרים IUI-5 ו-KATZA-20 העושר המוערך גדול בהרבה מהעושר הנצפה, ואילו בשאר האתרים ההבדלים קטנים עד זניחים. משרעת הערכים עבור עושר המינים המוערך נעה בין 21.6 (10-NR) ל-44.5 (5-IUI). מעניין שאתר 5-IUI אשר לו מדד Shannon-Wiener הנמוך ביותר הוא בעל עושר המינים המוערך הגבוה ביותר. עובדה זו מעידה על כך שבאתר זה רבים במיוחד המינים הנדירים, מסקנה הנתמכת גם בכך שזהו האתר בעל ההפרש הגדול ביותר בין עושר המינים הנצפה לעושר המינים המוערך.



איור ב18: עושר סוגי האלמוגים באתרים השונים. למעלה: עקומות rarefaction עבור האתרים השונים. למטה: השוואה בין עושר המינים הנצפה לעושר המינים המוערך.

**Figure B18: Richness of coral genera in the surveyed sites. Top: rarefaction curves. Bottom: a comparison between observed and calculated (Chao 2) richness of coral genera in the surveyed sites.**

מסקנות:

אפיון אתרים באמצעות מדידה של חתכים קווים מאפשר להעריך משתנים אקולוגיים הקשורים לתפקוד השונית ולעקוב אחר שינויים בזמן במאפייני חברת שונית האלמוגים בשונית הנמצאות בשטח ישראל. מאידך, שינוי במאפייני שונית הוא תהליך ארוך (להוציא אירועים קטסטרופליים) ועל כן יש לצפות שבפרק הזמן בו פועלת תכנית הניטור (זו השנה השלישית) קשה יהיה לאבחן מגמות ארוכות טווח באופן מובהק. השונית הרבה בתוך ובין האתרים, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, מקשה אף היא על ההשוואה בין השנים ובין האתרים. יחד עם זאת ניתן בעזרת נתונים אלה לאבחן את מצב השונית באתרים השונים ולהתריע על נקודות תורפה והתפתחויות מדאגות, בפרט באתרים החורגים מהמגמה הכללית.

1. אופייה הכתמי של שונית האלמוגים באילת, הבא לידי ביטוי באחוזים הגבוהים של מצע לא מלוכד, מוציא את העוקץ מנתוני הכיסוי החי, ומכתיב התבוננות באחוזי הניצול של מצע מלוכד. מתוך נתונים אלה נראה כי מרבית האתרים בעלי אחוזי ניצול דומים, כלומר, לא ניכרת הפרעה מקומית לגדילת אלמוגים. יוצאים מן הכלל הם אתרי ה-IUI שם אחוזי הניצול נמוכים במיוחד. יחד עם זאת, באתרים IUI-5 ו-IUI-15 נראית עליה הדרגתית באחוזי הניצול מאז 2004, עובדה העשויה להצביע על מגמת התאוששות. באתר IUI-10 הייתה השנה ירידה באחוזי הניצול של מצע מלוכד, וזהו האתר במצב הקשה ביותר. בהשוואת נתוני אחוז הניצול מכל האתרים בין השנים 2004-2006 מסתמנת מגמה של ירידה והידרדרות, אולם מגמה זו אינה מובהקת. מעקב מתמשך אחר אחוז הניצול של מצע מלוכד ע"י אלמוגים דרוש על מנת לוודא או להפריך קיומה של מגמה ארוכת טווח.
2. צפיפות מושבות האלמוגים תואמת באופן כללי את אחוז כסוי האלמוגים עד לשלושים אחוז בערך. אחוז כיסוי גבוה מזה מושג באמצעות מושבות גדולות יותר ולא באמצעות תוספת מושבות. התאמה טובה בין אחוז הכסוי באתר ובין צפיפות האלמוגים בו מצביעה על כך שאתרי השונית באילת חסרות מושבות אלמוגים גדולות אשר יכלו להביא לעליה באחוזי הכסוי של אלמוגים.
3. אלמוגים לא-מעונפים נפוצים (מספרית) הרבה יותר מאלמוגים מעונפים ועל כן התפלגות גדלי האלמוגים באתר נוטה אחר התפלגות גדלי האלמוגים הלא-מעונפים (על פי חלוקה לקטגוריות גודל כמפורט למעלה). במרבית האתרים גודל המושבות השולט הוא קטן או בינוני. רק באתר 5-NR הגודל הנפוץ ביותר הוא "גדול". נמצא מתאם חיובי בין שכיחותן של מושבות גדולות ובין ניצול המצע הלא מלוכד על ידי אלמוגים, חיזוק נוסף לכך ששונית בריאה ומלאה היא שונית שבה אלמוגים גדולים שכיחים. לעומת זאת נמצא מתאם שלילי בין שכיחות המושבות הקטנות ובין ניצול המצע המתאים להתיישבות, לכן, שכיחות גבוהה של מושבות קטנות מהווה סימן לעקה בשונית באילת.
4. נמצאה עליה בשכיחות המושבות הבינוניות באתרי IUI, בהשוואה לשנת הניטור הקודמת, העשויה להצביע על התאוששות באתרים אלה.
5. בשנות הניטור, 2004-2006, נמצאה הידרדרות מובהקת בבריאות מושבות האלמוגים. בדיקה מעמיקה של ממצא זה מראה כי שיטת המדידה אמינה והנתונים אמיתיים (ראה נספח 3). הירידה היא באחוזים בודדים, אך בהתחשב בהגדרת המדד ובמספר החזרות הגדול יש ליחס לכך חשיבות. נראה כי בחישוב מדד זה עדיף היה לא להכליל את מושבות האלמוגים הקטנות, ואז התוצאות יתקפו טוב יותר את מצב הבריאות של האלמוגים. יחד עם זאת התמונה הצפויה במקרה כזה תהיה עגומה יותר. ההידרדרות הגדולה ביותר נמצאה באתר 5-NR.
6. השינויים במדד מגוון המינים של Shannon-Wiener עם הזמן קטנים ממשרעת הערכים במדד זה בין האתרים. שימוש בתכנת EstimateS מראה כי ישנה חשיבות גדולה לאופי האתר בקביעת ערך המדד כפי שמחושב ליחידת דיגום של קו באורך עשרה מטרים. הערכת המגוון עבור האתר כולו משנה מעט את סדר האתרים מבחינת מגוון המינים. שימוש במדדי עושר מינים מלמד שמלבד אופי האתר נודעת בשונית אילת גם השפעה גדולה למינים נדירים. הדבר ניכר היטב בעובדה שבאתר IUI-5, עבורו הערכת עושר המינים היא הגבוהה ביותר, הוא האתר בעל אינדקס המגוון הנמוך ביותר, ובו ההפרש בין עושר המינים המדוד לזה המוערך הוא הגדול ביותר.
7. השינויים בסוגי האלמוגים הדומיננטיים בין השנים קטנים, ועשרים הסוגים הנפוצים ביותר מהווים כ-95% מכלל השטח המכוסה אלמוגים. עם הערכות עושר של למעלה מארבעים מינים (באתרים 20-KATZA ו-IUI-5) עובדה זו מדגישה את חשיבות המינים הנדירים בשונית בהערכת מגוון המינים.

## ב.2. צילום אתרים קבועים

## מטרה

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

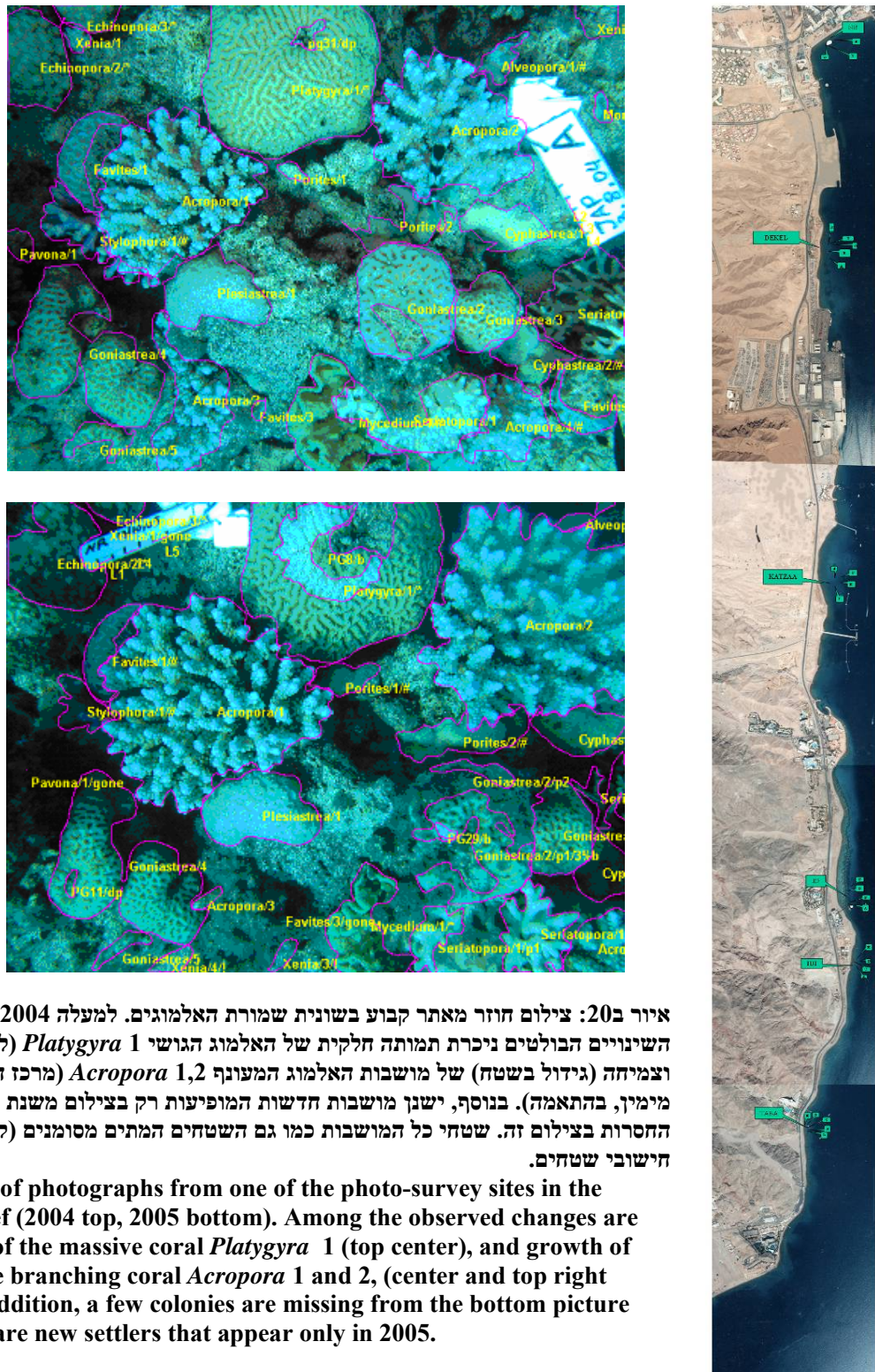
## שיטות

צילום חוזר של שטח קבוע באתרי שוניית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב19). בכל אתר חוברה לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השוניית בארבעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיוק בזמנים שונים (איור ב20). בסך הכל מוקמו 30 נקודות ובכל נקודה מצולמות ארבע תמונות לניתוח כמותי של השינויים באתרים השונים. עקב בלאי והתפוררות סלע השוניית המחזיק את התושבות אובדות מדי שנה מספר נקודות, ומספר התמונות מצטמצם. 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 (כשל תנועת חצובת המצלמה בתושבת הקבועה, תזוזה של תושבות במשך השנה שחלפה, שינויים בתנאי תאורה, או גידול אלמוגים באופן המסתיר מהמצלמה אלמוגים אחרים) נאספו הנתונים אך לא נלקחו בחשבון 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. שטח האלמוגים השנה מופיע ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח:  $1\text{cm}^2=2\text{kp}=2,000\text{pixels}$ . שינויים בשטח ניתנים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות. למרות אובדן חלק מהנקודות, נאספו נתונים רבים ויחודיים בשיטה זו אשר מהווים חוליה משלימה חשובה בניטור מצב השוניות. להבדיל מחתכי הקו אשר משווים אפיון סטטיסטי של אתר, בסקר המצולם אנו משווים את התפתחות אותן נקודות בדיוק משנה לשנה. 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 ב19: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).

Figure B19: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב20: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra 1* (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora 1,2* (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאמה). בנוסף, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילום משנת 2005, ומושבות החסרות בצילום זה. שטחי כל המושבות כמו גם השטחים המתים מסומנים (קו אדום) לצורך חישובי שטחים.

Figure B20: 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

אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים. 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. במהלך שנת 2006 נותחו 86 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות. בסך הכל נספרו 1758 מושבות מכל הסוגים ונמדד שטחם של 1040 אלמוגים לצורך השוואת שטחים בין השנים. סיכום נתוני הצילומים מופיע בטבלה ב-4. בכל האתרים המצולמים מירב המושבות הן של אלמוגי אבן, ובהן מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול מאד ביחס לאלמוגים מעונפים. בשמורת חוף אלמוג נסקר המספר הגדול ביותר של מושבות. צפיפות מושבות גבוהה (של כ-25 אלמוגים בתמונה) נמדדה בקצא"א, בשמורת חוף אלמוג, ובמעבדה הימית.

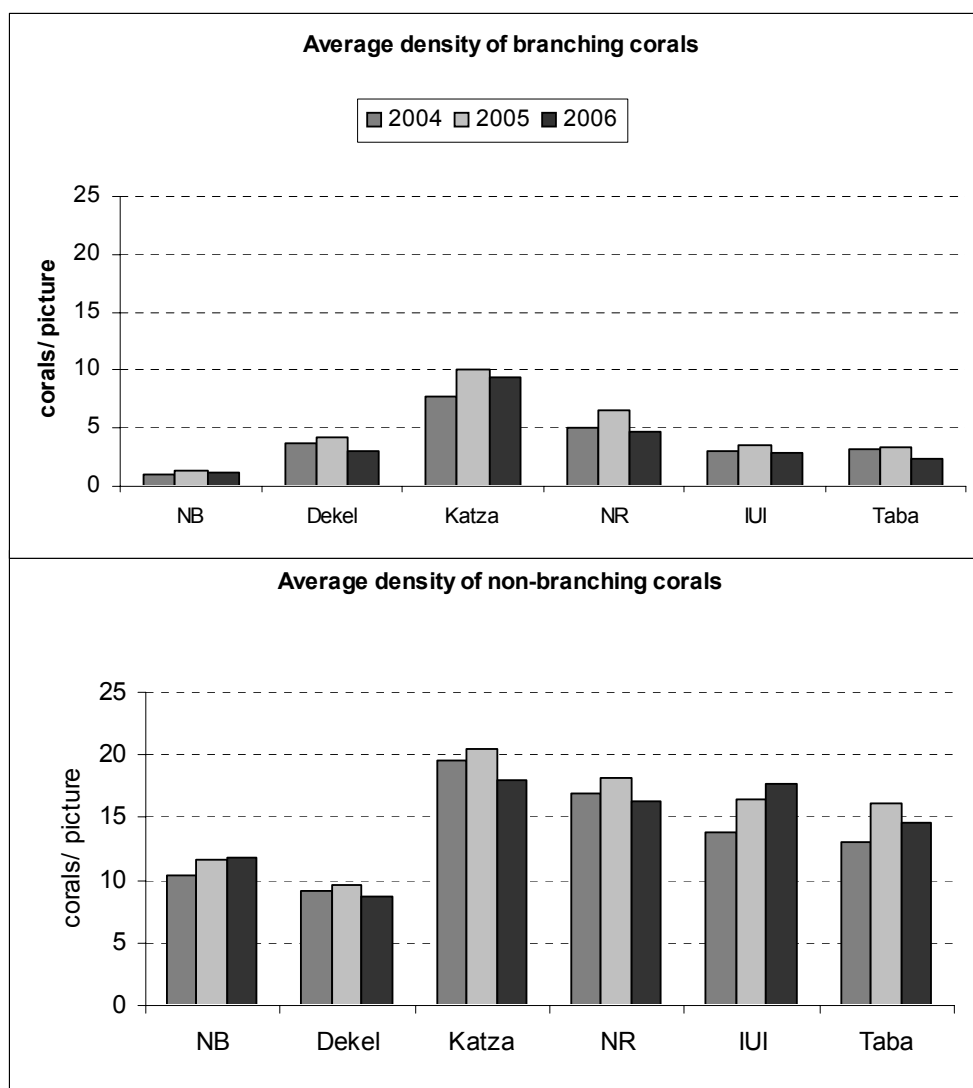
אלמוגי האבן מכסים את מרבית השטח בכל האתרים המצולמים. השטח החי הגדול ביותר נמצא בחוף הדקל שם גם שטח האלמוגים הלא-מעונפים הגדול ביותר. שטחם של האלמוגים המעונפים גדול ביותר בשמורה. ברוב האתרים שטח האלמוגים הלא-מעונפים גדול משטח האלמוגים המעונפים, בדומה ליחס בכמות המושבות, יוצא מן הכלל אתר השמורה בו שטח האלמוגים המעונפים הוא הגדול ביותר.

Site	No. of pictures	Branching corals (stony)		Non-branching corals (stony)		All corals (stony, soft, millepora, others)	
		No. of colonies	Area (k-pixels)	No. of colonies	Area (k-pixels)	No. of colonies	Area (k-pixels)
NB	12	12 (14)	550	75 (141)	2,897	105 (180)	4,649
Dekel	20	27 (62)	2,235	87 (174)	5,061	169 (300)	10,338
Katza	12	37 (75)	1,339	121 (208)	2,715	171 (299)	4,193
NR	16	37 (75)	4,146	155 (260)	3,740	222 (386)	8,486
IUI	12	14 (32)	444	151 (209)	3,174	207 (292)	3,869
Taba	14	15 (34)	2,805	110 (204)	3,162	166 (301)	6,921
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>142 (292)</b>	<b>11,519</b>	<b>699 (1,196)</b>	<b>20,749</b>	<b>1,040 (1,758)</b>	<b>38,456</b>

טבלה ב-4: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2006. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההיטל המצולם שלה. נתוני שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שניתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיוול הצילומים לשטח "אמיתי". בסוגריים מספר המושבות הכללי ומחוץ לסוגריים מספר המושבות ששטחן נמדד.

**Table B4: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2006 photo-survey session. The "area" of a colony is its pictured area. Areas are given in pixels to allow for inter-annual comparisons and to avoid inaccuracies of calibration attempts to "real surface area". The number of colonies refers to colonies for which area data is considered and the total number of colonies is given in brackets.**

שינויים בצפיפות מושבות אלמוגי האבן בכל האתרים מאז שנת 2004 אינם מובהקים, כאשר ברוב המקרים נמדדה צפיפות גבוהה ביותר בשנת 2005 (איור ב-21). צפיפות אלמוגי האבן בקצא"א היא הגבוהה ביותר, ובאתרים הצפוניים (החוף הצפוני וחוף הדקל) צפיפותם נמוכה ביותר.

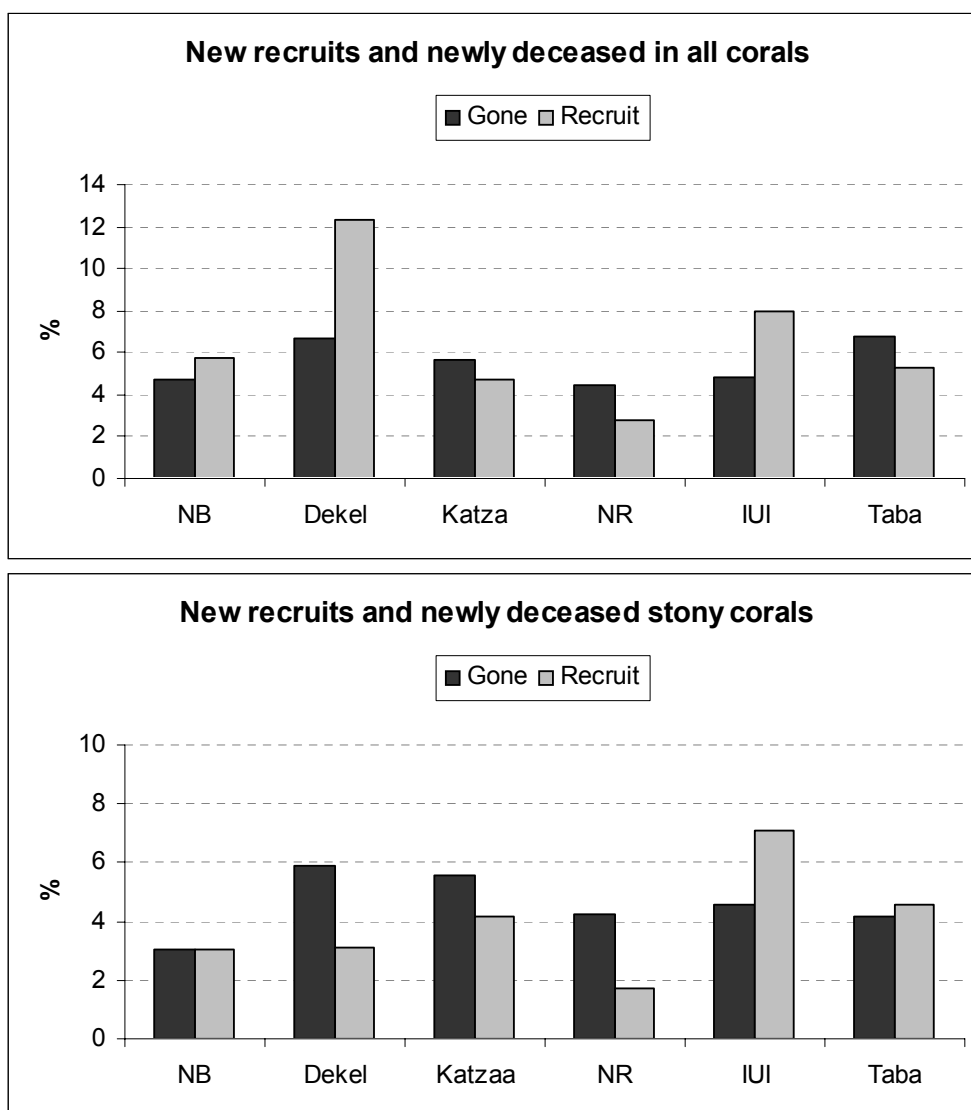


איור ב21: הצפיפות הממוצעת (מספר מושבות בתמונה) של מושבות אלמוגים מעונפים (למעלה) ולא-מעונפים (למטה) בשנים 2004-2006 באתרי הסקר המצולם.

**Figure B21: The average density (colonies per photograph) of branching (top) and non-branching corals (bottom) at the photo-survey sites since 2004.**

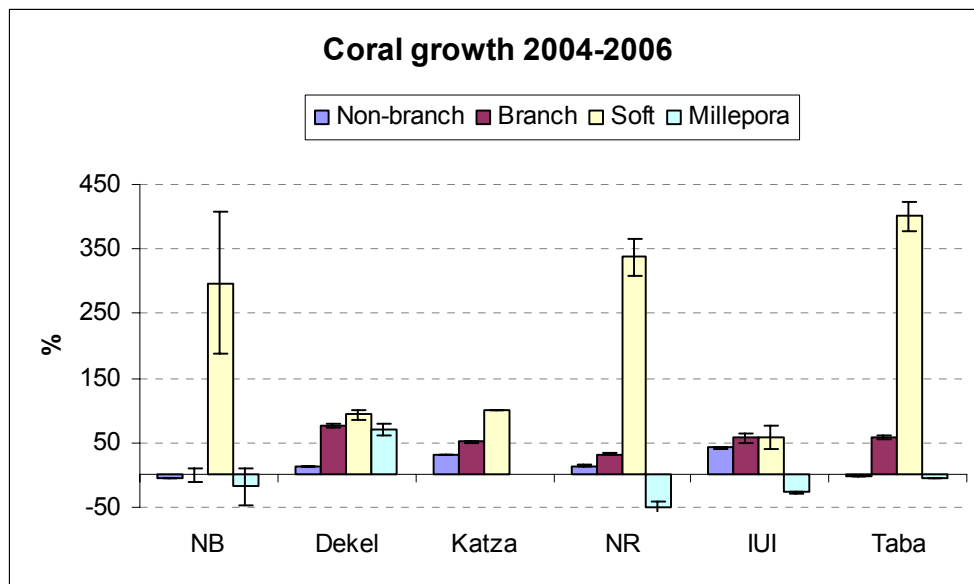
באתרי הדקל והמעבדה הימית התיישבו יותר מושבות אלמוגים (בדקל רוב ההתיישבות החדשה היא של אלמוגים רכים מסוג *Xenia*) מאשר נעלמו, אך ביתר האתרים נמצא עודף תמותה על התיישבות (איור ב22). באתרים טאבה ובעיקר המעבדה הימית נמצא עודף התיישבות של אלמוגי אבן על תמותם, בחוף הצפוני מספר המתיישבים והמתים דומה, ובשאר האתרים נמצא עודף תמותה על התיישבות. השינויים במספר המושבות עקב תמותה והתיישבות קטנים מעשרה אחוז מסך המושבות באתר, עובדה המצביעה על דינאמיקה "נורמלית" ללא אירועים חריגים.





איור ב22: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2006. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר.  
**Figure B22: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the phot-survey sites in 2006. 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 בה נמדדו השינויים הגדולים ביותר היא קבוצת האלמוגים הרכים, אשר גדלה מאד בשלושה אתרים (החוף הצפוני, שמורת חוף אלמוג, וטאבה) (איור ב23). גידול זה בא, בדרך כלל, על חשבון קבוצות אחרות ובפרט אלמוגי האש ואלמוגי האבן הלא-מעונפים. אלמוגי האבן המעונפים מראים ברוב האתרים (יוצא מן הכלל החוף הצפוני) גדילה של עשרות אחוזים (ערך מירבי בחוף הדקל, 77%), והאלמוגים הלא-מעונפים גדלו בשיעור קטן יותר. באתרים טאבה והחוף הצפוני אף נמצא "גידול שלילי" באלמוגים הלא-מעונפים, דהיינו ירידה בשטח החי.

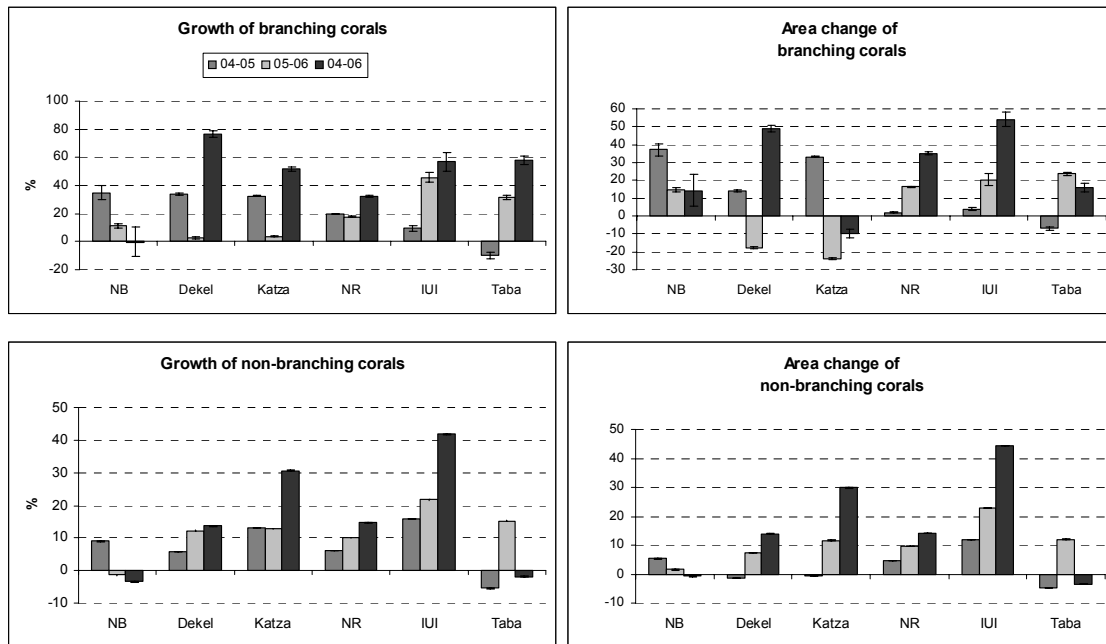


איור ב23: סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות מאז 2004 באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2004 ו-2006, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים.  
**Figure B23: Growth of corals between 2004 and 2006 at the photo-sites. Growth is the difference in area of 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 ב24 ניתן פירוט של מרכיבי שינוי בשטח האלמוגים: סך השינוי בשטח האלמוגים (כולל תמותה והתיישבות) להלן "השינוי בשטח", והשינוי בשטחם של אלמוגים המופיעים בצמד סדרות הצילום אותן משווים, להלן "צמיחה". כך, למשל, בחוף הדקל נמדד עודף תמותה על התיישבות, אולם בסך הכל גידול בשטח. גידול משמעותי בשטח האלמוגים נמדד במעבדה הימית, ומורכב הן מגדילת אלמוגים קיימים והן מעודף התיישבות על תמותה של אלמוגים לא-מעונפים. בהשוואת הצמיחה לגידול בשטח ולשינוי בצפיפות המושבות נראה כי עיקר הגידול בשטח אלמוגי האבן במעבדה הימית מאז 2004, מוסבר על ידי גדילת אלמוגים "קיימים" ולא על ידי התיישבות. צמיחת אלמוגים מעונפים במעבדה הימית מאז 2004 היא 57% ואילו סך הגידול בשטח עומד על 54%, ומכאן שגידול השטח נובע מצמיחה ויחסי התיישבות-תמותה גרמו לירידה קלה בגידול הצפוי. צמיחת אלמוגים לא-מעונפים במעבדה הימית 42% ואילו סך הגידול בשטח הוא 44.5% ומכאן שיחסי התיישבות-תמותה תרמו כ-2.5% בלבד לגידול השטח וזאת למרות העלייה בצפיפות אלמוגים אלה, שהסתכמה ב-14 מושבות בכל תמונה בשנת 2004 לעומת 18 בשנת 2006.

בחוף הצפוני נמדדה צמיחה שלילית של מושבות קיימות אולם יחסי התיישבות-תמותה ממתנים את הירידה בסך השטח (ואפילו ישנה עלייה בשטח אלמוגים מעונפים) וזאת על אף שצפיפות המושבות כמעט ללא שינוי. מכאן שתמותה פגעה בעיקר במושבות קטנות וישנן מושבות חדשות שהצליחו לגדול. יש לציין כי בחוף הצפוני מדובר במספרים קטנים.

בטאבה שטח אלמוגים מעונפים גדל אך מעט מאז 2004 (16%) על אף צמיחת מושבות קיימות. שטח הלא-מעונפים קטן ב-3.5% שמתוכם הצמיחה השלילית 2%. צפיפות המושבות הלא-מעונפות, לעומת זאת, אפילו עלתה מאז 2004 (איור ב21) ומכאן שתמותה פגעה באלמוגים בעלי שטח גדול יחסית. מצב דומה נמצא באלמוגים המעונפים בקצא"א ואילו לגבי האלמוגים הלא-מעונפים גידול השטח והצמיחה דומים (כ-30%).

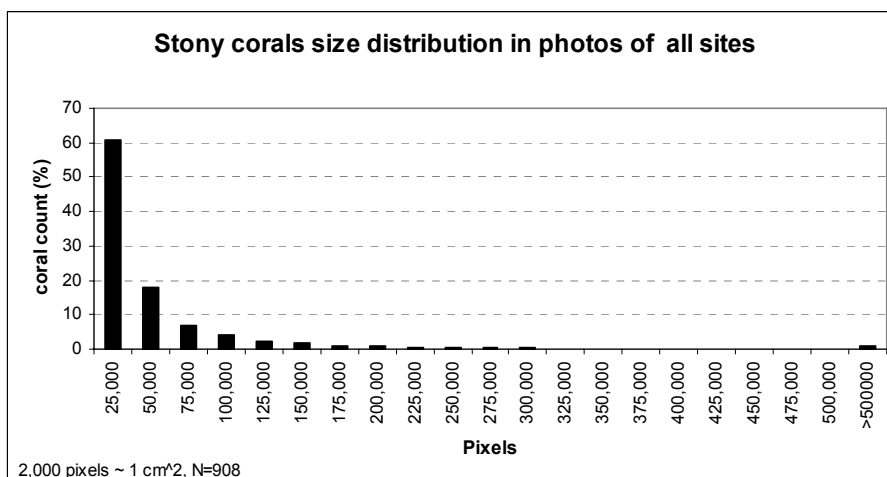


איור ב24: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים והשינוי בצמיחה (שטח מושבות הקיימות בכל סדרות הצילום) של אלמוגים מעונפים (למעלה) ולא-מעונפים (למטה), בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים בין השנים בכל תמונה חלקי שטח האלמוגים מאותה תמונה בשנה הראשונה וניתן באחוזים.

**Figure B24: The average change in live cover and the change in growth (area change of colonies found at both compared photos) 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.**

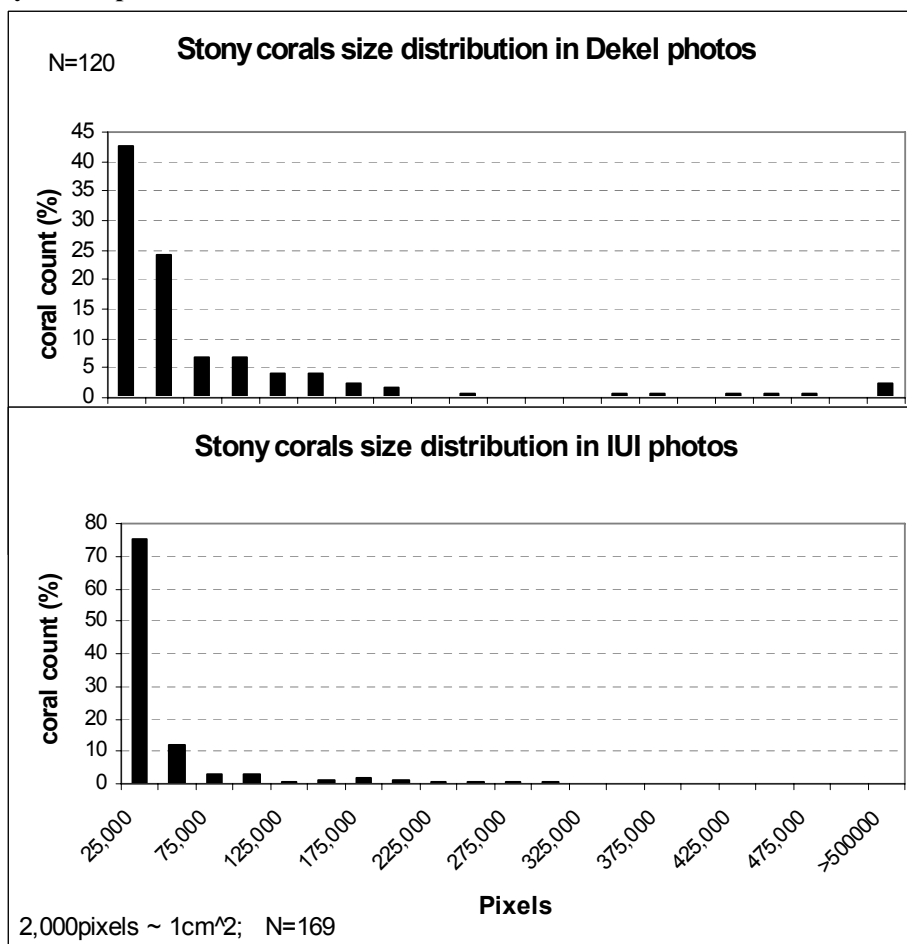
כשישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-15 סמ"ר (איור ב25) ולמעלה מ-80% קטנים מכ-40 סמ"ר (קוטר של כ-8 ס"מ). המושבות הקטנות פגיעות יחסית ורוב תמותת האלמוגים מתרחשת באוכלוסיה זו.

הבדלים בהתפלגות גדלי המושבות באתרים המצולמים עשויה להסביר הבדלים ביחסי גידול שטח – צמיחה – תמותה – התיישבות. למשל, באתר IUI (עודף תמותה על התיישבות מקטין את גידול השטח יחסית לצמיחה) התפלגות גדלי המושבות אשר שיטחן נכלל בתוצאות המובאות למעלה נוטה מאד לכיוון המושבות הקטנות. בחוף הדקל, לעומת זאת, ההתפלגות פחות מוטה לכיוון המושבות הקטנות (איור ב26), ושם נמדד גידול בשטח על אף עודף תמותה על התיישבות. חשוב לזכור שהתפלגות הגדלים כאן מייצגת את מדגם המושבות אשר שיטחן נכלל באנליזת אתרי הצילום, ואינה יכולה לייצג נאמנה את ההתפלגות האמיתית באתר (זבולוני וחבריו, הוגש לשיפוט ב-Ecology). יחד עם זאת, השליטה של מושבות קטנות והבעיות הכרוכות בכך נראו גם בניתוח חתכי הקו (ראה למעלה).



איור ב25: התפלגות גדלי האלמוגים (שטח מושבות) באחוזים מכלל מושבות אלמוגי האבן החיות אשר שיטחן ניתן למדידה באתרים המצולמים ב-2006.

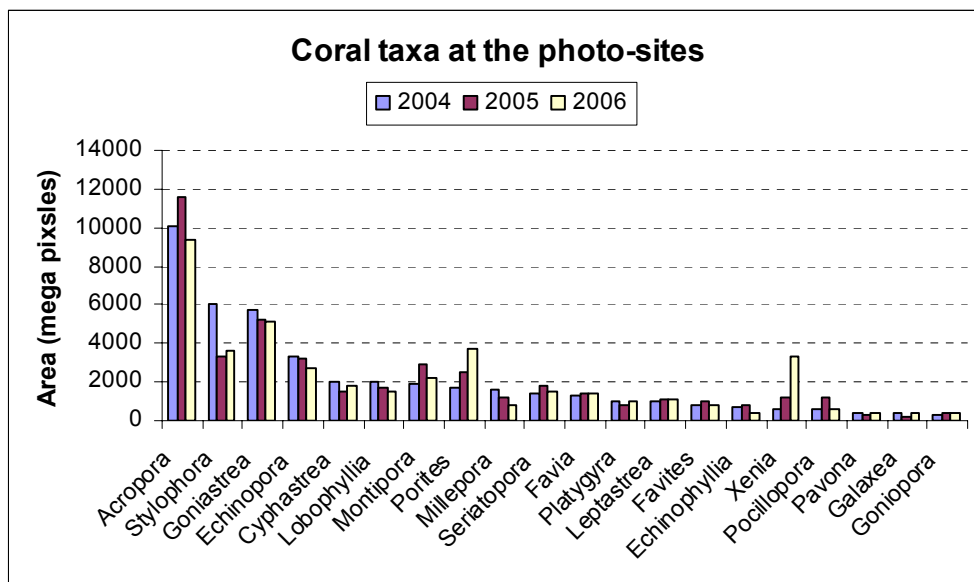
Figure B25: Size distribution (percentage of colonies for each size group- photographed colony area) of stony corals pictured in 2006.



איור ב26: התפלגות גדלי האלמוגים (שטח מושבות) באחוזים מכלל מושבות אלמוגי האבן החיות אשר שיטחן ניתן למדידה באתר הדקל (למעלה) והמעבדה הימית (למטה) ב-2006.

Figure B26: Size distribution (percentage of colonies for each size group- photographed colony area) of stony corals pictured at the Dekel (top) and IUI (bottom) sites in 2006.

בשנת 2006 נראית עלייה בעיקר בשטח האלמוג הרך *Xenia* והאלמוג הלא-מעונף *Porites*. עליה זו נראית מגמתית החל משנת 2004 (איור ב27). יחסית לשנת 2004 נמדדה ירידה בשטחם של האלמוגים הנפוצים ביותר (מבחינת שטח) *Acropora* ו-*Stylophora* וכן ב"אלמוג האש" *Millepora*. בסך הכל השנויים בשטחם הכולל של אלמוגים מסוגים שונים מאז 2004 בכל האתרים המצולמים אינם גדולים.



איור ב27: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום 2004, 2005 ו-2006. Figure B27: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004, 2005 and 2006 photo-surveys.

#### סיכום

בדרך כלל נמדדה מאז 2004 עליה בשטח המכוסה אלמוגים באתרים המצולמים, ונמדדה גם צמיחה חיובית של רוב סוגי האלמוגים ברוב האתרים. יוצאים מן הכלל האתרים בחוף הצפוני ובטאבה שם האלמוגים הלא-מעונפים נמצאים בירידה, והאתר בקצא"א שם נמדדה ירידה בשטח האלמוגים המעונפים. 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.

### ב.3. חברת האלמוגים בלאגונת שמורת האלמוגים

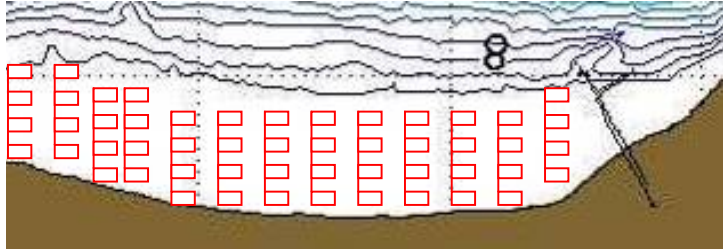
#### מטרה

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

#### שיטות

מרכיבי חברת השונות שנסקרו בלאגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחצץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונות. מפאת מיעוט האלמוגים, שיטת חתכי הקו לא התאימה לסקר החברה בלאגונה. לפיכך, השתמשנו ביחידת דגום של ריבוע בגודל 1X1 מ'. הריבועים הונחו בשיטה סדורה לאורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגום") ממרחק של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השונות במרווחים של 5 מטרים זה מזה. לצורך זה הוגדר "קו החוף" כקו הברור בו מתחילה חשיפה של סלעי החוף (beach rock). בכל קו דיגום נספרו עד ששה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגב השונות או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב השונות. בסה"כ כלל הסקר 102 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 למצפה התת-ימי) (איור ב33).

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.

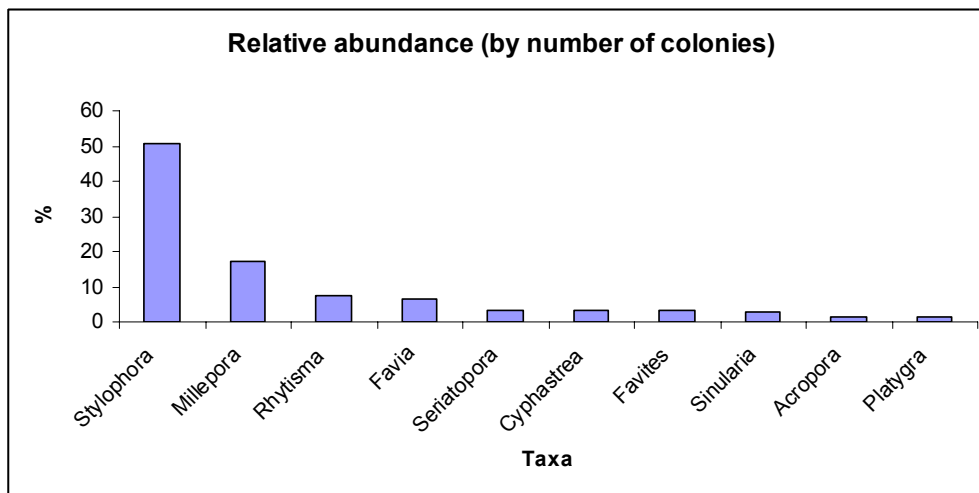


איור ב28: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלאגונה השמורה באזור הסגור לקהל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (באדום) הונחו באופן סדור במרחק של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונח בניצב לחוף והתחיל ממרחק 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השוניית (קו דיגום). כל קו דיגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דיגום בשטח הלאגונה (102 ריבועי דיגום).

Figure B28: The sampling design in the lagoon. 1 m<sup>2</sup> quadrates (red circles) were placed 5 m apart along a measuring tape laid cross shore, 9 m from the "shore line" to the reef table. Each cross shore line included 5 or 6 quadrates (though in this figure only 4 are depicted). 17 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area (totaling 102 quadrates).

#### תוצאות

ב-102 הריבועים שנסקרו בלאגונה נספרו סה"כ 385 מושבות אלמוגי אבן מ-17 סוגים, ו-44 מושבות אלמוגים רכים מ-3 סוגים. הצפיפות הממוצעת של אלמוגי אבן 3.8 מושבות למטר רבוע. מגוון המינים המחושב לפי מדד Shannon-Wiener הוא 1.75. המין הנפוץ ביותר בלאגונה הוא האלמוג *Stylophora pistillata* המהווה 57% מכל מושבות אלמוגי האבן שנספרו. שכיחות הסוגים הנפוצים ביותר מופיעה באיור ב29, וצפיפותם נתונה בטבלה ב4. השנה נמדדה צפיפות מושבות אלמוגים מעט גבוהה יותר בלאגונה (3.8 מושבות למטר רבוע לעומת 3.55 בשנת 2005), אולם ההבדלים בצפיפות האלמוגים בשנה זו לעומת נתוני 2004-5 אינם מובהקים (איור ב30). לעומת זאת, מגוון המינים לפי מדד Shannon-Wiener מראה ירידה קטנה (1.75 לעומת 1.78 בשנת 2005), אך גם ירידה זאת אינה מובהקת.



איור ב29: השכיחות היחסית (באחוזים) של סוגי האלמוגים העיקריים בלאגונה (מהווים 93.5%).

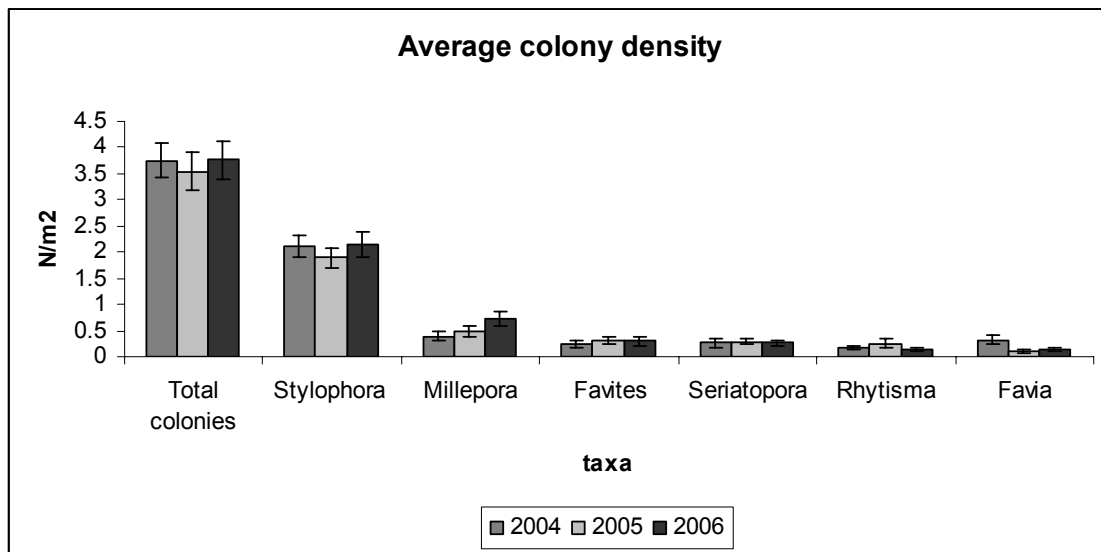
Figure B29: Relative abundance of the dominant coral genera in the lagoon (these total 93.5%).

| Colonies/m<sup>2</sup> SE

All Corals	3.8	0.4
<i>Stylophora</i>	2.1	0.2
<i>Millepora</i>	0.7	0.1
<i>Rhytisma</i>	0.3	0.1
<i>Favia</i>	0.3	0.1
<i>Seriatopora</i>	0.1	0.0
<i>Favites</i>	0.1	0.0

טבלה ב-4: צפיפות ממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סך מושבות האלמוגים ושל סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה. SE=שגיאת התקן.

Figure B4: The average density (colonies per square meter) of all corals and of the dominant coral taxa found in the lagoon. SE= standard error.



איור ב-30: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים העיקריים בלגונה בשנים 2004, 2005 ו-2006.

Figure B30: The average density (colonies/square meter) of the dominant coral genera found in the lagoon in 2004, 2005 and 2006.

## ב.4. דיגום חסרי חוליות

### מטרה

אמדן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

### שיטות

סקר חסרי החוליות נעשה 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).

הספירה החלה שעה אחת אחר רדת החשיכה, לאחר יציאת חסרי החוליות ממסתורם לשם שיחור מזונם. השנה בוצע הסקר בשיטת חתכי-רצועה (belt-transect) לעומת ריבועי דיגום (quadrates) סדורים בשנים הקודמות. סרט מדידה באורך 50 מטרים נפרש מנקודה אקראית לאורך קו העומק הנסקר. מאותה נקודה מתקדם צולל המחזיק מתקן בצורת T וסופר כל פרט אשר נמצא תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד (איור ב-31). באופן זה נסקרת יחידת דיגמה שאורכה 50 מ' ורוחבה 1 מ'. בשיטה זו ניתן לכסות שטח גדול ביעילות רבה, עובדה בעלת חשיבות עקב מספרם הקטן של חסרי החוליות.

הפרטים הנספרים, חסרי החוליות הניידים (קווצי עור ורכיכות), מסווגים לפי סוג או משפחה. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (error bars represent the standard error).



איור ב31: 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 (50 מ') ורוחבה על ידי המוט הניצב (1 מ').

**Figure B31: 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 (50 m) is defined by the measuring tape and whose width by the 1 meter long cross-arm.**

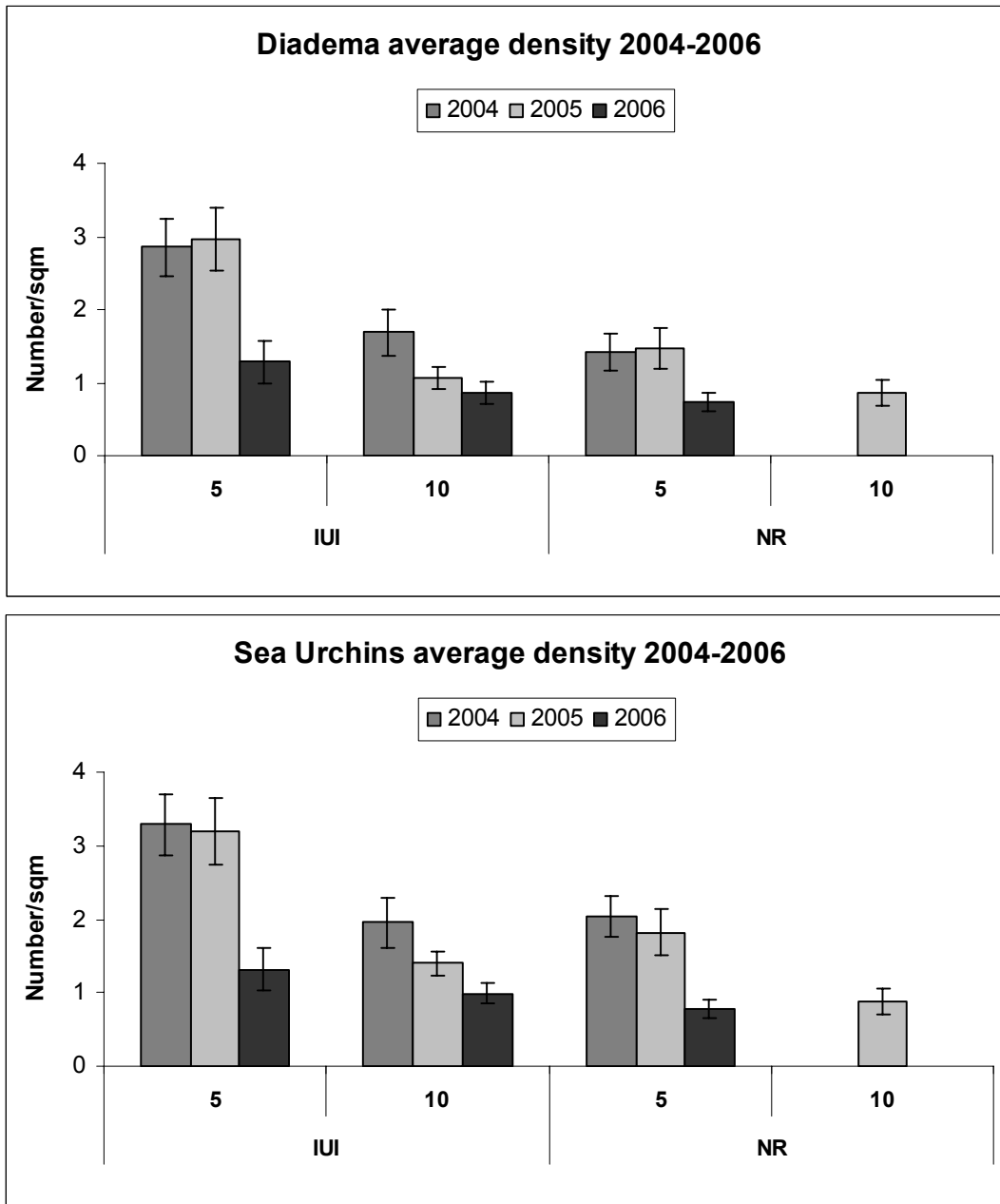
#### תוצאות

סה"כ נסקרו 200 מטרים רבועים בכל אחד מהאתרים הנסקרים: שמורת חוף אלמוג בעומק 5 מ', והמעבדה הימית בעומקים 5 ו-10 מ'.

צפיפות כל מיני חסרי החוליות שנדגמו מוצגת בטבלה ב5. קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum*. צפיפות קיפודי הים באתרים שנסקרו מוצגת באיור ב32. הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה באתר 5-IUI. בהשוואה לשנות הניטור הקודמות נראה שבשנה הנוכחית חלה ירידה בצפיפות קיפודי הים בכלל ו- *D. setosum* בפרט, בכל האתרים הנסקרים. אולם, יש לזכור שהשנה שונתה שיטת הסקר ועל כן השוואה סטטיסטית בין השנים אינה אפשרית. יחד עם זאת שיטת הסקר החדשה יעילה יותר ומכסה שטח גדול בהרבה, ועל כן התוצאות מאפיינות טוב יותר את המצב באתרים הנסקרים. בדיקת מגמות תוכל להיעשות משנה זו והלאה.

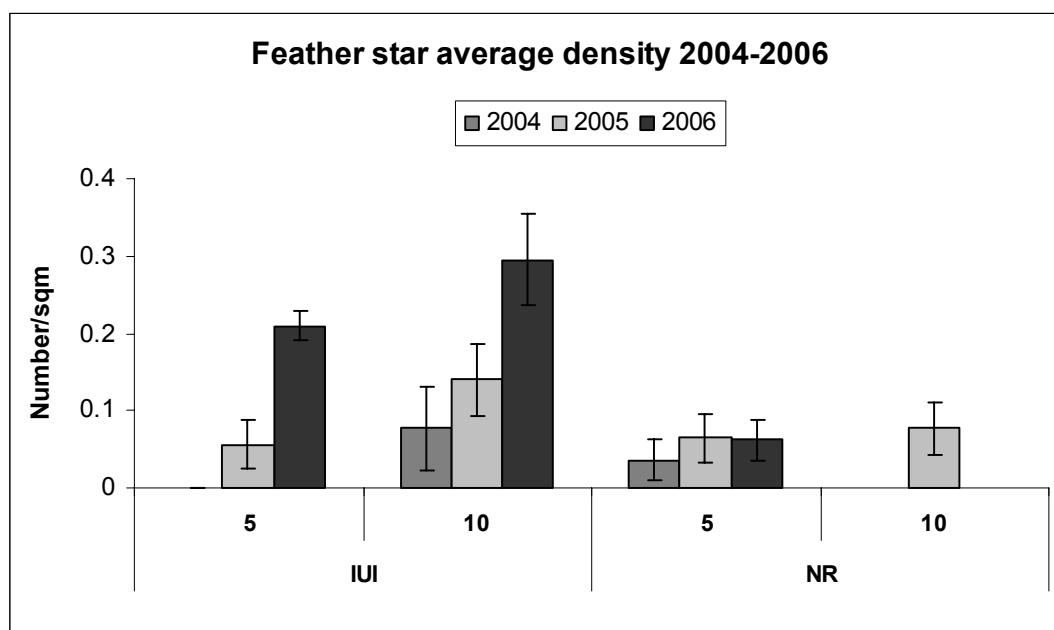
בשנת 2006 נמשכה התאוששות חבצלות הים, בעיקר באתרי המעבדה הימית, ונראה כי צפיפותן עלתה במשך השנים 2004-2006 (איור ב33).





איור ב32: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי הים *Diadema setosum* (למעלה) ושל קיפודי הים מכל המינים (למטה) באתרי הניטור.

Figure B32: The average density (per m<sup>2</sup>) of *Diadema setosum* (top) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.



איור ב33: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים באתרי הניטור.

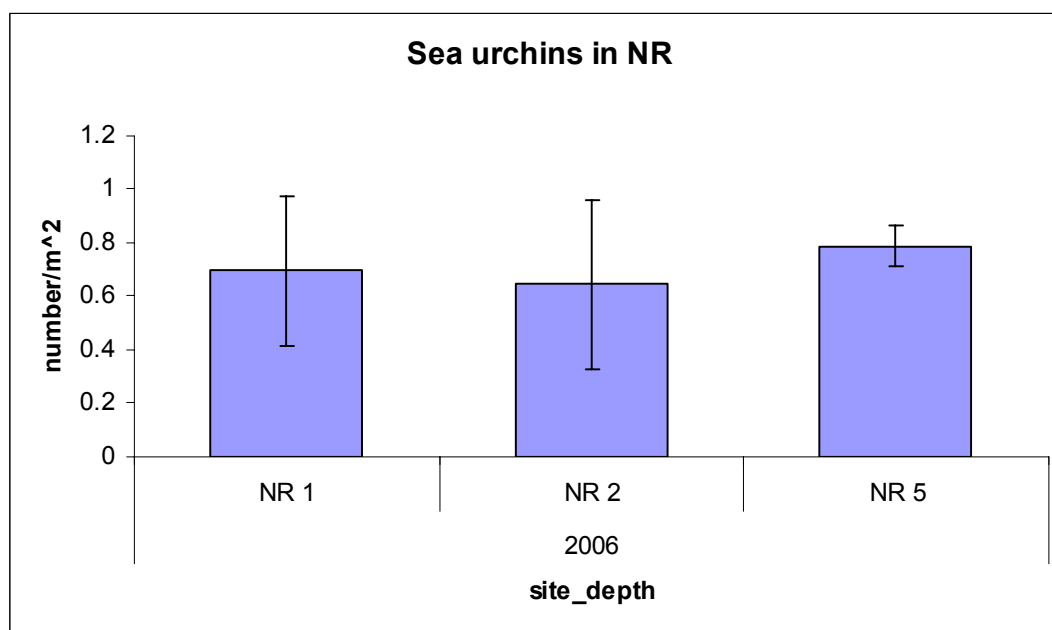
Figure B33: The average density (per m<sup>2</sup>) of feather-stars at the sampling sites.

	IUI 5		IUI 10		NR 5	
	density N/m2	total counted	density N/m2	total counted	density N/m2	total counted
Sea urchins	1.315	263	0.99	198	0.795	159
Starfish	0.005	1	0.005	1	0.01	2
Feather star	0.21	42	0.295	59	0.065	13
Sea cucumber	0.03	6	0.03	6	0.06	12

טבלה ב5: שכיחות (מספר הפרטים) חסרי החוליות באזור הניטור, וצפיפותם הממוצעת למ"ר באתרים השונים.

Table B5: Total abundance of invertebrates in the surveyed area (number of individuals), and their relative density (per square meter) in each site.

השנה נערך לראשונה סקר חסרי החוליות גם בלגונה בדרום שמורת חוף אלמוג בשני עומקים: 1 ו-2 מטרים. קבוצת הרועים העיקרית גם כאן היא קיפודי הים, ולא נמצאו כלל חבצלות ים. בשני העומקים צפיפות קיפודי הים דומה, והיא נמוכה אך במעט מזו שנמצאה מעבר לשוניית, בעומק חמישה מטרים (איור ב34).



איור ב34: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי ים בשמורת חוף אלמוג: בלגונה (עומקים 1 ו-2 מטרים) ובקדמת השונית בעומק 5 מטרים.

Figure B34: The average density (per m<sup>2</sup>) of sea urchins at the nature reserve: at the lagoon (at 1 and 2 meters depth) and the fore-reef, at 5 meters depth.

## ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

### מטרה

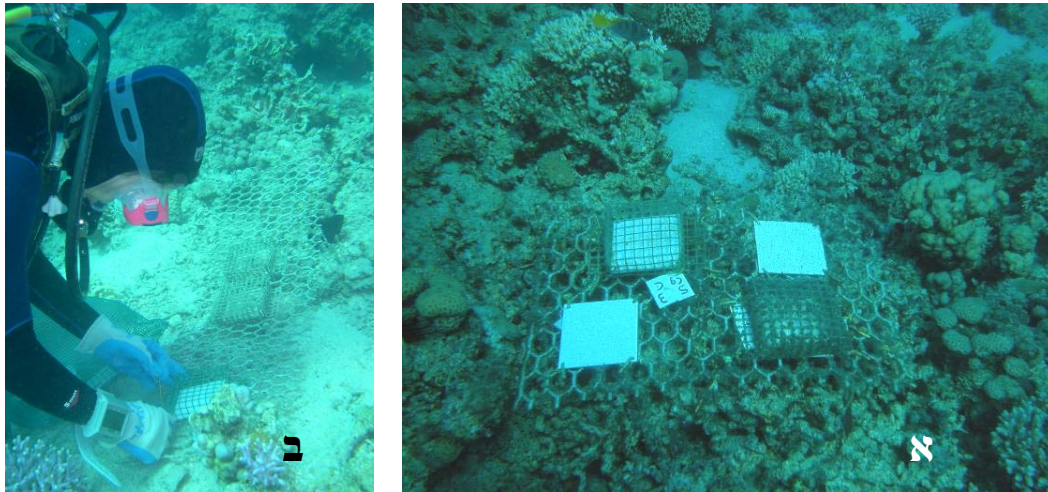
אומדן קצבי ההתיישבות והגידול של אצות צמודות-מצע וחשיבות הרעייה לויסות כמות האצות.

### שיטות

ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון חוספס על מנת להקל על התיישבות אצות, הוצבו באופן אקראי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. בכל מערך שתי לוחיות חשופות ושתי לוחיות מכוסות כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ (איור ב35). הלוחיות משמשות להתיישבות אצות צמודות מצע, ומהוות מודל להתיישבות אצות בשטחים חשופים בשונית. אחת לחודש מוחלף זוג לוחיות חשופה-מכוסה מצומדות מכל מערך בלוחיות נקיות – זמן השהות של כל לוחית במים כחודשיים. האצות מגורדות מהלוחיות שהוצאו מהמים ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצטון:מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה-*chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

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

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



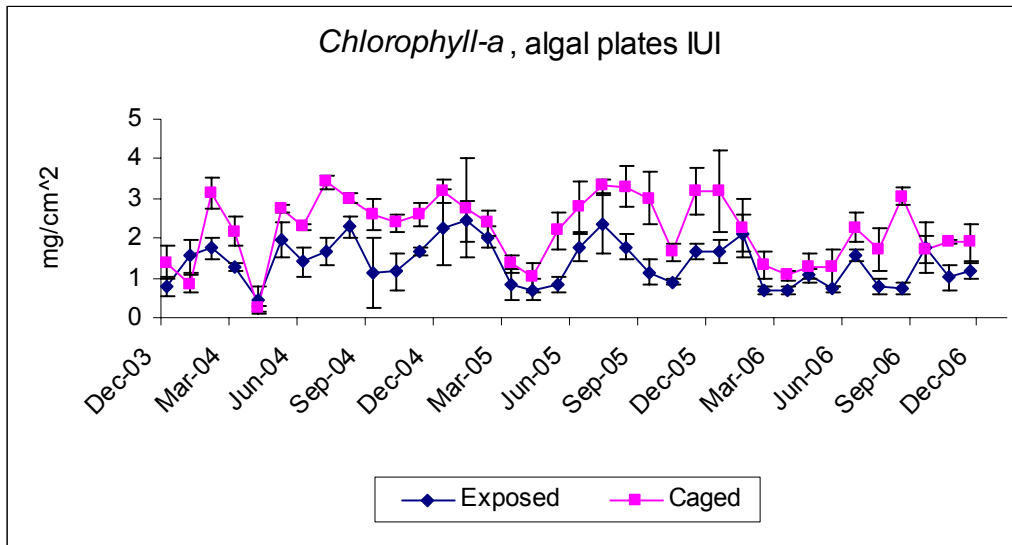
איור ב35: א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת.. צילום: ניצן שגב ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

**Figure B35: 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.**

לאור הממצאים משנות הניטור הקודמות, המצביעים על חשיבותה הגדולה של הרעייה כמוסתת כמות האצות צמודות המצע הגדלות על שטחים חשופים בשונית – ומתחרות עם אלמוגים על שטחים אלה – החל השנה מחקר מקיף על התיישבות אצות ורעייה, כולל סקר בע"ח רועים בשונית. במסגרת מחקר זה, הממומן על ידי רשות הטבע והגנים, הוכנסו מערכי אצות נוספים בשני אתרים בשמורת חוף אלמוג, באזור הצפוני הפתוח למבקרים ובאזור הדרומי הסגור, בשלושה עומקים בכל אתר: 20 מ', 5 מ', ובלגונה. כמו כן נערכו סקרים של רועים חסרי חוליות (ראה למעלה בחלק הדן בחסרי חוליות ניידים) ושל דגים רועים. מחקר זה עדיין נמשך ועל כן אין בידינו תוצאות סופיות. בנספח 4 מובא סיכום ביניים של המחקר.

#### תוצאות

ריכוזי chlorophyll a הממוצעים שנמדדו בשנים 2004-2006 מלוחיות ששהו בים במשך חודשיים נתונים באיור ב36. נראה כי ערכי המקסימום של כמות הכלורופיל בלוחיות המוגנות (פוטנציאל גידול האצות) דומים בין השנים. בין מדידות חודשיות ישנם שינויים גדולים בערכי כלורופיל, אולם לא ניתן בשלב זה לזהות מחזוריות מסודרת או מגמה מתמשכת בפוטנציאל גידול האצות בשונית המעבדה הימית. בסך הכול נראה כי עבור רב החודשים ריכוזי הכלורופיל בלוחיות המוגנות (ז"א, פוטנציאל גידול האצות) בשנת 2006 נמוכים מהריכוזים שנמדדו בשנים הקודמות. כמות האצות על גבי הלוחיות המוגנות מרעייה גדולה (עד פי שתיים) מאשר בלוחיות החשופות, עדות לחשיבות הרבה של בעלי החיים הרועים בויסות כמות האצות צמודות המצע בשונית.



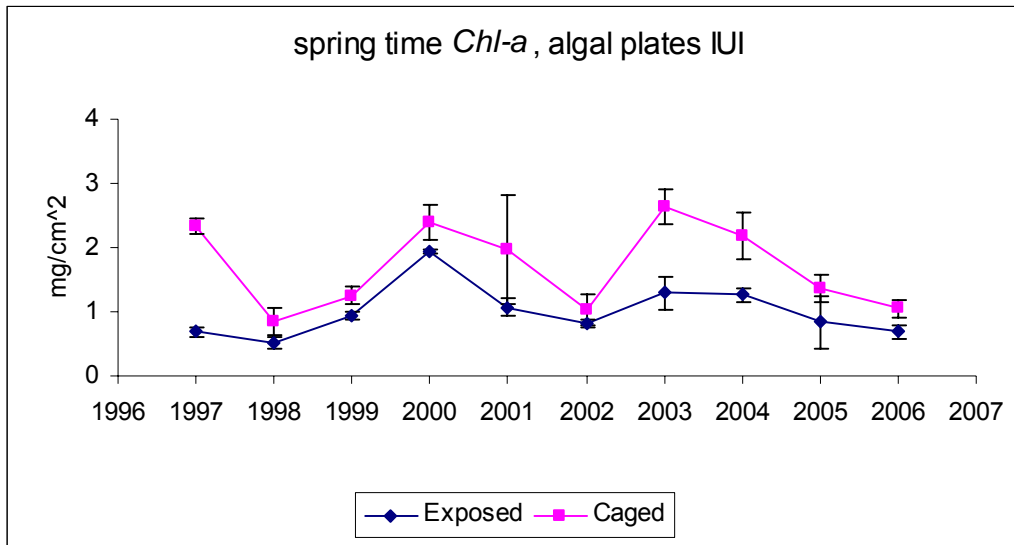
איור 36: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשנת 2004 ו-2005. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

Figure B36: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates for 2004 and 2005. 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 (אפריל-מאי) מלמד שישנם גם שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית בעונה נתונה (איור 37). אך גם כאן לא ניתן, עדיין, להבחין במחזוריות מסודרת. העובדה כי באותה עונה בשנים עוקבות מתקבלים שינויים כה גדולים בכמות האצות מצביעה על כך שכמות האצות מושפעת ממספר תהליכים בנוסף לרעייה. גם בהשוואה זו נראה כי כמות הכלורופיל בשנת 2006 נמוכה מזו שנמדדה באותה עונה בשנים הקודמות, אולם הפרספקטיבה ארוכת הטווח המתקבלת כאן מראה כי ירידה זו עשויה להיות תוצאה של שינויים מחזוריים רב-שנתיים.

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 בווסות 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.

בעקבות הרחבת ניטור האצות לכל השנה (בשנתיים הראשונות, כמו גם בחמש השנים לפני תחילת תכנית הניטור, הוגבל ניטור זה לחודשים ינואר-יוני), שונתה השיטה באופן בו כל לוחית נמצאת בים חודשיים (לפני כן, כל הלוחות היו מוצבים בינואר ובכל חודש, עד יוני, הוצאו שלוש לוחיות). בעקבות שינוי השיטה לא ניתן להמשיך את ההשוואה רבת השנים מאז 1997 אשר הצביעה על מגמת עלייה בפוטנציאל גידול האצות (ראה דו"ח הניטור 2004).



איור ב37: ממוצע כמות Chlorophyll a בחודשי האביב (אפריל-מאי) על-גבי לוחית חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים.

**Figure B37: 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.**

## 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 סקי (secchi), מדידה בה מורדת מהסירה דסקה צבועה בלבן ובעלת קוטר קבוע ונרשם העומק אשר מעבר לו לא ניתן להבחין בה.

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

חמצן מומס: ריכוז החמצן נקבע בשיטת ווינקלר שהיא ריאקציה סתירה המבוצעת בטיטרציה. הדגימות מקובעות ע"י הוספת שני ריאגנטים  $MnSO_4$  ו-  $KI+NaOH$  ומטוטרות עם  $Na_2S_2O_3$  בריכוז 0.1N. הטיטרציה מתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מסוג Titrimo 702 SM של חברת Metrohm, שוויץ.

pH: מדידה בעזרת אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pH2401-7 ומד pH דגם 93 PHM שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. ערכי pH נמדדים בטמפרטורה קבועה של  $25^{\circ}C$ . מליחות: מדידה במד מליחות מדגם 2100 Minisal של חברת AGE Instruments, קנדה.

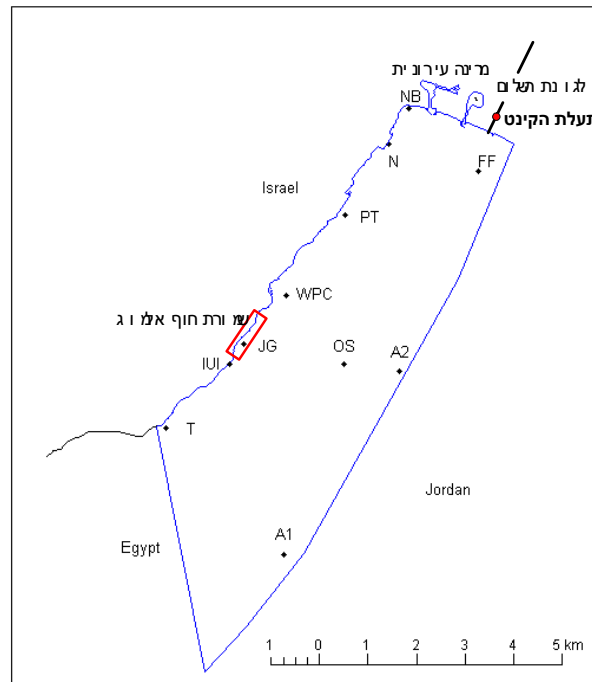
נוטריינטים:  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $Si(OH)_4$ ,  $PO_4$  נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של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

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

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

אמוניה: אמוניה נמדדת באמצעות פלואורומטר DyNA Quant<sup>TM</sup> 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. נקודה אדומה מייצגת את מיקום מד הזרם במדידות תעלת הקינט.  
**Figure C1: Map of the open-water monitoring station in the territorial waters of Israel in the Gulf of Eilat. A red point represents measurements at the Kinet Canal.**

שם תחנה	תיאור מיקום	קו רוחב (N) GPS	קו אורך (E) GPS
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 וכ-50 מ' מזרחית לשפך מי הקירור של 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 – עומק קרקעית 20 מ'	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 פרויקט הניטור הלאומי.

### תוצאות

#### מדדים כימיים

#### רמת חומציות המים (pH)

במהלך שנת הניטור הנוכחית התברר כי החומרים המשמשים להכנת התמיסות המשמשות לצורך המדידה התיישנו על המדף וכתוצאה מכך נוצרה הטייה של המדידות 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. נמשכת מדידת pH עם החומרים הישנים במקביל למדידות המשתמשות בחומרים חדשים, בניסיון לבדוק האם ניתן יהיה לתקן את הערכים השגויים בעזרת תיקון מתמטי (בתנאי שניתן יהיה לייצר עקומה המתארת את נגידת ערך המדידות עם הזמן), 2. נערך בירור לזיהוי מועד תחילת הבעיה וכל

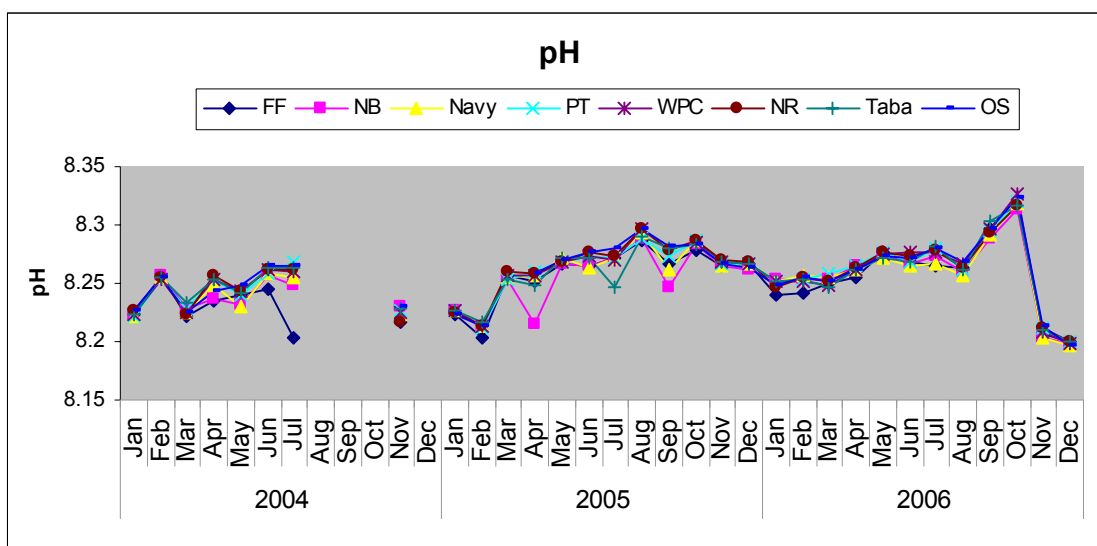


המדידות אשר נערכו מאז מוכרזות כחשודות ומומלץ לא להשתמש בהן עד שיהיה בידינו לבצע תיקון לערכים, אם בכלל.

לפיכך אנו נאלצים להכריז על כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים.

יחד עם זאת, ולמרות שהערכים חשודים עקב נדידה מתמשכת של הערכים, המחזור העונתי וחריגות מקומיות במהלך הפלגות לתחנות החופיות - שהן המטרה העיקרית של הדיגום החופי - עדיין בעלי משמעות. התו הבולט ביותר במדידות ה-pH של שנת 2006 הוא הירידה החדה שנרשמה בחודשים נובמבר-דצמבר ביחס לחודשים הקודמים (איור 2ג). ירידה זו נובעת כולה מהחלפת התמיסות הכימיות המשמשות לצורך המדידה, והערכים הנמוכים המתקבלים דומים לערכים שנמדדו לפני אוקטובר 2003. ערכים אלה מעידים על כך כי לא ניתן לאבחן מגמה ארוכת טווח של שינוי בערכי pH, וזאת בניגוד לאמור בדו"ח הניטור 2005.

גם במדידות 2006 ניתן להבחין במחזור העונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתיו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף. יחד עם זאת נמדד בחודש אוגוסט ערך pH נמוך מאשר בחודש יולי, ובחודשים ספטמבר-אוקטובר נמדדה עלייה חדה. אין בידינו כרגע הסבר לתצפיות אלה, אולם העובדה שהשינויים חדים בהרבה מרקע "המגמה" של החודשים הקודמים והערכים הנמוכים באוגוסט עשויים לערער את אמינות המדידות. במשך כל שנת הניטור נרשמו ערכים דומים בכל תחנות המדידה ולא זוהו חריגות מקומיות בערכי pH.



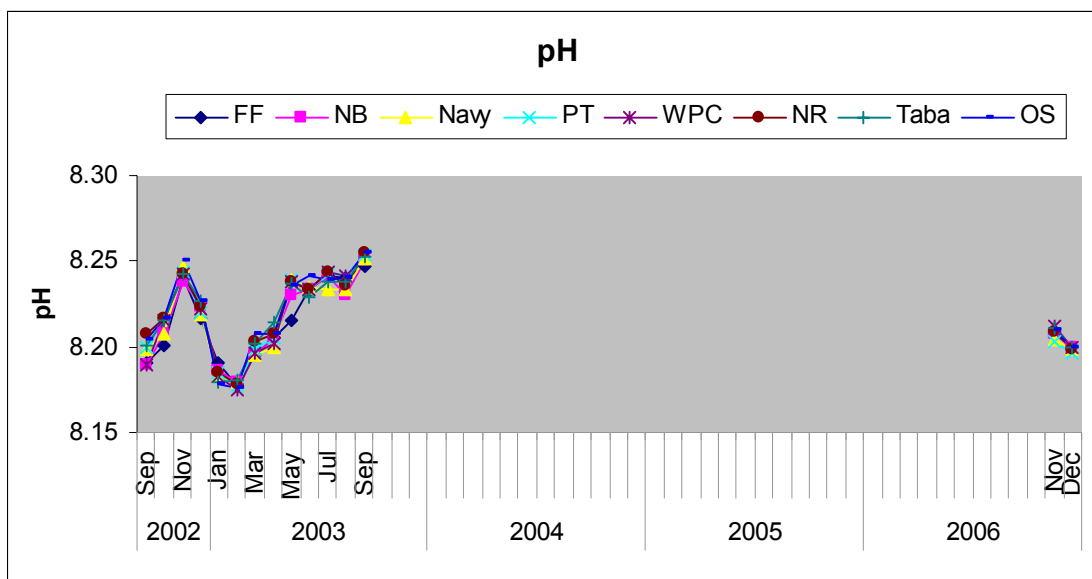
איור 2ג: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום בשנים 2004 עד 2006.

Figure C2: Monthly pH values at all coastal water monitoring stations for 2004 to 2006.

ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינתזה, תהליכי שיחלוף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם ה-pH נמוך יותר. מחזור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינתזה 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 פוטוסינתזה. בעונת הקיץ המשוככת מופרדים מי השטח ומי העומק, ובמים העליונים פעילות פוטוסינתטית גורמת לעליית ה-pH.

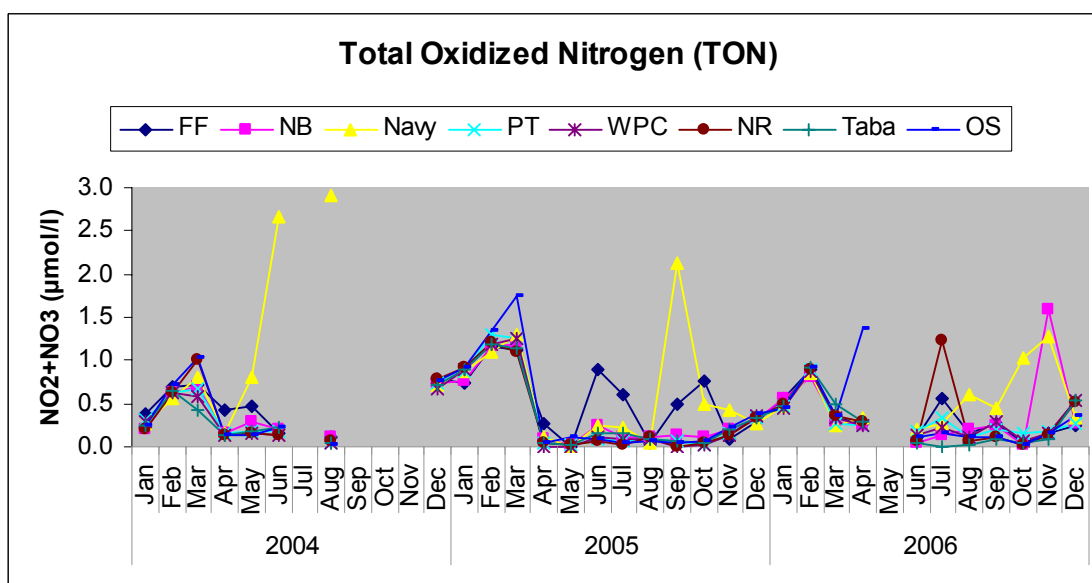
לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני. בדו"ח 2005 דווח כי לאחר שנים של ירידה מדאיגה בערכי pH נמשכת מגמת העלייה עליה דווח בדו"ח 2004, אולם, לאור האמור למעלה לא ניתן להסתמך על כך. בחינת מדידות קודמות לשנת 2004 מראה כי ערכי נובמבר-דצמבר 2006 נמצאים בטווח אשר נמדד בסוף 2002 – תחילת 2003 (איור 3ג).

נראה כי מעתה עלינו לעקוב אחר ערכי ה-pH במשנה זהירות על מנת לוודא או להפריך קיומה של מגמה זו או אחרת.



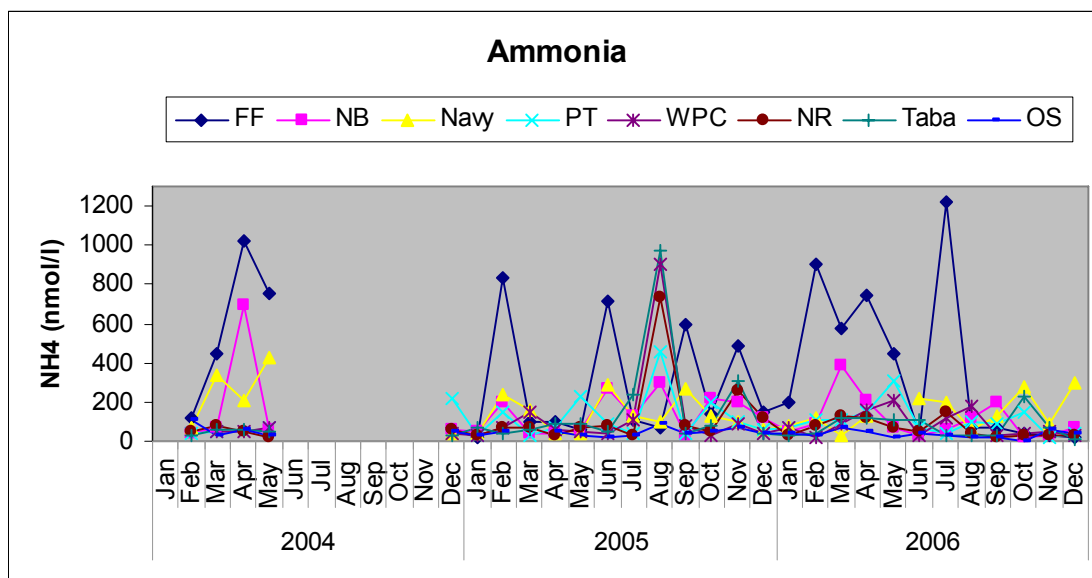
איור ג3: ערכי pH חודשיים בתחנות הדיגום מהשנים 2002-3 ומדידות החודשים נוב'-דצמ' 2006.  
**Figure C2: Monthly pH values at the coastal water monitoring stations for 2002-3 and the months Nov.-Dec. 2006.**

חנקן אנאורגאני מחומצן ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  – Total Oxidized Nitrogen = TON)  
 ערכי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף (איור ג4). בחודש יולי נמדדו ערכים גבוהים בשמורת חוף אלמוג, ובחודשים אוגוסט עד נובמבר נמדדו ערכים גבוהים מול חיל הים-מלון מרידיאן. ריכוז החנקן הגבוה ביותר השנה נמדד בחודש נובמבר בתחנת החוף הצפוני ( $1.60 \mu\text{mol/l}$ ). בסך הכל היו ריכוזי החנקן השנה נמוכים מהערכים המירביים שנמדדו בשנה שעברה, ונרשמו פחות חריגות מקומיות. גם השנה נראה כי מקור מקומי לחנקן נמצא בקרבת בסיס חיל הים – מלון מרידיאן.  
 המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב. בחודשי הקיץ בהם גוף המים משוכב נחשב מפרץ אילת לים אוליגוטרופי, עני בנוטריינטים, ועל כן בחודשים אלה נצרך החנקן במהירות ממי השטח וריכוזו צפוי להיות נמוך מאד. בחודשי החורף מועשרים מי השטח בחנקן שמקורו במים העמוקים. זמינות החנקן בקיץ מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו עשויה לעודד פריחתן, ובעקיפין לפגוע בשוניית.



איור ג4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

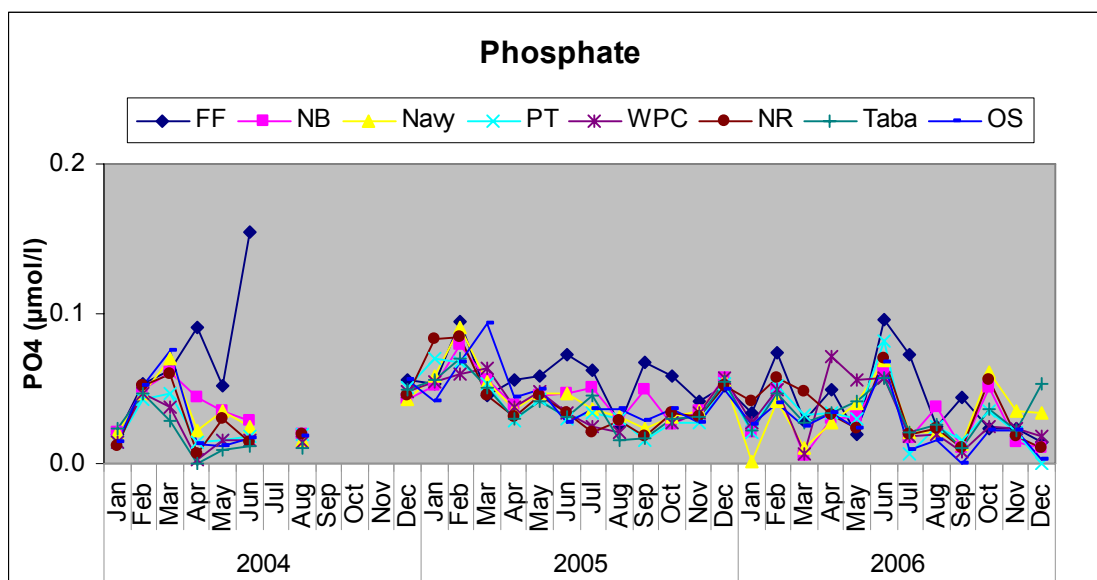
**אמוניה (NH<sub>4</sub>)**  
 הבדלים בריכוזי אמוניה בין התחנות ובין חודשי המדידה משתרעים על מאות אחוזים (איור ג5). בתחנת הים הפתוח הריכוזים נמוכים נעו בין 0 ל-69nmol/l ואילו בתחנות החופיות ובעיקר בצפוניות הריכוזים המדודים היו לעיתים קרובות גבוהים הרבה יותר. ריכוזים גבוהים במיוחד נמדדו בתחילת השנה בקרבת כלובי הדגים (200nmol/l-1017nmol/l) ובסופה, החל מחודש אוקטובר, הריכוזים הגבוהים ביותר נמדדו מול חיל הים/מרידיאן (91nmol/l-294nmol/l). ריכוזי אמוניה גבוהים מהרקע הניתן על ידי הים הפתוח נמדדו לעיתים גם בתחנת החוף הצפוני, אך גודלם קטן מהנזכר למעלה.  
 גם השנה נרשם ריכוז גבוה של אמוניה בתחנה הדרומית ביותר, בקרבת הגבול ישראל-מצרים, בסוף הקיץ (חודש אוקטובר, 228nmol/l).  
 ריכוזי האמוניה יוצרים תבנית של תנודות מקומיות גדולות בין החודשים בתחנות החופיות, ללא התאמה ברורה ביניהן וללא מחזוריות ברורה בזמן. בדרך כלל תנודות גדולות במיוחד נרשמות בתחנות הצפוניות, בקרבת כלובי הדגים ומול חיל הים/מלון מרידיאן.  
 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 בשונות. נוכחות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי. עובדה זו מסבירה את ההבדלים הגדולים בריכוזי אמוניה בתחנות השונות באותו מחזור מדידה או בתחנה כלשהי בזמנים שונים. העובדה כי ריכוזי האמוניה בתחנת הים הפתוח נמוכים תמיד מעידה על מקור בקרבת החוף. כלובי הדגים הם מקור מוכר לאמוניה כיוון שזו משתחררת בתהליכים המטבוליים של הדגים. מקורות נוספים עשויים להיות כניסות של מי תהום או מי שפכים לים, הצפויים גם הם להימצא בקרבת העיר אילת. עדיין אין בידינו הסבר לריכוז הגבוה הנמדד, זו השנה השניה, בסוף הקיץ בקרבת הגבול הדרומי של ישראל.



איור ג5: ריכוזי אמוניה (NH<sub>4</sub>) בתחנות החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C5: Monthly concentrations of ammonia (NH<sub>4</sub>) at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

**פוספט (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)**  
 ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית חלשה של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ (איור ג6). ריכוזי הפוספט שנמדדו השנה היו נמוכים מהערכים של שנת 2005, הערך המירבי בים הפתוח היה השנה 0.067µmol/l (בחודש יוני) בדומה לערכי החורף של השנה החולפת. בקרבת כלובי הדגים נמדדו

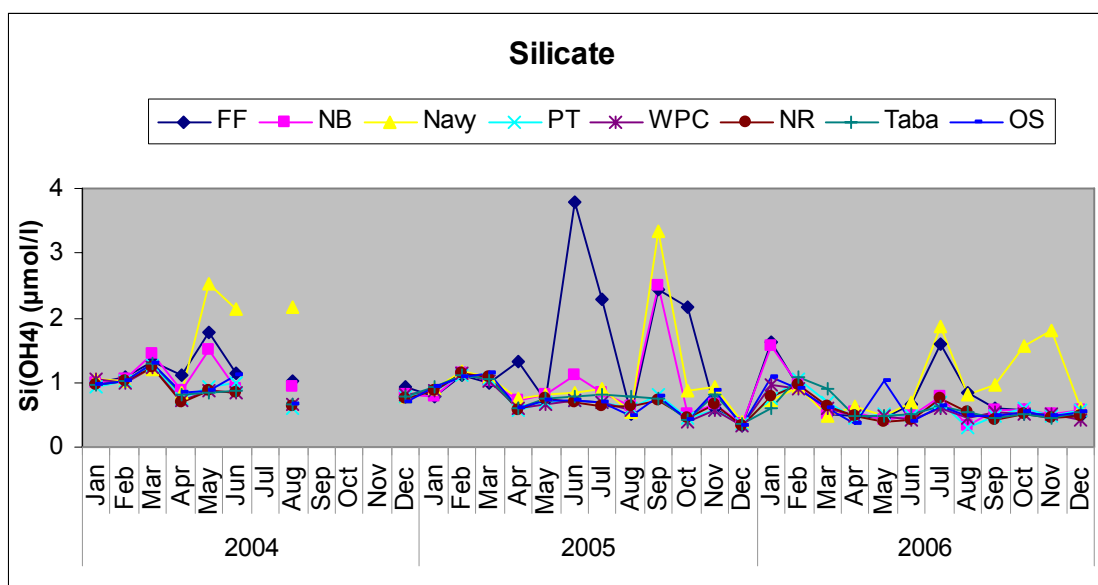
הריכוזים הגבוהים ביותר,  $0.096\mu\text{mol/l}$  בחודש יוני. הפוספט גם הוא נוטריינט חשוב ליצרנות ראשונית, ועל כן בקיץ ריכוזו נמוך עקב צריכה בתהליך הפוטוסינטזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. ריכוזי פוספט מקומיים גבוהים בתחנות החופיות מצביעים על העשרה מקומית בנוטריינטים. אזור כלובי הדגים עדיין מועשר בפוספט יחסית לשאר התחנות החופיות, למרות שבסך הכל נמדדו השנה ריכוזים נמוכים בהרבה יחסית לשנים 2004-5. לריכוזי הפוספט הגבוהים פוטנציאל הרסני מבחינת ההשפעה על אקולוגית השונית.



איור 6: ריכוזי פוספט ( $\text{PO}_4$ ) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C6: Monthly concentrations of phosphate ( $\text{PO}_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

#### סיליקה ( $\text{Si(OH)}_4$ )

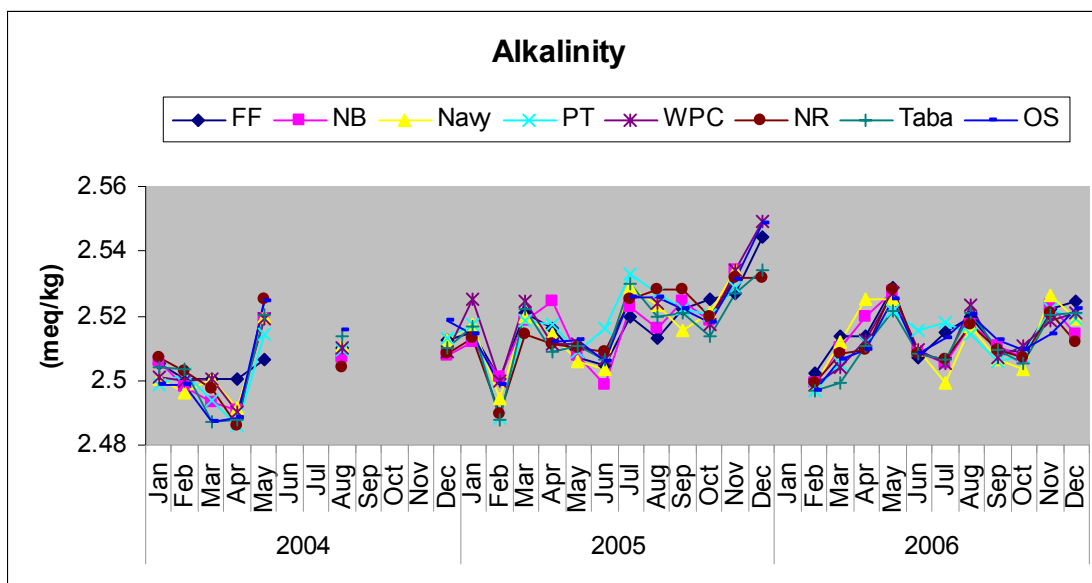
ריכוזי סיליקה בתחנות החוף הדרומיות דומים לריכוז הנמדד בתחנת הים הפתוח, ומראים מחזוריות שנתית של ריכוזים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ (איור 7). משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין מכסימום של  $1.085\mu\text{mol/l}$  בינואר 2006 למינימום של  $0.370\mu\text{mol/l}$  באפריל. ריכוזים גבוהים בהרבה נמדדו בעיקר בחודשי הקיץ בתחנות הצפוניות, מול כלובי הדגים, ומול חיל הים/מלון מרידיאן. 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. מקור כזה עשוי להיות הזרמת מי תהום לים (למשל על ידי מלון מרידיאן מולו נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד), או תעלת הקינט המזרימה מי שפכים בחוף הצפוני (ראה דו"ח הניטור 2004).



איור ג7: ריכוזי סיליקה (Si(OH)<sub>4</sub>) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C7: Monthly concentrations of silicate (Si(OH)<sub>4</sub>) at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

#### אלקליניות

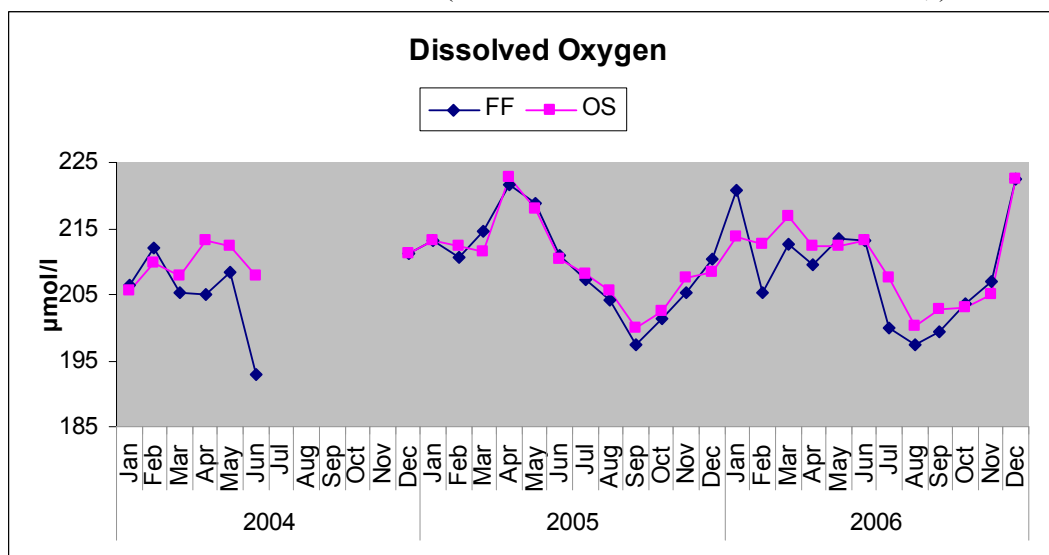
אין הבדלים גדולים בין התחנות בערכי האלקליניות. ערכי מינימום נמדדו בחודש פברואר וערכי מקסימום בחודשים מאי ודצמבר (איור ג8). קשה לאבחן מחזור עונתי ברור בערכי האלקליניות, ובטווח הארוך נראית מגמת עלייה מאז 2004. יש לשים לב, עם זאת, לכך שמגמת העלייה חלשה ואינה רציפה, ושישנם מספר פערים במערך המדידות המקשים על אבחון המגמה ארוכת הטווח עקב השינויים המשמעותיים בערכי האלקליניות מחודש לחודש. 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. לפיכך, עלייה באלקליניות מעוררת דאגה. יש לשים לב למגמה ארוכת הטווח בשנים הקרובות ובמידה וקיומה מאושש לנסות לאבחן את הגורמים לכך. משמעותה של עלייה באלקליניות, בהעדר שינוי במליחות, עשויה להיות ירידה בסך הקלציפיקציה בצפון המפרץ. על סמך הנתונים שבידינו היום אין אפשרות לקשור זאת בגורם ישיר כגון עלייה בהמסת קלציום-קרבונט או ירידה בקצב הקלציפיקציה.



איור ג8: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C8: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

חמצן מומס

חמצן מומס נמדד רק בשתי תחנות, ליד כלובי הדגים ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס מגיע לערך מירבי בחודשי האביב, ולערך הנמוך ביותר בחודשי הסתיו (איור ג9). שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ותהליך הנשימה/פוטוסינטזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסת 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. ההבדלים בריכוז החמצן המומס בין התחנות בתחילת 2006 (חורף) ובחודשי הקיץ מעידים כנראה על פריחת אצות בסביבות כלובי הדגים בינואר, ועל צריכת חמצן מוגברת בפברואר ובחודשי הקיץ. בסך הכל ההבדלים בין התחנות אינם גדולים (קטנים בהרבה מההבדלים שנמצאו בשנת 2004).

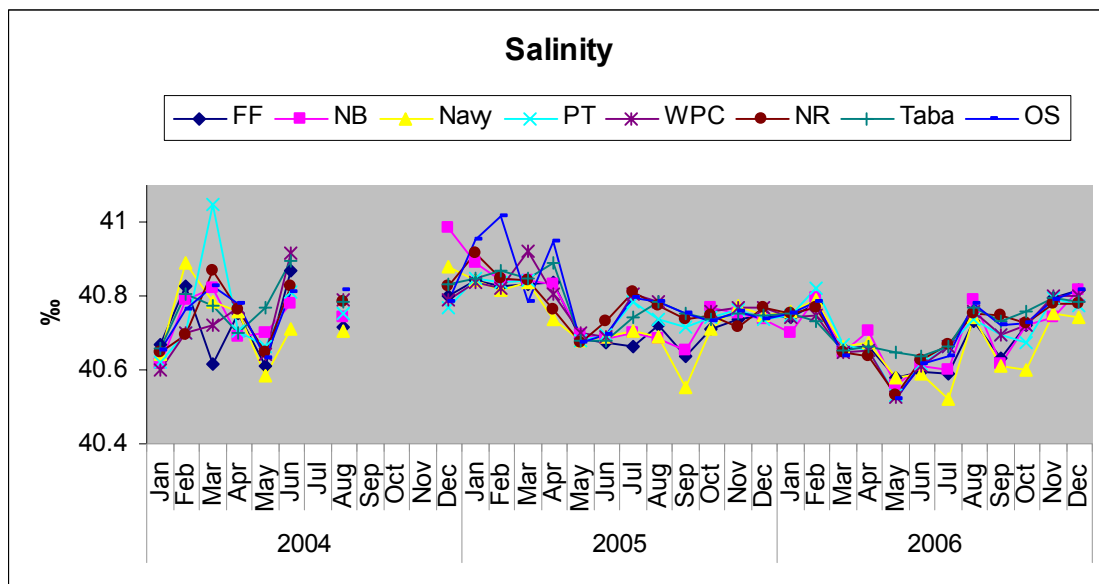


איור ג9: חמצן מומס בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C9: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

מליחות

טווח הערכים של ריכוז מלחים בים הפתוח בשנת 2006 נע בין 40.614ppm בחודש יוני ל-41.817ppm בחודש דצמבר (איור ג10). רוב התחנות החופיות נמצאות בטווח הזה, ומראות תבנית דומה של מליחות גבוהה בחורף ונמוכה יותר בחודשי הקיץ. ריכוזי מלחים נמוכים במיוחד נמדדו מול מלון מרידיאן בחודשי הקיץ והסתיו, בדומה לשנים הקודמות.

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.

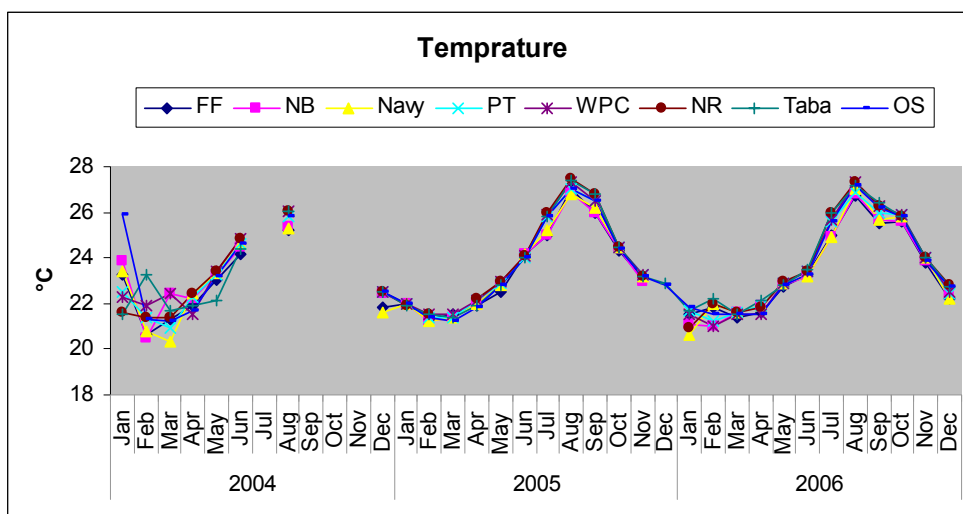


איור ג10: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C10: Salinity at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

טמפרטורה

טמפרטורת מי השטח בתחנות החופיות דומה לטמפרטורה הנמדדת בים הפתוח ומראה מחזור שנתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשים פברואר-מרץ וערכים גבוהים בחודש אוגוסט (איור ג11). המשרעת השנתית בשנת 2006 נעה בין ערכי קיצון של 21.0°C בינואר ובפברואר ל-27.3°C באוגוסט, אשר נמדדו בחלק מהתחנות. משרעת זו דומה לנמדד בשנת 2005, אך הערכים המוחלטים הן של הטמפ' המירבית והן של המזערית, נמוכים בשתי עשיריות. מדידות הטמפרטורה בתחנות השונות דומות זו לזו, כצפוי ממדידות הנעשות בסמיכות זמן זו לזו בים ללא מדף יבשת ועם מדרון חוף תלול אל העומק.

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 ג11: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.

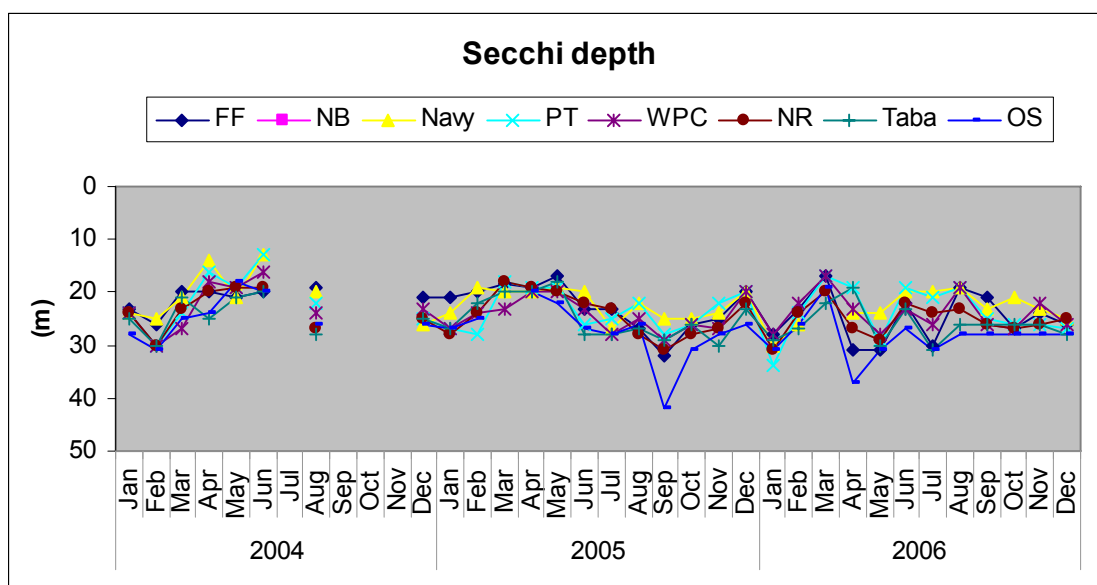
Figure C11: Temperature at the coastal water sampling stations during 2004-2006.

#### עכירות

התבנית השנתית של מים צלולים בסוף הקיץ וצלולים פחות בסוף החורף אינה בולטת במדידות עומק סקי של 2006 (איור ג12). בעיקר נראה כי השנה רעש המדידה (או הבדלי העכירות בין התחנות) גבוה מאשר בשנים הקודמות (על אף שהמדידה מבוצעת באותה דרך על ידי אותם אנשים). בדרך כלל מי הים הפתוח צלולים יותר ממי החופים, כאשר לרוב נמדד עומק סקי נמוך יותר (עכירות גדולה יותר) בתחנות הצפוניות. הערכים הקיצוניים של עומק סקי שנמדדו הם 37 מ' באפריל בתחנת הים הפתוח (תקופה בה היינו מצפים לעכירות גבוהה יחסית), ו-17 מ' במספר תחנות במרץ 2006 (רישום עומק סקי מול חיל הים בחודש מרץ הוא 4 מטר, אולם ערך זה חשוד כמוטעה ועל כן אינו מופיע בגרף). ערכי הקיצון האלה שניהם נמוכים משמעותית מהערכים שנמדדו בשנה החולפת ונראה כי בשנת 2006 הים היה פחות צלול מאשר ב-2005.

המחזור השנתי של שינויים בעכירות נובע ככל הנראה 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 הנמדדת בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה. יש לציין כי הערכת עכירות לפי עומק סקי אינה מדויקת כיוון שהמדידה סובייקטיבית, ומושפעת מאד ממצב הים, היינו השתברות אור על פני המים בים גלי.





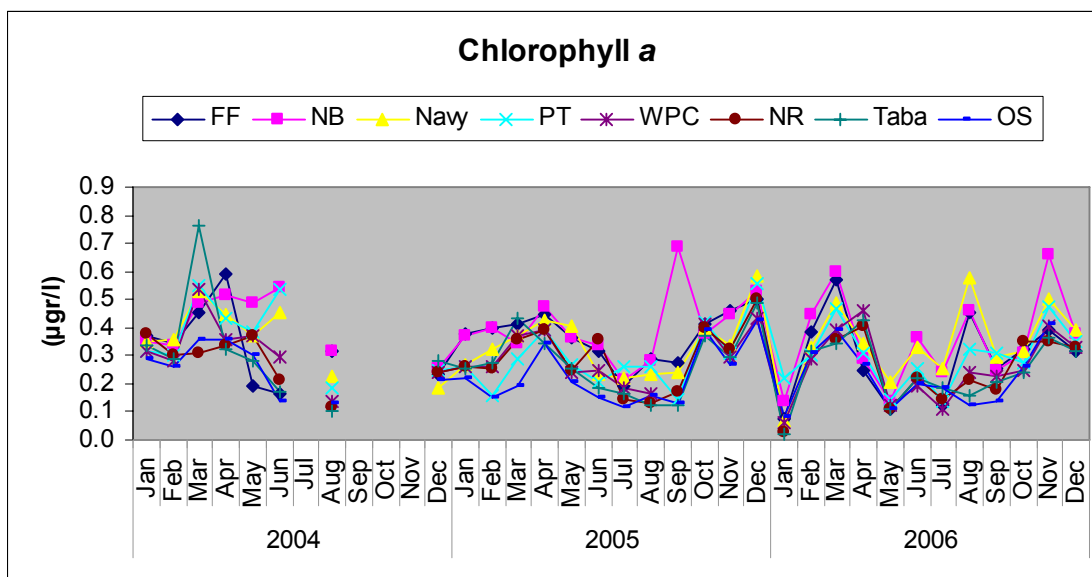
איור ג12: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C12: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

מדדים ביולוגיים

כלורופיל *a*

ריכוז כלורופיל *a* משתרע על טווח גדול יחסית בתחנות החופיות ובתחנת הים הפתוח, אך ניתן להבחין בתבנית כללית של ערכים גבוהים בסוף החורף ובאביב ונמוכים בחודשי הקיץ (איור ג13). בדרך כלל ריכוז נמוך יותר נמדד בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וריכוז גבוה יחסית נמצא בתחנות הצפוניות (שם נמדדו ערכים גבוהים מאד גם בקיץ). בים הפתוח, למשל, היה ריכוז הכלורופיל המירבי בשנת 2006  $0.266 \mu\text{gr/l}$  בחודש אפריל, ואילו בחוף הצפוני היה הריכוזים המירביים  $0.462$  ו- $0.660 \mu\text{gr/l}$  בחודשים אוגוסט ונובמבר בהתאמה ובחיל הים/מלון מרידיאן  $0.579 \mu\text{gr/l}$  בחודש אוגוסט.

ריכוז כלורופיל *a* משמש מדד לכמות האצות 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, ככל הנראה, 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. התבנית הכללית של גרדיינט בריכוזי כלורופיל בין התחנות הצפוניות (ריכוזים גבוהים) לתחנות הדרומיות וים פתוח (ריכוזים נמוכים) נגרמת אולי ממצב יציב של העשרה בנוטריינטים בתחנות הצפוניות. בדרך כלל נחשב מפרץ אילת לגוף מים אוליגוטרופי, בייחוד בחודשי הקיץ, אולם ריכוזי הכלורופיל הגבוהים בתחנות הצפוניות דווקא בחודשים אלה מצביעים על העשרה מקומית באזור הצפוני המשנה את אופי המים שם.



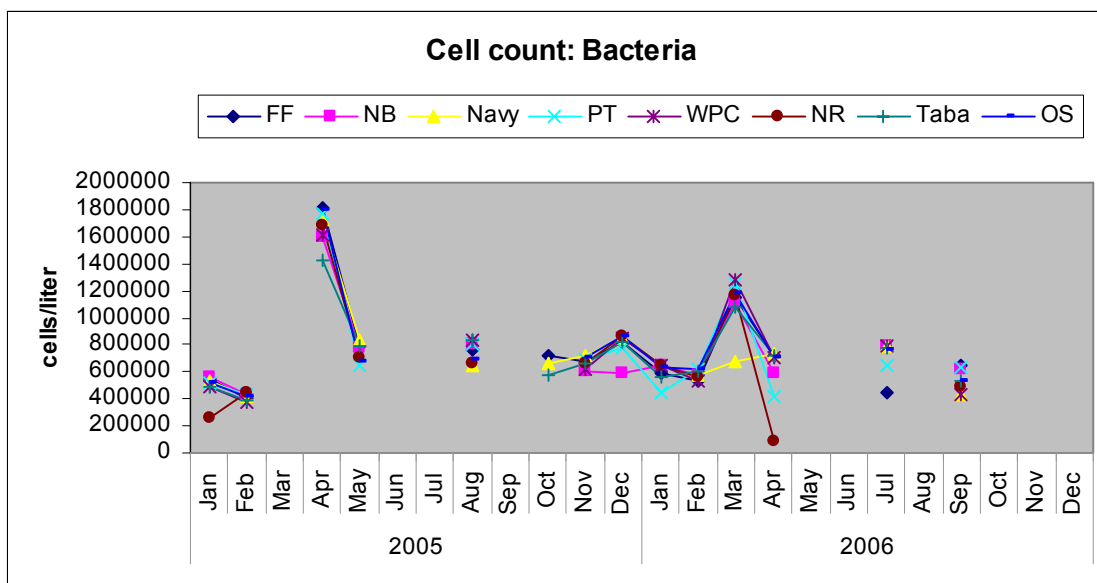
איור ג13: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2006.  
**Figure C13: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations during 2004-2006.**

#### ספירת פיטופלנקטון

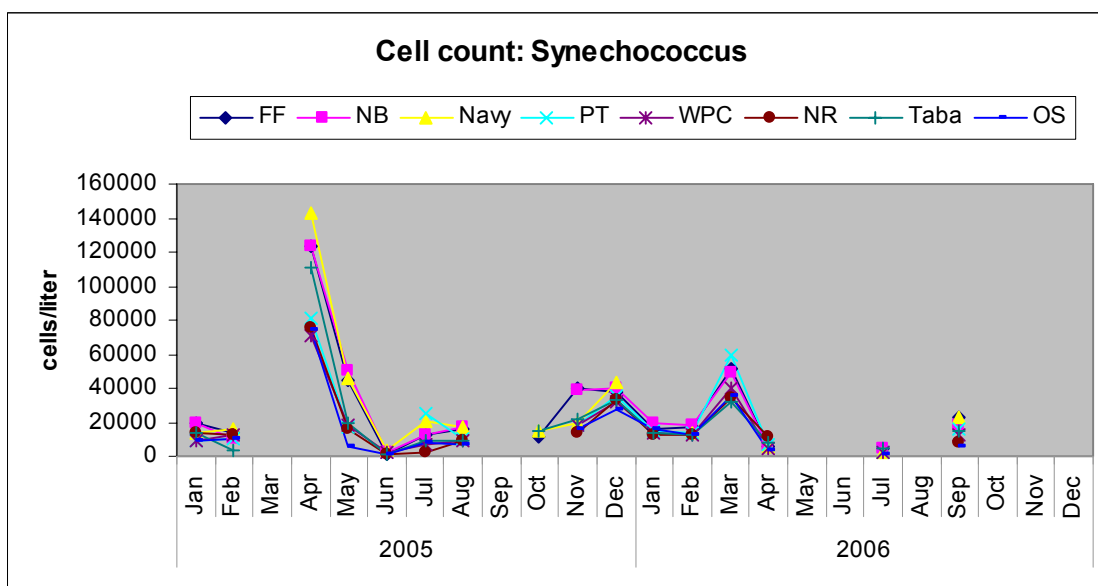
תוצאות ספירת תאי הפיטופלנקטון בדוגמאות המים מהתחנות החופיות מדווחות כמספר התאים לליטר. בתוכנית הניטור מחולק הפיטופלנקטון לשלוש קבוצות: חיידקים הטרוטרופים, ציאנובקטריה *Synechococcus*, אשר נפוצה מאד באוקיינוסים ובכלל זה במפרץ אילת, ומיוחסת לה תרומה גדולה לסך הפוטוסינתזה, ופיטופלנקטון אאוקריוטי. במסד הנתונים קיימים פערים רבים הנובעים, בדרך כלל, מבעיות במכשיר המדידה (FACS). החל מאמצע השנה הנוכחית המכשיר מושבת עד להעברתו למיקום חדש, תיקון וכיול על ידי טכנאי מוסמך. התוצאות המובאות מטה הן המדידות שנעשו על אף הקשיים בהפעלת המכשיר. למרות המדידות החלקיות ניתן להבחין במחזור שנתי של עלייה בריכוזי התאים בחודשי החורף והאביב, וירידה בחודשי הקיץ.

ריכוז החיידקים ההטרוטרופים דומה בדרך כלל בכל התחנות החופיות ובים הפתוח (איור ג14). הריכוזים גבוהים במיוחד בסוף החורף, לאחר תקופת הערבוב, אולם הריכוזים שנמדדו בעונה זו בשנת 2006 נמוכים משמעותית מהריכוזים שנמדדו ב-2005. ריכוזי החיידקים הנמוכים ביותר נמדדו גם השנה בשמורת חוף אלמוג, בחודש אפריל. המחזור השנתי של ריכוזי תאים גבוהים בסוף החורף ובאביב ניכר גם עבור הציאנובקטריה *Synechococcus*, כאשר בקיץ הריכוזים נמוכים ביותר (איור ג15). יש לשים לב שהריכוזים הנמדדים כאן נמדדים בסדרי גודל מאלה בקטגוריה הכללית "חיידקים הטרוטרופים (bacteria)" הנזכרת למעלה. גם כאן הריכוזים שנמדדו השנה נמוכים מאלה שנמדדו בשנת 2005, וההבדל בין התחנות קטן.

בריכוזי הפיטופלנקטון האאוקריוטי נמצאו הבדלים גדולים בין התחנות בעיקר בחודשי החורף והאביב בהם הריכוזים גבוהים, כאשר בדרך כלל בתחנות הצפוניות ריכוזים גבוהים מאשר בתחנות הדרומיות ובים הפתוח (איור ג16). עבור תאים אלה נמדדו ריכוזים מירביים דומים בשנים 2005-6.

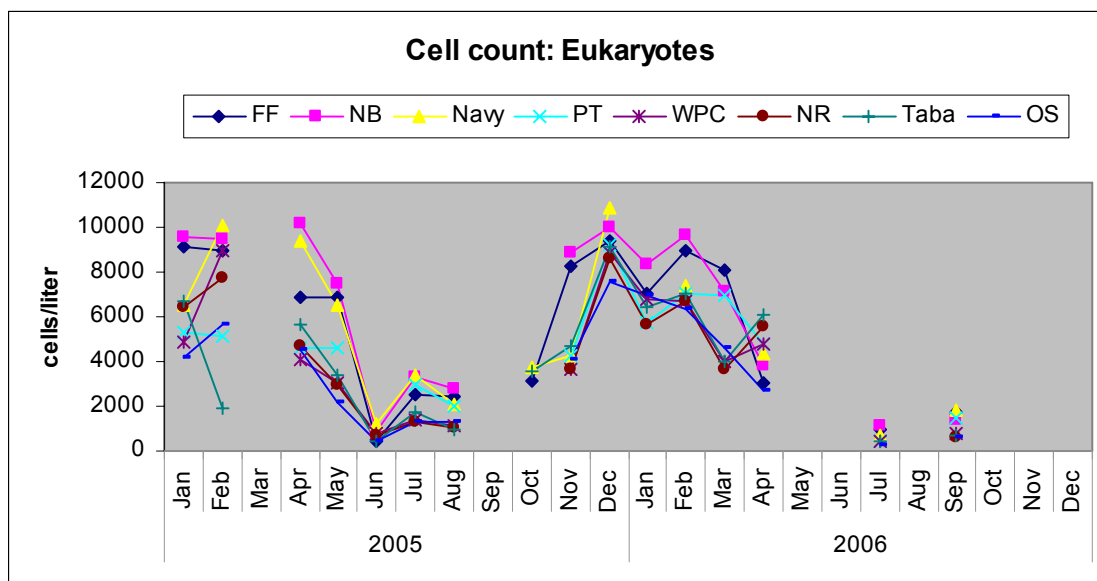


איור ג'14: ריכוז תאי בקטריה (חיידקים הטרוטרופים) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2006.  
**Figure C14: Monthly concentrations of bacteria cells at the coastal water sampling stations during 2005-2006.**



אי

ר ג'15: ריכוז תאי ציאנובקטריה *Synechococcus* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2006.  
**Figure C15: Monthly concentrations of cyanobacteria *Synechococcus* cells at the coastal water sampling stations during 2005-2006.**



איור 16: ריכוז תאים אאוקריוטים בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2006.

Figure C16: Monthly concentrations of eukaryote cells at the coastal water sampling stations during 2005-2006.

#### דיון

נראה כי 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 אחד במאות המטרים העליונים במפרץ. חימום פני המים בקיץ יוצר שיכוב תרמי המפריד את עמודת המים למי שטח ולמי עומק אשר מעבר החומר ביניהם מועט. בהתאם לכך במי השטח בחודשי החורף ערכי רוב המדדים גבוהים יותר מאשר בקיץ. 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. ואכן ריכוזי חנקן גבוהים במיוחד נמדדו סמוך לתחנות החופיות הצפונית (כלובי הדגים, החוף הצפוני, וחיל הים/מלון מרידיאן) בחודשי הקיץ והסתיו. באופן מפתיע נמדד ריכוז חנקן גבוה גם בשמורת חוף אלמוג, בחודש יולי. מקור זיהום שם אינו מוכר מהשנים החולפות אך מועמדים אפשריים הם המצפה התת-ימי, מלון אורכידיאה, וקו הצינור המוביל שפכים לאורך החוף מקצהו הדרומי של החוף הישראלי ועד אילת.

ריכוזי אמוניה גבוהים, עד פי חמישה מערכי הים הפתוח, נמדדו מתחילת השנה ועד לחודש יולי סמוך לכלובי הדגים. מחודש אוגוסט ריכוזי האמוניה הגבוהים ביותר (אך נמוכים בהרבה מהערכים שנמדדו בכלובי הדגים בחודשים הקודמים) נרשמו מול החוף הצפוני וחיל הים/מלון מרידיאן. בדומה לשנה שעברה, נמדד גם השנה ריכוז גבוה של אמוניה בקרבת הגבול המצרי בתחילת הסתיו (חודש אוקטובר השנה וחודש נובמבר בשנת 2005). יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור. ריכוזי סיליקה גבוהים נמדדו בתחילת השנה בתחנות הצפונית ביותר, ובקיץ-סתיו מול חיל הים/מלון מרידיאן.

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, לה קצב פירוק גבוה בים. נראה כי התחנות הצפונית, כלובי הדגים והחוף הצפוני, סובלות תדיר מזיהומים, ואיזור חיל הים/מלון מרידיאן נתון גם הוא להשפעת מקורות זיהום מקומיים, אם גם שונים מאלה המשפיעים על החוף הצפוני.

גם ריכוזי החיידקים בתחנות הצפונית גבוהים, בדרך כלל, מהריכוזים בתחנות האחרות (בעיקר בחודשי החורף

## ג.2. קרקעית חולית

### מטרה

מעקב אחר תהליכי אוטרופיקציה וזיהום במפרץ באמצעות מדידת כמות החומר האורגני המצטבר על קרקעית המפרץ, ומדידת ריכוזי מזהמים.

### שיטות

השנה נעשה ניטור הקרקע החולי בשיתוף עם חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל). סדימנט נדגם משה אחרים (טבלה ג2) לצורך בדיקת תכולת חומר אורגני וריכוז מזהמים. דגימות סדימנט נאספו על ידי צוללים מהשכבה העליונה של הקרקעית (עד בערך 3 ס"מ עומק סדימנט) באמצעות שקית פלסטיק אטימה המושחלת על גבי מסגרת מתכת. את המסגרת גוררים על פני הקרקע והסדימנט נאסף ישירות לשקית הנאטמת במקום. כל דוגמא כוללת מאות גרמים, ובכל אתר נאספו שתי דוגמאות. בחוף הצפוני, בסמוך לגבול ירדן, ובשמורת חוף אלמוג, בסמוך למצפה התת-ימי, נדגם הסדימנט באמצעות צינורות PVC לקבלת ליבה (=core) שאורכה עשרות ס"מ, במטרה לאפיין שינויים בריכוזי מזהמים עם הזמן (= עומק בסדימנט). בכל האתרים נאספו גם דגימות סדימנט מפני השטח באמצעות מזרקים, לצורך בדיקת תכולת חומר אורגני בשריפה (שלוש חזרות מכל אתר). מכל ליבה נחתכה פרוסת סדימנט עליון בעובי של 1 ס"מ לצורך מדידת תכולת חומר אורגני כמפורט להלן: דגימות הסדימנט עברו ייבוש בתנור (105°C) במשך 24 שעות. לאחר הייבוש הועברו הדגימות לתנור שריפה (450°C) למשך 4 שעות. כמות החומר האורגני בכל דגימה שווה להפרש המשקלים לפני ואחרי השריפה. לכל אתר חושב האחוז המשקלי של חומר אורגני בסדימנט העליון. שיטה זו להערכת כמות החומר האורגני בעייתית 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. דוגמת סדימנט נוספת נלקחה מעומק 5 מטרים צפונית למצפה התת-ימי בשמורת אלמוג לצורך מדידת ריכוז TBT (חומר הצובע קרקעית כלי שיט למניעת צמדת-ים). הדוגמא נאספה ישירות לצנצנת זכוכית על ידי ד"ר דוד זכאי, הביולוג האחראי על מפרץ אילת מטעם רשות הטבע והגנים, והועברה לחיא"ל לצורך המדידות.

הבדיקות שנערכו על ידי חיא"ל מופיעות למטה בתת-פרק נפרד.

חוף הנסיכה-טאבה	שמורת אלמוג	קצא"א	חוף הדקל	חוף צפוני	גבול ירדן	
29 29.587	29 30.210	29 31.057	29 32.254	29 32.715	29 32.470	מעלות רוחב (N)
34 54.399	34 55.834	34 55.834	34 56.835	34 57.716	34 58.481	מעלות אורך (E)
6.11	25.10	9.11	5.11	4.12	12.11	תאריך איסוף

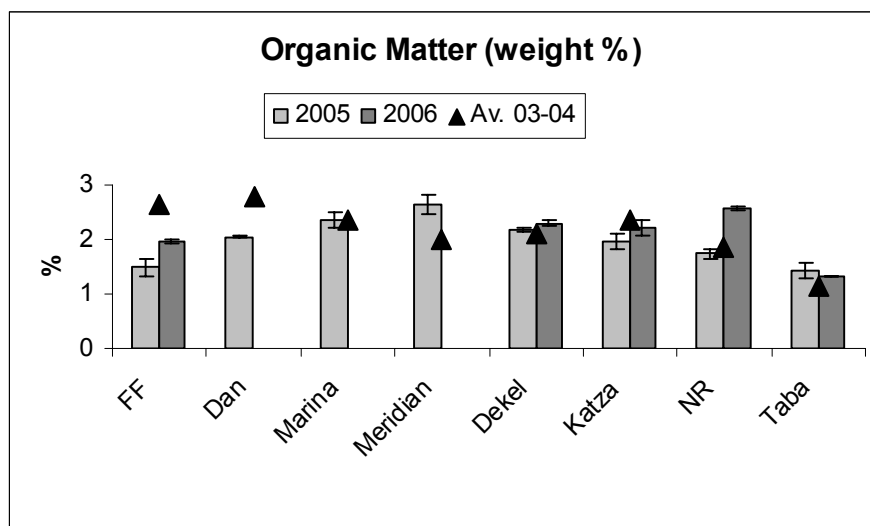
טבלה ג2: תחנות איסוף דוגמאות סדימנט מהקרקע החולית לצורך מדידות כימיות. כל הדוגמאות נאספו מעומק מים של 18-20 מטרים על ידי צוללים.

**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.**

### תוצאות

תכולת חומר אורגני בסדימנט (מדידה באמצעות שריפה): השנה הייתה אסטרטגיית הדגימה שונה מבעבר (כל הדוגמאות נאספו בצלילה), ועל כן נדגמו פחות תחנות. הדוגמא שנאספה מהחוף הצפוני נהרסה במהלך המדידה, עקב שינויים בטמפרטורת השריפה. חמש הדוגמאות הנוותרות מראות מספרים דומים למדידות העבר (אזור ג18). בכל התחנות אחוז החומר האורגני נמצא גבוה מעט מהערכים שנמדדו בשנת 2005, מלבד התחנה הדרומית ביותר (קרוב לגבול ישראל-מצריים) בה נמצאה ירידה קלה. בקרבת כלובי הדגים נמצא אחוז חומר אורגני מעט נמוך יותר מהערכים הממוצעים בשנים 2003-2004 ואילו בתחנות הדרומיות יותר נמדדו השנה ערכים דומים או אף מעט גבוהים יותר. 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 נמוך מאשר באזור שמורת חוף אלמוג. איסוף הדוגמאות למדידת חומר אורגני בסדימנט נעשה השנה בתקופה דומה לשנת 2005 (חודשים אוקטובר-דצמבר לעומת ינואר), אולם עקב שיטת הדיגום השונה, שהונהגה על מנת לאפשר השוואה עם מדידות היא"ל, עדיין לא הושגה אחידות בתבנית איסוף דוגמאות הסדימנט. כפי שנאמר בשנה החולפת (דו"ח הניטור 2005) הבדלים אלה אינם צפויים להשפיע על איכות ההשוואה מכיוון שקצב הסדימנטציה נמוך יחסית לאפקט הממצע של דגימת הסדימנט לצורך שקילה ולאפקט הממצע של תהליכי ביוטורבציה.



איור 18: אחוז חומר אורגני בסדימנט (הערכה באמצעות שקילה ושריפה) בתחנות המדידה בצפון מפרץ אילת, השוואה בין נוב' 2006 ינואר 2005, וממוצע הדגימות שנאספו בשנים 2003 ו- 2004.

**Figure C18: 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 Nov 2006, Jan 2005, and an average of five samples collected during 2003 and 2004.**

### ג3. פחמן אורגני ומתכות כבדות בסדימנטים

#### מטרה

קביעת ריכוזי מתכות כבדות ופחמן אורגני בסדימנטים במים הרדודים בצפון מפרץ אילת, אפיון הרקע הטבעי באזור והערכת התרומה האנתרופוגנית של מרכיבים אלה.

#### הקדמה

פרק זה מציג מידע אשר נאסף ועובד על ידי חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) לפי בקשת תכנית הניטור הלאומית ובמימונה, ומפורסם גם כדו"ח חיא"ל H17/2007 ודו"ח המכון הגיאולוגי TR-GSI/05/2007

מחברי הדו"ח: נורית קרס (חיא"ל), לודוויג הליץ (המכון הגיאולוגי) וברק חרות (חיא"ל)  
מסייעים: עדנה שפר, ירון גרטנר, אורית חיימס (חיא"ל) ואולגה יופה (המכון הגיאולוגי)

הדוח משלב (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון) ממצאים עיקריים של תכולת מתכות כבדות שנבדקו במסגרת הניטור השנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות בצפון מפרץ אילת המבוצע ע"י חיא"ל עבור חיל הים החל משנת 2000. חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע"י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה"ב. כמו כן, משולבים בדוח ממצאים מסקר ראשוני של תפוצת מזהמים בסדימנטים בצפון המפרץ שנעשה בשנת 2002 (Herut and Halicz, 2002).

## שיטות

במהלך אוקטובר - נובמבר 2006 נדגמו סדימנטים בשבע תחנות המהוות חלק ממערך תחנות הניטור. הדגימות כללו שני גלעיני סדימנט מהחוף הצפוני והחוף הדרומי (אזור השמורה) ודגימות פני שטח של הקרקעית. בשתי תחנות נעשתה גם בדיקה של ריכוז תרכובות אורגניות של בדיל (TBT ונגזרותיו). דגימות הקרקעית (פני שטח) והגלעינים נדגמו בצלילה על ידי צוות הניטור הלאומי של אילת. רשימת הדגימות ופרטי הדיגום מוצגים בטבלה ג2. רוב התחנות נדגמו בדופליקטים ואלה טופלו כשתי דגימות שונות. בנוסף, 3 תחנות בחוף הצפוני נדגמו בעזרת מחפרון מס/מ "עציונה" ופני השטח של הדגימה נלקח לבדיקות הכימיות (טבלה ג2 – תחנות מסומנות BG). הדגימות הוקפאו מיד לאחר הדיגום ונשמרו בהקפאה עד לטיפולן במחלקה לכימיה ימית, חי"א"ל.

בדיקות מעבדה:

משקעי הקרקעית יובשו בשיטת הליאופיליזציה והועברו דרך נפה של 1000 מיקרון. הגלעינים נחתכו לפרוסות (טבלה ג3) אשר יובשו גם הן בליאופיליזציה והועברו דרך נפה של 1000 מיקרון. כספית נבדקה לאחר עיכול הדגימה עם חומצה חנקתית (Hornung et al., 1989) בשיטה של Cold Vapour עם גלאי של פלואורסנציה אטומית במכשיר Millennium System PS Analytical. יתר המתכות נבדקו לאחר סינטור ICP-MS. דיוק השיטות נבדק באמצעות סטנדרט בינלאומי (MESS 3- NRCC) אשר עבר תהליך כימי זהה לזה שעברו הדגימות. אחוז ההשבה לרוב המתכות היה בין 90-115% כאשר עבור Cd, Cu, Sb, Sn אחוז ההשבה היה בין 118-127%. תכולת פחמן אורגני נקבעה לאחר עיכול עם דיכרומאט לפי (Gaudette et al., 1974) עם שינויים קלים. בנוסף, שתי דגימות מאזור שמורת הטבע (NR) נשלחו למעבדה בארה"ב (CRG, Marine Laboratories, Inc. לבדיקת תרכובות אורגניות של בדיל (tributyltin TBT ותוצרי פירווקן) (פרטים בנספח).

מספר דגימה	שם תחנה	מיקום		תאריך דיגום	עומק מים (מ')	סוג דגימה
		E	N			
6532	נסיכה A	29° 29.587	34° 54.399	6 נובמבר 06	18-20	פני שטח
6540	נסיכה B					פני שטח
6533	דקל A	29° 32.254	34° 56.835	5 נובמבר 06	18-20	פני שטח
6536	דקל B				18-20	פני שטח
6537	ס. זכוכית NR			26 נובמבר 06	5	פני שטח
6542	ס* זכוכית NR	29° 30.210	34° 55.834	25 אוקטובר 06	5	פני שטח
6539	קצאא	29° 31.057	34° 55.834	9 נובמבר 06	18-20	פני שטח
ראה טבלה ג3	Nature reserve NRI	29° 30.210	34° 55.834		18-20	גלעין
3654	חוף צפוני A NB	29° 32.715	34° 57.716	4 דצמבר 06	18-20	פני שטח
1654	חוף צפוני B NB				18-20	פני שטח
ראה טבלה ג3	Jordanian Border- JBI	29° 32.470	34° 58.481	12 נובמבר 06	18-20	גלעין
6434	BG 2 חוף צפוני	29° 32.688	34° 58.109	14 נובמבר 06	5.4	פני שטח
6435	BG 3 חוף צפוני	29° 32.650	34° 58.100	14 נובמבר 06	10.1	פני שטח
6438	BG 4 חוף צפוני	29° 32.579	34° 58.059	14 נובמבר 06	19.9	פני שטח

טבלה ג2: פרטי נקודות הדיגום של משקעי קרקעית במפרץ אילת (\* לבדיקת TBT בלבד).

Table C2: Dates, locations and details of sediment samples. \*Only analyzed for TBT.

גלעין	מספר דגימה	עומק פרוסה (ס"מ)	גלעין	מספר דגימה	עומק פרוסה (ס"מ)	מספר דגימה	עומק פרוסה (ס"מ)
-------	------------	------------------	-------	------------	------------------	------------	------------------

פרוסה	עומק (ס"מ)	מספר דגימה	עומק פרוסה (ס"מ)	מספר דגימה	גלעין	עומק פרוסה (ס"מ)	מספר דגימה	גלעין
	21-25	6556	0-1	*6544	JBI	0-1	*6562	NRI
	25-29	6557	1-2	*6545		1-2	6563	
	29-32	*6558	2-3	*6546		2-3	6564	
	29-32	*6558	3-4	6547		3-4	*6565	
	32-36	6559	4-5	6548		4-5	6566	
	36-40	6560	5-7	*6549		5-7	6567	
	40-43	*6561	7-9	6550		7-9	*6568	
			9-11	6551		9-11	6569	
			11-13	*6552		11-13	6570	
			13-15	6553		13-15	*6571	
			15-18	6554		15-17.5	6572	
			18-21	*6555		17.5-20	*6573	

טבלה ג3: חיתוך גלעיני סדימנטים (\* נלקחו לבדיקה כימית).

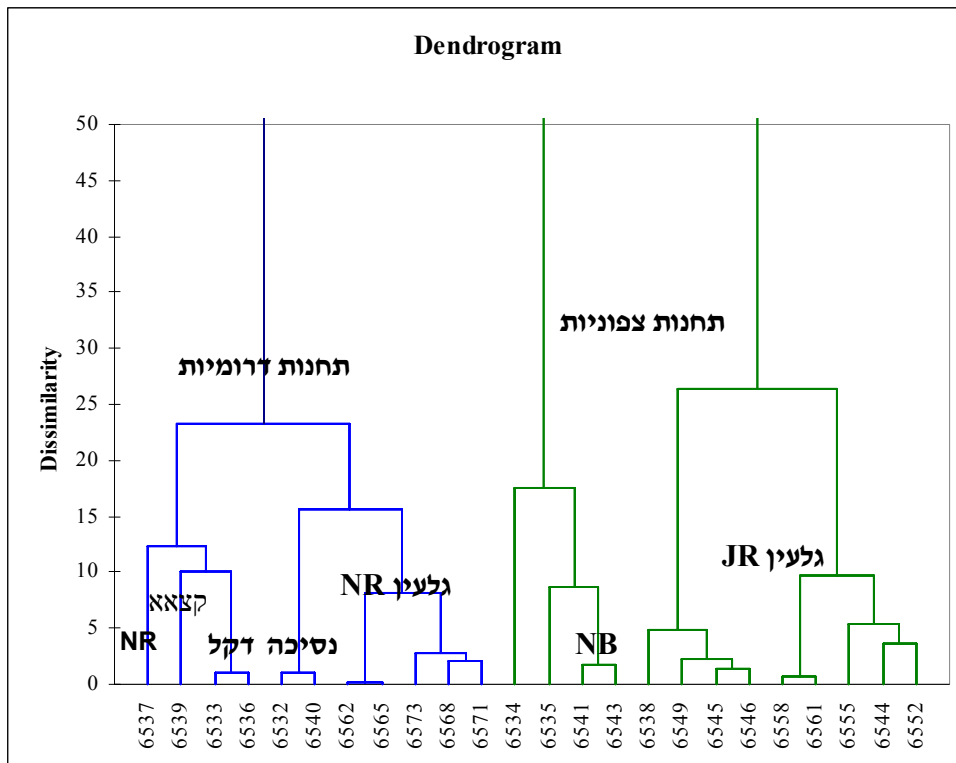
Table C3: Subsamples of the sediment cores. \*selected for chemical analyses.

#### תוצאות

תפוצת ריכוזי המתכות בסדימנטים של פני שטח והערכת המקטע האנתרופוגני טבלה ג4 מסכמת את תוצאות הבדיקות. כללית, ריכוזי המתכות והפחמן האורגאני שנמדדו נמוכים וברוב המקרים טבעיים לאזור. כללית, בדגימות מצפון המפרץ ריכוזי מתכות וחומר אורגאני גדולים יותר מאשר בדגימות מהדרום. האזור הדרומי מאופיין כפרובינציה סדימנטרית שונה הכוללת מרכיב משמעותי של חומר ביוגני. המשקעים הביוגנים דלים בתכולת המתכות הכבדות ולפיכך 'מוהלים' את ריכוזם בסדימנט. אנליזה של agglomerative hierarchical clustering AHC לבחינת מידת הדמיון של תחנות הדיגום השונות לפי תכולת המתכות והפחמן האורגאני חילקה את התחנות בצורה ברורה לשתי קבוצות: קבוצה אחת ובה כל התחנות הצפוניות, כולל כל פרוסות גלעין JBI ותחנות BG; וקבוצה שנייה, הכוללת את התחנות הדרומיות, מחוץ הדקל עד למלון הנסיכה (טאבה) ופרוסות הגלעין NRI אשר נדגם באזור השמורה (איור ג19)

על מנת להבדיל בין המקטע הטבעי והאנתרופוגני של המתכות בסדימנט יש צורך לאפיין את הריכוז הטבעי ולהפחיתו מהריכוז הכולל של המתכת. ריכוזי המתכות הכבדות מושפע מאוד משינויים בגודל הגרגר ובאזורים כמו צפון מפרץ אילת גם מההרכב המינרלוגי. נהוג לנרמל את ריכוזי המתכות (כדי לצמצם למינימום את השפעת גודל הגרגר) ע"י מרכיבים עיקריים ממקור טבעי כגון אלומיניום או ברזל, כפי שבוצע עבור סדימנטים של מים רדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל (Herut et al., 1993).





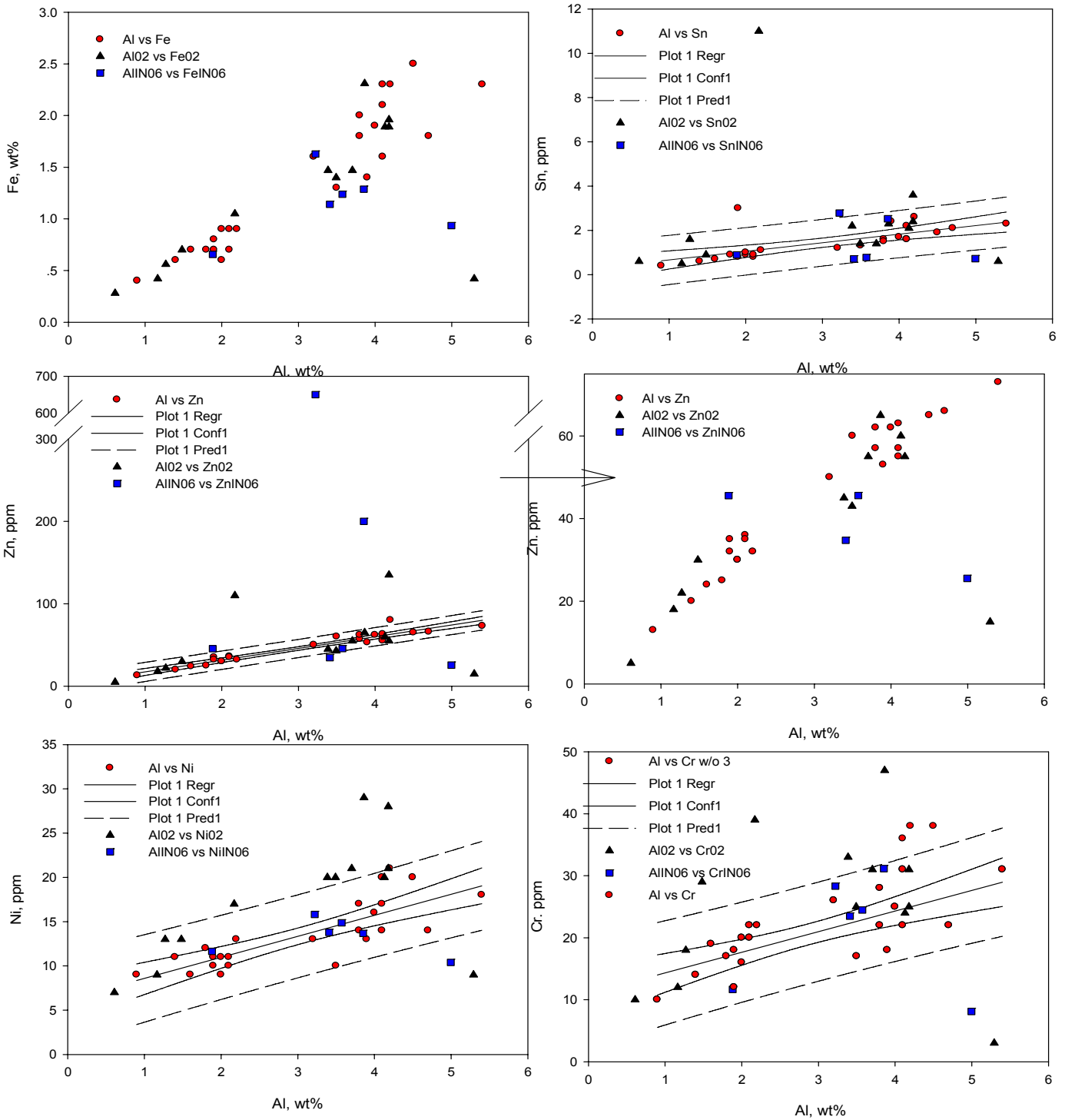
איור ג19: תוצאות Agglomerative hierarchical clustering AHC. בציר ה-X מופיעים מספרי הדגימות (טבלאות ג2 ו-ג3).

Figure C3: Agglomerative hierarchical clustering (AHC) of the sediment samples analyzed. The X axis denotes sample ID, see Tables C2 and C3.

- איור ג20 מציג את הקשר בין הריכוזים של מספר מתכות לבין ריכוזי אלומיניום בדגימות מהסקר הנוכחי, מהניטור עבור חיל הים שבוצע באוגוסט 2006 (חרות, 2007) ותוצאות הסקר של שנת 2002 (Herut and Halicz, 2004). ניטור חיל הים כלל דיגום בנמל אילת האזרחי ובנמל הצבאי ובקרבתו. הסקר משנת 2002 כלל 13 תחנות בעומקי מים בין 0.4 ל-280 מ' לאורך המפרץ. השינויים הרב שנתיים בריכוזי Cd, Cr, Cu, Hg, Ni ובנמלים הצבאי והאזרחי של אילת (חירות, 2007) ניתנים באיור ג21. הממצאים מהסקרים מראים:
1. בסקר הנוכחי - העשרה של בריום ליד מלון הנסיכה, בדיל בתחנה ליד קצא"א (איור ג20), של קדמיום בתחנה הרדודה בחוף הצפוני (BG2), והעשרה מסוימת של ארסן, ניקל (איור ג20), בתחנה בחוף הצפוני (NB), וכרום בשלוש תחנות בחוף הצפוני (איור ג20).
  2. בסקר 2002 נמצאה העשרה של מתכות במרינה תור-ים (Cd, Cu, Mo, Pb, Sn, Hg), במרינה אילת (Cu, Sn, Zn, Pb, Hg) בסמיכות לכלובי הדגים (Cd) ונמל אילת (Cd, U) ובנמל אילת ונמל חיל הים (מספר מתכות).
  3. בסקר חיל הים 2006 נמצאה העשרה בנמל הצבאי (Hg, As, Cu, Pb, Zn, Cd, Sn) ובנמל האזרחי (Hg, Pb). נתונים רב-שנתיים (איור ג21) מראים שינויים גדולים בריכוזי המתכות בנמלים.

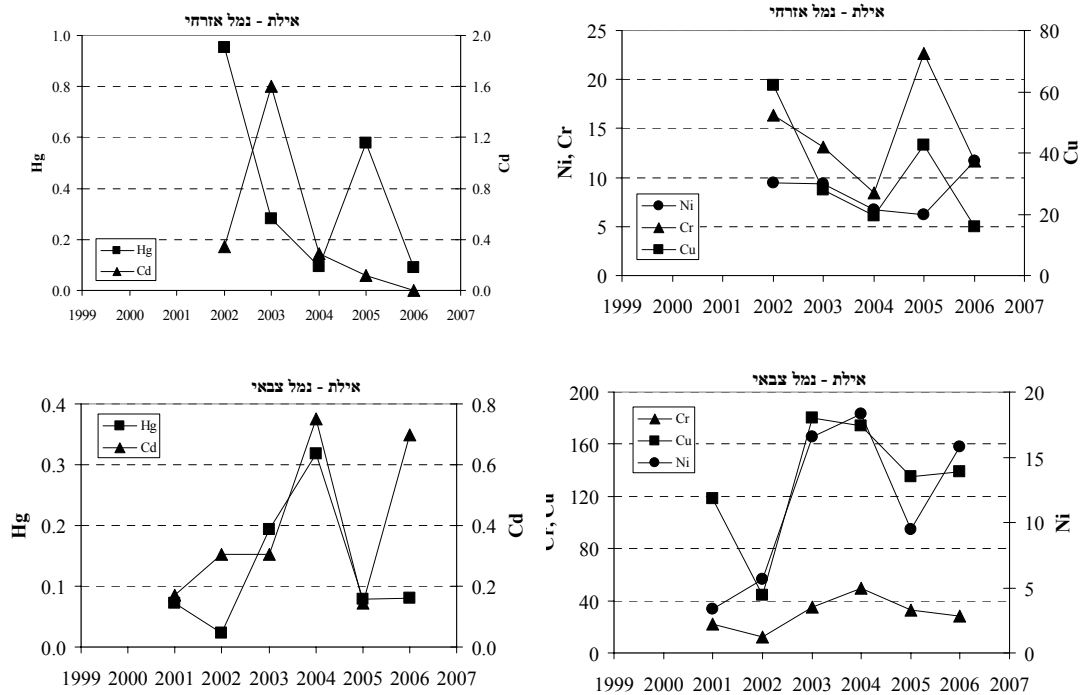
Sample	station	core	Corg	wt %			Hg ng/g	µg/g																
				Al	Fe	As		Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	U	V	Zn	
6532	נסיכה A		0.12	2	0.6	1.9	<1	3	400	0.5	0.1	2	16	7	175	0.8	9	8	0.2	<2	0.9	1.2	16	30
6540	נסיכה B		0.10	2.1	0.7	2.2	<1	3	360	0.5	0.1	2	22	8	175	0.6	10	6	0.2	<2	0.8	1.1	17	36
6533	דקל A		0.18	1.8	0.7	6.8	<1	4	220	0.5	0.1	2	17	7	140	0.6	12	8	0.2	<2	0.9	2.9	18	25
6536	דקל B		0.20	1.4	0.6	6.4	<1	4	155	0.5	0.1	2	14	5	95	0.6	11	7	0.2	<2	0.6	2.5	14	20
6537	NR נרובית		0.19	0.9	0.4	1.7	<1	2	100	0.3	0	2	10	4	70	0.9	9	3	0.1	<2	0.4	1.9	8	13
6539	קצא		0.12	1.9	0.7	4.2	<1	3	180	0.7	0.1	2	12	6	115	0.5	10	7	0.2	<2	3	1.7	16	35
6562	NRI	0-1	0.17	2.1	0.9	3.5	<1	2	214	0.6	0.1	3	20	8	185	0.5	11	6	0.1	<2	0.9	1.3	18	35
6565	NRI	3-4	0.17	2	0.9	4.7	<1	2	220	0.4	0.1	3	20	7	180	0.5	11	6	0.1	<2	1	1.3	18	30
6568	NRI	7-9	0.16	2.2	0.9	3.3	<1	3	250	0.5	0.1	3	22	7	185	0.7	13	7	0.2	<2	1.1	1.6	19	32
6571	NRI	13-15	0.14	1.6	0.7	3.3	<1	2	200	0.4	0.1	2	19	6	155	0.6	9	5	0.2	<2	0.7	1.4	15	24
6573	NRI	17.5-20	0.12	1.9	0.8	3.0	<1	2	260	0.4	0.1	3	18	7	185	0.6	11	6	0.3	<2	0.8	1.7	20	32
6534	חוף צפוני-2		0.25	5.4	2.3	7.6	<1	5	470	2	0.5	8	31	19	465	1	18	14	0.3	<2	2.3	2.7	54	73
6535	חוף צפוני-3		0.72	4.5	2.5	11.7	<1	4	335	1.7	0.3	9	38	20	415	1.6	20	13	0.3	<2	1.9	2.9	58	65
6538	חוף צפוני-4		0.51	3.2	1.6	9.8	<1	4	230	1	0.1	5	26	14	300	1.3	13	9	0.2	<2	1.2	1.7	36	50
6541	B NB חוף צפוני		0.57	4.2	2.3	9.8	<1	7	335	1.5	0.2	7	38	23	425	1.4	21	11	0.2	<2	2.6	2.3	50	80
6543	A NB חוף צפוני		0.59	4.1	2.3	14.2	<1	7	330	1.2	0.2	7	36	22	410	1.3	20	11	0.2	<2	2.2	2.4	49	63
6544	JB1	0-1	0.30	4.7	1.8	7.1	<1	4	370	1.4	0.2	6	22	17	365	1	14	10	0.2	<2	2.1	2.2	37	66
6545	JB1	1-2	0.30	3.9	1.4	6.7	<1	4	310	1.4	0.1	5	18	15	295	1.1	13	8	0.2	<2	2.4	1.5	28	53
6546	JB1	2-3	0.32	4.1	1.6	7.8	<1	3	315	1.4	0.1	5	22	17	340	1.2	14	9	0.2	<2	1.6	1.6	34	57
6549	JB1	5-7	0.28	3.5	1.3	7.7	<1	3	260	1.5	0.1	5	17	15	285	1	10	7	0.2	<2	1.3	1.5	29	60
6552	JB1	11-13	0.33	3.8	1.8	8.6	<1	5	295	1.3	0.2	6	22	17	360	2.6	14	10	0.2	<2	1.6	2.4	38	57
6555	JB1	18-21	0.36	4	1.9	10.4	<1	6	300	1.7	0.1	6	25	14	355	2	16	11	0.3	<2	1.7	2.6	43	62
6558	JB1	29-32	0.37	3.8	2	7.6	<1	6	260	1.4	0.2	6	28	13	350	3.1	17	11	0.2	<2	1.5	3.1	47	62
6561	JB1	40-43	0.42	4.1	2.1	5.8	<1	6	300	1.5	0.2	7	31	13	370	3.2	17	11	0.2	<2	1.6	3.1	48	55

טבלה 4: ריכוזי מתכות כבדות ופחמן אורגני בדגימות משקעי קרקעי מנפרץ אילת.  
 Table C4: Concentrations of heavy metals and organic carbon in the sediment samples.



איור 20: הקשר בין אלומיניום למתכות שונות בדגימות משקעי קרקעית ממפרץ אילת. דגימות מסקר זה מסומנות בעיגול אדום, מסקר של 2002 במשולש שחור ובסקר חיל הים 2006 בריבוע כחול. קווי הרגרסיה חושבו על סמך התוצאות של ניטור זה. הקווים מסמנים את קו הרגרסיה, רווח הסמך של המדגם (95%) ורווח הסמך של האוכלוסייה (מקוקו).

**Figure C20: Aluminum versus other metals in sediment samples from the northern Gulf of Eilat. Samples collected in this study are marked by a red circle, samples from a 2002 survey are marked by a black triangle and samples from the 2006 navy survey are represented by a blue square. Regression lines were calculated from this survey's results. Black lines represent the regression and confidence interval (95%) of the survey and dashed lines the confidence interval of the population.**



איור ג'21: שינויים רב שנתיים של ריכוזי מתכות בנמל הצבאי והאזרחי של אילת (חרות, 2007)  
**Figure C21: Changes in concentration of various metals in the sediments of the Civil and Navy ports of Eilat since 2001 (Herut, 2007)**

לא קיימים בעולם הרבה קריטריונים לאיכות הסדימנט בהקשר האקולוגי. קריטריון שאומץ על ידי מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) [Long et al., 1995] וקיים עבור מספר קטן מתכות ומזהמים אורגנים מגדיר שתי רמות זהום העלולות לגרום להשפעות מזיקות על החי הימי: Biotic Effect Range Median (ERM) ו-Biotic Effect Range Low (ERL). ה-ERM וה-ERL מפרידים בין שלושה תחומים של ריכוזים לגבי מזהם ספציפי: אם הריכוז בסדימנט הוא מתחת לערך הנמוך (ERL) השפעה ביוטית צפויה רק לעיתים נדירות. אם הריכוז בסדימנט הוא בין שני הערכים, ERL ו-ERM, צפויה השפעה ביוטית לעיתים ואילו אם הריכוז גבוה מה-ERM צפויות השפעות ביוטיות לעיתים קרובות. קריטריונים אלה מובאים בטבלה ג'5.

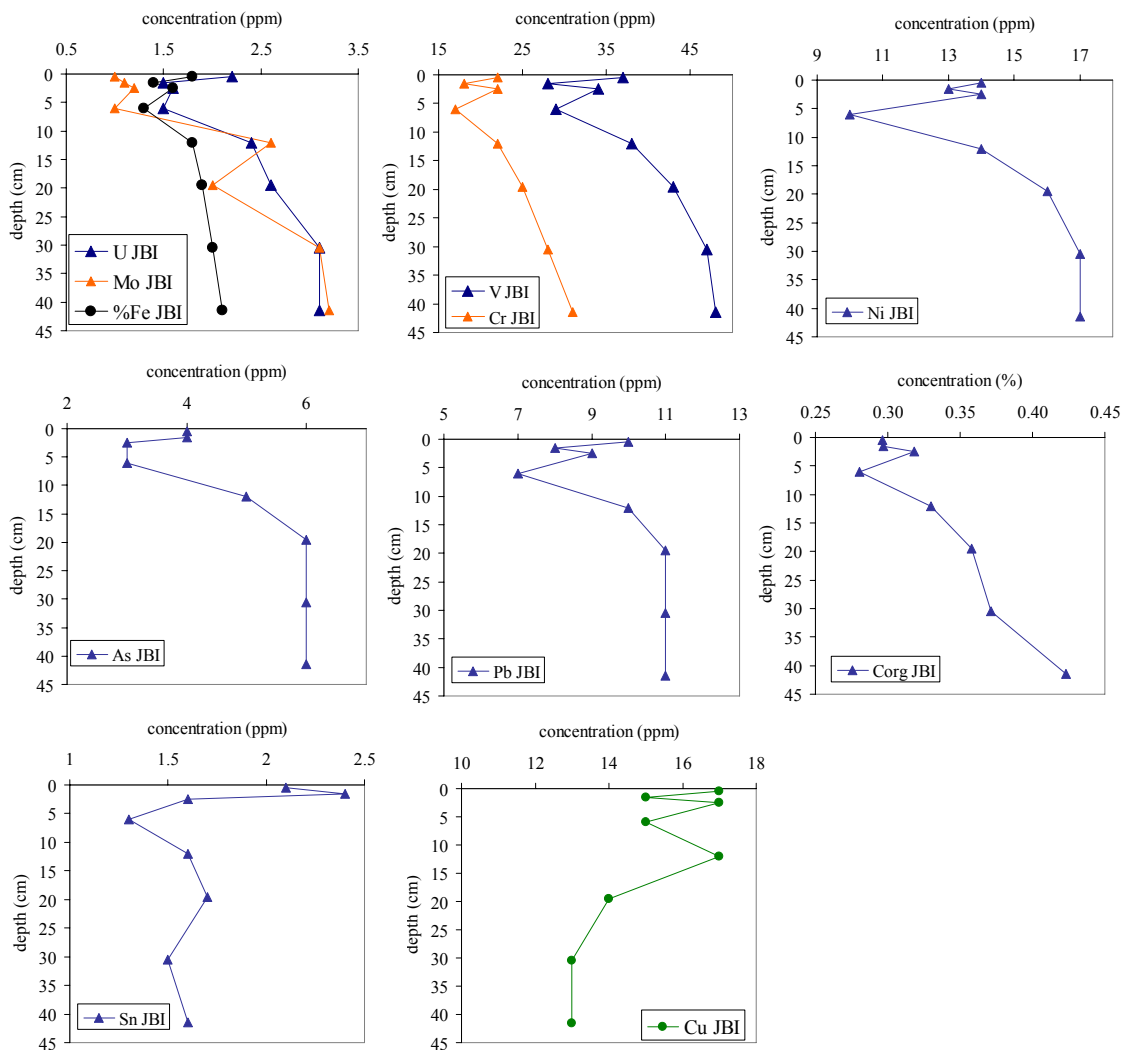
	Hg	Cd	Ag	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr
	ng/g	□g/g						
<b>ERL</b>	150	1.2	1	47	34	150	21	81
<b>ERM</b>	710	9.6	1.7	220	270	410	52	370

טבלה ג'5: קריטריון של ה-ERL וה-ERM לאיכות סדימנטים  
**Table C5: The Biotic Effect Range Median and the Biotic Effect Range Low (ERM and ERL respectively) criteria for sediment quality**

השוואה של הקריטריונים עם הריכוזים שנמדדו במשקעי הקרקעית במחקר זה מראה כי ככול הדגימות של סקר זה הריכוזים הרבה יותר נמוכים מה-ERL. רק לגבי ניקל בדגימת החוף הצפוני (NB) הריכוז הוא 21 מיקרוגרם לגרם (ERL) באחד הרפליקטים ובשני 20 מיקרוגרם לגרם. דגימה זאת נמצאת על גבול התחום הנחשב טבעי לאזור בהשוואה לריכוזי האלומיניום (איור ג'20). בסקר חיל הים 2006 נמצאו ערכים גדולים מ-ERM של אבץ ועופרת וזיהום ברמה בינונית (גדול מ-ERL וקטן מ-ERM) של כספית ונחושת בנמל הצבאי. גם בדיגום של 2002 נמצאו ריכוזים של כספית, קדמיום, נחושת, עופרת ואבץ מעל ה-ERL בנקודות דיגום במרינות, נמל אילת ונמל חיל הים.

תפוצת מתכות בגלעיני סדימנט

ניתן לעקוב אחר המגמות בזמן (שינויים רב-שנתיים) של ריכוזי המתכות בסדימנטים בצפון המפרץ בעזרת תפוצת המתכות בגלעיני סדימנט (טבלה ג4, איור ג22). נמצאה מגמה ברורה של ירידה בריכוזי המתכות כרום, ניקל, ונדיום, מוליבדן, אורניום, ארסן וברזל. לעומת זאת נמצאה העשרה מסוימת של נחושת ובדיל בחלקו העליון של הגלעין. השינויים של ריכוזי המתכות לאורך פרופיל העומק בגלעין מראים התפלגות לקבוצות של מתכות בעלות התנהגות דומה שבאה לביטוי בקשר לינארי משמעותי ביניהן. טבלה ג6 מציגה מטריצת קורלציה בין ריכוזי המתכות בגלעין ומראה את הקשר המשמעותי בין המתכות המראות פרופיל העשרה לעומק הסדימנט. משימוש בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis) מתקבל שעיקר השונות (~70%) של ריכוזי המתכות בגלעין מוכתבת ע"י שני מרכיבים עיקריים (PC's). המרכיבים בד"כ מבדילים בין מתכות ממקורות שונים ו/או בעלי מנגנון הסעה או שקיעה שונה. נמצא שמרכיב אחד מוכתב בעיקר ע"י קבוצת המתכות: כרום, ניקל, ונדיום, מוליבדן, אורניום, ארסן וברזל (קבוצה I); ומרכיב שני מוכתב בעיקר ע"י המתכות: בריום, נחושת, אלומיניום ובדיל. המקור העיקרי למתכות הכבדות באזור הערבה הדרומית הם סדימנטים נחליים הגזרים מבליית הסלעים המגמתיים שבסביבה.

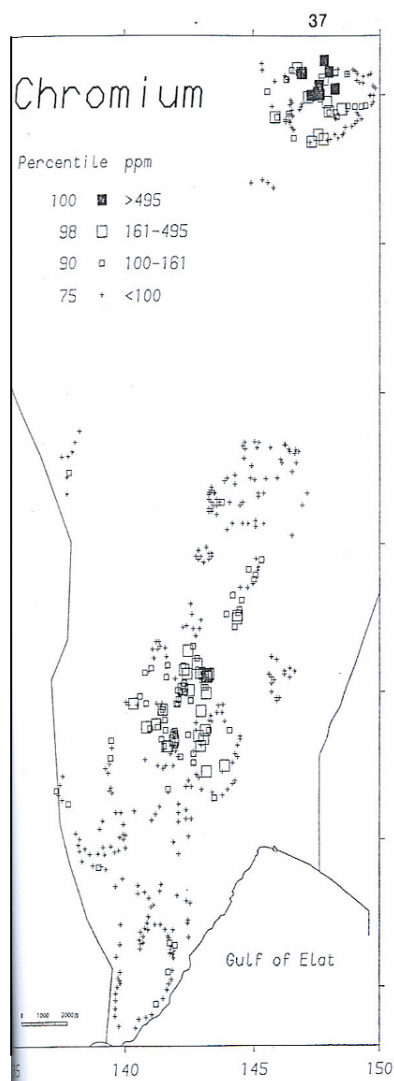


איור ג22: ריכוזי מתכות ופחמן אורגני בגלעין סדימנט שנדגם בצפון מפרץ אילת (בעומק מים של כ- 20 מטר) ליד גבול ישראל-ירדן בנובמבר 2006.

Figure C22: Concentrations of metals and organic carbon in a sediment core from the Israel-Jordan border line at 20 meters depth (northern end of the gulf).

סקר גיאוכימי שמיפה את ריכוזי המתכות בסדימנטים ערוציים במספר מחשופים פרקמבריים בין אילת לתמנע

(Bogosh et al. 1993) מראה קורלציה בין קבוצת מתכות הדומה בהרכבה לקבוצה I ולפיכך מלמדת על התרומה של מקור זה לתכולת המתכות בסדימנטים בצפון מפרץ אילת. הסבר אפשרי לשינוי בזמן של ריכוזי המתכות מקבוצה I (עליה בריכוז כלפי עומק הסדימנט) הוא שינוי במשטר הסדימנטולוגי באזור כתוצאה מבנייה ותשתיות ניקוז וסלילה, שהשפיעה ככל הנראה על מידת ההסעה של סדימנטים מאזורים מסוימים בצפון המפרץ. סביר להניח שהמחשופים המגמתיים מערבית לעיר אילת נחסמו במידה מסוימת ותורמים יחסית פחות סדימנטים (עשירים באופן יחסי במתכות) מבעבר. איור ג23 מציג לדוגמה את תפוצת ריכוזי הכרום בסדימנטים נחליים באזורים המגמתיים מערבית למפרץ. על מנת לבדוק השערה זו יש לבצע בהמשך בדיקות של התפלגות גודל גרגר, ריכוזי יסודות עיקריים ואדמות נדירות, והרכב מינרלוגי בגלעיני סדימנט מצפון המפרץ, ואולי להגדיל את צפיפות הבדיקות לאורך הפרופיל. ייתכן שהשינוי בריכוזי המתכות בחלקו העליון של הגלעין (כ- 5 ס"מ עליונים) נובע מסדימנטים שהוסעו בשיטפון האחרון שהתרחש בפברואר 2006.



איור ג23: תפוצת ריכוזי הכרום בסדימנטים ערוציים של מחשופים פרקמבריים באזור המערבי של הערבה הדרומית (Bogosh et al. 1993)

Figure C23: Cr concentrations distribution in alluvial sediments near precambrian outcrops at the south-western Arava Valley (Bogosh et al. 1993).

Correlation matrix (Pearson):

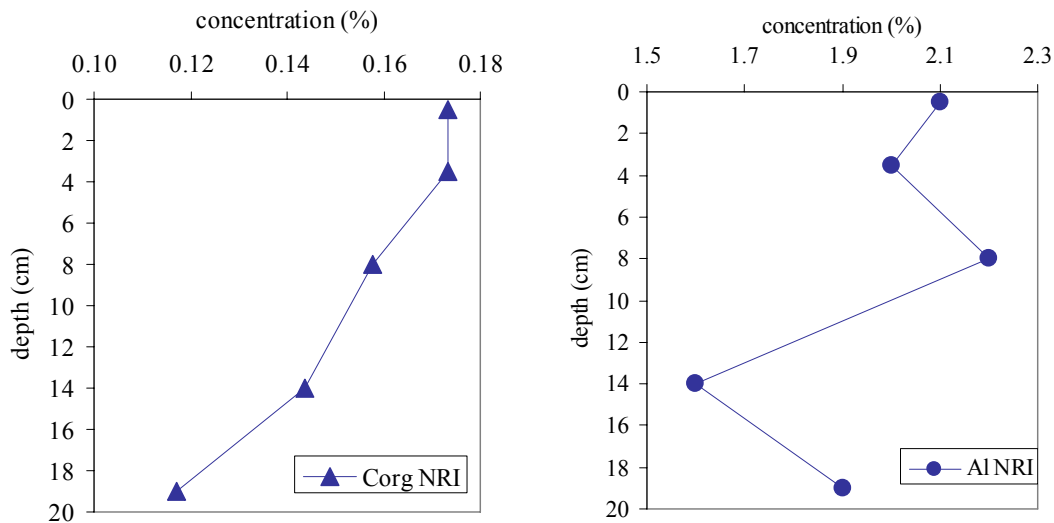
Variables	Corg	Hg	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	U	V	Zn	Al	Fe
Corg	1																			
Hg	-0.127	1																		
As	<b>0.840</b>	0.170	1																	
Ba	-0.223	-0.158	-0.209	1																
Be	0.277	0.458	0.321	-0.138	1															
Cd	0.469	-0.350	0.513	0.154	-0.447	1														
Co	<b>0.832</b>	-0.154	<b>0.814</b>	0.102	0.169	<b>0.756</b>	1													
Cr	<b>0.959</b>	-0.132	<b>0.820</b>	-0.079	0.215	0.593	<b>0.864</b>	1												
Cu	-0.683	0.122	-0.675	0.569	-0.519	-0.077	-0.439	-0.596	1											
Mn	0.649	0.088	0.628	0.382	0.000	0.703	<b>0.813</b>	<b>0.776</b>	-0.013	1										
Mo	<b>0.890</b>	-0.050	<b>0.862</b>	-0.418	0.000	0.644	<b>0.783</b>	<b>0.850</b>	-0.598	0.600	1									
Ni	<b>0.875</b>	0.015	<b>0.855</b>	0.046	0.180	0.517	<b>0.760</b>	<b>0.929</b>	-0.511	<b>0.789</b>	<b>0.778</b>	1								
Pb	<b>0.800</b>	0.178	<b>0.865</b>	-0.133	0.198	0.621	<b>0.838</b>	<b>0.889</b>	-0.364	<b>0.911</b>	<b>0.755</b>	<b>0.943</b>	1							
Sb	0.199	<b>0.795</b>	0.427	-0.015	<b>0.845</b>	-0.378	0.143	0.160	-0.263	0.188	0.042	0.282	0.369	1						
Sn	-0.289	-0.237	-0.101	0.672	-0.169	-0.076	-0.143	-0.267	0.228	-0.081	-0.394	-0.013	-0.087	-0.029	1					
U	<b>0.875</b>	0.010	<b>0.925</b>	-0.157	0.178	<b>0.718</b>	<b>0.905</b>	<b>0.926</b>	-0.599	<b>0.766</b>	<b>0.903</b>	<b>0.876</b>	<b>0.914</b>	0.211	-0.271	1				
V	<b>0.909</b>	0.046	<b>0.881</b>	-0.125	0.252	0.633	<b>0.878</b>	<b>0.969</b>	-0.577	<b>0.806</b>	<b>0.869</b>	<b>0.914</b>	<b>0.937</b>	0.266	-0.330	<b>0.977</b>	1			
Zn	-0.161	0.368	0.077	0.241	0.224	0.250	0.142	0.071	0.097	0.316	-0.129	0.072	0.288	0.283	-0.151	0.229	0.237	1		
Al	0.042	-0.202	0.020	<b>0.929</b>	-0.051	0.345	0.334	0.235	0.336	0.591	-0.180	0.324	0.398	0.015	0.525	0.144	0.194	0.403	1	
Fe	<b>0.866</b>	0.017	<b>0.859</b>	0.082	0.148	<b>0.709</b>	<b>0.912</b>	<b>0.947</b>	-0.421	<b>0.908</b>	<b>0.821</b>	<b>0.932</b>	<b>0.976</b>	0.232	-0.168	<b>0.955</b>	<b>0.972</b>	0.236	0.368	1

Values in bold are significantly different from 0 with a significance level  $\alpha=0.05$

טבלה 6: מטריצת קורלציות בין מתכות בגלעין סדימנט מצפון מפרץ אילת (נובמבר 2006).

Table C6: Matrix of correlation between metals in the sediment core JBI from the northern Gulf of Eilat.

ריכוז הפחמן האורגני עולה עם עומק (בכ-30%) בגלעין מהחוף הצפוני של אילת. הסיבה לכך לא ברורה ויתכן וקשורה לשינויים בשטף החומר האורגני, בגודל הגרגר או בקצבי הסדימנטציה (הן של חומר דרטיטי והן ביוגני). גלעין הסדימנט שנדגם בחוף הדרומי של אילת באזור השמורה (NRI) קצר יותר (כ-20 ס"מ) ובעל רזולוציות בדיקות קטנה יותר לעומת הגלעין מהחוף הצפוני. ריכוזי המתכות באזור זה קטנים משמעותית מהריכוזים בחוף הצפוני. פרופיל העומק לא הראה שינויים משמעותיים בריכוזי רב המתכות. נמצאה העשרה מסוימת של ריכוזי האלומיניום (איור 24), ברזל כרום ובדיל בחלקו העליון של הגלעין (טבלה 4).



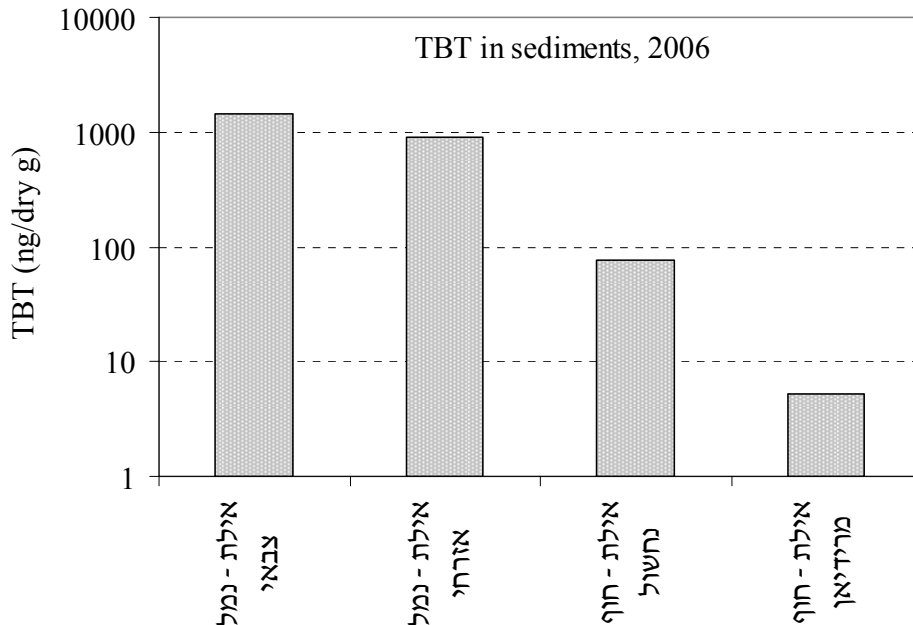
איור 24: ריכוזי אלומיניום ופחמן אורגני בגלעין סדימנט NRI שנדגם בדרום מפרץ אילת (בעומק מים של כ-20 מטר) בנובמבר 2006.

Figure C24: Concentrations of Al and organic carbon in the sediment core NRI from the Coral Nature Reserve, at 20 meters depth.

ריכוז הפחמן האורגני ירד (~25%, איור 24) לעומק הגלעין, במגמה הפוכה לזו שנמצאה בגלעין מהחוף הצפוני. כפי שצוין לעיל הסיבה לכך לא ברורה ויש לחקור את כלל התהליכים שיכולים להשפיע על התפלגות ריכוזי הפחמן האורגני. רצוי לדגום בהמשך גלעין סדימנט ארוך יותר.

## תרכובות אורגניות של בדיל

TBT ותוצרי פירוקו נבדקו בשתי דגימות (6537 ו-6542) מאזור השמורה, הקרוב למקום בו מפליגות ספינות הזכוכית. בדגימה אחת (6542) שנדגמה ב-25 באוקטובר 2006 נמצאו עקבות של TBT. הריכוז – 2.6 ננוגרם לגרם, הוא בין גבול הקביעה לבין גבול הדיווח של השיטה (ראה נספח). בסקר חיל הים 2006 נמצאו ערכים גבוהים במיוחד של TBT בנמלים ראיאל וטרריה מזוייה אך משמעותיים רחופית החמוריה (איור 25).



איור 25: ריכוז TBT במשקעי קרקעית באילת. דיגום עבור חיל הים, 2006 (חרות, 2007).  
**Figure C25: Concentrations of TBT in sediment samples from the northern Gulf of Eilat.**

## סיכום

- כללית, ריכוזי המתכות והפחמן האורגני שנמדדו בסדימנטים ממפרץ אילת בסקר זה קטנים. תפוצת ריכוזי המתכות מראה הבדלים טבעיים ברורים בין סדימנטים מהחוף הצפוני בעלי ריכוזים גדולים יחסית לבין סדימנטים מהחוף הדרומי.
- בסקר הנוכחי נמצאה העשרה של בריום ליד טאבה, בדיל בתחנה ליד קצא"א, של קדמיום בתחנה הרדודה בחוף הצפוני (BG2), והעשרה מסוימת של ארסן, ניקל, כרום ובדיל בתחנה בחוף הצפוני (NB). במסגרת ניטור עבור חיל הים נמצא זיהום של מספר מתכות כבדות בנמל האורחי והצבאי באילת. בסקר קודם משנת 2002 נמצאו העשרות גם במרינה אילת, מרינה טור-ים ובנמלים.
- פרופיל עומק של ריכוזי המתכות בגלעין סדימנט מצפון המפרץ מצביע ככל הנראה על שינויים במשטר הסדימנטולוגי כתוצאה מפעילות אנתרופוגנית תשתית שהשפיעה על תהליכי הסעת הסדימנטים לאזור.
- פרופיל עומק של ריכוזי פחמן אורגני בגלעין סדימנט מהחוף הצפוני מראה מגמת העשרה עם העומק (ריכוזים קטנים יותר בחלקו העליון של הגלעין) לעומת התנהגות הפוכה בגלעין מהחוף הדרומי. יש להמשיך ולחקור את הסיבות להתנהגות זו של הפחמן האורגני.
- נמצאו ריכוזים גדולים של תרכובות אורגניות של בדיל (TBT ותוצרי פירוקו) בנמלים באילת וסמוך להם במסגרת הניטור עבור חיל הים. בסקר הנוכחי נמצאו עקבות של TBT (2.6 ננוגרם לגרם, קרוב לגבול הקביעה) באחת הדגימות שנדגמו ב-5 מ' עומק באזור שמורת הטבע.



## ד. מים פתוחים

### מטרה

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

### שיטות

אחת לחודש מבוצעת הפלגה בספינה "מלכת שבא" לתחנה A, תחנת ים-פתוח (OS), 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 (ראה מפה 1 בנספח 1.1). תחנת ים-פתוח נמצאת על הקו החוצה כ-4 ק"מ דרומית לחוף הצפוני, בעומק קרקעית של כ-400 מטר. עומק הקרקעית בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר. בתחנות אלה נלקחו 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, ופלווארסנציה 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, ופלווארסנציה במכשיר CTD של Sea-Bird Electronics. דגימות המים מחולקות לבקבוקים שונים לצורך מדידת חמצן מומס (DO), pH, אלקליניות (AT), נוטריינטים ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Si(OH)}_4$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), 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 הנהוג 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

סקירת הפרופילים האנכיים הרציפים (המדדים על ידי מכשיר ה-CTD) של טמפרטורה ומליחות בהפלגות הניטור (אירוס 3 ו-4) מראה את השינוי העונתי במבנה עמודת המים – התפתחות הערבוב ככל שהחורף מתקדם, וחזרת המבנה המשוכב של עמודת המים עם ההתחממות באביב ובקיץ. בחודש אוגוסט נשלח מכשיר ה-CTD לכיול תקופתי ועל כן אין בידינו מדידות רציפות מחודש זה. מדידות המליחות בחודשים יוני ואוקטובר ומדידות הטמפרטורה בחודש יוני חסרות עקב תקלות במכשיר. כמו כן אין בידינו מדידות מתחנת כלובי הדגים (FF) מחודש דצמבר, בו נאלצנו לוותר על התחנה עקב מגבלות זמן ספינה.

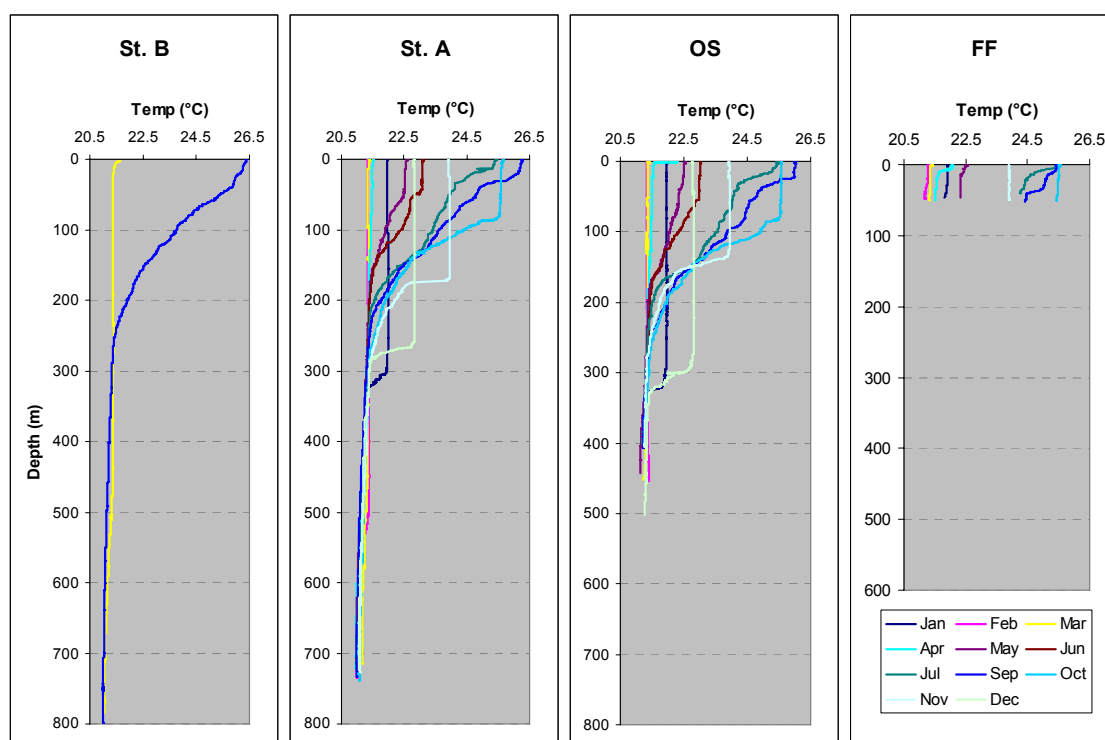
### טמפרטורה

עומק הערבוב המירבי שנמדד היה 504 מטרים (בפברואר) והטמפרטורה בשכבה המעורבת (בחודשים פברואר-מרץ) עמדה על  $21.34^\circ\text{C}$  לערך, ובשכבה העמוקה הגיעה טמפרטורת המים ל- $21.04^\circ\text{C}$ . עומק הערבוב שנמדד השנה היה קטן מאשר ב-2005 והחל להצטמצם כבר בחודש מרץ, בעוד שבשנה החולפת נמדד שיא הערבוב בחודש זה. התרמוקלינה החלה להיבנות בחודשים אפריל-מאי ובסיסה מגיע לעומק מירבי של 228 מטרים בחודש ספטמבר. בחודש אוקטובר מתחילה להיווצר השכבה המעורבת ומגיעה לעומק של 82 מטרים. טמפרטורת פני המים הגבוהה ביותר שנמדדה בהפלגות הניטור הייתה  $26.37^\circ\text{C}$ , בחודש ספטמבר בתחנה B, והנמוכה ביותר הייתה  $21.26^\circ\text{C}$ , בחודש פברואר.

בשלוש השנים האחרונות (2004-2006) לא ניכר שינוי משמעותי בהתנהגות התרמית של עמודת המים (אזור

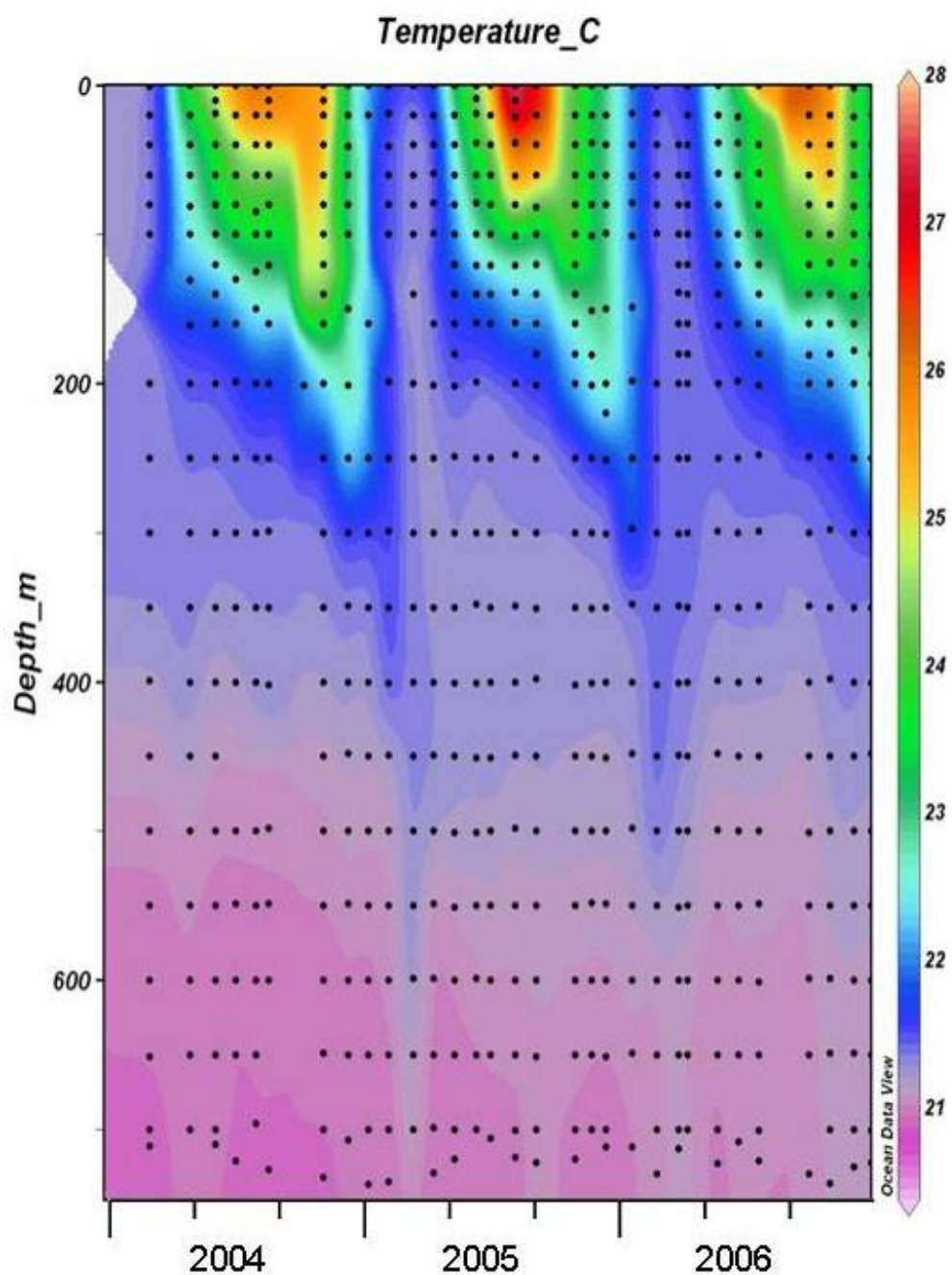
2), אולם קיימים מספר הבדלים בין השנים: בקיץ 2004 היו טמפרטורות פני הים גבוהות ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) למשך הזמן הארוך ביותר וחימום מי העומק היה העמוק ביותר. יחד עם זאת לאחר מכן, בחורף 2005, היה הערבוב עמוק ביותר ופני הים התקררו ביותר. לאחר הערבוב, שהיה קצר מועד, בקיץ 2005 נמדדו טמפרטורות פני הים הגבוהות ביותר. בשנת הניטור הנוכחית, 2006, היה הערבוב רדוד יחסית (~500 מטר לעומת כ-600 מטרים בשנת 2005), אך טמפרטורת פני הים בקיץ לא הגיעה לערכי 2005.

במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארוז וב. לזר) נראית התחממות הדרגתית של מי העומק. טמפרטורת המים בעומק 500 מטר עלתה בכרבע מעלה ( $0.25^{\circ}\text{C}$ ) מאז שנת 2000, ואילו בעומק 700 מטר עלתה הטמפרטורה בכ- $0.19^{\circ}\text{C}$  (איור ד3). דיוק המדידה של מכשיר ה-CTD הוא  $0.01^{\circ}\text{C}$  ועל כן נראה כי מגמות אלה אמיתיות. יחד עם זאת פרק הזמן הקצר שבו מדובר אינו מאפשר להסיק לגבי הגורמים למגמה זו, או לגבי משמעותה האקולוגית בטווח הארוך.

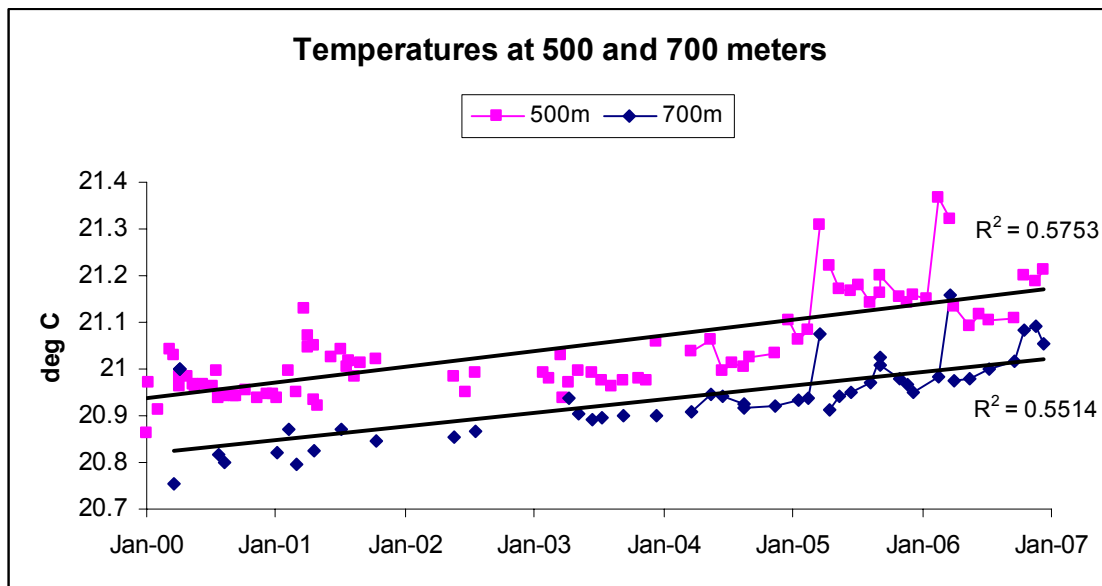


איור ד1: טמפרטורת עמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**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.**



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 500 ו-700 מטרים) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארז וב. לזר.

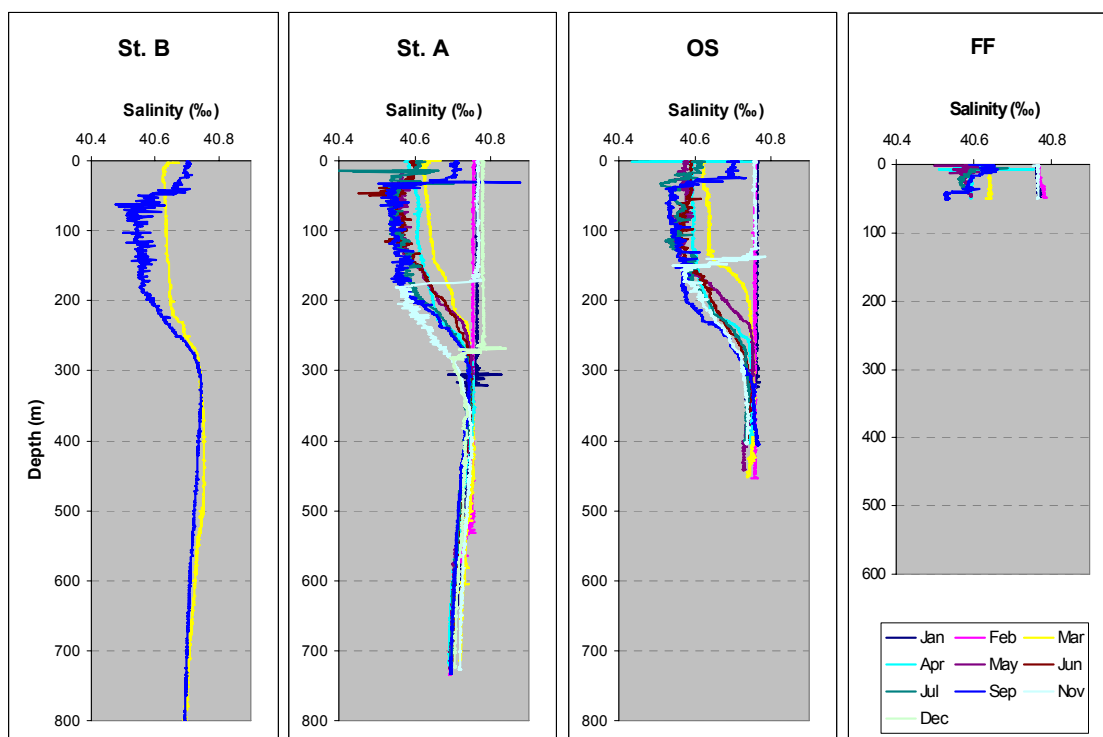
**Figure D3: Changes in water temperature at depth (500m and 700m) at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.**

#### מליחות

במדידות המליחות המחזור העונתי האופייני ניכר בהיווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים ~25-170 מטרים בתקופה המשוכבת. שכבת "המליחות המינימלית" בעמודת המים בתקופת השכוב, נוצרת עקב חדירת מים בעלי 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 שכבת המים הזו מתערבבת, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדל. השנה נראית ירידת המליחות במים העליונים בחודש מרץ, לאחר שבחודשים ינואר-פברואר המליחות אחידה לכל אורך העמודה המערבבת. בחודשים יוני-יולי מליחות פני הים עולה ונוצר "מינימום המליחות" בפרופיל. בספטמבר גג "מינימום המליחות" הולך ומעמיק ובנובמבר נותרת מליחות נמוכה רק בין העומקים 120-230 מטרים.

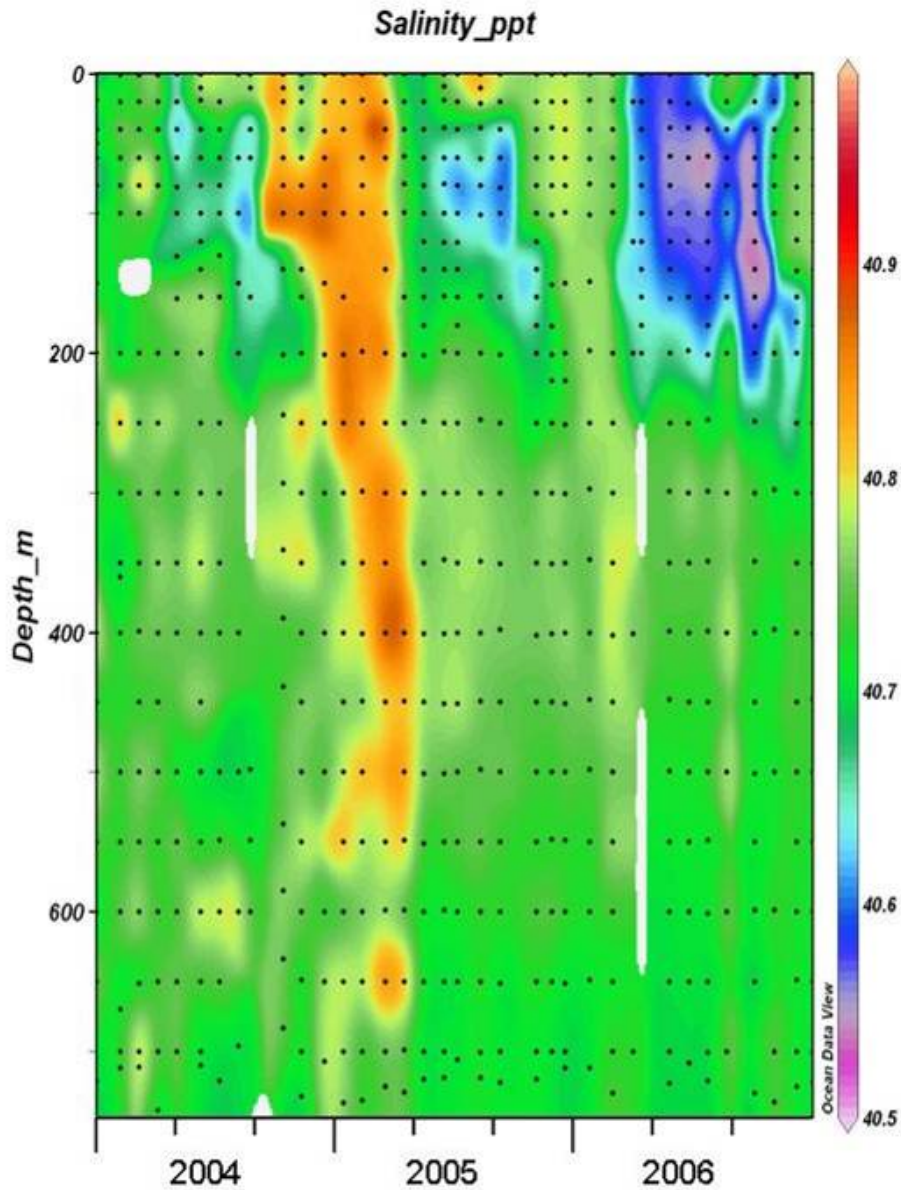
מדידות המליחות של מכשיר ה-CTD בחודש אוקטובר 2006 חריגות, ובבדיקה בזמן ההפלגה נמצא ליקוי באספקת המתח החשמלי לרגש. בהשוואה למדידות המליחות הנעשות במעבדה על דוגמאות המים שנאספו בהפלגה נמצאה סטייה גדולה הן בערכים והן בצורת הפרופיל. מכיוון שבחודשים האחרים נמצאה התאמה טובה בין מדידות המליחות *in-situ* במכשיר ה-CTD ומדידות המעבדה, נפסלו מדידות המליחות של ה-CTD בחודש אוקטובר ואינן מופיעות בפרופילים באיור 4. בעיה דומה נתגלתה במדידות המליחות והטמפרטורה של חודש יוני בתחנת FF, ואף הן נפסלו.

במבט לאחור על שינויי המליחות מאז 2004 (איור 5ד) נראה בבירור כי בחורף 2004-5, בזמן הערבוב, מליחות המים בשכבה המעורבבת גבוהה במיוחד, אולי כתוצאה מחדירת גוף מים בעל מליחות גבוהה מדרום. כמו כן נראות בבירור תקופות הקיץ בהן מליחות המים הנמוכה ביותר בעומקים סביב 100 מטרים כמוסבר למעלה. בקיץ האחרון הייתה המליחות בעומקים אלה נמוכה במיוחד, ועבר זמן רב עד שגוף המים הזה התערבב ואיבד את זהותו הפיסיקלית.



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.**

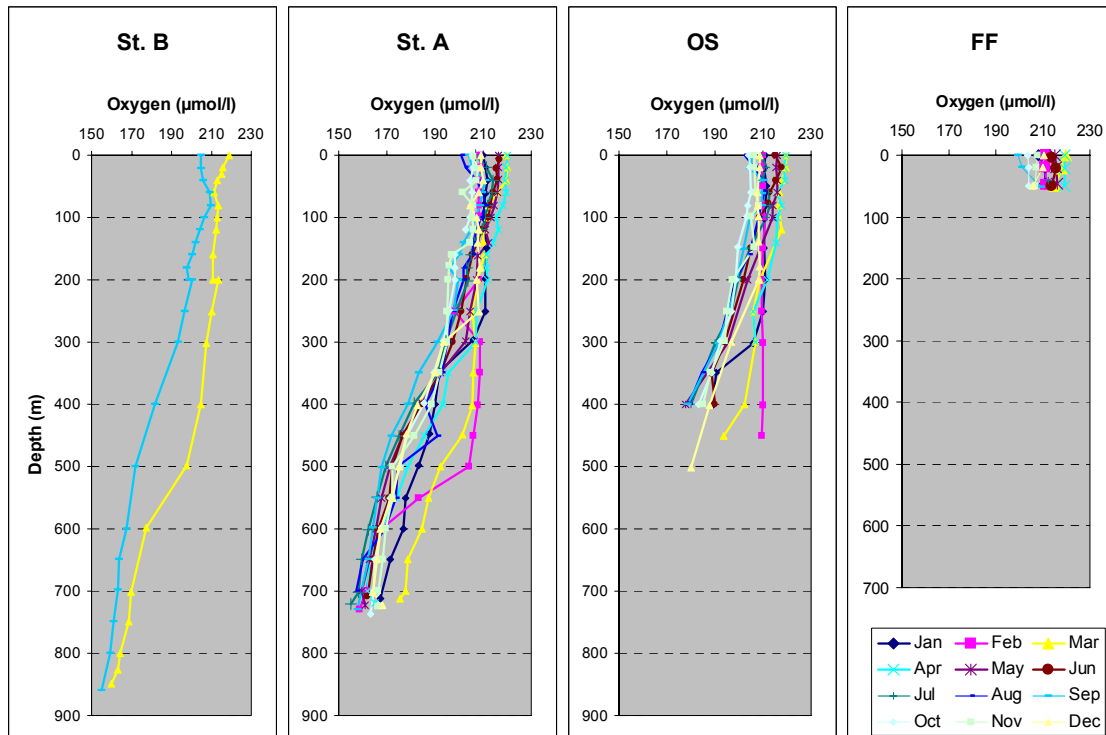
## ד.2. מדדים כימיים

### חמצן ( $O_2$ )

המחזור השנתי של שייכוב-ערבוב עמודת המים הוא השולט בריכוזי החמצן בעמודת המים. בתקופת הערבוב ישנה ירידה בטמפרטורת המים ועל כן עלייה בספיגת חמצן מהאטמוספירה למים 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. בסך הכל, נמדד בחודשים פברואר-מרץ ריכוז חמצן כמעט אחיד בעמודת המים העליונה המערבבת (סביב  $205 \mu\text{mol/l}$ ), ובחודשי הקיץ (אוגוסט-ספטמבר) עלייה בריכוז החמצן מפני הים ( $201 \mu\text{mol/l}$ ) לעומק ה-DCM ( $211 \mu\text{mol/l}$ ) ומשם

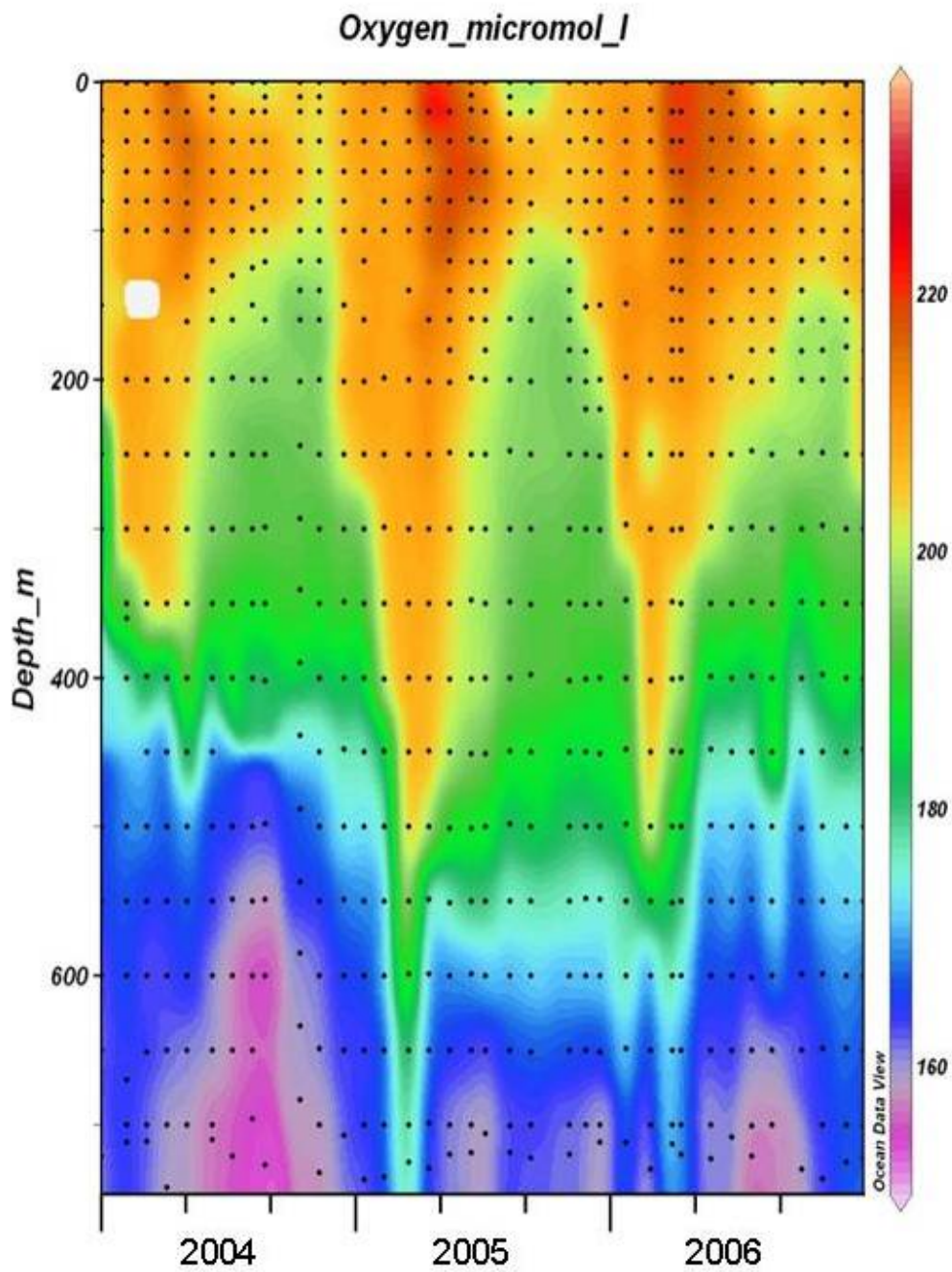
ירידה עם העומק לערכים של  $157\mu\text{mol/l}$  בעומק 700 מטר (איור 6ד).

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. הערבוב הרדוד של השנה לא הספיק "לאורר" את מי העומק וריכוז החמצן במים העמוקים נמוך השנה מאשר בשנת 2005, אך עדיין – בזכות הערבוב של 2004-2005 – גבוה מהערכים שנמדדו בקיץ 2004 (איור 7ד). השפעת עומק הערבוב ניכרת גם בשינויים במאגר החמצן המומס בעמדות המים מאז 2004, אז נמדדו ערכים נמוכים ביותר (איור 8ד). בעקבות הערבוב העמוק יחסית של 2004-5 גדל מאגר החמצן בעמדות המים והשנה, בעקבות הערבוב החלש של 2005-6 קטן שוב. למרות זאת, בשנת 2006 מאגר החמצן המומס גדול מאשר ב-2004. גם בהקשר לריכוזי החמצן ראוי להתבונן בטווח ארוך יותר, וכפי שצוין בדו"ח הניטור של השנה החולפת (דו"ח תכנית הניטור 2005) על אף העלייה הקטנה בעקבות הערבוב של חורף 2004-2005 ריכוזי החמצן המומס הן במי העומק והן במים הרדודים נמוכים במידה מדאיגה. ירידת ריכוזי החמצן המומס במים הרדודים למרות שיחלוף הגזים עם האטמוספירה נובעת, אולי, מהירידה המתמשכת בריכוזו במי העומק אשר בכל חורף נמהלים במים העליונים. הירידה הנמדדת בריכוז החמצן במים העמוקים עשויה לנבוע משילוב של מספר גורמים: (1) עלייה בשטף החומר האורגני המתחמצן במים העמוקים (אאוטרופיקציה), (2) ירידה במסיסות החמצן במים עקב עליית הטמפרטורה, (3) עלייה בפעילות חיידקים בעומק עקב עליית הטמפרטורה. הירידה הצפויה בריכוז החמצן עקב שינוי המסיסות עבור עלייה בטמפרטורה מ- $20.95\text{ }^{\circ}\text{C}$  ל- $21.10\text{ }^{\circ}\text{C}$  בדומה לשינוי שנמדד מאז שנת 2000 בעומק 500 מ' הינו  $0.6\text{ }\mu\text{mol/l}$  קרי, קטנה בסדרי גודל מזו שנצפתה (כ- $20\text{ }\mu\text{mol/l}$ , איור 9ד). השפעתה של עלייה כה קטנה בטמפרטורה לא צפויה להביא לשינוי משמעותי בפעילות החיידקים. על כן נראה שהירידה המתמשכת בחמצן נובעת בעיקר מאאוטרופיקציה.



איור 6ד: ריכוזי חמצן מומס בעמדות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

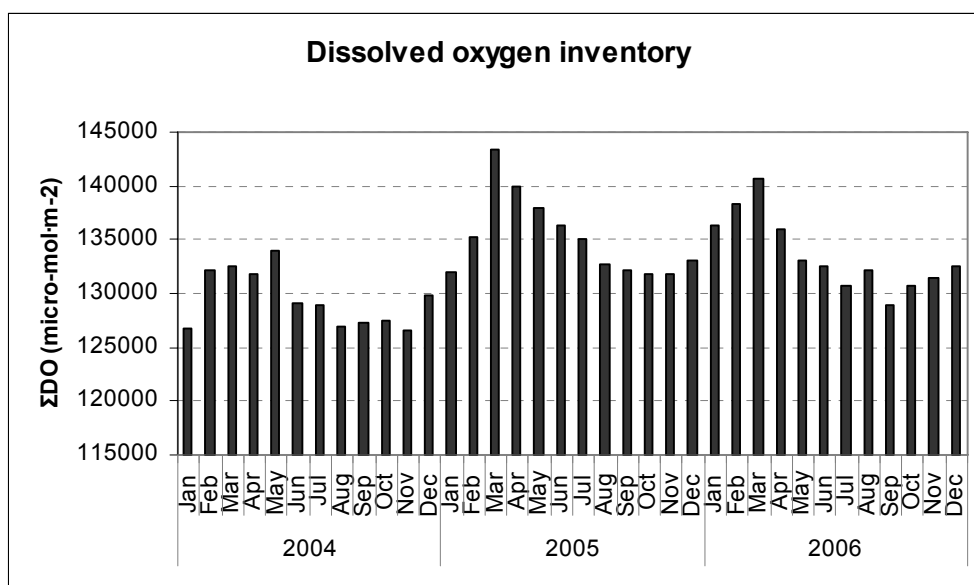
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



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

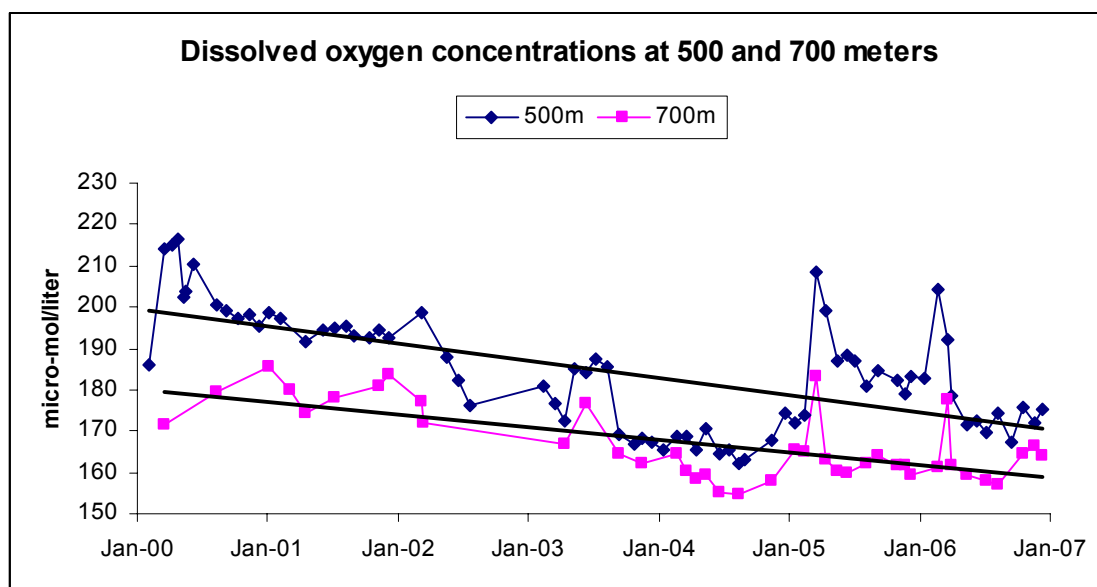
Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





איור ד8: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

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



איור ד9: שינויים בריכוזי החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז שנת 2000.

Figure D9: Changes in dissolved oxygen concentrations in the water column at Station A since 2000.

#### רמת חומציות המים (pH)

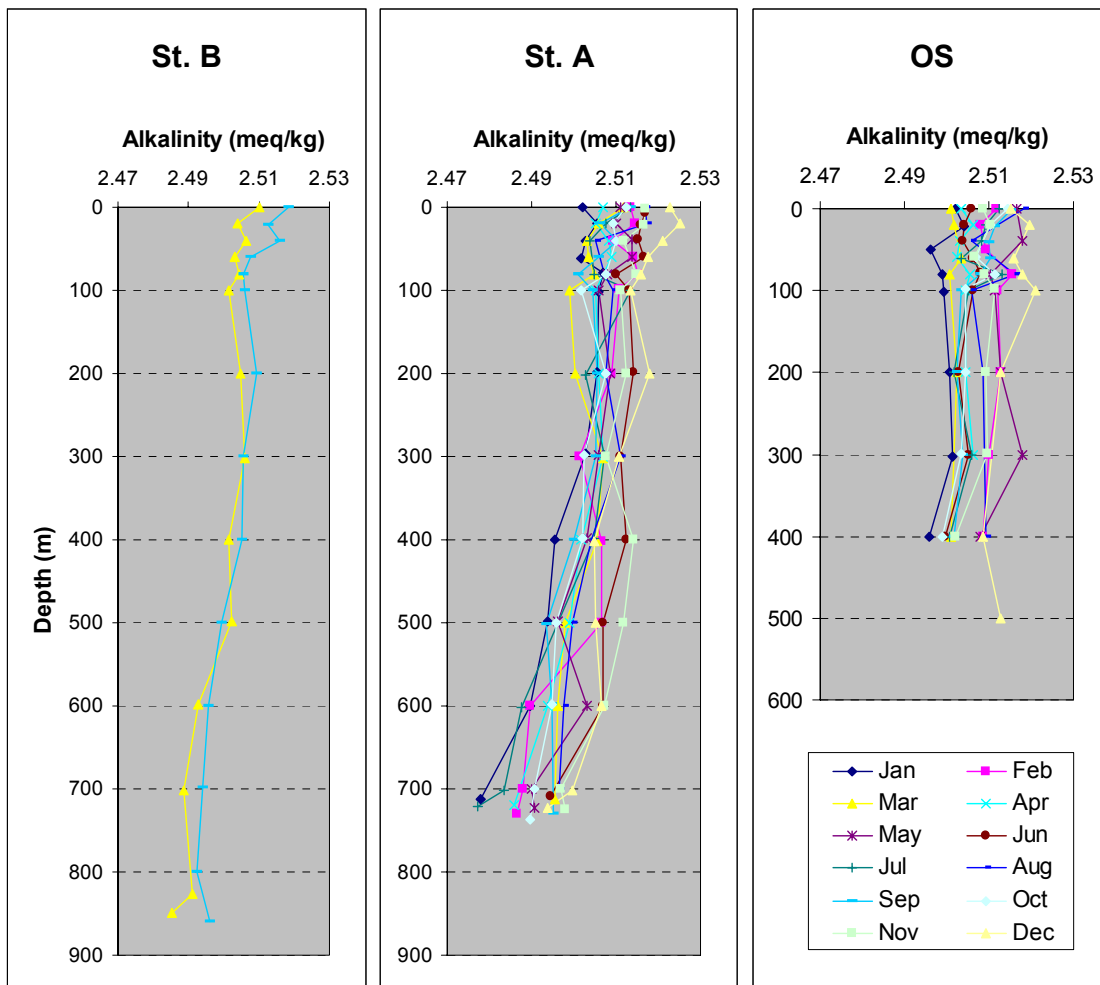
במהלך שנת הניטור הנוכחית התברר כי החומרים המשמשים להכנת התמיסות המשמשות לצורך המדידה התיישנו על המדף וכתוצאה מכך נוצרה הטייה של הערכים הנמדדים לעבר ערכי pH גבוהים יותר. משהחלו הערכים הנמדדים להיות גבוהים באופן חריג התעורר החשד שקיימת בעיה במדידה עצמה ומקור הבעיה אובחן. נערכה בדיקה של התמיסות, ובמקביל להחלפת כל החומרים ננקטו שתי פעולות: 1. נמשכת מדידת pH עם החומרים הישנים במקביל למדידות המשתמשות 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 לזיהוי מועד תחילת הבעיה וכל המדידות אשר נערכו מאז מוכרזות כחשודות ומומלץ לא להשתמש בהן עד שיהיה בידינו לבצע

תיקון לערכים, אם בכלל.  
לפיכך אנו נאלצים להכריז על כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים.

ערכי ה-pH בעמודת המים משתנים במחזוריות הערבוב-שיכוב השנתית, בעקבות ערבוב מי העומק בעלי ה-pH הנמוך עם המים הרדודים בהם ה-pH גבוה יותר. בדרך כלל דומים הפרופילים של pH בעמודת המים לאלו של החמצן המומס מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה אך מכיוון שהערכים שנמדדו במשך רוב השנה החולפת אינם מדויקים, בחרנו לא להציגם כאן.  
בדו"ח תכנית הניטור 2005 הצבענו על עליה מתמשכת של ערכי pH הן במים הרדודים והן במי העומק. והצבענו על הקושי בהסברת מגמה זו בהתחשב במגמה הנצפית של ירידה בריכוזי החמצן המומס. כעת, משהתבררה טעות המדידה של ערכי ה-pH אין אנו נדרשים להסברים סבוכים להסביר את "הסתירה", אולם מאידך אין בידינו מדידות אמינות לגבי השינויים ארוכי הטווח של משתנה זה בעמודת המים.

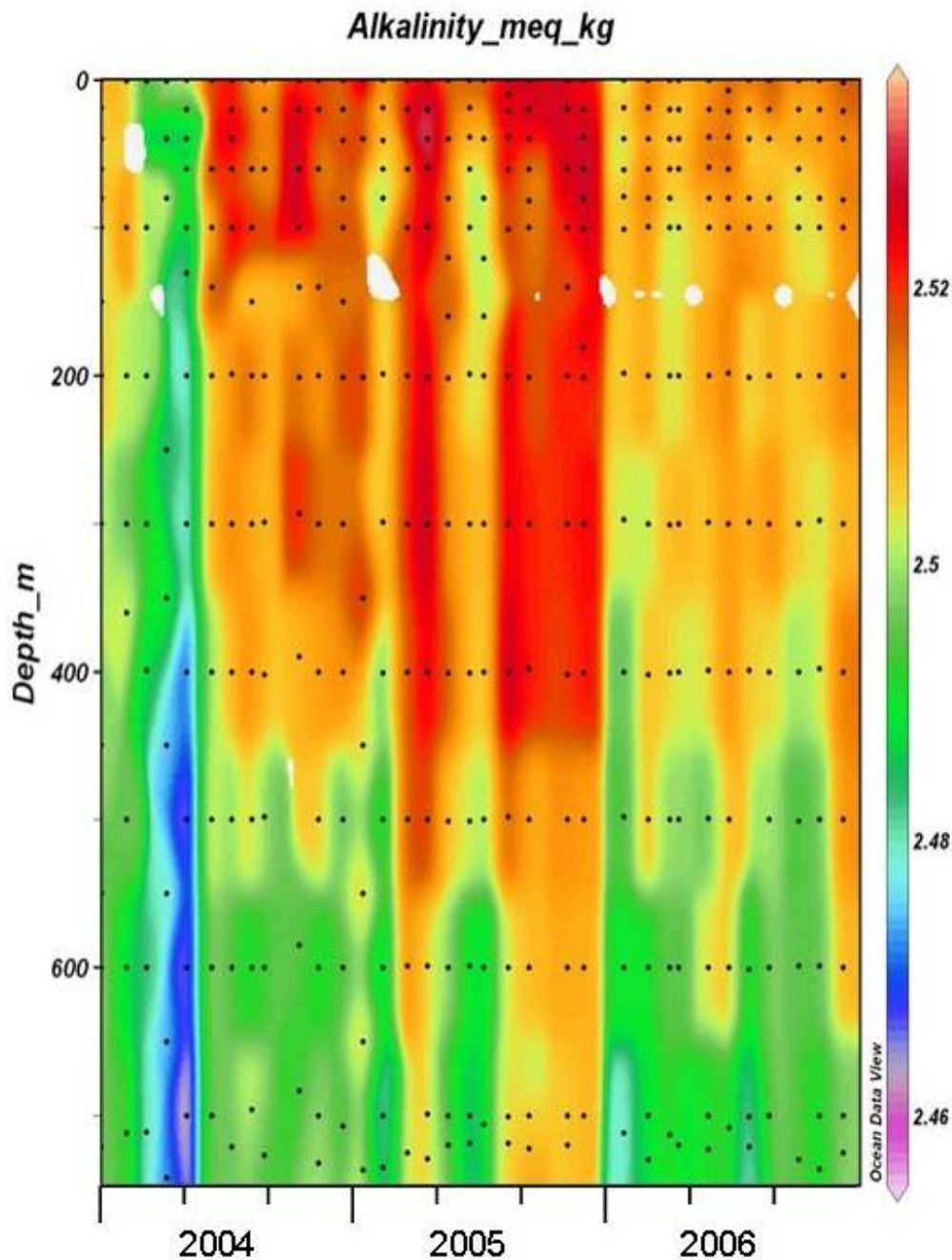
#### אלקליניות

האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט ( $\text{CO}_3^{2-}$  ו- $\text{HCO}_3^-$  בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד (איור 10), הן בשינויים העונתיים, כ- $0.0209\text{meq/kg}$  בין החודשים ינואר ודצמבר בפני הים בתחנה A, והן בין העומקים, כ- $0.0249\text{meq/kg}$  בין פני הים לעומק 720 מטרים בחודש ינואר בתחנה A. מדידה אחת, של חודש מרץ בתחנת הים הפתוח בעומק 300 מטרים הייתה נמוכה באופן חריג ( $2.4563\text{meq/kg}$ ) ואינה מופיעה באיור.  
בשנת 2005 הייתה האלקליניות הנמדדת גבוהה במיוחד והתעורר חשש שישנה מגמה ארוכת טווח של עלייה באלקליניות, אשר משמעותה עשויה להיות שלילית ביותר לגבי השוני. בשנה החולפת, 2006, נמדדו ערכים נמוכים יותר של אלקליניות ונראה כי מגמת העלייה ממנה חששנו אינה ברורה (איור 11).  
מדידת האלקליניות בטיטרציה נעשית באמצעות הוספת חומצה בכמות ידועה לדוגמת המים ומעקב אחר שינויי ה-pH. למרות שמדידה זו יחסית ואינה תלויה בערך האמיתי של ה-pH (עבור רוב טווחי ה-pH הסבירים), ישנו חשש שעקב השגיאה שנפלה במדידות ה-pH (ראה למעלה) נפגעה גם מדידה זו. הערכים הנמוכים יחסית של אלקליניות אשר נמדדו בשנת 2006, והעובדה שערכי האלקליניות בחודשים נובמבר-דצמבר אינם חורגים מהטווח הנמדד בחודשים הקודמים מחזקים את הביטחון באמינות המדידה.



איור 10: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

Figure D10: 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.



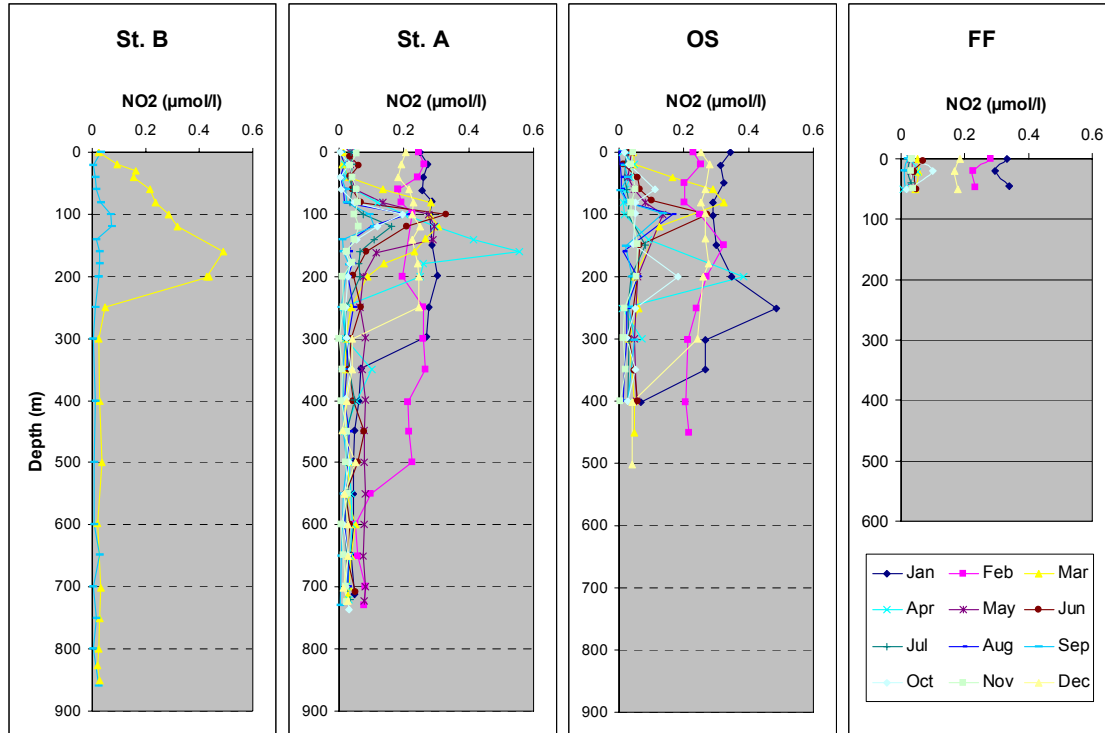
איור D11: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.  
**Figure D11: Changes in alkalinity in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.**

ניטרט ( $\text{NO}_2^-$ ) וניטרט ( $\text{NO}_3^-$ )

ריכוזי הניטרט במים נמוכים מאד, וזאת כיוון שהניטרט במפרץ אילת הוא תוצר ביניים של תהליך הניטריפיקציה, חימצון בקטריאלי של אמוניה. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנארוביים, אולם תהליך זה אינו סביר במי המפרץ המחומצנים. יחד עם זאת יתכן שדניטריפיקציה מתרחשת בסדימנט.

ריכוזי הניטרט עולים בתקופת החורף המעורבת (ינואר-מרץ), ועם תחילת השיכוב נוצר בין העומקים 100 ו-200 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטרט גבוה יחסית. באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגני

והמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך, עדות לכך ששטף החומר האורגני הצונח משכבת המים העליונים הולך וקטן ככל שחולף הזמן מאז ערבוב העמודה בחורף. בשנת 2006 נמדדו ריכוזי ניטריט מירביים בעומקים 80-200 מטרים בין החודשים מרץ לאוקטובר. הריכוז המירבי נמדד בחודש אפריל בתחנה A, בעומק 160 מטר (איור ד12).



איור ד12: ריכוזי ניטריט ( $\text{NO}_2$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

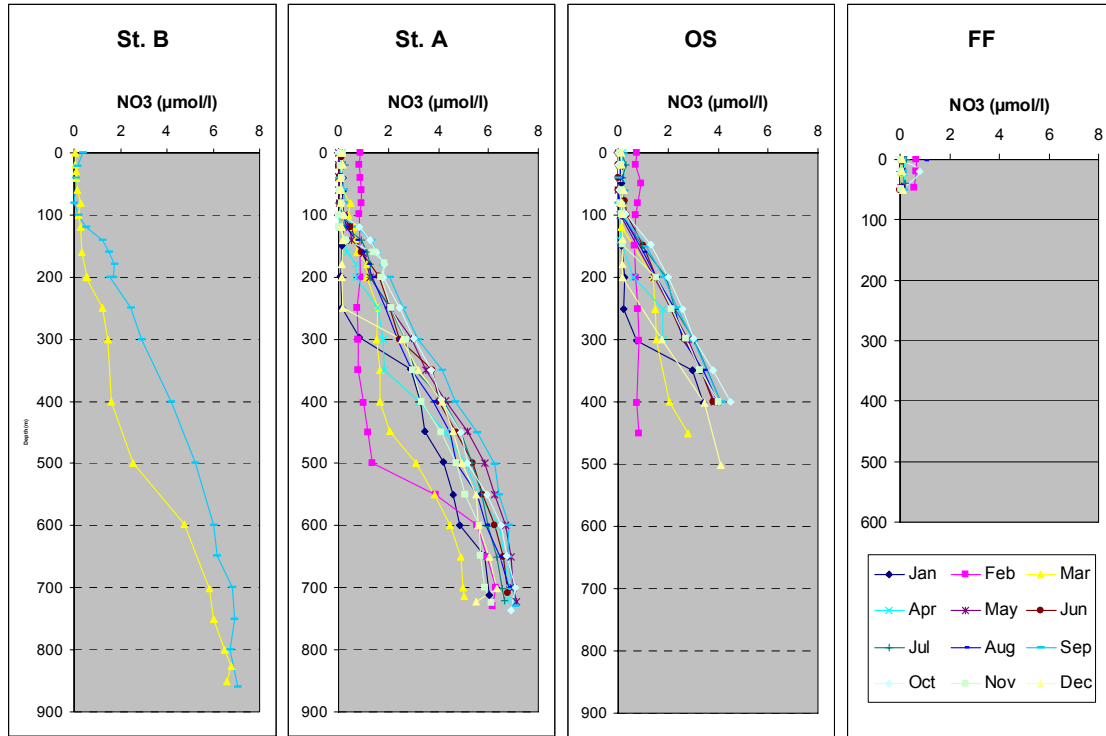
**Figure D12: Nitrite ( $\text{NO}_2$ ) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

### ניטראט

ניטראט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. הניטראט נוצר ע"י 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 (איור ד13). במהלך תקופת השיכוב ריכוז הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב נמדד ריכוז מים עליונים מירבי של  $0.895 \mu\text{mol/l}$  (בפברואר). ריכוז הניטראט המירבי במי העומק הגיע השנה (2006) ל- $7.106 \mu\text{mol/l}$  בחנה A, מעט נמוך מהערך המירבי של שנה הקודמת. לאחר הערבוב העמוק יחסית של חורף 2004-5 ירדו ריכוזי הניטראט במי העומק אולם השנה נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 2004. עובדה זו מדגימה שוב את חשיבותו של תהליך הערבוב במי המפרץ המיוצג בטווח הזמן הבינוני. מאז שנת 2000 ניכרת מגמת עלייה בריכוז הניטראט במי העומק (איור ד14), עדות לכך שהערבוב של חורף 2004-5 לא הספיק בכדי לשנות את המגמה ארוכת הטווח. במי השטח לעומת זאת, היצרנות צורכת את החנקן העולה ממי העומק והריכוז נותר אפסי, למעט בחודשי הערבוב. גם התבוננות על מאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה (איור ד15). בעקבות הערבוב העמוק יחסית של 2004-5 נמדדה בשנת 2005 כמויות ניטראט נמוכות מהערכים הגבוהים של 2004, אולם בתקופה המשוכבת של סוף שנת 2006 מאגר הניטראט חוזר לערכים הגבוהים של 2004.

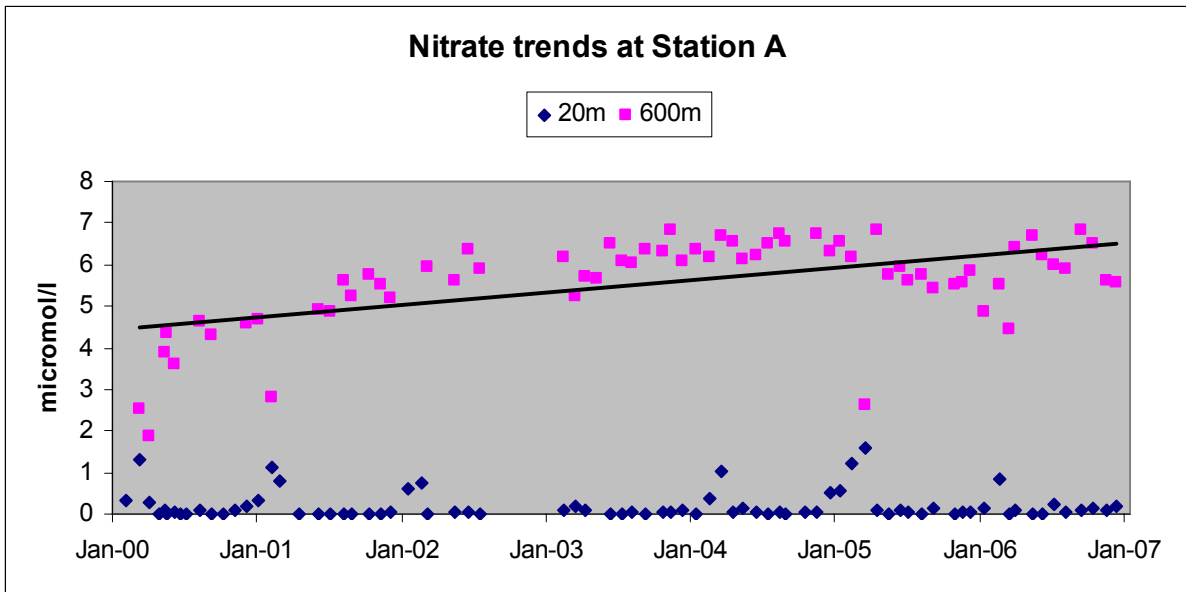
ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי,

הניטראט. הערבוב בחורף 2003-4 הוריד אך במעט את ריכוז החנקן המחומצן במי העומק, ובשנת 2004 נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד (איור ד16). בעקבות הערבוב העמוק יותר בחורף 2004-5 נמדדו בשנת 2005 ריכוזים נמוכים יותר, ובשנת 2006 ריכוז החנקן המומס במים העמוקים עולה שוב לערכים דומים לאלו של 2004. בעומקי הביניים (120-300 מטר), לעומת זאת, נמדדו בתקופה המשוכבת בשנת 2005 ריכוזים גבוהים יחסית לתקופות המקבילות בשנים 2004 ו-2006.



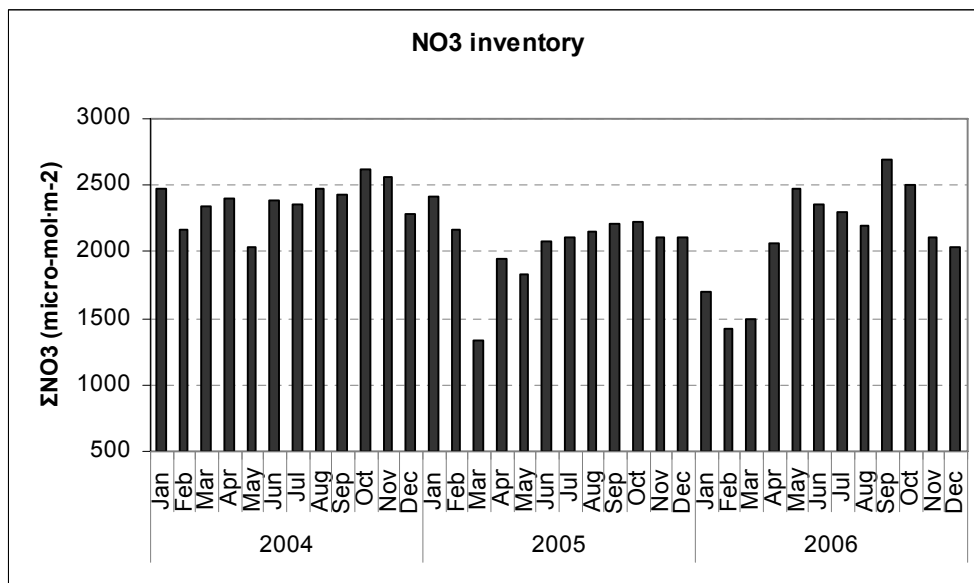
איור ד13: ריכוזי ניטראט ( $\text{NO}_3^-$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D13: Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) 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.**



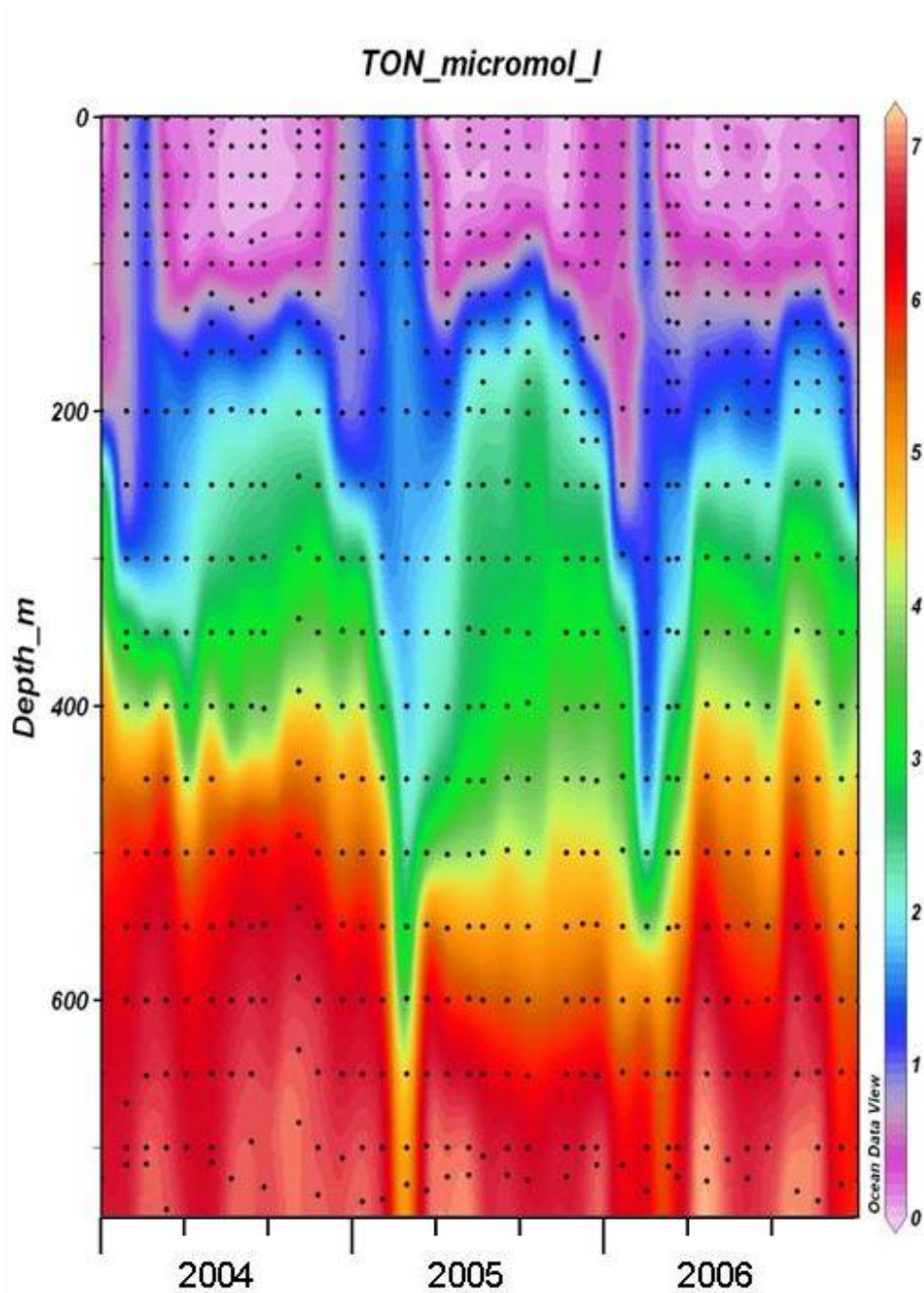
איור 14: שינויים בריכוז הניטראט במים הרדודים (20 מטר) ובמים העמוקים (600 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר. הקו מציינ את המגמה בעומק 600 מטרים.

Figure D14: Changes in nitrate concentration in the surface waters (20 meters depth) and deep waters (600m) 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. The line is the trend line for 600 meters depth.



איור 15: שינויים במאגר הניטראט ( $\text{NO}_3$ ) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D15: Changes in the nitrate ( $\text{NO}_3$ ) inventory in the water column at Station A since 2004.



איור 16: שינויים בריכוז החנקן המחומצן ( $\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

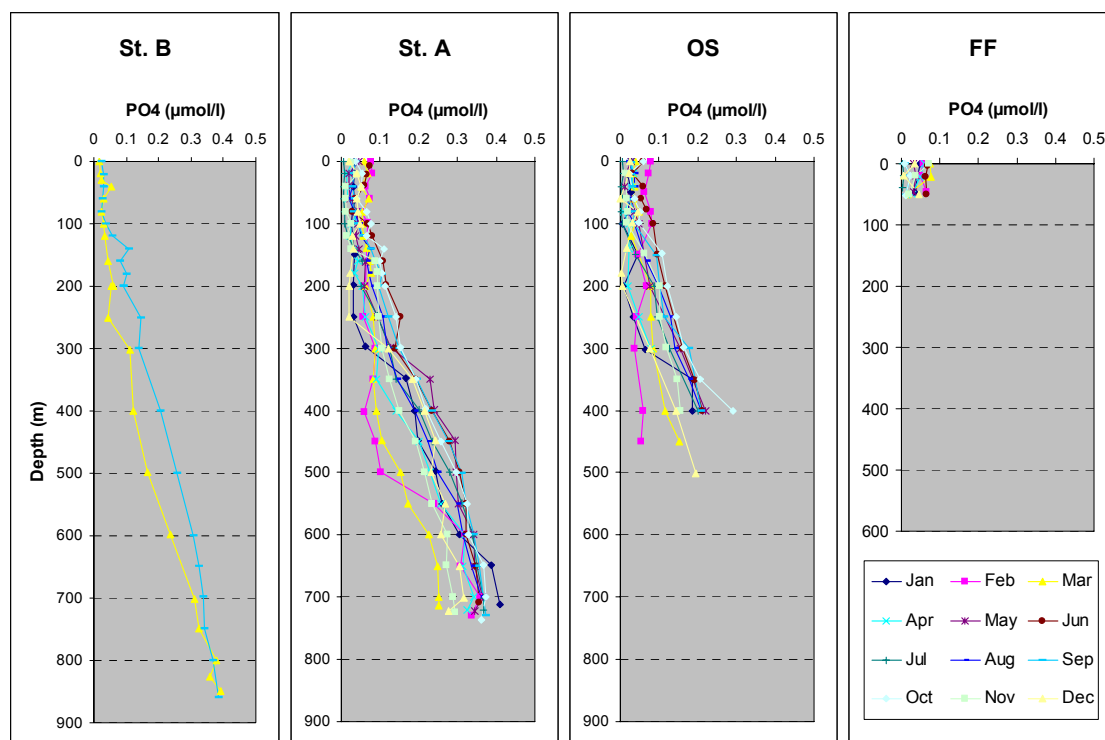
**Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen ( $\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.**

#### פוספט

בדומה לנוטריינטים אחרים, ריכוזי הפוספט בעמודת המים נמוכים בקרבת פני הים ועולים עם העומק. 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 (איור 17). הערבוב הרדוד והקצר של שנת 2006 לא גרם לשינוי משמעותי בריכוז או במאגר הפוספט בעמודת המים (איורים 18, ו-19). תבנית זו משותפת

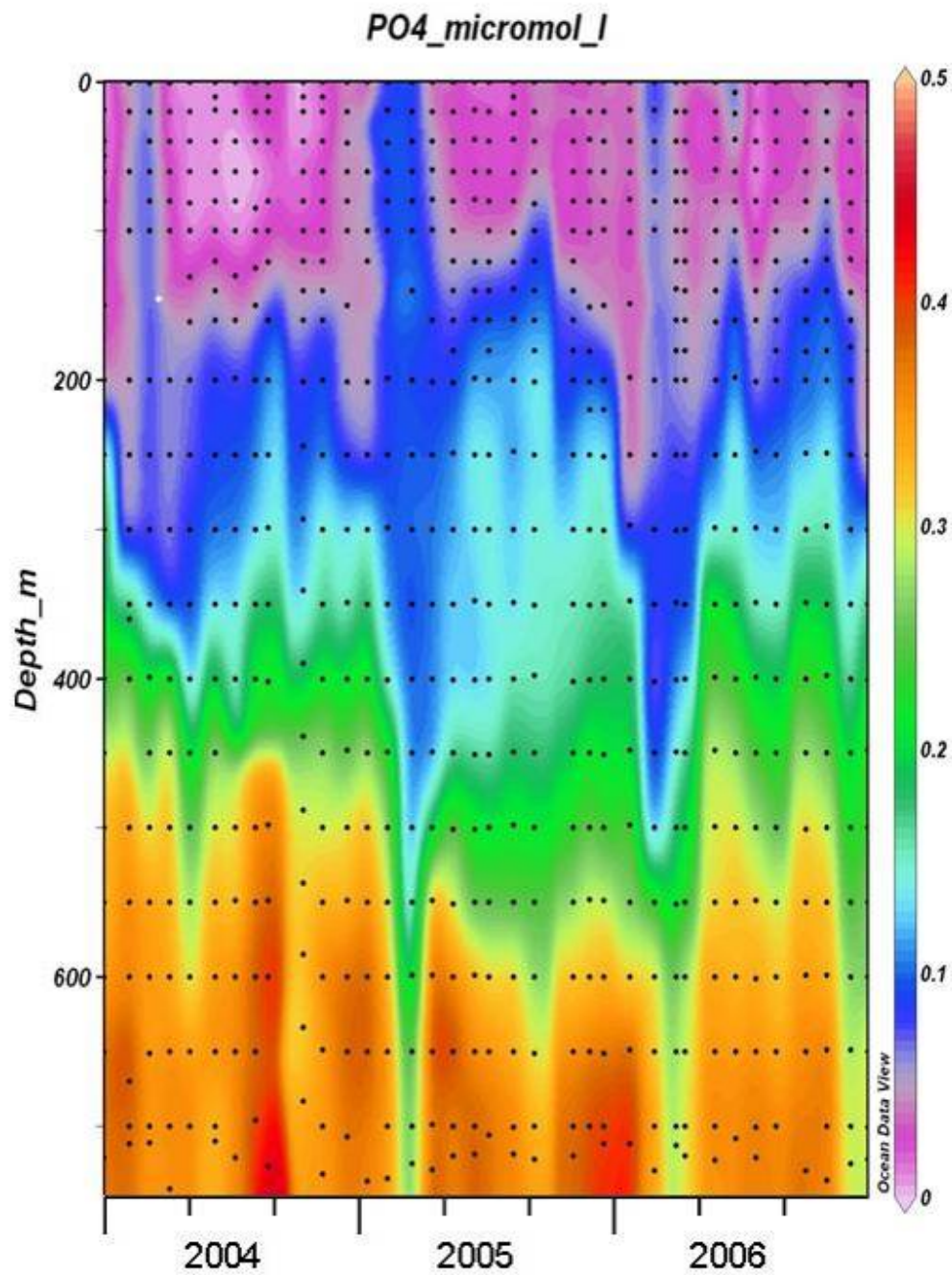


לפוספט ולחנקן, אך ריכוזי הנוטריינטים אינם זהים. ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט), ונע בין  $0.005-0.075\mu\text{mol/l}$  בפני הים (ביוני ובפברואר בהתאמה) ל-  $0.251-0.410\mu\text{mol/l}$  במים העמוקים (בחודשים מרץ וינואר). ההבדלים נובעים מההרכב האופייני של חומר אורגני המיוצג על ידי יחס של  $16:1=N:P$ , "יחס רדפילד". בצפון מפרץ אילת יחס N:P בדרך כלל גבוה מעט מ-16, וניכרת עלייה קלה ביחס זה מאז שנת 2000 (איור ד20). יחס N:P גבוה עשוי להצביע על תנאים אוטרופים (ספיחת פוספט לחלקיקים אורגנים הצונחים בעמודת המים עשויה להביא לעליית יחס זה, וקצב צניחת חלקיקים גובר בתנאים אוטרופים) וכך, על אף שהסטייה מיחס רדפילד קטנה והשינוי הממוצע בשנים האחרונות קטן ואינו מובהק, יש להמשיך ולעקוב אחר הדינמיקה של הנוטריינטים בעמודת המים.



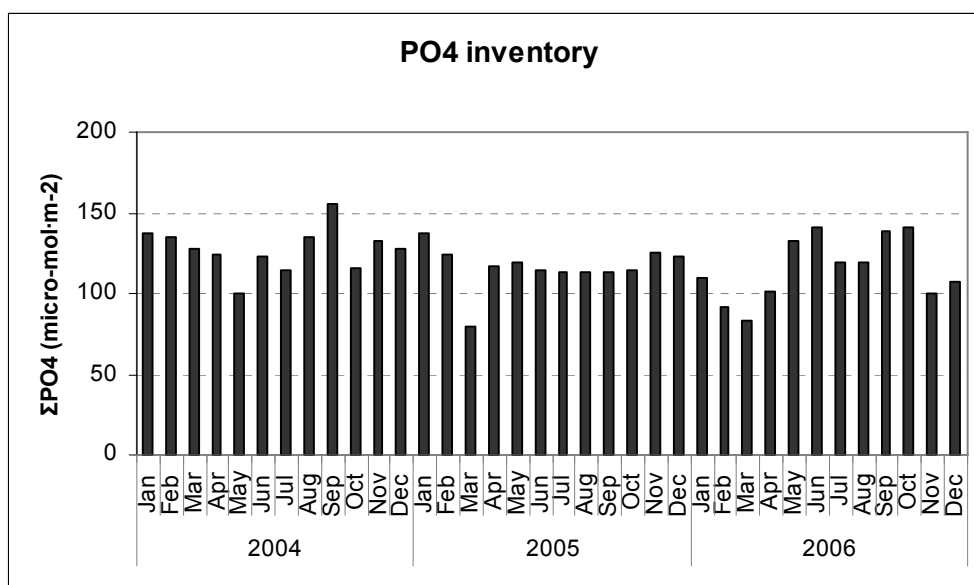
איור ד17: ריכוזי פוספט ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D17: Phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) 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.**

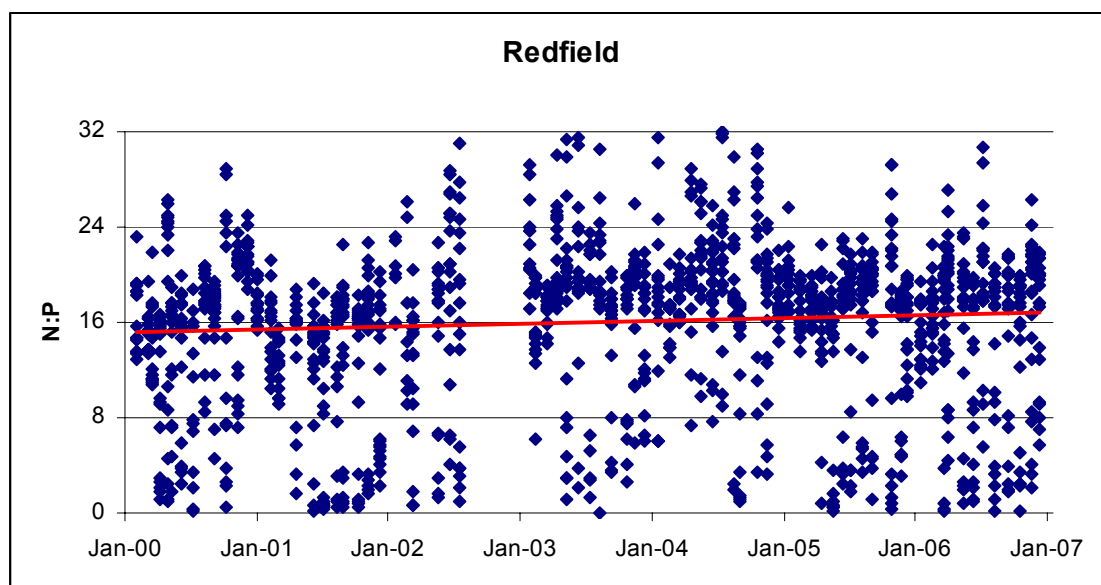


איור D18: שינויים בריכוז הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D18: Changes in the concentration of phosphate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור ד19: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.  
**Figure D19: Changes in the phosphate inventory in the water column at Station A since 2004.**

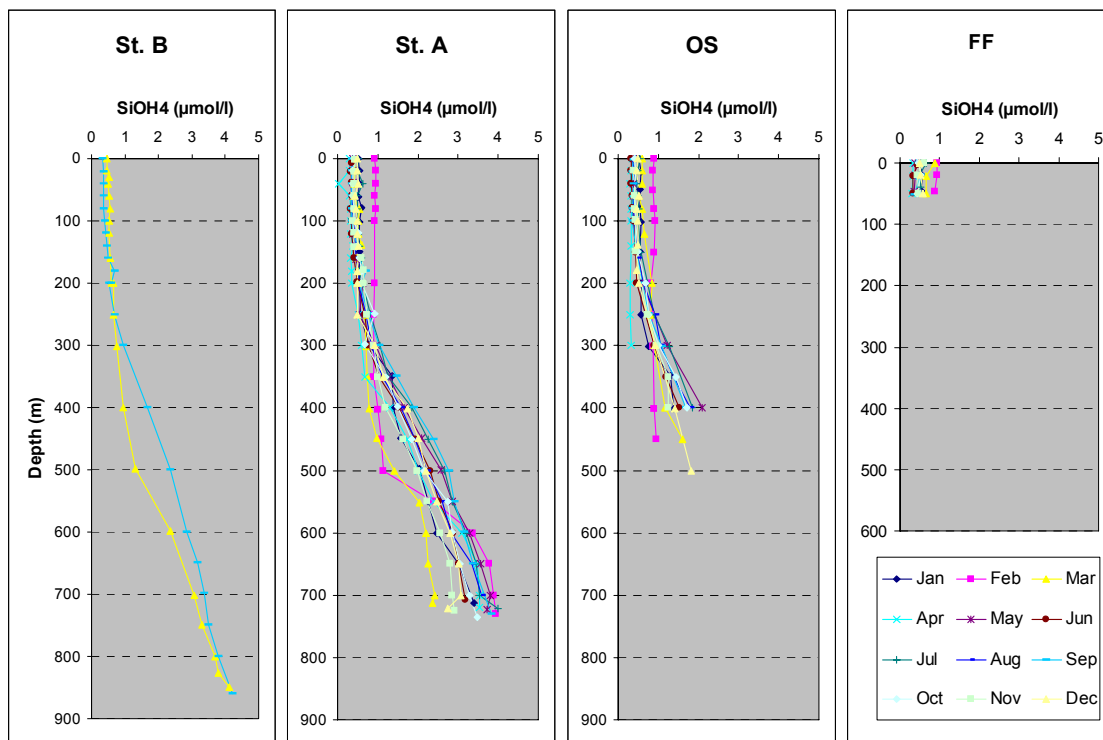


איור ד20: יחס הנקן לזרחן בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר. הקו האדום הוא קו המגמה של כל נקודות המדידה.  
**Figure D20: The N:P ratio at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar. Red line is the regression line for all data points.**

#### סיליקה

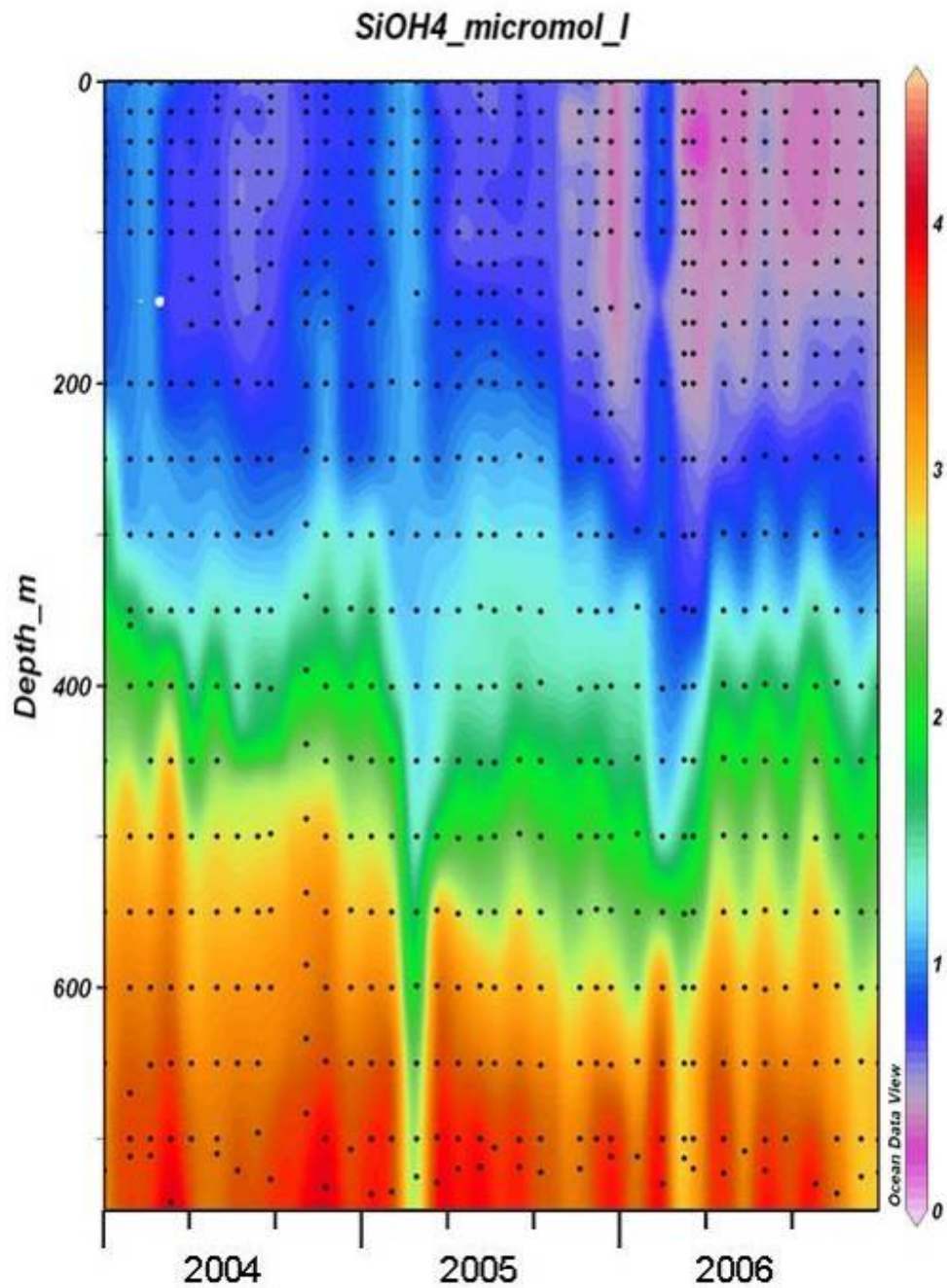
המחזור העונתי אינו בולט בריכוזי הסיליקה, ולאורך כל השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים (<300 מטר) נמוכים וכמעט קבועים, ובמים העמוקים ריכוזי הסיליקה גדל עם העומק. יחד עם זאת, בשיא הערבוב (חודש פברואר) עולה מעט ריכוזי הסיליקה במים העליונים (איור ד21). לשינוי האקספוננציאלי בריכוזי הסיליקה במים העמוקים חשיבות רבה מכיוון שהוא מצביע על מקור סיליקה בסדימנט, המסת סיליקה ממוצא יבשתי או שלדים סיליקטים של פלנקטון, בעיקר אצות צורניות [diatoms]. האצות הצורניות זקוקות לנוטריינטים רבים לכן נוכחותן מצביעה על ריבוי נוטריינטים. השנה נמדדה ירידה בריכוזי הסיליקה במים העליונים אך במים העמוקים ריכוזי הסיליקה עלה

בהשוואה לשנת 2005 ומתקרב לערכים של 2004, לפני הערבוב העמוק יחסית של חורף 2004-5 (איור ד22). בסך הכל מאז 2004 נמדדת ירידה במאגר הסיליקה בעמודת המים (איור ד23). מאז שנת 2000 נמדדה עלייה קלה, לא מובהקת, ביחס חנקן לסיליקה (N:Si) במים העמוקים (איור ד24).



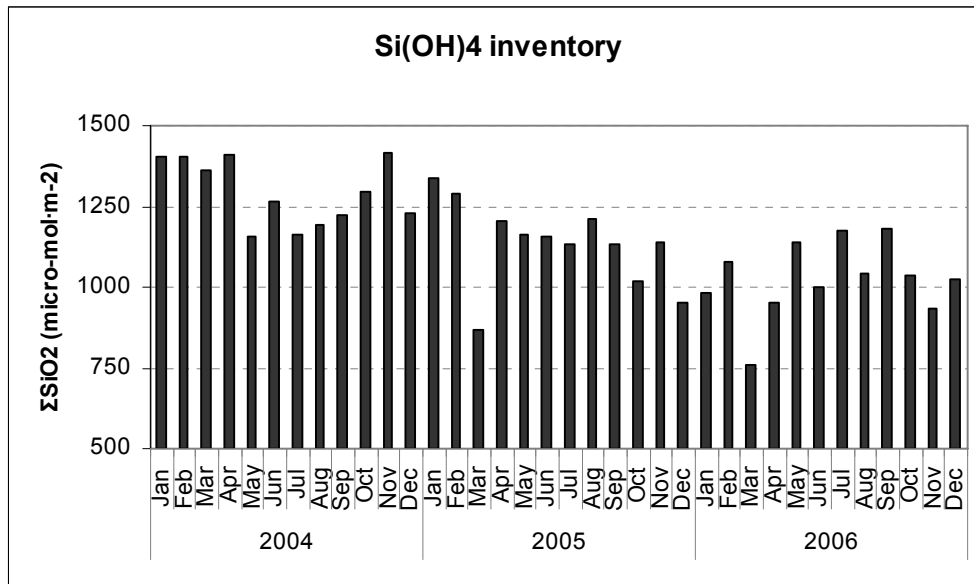
איור ד21: ריכוזי סיליקה ( $\text{Si(OH)}_4$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D21: Silicate ( $\text{Si(OH)}_4$ ) 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.**



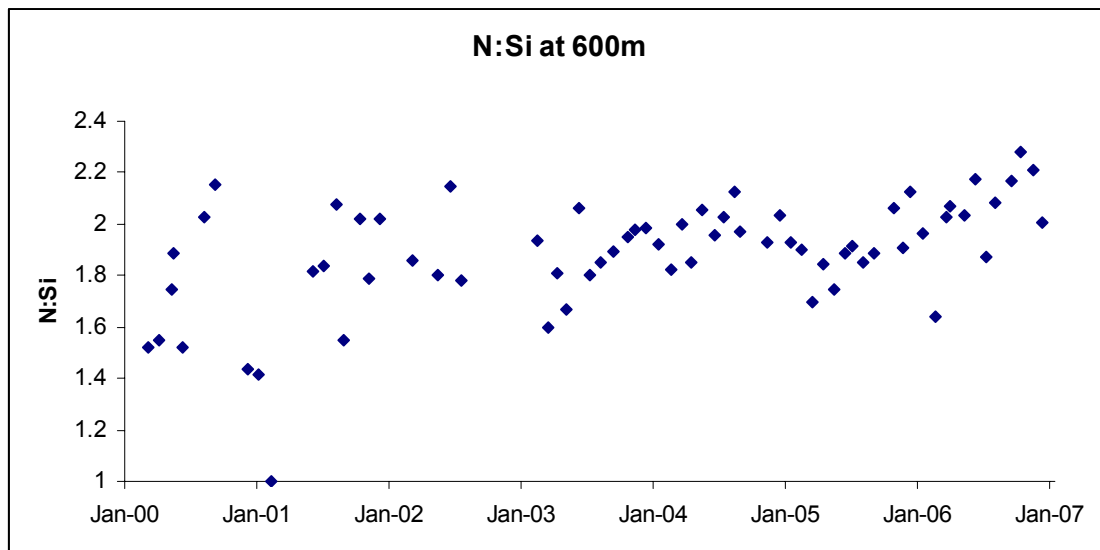
איור ד22: שינויים בריכוז הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D22: Changes in the concentration of silicate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור ד23: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D23: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.



איור ד24: יחס חנקן לסיליקה בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הנישור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר.

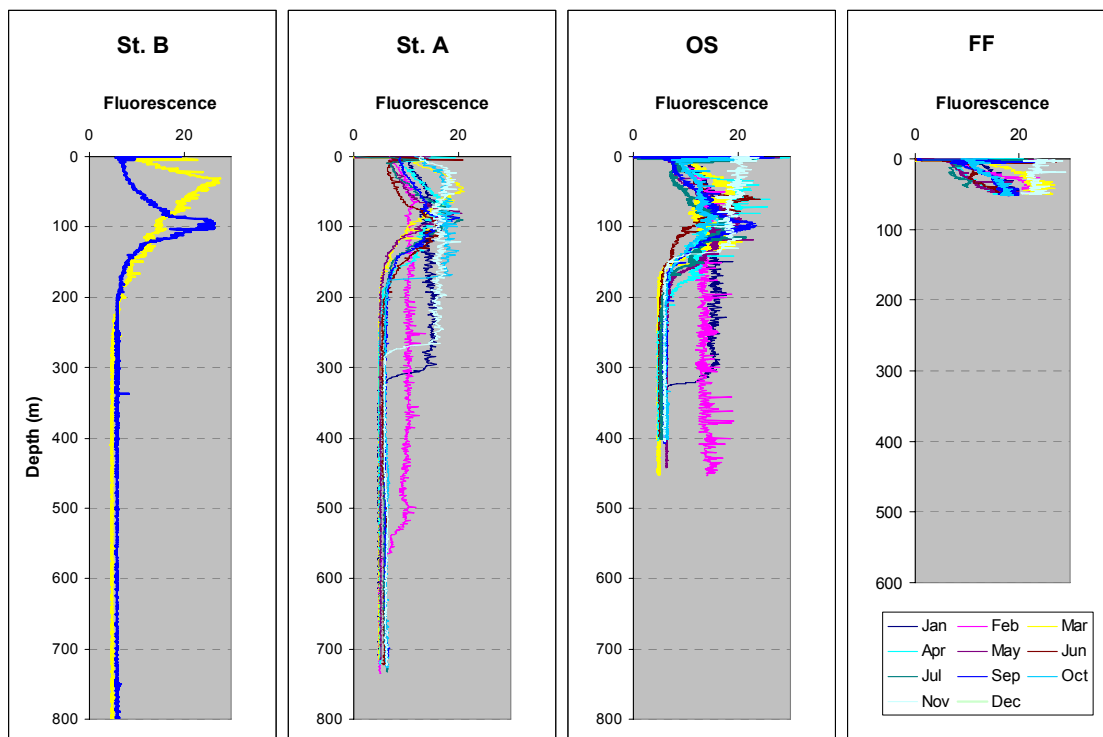
Figure D24: The N:Si ratio at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.

### ד.3. מדדים ביולוגיים

#### פלואורסנציה

הפלואורסנציה היא מדד (המספק הערכה *in-situ*) לריכוזי הכלורופיל בעמודת המים. בתקופה המשוכבת נמדדת נקודת מקסימום של פלואורסנציה בבסיס השכבה הפוטית, בעומק של כ-100 מטרים (איור ד25). בתקופת הערבוב נמדד ערך אחיד של פלואורסנציה בשכבה המערובבת, עדות לערבוב ולכך שפיטופלנקטון מובל עם המים לעומקים

גדולים מהעומק הפוטי, שם יעילות הפוטוסינתזה יורדת. יחד עם זאת, נראה כי בסך הכל בתקופת החורף אינטגרל הפלואורסנציה בעמודת המים גדול מאשר בתקופת הקיץ המשוכבת. לצורך הבנה טובה יותר של השינויים בכמות הפיטופלנקטון יש להיעזר במדידות ריכוז הכלורופיל וספירת תאי הפיטופלנקטון (ראה למטה). בשנת הניטור הבאה תחל מדידה של היעילות הפוטוסינתטית במכשיר FRRF שתהווה אינדיקציה טובה יותר ליצרנות ראשונית במפרץ.



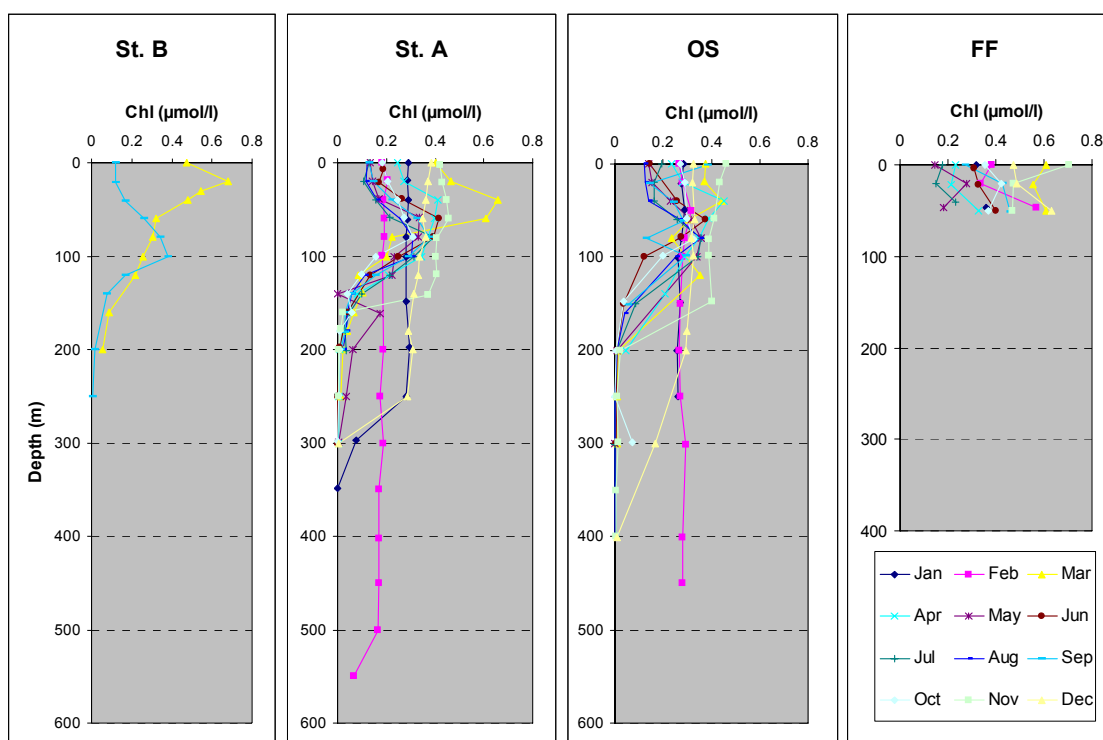
איור ד25: פלואורסנציה בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D25: Fluorescence 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.**

### כלורופיל $a$

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 המעורבת ועלייה בריכוז באביב, בסוף תקופת הערבוב (איור ד26). התקופה המשוכבת מתאפיינת בריכוז מירבי של כלורופיל  $a$  בעומקים 80-100 מטרים (deep chlorophyll maximum). עמוק יותר עוצמת האור קטנה וריכוז הכלורופיל יורד לאפס, ורדוד יותר נוצרת מגבלת נוטריינטים וריכוזי הכלורופיל בפני הים נמוכים.

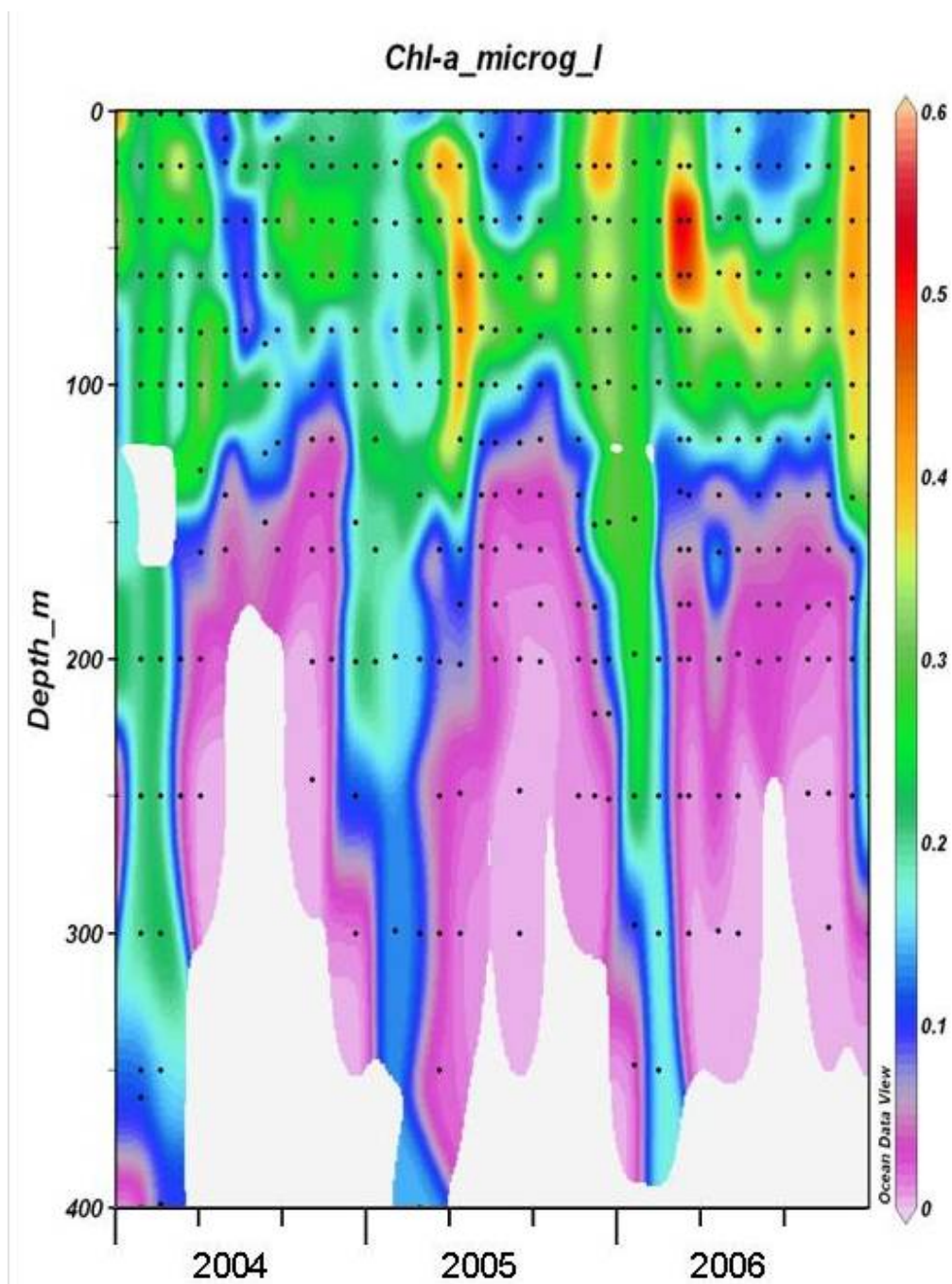
מאז שנת 2004 ריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המירבי" הולכים ועולים (איור ד27). השנה נמדדו בחודש מרץ ריכוזים גבוהים מ-0.6mg/l בעומק 40-60 מטרים והריכוזים נותרו גבוהים גם כשעלה עומק הכלורופיל המירבי לכ-90 מטר ועד תחילת הערבוב הבא. למרות שמאז 2004 נמדדים ריכוזים גבוהים יחסית של כלורופיל  $a$  בעומק הריכוז המירבי, במבט לטווח ארוך יותר (איור ד28) נראה כי מאז שנת 2000 אין עלייה בריכוזי הכלורופיל. הריכוזים הגבוהים ביותר נמדדו בחורף 2000, לאחר הערבוב העמוק של 1999-2000 (640 מטרים). מכאן שבטווח של השנים האחרונות אין שינוי מגמתי בריכוזי הכלורופיל בעמודת המים ובדומה למשתנים אוקיינוגרפיים רבים אחרים, זהו פרמטר שיש לעקוב אחריו לאורך זמן רב על מנת לאבחן שינויים מגמתיים.



איור ד26: ריכוזי כלורופיל  $a$  בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הנישור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

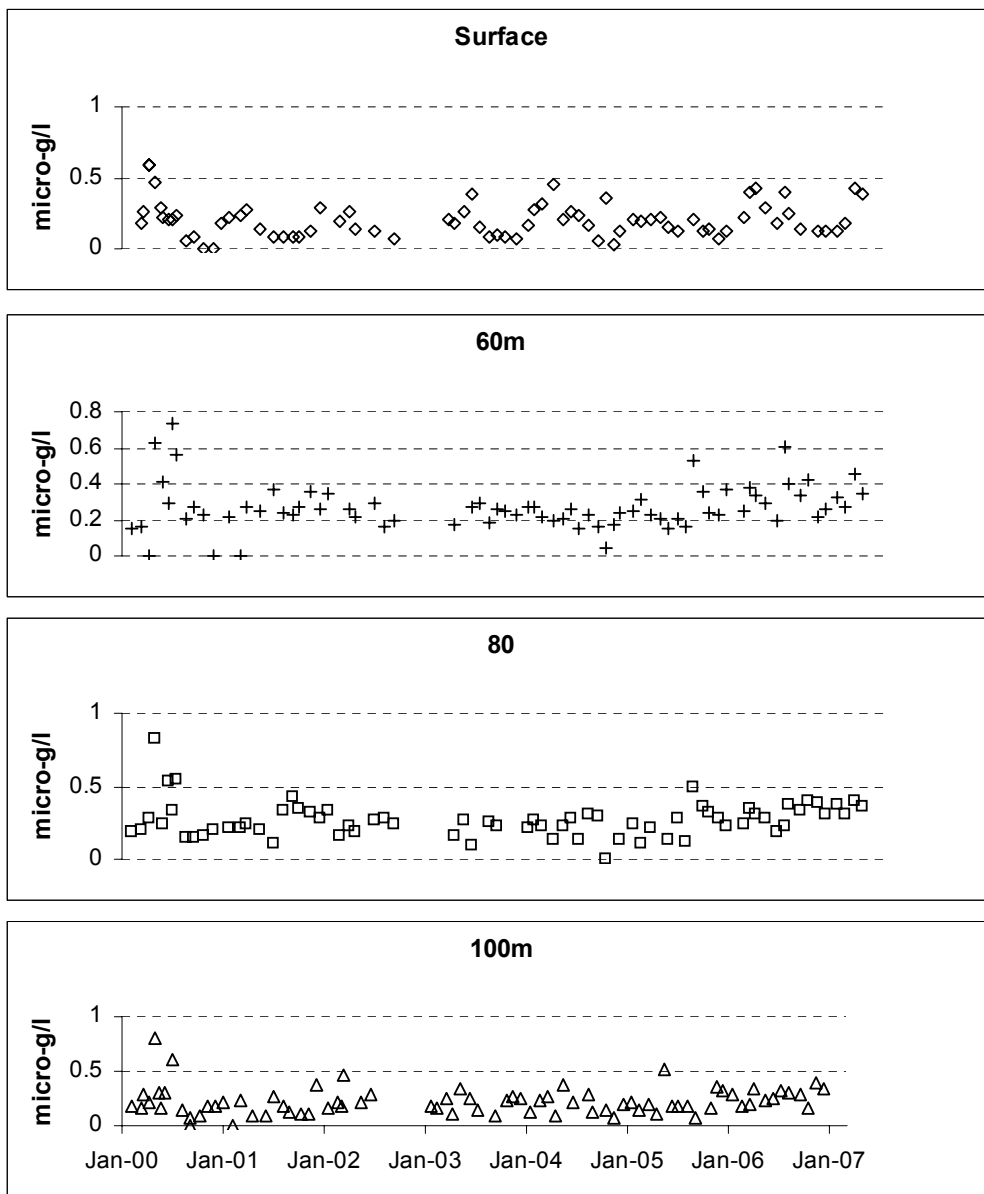
**Figure D26: Chlorophyll-a concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**





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.

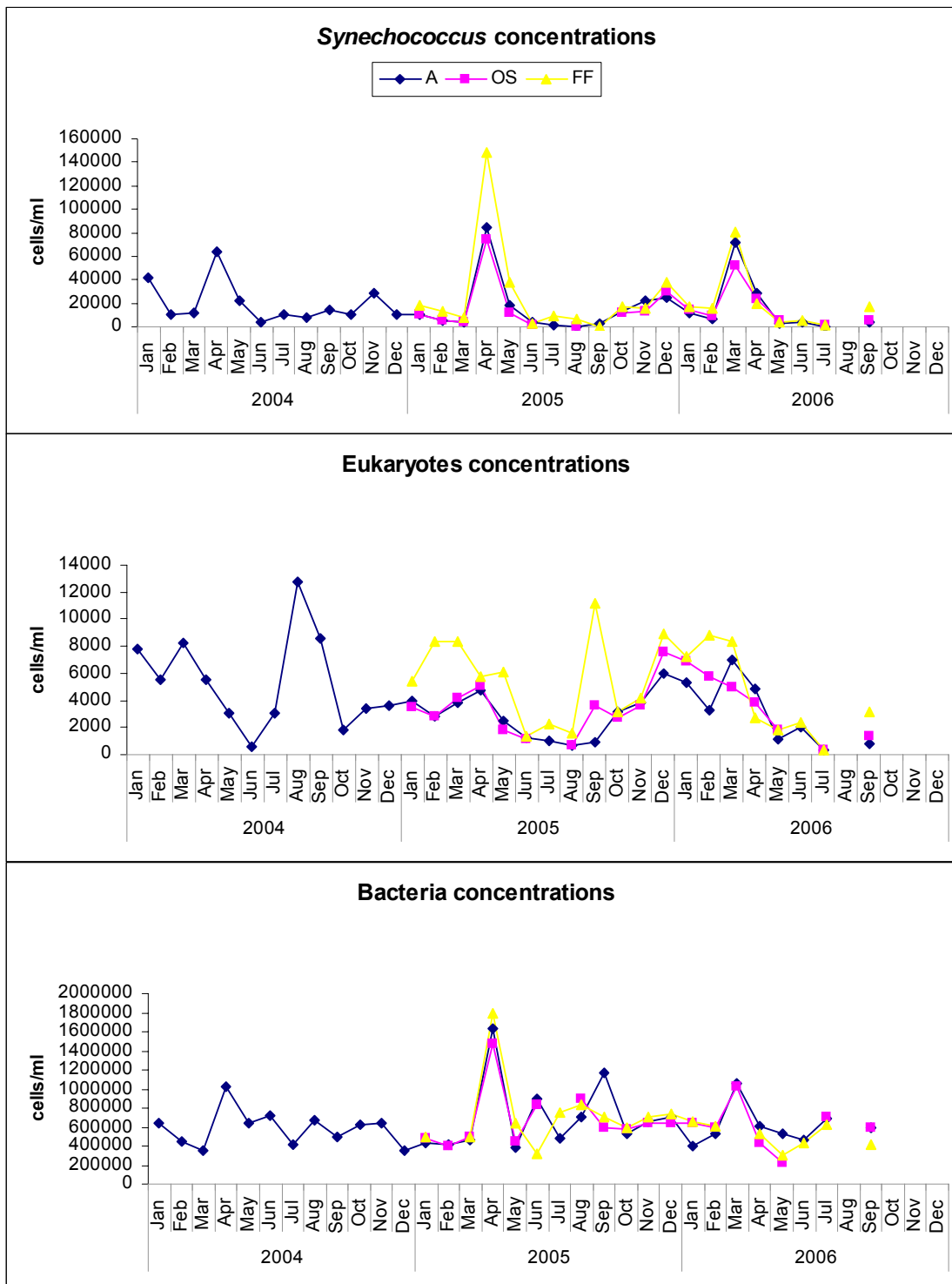


איור 28: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בעומקים 0 (פני הים), 60, 80, ו-100 מטר. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר.

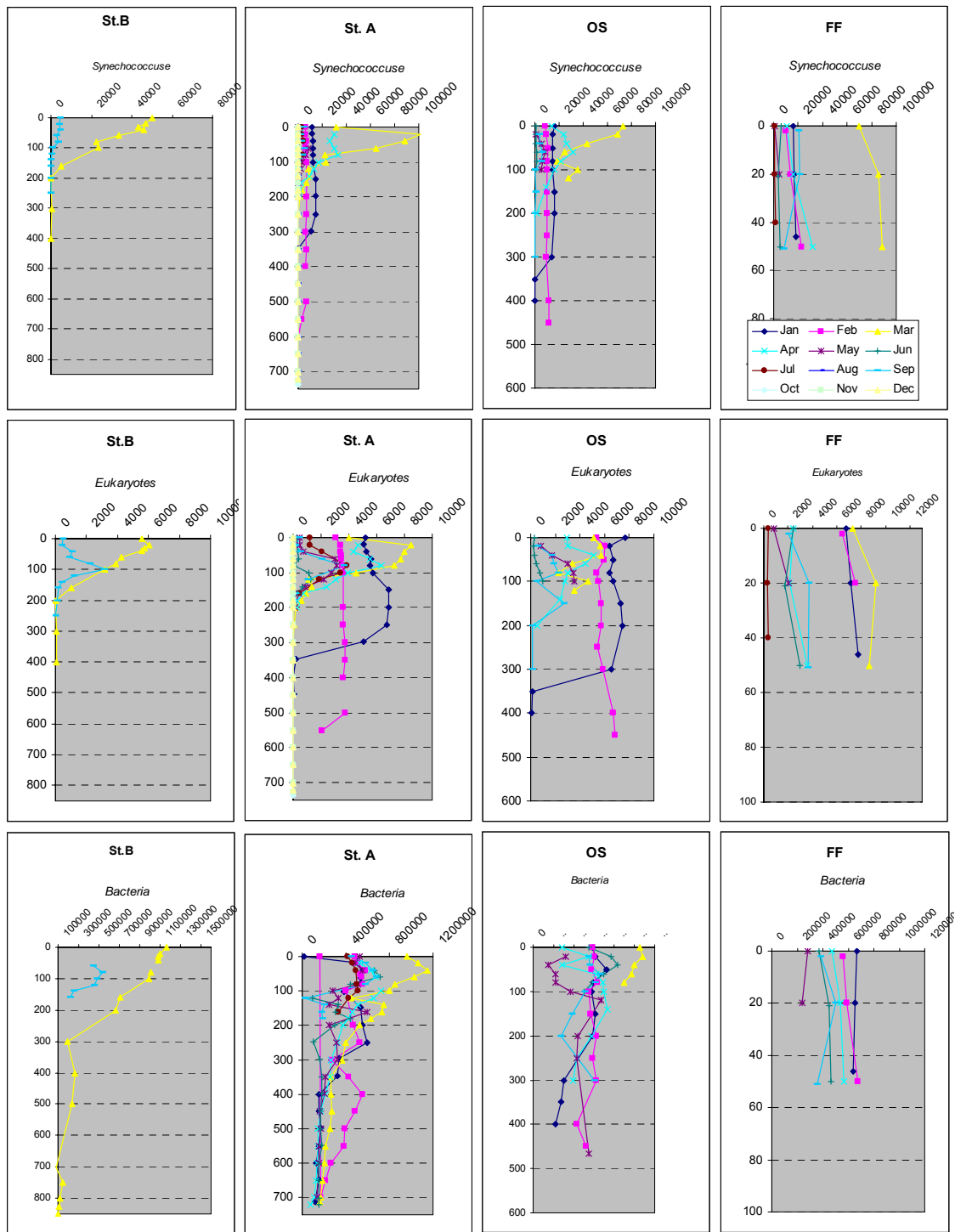
**Figure D28: Concentrations of *chlorophyll-a* at Station A at water depths of 0 (surface), 60, 80 and 100 meters since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.**

#### ד.4. פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים

ספירת תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (*Synechococcus*) ואאוקריוטי, וחיידקים הטרוטרופים במים הפתוחים נעשית מידי חודש בדגימות הנאספות בהפלגות החודשיות בשיטה המפורטת לעיל (ראה בפרק ה"דיגום החופי"). בתחילת החורף ישנה פריחה חלשה של *Synechococcus*, ובעת "פריחת" האביב ישנה עלייה משמעותית בצפיפות כל התאים הנמדדים (איורים ד-29 ו-30). פריחת האביב של 2005 הייתה חזקה במיוחד בהשוואה לשנים 2004 ו-2006 עקב הערכוב העמוק יחסית בשנה זו. ריכוזי *Synechococcus* היו גבוהים במיוחד באפריל 2005 בקרבת כלובי הדגים, אך מאז נמדדו ריכוזים דומים בשלושת התחנות. ריכוזי התאים האאוקריוטיים משתנים באופן פחות סדיר, עם ריכוזים גבוהים במיוחד בחודשי החורף והאביב, כאשר בקיץ 2005 נמדדו הריכוזים הגבוהים ביותר, בתחנה A. בדרך כלל ריכוזי התאים האאוקריוטיים בקרבת כלובי הדגים גבוה מאשר בים הפתוח, אך יש לציין כי ריכוזים אלה נמוכים בסדר גודל מריכוזי הפרוקריוט *Synechococcus*. אין הבדלים משמעותיים בריכוזי החיידקים ההטרוטרופים בין שלושת התחנות הנמדדות בהפלגות הניטור החודשיות.



איור ד29: ריכוזי תאים (פרוקריוטים (*Synechococcus*), אאוקריוטים, וחיידקים הטרורופים) במים העליונה כפי שנמדדה בהפלגות הניסור החודשיות. כל נקודה היא הריכוז הממוצע בחמישים המטרים העליונים של עמודת המים.  
**Figure D29: Concentrations of prokaryote *Synechococcus*, eukaryotes and bacteria in the surface water. Each data point is the average concentration in the upper 50 meters of water.**



איור ד30: ריכוזי תאים (פרוקריוטים (*Synechococcus*), אאוקריוטים, וחידקים הטרורופים) בעמודת המים.  
**Figure D30: Concentrations of prokaryote *Synechococcus*, eukaryotes and bacteria in the water column.**

## דיון

המחזור העונתי ברור במדידות השנה החולפת והוא המכתיב את הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון הפועלות בעמודת המים העליונה. מחזור זה מורכב מירידת טמפרטורות בפני הים המביאה בחורף לערבוב של המים העליונים עם המים התחתונים תוך וכך מעלה נוטריינטים מהעומק הנצרכים במים העליונים ומאוורר את המים העמוקים. כשמתחילה העונה החמה ישנה התחממות של המים העליונים ונוצר שיכוב 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. הדינמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. בעקבות הערבוב העמוק יחסית של חורף 2004-5 חלה ירידה בריכוזי ובמאגרי הנוטריינטים ועליה בריכוז החמצן המומס בעמודת המים ביחס לערכים מעוררי הדאגה של 2004. אולם הערבוב לא היה ארוך מספיק בכדי לגרום לשינוי משמעותי וערבוב בחורף 2005-6 היה רדוד יותר, כך שבסוף שנת 2006 שוב נמדדו ערכים גבוהים של נוטריינטים ונמוכים של חמצן. ריכוזי הכלורופיל בשנת 2006 אף היו גבוהים מריכוזי הכלורופיל של 2005, למרות הערבוב הרדוד יותר. בטווח היותר ארוך, נמצא שריכוזי רוב הנוטריינטים עולים מאז שנת 2000, אז היה ערבוב עמוק (חורף 1999-2000) ובעקבותיו פריחת אצות גדולה במיוחד, הניכרת במדידות הכלורופיל.

בתוכנית הניטור אין, עדיין, הנתונים לבחון קיומה של מגמת העשרה בנוטריינטים ודלדול מאגר החמצן בטווח של עשרות שנים ועל פני מספר מחזורים של "ערבוב עמוק", על אף עדויות שבטווח זמן כזה ישנה מגמת אואריפיקציה. מאז שנת 2000 מסתמנת עליה בטמפרטורת מי העומק. עליית הטמפרטורה בעומקים 500 ו-700 מטרים מסתכמת בלמעלה מ- $0.15^{\circ}\text{C}$  (דיוק מדידת הטמפרטורה  $0.01^{\circ}\text{C}$ ). עליית הטמפרטורה עשויה לנבוע משינויים במשטר הזרימה בעומק או משינויים בדפוסי ערבוב מי שטח עם מי עומק (ערבוב כל עמודת המים או גלישת מים לאורך מדרון הקרקעית) המוכתבים, אולי, מדפוסים אקלימיים בשנים האחרונות. למרות שעליית הטמפרטורה בעומק עשויה לתרום לירידה בריכוז החמצן המומס במים, תרומה זו הינה זניחה יחסית לירידה שנמדדה בריכוזי החמצן. הסיבה הסבירה לירידה זו היא העשרה בחומר אורגני. תופעה זו יכולה לנבוע מאאוטרופיקציה מתמשכת או ממחזוריות רב-שנתית של ערבוב ושכוב אשר אורך מחזוריה גדול ממשך תקופת הניטור.

## ה. מדידות רציפות

### ה.1. כלורופיל

#### מטרה

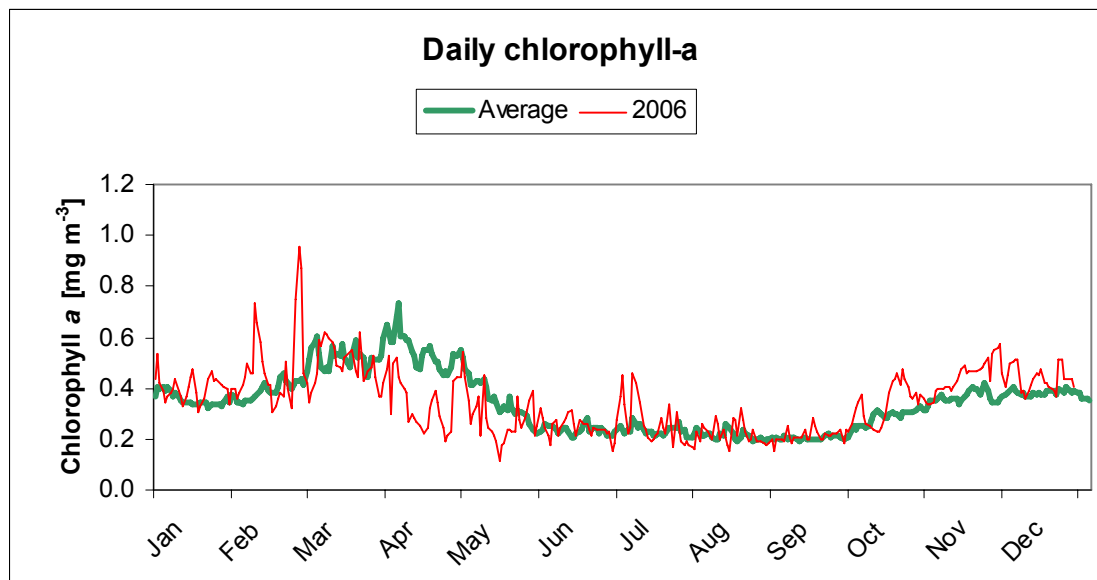
מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

#### שיטות

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

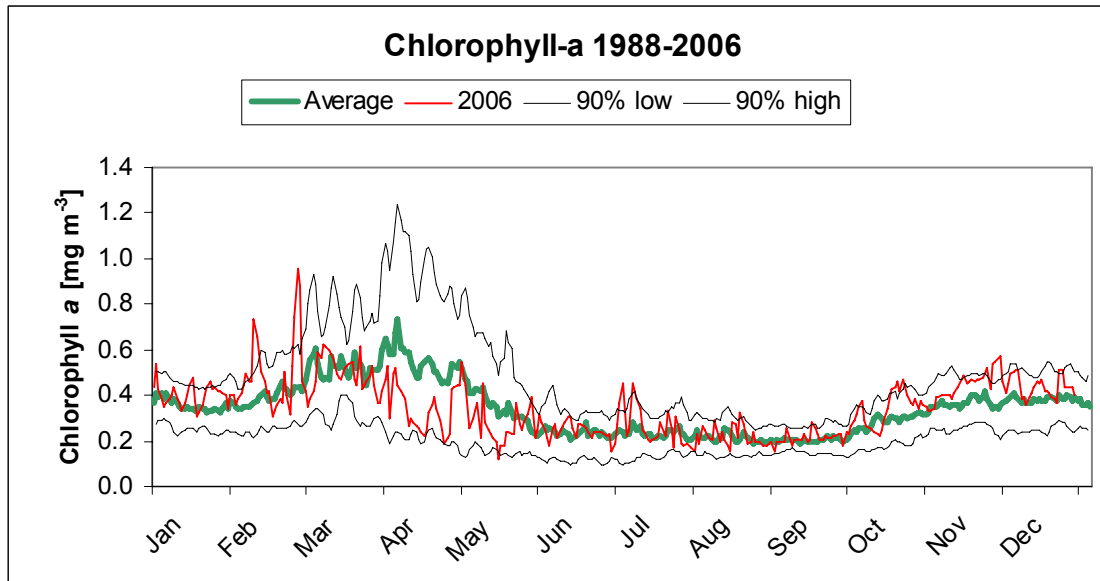
#### תוצאות

ריכוז הכלורופיל בפני השטח בסמוך לשונית בשנת 2006 בעל מחזור שנתי דומה למוצע הרב שנתי מאז 1988 (איור ה-1). מחזור זה כולל ריכוז כלורופיל  $a$  גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ. ריכוזי כלורופיל הגבוהים ביותר נמדדו בחודשים פברואר-מרץ, תקופת הערבוב בעמדת המים הפתוחים. הריכוזים המרביים בשנת 2006 נמדדו מוקדם יותר מאשר בדרך כלל (בהשוואה למוצע הרב שנתי) והם נמוכים מאלה שנמדדו בשנת 2005. בהשוואה לערכי הקיצון מאז 1988 נמצא שהערכים המירביים ב-2006 היו גבוהים מאלו שנמדדו באותה תקופה מאז 1988, אולם לא מהריכוזים המירביים אשר לרוב נמדדים מאוחר יותר, בחודשים מרץ-אפריל (איור ה-2). בסך הכול ריכוז הכלורופיל בשנת 2006 אינו נבדל מהמוצע הרב שנתי.



איור ה-1: ריכוז כלורופיל  $a$  בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - בשנת הניטור 2006, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2005).

Figure E1: Chlorophyll  $a$  concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2006 (red line) and the long-term average (1988-2005, green line).



איור 2: ריכוז כלורופיל  $a$  בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - בשנת הניטור 2006, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2005) הקו השחור העליון מסמן את הערך המרבי של 90% מהמדידות בשנים 1988-2005, והתחתון את הערך המזערי של 90% מהמדידות.

**Figure E2: Chlorophyll  $a$  concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2006 (red line) and the long-term average (1988-2005, green line). Top and bottom black lines are the minimum and maximum values of the 90<sup>th</sup> percentiles, respectively, of all measurements between 1988 and 2005.**

## ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

### מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

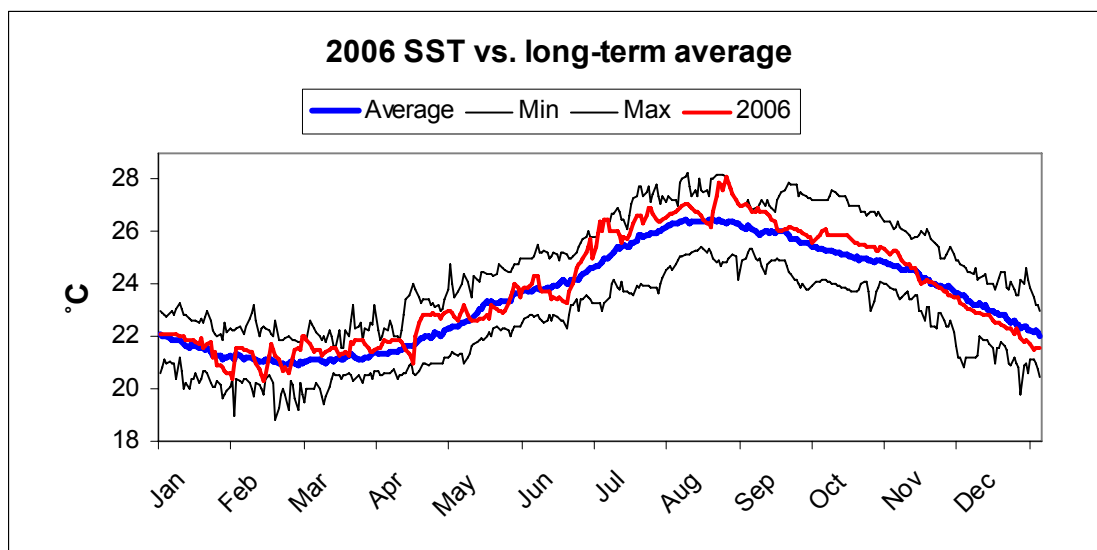
### שיטות

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

### תוצאות

טמפרטורת פני הים בשנת 2006 אינה שונה באופן קיצוני מהממוצע הרב שנתי, אולם בדומה לשנת 2005 גם השנה הטמפרטורה המירבית גבוהה מהממוצע הרב-שנתי המירבי בלמעלה ממעלה (28.1°C באוגוסט 2006 לעומת 26.5°C כערך המירבי הממוצע, איור 3). לעומת זאת, הטמפרטורה הנמוכה ביותר שנמדדה בשנת 2006 היא 20.3°C, בעוד שהממוצע הרב שנתי עומד על 20.9°C. בהשוואה מול ערכי הקיצון מאז 1988, נראה שטמפרטורת פני הים ב-2006 אינה חריגה.





איור 3: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2006, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות מאז 1988, קווים שחורים - ערכי קיצון ממדידות 1988-2005.  
**Figure E3: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2006 (red line), the average SST for 1988-2005 (blue line), and minimum and maximum values from 1988 to 2005.**

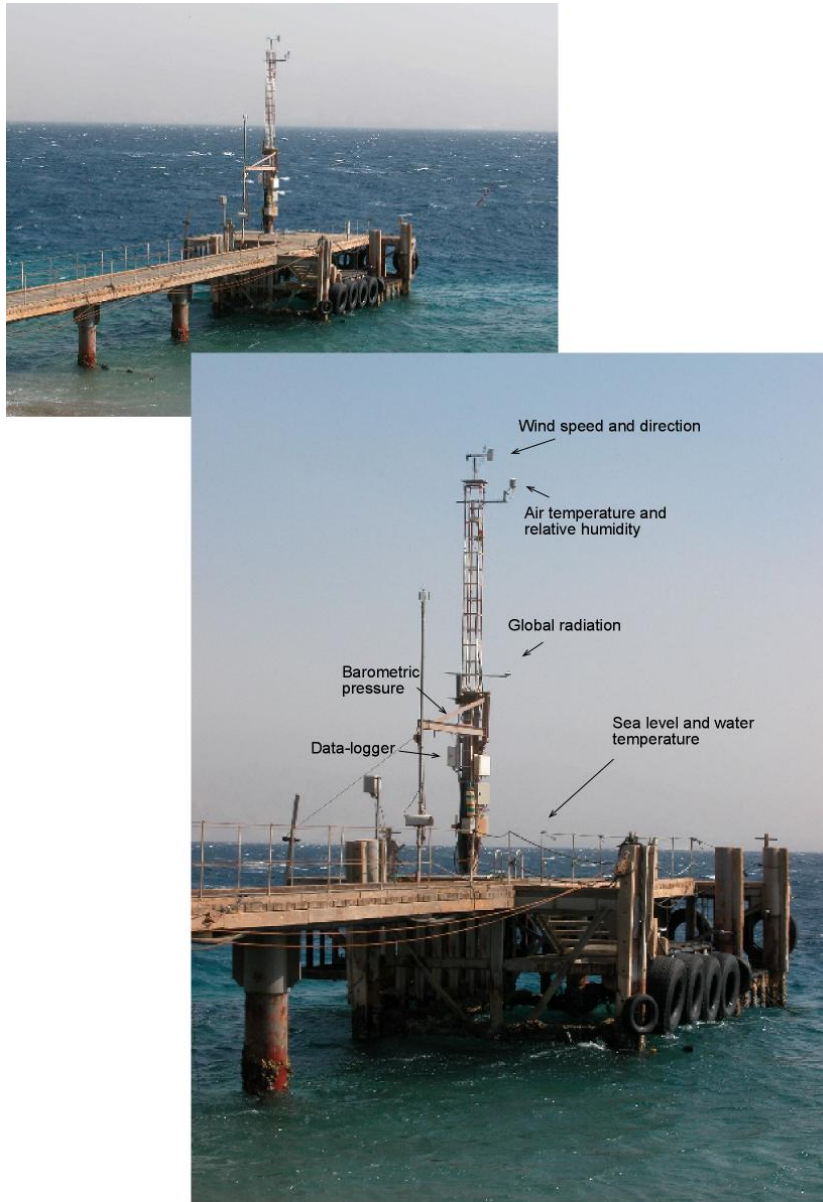
### ה.3. משתנים מטאורולוגיים

#### מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגיים במפרץ.

#### שיטות

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



איור ה-4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזרח של המכון הבין-אוניברסיטאי.

Figure E4: The meteorological station at the end of the IUI pier.

Description	Manufacture	Model
itor MAWind mon (speed and direction)	Young	05106
Air temperature and relative humidity sensor	Campbell	HMP45C
Casing for temp and RH sensor (radiation protection)	Campbell	41003
Barometric pressure sensor	Young	61202
rtBarometer pressure po (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 ה-1: רשימת הרגשים המרכיבים את התחנה המטאורולוגית בקצה המזרח של המכון הבין-אוניברסיטאי.

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

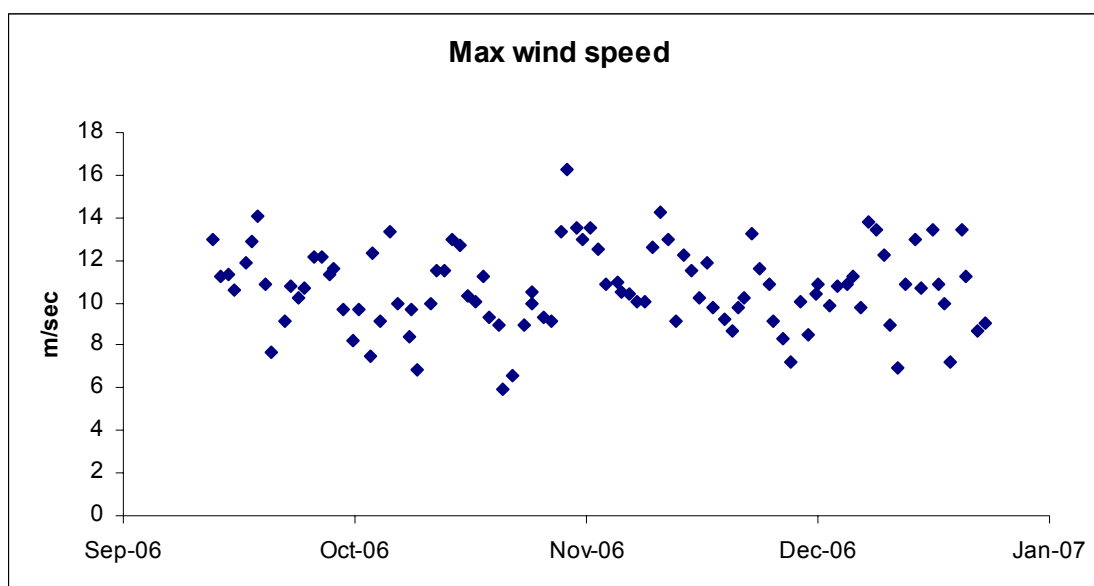
מהירות וכיוון הרוח, וטמפרטורת האוויר והלחות נמדדים מראש התורן שבקצה המזח, כעשרה מטרים מעל לפני הים (בזמן שפל). מד הלחץ הברומטרי ממוקם כחמישה מטרים מעל הים ומתוקן לגובה פני הים. הרגש המודד קרינה גלובלית ממוקם על זרוע במרחק 0.7 מטרים דרומית לתורן בכדי למנוע הצללה, כ-6 מטרים מעל הים. מד לחץ המים מקובע בצינור 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 – כיוול 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, שזהו לו ייעודו היחיד, ממוקם כמטר עמוק יותר, מחוזק אל אותו עמוד מרכזי של המזח.

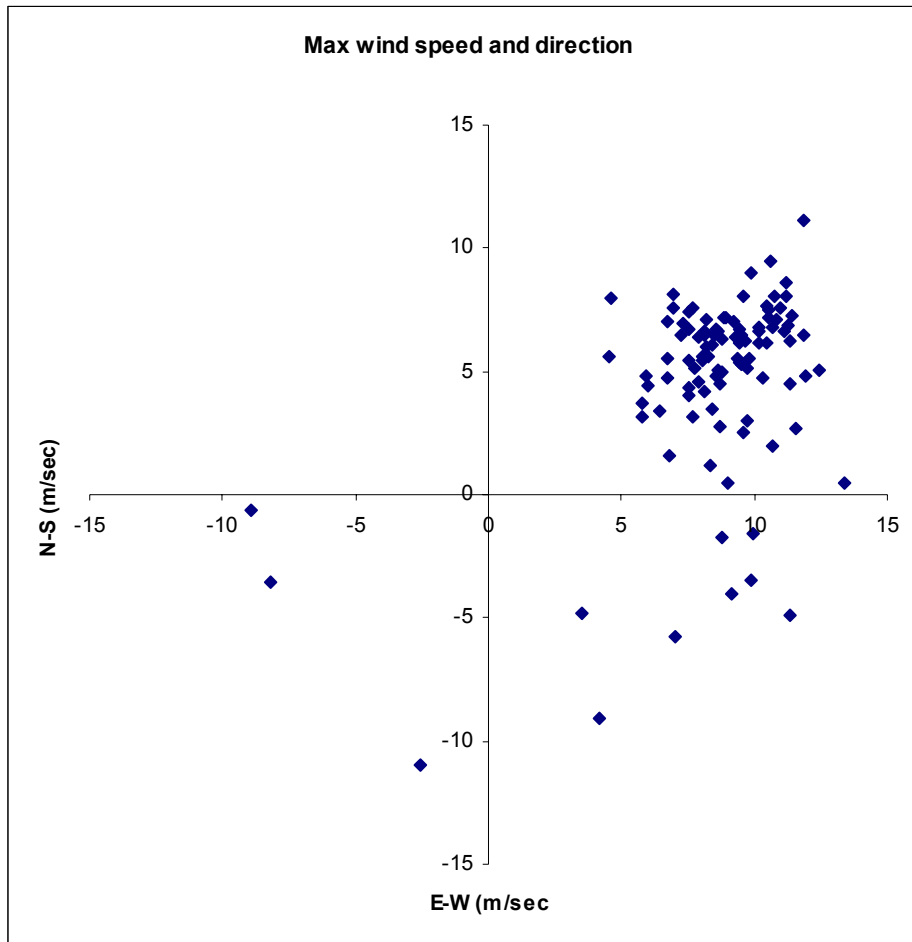
כל המדידות מועברות לרשם-הנתונים הממוקם בקופסה עמידה על גבי התורן. מדידות כל המשתנים נרשמות בתדירות של שנייה, למעט מדידות מפלס הים אשר נרשמות בתדירות של דקה. רשם הנתונים ממצע עשר דקות של מדידה לערך אחד הנשמר בזיכרון הפנימי של רשם הנתונים. מדי שעה מחשב ייעודי מתקשר עם רשם הנתונים ואוסף את נתוני השעה החולפת 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 הערכים רק הערכים המירביים נרשמים, יחד עם כיוון הרוח). כל הנתונים נשמרים על שרת המכון כחלק מבסיס הנתונים של תוכנית הניטור הלאומית. הנתונים זמינים לרשות הציבור הרחב וציבור החוקרים במפרץ.

#### תוצאות

התחנה המטאורולוגית המופעלת על ידי תכנית הניטור החלה לפעול בסוף חודש ספטמבר 2006. תקופת המדידות הנוכחית מכסה, אם כן, את חודשי סוף הקיץ ותחילת החורף. במהלך תקופה זו נעשו מספר שינויים במערכת, כגון העברת רגשי הטמפרטורה והלחות אל ראש התורן (בחודשיים הראשונים היו בגובה רצפת המזח כ-2.5 מטרים מעל המים, והתקנת הפקק המשכך גלים במד לחץ המים. תקופה זו היא, אם כן, תקופת הרצה של המערכת על מנת לקבוע את מערך הרגשים האידיאלי.

החשיבות הגדולה של מדידות אלה תהיה באבחון שינויים ארוכי טווח במשתנים הנמדדים אשר עשויים להורות על שינויים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגיים (כגון שינויים בעוצמת הקרינה, טמפרטורת המים, תדירות ועוצמת סערות), ובבחינת אירועים אקלימיים נקודתיים והשפעתם על המערכת האקולוגית (כגון אירועי שפל, סערות, ערכי חום וקרינה קיצוניים). בשלושת החודשים הראשונים לפעולת התחנה נמדדו הערכים הבאים: מהירות רוח מירבית של 16.3 מטרים לשנייה נמדדה ב-6.11.2006 וכיוונה צפ'מז' (43°). עצמת הרוח המירבית ברוב הימים נעה סביב 10 מטרים לשנייה (איור 8 למעלה), וכיוון הרוח הדומיננטי היה צפון-מזרח (איור 5 למטה).

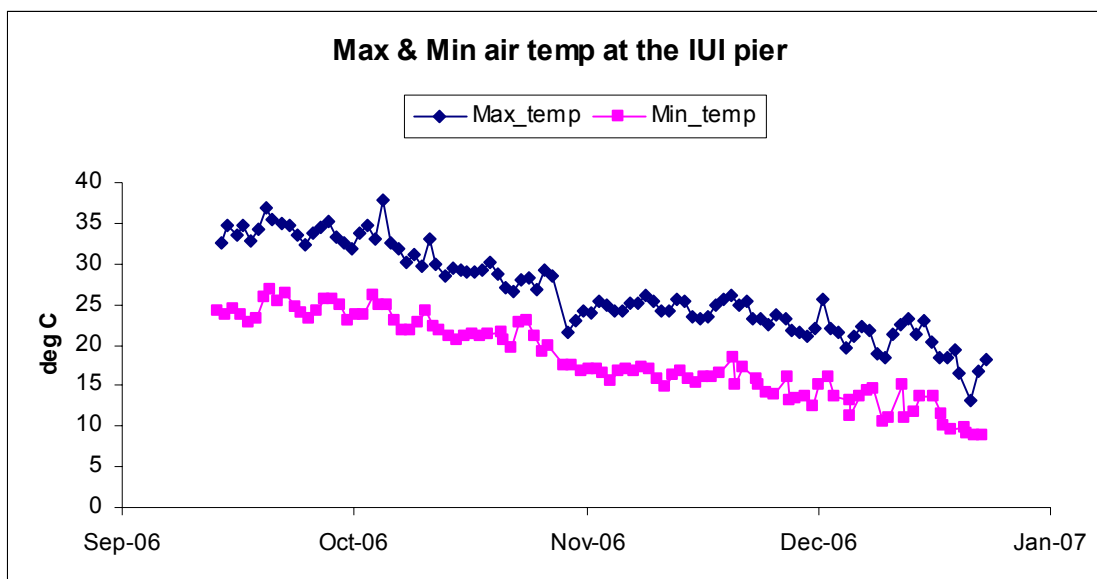




איור 5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המירבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המירבית ביממה וכיוונה.

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

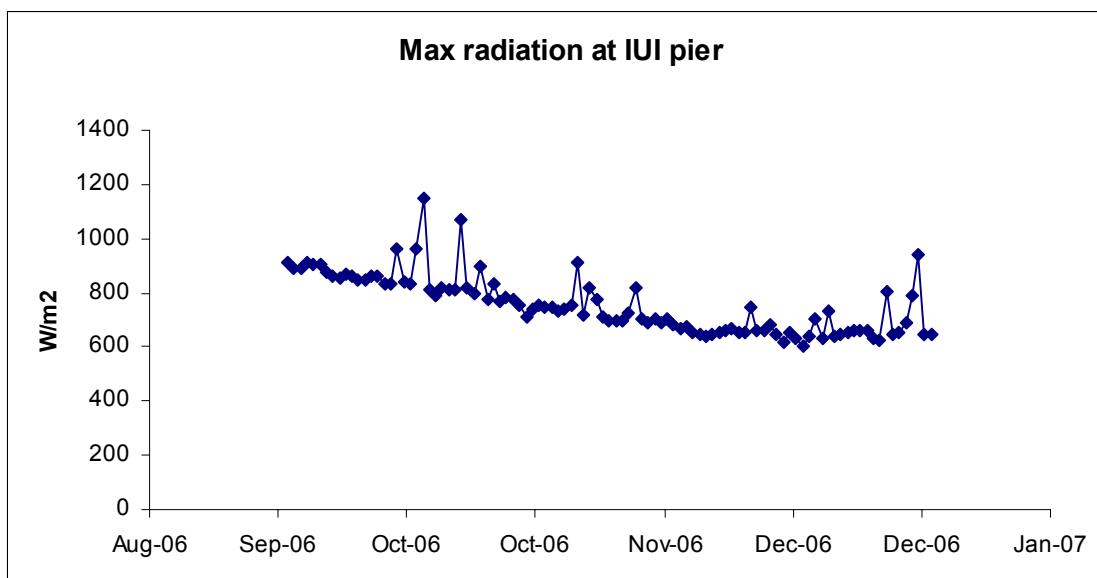
מדידות הטמפרטורה מראות את המעבר מקיץ לחורף בירידה הדרגתית של הטמפרטורה המירבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר, 37.85 מעלות צלסיוס נמדדה בתחילת חודש אוקטובר, לאחר תחילתה של ירידת הטמפרטורות. יש לציין כי הטמפרטורות כאן נמדדות מעל למים ויש לצפות למשרעת ערכים קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, דהיינו ערכים מירביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור 6: טמפרטורת האוויר מעל הים, ערכי קיצון יומתיים.

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

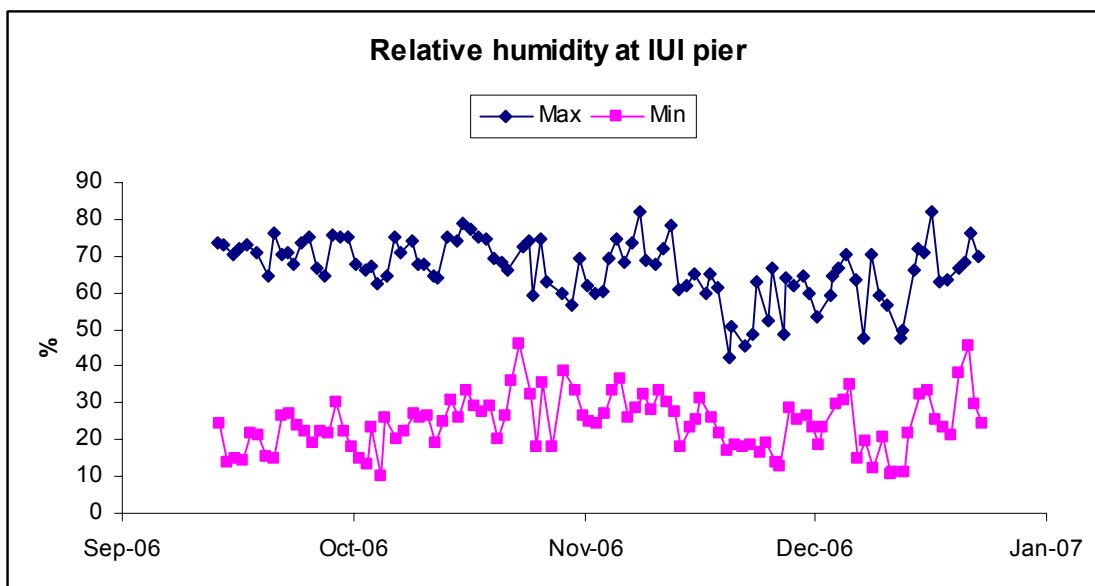
גם מדידות הקרינה הגלובלית מראות ירידה הדרגתית בזמן (איור 7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל 12 בצהריים, בניגוד לטמפרטורת האוויר המירבית הנרשמת אחר הצהריים המאוחרים.



איור 7: ערכים יומיים מירביים של קרינה גלובלית.

Figure E7: Maximum daily global radiation.

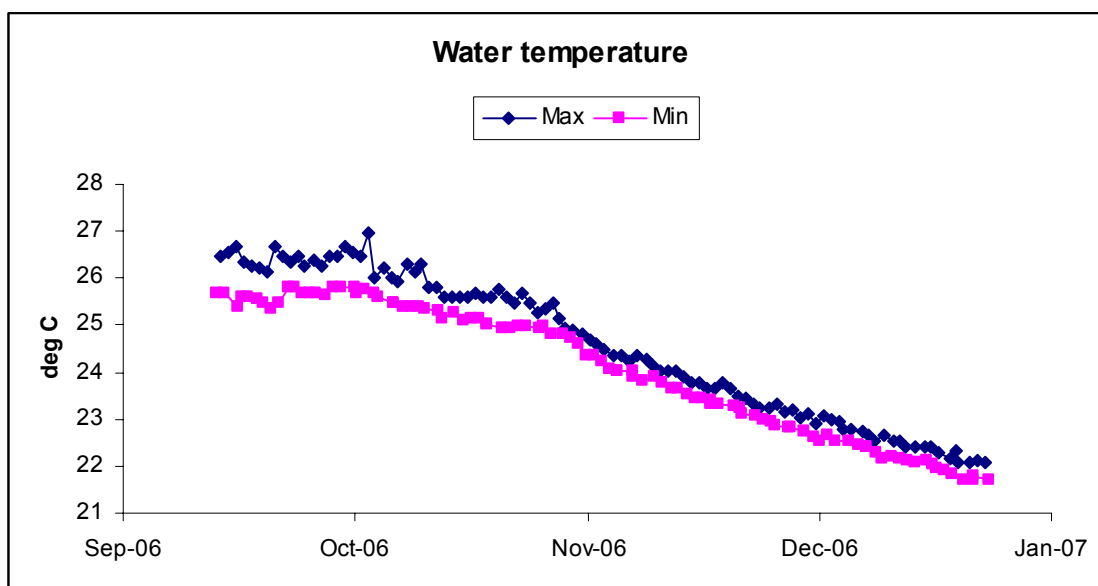
לא ניתן להבחין במגמת שינוי עונתית במדידות הלחות היחסית, הן המירבית והן המזערית (איור 8), אולם ההפרש ביניהן קטן בחודשי החורף. הלחות המירבית נרשמת לרוב בשעות הבוקר המוקדמות ואילו הלחות המיזערית בשעות אחר הצהריים-ערב. ההפרש הממוצע בין ערכי הקיצון של הלחות היחסית הוא 42.2%. גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות גבוהים בהרבה מהלחות הנמדדת ביבשה באזור אילת.



איור 8: ערכי קיצון יממתיים של לחות יחסית מעל הים.

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

טמפרטורת המים (עומק כ-2.5 מטרים) החלה לרדת באופן רציף מאמצע חודש אוקטובר (איור 9). ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המירבית והמזערית קרוב לחצי מעלה (0.48 מעלות) אולם ההפרש הולך וקטן משלושה-רבעי מעלה עד אמצע אוקטובר לשליש המעלה בדצמבר.



איור 9: ערכי קיצון יממתיים של טמפרטורת המים (בעומק כ-2.5 מ').

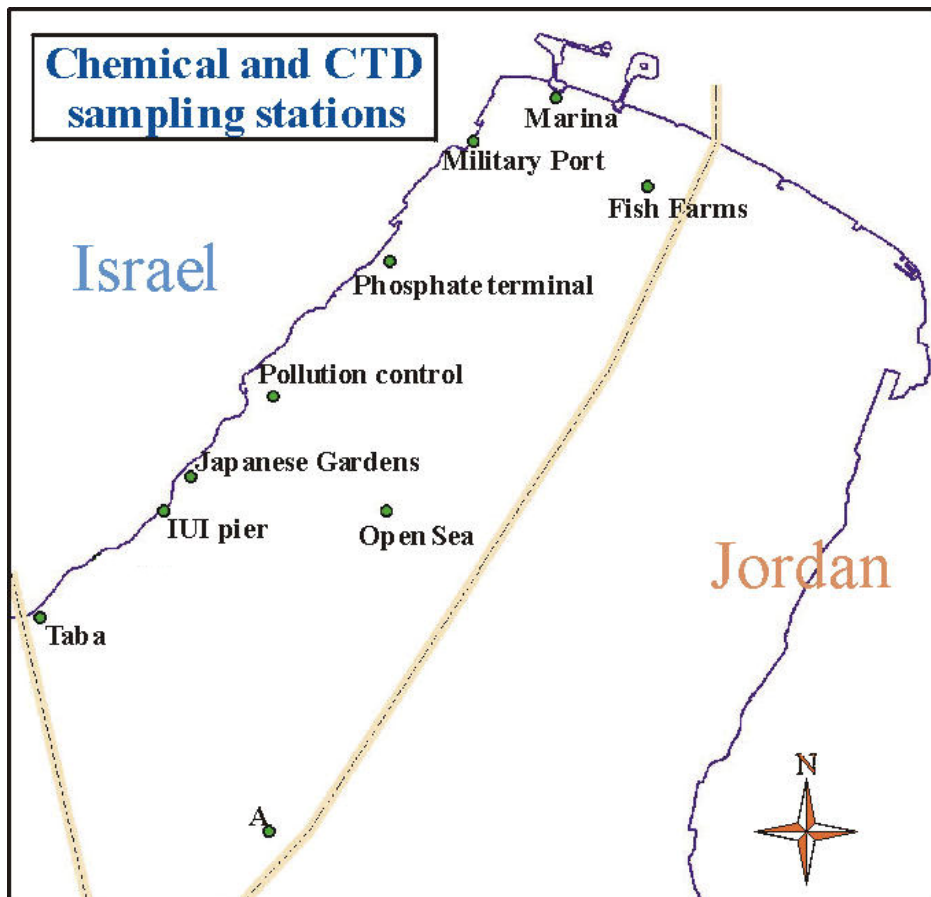
Figure E9: Maximum and minimum daily water temperature at ~2.5m depth.

## ו. ביבליוגרפיה

- Bogosh, R., Shirav, M., Beyth, M., Halicz, L. (1993). Geochemistry of ephermal stream sediments in the Precambrian mountainous arid terrain of southern Israel. *Jour. of Geochemical Exploration*. 46: 349-364.
- Chao, A. 2005. Species richness estimation, Pages 7909-7916 in N. Balakrishnan, C. B. Read, and B. Vidakovic, eds. *Encyclopedia of Statistical Sciences*. New York, Wiley.
- 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>.
- Genin, A. and Paldor N. (1998). Changes in the circulation and current spectrum near the tip of the narrow, seasonally mixed, Gulf of Eilat. *Israel Journal of Earth Science*, 47, 87-92.
- Herut, B. and Halicz, L. (2002) Preliminary screening for organic and metal pollutants in the northern Gulf of Eilat. Final report - IET Recommendation No. B2 [IOLR Report H11/2004 and GSI Report GSI/8/2004]
- Herut, B., H. Hornung, N. Kress, M.D. Krom and Y. Cohen (1993). Trace metals in shallow sediments from the Mediterranean coastal region of Israel. *Marine Pollution Bulletin*, 26, 675-682.
- Hornung, H., M.D. Krom and Y. Cohen. (1989) Trace metal distribution in sediments and benthic fauna of Haifa Bay, Israel. *Estuar. Coastal & Shelf Sci.* 29, 43-56.
- Langdon, C, Broecker W. S., Hammond D. E., Glenn E., Fitzsimmons K., Nelson S. G., Peng T.-H, Hajdas I., and Bonani G. (2003), Effect of elevated CO<sub>2</sub> on the community metabolism of an experimental coral reef. *Glob. Biogeochem. Cyc.* 17 pp.11:1-14.
- Long, E.R., Macdonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19, 81-97.
- Loya Y. (1972) Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya Y. and Slobodkin L. B. (1971) The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). *Symp. Zool. Soc. Lond.* 28:117-139.
- Silverman, J. (2005) Metabolic response of the coral reef in the Gulf of Eilat to eutrophication. Ph.D. Dissertation, Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Silverman, J., Lazar, B. and Erez, J. (2004) Monitoring the health of a coral reef using community metabolism. In: *Coral Health and Disease*, E., Rosenberg, and Y., Loya (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New-York, 367-376.
- Zvuloni, A, Artzy-Randrup, Y, Stone, L, Van Woesik, R, Loya, Y (submitted) Ecological size-frequency distributions: how to prevent and correct biases in spatial sampling. *Ecology*, Submitted
- אבלסון, א. (1987) תוקפנות בין אלמוגי אבן: האם זו תחרות על מקום? עבודת גמר לתואר מוסמך, אוניברסיטת תל אביב.
- חרות (2007). סקר מצב הזיהום באתרי פעילות חיל הים בים התיכון ובמפרץ אילת (אוגוסט 2006). דו"ח חיא"ל H16/2007.

## ז. נספחים

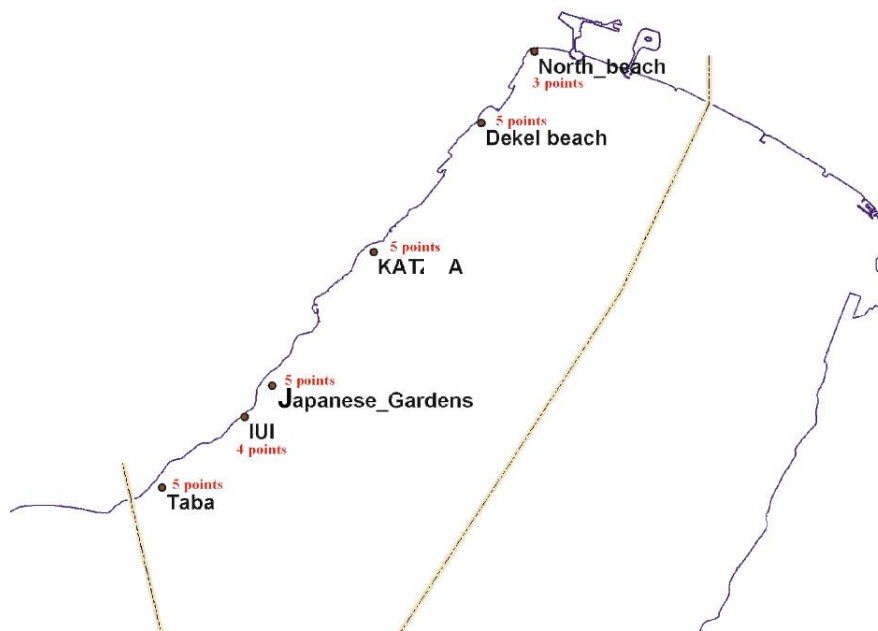
### ז.1: מפות אתרי הניטור



מפה 1: תחנות דיגום עמודת המים. תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

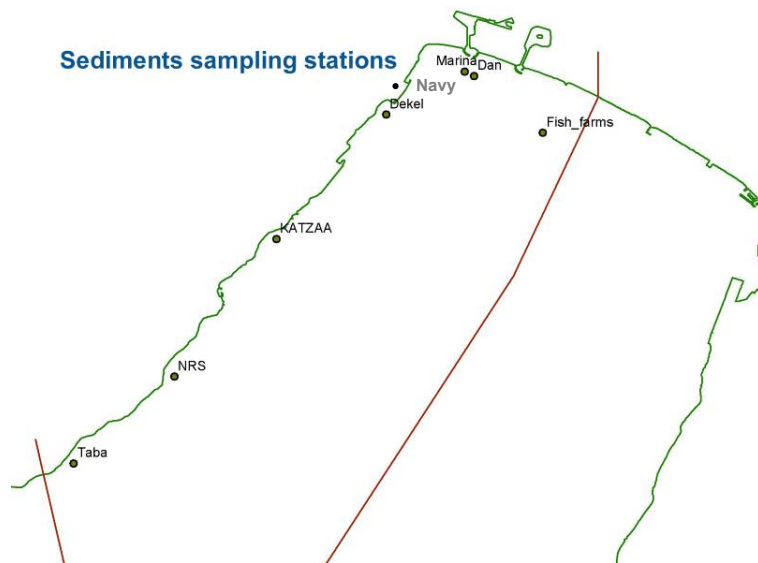
Map 1: Study sites of water-column sampling. Station B (not shown) is located 10 km south of Station A.





מפה 2: מפת מיקום אתרי השונית בהם הוצבו תושבות למעקב צילומי אחר חלקות קבועות. ראה פירוט תצלום האוויר באיור ב1 בגוף הדו"ח.

Map 2: Sites of photographic monitoring of fixed areas in the coral reef.



מפה 3: מיקום אתרי דיגום הסדימנטים.

Map 3: Sites of sediment sampling.

## 2.ז: רשימת סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת האלמוגים אשר נספרו בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2006.

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

Genus	Species	Number of colonies			Genus	Species	Number of colonies		
		IUI	Katza	NR			IUI	Katza	NR
<i>Acabaria</i>				1	<i>Gyrosmlia</i>		29	1	4
<i>Acantastrea</i>		18	1	3	<i>Herpolitha</i>		1		1
<i>Acropora</i>	<i>eurystoma</i>	4	2	2	<i>Heteroxenia</i>		1	1	10
	<i>hemprichi</i>	12	9	13	<i>Hydnophora</i>			1	2
	<i>humilis</i>	1	1	4	<i>Leptastrea</i>	<i>purpura</i>	6	6	2
	<i>maryae</i>	3	21	73		<i>transversa</i>		2	2
	<i>scandens</i>	2				<i>botta</i>			1
	<i>squarosa</i>	1	7	19		<i>sp</i>	15	7	7
	<i>variabilis</i>		2	13	<i>Leptoria</i>			3	
	<i>varians</i>	2		1	<i>Leptoseris</i>			3	
	<i>sp</i>	22	31	52	<i>Lobophyllia</i>	<i>hemprichii</i>		1	1
<i>Alveopora</i>			3	5		<i>sp</i>	3	4	17
<i>Astreopora</i>		3	5	14	<i>Lobophytim</i>			3	
<i>Astreopora</i>		3	7	14	<i>Millepora</i>	<i>dichotoma</i>	8		2
<i>Balanophyllia</i>		4	3	1		<i>platyphylla</i>	16		1
<i>Coscinarae</i>		19	1	2		<i>sp</i>	39	3	2
<i>Ctenactis</i>				2	<i>Montipora</i>		22	70	78
<i>Cynarina</i>		1			<i>Mycedium</i>			12	7
<i>Cyphastrea</i>		66	36	45	<i>Oxepora</i>			1	
<i>Echinophyllia</i>			9	1	<i>Pavona</i>	<i>dacusstata</i>		4	1
<i>Echinopora</i>	<i>gemmacea</i>	2	9	24		<i>varians</i>	1		
	<i>lamellosa</i>	3	2	16		<i>sp</i>	6	55	15
	<i>sp</i>	7	18	15	<i>Platygra</i>		7	8	10
<i>Favia</i>	<i>favus</i>	1			<i>Plerogyra</i>			3	
	<i>laxa</i>			2	<i>Plesiastrea</i>	<i>laxa</i>			3
	<i>stelligera</i>		1			<i>sp</i>	6	13	25
	<i>sp</i>	68	11	24	<i>Pocillopora</i>		21		4
<i>Favites</i>	<i>abdita</i>	4		9	<i>Porites</i>		39	34	45
	<i>halicora</i>	9	1	2	<i>Psammocora</i>		4	5	10
	<i>pentagona</i>	14	31	13	<i>Rhytisma</i>		5	13	20
	<i>sp</i>	60	14	33	<i>Sarcophyton</i>				2
<i>Fungia</i>		1	2	6	<i>Seriatopora</i>			8	5
<i>Galaxea</i>			9	6	<i>Siderastrea</i>		10		1
<i>Goniastrea</i>	<i>pectinata</i>	3	1	17	<i>Sinolaria</i>		1	2	8
	<i>retiformis</i>	6		8	<i>Stylophora</i>		128	41	82
	<i>sp</i>	18	14	15	<i>Turbinaria</i>		1	2	2
<i>Goniopora</i>		1	4	1	<i>Xenia</i>		3	6	28

טבלה ז2: רשימת האלמוגים אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2005.

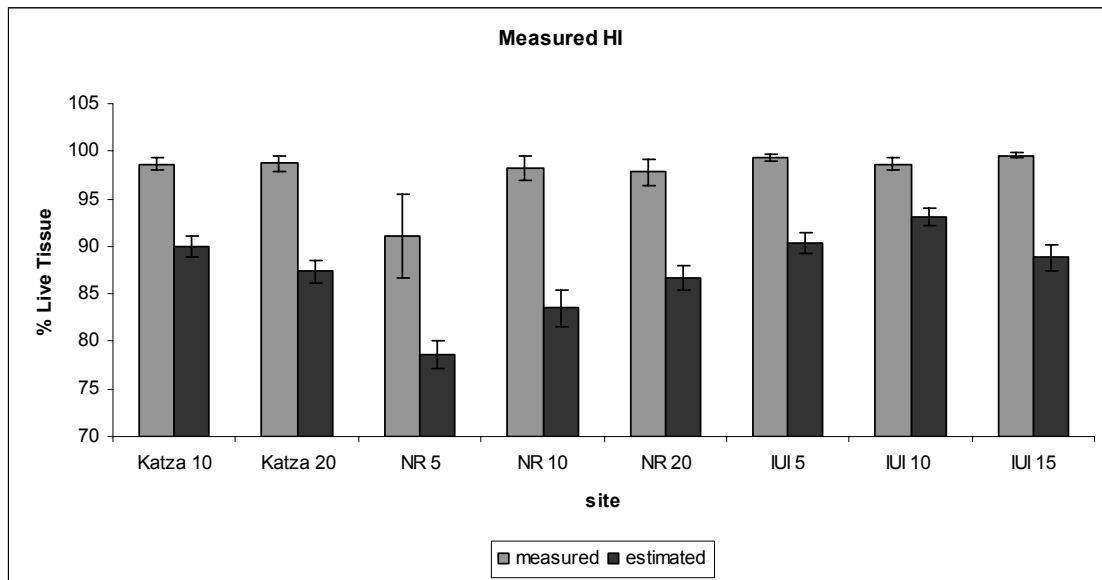
Table G2: list of corals found in the fixed areas monitored by photography.

<b>Coral genus</b>	<b>Number of colonies</b>	<b>Coral genus</b>	<b>Number of colonies</b>
<i>Acanthastrea</i>	14	<i>Lobophyllia</i>	38
<i>Acropora</i>	129	<i>Millepora</i>	128
<i>Agariciella</i>	4	<i>Millepora</i>	1
<i>Anemone</i>	8	<i>Mycedium</i>	15
<i>Ascidian</i>	1	<i>Oxypora</i>	1
<i>Astreopora</i>	7	<i>Pavona</i>	19
<i>Balanophyllia</i>	4	<i>Platygyra</i>	33
<i>Coral sp.</i>	25	<i>Plerogyra</i>	4
<i>Coscinaraea</i>	19	<i>Plesiastrea</i>	2
<i>Ctenactis</i>	4	<i>Pocillopora</i>	26
<i>Cyphastrea</i>	100	<i>Porites</i>	102
<i>Dendronephyta</i>	1	<i>Psammocora</i>	8
<i>Echinophyllia</i>	14	<i>Psammocorra</i>	1
<i>Echinopora</i>	108	<i>Rhytisma</i>	24
<i>Euphyllia</i>	1	<i>Sabellidae</i>	2
<i>Favia</i>	122	<i>Sarcophyton</i>	3
<i>Favites</i>	82	<i>Seriatopora</i>	28
<i>Fungia</i>	27	<i>Siderastrea</i>	2
<i>Galaxea</i>	10	<i>Sinularia</i>	1
<i>Goniastera</i>	1	<i>Sponge</i>	24
<i>Goniastrea</i>	204	<i>Stylophora</i>	86
<i>Goniopora</i>	5	<i>Tridacna</i>	1
<i>Herpolita</i>	2	<i>Tubastrea</i>	1
<i>Herpolitha</i>	1	<i>Tubipora</i>	2
<i>Hydnophora</i>	7	<i>Tunicate</i>	1
<i>Leptastrea</i>	64	<i>Turbinaria</i>	4
<i>Leptoria</i>	3	<i>Xenia</i>	33
<i>Leptoseris</i>	3		

### 3.ז: מדד בריאות האלמוגים: יעילות אמינות וגורמים משפיעים

מדד הבריאות הוגדר כממוצע אחוז החיות באתר: ממוצע 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, ואמזן אחוז השטח החי נעשה ללא מדידה ועבור כל שטח המושבה – גם שטח שאינו תחת סרט המדידה. שיטה זו נסמכת על אומזן סובייקטיבי וישנה סבירות גבוהה לאי-דיוקים ולהבדלים באומזן הניתן על ידי סוקרים שונים. יתרונה של השיטה במהירות האיסוף המאפשר צבירת מידע רב בצלילה. יעילותה של השיטה למרות החסרונות המצוינים מעלה נובע מכך ששגיאת ההערכה צפויה להיות קטנה משמעותית מגודל ההערכה, ומכך שהשגיאה אינה מכוונת – כמות הנתונים הגדולה (בשנת 2006 נאמד אחוז השטח החי עבור כ- 2200 מושבות אלמוגים) תגרום בסופו של דבר למזעור השגיאה סביב הממוצע. חיזוק נוסף לאמינות השיטה ניתן על ידי השוואת הנתונים משלוש השנים האחרונות; ההבדלים בין אומזני מדד הבריאות לאתר בשנים אלה קטנים (אחוזים בודדים). יחד עם זאת, ולאור הממצאים המצביעים על מגמה של ירידה, קטנה אך מובהקת, בבריאות האלמוגים לאורך השנים החלטנו לחקור את מדד בריאות האלמוגים באופן יסודי יותר. הבדיקה נעשתה על גוף הנתונים של השנה הנוכחית (2006).

בנוסף לאומזן מדד בריאות האלמוגים כמתואר למעלה הוצאנו מתוך מדידות חתכי הקו את סך אורך חלק הרקמה החי והמת של אלמוגים חיים תחת סרט המדידה וחישבנו את אחוז החלק החי מתוך הסך הכל. במקרה זה מדד הבריאות של אלמוגים באתר הוא ממוצע אחוז הרקמה החיה באלמוגים חיים בכל חתך כפי שנמדדו בעזרת סרט המדידה (ז"א, מספר החזרות שווה למספר החתכים ולא למספר מושבות האלמוגים). מדדי בריאות האלמוגים כפי שנמדדו בעזרת סרט המדידה גבוהים בכ-10% מהמדדים המחושבים מהאומזן הויזואלי הכולל את כל שטח המושבה (איור 1ז).



איור 1ז: מדד הבריאות של אלמוגים באתרים השונים בשנת 2006: הערך המוערך מכלל שטח המושבה כנגד הערך המדוד לאורך סרט המדידה.

Figure G1: The estimated coral health index (HI) for 2006 based on the entire area of colonies versus the measured value along the line transects.

ההפרש בין שיטת האומזן 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 כבר 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.

חלוקה א	אחוז הרקמה החיה	אחוז מכלל המושבות
	0-50	10
	51-99	26
	100	64
חלוקה ב	אחוז הרקמה החיה	אחוז מהמושבות
	0-49	24
	51-99	76

טבלה ז3: חלקם היחסי של קבוצות בריאות (אחוזי רקמה חיה) מכלל מושבות האלמוגים. רובן הגדול של מושבות האלמוגים שנסקרו בעלות שטח רקמה חיה גדול משטח הרקמה המתה. חלוקה א: התפלגות כלל המושבות לקטגוריות הרשומות; חלוקה ב: מושבות בהן אחוז הרקמה החיה 50%-100% הוצאו מהמדגם (ראה למטה).

**Table G3: The fraction of colonies of various "health groups" (i.e. percent live tissue). The vast majority of the studied colonies have more healthy tissue than dead tissue. Top: percentage of the various health groups out of the total; Bottom: percentage excluding colonies with 50% and 100% live tissue, see discussion below.**

לפיכך נראה כי ההבדל בין התוצאות המתקבלות בשתי השיטות נובע ממגבלות המדידה לאורך הסרט: סקר לאורך קו (line transect) סובל מהטיה כנגד שטחים קטנים. כאשר גופים בעלי שטח שונה מפוזרים באופן אקראי במרחב וסקר מבוצע על ידי פריסה אקראית של קו, לגופים בעלי שטח גדול הסתברות גדולה יותר להיכלל בסקר (Zvuloni et al., Submitted to Ecology). 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 מנפיעותם היחסית האמיתית.

נובע מכך שחישוב מדד הבריאות מתוך התוצאות המדדיות 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.

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 הבריאות המבוסס על אומדן 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 5-IUI 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.

לסיכום:

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. ההדירות הטובה של אומדן מדד הבריאות באתרים השונים ולאורך השנים מקנה ביטחון באמינות השיטה.
3. לצורך מעקב אחר שינויים בזמן, שיטה עליה חוזרים מדי שנה, אף אם היא לוקה במגבלות קבועות, תיתן תמונה אמינה של השינויים בזמן.

4. 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.
5. אומדן בריאות האלמוגים לאורך השנים מציג תמונה של ירידה מובהקת בבריאות מושבות אלמוגים חיות בחופי אילת.
6. האתר בו בריאות האלמוגים נמוכה ביותר (כעולה מתוצאות שתי השיטות) הוא אתר הגנים היפנים בעומק חמישה מטרים.
7. התמונה המתקבלת ממדד בריאות האלמוגים עשויה להיות ורודה מהמציאות מכיוון שהיא מתחשבת במושבות אלמוגים קטנות.

## 4.2: דו"ח ביניים מחקר רעיית אצות ישיבות בשמורת חוף אלמוג

**המחקר הוזמן וממומן על ידי רשות הטבע והגנים תודות לאבי גדליה מנהל שמורת חוף אלמוג ולדוד זכאי ביולוג מפרץ אילת, רשות הטבע והגנים**

### מטרה

הבנת קצבי התיישבות אצות צמודות מצע וגידולן, זיהוי הרועים העיקריים ותפקידם בויסות גידול האצות.

### שיטות

בדומה לניטור הרב-שנתי הנערך באתר המעבדה הימית (ראה למעלה) הוכנסו מערכים של לוחיות חשופות ומוגנות בצפון שמורת חוף אלמוג ובדרומה, בשלושה עומקים: בלגונה, בקדמת השונית בעומק 5 מטרים ובעומק 20 מטרים. כל לוחית שוהה בים במשך חודשיים כאשר מדי חודש מוחלף צמד לוחיות (חשופה ומוגנת) מכל מערך (שלושה מערכים בכל עומק). ריכוז כלורופיל  $a$  בלוחיות נמדד בדומה למתואר בפרק השונית. בנוסף לכך הוכנסו בכל עומק מערכי לוחיות שישמשו לזיהוי וסיווג סוגי ומיני האצות (על ידי ד"ר ישראל אלוורו מחקר ימים ואגמים לישראל), ומערכים אשר ישמשו למדידת ביומסה של האצות לצורך בדיקת המתאם ריכוז כלורופיל-ביומסה. האצות על מערכים אלה יחולקו לשניים, חלק אחד ישמש למדידת ריכוז כלורופיל והחלק השני לאומדן הביומסה באמצעות משקל יבש ושריפה.

בעקבות מחקר זה הוכנסו מערכי לוחיות דומים לעומקים 50 מטרים ו-65 מטרים, כחלק ממחקר הנערך על ידי ערן ברוקוביץ (תלמיד לתואר שלישי). מטרת מחקר זה השוואת מצב האצות והרעייה בעומק למתרחש באזור השונית הרדודה. צוות הניטור שותף פעיל גם במחקר זה, ותוצאותיו יכללו בסיכום המחקר הנוכחי.

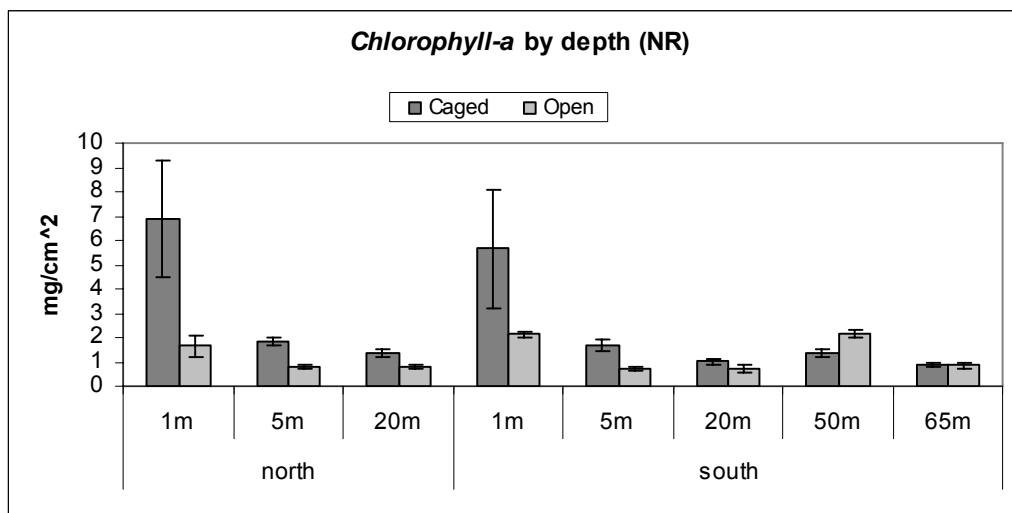
בנוסף לסקרים השגרתיים בשמורה בוצעו סקרים של רועים חסרי חוליות גם בלגונה וסקרים של דגים רועים בעזרת צילומי וידאו רציפים (במשך שבוע) של שטחי שונית בשמורה (בלגונה ובעומק 5 מטרים).

### תוצאות ביניים

המחקר החל בחודש מאי 2006 וטרם הסתיים – מתוכנן לכלול מחזור עונתי של שנה שלמה. ולפיכך התוצאות המובאות להלן אינן סופיות וסיכום הממצאים חלקי. דיווח מלא על מחקר זה ותוצאותיו יוגש לרשות הטבע והגנים עם סיום העבודה וצפוי להיכלל בדו"ח הניטור של השנה הבאה (2007). להלן מובא סיכום ביניים אשר מתרכז בעיקר בהתיישבות וגדילת האצות על גבי לוחיות ההתיישבות.

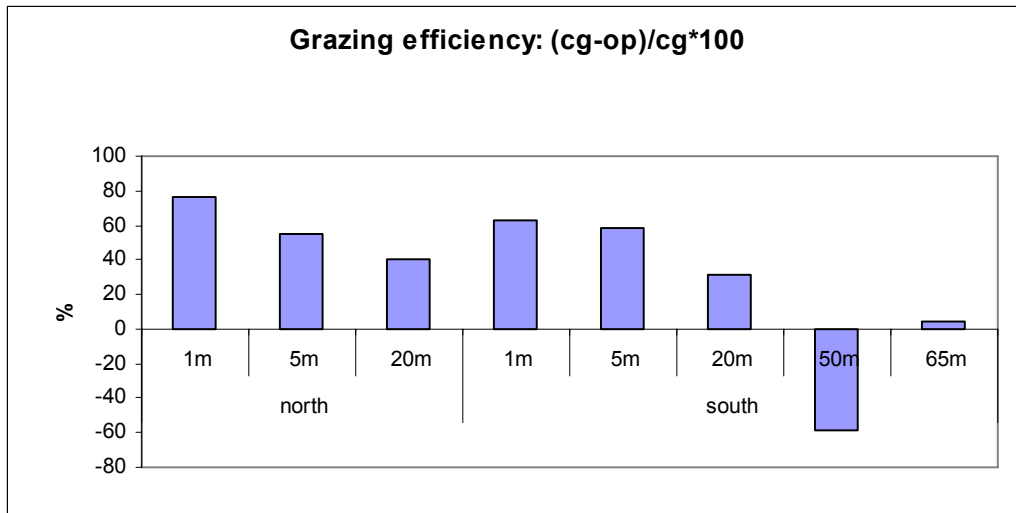
1. לא נמצא הבדל משמעותי בין אתר השמורה הדרומי (הסגור למבקרים) ובין אתר השמורה הצפוני (הפתוח למבקרים) מבחינת גידול האצות ויעילות הרעייה (איור 2ז).
2. בין לוחיות ההתיישבות החשופות ללוחיות המוגנות על ידי כלוב נמצא הבדל ניכר בריכוז כלורופיל  $a$ , הבדל המיוחס לפעילות רעייה (איור 3ז).
3. בהשוואה בין העומקים נמצא כי בלגונה קיים פוטנציאל הגידול הגדול ביותר (ריכוז כלורופיל על גבי הלוחיות המוגנות), ושם גם ההפרשים הגדולים ביותר בערכי כלורופיל בין הלוחיות המוגנות לחשופות – עדות לכך שרעיית אצות בלגונה יעילה במיוחד.
4. בין החודשים נמצאו הבדלים גדולים בפוטנציאל הגידול (לוחיות מוגנות) אולם בכל המקרים באתרים הרדודים מ-50 מטרים נראה כי הרעייה (לוחיות חשופות) מורידה את כמות האצות הקיימות באופן ניכר. גם בערכי הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות ישנם הבדלים בין החודשים עובדה המעידה על גמישות המערכת בזמן.

5. ריכוזי הכלורופיל על גבי הלוחיות מן העומקים הגדולים (50 ו-65 מטרים) אינו עוקב אחר ההתנהגות שנצפתה בעומקים הרדודים יותר. בעומק 50 מ' נמצא ריכוז גבוה יותר של כלורופיל על הלוחיות החשופות, ונראה כי בעומקים הגדולים יעילות הרעייה נמוכה (איור 3ז). הגורם המגביל גידול אצות בעומק עשוי להיות כמות האור.
6. במדידות ראשונות המשוות ריכוז כלורופיל לכמות אצות (משקל יבש, ומשקל לאחר שריפה) נמצא כי ריכוז הפיגמנטים באצות מן העומק גבוה הרבה יותר. לפיכך נדמה כי השוואה ישירה בין ריכוזי הכלורופיל באתרים העמוקים לאתרים הרדודים אינה מהווה אינדיקציה טובה להבדלי ביומסה בין העומקים. ניסויים נוספים ינסו לקבוע יחס של כלורופיל – ביומסה באופן שיאפשר השוואת הביומסה וקצבי הגידול בין העומקים באמצעות ריכוזי הכלורופיל.
7. מניטור רועים חסרי חוליות במסגרת תכנית הניטור הלאומית במפרץ אילת נראה כי במהלך 3 השנים האחרונות חלה ירידה במספר קיפודי הים, אולם יש להתייחס בזהירות לממצא זה מכיוון ששיטת הסקר שונתה השנה על מנת לכסות שטח רב יותר (ראה למעלה).
8. בלגונה נמצא ריכוזי הדגים הרועים הגדול ביותר, אך ריכוזי הקיפודים שם אינו הגדול ביותר. יחד עם זאת יעילות הרעייה בלגונה היא הגבוהה ביותר (ראה סעיף 3) ומכך ניתן ללמוד שלדגים הרועים תפקיד חשוב בויסות גידלתן של אצות צמודות מצע בשונית.
9. הדגים הרועים העיקריים הם נתחנים ותוכינונים (*Scaridae, Acanthuridae* בהתאמה).
10. עד כה זוהו כ-8 קבוצות של אצות, אשר מאפיינות את כל העומקים ואת שני האתרים. נראה כי רועי השונית מעדיפים את הסוגים הבשרניים "*Centroceros*", "*Gracilaria*".



איור 2ז: ריכוזי כלורופיל ממוצעים (נתוני החודשים מאי-נובמבר 2006) מלוחיות ההתיישבות באתרי שמורת חוף אלמוג בהם נערך המחקר. בצבע כהה נתוני הלוחיות המוגנות מרעייה על ידי כלוב מתכת, ובצבע בהיר הלוחיות החשופות לרעייה. מערכי לוחיות הוצבו בעומקים 1 מ' (לגונה), 5 מ' ו-20 מ' בצפון ובדרום השמורה, ובעומקים 50 מ' ו-65 מ' בדרום השמורה בלבד.

**Figure G2: Average concentrations (from May to November) of chlorophyll-a from settlement plates at the Hof-almog nature reserve (NR). Dark columns are data from the caged plates (protected from grazers) and light columns are exposed plates. Plate arrays were placed at depths of 1m (lagoon), 5m and 20m in the northern and southern parts of the reserve, and at 50m and 65m in the southern part.**



איור 3: יעילות הרעייה על אצות ישיבות בשונית המחושבת כהפרש ריכוז הכלורופיל בין לוחיות מוגנות (פוטנציאל) ולוחיות חשופות (שארית לאחר רעייה) מנורמל לפוטנציאל הגידול, ונתונה באחוזים.

**Figure G3: Grazing efficiency at the studied sites, given as the difference between *chlorophyll-a* concentrations on caged (potential growth) versus exposed (post-grazing) plates normalized by the growth potential and given in percent. Highest grazing was found at the lagoon and it is lowest at the deep sites. At 50m *chlorophyll-a* concentrations on the exposed plates was higher than on the caged plates.**



### 3.ז: פעילות צוות הניטור

טבלה 4ז: פעילות צוות הניטור בשנת 2006. מסוכמת.

Table G4: Timetable of the NMP monitoring activities during 2006.

תאריך וסוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום 17 שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים 32 pH 32 חמצן, אלקלניות, 16 כלורופיל, 32 FACS	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
2 ינואר 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
16 ינואר 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 השוונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
17 ינואר הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF	78 נוטריינטים, 78 39 pH, 62 חמצן, אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 40 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
ינואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
3 פברואר 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
4 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
פברואר דיגום 17 שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים 32 pH 32 חמצן, אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	טניה, מוריאל, ענבל, יוני
פברואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני

ענבל, יוני	2 צלילות יום עבודה	צלילה להדבקת וסידור הנקודות הקבועות בחוף הצפוני	צלילה לנקודות הקבועות בחוף הצפוני	8-9 פברואר צלילה לנקודות הקבועות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	8	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	116 נוטריונטים, pH 62, 58 חמצן, אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, FACS 40	19 פברואר הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	6	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונטים, pH 16, 16 חמצן, אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	20 פברואר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, מוריאל, יוני, ענבל, ניצן	1 שבוע עבודה	אנליזות ועיבוד נתונים	אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים	21-28 פברואר אנליזות ועיבוד נתונים
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריונטים, pH 32, 32 חמצן, אלקלניות, 16 כלורופיל	מרץ דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
ענבל, יוני	2 יומי עבודה	2 צלילות בשמורה	צלילות בשמורה הפתוחה ובשמורה הסגורה	9-10 מרץ צלילות להצבת ניסוי התיישבות אצות בנתוניות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונטים, pH 16, 16 חמצן, אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	20 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנה עמוקה B והשוואתה לתחנות הקבועות (A, OS)	116 נוטריונטים, pH 62, 58 חמצן, אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, FACS 63	21 מרץ הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: OS, A, B, NRR, FF
צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	29 מרץ צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלווארומטר, הזנת הנתונים למחשב	30 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריונטים, pH 32, 32 חמצן, אלקלניות, 16 כלורופיל	אפריל דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות

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
2 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השוונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
3 אפריל הפלגה לתחנות: OS, A FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
8 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הפתוחה	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה עבודה במעבדה: ענבל
9 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הפתוחה קריאת כלורופיל	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלוורומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, ניצן
10 מאי קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלוורומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל, ניצן
מאי דיגום 10 שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
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
16 מאי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השוונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי
17 מאי הפלגה לתחנות: OS, A NRR, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
23-24 מאי צלילת לילה דיגום חסרי חוליות בלגונה	ספירת חסרי חוליות בחתך חגורה בשמורה הסגורה שבחוף אלמוג	סקר חברת חסרי חוליות בלגונה של השמורה הסגורה	3	טניה, ניצן, יוני, ענבל

ענבל, טניה	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של	שש לוחיות	30 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	31 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 48 חמצן, pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	יוני דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
טניה, ניצן, יוני	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	עבודה על 18 לוחיות	6 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות באתר השמורה הסגורה
ניצן, יוני	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	עבודה על 18 לוחיות וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	7 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות באתר השמורה הסגורה
טניה, ענבל, מוריאל, מוטי, יוני	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	11 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	12 יוני הפלגה לתחנות: OS, A, FF
ענבל, יוני	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות	28 יוני צלילה להוצאת שש לוחיות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	29 יוני
טניה, מוריאל, ענבל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 48 חמצן, pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	יולי דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	יולי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי

ענבל, ניצן	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	4 יולי צלילות חתכים בשונית
מוריאל, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות	2 יולי צלילה להוצאת שש לוחיות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הזנת הנתונים למחשב	3 יולי
יוני, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	4 יולי צלילה להוצאת 18 לוחיות
יוני, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	5 יולי צלילה להוצאת 18 לוחיות
ניצן, יוני, ענבל	1	עיבוד נתונים	אנליזה ועיבוד נתונים	6 יולי אנליזה ועיבוד נתונים
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	10 יולי הפלגה לתחנות: OS, A, FF
טניה, ענבל, מוטי, מוריאל, יוני	5	השוואה בין התחנות השוונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	11 יולי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
ענבל, ניצן, יוני	2	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI	12 יולי צלילות חתכים בשונית
ענבל, ניצן, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	13 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	16 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והזנת הנתונים למחשב	17 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה, יוני	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה ובקצא"א והזנת הנתונים למחשב	18 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה, יוני	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והזנת הנתונים למחשב	19 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה, יוני	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והזנת הנתונים למחשב	20 יולי צלילות חתכים בשונית

ניצן, ענבל	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והזנת הנתונים למחשב	23 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א והזנת הנתונים למחשב	24 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א והזנת הנתונים למחשב	25 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל	1 יום עבודה הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	עיבוד נתונים במחשב	26 יולי הזנת נתונים
ניצן, ענבל	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה והזנת הנתונים למחשב	27 יולי צלילות חתכים בשונית
ניצן, ענבל	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה והזנת הנתונים למחשב	30 יולי צלילות חתכים בשונית
יוני, ניצן, ענבל	1	עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	31 יולי עיבוד נתונים
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 32 pH 32 חמצן, אלקלניות, 16 כלורופיל	אוגוסט דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אוגוסט דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל, ניצן עבודה במעבדה: ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות	1 אוגוסט צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	2 אוגוסט בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל, ניצן, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה והזנת הנתונים למחשב.	3 אוגוסט צלילת חתכים בשונית
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	5	השוואה בין התחנות השוניות	24 נוטריינטים 16 pH 16 חמצן, 8 מליחות אלקלניות, 8 כלורופיל, 8 FACS	6 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 39 pH 62, אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	7 אוגוסט הפלגה לתחנות: OS, A, FF

ניצן, רות	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	8 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות
ניצן, רות	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	9 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות
ענבל, ניצן, רות	5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 דוגמאות כלורופיל הצבת מצלמות בלגונה	10 אוגוסט קריאת כלורופיל הכנסת מצלמות בלגונה
אמציה, ענבל, ניצן, רות	1 יום עבודה		הצבת מצלמה	13 אוגוסט פרוייקט כימות קצב גידול אצות
ענבל, ניצן, טניה, רות	צלילת לילה	סקר חסרי חוליות	ספירת חסרי חוליות בלגונה	15-16 אוגוסט צלילות חתכים בלגונה
ענבל, ניצן, טניה	2 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בגנים יפנים ובקצא"א והזנת הנתונים למחשב.	21-22 אוגוסט צלילות חתכים בשונית
טניה, ענבל, מוריאל, ניצן	1 שבוע עבודה	אנליזה ועיבוד נתונים	אנליזת דוגמאות	20-24 אוגוסט עיבוד נתונים וצילומים
ענבל, ניצן, ערן	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת פלטות התיישבות מעומקים 50-65	27 אוגוסט בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
צלילה: ענבל, רות עבודה במעבדה: ענבל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות מיקום מצלמה	29 אוגוסט צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות מיקום חדש למצלמה בלגונה
ענבל, ניצן, רות	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית סקר חברת חסרי החוליות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב חתכי חסרי חוליות בלגונה	30 אוגוסט בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות שנרקול לילה לספירת חסרי חוליות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	ספטמבר דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	ספטמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
ענבל, מוריאל, יוני, רות	3 שעות	סקר חברת חסרי חוליות בשונית של השמורה הסגורה	ספירת חסרי חוליות בחתך הגורה בשמורה בעומק 5 מ'	3 ספטמבר צלילת לילה בשמורה

5 ספטמבר צלילה בשמורה מיקום המצלמה ב 5 מ'	צילום דגים בשמורה	ספירת דגים רועים בשמורה	0.5	אמציה, ניצן, רות, ענבל
10 ספטמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישובות	הוצאת פלטות התיישובות מעומקים 5,20,50,65 מ' בשמורה הסגורה והפתחה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, ניצן, ערן
11 ספטמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישובות	הוצאת פלטות התיישובות מעומקים 20,5 מ' בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, ניצן
12 ספטמבר צילום דגים רועים	הצבת המצלמה בנקודה חדשה	ספירת דגים רועים בשונית	1	רות, ענבל, ניצן
14 ספטמבר צלילה להוצאת ליבת סדימנט	צלילה בכלובים הוצאת ליבת סדימנט	בדיקת חומר אורגי	1	יוני, ענבל
18 ספטמבר הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: OS, A, B, FF	116 נוטריינטים, 116 חמצן, pH 62, 58 אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, FACS 63	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל
25 ספטמבר צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית ב- IUI	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל, ניצן, יוני
27 ספטמבר צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית בנסיכה	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ניצן, יוני
28 ספטמבר צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית בדקל	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ניצן, יוני
אוקטובר דיגום זו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	טניה, מוריאל, ענבל, יוני
אוקטובר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
3 אוקטובר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישובות אצות בנתוניות	הוצאת שש לוחיות התיישובות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	יום עבודה	טניה, ניצן



4 אוקטובר צלילה לצילום ריבועים קבועים	צלילה לצילום ריבועים קבועים בשונית בשמורה	1	צילום נקודות של ריבועים קבועים בשונית בשמורה	יוני, ניצן
5 אוקטובר צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים IUI, הזנת הנתונים למחשב.	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ניצן, טניה
8 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	1 יום עבודה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	טניה, יוני
9 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	1 יום עבודה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	טניה, ניצן, רועי
10 אוקטובר צלילה לצילום ריבועים קבועים	צלילה לצילום ריבועים בקצא"א	1	צילום נקודות של ריבועים קבועים בשונית בקצא"א	יוני, ניצן
11 אוקטובר צלילה לצילום ריבועים קבועים	צלילה לצילום ריבועים קבועים בשונית חוף הצפוני	1	צילום נקודות של ריבועים קבועים בשונית בחוף הצפוני	יוני, ניצן
16 אוקטובר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	48 נוטריינטים 32 pH 32, אלקלניות, 16 כלורופיל, FACS 8	5	השוואה בין התחנות השונות	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
17 אוקטובר הפלגה לתחנות: OS, A, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	טניה, ענבל, מוריאל
22 אוקטובר איסוף סדימנט	צלילה בשמורה הסגורה לאיסוף דוגמאות סדימנט	1	איסוף ליבות של סדימנט	יוני, ענבל
24 אוקטובר איסוף סדימנט	צלילה בשמורה הסגורה לאיסוף דוגמאות סדימנט	1	איסוף ליבות של סדימנט	יוני, ענבל
נובמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
1 נובמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	צלילה: טניה, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
2 נובמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	ענבל
5 נובמבר צלילה לאיסוף סדימנט	צלילה בדקל לאיסוף ליבות עם סדימנט	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט	יוני, ענבל
6 נובמבר צלילה לאיסוף סדימנט	צלילה בנסיכה לאיסוף ליבות עם סדימנט	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט	יוני, ענבל

7 נובמבר	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל
8 נובמבר	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל
9 נובמבר	ציליה בקצא"א לאיסוף ליבות עם סדימנט	בדיקת חומר אורגני בסדימנט	2	טניה, ענבל
12 נובמבר	ציליה בכלובים לאיסוף ליבות עם סדימנט	בדיקת חומר אורגני בסדימנט	0.3	יוני, ענבל
12 נובמבר	צילית לילה חתכי חגורה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	מוריאל, ענבל, יוני, מארק
13 נובמבר	ניתוח צילומים במחשב	ניתוח נקודות קבועות	1 חודש	ניצן
19 נובמבר	הפלגה לתחנות: OS, A, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	10	טניה, ענבל, מוריאל
20 נובמבר	דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	48 נוטריינטים 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל, FACS 8	5	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
21-30 נובמבר	אנליזה וניתוח נתונים	ניתוח נתונים	1 שבוע עבודה	טניה, מוריאל, ענבל, ניצן, יוני
דצמבר	דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	8	טניה, מוריאל, ענבל, יוני
דצמבר	דיגום יומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
4 דצמבר	ציליה בחוף הצפוני לאיסוף ליבות עם סדימנט	בדיקת חומר אורגני בסדימנט	3	יוני, טניה
11 דצמבר	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל
12 דצמבר	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הצפונית	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל

טניה, ענבל, מוריאל	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	13 דצמבר הפלגה לתחנות: OS, A FF
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 24	14 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
יוני, ניצן, טניה, מוריאל, ענבל	1 שבוע עבודה	עיבוד נתונים	אנליזות ועיבוד נתונים	17-31 דצמבר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים
צלילה: טניה, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	2	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	26 דצמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	27 דצמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות