

תכנית הניטור הלאומית בצפון מפרץ אילת במימון המשרד לאיכות הסביבה

דו"ח שנתי מסכם - 2003

מוגש על ידי

פרופ' אמציה גנין, מנהל תכנית הניטור
ג'ק סילברמן, מנהל צוות הניטור

צוות הניטור (סדר אלפבתי):

ענבל איילון
מוריאל דרי
משה לזרוביץ'
ג'ק סילברמן
טניה ריבלין
רחמים שם-טוב (אחראי בסיס נתונים)

ראשי התחומים (סדר אלפבתי):

פרופ' יוסי לוייה, אונ' תל אביב, רמת אביב
פרופ' בעז לזר, האונ' העברית, ירושלים
פרופ' אנטון פוסט, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים, אילת

אילת, 24 פברואר 2004



תוכן עניינים

4	א. תקציר
7	English Abstract
10	ב. שונית האלמוגים
10	ב.1. סקר חברת השונית
16	ב.2. ניטור קצבי הגיוס, גידול ותמותה של אלמוגים ובע"ח אחרים בריבועים קבועים
19	ב.3. רביית אלמוגים
23	ב.4. התפקוד המטבולי של שונית האלמוגים
28	קצבי תפקוד מטבולי
30	ב.5. מדידות מינימום מקסימום
31	תוצאות ומסקנות
38	ב.6. קצב גידול מאקרואצות בשונית
43	ב.7. ניטור ויזואלי של סביבת השונית
44	ג. מים וקרקעית בקרבת החוף
44	ג.1. דיגום חופי
52	ג.2. תכולת חומר אורגאני בסדימנט
56	ד. מים פתוחים
56	ד.1. הקדמה
57	ד.2. תוצאות פרופילים של טמפרטורה ומליחות
69	ד.3. תוצאות מדידות כימיות וביולוגיות בפרופילים האנכיים
69	חמצן
70	pH
70	ניטריט
71	ניטראט
71	פוספט
72	סליקה
72	כלורופיל
85	ד.4. דיון במגמת העלייה במאגר הנוטריינטים במים העמוקים
86	ד.5. ספירת אוכלוסיות הפיטופלנקטון
91	ד.6. יצרנות ראשונית
93	ד.7. זואופלנקטון
100	ה. מדידות רציפות
100	ה.1. כלורופיל
101	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

102	ה.3. מדידות אוטומטיות רציפות
102	ה.3.1. CTD בשונית
103	ה.3.2. מדידות זרמים
106	ה.3.3. תחנת מזג אויר
111	ו. בסיס הנתונים
113	ז. נספחים
113	נספח 1: רשימת הנתונים הגולמיים המצורפים ב CD
113	נספח 2: דו"ח פעילות צוות הניטור בשנת 2003

א. תקציר

רקע:

הדוח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת מספטמבר 2002 ועד נובמבר 2003. הדו"ח מחולק לפרקי העבודה השונים ומציג את הנתונים המעובדים. עבור כל פרק ניתן תיאור קצר של שיטות המדידה, איורים, טבלאות, דיון ומסקנות. בחלק מפרקי העבודה ניתן היה להשוות את התוצאות מתקופת הניטור הנוכחי לאלו משנים קודמות ולאתר מגמות. בחלקים אחרים תוצאות הניטור מדווחות לראשונה ולכן הן אינן בנות השוואה לעבר. הנתונים הגולמיים מצורפים לדו"ח זה בקבצי נתונים הצרובים על גבי תקליטור. בנוסף לכך, מצורפים נספחים המתארים את עבודת צוות הניטור במהלך התקופה הנ"ל.

ממצאים עיקריים

1. משטר הזרימה בחוף הדרומי היה דומה לזה שתועד בשנים עברו למעט תופעה בלתי רגילה אחת: איחור של מספר שבועות בהיפוך הזרם מזה שכיוונו לצפון לזה שכיוונו לדרום. היפוך שכזה אשר בשנים 1989 עד אמצע שנות ה-90 התרחש בתחילת פברואר, התרחש השנה בחודש מרץ (איור 81). יתכן שאיחור זה קשור (כגורם מונע או מניע) לאנומליה בטמפרטורת המים כמפורט להלן.

2. בחורף 2003 טמפרטורת המים הייתה חמה יחסית (אנומליה של כ $+1.5^{\circ}\text{C}$ בין ינואר למרץ 2003, איור 79), הערבוב היה רדוד (350 מ', איור 35) ו"פריחת" הפיטופלנקטון באביב הייתה חלשה (איור 77), כצפוי בחורף חם שכזה. ערכי טמפרטורת המים בתחילת החורף היו הגבוהים ביותר שנמדדו בעונה זו מאז תחילת ניטורם לפני 16 שנה. מאידך, עומק הערבוב ופריחת הפיטופלנקטון ב-2003 לא חרגו מהערכים הקיצוניים שנמדדו מאז 1988. בהמשך השנה (אביב, קיץ וסתיו) לא חרגה טמפרטורת המים מערכי טווח המינימום-מקסימום שנצפו בשנים עברו. חורף חם ומיעוט פיטופלנקטון בעמודת המים הינם תנאים סביבה מועדפים לאלמוגים.

3. סקר חברת השונית (אחוז כיסוי האלמוגים וסוגי המצעים – ראה איורים 1,2) הצביע על ערכים דומים לאלו שנמדדו בשלוש השנים שעברו. יש להדגיש כי התייצבות זו בשנים האחרונות הינה בערכי כיסוי ושפיעה נמוכים בעשרות אחוזים בהשוואה לאלו שתועדו באותם אתרים ע"י פרופ' י. לוייה בשנות

השבעים והשמונים. כיסוי דליל יחסית של אלמוגים, הדומה לזה שבחוף אלמוג, נמצא גם בחוף קצא"א שהוא חוף סגור למבקרים וצוללנים.

4. התפקוד המטבולי של שונית האלמוגים בחוף אלמוג מצביע על מגמת ירידה בקצב הקלסיפיקציה (בניית שלד גירני) יחסית לזו שנמדדה ב- 2000-2002. ירידה זו נצפית כאשר קצב השקעת הגיר הנמדד מושווה לזה הצפוי בתנאי דרגת הרוויה של ארגוניטי במי הים. מכיוון שכיסוי האלמוגים בשונית לא השתנה בשלוש השנים האחרונות (ראה סעיף 3 לעיל), יתכן שהירידה הנצפית בקלסיפיקציה נבעה מירידה בשיפעתם של יצורים אחרים הבונים שלד גירני (רכיכות, חורריות, אצות גירניות, ועוד) ו/או עקה פיזיולוגית כלשהי אשר גורמת להאטת השקעת השלד באלמוגים (שהם הדומיננטיים מבין משקיעי הגיר בשונית).

5. פוטנציאל הגידול של אצות "בנתוניות" (מאקרו-אצות הגדלות על הקרקעית) בשונית האלמוגים עלה באופן חד מ- 1998 עד שנת 2000-2001 ומאז נשארה רמתו גבוהה (איורים 21,23). שינוי שכזה מעיד בד"כ על עלייה ברמת הנוטריינטים אשר תועדה במדידות הישירות (ראה להלן). עם זאת תפקודם היעיל של אוכלי האצות (דגים, קיפודי ים, וכד') מנע את מימושו של פוטנציאל גידול האצות ובזכות רעייה זו לא הייתה עלייה מובהקת בשפעת האצות בנתוניות בשונית בשבע השנים מאז החל ניטור פרמטר זה (איור 23).

6. אחוזי החומר האורגאני בקרקעית החולית הולך ועולה מטאבה לכוון החוף הצפוני (איור 34א). תכולה אורגאנית גבוהה (כ - 2%), אשר בשנת 1999 נמצאה כמותה רק בחוף הצפוני (איור 34ג), נמצאה ב- 2003 בכל האזור שמהחוף הצפוני ועד חוף הדקל עם עלייה משמעותית גם בחוף אלמוג (איור 34ב). שני גורמים יכולים ליצור מפל ריכוזים שכזה: העשרה אורגנית בחוף הצפוני ו/או מפל מקביל בגודל הגרגר (גדול יותר בדרום). ניסויים ייעודיים אשר מטרתם להבחין בין שני התהליכים מתוכננים להתבצע במסגרת הניטור בקיץ 2004. עם זאת, העלייה שנצפתה בריכוז החומר האורגאני בין 1999 ל- 2003 והתפשטותה דרומה מעידים על העשרה אורגנית אזורית רב שנתית, כפי שמעידות מדידות אחרות בדו"ח זה (ראה להלן סעיפים 8,9).

7. העלייה הרב שנתית בחומציות המים (ירידה ב-pH) שנצפתה לאורך קו החוף בתקופת השיכוב (מאי-אוקטובר) מ- 1997 ועד שלהי 2002 (איור 28) ושעליה דווח בדו"ח הביניים, נבלמה ב- 2003. בשנה זו היו דומים ערכי ה-pH לאלו שנצפו בשנת 2000 דבר המעיד על התאוששות מטבולית בשונית בקיץ 2003. התאוששות זו קשורה כנראה לאנומליה החמה של מי השטח ובעומק הערבוב הרדוד בחורף

הקודם.

8. ערכי היצרנות הראשונית במים הפתוחים של צפון המפרץ ב- 2003 היו גבוהים במידה ניכרת מאלו שנמדדו בשלהי שנות התשעים (פרק 6.ד). סביר להניח שמגמה זו, בדומה לזו שנצפתה בפוטנציאל הגידול של מקרו-אצות בנתוניות, נובעת מהעלייה המתמשכת במאגר הנוטריינטים במימי המפרץ, כמפורט להלן.

9. נמצאה מגמת עלייה רחבת היקף בכמות הנוטריינטים (חנקן וסיליקה) בעמודת המים בלב המפרץ, עלייה המגיעה לפחות עד גבולה הדרומי של ירדן. כמות החנקן ליחידת שטח (אינטגרל על פני עמודת המים) בים הפתוח גדלה מאז 1997 פי 2.2, בעוד שכמות הסיליקה גדלה בשיעור קטן יותר (פי 1.8). אם ההעשרה בנוטריינטים הייתה ממקור טבעי (לדוגמא, התחזקות התהליכים המעלים מי עומק בים סוף), לא היינו מצפים לראות מגמת שינוי רב-שנתית ביחס N:Si. קיומו של שינוי שכזה מעיד על תרומה ממקור (או מקורות) חיצוניים אשר יחס N:Si בהם גבוה יחסית לזה שבים. מצד שני, ייתכן שהעלייה הנצפית בסיליקה הינה תהליך טבעי העוקב אחר העלייה (האנתרופוגנית) בחנקן (ראה דיון בנושא בפרק 4.ד). מדידות ברזולוציה גבוהה של פרמטרים הרגישים לריכוזי נוטריינטים (קצב יצרנות ראשונית, ריכוזי נוטריינטים ותכולה אורגנית בסדימנט) מעידות על מיקום מקור ההעשרה באזור הצפוני של המפרץ.

מסקנות והמלצות

1. העובדה שמגמות שינוי תועדו בחמישה פרמטרים שונים אשר מדידותיהם אינן תלויות זו בזו מבחינה אנליטית (עלייה בריכוז הנוטריינטים, עליה בפוטנציאל הגידול של אצות בנתוניות בשונית האלמוגים, עליה באחוז החומר האורגאני בקרקעית, עליה ביצרנות הראשונית בעמודת המים וירידה ב-pH במים הסמוכים לחוף מ- 1997 עד שנת 2002), מחזקת את המסקנה בדבר קיומה המתמשך של מגמת איאטרופיקציה רחבת היקף, בת השפעות אקולוגיות רבות בצפון המפרץ. איאטרופיקציה שכזו הינה שינוי מהותי של איכות המים במפרץ המהווה, בין השאר, סכנה לשוניות האלמוגים.

2. לאור העדויות החותכות לקיומה של איאטרופיקציה מסיבית בצפון המפרץ, הננו מצרפים לדו"ח זה שתי המלצות אופרטיביות: (א) מניעת כניסת נוטריינטים למפרץ מכל המקורות הידועים כיום ובפרט מהחקלאות הימית. (ב) קביעת מידת התפשטותה דרומה של ההעשרה בנוטריינטים וקבלת אומדן כמותי על שטף הנוטריינטים ממקורות נוספים לזה של החקלאות הימית.

English Abstract

The following report describes in detail the work and finding of the monitoring program of the Northern Gulf of Eilat during the period September 2002 to November 2003. Every chapter includes a brief description of the methods used, results (charts and tables), discussion and conclusions. In a number of sections the results from the current program were compared with results from previous studies in order to identify trends in various parameters. However, in other sections, our results are reported for the first time and therefore could not be compared with past measurements. The raw data of all the measurements is to be found on the attached CD. Tables of the monitoring team activities are included in the appendix at the end of the report.

Major Findings

1. The current regime at the Southern shore of Eilat was similar to that observed in previous studies in all respects except for the timing of the reversal of the long-shore current (North to South). In the past (1989 to mid 1990's) this reversal would take place in February. However this year the reversal occurred in March (Figure 81). It is possible that this delay is somehow related (as a cause or effect) to the temperature anomaly described below.
2. In the winter of 2002-2003 the sea-surface temperature was relatively warm (+1.5°C anomaly during January-March, Figure 79), vertical mixing of the open-sea water column was relatively shallow (350 m, Figure 35) and the spring phytoplankton bloom was weak (Figure 77) as expected in mild winters. Water temperature at the beginning of the winter was the warmest ever observed throughout the 16 year record. In contrast, the mixing depth and phytoplankton bloom did not exceed any of the observations made since 1988. Surface water temperature during the rest of the year did not deviate from the maximal range of the multi-annual record. Warm water and low phytoplankton concentrations during the winter are considered to be favorable conditions for reef corals.
3. Community structure measurements of the coral reef (percent coverage of corals and different substrates; Figures 1 and 2) were similar to those observed throughout the past three years. It should be pointed, however, that this apparent steady state in coral coverage is substantially lower (tens of percent) than those documented by Prof. Y. Loya from Tel Aviv University during the 70's and 80's. The sparse coverage values

obtained at the Nature Reserve Reef (NRR), Almog Beach, is similar to those obtained at Katza Beach, which is totally closed off to the public.

4. The rate of community calcification of the NRR is comparatively lower than that measured throughout the period 2000-2002, when standardized by the water's level of saturation in aragonite. This decline may be indicative of a decrease in coral coverage (although no such decrease was found; see above), some physiological pressure on corals (e.g., disease), or a decline of other calcifying organisms at the reef (e.g. mollusks, calcareous algae).
5. The growth potential of benthic algae in the reef has grown steeply from 1998 through 2001 and has since remained at a high level (Figures 21, 23). Such a change is usually symptomatic of eutrophication as observed in direct measurements (see below). However, effective functional response by benthic grazers (e.g., fish, sea urchins) has so far prevented the realization of this potential and has prevented any significant changes in the biomass of benthic algae throughout the 7 years since the monitoring of this parameter started (Figure 23).
6. The percentage of organic matter in the sediment showed a large, monotonic increase from the Taba in the south to the North Beach (Figure 34a). High organic content (ca. 2%), which was to be found only in north shore sediments in 1999, is now apparent in sediments as far south as Dekel beach (Figure 34c), with relatively high values found also near the reef at Coral Beach (Figure 34b). Two probable causes can explain this gradient: (a) An increase of organic load in the water in the North Beach region. (b) A co-occurring gradient in grain size (larger grain size in the south). In order to clarify this issue it is necessary to design experiments, which will enable us to quantify the relative influence of these processes (input vs. aeration) on the spatial distribution of organic matter content in the sediments. Such experiments will be conducted during the summer of 2004. Nonetheless, the apparent increase in organic matter content in the sediments between 1999 and 2003 as well as expansion of high values further south bear witness to the multi annual cumulative increase in organic load on a regional scale as seen in other parameters (see below, sections 8,9).
7. The gradual increase in the surface water acidity (decrease in pH) in the coastal waters between 1997 and 2002, as well as the similar trend in the open-sea station during the stratified period (May-October), has reversed in 2003. This year, the pH values were similar to those measured prior to 2000. This reversal is likely a result of the relatively warm winter 2003 and shallow mixing in the 2002-2003 winter.
8. The rates of primary production measured in the open water column of the Gulf in 2003 were much higher than those obtained throughout the 1990's (Ch. 4 section 6).

This observation is most likely related to the concurrent eutrophication in the northern part of the Gulf as detailed below.

9. A significant increase in the pool of nutrients (dissolved inorganic nitrogen and silica) in the deep water column has been identified. This increase apparently spans throughout the northern section of the Gulf, as far south as the southern border of the Jordanian territorial waters at least (20 km from the northern shore of the Gulf), possibly beyond. The integrated amount of nitrogen in the water column (quantity per m^2 of sea surface), integrated between the sea surface to 680 m depth, has grown by a factor of 2.2 since 1997, while the amount of silica has risen only by a factor of 1.8. If the source of nutrients was natural, we would not expect to see changes in the ratio N:Si. This change may be indicative of an external source or sources of nutrients with a high N:Si ratio. On the other hand, the increase in Si may be the result of a natural process which follows the increase in N (see discussion in Ch. 4 section 4). High resolution measurements of parameters sensitive to eutrophication (primary production, nutrient concentrations, and organic matter content in sediments) indicate that a major source of nutrient enrichment is located in northern shore area of the Gulf.

Conclusions and recommendations

1. Measurements of five analytically-independent parameters (nutrient increase, growth potential increase of benthic algae in the reef, increase in organic matter content in the sediment, increase in primary production and decrease in coastal water pH throughout the period 1997-2002) indicated that the Gulf is undergoing a wide spread eutrophication with a multitude of ecological consequences. This process has caused a significant change in water quality, which poses among others a danger to the well-being of the coral reefs in this region.
2. In light of the irrefutable evidence pointing to the ongoing massive eutrophication process in the Northern part of the Gulf of Eilat, we submit two operative recommendations: (a) To prevent nutrient influx to the Gulf from any anthropogenic source known today, specifically from the fish cages. (b) To determine the southward extend of the eutrophication and to assess the magnitude of nutrient fluxes from sources other than the fish cages.

ב. שונית האלמוגים

ב.1. סקר חברת השונית

מצב שונית האלמוגים נבחן על ידי אומדן אחוז הכיסוי של אלמוגים חיים, גודלם ומצבם הבריאותי (% חיות של המושבה) כמו גם כימות השטח הפנוי להתיישבות. אומדן זה התקבל על-ידי מדידה של אחוזי הכיסוי של מצע קשה, מצע רך, אלמוגים חיים ושלדי אלמוגים לאורך חתכי דיגום. בנוסף נמדדו גודלם של האלמוגים, מצבם הבריאותי והימצאותם של חסרי חוליות אחרים בריבועי דיגום.

בחודש מרץ נדגמו שני אתרים: השונית מול המכון הבינאוניברסיטאי (IUI), בעומקים 5, 10 ו-15 מטרים והשונית בקצא"א, בעומקים 10 ו-15 מטרים. הדיגום נערך בצלילת SCUBA ע"י מוריאל דריי, טניה ריבלין וענבל אילון. תאריכי הדיגום: 11 - 16 במרץ.

השיטה בה השתמשנו בתחילה (עד מרץ 2003) כללה פרישת סרט מדידה באורך של 25 מ' בכל אחד מהעומקים, ובחירה אקראית של שלושה מקטעים של 5 מטרים כ"א לאורך הסרט. בכל ציר ערכנו מדידה אורכית של האלמוגים (וחסרי חוליות אחרים) תוך ציון מינם ומצבם הפיסיולוגי (בריא, פגוע, מת) ומדידת אורכם של כתמי מצע חולי ומצע סלעי חשוף מעליהם עבר סרט המדידה.

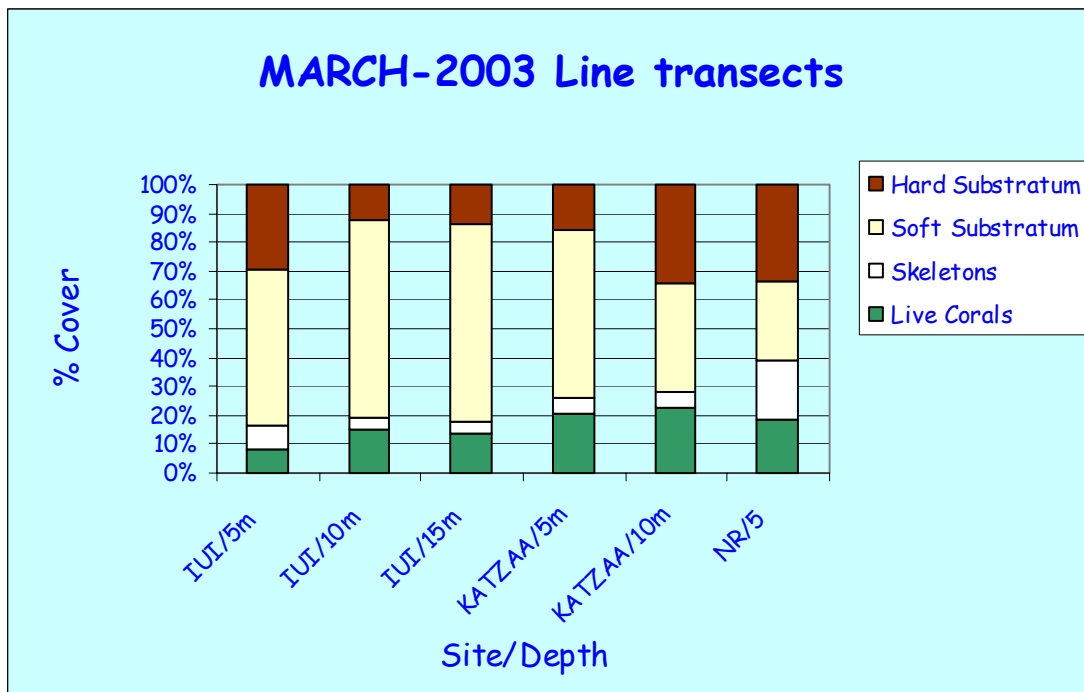
בנוסף למדידה לאורך החתך ביצענו גם דיגום בריבוע דיגום בגודל של 1 מ"ר אשר הונח בנקודה אקראית על פני אותו סרט מדידה. תועדו המינים השונים של האלמוגים ושל חסרי החוליות (כוכבי-ים, צדפות, חלזונות, ספוגים וכד') בכל ריבוע ומיני האלמוגים גם חולקו לקבוצות גודל אשר נקבעו מראש: 1 = קטן (1-5 ס"מ) = 2 בינוני (5-10 ס"מ) = 3 גדול (10-25 ס"מ) = 4 גדול מאוד (> 25 ס"מ). כמו כן נירשם המצב הפיסיולוגי של כל פרט (בריא, פגוע, מת).

בעקבות המלצת הוועדה המייעצת (מרץ 2003) הוחלט לשנות את אופן הדיגום כך שבכל עומק בכל אתר יידגמו 6 חתכים אקראיים באורך של 10 מ' כ"א (ולא 5 מ' כמקודם). בחודשים ספטמבר – נובמבר נדגמו בשיטה המעודכנת שני אתרים: השונית מול המכון הבינאוניברסיטאי (IUI), בעומקים 5, 10 ו-15 מטרים והשונית בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג (מצפון למצפה הימי) בעומק 5 מטר. הדיגום נערך בצלילת SCUBA ע"י מוריאל דריי, טניה ריבלין וענבל אילון. השונית מול המכון הבינאוניברסיטאי נדגמה ב 9-2

בספטמבר וזו שבשמורת חוף אלמוג ב-13 בנובמבר. סרט מדידה באורך של 100 מ' נפרש בכל אחד מהעומקים, ובאופן אקראי כל סוקר דוגם קטע של 10 מטרים רצופים לאורך הסרט. בכל עומק דגמנו 6 חתכים אקראיים של 10 מ'.

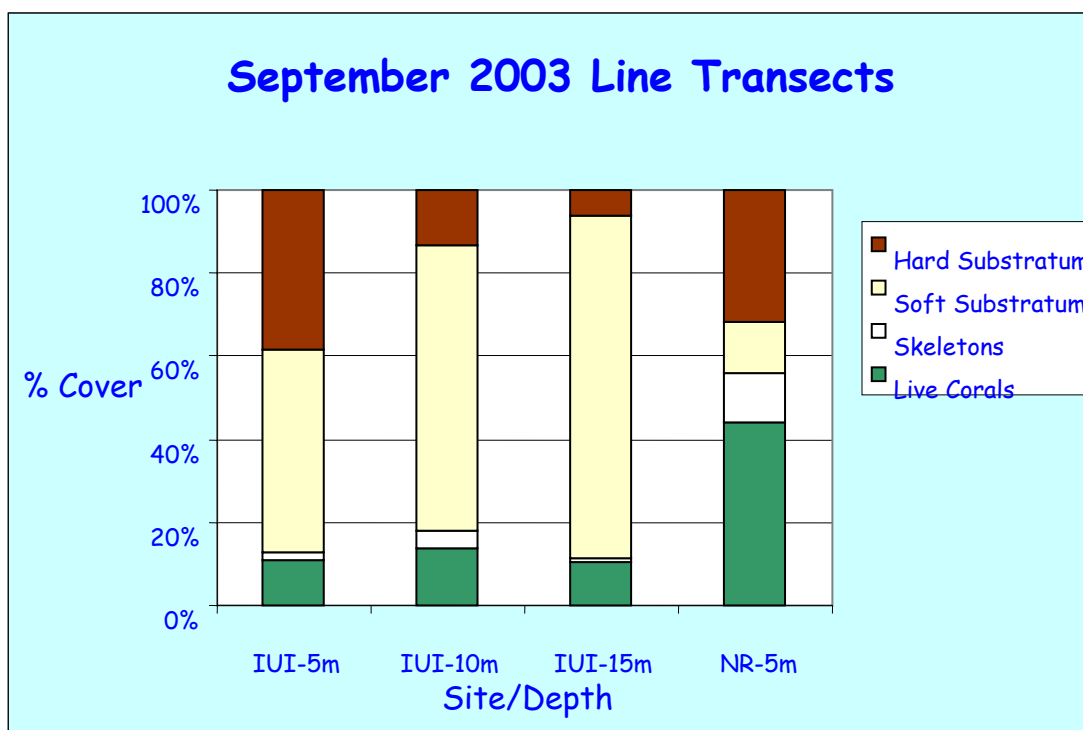
תוצאות:

נתוני חודש מרץ מבוססים על 5 דיגומי חתכים (שלושה באתר המעבדה הימית ושניים בקצא"א) שבוצעו בחמשה ימי צלילה שונים. כל חתך נדגם גם באמצעות ריבועי דיגום. נתוני חודש ספטמבר מבוססים על 4 דיגומי חתכים (שלושה באתר המעבדה הימית ואחד בשמורה) שנעשו בשיטה המעודכנת.



איור מס' 1 א : אחוזי כיסוי של אלמוגים חיים, אלמוגים מתים, מצע קשה וחול בעומקים שונים בקצא"א, בחוף המעבדה הימית (IUI) ובשמורת חוף אלמוג (NR) במרץ 2003. נתונים אלה נאספו בשיטה הקודמת (יחידת דיגום באורך 5 מ').

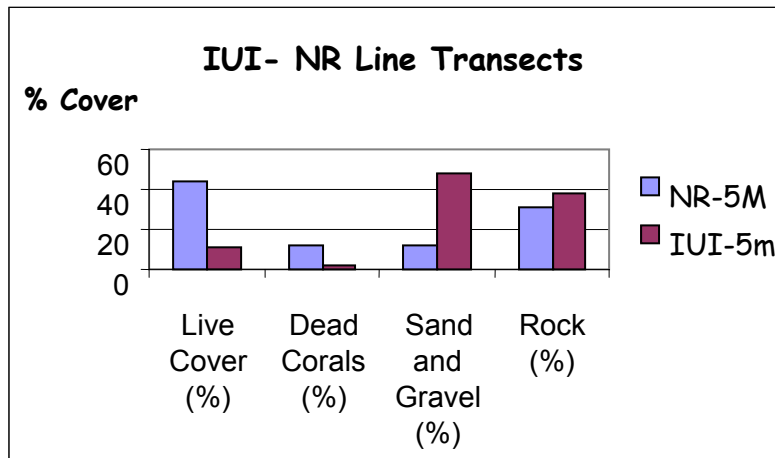
Figure 1a: coverage percentages of live corals, dead corals, hard substrate and sand at different depths in Katza, the Interuniversity Institute beach (IUI) and the Almog beach nature reserve reef (NR) during March 2003. These measurements were made using the previous method (the length of a measurement unit is 5 m).



איור מס' 1 ב: אחוזי כיסוי של אלמוגים חיים, אלמוגים מתים, מצע קשה וחול בעומקים שונים בחוף המעבדה הימית (IUI) בעומקים 5,10,15 מטר ובשמורת חוף אלמוג (NR) בעומק 5 מ'. נתונים אלה נאספו בשיטה המעודכנת (יחידת דיגום באורך 10 מ').

Figure 1b: coverage percentages of live corals, dead corals, hard substrate and sand at Interuniversity Institute beach (IUI) at 5, 10 and 15 m depth and the Almog beach nature reserve reef (NR) at 5 m depth measured during September 2003. These measurements were made using the updated method (the length of a measurement unit is 10 m).

דיון: כיסוי האלמוגים בשונית נמוך ביותר יחסית לשנות השמונים – תחילת שנות התשעים. לא נראים שינויים מובהקים מאז תחילת הניטור לפני כשנה. כיסוי האלמוגים החיים במעבדה הימית בעומק 5 מ' בחודש ספטמבר נשאר בסביבת 10%. ב 15 מ' אחוז האלמוגים החיים ירד ל 10%, אך ירידה בשיעור זה נכללת בתחום השונית בתוך אותו אתר והמעבר לחתכים ארוכים יותר, קרי, דיגום שטח גדול יותר של האתר.

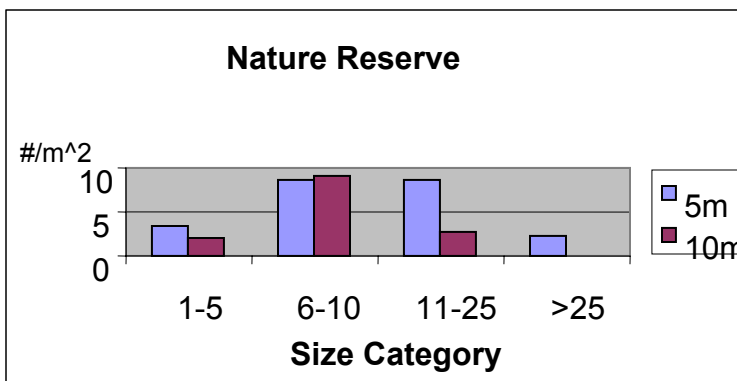
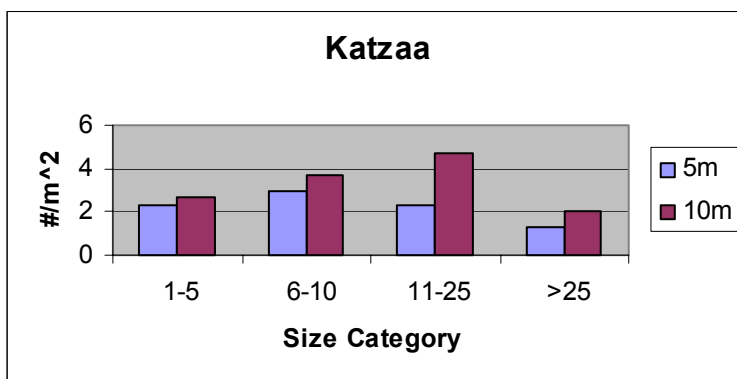
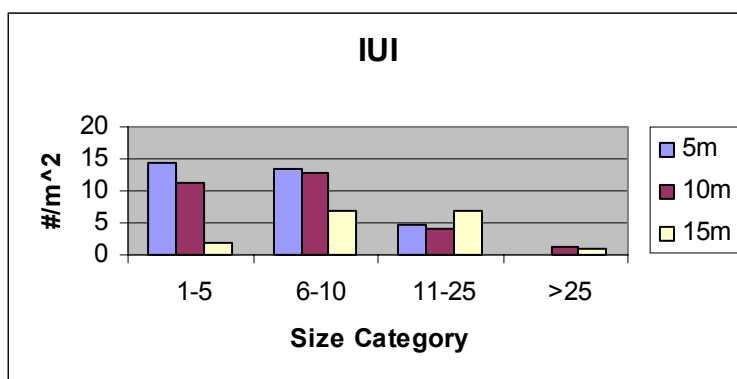


איור מס' 2: אחוזי כיסוי של אלמוגים חיים, אלמוגים מתים, מצע קשה וחול בעומק 5 מטר בחוף המעבדה הימית (IUI) ובשמורת חוף אלמוג (NR) בספטמבר 2003. האחוזים מתבססים על 6 חתכים באורך של 10 מטרים בכל עומק.

Figure 2: coverage percentages of live corals, dead corals and sand at 5 m depth at the Interuniversity Institute beach (IUI) and the Almog beach nature reserve reef (NR) measured during September 2003. The percentages are based on 6 10 m long transects.

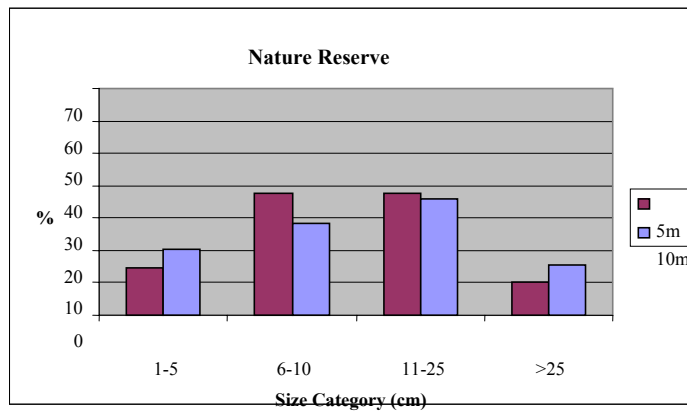
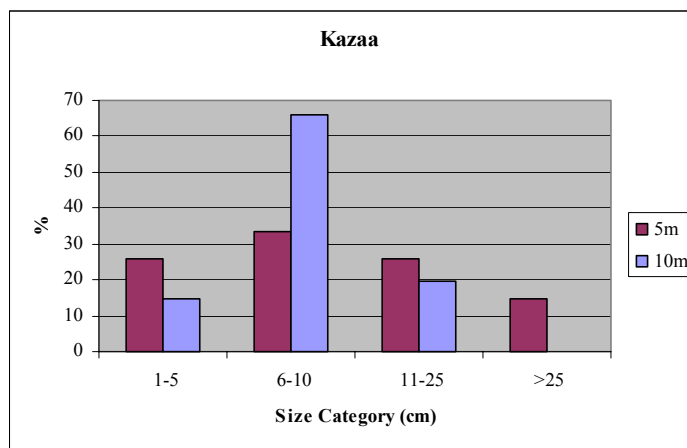
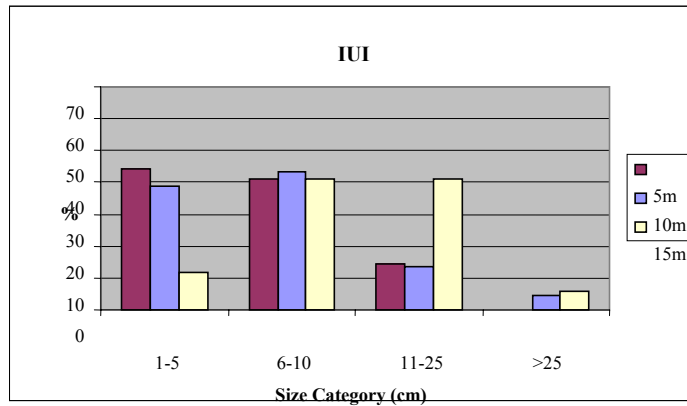
מאיור מס' 2 אפשר להבחין בהבדל משמעותי בין שני האתרים באחוז המצע החי ובאחוז הכיסוי של המצע הרך. יש לציין שאחוז התמותה בשמורת חוף אלמוג גבוה והינו גדול ממזה שבשונית מול המעבדה הימית, למרות שאזור שנדגם בשמורה סגור למתרחצים וצוללנים.

איורים 3 ו-4 מתארים את התפלגות גדלי האלמוגים באתרים השונים, מוצגים בערכים מוחלטים (מספר מושבות ליחידת שטח – איור 3) ובערכים יחסיים (אחוזים – איור 4). למיטב ידיעתנו, התפלגות הגודל לא נאמדה על ידי חוקרים באילת בעבר ולכן לא ניתן עדיין להשוות את נתוני השנה לנתוני העבר. יש לציין שהשונית מול המעבדה הימית מאופיינת בשכיחות יחסית גבוהה של מושבות קטנות ונדירות יחסית של מושבות גדולות (יחסית לאתרים האחרים).



איור 3: אומדני צפיפות מוחלטים בחוף המעבדה הימית (IUI), בקצא"א ובשמורת חוף אלמוג.

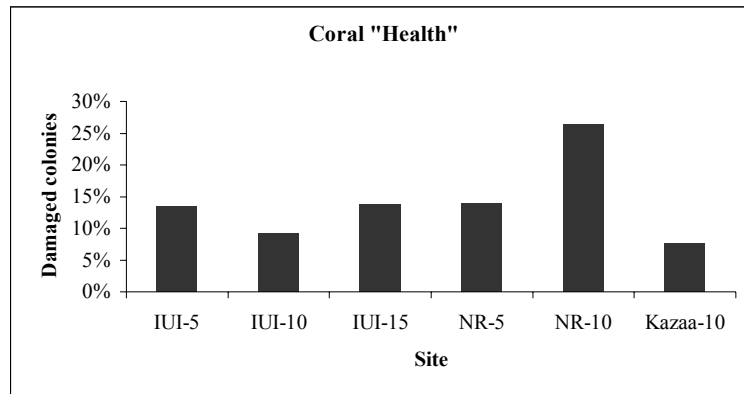
Figure 3: absolute density indexes at the Interuniversity Institute beach (IUI), Katza and the Almog beach nature reserve reef (NR).



איור 4: התפלגות גודל המושבה של אלמוגים בעומקים השונים בקצא"א, בחוף המעבדה הימית (IUI) בשמורת חוף אלמוג.

Figure 4: colony size distribution at different depths in Katza, the Interuniversity Institute beach (IUI) and the Almog beach nature reserve reef (NR).

בריאות האלמוגים: מידת הפגיעה (ממחלה או סיבה אחרת) של כל מושבת אלמוגים שנספרה בחתכי הדיגום נאמדה ויזואלית (אחוז החלק הפגוע מכל המושבה). רוב האלמוגים לא היו פגועים כלל. האיור הבא משווה את שכיחות הפגיעה באתרים השונים. הממצא הבולט הוא השכיחות הגבוהה יחסית (25%) באתר השמורה (NR) בעומק 10 מ'. עיקר התרומה לתמותה הגבוהה הנצפית באתר זה היא גסיסתם ההדרגתית של מושבות הענק של המין *Lobophyllia*.



איור 5: שכיחות (אחוז) מושבות האלמוגים הפגועות באתרי הדיגום השונים. פגיעה מוגדרת כשלד חשוף ללא רקמה או עם רקמה בגוון המעיד על מחלה.

Figure 5: frequency (percentage) of injured coral colonies at different sites. Injury is defined as exposed skeleton with no tissue or with discolored tissue, which is symptomatic of disease.

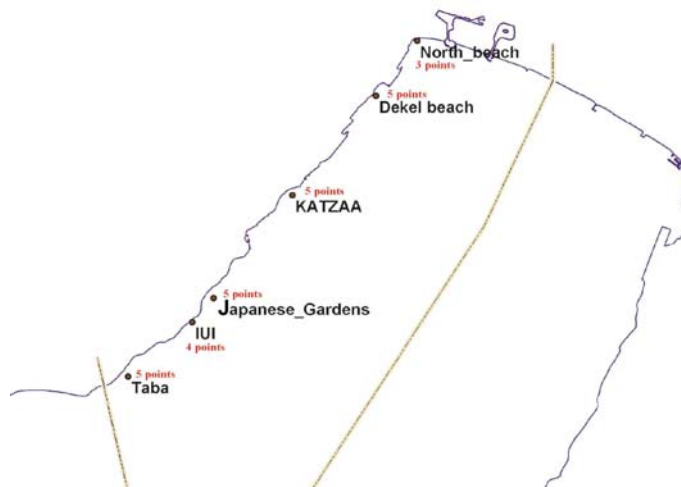
ב.2. ניטור קצבי הגיוס, גידול ותמותה של אלמוגים ובע"ח אחרים בריבועים קבועים.

מטרת ניטור זה, הינו מעקב אחר שינויים במספר ובגודל אורגניזמים בנתוניים (אלמוגים וחסרי חוליות) בריבועים קבועים אשר יצולמו אחת לשנה במצלמה דיגיטלית ונתוניהם ימדדו באמצעות דיגיטציה של גודל בעה"ח והמצעים הנראים בתמונה ורישום מצב בריאותם (כפי שנראה ויזואלית בתמונה). שיטות: ניטור זה התבצע בששת האתרים הבאים (איור 6): חוף צפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת חוף אלמוג ("הגנים היפניים"), חוף המכון הבינאוניברסטאי וחוף טאבה. בכל אתר הצבנו חמישה מעמדים אשר הולחנו מנירוסטה בצורת " T " הפוך המתואר בתרשים הבא:



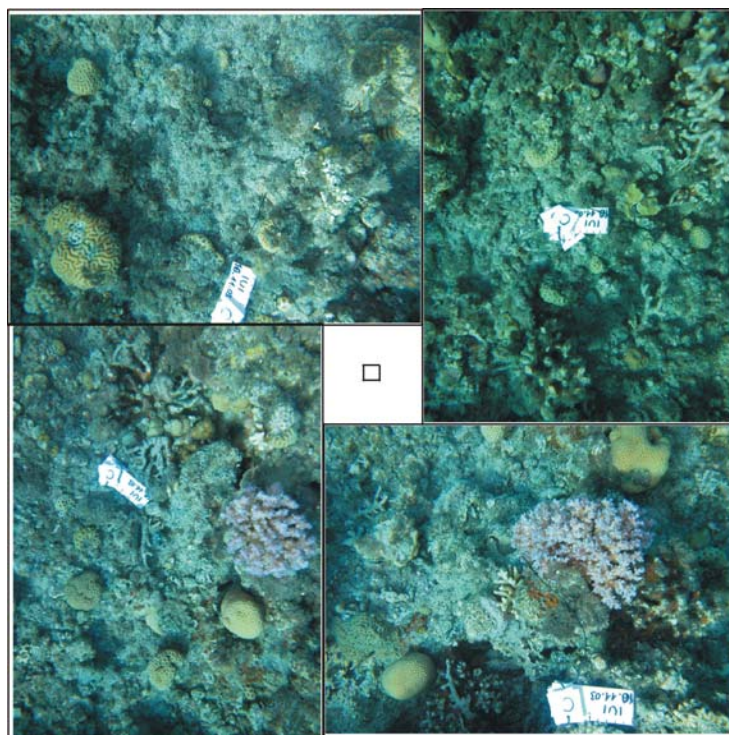
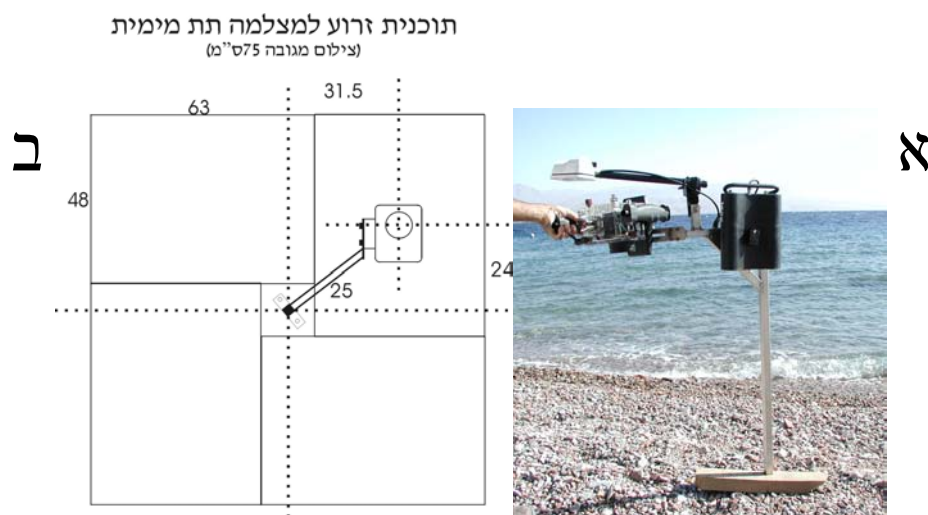
המעמד נבנה באופן בו ניתן יהיה להציב עליו מצלמה דיגיטלית תת-ימית (איור 7א) באותה נקודה ובאותה אוריינטציה בכל ביקור. את המעמדים קדחנו באתרים השונים בסלע, לאחר בחירה מדוקדקת של הנקודות, כך שסביב המעמד יהיו אלמוגים. בכל נקודת הצבה של המעמד צולמו 4 תמונות המכסות ב"פאנורמה" אל כל היקף הנקודה (פאנורמה של 360°) כמתואר באיורים 7 ב ו- ג). הצבת המעמדים נעשתה ע"י צוללי SCUBA וקידוח בוצע בעזרת מקדחה פניאומטית מחוברת למדחס ע"י צינור ארוך וצף, כך שניתן היה לעבור בין הנקודות בכל אתר.

נתוני הצילום מנותחים בתוכנת המחשב ImagePro Media Cybernetics Silver Spring MD USA, בתוכנה זאת באפשרותנו לזהות את האורגניזמים הבנתוניים, ולאמוד את גודלם ומצבם (איור 7ד). מעקב לאורך שנים יספק מידע על קצבי התגייסות, גידול, ותמותה של הפרטים שזוהו אינדיבידואלית בכל ריבוע.



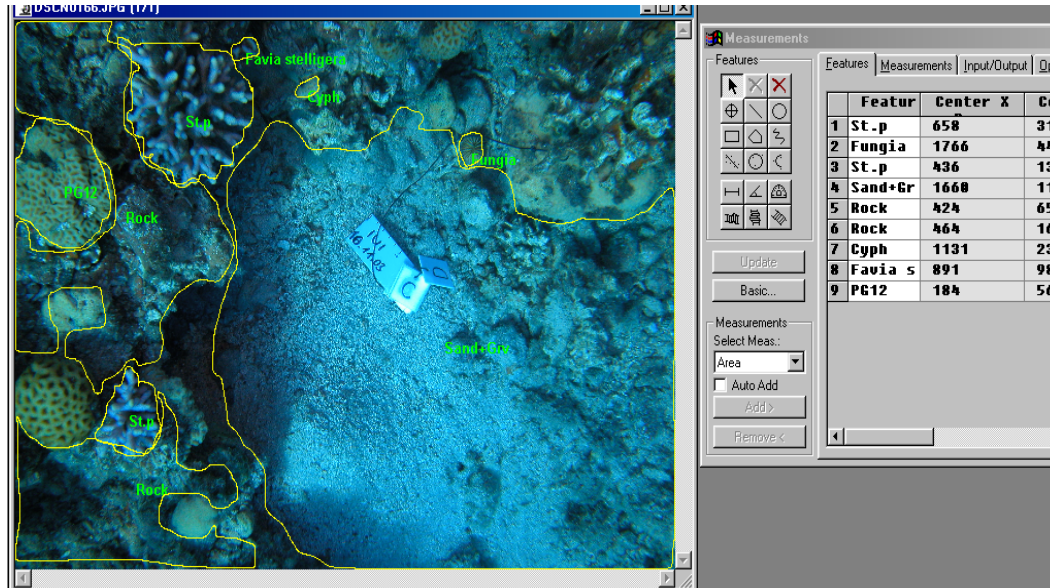
איור 6: מפת אתרי מעקב חברת השונית בריבועים קבועי מקום. בכל אתר הוצבו 5 נקודות מעקב ובכל נקודה יצולמו 4 ריבועים (אחת לשנה).

Figure 6: map of site locations for community structure surveys using the permanent square photography method. At every site there are 5 monitoring stands and at every stand 4 square pictures will be taken once a year.



איור 7: א' – המעמד והמצלמה התת מימית המשמשים למעקב אלמוגים ובע"ח בנתוניים אחרים בריבועים קבועים באתרים המתוארים באיור 6. ב- תרשים סכמתי של מיקום ארבעת השטחים המצולמים בכל נקודת הצבה של מעמד המצלמה. ג- דוגמא לרביעית צילומים בנקודת מעקב אחת.

Figure 7: a. The stand and underwater camera used for monitoring corals and other benthic animals in permanent squares at the sites in Figure 6. b. schematic diagram of the camera positioning on the stand relative to the area of the permanent square monitored. c. Example of 4 pictures taken at a single monitoring site.



איור 8: דוגמא למסך מתוך תוכנת Image-Pro בו ניתן לראות את האורגניזמים השונים המסומנים על ידי המשתמש ואשר מימדיהם (לדוגמא – היקף האלמוג, שטחו, % החלק החי, וכד') ישמשו לחישובי קצב גידול, תמותה, גיוס וכד'. הערכים המספריים מחושבים אוטומטית על ידי התוכנה, כמוצג בתמונת המסך שממין, בהסתמך על גודלו של שטח ידוע הכלול בכל תמונה (תג הפלסטיק הלבן הנראה בסמוך למרכז התמונה).

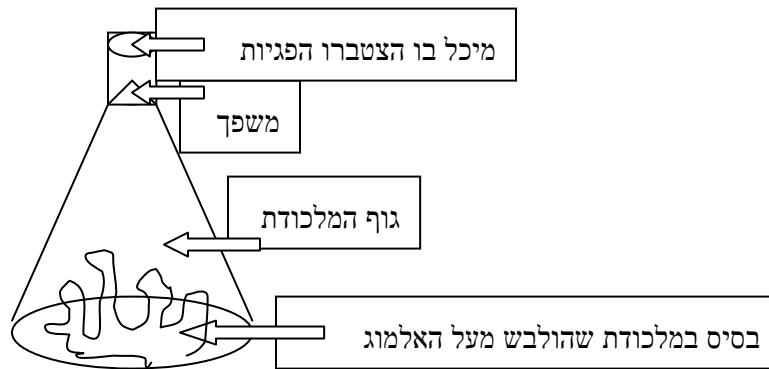
Figure 8: Example of analysis of composite picture using Image Pro software. In this picture the user can identify and outline the different organisms in order to assess their dimensions (e.g. coral circumference, area, % live area, etc...). Changes over time in dimensions can be used to assess growth, mortality and recruitment rates. The numeric values are automatically produced by the software as shown in the screen shot on the right based on the known dimension of an object appearing in the picture (white plastic tag in the middle of the picture).

ב.3. רביית אלמוגים

קצב שחרור הפגיות ע"י אלמוגים הינו מדד אקולוגי ראשון במעלה לאבחון מוקדם של התפתחות מצב עקה בשוניית. לצורך מדידה זאת בחרנו באלמוג *Stylophora pistillata* מכיוון שזה אחד מהמינים הנפוצים באילת, וכן הימצאותם של נתונים משנים קודמות לשם השוואה. פרק זה בניטור ייושם בעקבות המלצת הוועדה המדעית המייעצת באביב 2003. למרות שרביית האלמוג הנ"ל מתחילה כבר בחורף (דצמבר-ינואר) הוחלט להתחיל במדידה זו כבר השנה על מנת לפתח ולבחון את שיטת הדיגום. המדידות התבצעו כמעט בכל לילה החל מה-6 ליוני ועד ל-11 ליוני, 2003. כל לילה של מדידות כלל דיגום שחרור פלנולות ב 10-12

אלמוגים ממין *Stylophora pistillata* בגודל בינוני (קוטר 15-20 ס"מ) אשר נבחרו באופן מיקרי (haphazard) (קרי, בכל לילה נדגמו אלמוגים שונים). אתר המדידה היה בשונית מול המכון הבינאוניברסיטאי (IUI), בעומקים של 3-5 מטרים.

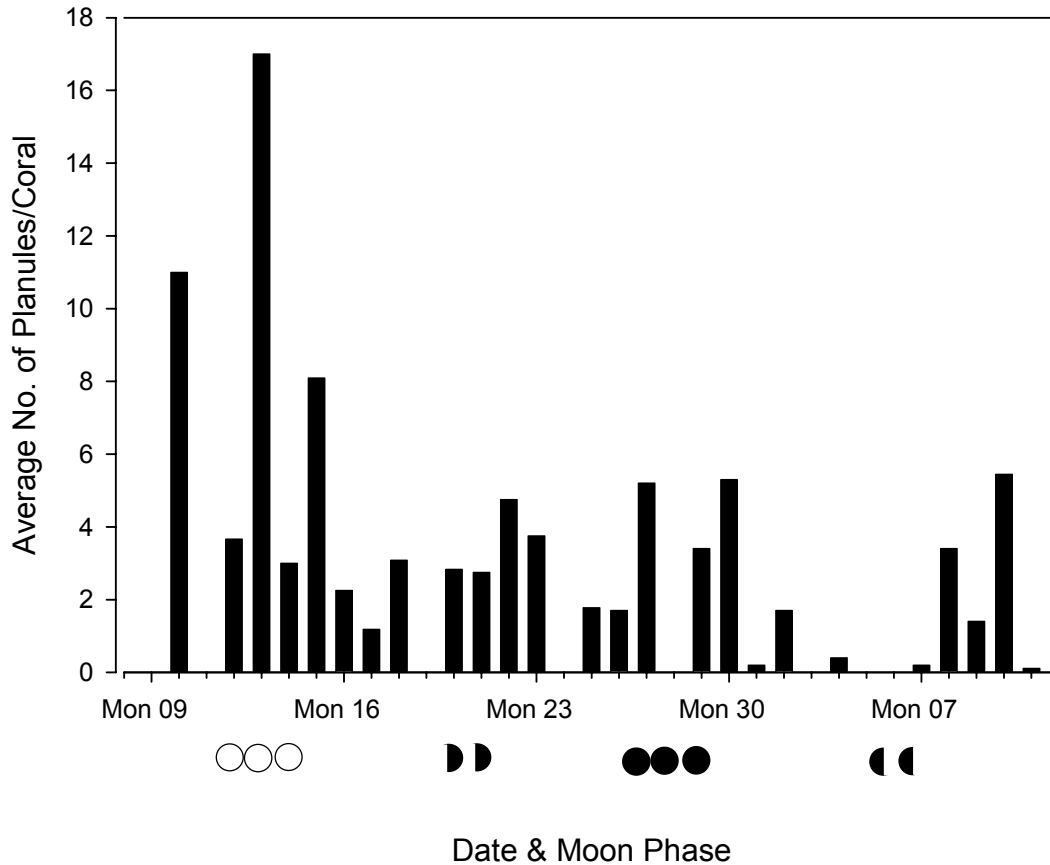
מלכודת פגיות (ראה תרשים) הוצבה מעל כל אלמוג לפני השקיעה והושארה על האלמוג למשך כל הלילה והוצאה עם אור ראשון. המלכודות הונחו בזהירות מירבית כך שהן מקיפות את כל האלמוג מבסיסו. ההוצאה התבצעה תוך הקפדה על מניעת בריחת הפגיות (המלכודות נקשרו ונאטמו מיד אחר הסרתן מהאלמוג).



המלכודות נתפרו מרשת פלנקטון בגודל עין של $100\mu\text{m}$ כך שהבסיס רחב מספיק על מנת שניתן יהיה להלבישן מעל אלמוג מבלי לשבור את האלמוג או לקרוע את הרשת, בבסיס הושחל מיתר על מנת להדק את הרשת מסביב לבסיס האלמוג. אורך הרשת כ- 80 ס"מ. מלכודת פגיות, שצורתה משפך הפוך המונע הימלטות, הוצמד לקצה העליון של הרשת. הפגיות, הצפות למעלה, נכנסות למלכודת מבלי שתוכלנה לחזור לרשת. כלי האיסוף נאטם במכסה העשוי רשת פלנקטון אשר הודבקה לכלי באופן המאפשר כניסה של מים ומונע בריחת פגיות. לאחר היציאה מהים הונחו המלכודות במיכל גדול עם מי-ים זורמים, על מנת לשמור את הפגיות בחיים. לאחר ספירתן הוחזרו הפגיות לים. הספירה התבצעה ע"י שטיפה יסודית של הרשת וריכוז הפגיות בצלחת פטרי, הספירה נערכה תחת בינוקולאר, כך שניתן היה להבחין בבירור בין הפגיות לשאר החלקיקים שנאספו.

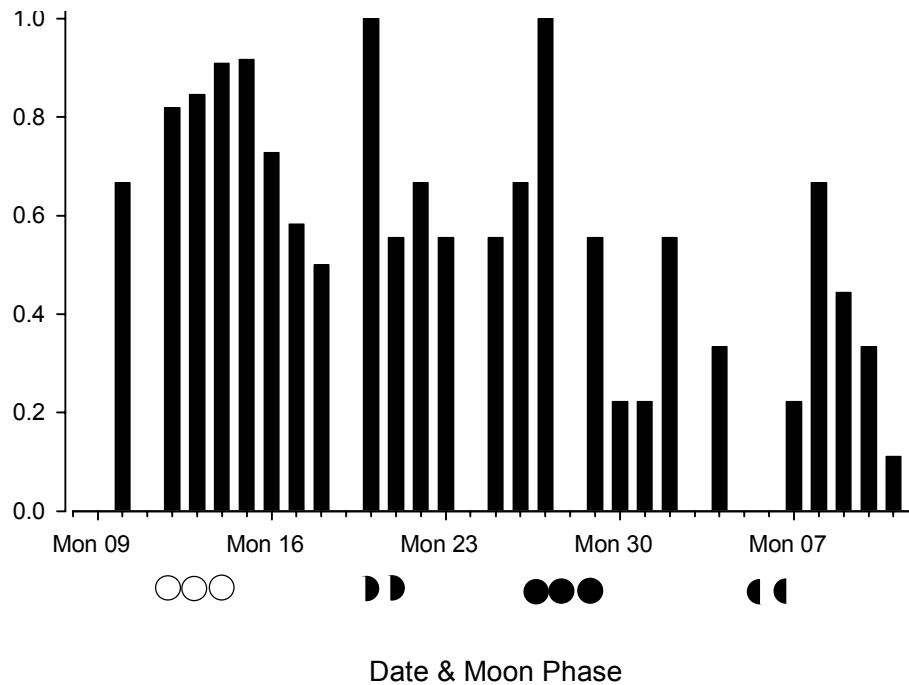
תוצאות: האירורים הבאים מתארים את תוצאות הדיגום היום יומי שנערך בשונית שמול המכון הבינאוניברסיטאי באילת (IUI) במשך חודש.

Average No. of Planule Released Per Coral Head



איור 8א: ממוצע קצב שחרור הפגיות מהאלמוג *Stylophora pistillata* (ממוצע ללילה) בחוף המעבדה הימית (IUI) בחודשים יוני-יולי 2003. כל נקודה מציינת את ממוצע (עבור 10-12 מושבות אלמוגים) מספר הפגיות ששחרר על-ידי אלמוג בודד באותו לילה. ירח מלא וחסר מסומנים בעיגול לבן ובעיגול שחור בהתאמה.

Figure 8a: Average number of planulae released per coral colony of per night in the coral species *Stylophora pistillata* at the Interuniversity Institute beach during June-July 2003. Every bar represents the average number of planulae released per coral colony during the same night (for 10-12 coral colonies measured). Full and new moon nights are designated by an empty and filled circle respectively.



איור 8ב: פרופורציה האלמוגים (מתוך 10-12 מושבות) אשר שיחררו פגיות בלילות השונים בתקופת הדיגום. ירח מלא וחסר מסומנים בעיגול לבן ובעיגול שחור בהתאמה.

Figure 8b: fraction of corals that released planulae out of 10 to 12 colonies measured per night during the measuring period June-July 2003. Full and new moon nights are designated by an empty and filled circle respectively.

איור 8 (א,ב) מראה כי האלמוג *Stylophora pistillata* שיחרר פגיות כל ערב במשך חודש הדיגום. שחרור מרבי היה גבוה יותר בתחילת הדיגום (כ- 8 פגיות למושבה ללילה), בשבוע בו מופע הירח היה מלא או כמעט מלא, וירד לכ 2-3 פגיות ללילה בשבועות שאח"כ. עד סוף חודש יוני רוב המושבות (> 60%) שיחררו פגיות מידי ערב. בחודש יולי ירדה פרופורציה המושבות המתרבות לכשליש.

ממוצע (\pm סטיית תקן) כמות הפגיות ששחררה למושבה (4.9 ± 8.3) היה נמוך מזה שנמצא ע"י דוד זכאי באותם תאריכי דיגום בשנת 1998 (9.97 ± 8.78) (ד. זכאי 1998, עבודת מוסמך). גודל המדגם היה 150 ו-166 בניטור ובעבודתו של ד. זכאי, בהתאמה. מספר הפגיות ששחררו היה קטן באופן משמעותי בשנת 2003. אולם, הסקת מסקנות מהשוואה זו מוגבלת מאד מכיוון שמעקב זה נעשה במשך שתי השנים הללו בלבד. הסקת מסקנות מחייבת המתנה להשלמת מספר שנות דיגום.

ב.4. התפקוד המטבולי של שונית האלמוגים

במהלך שנת הפעילות הראשונה של תכנית הניטור בוצעו חמש מדידות תפקוד מטבולי (פירוט בטבלה). כל המדידות בוצעו במתכונת של מחזור יומי בו דגימות מים נלקחו מהתחנה קבועה (CTD) בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג (איור 9). המחזור נמשך 24 - 40 ש' ונדגמו מים מהלגונה לביצוע אנליזות כימיות במעבדה כל 3 ש' ביום וכל 4 ש' בלילה.

טבלה 2 : תאריכי ביצוע מדידות של תפקוד מטבולי בשונית האלמוגים בחוף אלמוג אילת. כל המדידות כללו מחזור דיגום בתחנה הקבועה בחלקה הדרומי של הלגונה ולפחות מדידה אחת בים הפתוח במרחק של כ-1 עד 2 ק"מ מהשונית.

תאריכים	משך	הערות
27- 28/11/2002	24 ש'	CTD לא פעל
30- 31/3/2003	29 ש'	4 ימים לאחר סערה דרומית.
26- 28/5/2003	40 ש'	דוגמאות מים נאספו במסגרת פרויקט סטודנטים בקורס ביוגאוכימיה של שונית האלמוגים במכון הבינאוניברסיטאי באילת בהשגחת ג'ק סילברמן (ראש צוות הניטור). דגימות מים נילקחו לאנליזות ע"י מוריאל דריי וטניה ריבלין.
24- 25/6/2003	36 ש'	
29- 30/7/2003	33 ש'	ים שקט לחלוטין ללא רוח במשך כמה ימים לפני המדידה ובמהלכה. טמפרטורת המים המכסימלית שנמדדה בלגונה במהלך המחזור היומי (31°C) הייתה הגבוהה ביותר שנמדדה בשלוש השנים האחרונות.

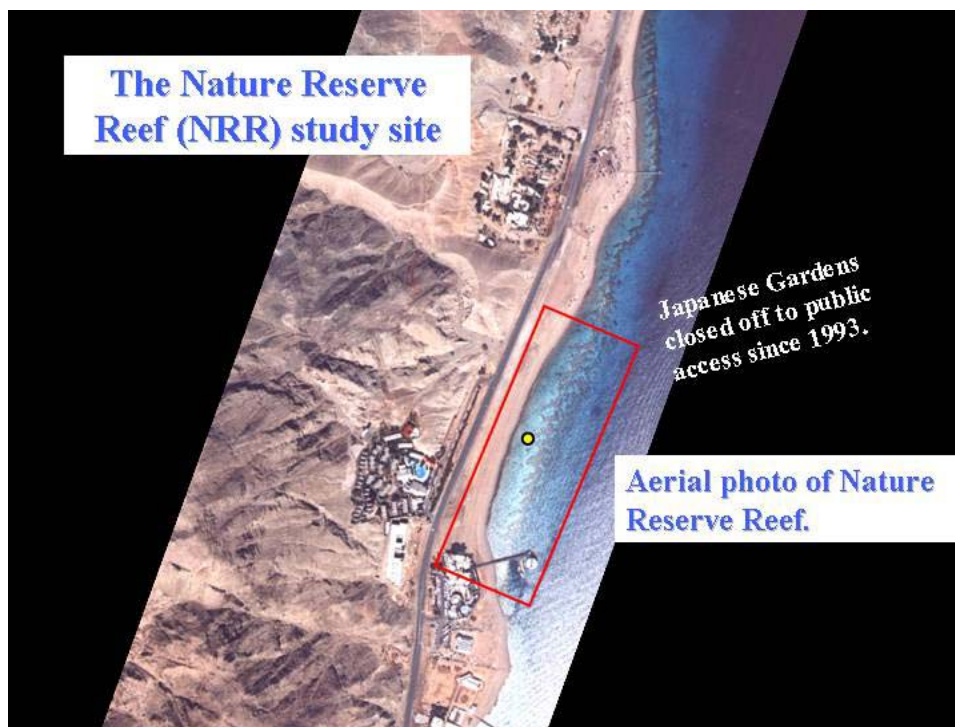
להלן תיאור התוצאות של המדידות הכימיות במחזור היומי והצגתן הגראפית:

המחזור היומי של החמצן בלגונה (איור 10a) משתנה באופן צפוי במהלך היממה. באופן כללי עודף פוטוסינתזה על פני נשימה מעלים את ריכוז החמצן בשונית מעל ערכי הים הפתוח עד לערך מכסימאלי בשעות אחה"צ. בלילה בהעדר יצרנות ראשונית ערכי החמצן יורדים מתחת לערכי ים פתוח עד למינימום לפנות בוקר כתוצאה מנשימה בשונית. ניסיון העבר מלמד שערכי הים הפתוח כמעט ולא משתנים במהלך מחזור יממי אחד ולכן למרות שמדידות אלה לא בוצעו בלילה ניתן להניח כי הם שווים לאלה שנמדדו במהלך היום.

על פי איור (10b) ניתן לראות כי המחזור היומי של pH בשונית דומה לזה של החמצן בהתאם לציפיות. במהלך היום הוצאת פחמן מומס מהמים בתהליך הפוטוסינתזה גורמת לעליה ב-pH עד למקסימום בתאום

עם החמצן ואילו בלילה כתוצאה מנשימה ובהעדר פוטוסינתזה פחמן מומס נוסף למים וגורם לירידה בערכי ה-pH עד למינימום לפנות בוקר. למרות, שבמהלך אותו מחזור נצפים שינויים באלקליניות (איור 10c) עקב השקעה של CaCO_3 ע"י אלמוגים ושאר משקיעי שלד גירני צמודי מצע בשונית, אין לכך השפעה גדולה על pH ולכן ניתן לייחס את רב השינוי ב-pH לייחסים בין יצרנות וצריכה של חומר אורגני בשונית.

כאמור, השינויים באלקליניות הנצפים במהלך המחזור היומי בשונית נובעים מהמסה והשקעה של CaCO_3 בשונית ותחלופת מים עם הים הפתוח. כאשר ירידה באלקליניות יחסית לערכו בים הפתוח (שם ערכו קבוע, בדומה לקביעות בחמצן) מעידים על השקעה נטו של CaCO_3 . הערך המינימאלי נמדד בשיא היום באותו זמן בו נמדדים הערכים המכסימליים של חמצן ו-pH, דבר המעיד על קשר בין פוטוסינתזה לקלסיפיקציה. בלילה חוזרים ערכי האלקליניות לערכם המדוד בים הפתוח, דבר המעיד על היעדרות השקעה או המסה נטו של CaCO_3 בשונית בלילה.

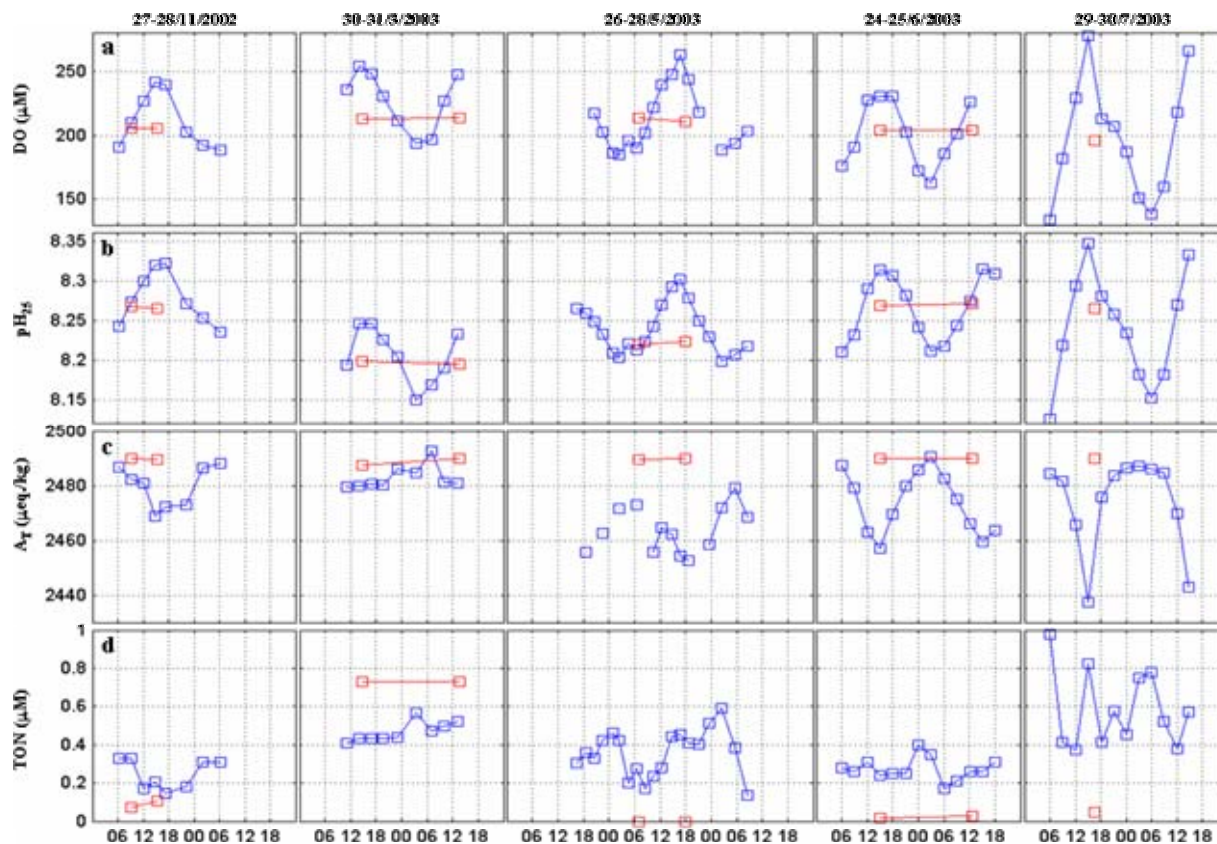


איור 9: צילום אוויר של חוף אלמוג מחלקה הצפוני של השמורה ועד למזח המכון הבינאוניברסיטאי (IUI) בדרום. עבודת הדיגום התבצעה באזור הגנים היפניים (מוקף במסגרת אדומה). תחנת הדיגום בלגונה מצויינת בנקודה הצהובה שם מצוי באופן קבוע (פרט לטיפוליים תקופתיים ותקלות) דוגם אוטומטי (CTD), אשר מודד ומקליט מדידות של טמפרטורה, מליחות, לחץ, חמצן מומס, pH, ועצמת אור נראה כל 10 דק'. מדידות מכשיר זה מוצגות בזמן אמיתי באתר תכנית הניטור.

Figure 9: Aerial photo of the Almog beach nature reserve reef from the northern end of

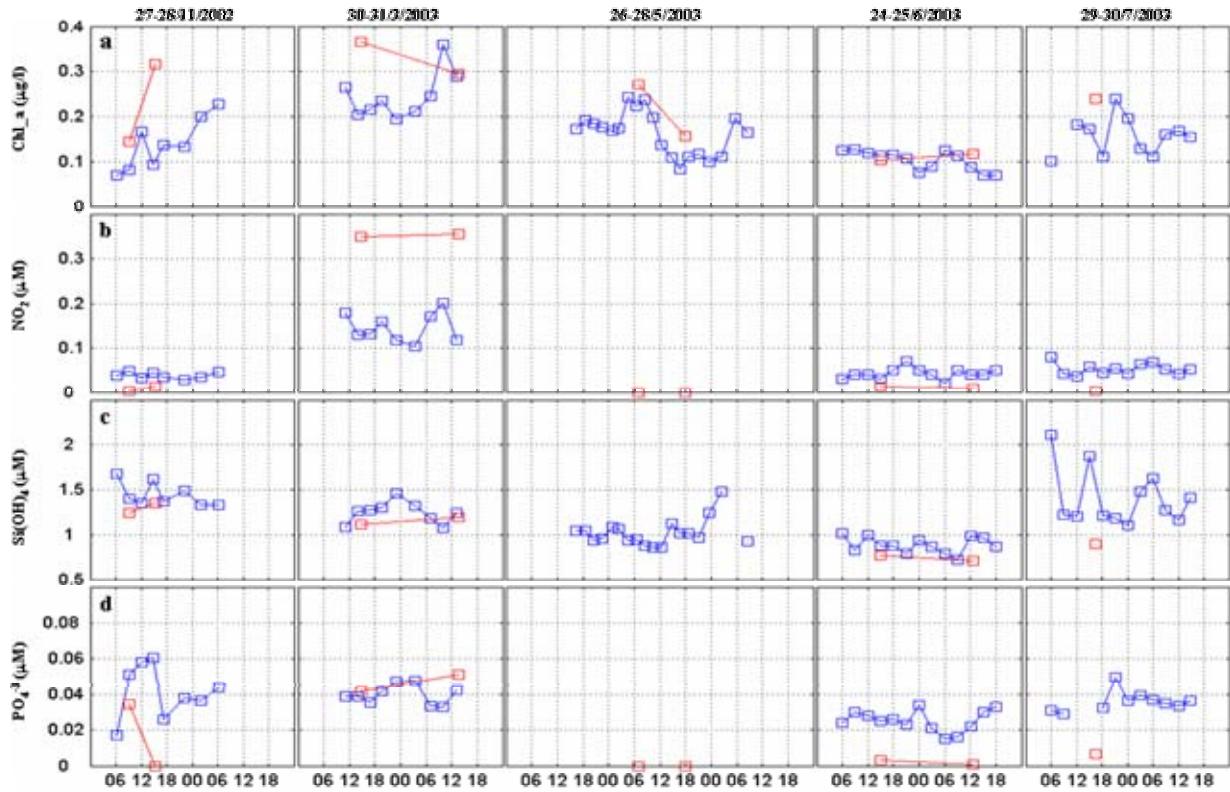
the nature reserve to the IUI jetty in the south. Diurnal cycle sampling was conducted in the Japanese Gardens (red frame). The permanent CTD deployed in the reef lagoon is designated by a yellow filled circle. The CTD measures and records at 10 minute intervals the following parameters: temperature, salinity, pressure, dissolved oxygen, pH and PAR. These measurements are displayed in real-time on the monitoring website.

סך ריכוזי תרכובות החנקן המחומצנות (TON – Total oxidized nitrogen) המומסות במים גם הוא משתנה במהלך המחזור היומי (איור d10). ערכים נמוכים נמדדים במהלך היום כתוצאה מצריכה ע"י פוטוסינתזה, ובלילה עולים ערכי ה-TON כתוצאה מנשימה ותהליכי ניטריפיקציה. ערכי ה-TON בשונית גבוהים יותר מאלו שבים הפתוח בתקופת השכוב ובתחילת תקופת הערבוב. הדבר מעיד על כך שהשונית מהווה מקור נוטריינטים ליצרנות ראשונית בים הפתוח. עודפי הנוטריינטים מהשונית מגיעים לים הפתוח כתוצאה מתחלופת מים בגאות ובשפל וכתוצאה מזרמי ים חלשים בכוון ניצב לחוף. לעומת זאת במדידה שנעשתה בסוף מרץ ערכי הים הפתוח גבוהים מאלו שנמדדו בשונית, דבר המעיד על כך שהשונית צורכת נוטריינטים שמקורם בים הפתוח וגם ממחזור חומר אורגני בתהליכי נשימה בשונית. במדידה זו ניתן לומר כי השונית פועלת בתנאים אאוטרופיים (העשרה בנוטריינטים).



איור 10 a – d: ערכי מדידות מחזור יומי בחלקו הדרומי של לגונת שמורת חוף אלמוג בתחנת CTD (כחול) וערכי המדידות המקבילות בים הפתוח (אדום) של הפרמטרים האים: חמצן מומס (a), כפי שנמדדה במעבדה בתנאי טמפרטורה קבועים של 25°C (b), אלקליניות (c), וסך תרכובות החנקן האנאורגני המחומצן המומסים במים (d).

Figure 10a-d: Values of diurnal cycle studies conducted during November 2002, March, May, June and July 2003 of lagoon water (blue) and open-sea water (red) of the following chemical constituents: a. dissolved oxygen. b. pH measured at 25°C. c. Total alkalinity. d. Total oxidized nitrogen.



איור 11a – d: ערכי מדידות מחזור יומי בחלקו הדרומי של לגונת שמורת חוף אלמוג בתחנת CTD (כחול) וערכי המדידות המקבילות בים הפתוח (אדום) של הפרמטרים הבאים: כלורופיל a (a), ניטריט (b), סיליקה (c), ופוספט (d).

Figure 11a-d: Values of diurnal cycle studies conducted during November 2002, March, May, June and July 2003 of lagoon water (blue) and open-sea water (red) of the following dissolved and particulate constituents: a. Chlorophyll a. b. Nitrite. c. Silicate. d. Phosphate.

קצבי תפקוד מטבולי

שטפי הפחמן מהשונית לים הפתוח ומהים הפתוח לשונית מושפעים בעיקר משלושה תהליכים ביולוגיים – פוטוסינתזה, נשימה וקלסיפיקציה. בעזרת חישוב קצבי תחלופת המים בין הים הפתוח לשונית וזמן השהות הממוצע של מים בשונית ניתן להעריך את שטפי הפחמן הקשורים לתהליכים הנ"ל ומסוכמים בטבלה (3).

טבלה 3: טבלת סיכום תפקוד מטבולי של שונית האלמוגים בשמורת חוף אלמוג .

קלסיפיקציה G	$P_g:R$	יצרנות נטו $P_n = P_g - R$	נשימה R	פוטוסינתזה P_g	תאריך
$\text{mmole C m}^{-2}\text{day}^{-1}$		$\text{mmole C m}^{-2}\text{day}^{-1}$	$\text{mmole C m}^{-2}\text{day}^{-1}$	$\text{mmole C m}^{-2}\text{day}^{-1}$	יחידות
1		1	1	1	
49	1.5	70	140	210	27- *28/11/02
22	1.4	70	170	240	30-31/3/03
83	0.8	70	330	260	26-28/5/03
66	1.1	40	320	360	24-25/6/03
64	1.0	0	750	750	29-30/7/03

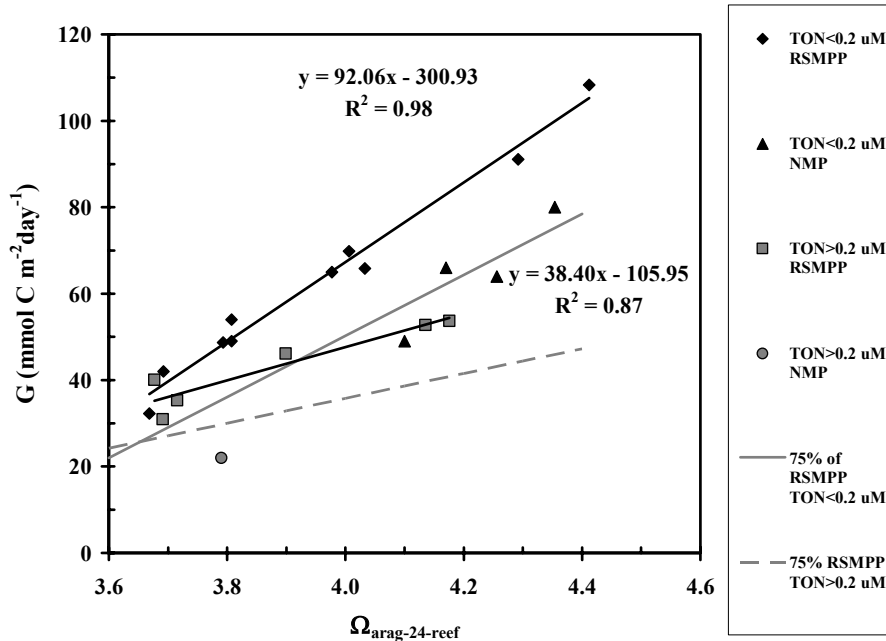
* הערכת קצבים מטבוליים מבוססת על זמן שהות ממוצע של 4.5 שעות ועומק ממוצע כפי שחושב באינטרפולציה מסדרת

הזמן של נתוני הלחץ הממוצעים היומיים בלגונה המוצג בפרק ה.3.1.

ערכי הקלסיפיקציה שנמדדו במהלך 2003 ונובמבר 2002 אינם שונים מהותית מאלו שנמדדו בשונית בשנים 2000-2002 במסגרת ה-RSMPP (Red-Sea Marine Peace Park). לכן ניתן לומר כי השונית עדיין מתפקדת באופן יציב לכל אורך התקופה. עם זאת בהשוואת קצבי הקלסיפיקציה שנמדדו במסגרת התכנית לדרגת הרוויה של ארגוניט בשונית (המינרל אותו משקיעים אלמוגים) מתקבלת תמונה שונה לחלוטין ומאוד מדאיגה. מהמדידות שנערכו בתקופת ה-RSMPP ניתן לראות בברור (איור 12) כי ישנה קורלציה חיובית בין קלסיפיקציה לדרגת הרוויה של ארגוניט כאשר מחלקים את נקודות המדידה על פי ריכוז הנוטריינטים המצויים במי הים הפתוח. כאשר ריכוז הנוטריינטים גבוה מ- $0.2 \mu\text{M}$ התלות של קלסיפיקציה בדרגת הרוויה קטנה ב-65% יחסית למצב שבו ריכוז הנוטריינטים נמוך מ- $0.2 \mu\text{M}$. תצפית זו מעידה על כך שהעשרת בנוטריינטים המתרחשת באופן טבעי במפרץ אילת במהלך תקופת הערבוב האנכי של עמודת המים הפתוחים בחורף משפיעה לרעה על הקלסיפיקציה.

אם נתייחס למדידות ה-RSMPP כבסיס להשוואה, אזי, מכפלת הפקטור במשוואות הרגרסיה המתוארות באיור 12 מעידה כנראה על ירידה בכיסוי החי של אלמוגים בשונית (עד עומק של 5 מ'). על פי עיקרון זה, יש להכפיל את נקודות המדידה מתקופת הניטור בפקטור של 0.75 עבור נוטריינטים נמוכים וגבוהים כאחד. דבר

זה מעיד על ירידה בשיעור של כ-25% בכיסוי האלמוגים מאז תקופת ה-RSMPP (2002-1999). כלומר, אם הכיסוי החי בשונית היה 30% כיום הוא עומד על ~25%. אבחנה בשינוי שכזה הינה גבולית בשיטות הישירות למדידת אחוזי הכיסוי בהתכני הדיגום בשונית. יתכן גם שהשינוי בקצב הקלסיפיקציה מעיד על עקה מתמשכת באלמוגי השונית הבאה לידי ביטוי בהורדת קצב גידולם ללא שינוי (עדיין) באחוז הכיסוי החי. שני ההסברים מצביעים על מגמה מדאיגה.



איור 12: השוואה בין קצבי קלסיפיקציה לדרגת הרוויה הממוצעת ל-24 שעות של ארגוניט בשונית בתקופת ה-RSMPP ובתקופת פרויקט הניטור (NMP). הנקודות מחולקות על פי ריכוזי הנוטריינטים (TON) המצויים במים הפתוח בזמן המדידה. מעוינים שחורים (RSMPP) ומשולשים שחורים (NMP) בצבע מציינים ריכוז נמוך מ-0.2 μM וריבועים אפורים (RSMPP) ועיגול אפור (NMP) מציינים ריכוז גבוה מ-0.2 μM . קווים מקווקוים מציינים את מכפלת משוואת הרגרסיה של נוטריינטים גבוהים (אפור מקווקו) ונמוכים (אפור) מתקופת ה-RSMPP בפקטור של 0.75.

Figure 12: Comparison of diurnal average calcification rates (G) and aragonite degree of saturation (Ω_{arag}) in the NRR measured during the RSMPP (2000-2002) and the NMP (2002-2003). The data is divided into two subsets according to the open-sea water TON concentration above and below 0.2 μM . Black diamonds (RSMPP) and triangles (NMP) designate data points with open-sea TON < 0.2 μM . Grey squares (RSMPP) and circle (NMP) designate data points with open-sea TON > 0.2 μM . Dashed and continuous grey lines represent the high and low TON regression lines calculated for RSMPP data multiplied by a factor of 0.75 respectively.

סיכום פרק התפקוד המטבולי

בשנת הניטור הראשונה נמדדו ערכי קלסיפיקציה דומים לאלו שנמדדו במהלך פרויקט ה-RSMPP. בהשוואה לערכי דרגת הרוויה של ארגוניט בשונית, ערכי הקלסיפיקציה המדודים נמוכים ב-25% מהצפוי באתר, הן במצב בו ריכוזי הנוטריינטים גבוהים מ-0.2 μM והן עבור ריכוזים נמוכים מערך זה. ייתכן ותצפית זו מעידה על קיומה של עקה מתמשכת או לחילופין ירידה בכיסוי האלמוגים מ-30% ל-25% בשנה וחצי שחלפו מאז פרויקט ה-RSMPP.

ב.5. מדידות מינימום מקסימום

דגימות מים נלקחו בבקבוק ניסקין מהתחנה הקבועה אשר מוצבת בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג באמצע הלגונה. דיגום זה מתבצע פעמיים בשבוע בד"כ בימי ראשון ורביעי בשעה 06:00-07:00 בבוקר ובשעה 15:00-16:00 אחה"צ. ניסיון העבר מלמד שהערכים של מרבית המרכיבים הכימיים המושפעים מתהליכים ביולוגיים בשונית מראים ערכים קיצוניים בזמנים אלו. לדוגמא ערך החמצן המומס המדוד הוא הנמוך ביותר במהלך מחזור יממי בסוף הלילה והגבוה ביותר לקראת ערב, כנ"ל לגבי pH. האלקליניות בשונית גבוהה בסוף הלילה ובד"כ דומה לערך הים הפתוח, ונמוכה מערך זה בשעות אחה"צ. בנוסף למרכיבים אלו נמדדים גם ריכוזי ניטריט, ניטראט, וכלורופיל. כמוכן מדידות חמצן, pH, ומליחות משמשים לכיול נתוני ה-CTD בשמורה.

המדדים העיקריים המשמשים אותנו להערכת תפקוד השונית הם חמצן ואלקליניות. בעזרתם ניתן לחשב את הערך של הפרמטר הסביבתי (REP – Reduced Environmental Parameter), שהוא בעצם הערכה גסה ליחס בין קצב ההשקעה של CaCO_3 לבין המצב הטרופי של השונית. קצב ההשקעה מבוטא ע"י ההבדל בין ערך מינימאלי של אלקליניות בשונית (אחה"צ) לבין ערכו בים הפתוח (ממדידות הדיגום החופי וההפלגות). המצב הטרופי של השונית מבוטא ע"י היחס בין ההפרשים של חמצן מקסימום (אחה"צ) ומינימום (בוקר) מערכו בים הפתוח (ממדידות הדיגום החופי וההפלגות). להלן הנוסחה לחישוב REP (את התוצאה מחלקים בערך האלקליניות בים הפתוח ע"מ להפוך את הפרמטר לחסר יחידות):

$$REP = \frac{(A_{T-open-sea} - A_{T-afternoon})}{(DO_{afternoon} - DO_{open-sea}) / (DO_{open-sea} - DO_{morning})}$$

כמוכן מנתוני המינימום/מקסימום של אלקליניות ניתן להעריך את קצב ההשקעה הממוצע של CaCO_3 בשונית באותו יום. את ההפרש בין מינימום למקסימום ניתן להמיר למוצע 24 שע' בעזרת נוסחה אמפירית המבוססת על כ-20 מדידות מהעבר. הנוסחה מבוססת על הקורלציה בין אלקליניות ממוצעת ל-24 שע' כפי

שנמדדה להפרש בין ערך המינימום והמקסימום של אלקליניות בשונית. בנוסף מוכנסים הערך הממוצע של זמן שהות המים בלגונת השונית בה נעשו המדידות (4.5 ש') והעומק הממוצע באתר (1.7 מ'). על מנת להקטין את שגיאת החישוב מחשבים קצב מצטבר (אינטגרל הקצבים המחושבים) לתקופה של 4 חודשים (20 עד 30 מדידות). תוצר החישוב הינו קצב גידול תקופתי או PGE (Periodic Growth Estimate).

$$G_t = \frac{1.7}{4.5} \cdot 24 \cdot (0.5 \cdot (A_{T-PM} - A_{T-AM}) + 2.1) \cdot \frac{1}{2}$$

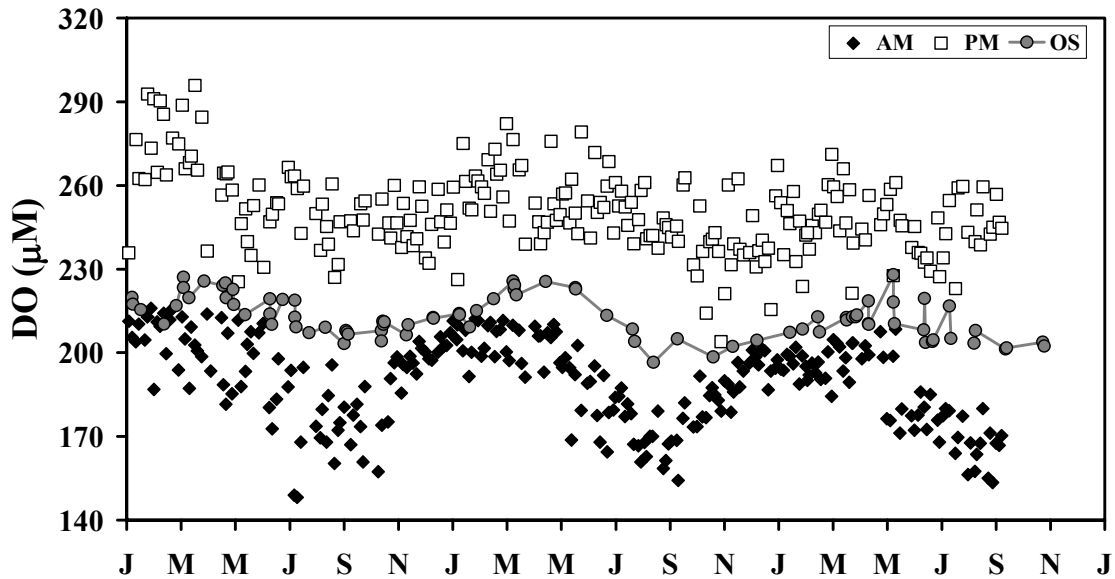
$$\bar{G}_t = (G_{t-1} + G_t) \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

$$PGE_{t=4 \text{ months}} = \sum_{t=0}^{t=4 \text{ months}} \bar{G}_t$$

תוצאות ומסקנות

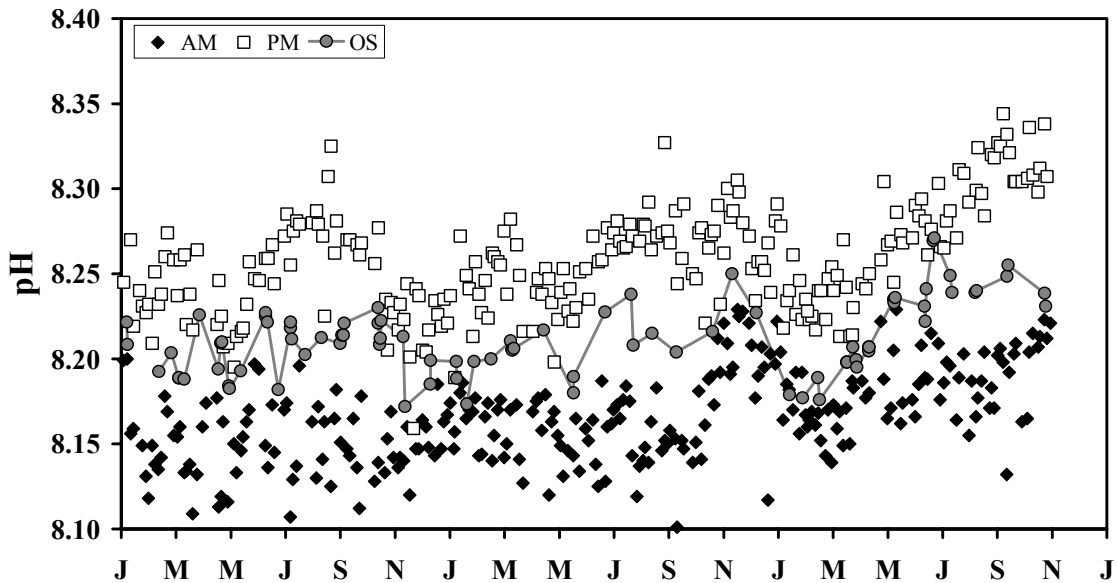
מאיוור 13 נראה כי ערכי החמצן משתנים בתקופה שבין אוקטובר 2002 לנובמבר 2003 בערך באותו שיעור כמו בתקופות הללו בשנים 2001/02. בחורף, כתוצאה מקירור המים, גדל שטף החמצן מהאטמוספירה וקצב הנשימה של חברת השונית בלילה. בקיץ, עקב התחממות המים, ישנה פליטה של חמצן לאטמוספירה כתוצאה מעל רוויה וקצב נשימת חברת השונית גדל בלילה ביחס לחורף. ניתן לראות שערכי החמצן המקסימאליים נמוכים במעט (20 μM) מאשר בתקופות דומות ב-2001/02, כנ"ל במדידות המינימום ובים הפתוח. סביר להניח כי זו תוצאה של העדר שטף נוטריינטים גדול מהים הפתוח לשונית כתוצאה מהערבוב האנכי החלש בחורף 2002/03.

ה-pH (איור 14) מתנהג בהתאמה לחמצן בשונית כלומר עולה ויורד כתלות בנשימה ופוטוסינתזה. גם הקלסיפיקציה משנה את ה-pH אך השינויים קטנים. מהמדידות ארוכות הטווח ניתן להבחין במחזוריות חצי שנתי במקסימום pH הנובעת כנראה משינויים ב- C_T הקשורים בשחלוף גזים עם האטמוספירה ובפרודוקטיביות מוגברת כתוצאה מהספקת נוטריינטים בזמן ערבוב עמודת המים בחורף. השנה ה-pH המקסימאלי התקבל בנובמבר, לעומת חודש מרץ בשנים קודמות (2001/02).



איור 13: מדידות מינימום (מעוינים שחורים) מקסימום (ריבועים לבנים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של חמצן מומס לעומת הים הפתוח (עיגולים אפורים) ממדידות הדיגום החופי וההפלגות.

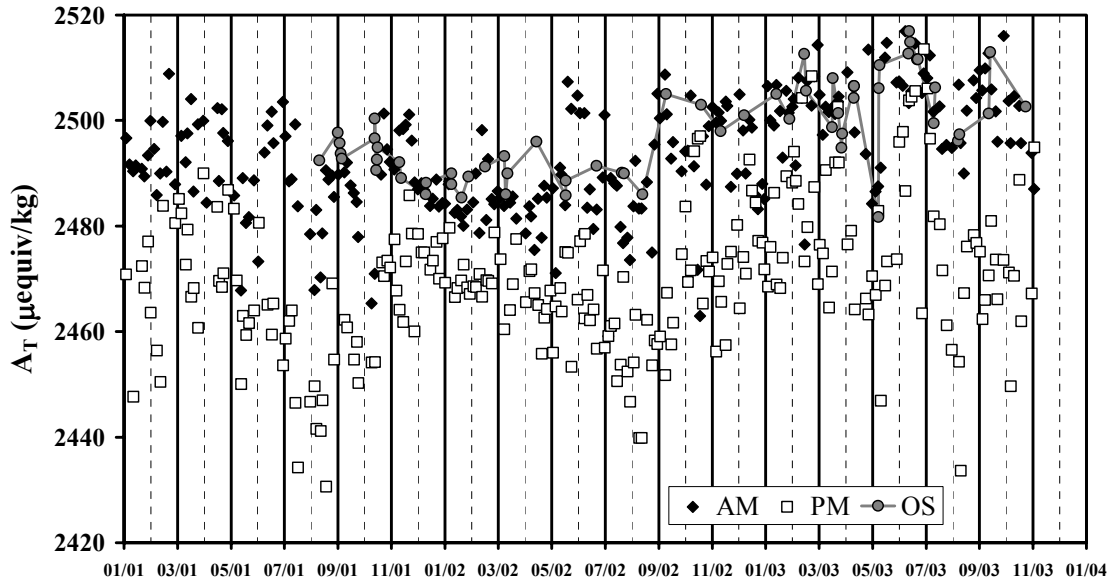
Figure 13: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) measurements of dissolved oxygen concentration at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea concentration (grey circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.



איור 14: מדידות מינימום (מעוינים שחורים) מקסימום (ריבועים ריקים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של pH שנמדד בטמפרטורה של 25 °C לעומת הים הפתוח (עיגולים אפורים) ממדידות הדיגום החופי וההפלגות.

Figure 14: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) measurements of pH (at 25°C) at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea (grey circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.

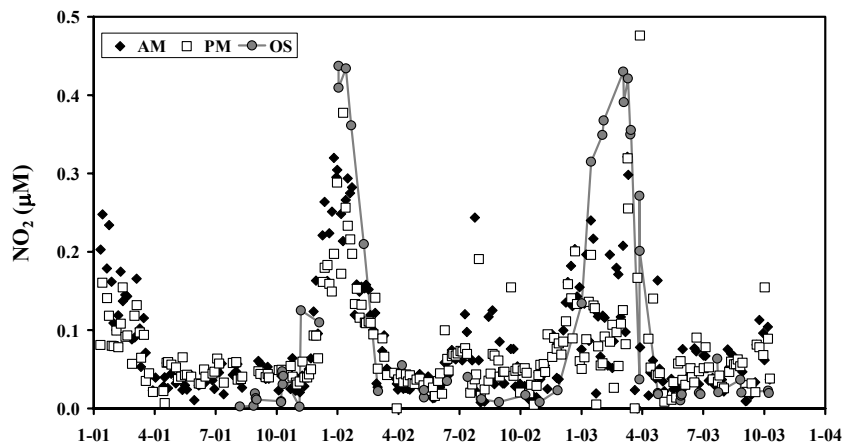
מחזוריות שנתית נצפתה באלקליניות (איור 15) עבור ערכי אהה"צ, שכן ערכי הבוקר בד"כ דומים לערכי ים פתוח. זאת משום שבמשך הלילה קצב ההשקעה של CaCO_3 בשונית מאוד נמוך. גם בתקופת הדיגום של פרויקט הניטור ערכי המינימום גבוהים, הווה אומר שקצב ההשקעה של CaCO_3 בשונית נמוך, זאת משתי סיבות עיקריות: תוספת נוטריינטים למערכת בתקופת הערבוב (השנה לא עברה את ערך הסף של 0.2 μM) וירידה בדרגת הרוויה של ארגוניט (Ω_{arag}) הקשורה בירידת הטמפרטורה של פני הים במחזור השנתי.



איור 15: מדידות מינימום (מעוינים שחורים) מקסימום (ריבועים ריקים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של A_T לעומת הים הפתוח (עיגולים אפורים) ממדידות הדיגום החופי וההפלגות.

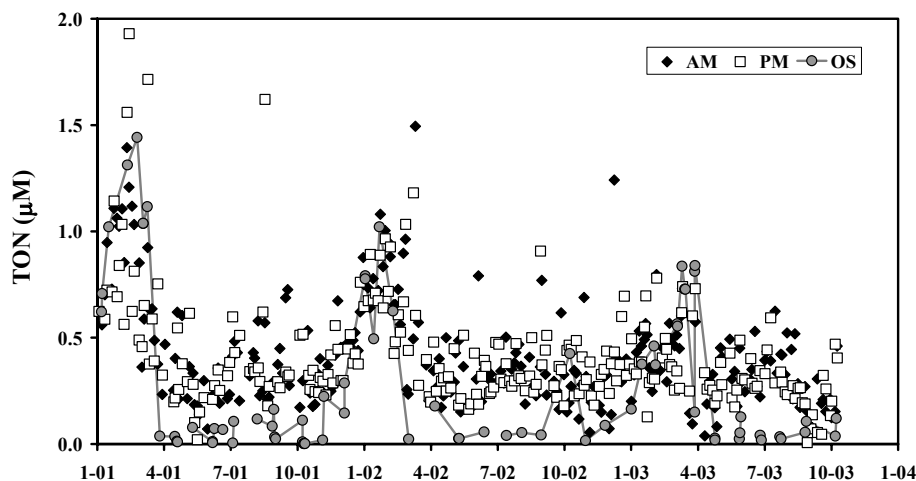
Figure 15: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) measurements of total alkalinity at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea value (grey circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.

ריכוזי הניטריט (איור 16) בשונית בתקופת הדיגום הנוכחית גבוהים במעט מערכי הים הפתוח עבור ערכי המינימום והמקסימום וזאת בניגוד לחורפים קודמים. עם זאת הערכים המקסימאליים נופלים מאלה שנמדדו בחורף 2001/02 בפקטור של 2-3 כנראה כתוצאה מהערבוב החלש בעמודת המים הפתוחים השנה. מגמה דומה מתקבלת מאותה סיבה עבור ניטריט + ניטראט (איור 17) וכלורופיל (איור 18).



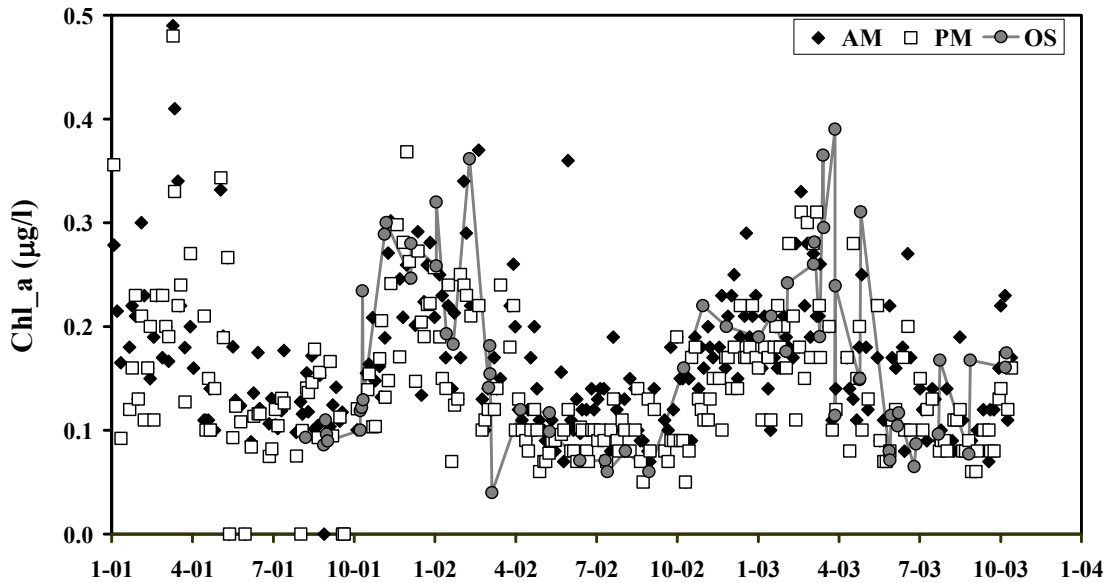
איור 16: מדידות מינימום (מעוינים שחורים) מקסימום (ריבועים ריקים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של ניטריט לעומת הים הפתוח (עיגולים אפורים) ממדידות החופי וההפלגות.

Figure 16: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) measurements of nitrite at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea value (grey circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.



איור 17: מדידות מינימום (מעוינים צהובים) מקסימום (ריבועים אדומים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של ניטריט+ניטריט (TON) לעומת הים הפתוח (עיגולים וורודים) ממדידות החופי וההפלגות.

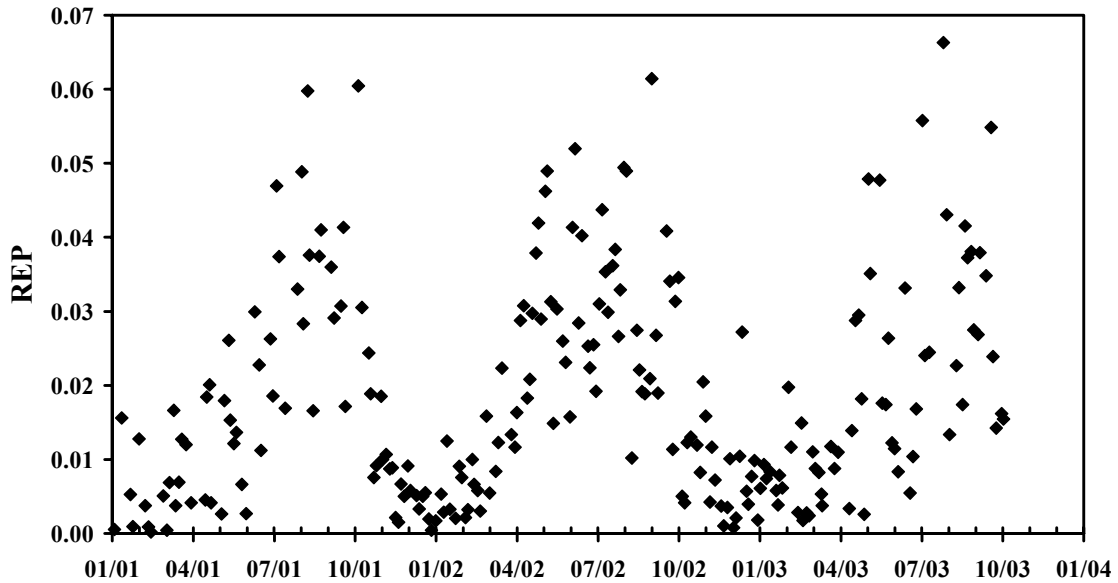
Figure 17: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) measurements of total oxidized nitrogen at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea value (grey circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.



איור 18: מדידות מינימום (מעוינים שחורים) מקסימום (ריבועים אדומים) בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד נובמבר 2003 של כלורופיל a לעומת הים הפתוח (עיגולים אפורים) ממדידות הדיגום החופי וההפלגות...

Figure 18: Minimum (yellow diamonds) and maximum (red squares) measurements chlorophyll a concentration at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon relative to the open-sea value (pink circles) from the coastal station and monitoring cruise measurements for the period January 2001 to November 2003.

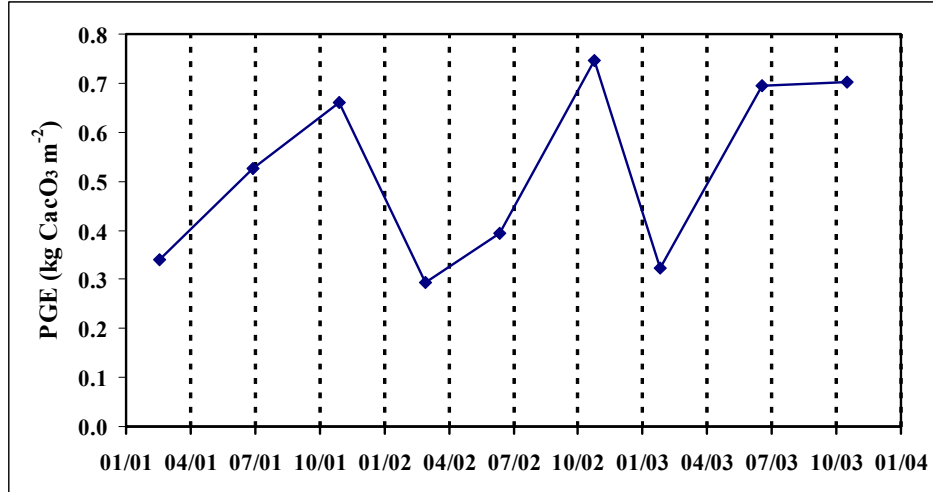
הגרף המסכם את כל המדידות הללו מוצג באיור 19 המתאר את השתנות הפרמטר הסביבתי (REP) עם הזמן. כמצופה מניסיון העבר חורף זה אינו שונה בהרבה מהחורפים של 2001/02 ורואים ערכים מאוד נמוכים של REP כתוצאה מירידה בקצב ההשקעה של CaCO_3 ומעבר השוניית למוד של עודף יצרנות ראשונית, אם בגלל קצב הנשימה או בגלל עלייה בקצב היצרנות הקשורה בהעמסת נוטריינטים מהים הפתוח.



איור 19: ערכי REP בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג מינואר 2001 עד תחילת מרץ 2003 של שחושב ממדידות האלקליניות והחמצן בשוניית ובים הפתוח.

Figure 19: REP values calculated from diurnal minimum-maximum measurements of total alkalinity and dissolved oxygen at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon and their corresponding values in the open-sea for the period January 2001 to November 2003.

איור 20 מתאר את סך כמות ה- CaCO_3 המצטברת בשוניית באינטרבלים של 4 חודשים מינואר 2001 עד נובמבר 2003. ניתן לראות כי הכמות השנתית המצטברת אינה עולה על $1.8 \text{ kg CaCO}_3 \text{ m}^{-2}$ לשנה. ערך זה נמוך ב-55% ויותר מהערך הממוצע לשוניית הים האדום והאינדו-פציפי. כמו כן האיור מראה שהכמות המצטברת בתקופת השנה שבין פברואר ליוני בשנת 2003 גדול פי 1.4-1.7 מהתקופה המקבילה בשנים 2001-2002. עלייה זו נובעת כנראה מהעלייה המשמעותית בדרגת הרוויה של ארגוניט בשוניית (או לחלופין עליית ה-pH בים הפתוח). למרות זאת, הכמות המצטברת השנתית לא שונה באופן משמעותי בשנת 2003 מזו שבשנתיים שלפני כן.



איור 20: ההצטברות התקופתית של CaCO₃ בשונית בחוף אלמוג מ-2001 עד נובמבר 2003 בתקופות של 3-4 חודשים.

Figure 20: The periodic accumulation (3-4 months) of CaCO₃ in the nature reserve reef based on diurnal minimum-maximum measurements of total alkalinity at the permanent monitoring station in the Japanese Gardens lagoon assuming a constant diurnal average residence time of water in the reef (4.5 hours) and diurnal average depth (1.7 m) for the period January 2001 to November 2003.

6. ב. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

במדידה שוטפת זאת אנו מציבים ששה מערכי ניסוי כאשר כל מערך בנוי משש לוחיות PVC בגודל של 10 X 10 ס"מ הסמוכות זו לזו. על לוחיות ה-PVC מתיישבות אצות בנתוניות בתדירות דומה להתיישבות הטבעית על שטחים פנויים בשונית. באופן זה אומדן ביומסת האצות על פני הלוחית משמש כאומדן להתיישבות וגידול אצות בנתוניות בשונית כולה. בשלושה מששת המערכים, הלוחיות מוגנות בתוך כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ על מנת למנוע רעייה על ידי דגים, קיפודי ים וחלזונות גדולים אשר אינם יכולים לעבור מבעד לרשת הכלוב (1 ס"מ). בשלושת המערכים הנותרים הפלטות אינן מוגנות על-ידי כלוב וחשופות לרעייה. מכיוון שביומסת האצות על גבי הלוחות מראה שונות גבוהה (בזמן ובמרחב), כל מדידה (פעם בחודש) כללה מיצוי פיגמנטים מ-6 לוחות, שלוש מהן מתוך כלובים ושלוש האחרות מהמערך הפתוח לרעייה.

אחוז הכיסוי בלוחיות המוגנות על-ידי הכלובים הינו מדד לקצב הגידול הפוטנציאלי של ביומסת האצות.

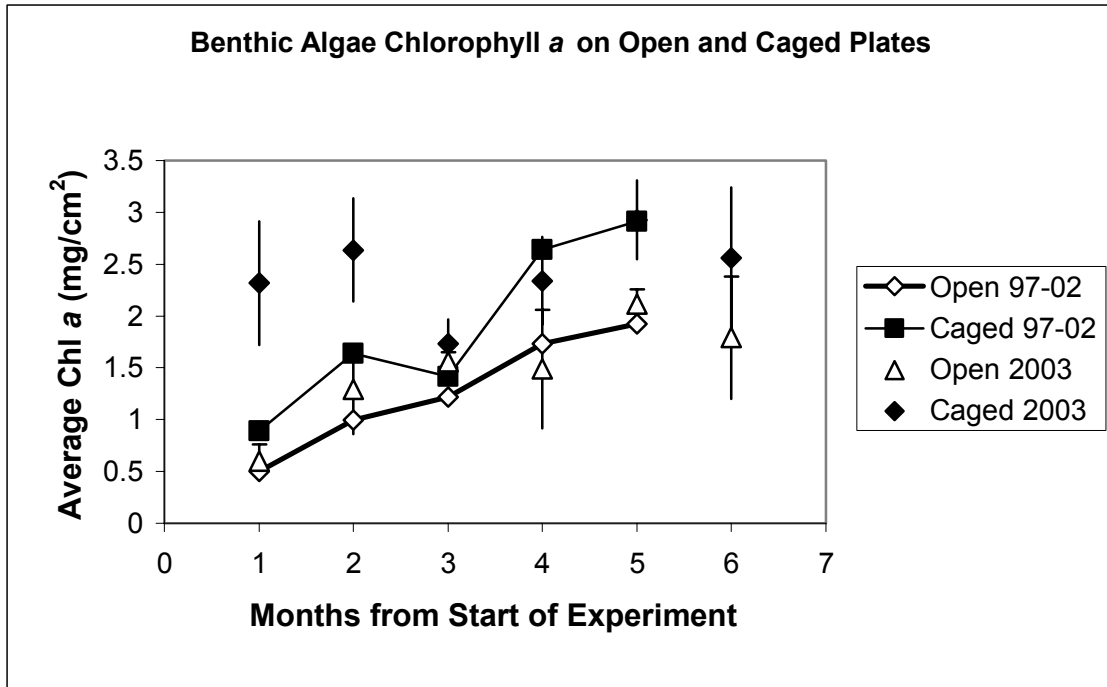
מכיוון שביומסת האצות הבנתוניות בשונית נשלטת בעיקר על ידי רמת הנוטריונים (הקובעת את קצב הגידול) ושיעור הרעייה (הקובע את קצב צריכת האצות), אמדן פוטנציאל הגידול בלוחות המוגנים מרעייה משמש כאינדיקטור עקיף לרמת זמינות הנוטריונים בשונית. הביומאסה בלוחיות החשופות משמשת כאומדן לשני התהליכים גם יחד (גידול ורעייה).

בסוף חודש ינואר 03 הוכנסו המערכים למים בשונית מול המעבדה הימית על-ידי צוללי SCUBA ומקומו בעומק של בין שבעה לעשרה מטרים באופן אקראי. ששת הלוחיות הראשונות (אחת מכל מערך) הוצאו בסוף פברואר (26.2.03) ובכל חודש הוצאה לוחית אחת עד סוף חודש יוני. בעקבות המלצות הוועדה המייעצת שונה פרוטוקול הניסוי כמפורט להלן. הפרוטוקול החדש הופעל בסוף חודש יוני. פרוטוקול זה מבוסס על משך שהייה קבוע בים לכל לוחית (חודשיים) וביצוע המעקב בכל חדשי השנה (לעומת חורף-אביב לפני כן). בכל מערך יש כיום שתי פלטות ובכל חודש מוצאים פלטה אחת, אשר שהתה חודשיים בים.

האצות מגורדות מהלוחית ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצטון:מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים. ביומסת האצות נאמדת על-ידי ביומסת הפיגמנטים הפוטוסינתטיים. הבליעה באורכי הגל השונים במכשיר Spectrophotometer מכמתת את הכמות שיש מכל פיגמנט וחישוב כמות כלורופיל a , הפיגמנט העיקרי באצות אלה, נעשה עפ"י הנוסחא:

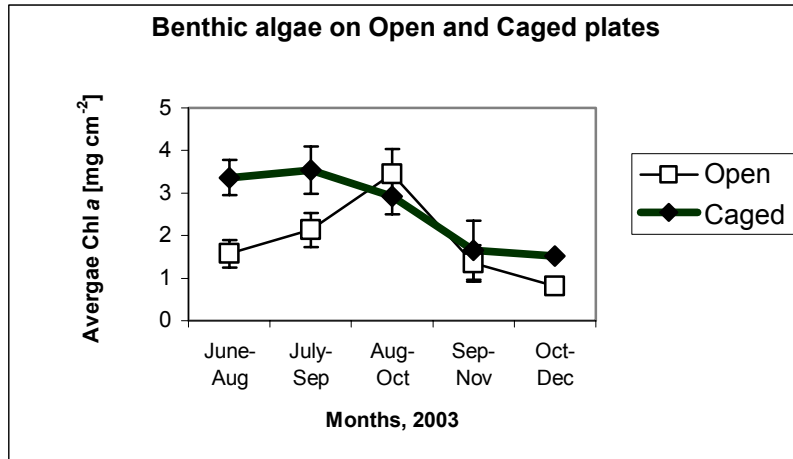
$$[Chl_a] \frac{mg}{cm^2} = (30 \cdot (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630})) / 100$$

כאשר E מסמל את הבליעה באורך הגל המצוין.



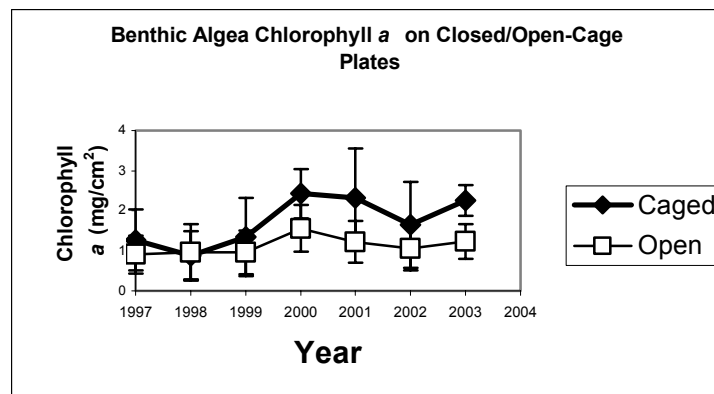
ליחידת שטח) על פני הלוחיות Chlorophyll a איור 21 : צפיפות מאקרו-אצות בנתוניות (ביחידות של כמות כתלות בזמן שהותם במים (בחודשים). הנקודות החופשיות מתארות את הנתונים משנת 2003 (ממוצע של שלוש לוחיות עם סטיית תקן). הנקודות המחוברות מתארות את הממוצע הרב שנתי (1997 עד 2002). כמות הכלורופיל הממוצעת על הלוחיות הסגורות במהלך הניסוי כולו בשנת 2003 הייתה גבוהה יותר מזו שבשש השנים הקודמות.

Figure 21: Chlorophyll a biomass present on the settlement plates per unit area as a function of time in the water (in months). Black and green diamonds represent the open and caged plates measured during 2003 (average of three plates with standard deviation). Red and Blue diamonds represent the average values calculated for measurements taken over the previous 6 years (1997-2002) for caged and open plates respectively. In 2003 there is a significant increase in benthic algae biomass in the caged plates relative to the previous 6 year period averages.



איור 22: צפיפות מאקרואצות בנתוניות (ביחידות של כמות Chlorophyll a ליחידת שטח) על פני הלוחיות (כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות) בחודשים השונים בשנת המיטור הנוכחית (2003). הנתונים התקבלו בשיטת המעקב המעודכנת, לאחר שינוי הפרוטוקול על ידי הוועדה המייעצת. הנקודות הירוקות מתארות את הלוחיות הסגורות, הנקודות השחורות מתארות את הלוחיות הפתוחות.

Figure 22: Chlorophyll a biomass present on the settlement plates (every point represents an average of 3 plates) per unit area throughout the year (2003). The data was gathered using the updated monitoring protocol suggested by the scientific steering committee. Green and black points represent caged and open plates respectively.

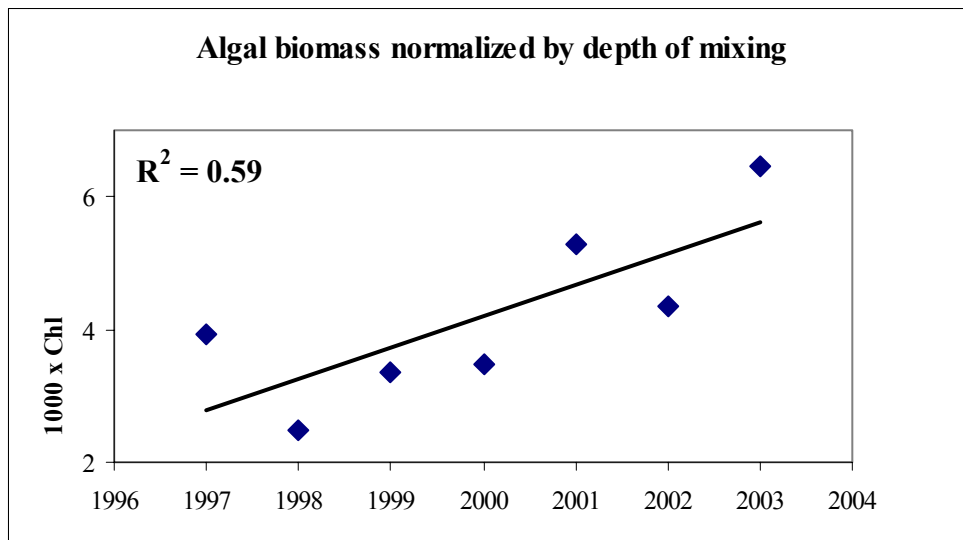


איור 23: השינוי הרב-שנתי בכמות של מאקרואצות בנתוניות (מבוטא במ"ג כלורופיל a לסמ"ר) אשר גדלו על הלוחיות הפתוחות והסגורות (n=3 עבור כ"א) בעונת המעקב (פברואר-יוני) בשנים 1997-2003. שיים לב לערכים הגבוהים הנצפים מאז שנת 2000 בלוחות הסגורים בלבד.

Figure 23: The multi annual change in benthic algae growth on open (black) and caged (green) plates (n=3) in each monitoring season (February-June) during the period 1997-2003.

איור 21 מראה את העלייה ההדרגתית הצפויה בכמות האצות עם התמשכות שהיית הלוח במים, כפי שנהוג היה לעשות בשיטת הניטור הקודמת. איור 22 מתאר את השינויים העונתיים בשכיחות האצות הבנתוניות בשונית באילת. שכיחות האצות היתה גבוהה יותר בקיץ מאשר בסתיו. הדבר מפתיע מכיוון שתקופת הקיץ באזור הינה התקופה האוליגוטרופית ביותר, בה הים משוכב וכניסת נוטריינטים על ידי ערבוב אינה מתקיימת. ריכוז הפיטופלנקטון בים הפתוח הינו נמוך ביותר בתקופת קיץ. הסבר אפשרי לתופעה חריגה זו ב- 2003 הינה העשרת נוטריינטים בשונית. אולם, למיטב ידיעתנו, זו הפעם הראשונה שנעשה כימות של האצות הבנתוניות במפרץ אילת בקיץ ובסתיו. לכן, לא ניתן להסיק בבטחה ששנת 2003 הינה אכן חריגה.

איור 23 מצביע על חזרת המצב המועשר באצות בשונית באילת, לאחר ירידה קלה בשנת 2002. האיור מראה על מגמה רב שנתית של עליה בביומסה, עם קפיצה משמעותית עד שנת 2000 והתייצבות עם ערכי ביומסה גבוהים יחסית מאז ועד היום. בממוצע, ביומסת האצות הבנתוניות בשנים 2000-2003 בלוחות המוגנים מרעייה היה פי 1.8 גבוה יותר מזה שבשנים 1997-1999. הביומסה בלוחות החשופים לרעייה (איור 23) נשארה נמוכה (ודי יציבה) בשבע שנות המדידה אם כי עליה קלה (לא מובהקת) נצפתה בשנת 2000. מכיוון שגידול האצות הבנתוניות צפוי להיות מושפע מריכוז הנוטריינטים שבמים ומכיוון שריכוז זה בעונת החורף והאביב (בעת מהלך ניסוי הלוחות) מושפע מעומק הערבוב, באיור 24 "נורמלו" הערכים שבאיור 23 על ידי חלוקת ערכי כמות האצות בעומק הערבוב בחורף המתאים. האיור מצביע על מגמת עלייה בגידול האצות מעבר לשינויים שנתיים בעומק הערבוב. העלייה בגידול הפוטנציאלי של האצות בשונית מראה כי העלייה בריכוז הנוטריינטים שנמצאה במדידות הישירות בעמודת המים בלב המפרץ (בתחנה A, ראה איורים 58, 59) משפיעה על תהליכים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי (מול המכון הבינאוניברסיטאי).



איור 24: נתוני איור 23 (גידול האצות הבנתוניות על הלוחות הסגורים המוגנים מרעייה) מנורמלים לעומק הערבוב מאז 1997. כל נקודה היא הממוצע המופיע באיור 16 מוכפל ב 1000 ומחולק בעומק הערבוב (במטרים).

מטרת הנרמול היא לבחון את מגמת העלייה הרב שנתית הנצפית באיור 16 אחר הסרת (נרמול) ההשפעה של עומק הערבוב. עומק זה הינו מנגנון טבעי להעשרה בנוטריינטים המתרחש מידי חורף. ככל שהערבוב עמוק יותר כך יותר נוטריינטים מועלים למים העליונים (קרי, נעשים זמינים לגידול האצות). מגמת העלייה הנראית בבירור באיור זה ניתנת להסבר על ידי קיומו של מקור נוטריינטים נוסף לערבוב. מסקנה זו נתמכת על ידי מדידות ישירות של נוטריינטים (נספח 4).

Figure 24: Growth of benthic algae on closed plates for each monitoring season (February-June) normalized for the maximal mixing depth on each season since 1997. Each point is the product of the values from Figure 23 and 1000 divided by the mixing depth. The objective of normalizing for maximal mixing depth in each season is to take into account the natural nutrient enrichment associated with this physical phenomenon, which occurs to a varying degree every winter. Nutrient concentration in the surface water increases with the mixing and therefore more nutrient are available for benthic algae population development. The increasing trend displayed in this figure indicates that there is an additional source of nutrients other than vertical mixing of the water column. This conclusion is supported by the direct measurement of nutrients (appendix 4).

ב.7. ניטור ויזואלי של סביבת השונית

בכל בוקר נבדקת ויזואלית סביבת השונית לאורך חתך קבוע ממזח המכון הבינאוברסיטאי ועד גשר שמורת חוף אלמוג (מרחק של כ-1 ק"מ). הבדיקה נעשית במהלך שחיה בפני השטח עם קנה-מסכה-וסנפירים. מטרת הסקירה לאמוד תופעות יומיות כגון: שינוי במצב אלמוגים, הימצאותם של דגים מתים, הימצאות פלנקטון צורב ולא צורב, עכירות המים, מעקב ודיווח על התרחשותם של מאורעות חריגים בשונית, באם יתרחשו.

בסקר שנערך בשנת הניטור הראשונה נצפתה הדרדרות בחיותן של מושבות ענק של האלמוג *Lobophyllia* בחלק הדרומי (הסגור למבקרים) של שמורת חוף אלמוג. ההדרדרות מאופיינת בשינוי צבען של המושבות מירוק כהה לירוק בהיר והתפרקות פיסית של חלקן. שינוי זה נובע כנראה ממחלה כלשהי. ברצוננו לציין שמושבות בולטות אלו מוכרות לנו פרטנית מזה עשרות שנים. מושבות חולות נצפו גם באלמוגים *Favia*, אשר חלקן עובר תהליך הלבנה (Bleaching).

במהלך השנה נצפו סה"כ 3 דגים מתים בכל החלק הנסקר (למעלה מ-200 תצפיות). שכיחות זו של דגים מתים הינה קטנה בסדר גודל מזו שנצפתה השנה (באותה תקופה) בסקירה דומה שנעשתה על ידי ד"ר א. דיאמנט באזור החוף הצפוני במסגרת פרוייקט ה-IET.

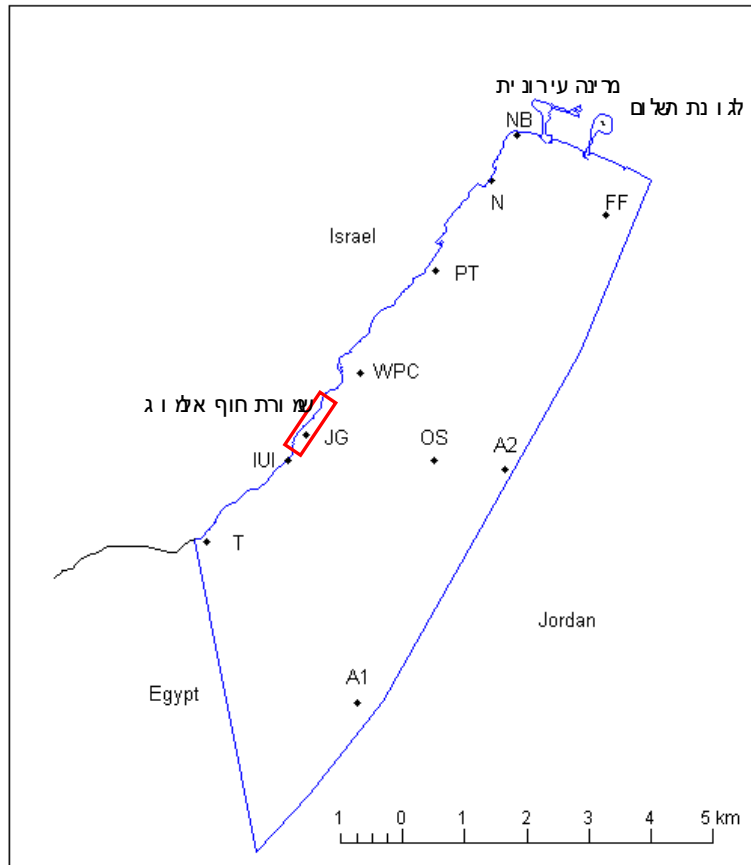
ג. מים וקרקעית בקרבת החוף

ג.1. דיגום חופי

מתחילת הפרויקט בוצעו אחת לחודש מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים במי השטח במספר תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ כפי שמפורט בטבלה (4) ובטבלת הפעילות. המדידות כללו: חמצן, pH, אלקליניות, מליחות, כלורופיל, ריכוז תרכובות חנקן מחומצנות בפאזה המומסת (TON), סיליקה, פוספט, אמוניה ועומק סְקִי (secchi – מדד לעכירות המים). כמוכן התחלנו למדוד טמפרטורת מי שטח בכל תחנה החל מהדיגום בינואר 2003. הדיגום נעשה מסירה בין השעות 08:00 ל-12:00 בבקבוקי ניסקין 5 ליטר של GOFLO מהמטר העליון של פני המים. מדידת הטמפרטורה נעשתה בעזרת תרמומטר מתהפך כמטר מתחת לפני המים.

טבלה 4: מיקום ותאור תחנות הדיגום החופי של פרויקט הניטור הלאומי.

שם תחנה	תיאור מיקום	קו רוחב GPS (N)	קו אורך GPS (E)
FF	כלובי הדגים	29° 32'.25	34° 55'.75
NB	חוף צפוני מול מלון דן	29° 32'.94	34° 58'.23
N	מול קצה דרומי של בסיס חיל הים	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
JG	גנים יפניים שמורת חוף אלמוג	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



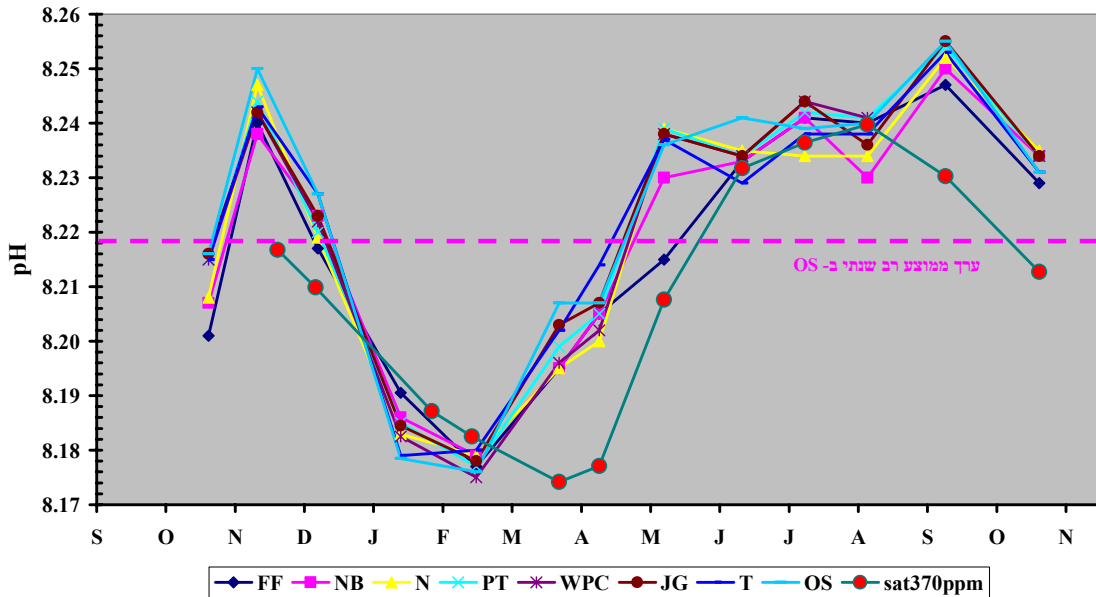
איור 25: מפת תחנות המדיגום במפרץ אילת.

Figure 25: Map of the open-water monitoring station in the territorial waters of Israel in the Gulf of Eilat.

תוצאות ומסקנות

מדידת ה-pH בדיגום החופי (איור 26) מהווה מדד לפעילות הביולוגית, היינו תהליכי פוטוסינתזה ונשימה בגוף המים ובקרקעית ומושפע בעיקר משחלוף CO_2 בין הים לאטמוספירה. היות ומדידות אלה כולן התבצעו בטמפרטורה קבועה ותהליכי הקלסיפיקציה זניחים במים הפתוחים, אזי השינויים ב-pH המוצגים כאן נובעים משינויים ב- C_T (סך הפחמן האנאורגאני המומס - Total Dissolved Inorganic CO_2), ולכן כאשר ה-pH עולה C_T יורד וההפך. כתוצאה משחלוף גזים עם האטמוספירה, C_T גדל עם ירידת הטמפרטורה וקטן עם עלייתה. כיוון שתהליך שחלוף החום בין הים לאטמוספירה הוא הרבה יותר מהיר משחלוף הגזים, קיים מצב שבו המים יכולים להיות על רוויים או תת רוויים יחסית ל- CO_2 אטמוספרי בהתאם לטמפרטורה שלהם. ההתנהגות הכללית של pH באיור 26 נובעת בעיקר מהפיזיקה של המערכת, כלומר, הפרש הפאזות בין שחלוף חום וגזים בהשוואת המדידות בכל התחנות ל-pH המחושב לפי טמפרטורה, A_T קבוע ולחץ חלקי של $pCO_2 = 370$ ppm. כמו-כן ערבוב עמודת המים בתקופת החורף מעלה מהמים העמוקים בנוסף לנוטריינטים

מים עשירים ב- C_T , אף הוא תוצר פירוק של חומר אורגאני במים העמוקים במהלך תקופת השיכוב.

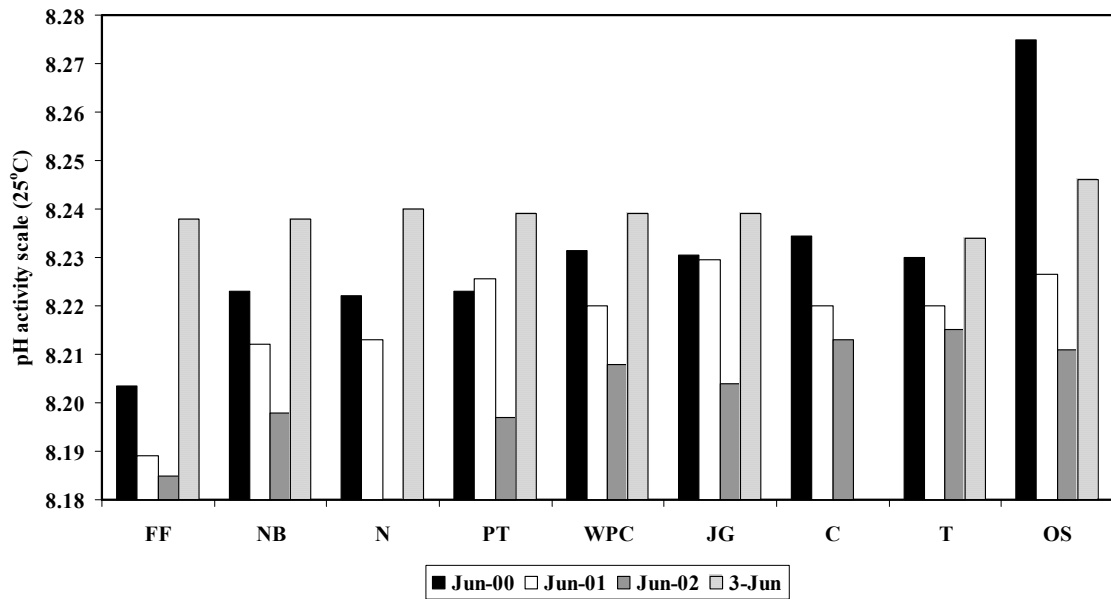


איור 26: ערכי pH מדודים בכל תחנות הדיגום מאוקטובר 2002 ועד אוקטובר 2003, נמדדו בטמפרטורה קבועה של 25°C . הערכים החודשיים מוצגים יחסית לערך הממוצע הרב שנתי בתחנת ים-פתוח (ורוד מקווקו). כמוכן מוצגים ערכי ה-pH המחושבים למי השטח המצויים בש"מ עם האטמוספירה ($\text{pCO}_2 = 370 \text{ ppm}$) כפונקציה של טמפרטורת המים, במליחות של 40.7 ppt ואלקליניות של $2490 \mu\text{equiv./kg}$ (קו ירוק עם עיגולים אדומים).

Figure 26: pH measurements at all coastal water monitoring stations from October 2002 to October 2003 measured at a constant temperature of 25°C . The monthly values are displayed relative to the multi annual average calculated for OS measurements since 1999 (dashed line). Furthermore, calculated pH values in the surface water (in equilibrium with atmospheric $\text{pCO}_2=370 \text{ ppm}$ and $A_T=2490 \mu\text{equiv./kg}$) are displayed (green line and red filled circles).

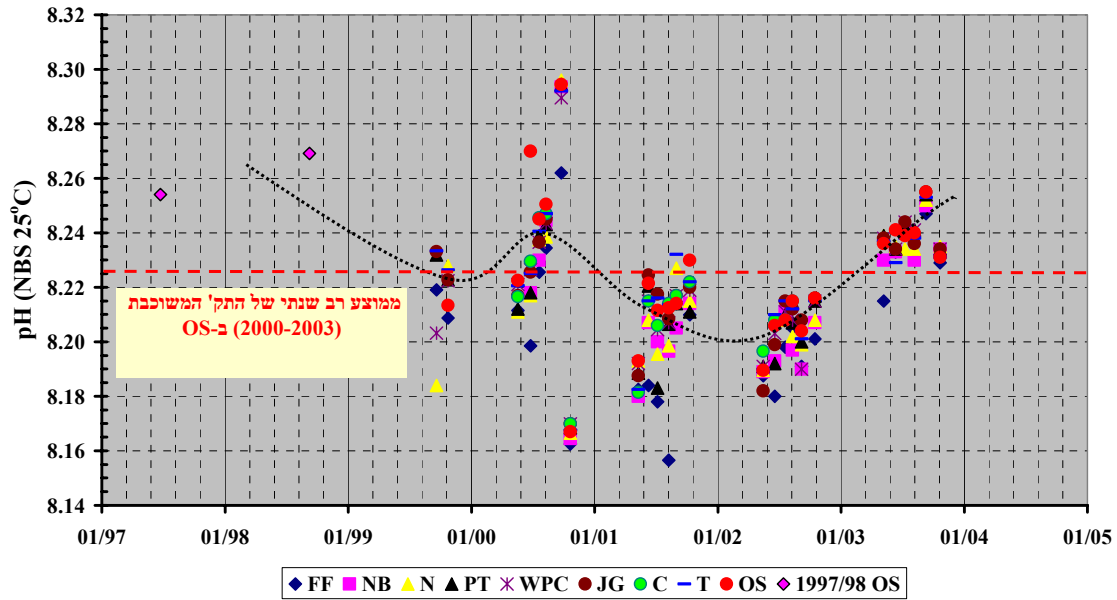
המחזור השנתי של pH במים החופיים של צפון מפרץ אילת מתואר להלן. בין אוקטובר לנובמבר המערכת נמצאת עדיין בתקופה המשוכבת ולכן C_T קטן וה-pH עולה. החל מנובמבר עם ירידת הטמפרטורה של המים והערבוב C_T מתחיל לעלות בפני השטח וה-pH מתחיל לרדת אך עדיין נמצא בעל רוויה (עוקב אחרי הטמפרטורה). בינואר ופברואר ה-pH הוא הכי נמוך ואף נמוך מהערך המחושב ל- pCO_2 ברוויה, כלומר ישנה אספקה של פחמן מהמים העמוקים (באותה תקופה שריכוז הנוטריינטים עולה בפני השטח). עם תחילת השיכוב בין מרץ לאפריל מתחילה הפריחה שמעלה את ה-pH עקב יצרנות נטו חיובית במים העליונים (תת רוויה יחסית ל- pCO_2 אטמוספרי) ולכן ה-pH גבוה מערך הרוויה ובנוסף לכך ישנה התחממות הדרגתית השומרת אף היא על תת רוויה יחסית ל- pCO_2 אטמוספרי. מצב זה נשמר עד אוקטובר 2003.

ברקורד ארוך הטווח ניתן לראות שיפור משמעותי באיכות המים מבחינת ה-pH ומגמת הירידה שדווח עליה בדו"ח הביניים נפסקה (איור 27). ניתן לראות זאת בברור בהשוואת חודשי ספטמבר משנת 2000 עד השנה שבה ירידה מאוד משמעותית של 0.06 יחידות pH התרחשה עד 2002 וב-2003 חלה התאוששות ועלייה חזרה לערכים של סוף העשור הקודם. לתצפית זו ישנה משמעות חשובה לגבי קצב השקעת שלד גירני ע"י האלמוגים בשוניות המפרץ כפי שתואר בחלק ב.2. עם זאת כדאי לשים לב לכך שעל פי איור 28 בו מוצגות כל מדידות ה-pH בכל תחנות הדיגום החופי במהלך התקופה המשוכבת משנת 2000, השינוי העונתי קטן יחסית ב-2003 בהשוואה לשנים קודמות. הדבר יכול לנבוע מהבדלי עומק הערבוב של עמודת המים בחורפים בין השנים 2000-2003. השנה עומק הערבוב היה יחסית רדוד.



איור 27 : מדידות pH של כל תחנות הדיגום החופי בחודש ספטמבר של השנים 2000-2003.

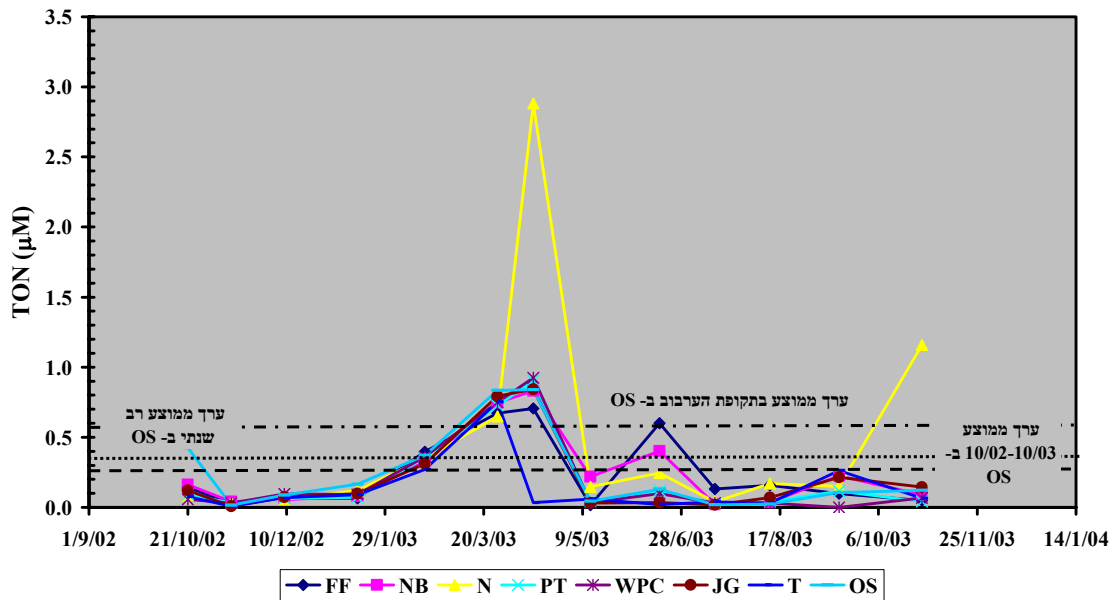
Figure 27: pH measurements at all coastal water sampling station during the month of September of each year (2000-2003).



איור 28: מדידות pH בתחנות הדיגום החופי בתקופה המשוכבת מאי עד אוקטובר של השנים 1997-2003.

Figure 28: pH measurements during the stratified season (May-October) at the coastal water sampling stations during the period 1997-2003.

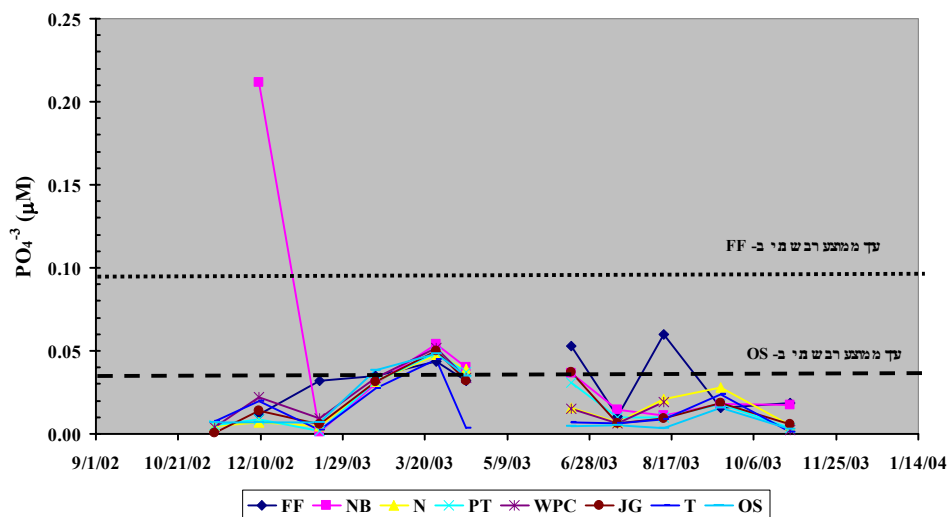
ריכוז כל תרכובות החנקן האנאורגני המחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$) באיור 29 אינו עולה ברוב המדידות מעל $1 \mu\text{M}$ פרט לשתי מדידות בתחנה N (חיל הים). אמנם הראשונה מבין שתי החריגות מתרחשת באפריל בשיא הערבוב אך היא גדולה פי 3 מכל שאר הערכים העומדים על $0.95 \mu\text{M}$ לערך, ואילו השנייה מתרחשת באוקטובר וגבוהה פי 11 משאר התחנות. ידוע כי קיים מקור זיהום נקודתי קרוב לתחנה זו אשר ממוקם בצינור הפליטה של מי מערכת הקירור של מלון מרידיאן. מערכת זו משתמשת במי תהום הנשאבים מבאר סמוכה ועשירים מאוד בנוטריינטים. פרט לחריגות אלו נראה כי במהלך העמקת השכבה המעורבת כל התחנות מראות בערך את אותם הערכים. מחודש מאי מתחילים להיווצר הבדלים בין התחנות אשר באופן כללי ניתן לאפינם כגרדיאנט מכיוון צפון לדרום שבו הריכוזים בתחנות הצפוניות גבוהים פי 10-2 מהריכוזים בתחנות הדרומיות והים הפתוח.



איור 29: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) בתחנות הדיגום החופי מאוקטובר 2002 עד אוקטובר 2003 המוצגות ביחס לערך ממוצע רב שנתי בתקופת הערבוב ב-OS (קו נקודה) ובכל השנה (מנוקד) וממוצע ב-OS במהלך שנת הדיגום 2003 (מקווקו).

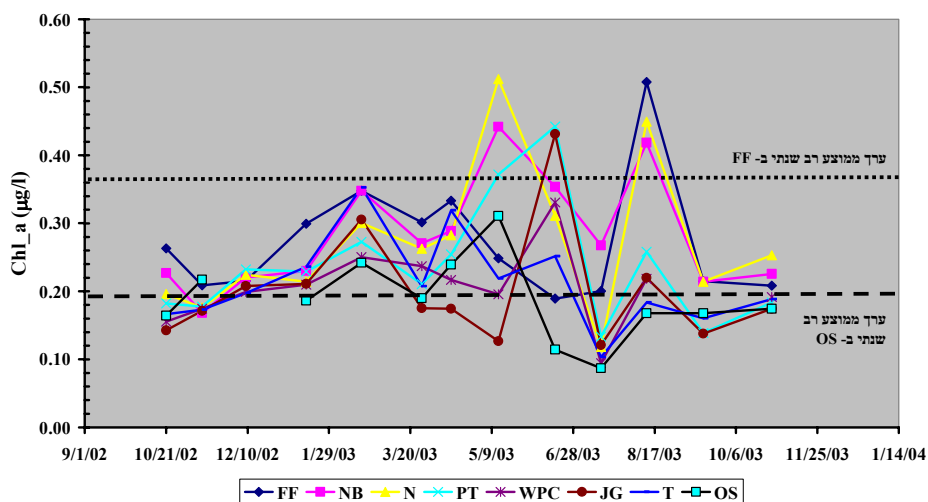
Figure 29: Total oxidized nitrogen concentrations at the coastal water sampling stations from October 2002 to October 2003 displayed relative to the multi annual average value at the OS station during the mixing period (dot dash),entire year (dot dot), and this years annual average (dashed line).

מדידות הפוספט בדיגום החופי (איור 30) מציגות תמונה כללית של ריכוזים נמוכים יחסית לממוצעים הרב שנתיים בכלובי הדגים ובים הפתוח וזאת כתוצאה מערבוב רדוד של עמודת המים הפתוחים במהלך עונה זו. ישנו ערך חריג בחוף הצפוני שככל הנראה נובע מטעות אנליטית. ריכוזי הכלורופיל בדיגום החופי מהווים מדד נוסף לרמת היצרנות הראשונית במים בנוסף למדידה ישירה ע"י מדידות קיבוע של ^{14}C (ראה פרק ד.5). באיור 31 ריכוז הכלורופיל משתנה בטווח של $0.5 - 0.1 \mu\text{gr/l}$, כאשר בתחנות הדרומיות פרט למדידה אחת בגנים היפניים ביוני לא עולים הערכים המדודים על $0.35 \mu\text{gr/l}$. הערכים החריגים נמדדים דווקא בתקופת הקיץ בתחנות חיל הים, כלובי הדגים, חוף צפוני ומסוף טעינת הפוספטים. במהלך החורף ישנו גרדיאנט כמעט קבוע בין התחנות הצפוניות לאלו שבחוף הדרומי פרט למדידה בחודש דצמבר 2002. ריכוזי התחנות הצפוניות בתקופה זו גבוהים בכ $1.5 - 0.05 \mu\text{gr/l}$ מאלו שנמדדו בתחנות הדרומיות.



איור 30: מדידות פוספאט (PO_4^{-3}) בתחנות הדיגום החופי מאוקטובר 2002 עד אוקטובר 2003 המוצגות ביחס לערכים ממוצעים רב שנתיים המחושבים ל- FF (קו מנוקד) ובים הפתוח (קו מקווקו).

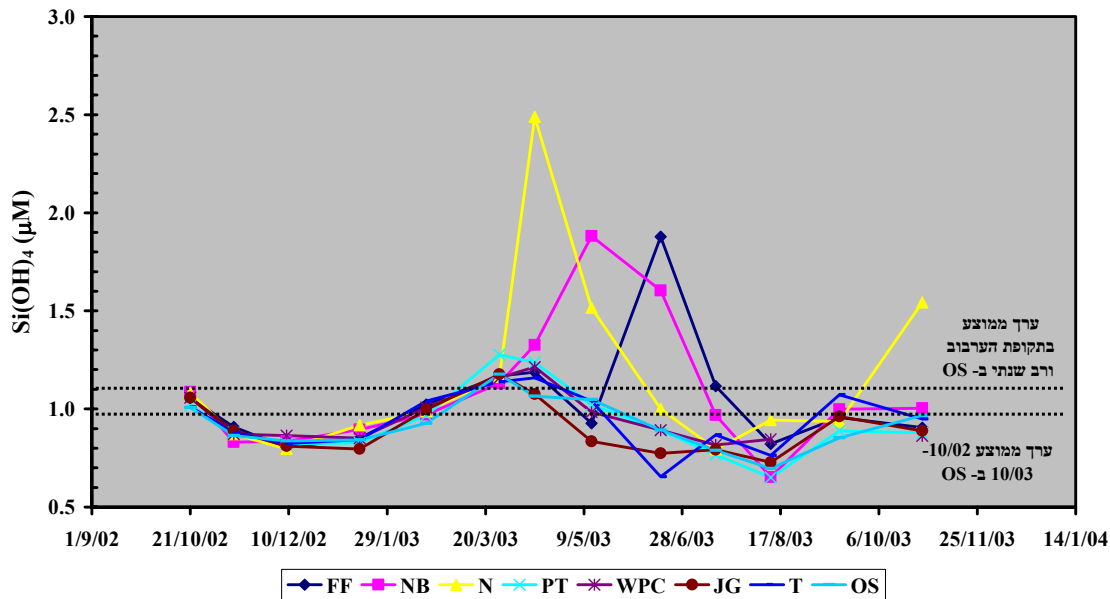
Figure 30: Phosphate concentrations at the coastal water sampling stations from October 2002 to October 2003 displayed relative to the multi annual average value at the FF station (dot dot), and at OS (dashed line).



איור 31: מדידות כלורופיל (Chl_a) בתחנות הדיגום החופי מאוקטובר 2002 עד אוקטובר 2003 המוצגות ביחס לערכים ממוצעים רב שנתיים המחושבים לתחנת הים הפתוח (קו מקווקו) ובכלובי הדגים (קו מנוקד).

Figure 31: Chlorophyll a concentrations at the coastal water sampling stations from October 2002 to October 2003 displayed relative to the multi annual average value at OS (dashed line) and at the FF station (dot dot).

סיליקה (Si(OH)_4) הינה תרכובת המשמשת בהשקעת שלד אופליני במגוון גדול של פיתו/זואו פלנקטון (דיאטומאות – Pteropods, Diatoms) בעמודת המים. על פי מדידות הסיליקה ב-OS (איור 32) נראה כי ריכוז הסיליקה הוא בעל מחזור שנתי בו ריכוזי המינימום נמדדים בינואר ובאוגוסט וריכוזי המקסימום באוקטובר ואפריל. ניתן לראות כי ריכוזי הסיליקה בתחנות נע בין $0.7-1.2 \mu\text{M}$ (פרט לערכים חריגים) ואינו עולה על הריכוזים הממוצעים בתקופת הערבוב בתחנות ובמים הפתוח. בתקופה שלאחר תחילת השיכוב נצפים ערכים חריגים בתחנות NB, N ו-FF הגדולים פי 1.5 – 2 משאר הערכים בתחנות האחרות.

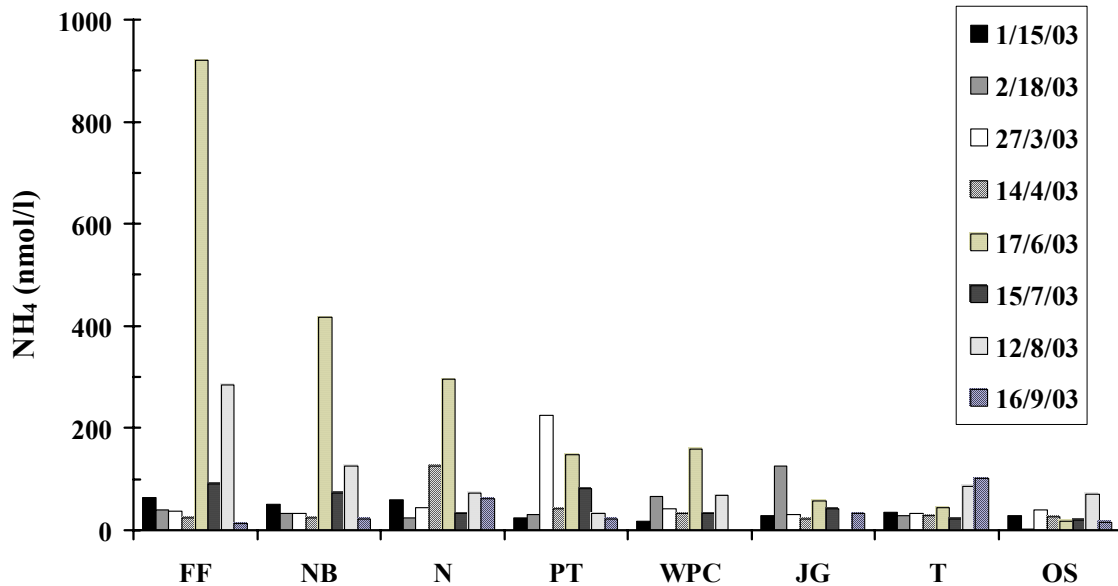


איור 32: מדידות סיליקה (Si(OH)_4) בתחנות הדיגום החופי מאוקטובר 2002 עד אוקטובר 2003 המוצגות ביחס לערכים ממוצעים רב שנתיים המחושבים לתקופה המערבבת (נובמבר-אפריל) בתחנת הים הפתוח (קו מנוקד עליון) וממוצע לשנת הדיגום הראשונה של תכנית הניטור (קו מנוקד תחתון).

Figure 31: Silicate concentrations at the coastal water sampling stations from October 2002 to October 2003 displayed relative to the multi annual mixed season (November-April) average value at OS (upper dotted line) and this years annual average (lower dotted line).

פרמטר נוסף שהתחלנו במדידתו הוא ריכוז האמוניה (NH_4), אשר נמדד רק מינואר השנה (איור 33). האמוניה הנו תוצר ראשוני של חמצון חומר אורגאני ומהווה תרכובת חלופית לביצוע פוטוסינתזה. הוא בד"כ נמצא בריכוזים מאוד נמוכים בעמודת המים משום שתהליך החמצון אשר הופך אותו בתחילה לניטריט ולאחר מכן לניטראט מהיר וצריכת האמוניה ביצרנות משנית (ממחזרת) מאוד גבוהה. למעשה זוהי תרכובת החנקן העדיפה לפוטוסינתזה משיקולים אנרגטיים של האצה. מתוצאות הניטור עולה כי ריכוזי האמוניה משתנים על ציר הזמן בין ערך מינימאלי של 12 nmol/l לערך מקסימאלי של 920 nmol/l , ובאופו כללי קשה להבחין

במחזוריות כלשהי. אם זאת בתאריכי דיגום מסוימים ניתן להבחין בגרדיאנט ברור של אמוניה מצפון בכלובי הדגים לדרום בטאבה ביוני ובאוגוסט 2003. ראוי לציין כי באוגוסט ישנה עלייה פתאומית בריכוזי הכלורופיל בכל התחנות אך בעיקר בכלובים, בחוף הצפוני ובחיל הים.



איור 33: מדידות אמוניה (NH₄) בתחנות הדיגום החופי מינואר 2003 עד ספטמבר 2003.

Figure 33: Ammonia concentrations at the coastal water sampling stations from January to September 2003.

2.ג. תכולת חומר אורגני בסדימנט

לאור הערות ועדת ההיגוי לדו"ח הביניים בנושא זה הוצע לבצע במהלך השנה מספר מדידות נוספות באותן תחנות ולהגדיל את מספר התחנות על מנת להגביר את הרזולוציה המרחבית. כמו כן הומלץ על העלאת טמפרטורת ייבוש הסדימנט מ-60°C ל-105°C. יישום שתי ההמלצות לא הביא לשינוי מהותי במסקנות דו"ח הביניים, כמפורט להלן. דיגום הסדימנט נעשה מסירה לאורך החוף הישראלי של המפרץ בתחנות הבאות: כלובי הדגים (FF), מול מלון דן (DAN), מול המרינה (MARINA), חוף חברת החשמל (ELECTRIC), חוף דקל (DEKEL), בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג (NRS) וטאבה (TABA). בוץ (CO) חוף דקל (DEKEL), בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג (NRS) וטאבה (TABA). בוץ מהקרקעית הועלה לסירה באמצעות מחפרון (Grab) מעומק 20 מטר במרחק של כ-100 מטר מהחוף. הסדימנט נדגם מתוך המחפרון באמצעות מזרקים ששימשו כקוררים (3 קוררים מכל מחפרון). מכל קור נחתכה

פרוסת סדימנט עליון בעובי של 1 ס"מ. בבדיקה מקדימה (בחורף 2003) הוצאו שלושה מחפרונים בכל אתר ושלושה קורים מכל מחפרון על מנת לבדוק את השונות התוך-אתרית. תוצאות המדידה הצביעו על שונות נמוכה ($10\% <$) ולכן הוחלט שפרוטוקול הניטור יסתמך על דגימת מחפרון אחת בכל אתר (שלושה קורים מכל דגימת מחפרון).

דגימות הסדימנט עברו יבוש בתנור. בתחילת הניטור הייבוש נעשה ב- 60°C למשך 24 שעות. לאור המלצות הוועדה המייעצת עברנו לייבוש בטמפרטורה של 105°C למשך 24 שעות. על מנת להשתמש בנתוני העבר ותקופת הניטור הראשונה, נעשה השוואה של יעילות הייבוש בשתי הטמפרטורות הנ"ל. תוצאות ההשוואה הראו שייבוש ב- 105°C מוריד את משקל הדגימה בפרקציה נוספת של 0.0019 (קרי, בעוד 0.19%). לדוגמא, דגימה אשר יובשה ב- 60°C בה נמדד 2.0% חומר אורגני צריכה להיות מתוקנת ל 1.81% חומר אורגני.

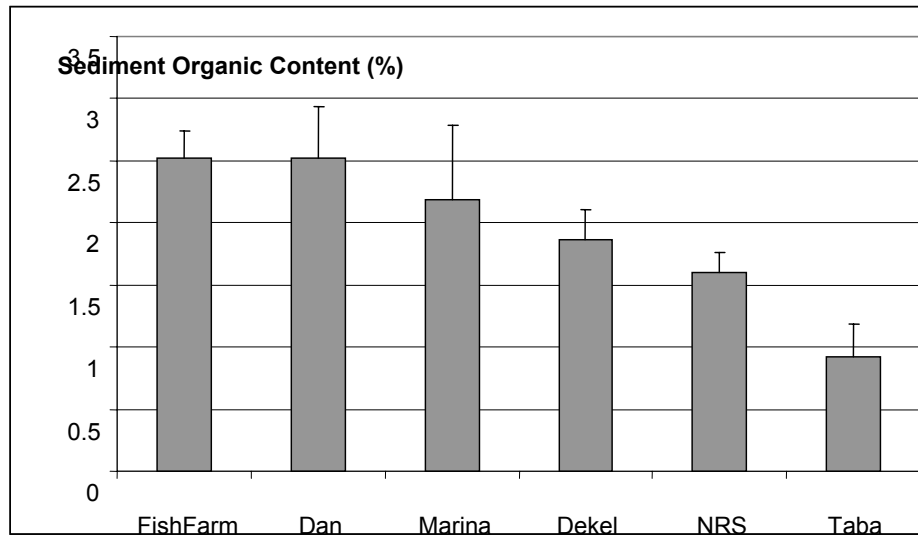
לאחר הייבוש הועברו הדגימות לתנור שריפה על מנת לשרוף את כל החומר האורגני ב- 450°C למשך 4 שעות. כמות החומר האורגני בכל דגימה שווה להפרש המשקלים לפני ואחרי השריפה. אחוז החומר האורגני בסדימנט חושב לכל האתרים.

תוצאות המדידה באתרים השונים מוצגות באיורים 34 א' ו-ב' (ממוצע ורווח בר סמך של 95%). האיורים מצביעים בברור כי אחוז החומר האורגני בסדימנט גבוה בתחנות הצפוניות ויורד בהדרגה ככל שמדרימים (איור 34א) התכולה האורגנית הנמוכה ביותר נמדדה בתחנה הדרומית ביותר – טאבה, כשליש מהתכולה שנמדדה בחוף הצפוני. מגמה זו מצביעה על אחת משתי האפשרויות הבאות (או על שתיהן יחדיו): קיומו של מקור העשרה אורגנית בסביבת החוף הצפוני או קיומו של מפל (גראדינט) בהרכב גודל הגרגר בסדימנט עם פרקציה גדלה והולכת של גרגרים גסים לכוון דרום. בגלל הקירבה לשונית, צפוי שהסדימנטים בדרום יכללו יותר חלקיקים קרבונטים ואלו שבצפון יותר חרסיות (באופן יחסי). לכן, הסדימנטים בדרום יהיו מאווררים יותר ולכן חומר אורגני בתוכם יפורק מהר יותר. אפשרות זו תיבדק בניסוי ייעודי בשנת הניטור הקרובה.

מדידות חוזרות באותן תחנות בחודשים ינואר, מאי, יוני, יולי ואוקטובר (איור 34ב) מצביעות על שינויים שהתרחשו בחודשים השונים ב-2003, עם ערכים נמוכים יחסית בחודש מאי (לאחר סיום עונת הערבוב האנכי).

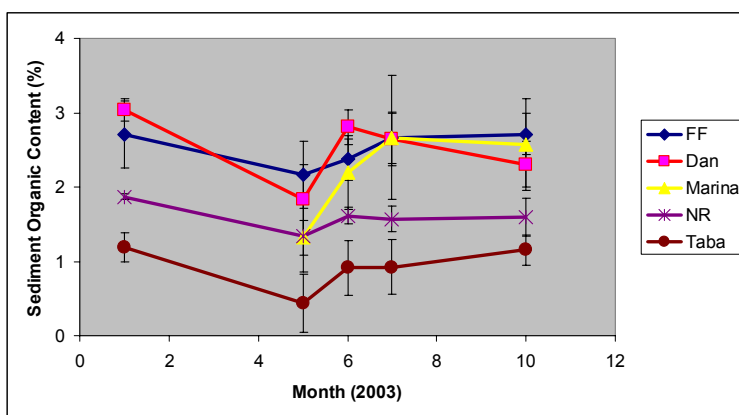
השוואת המדידות מחורף 2003 לאלו שבוצעו בחורף 1999 (בחודש ינואר בשתי השנים) מצביעה על עליה משמעותית בשנת 2003 באזור שמתחיל מול המלונות בחוף הצפוני ומגיע עד לשמורת חוף אלמוג (איור

34ג). לא נצפו שינויים משמעותיים בין שתי השנים הללו באזור כלובי הדגים ובאזור טאבה.



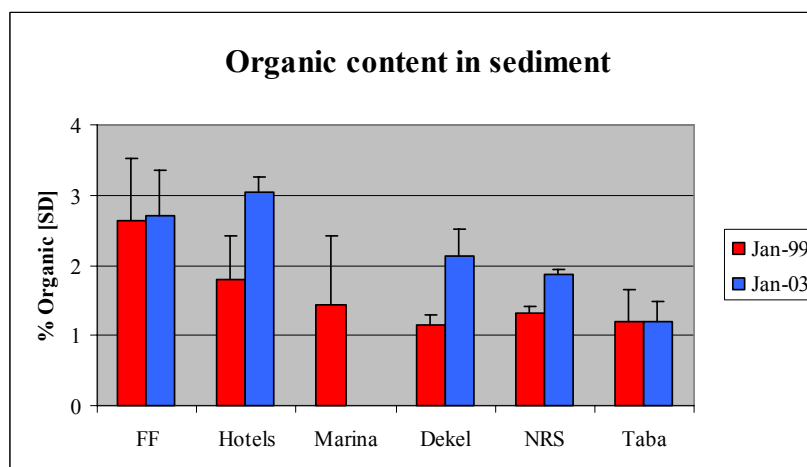
איור 34 א': תכולת חומר אורגאני בסדינטים מתחנות כלובי הדגים (Fish Farm), מול מלון דן (Dan), מול המרינה (Mariba), חוף הדקל (Dekel), שמורת חוף אלמוג בחלקה הדרומי (NRS) וטאבה (Taba). מוצגים הערכים הממוצעים ורווח בר סמך של 95% של המדידות שנעשו בחודשים ינואר, מאי, יוני, יולי ואוקטובר 2003.

Figure 34a: Average organic matter content in the sediments at different coast stations from north (Fish Farms) to south (Taba). Averages and the 95% confidence intervals were calculated for the values measured in January, May, June, July and October 2003.



איור 34 ב': השינויים באחוז החומר האורגאני בסדימנטים מתחנות כלובי הדגים (FF), מול מלון דן (Dan), מול המרינה (Marina), מול שמורת חוף אלמוג בחלקה הדרומי (NR) ומול טאבה (Taba) בחודשי הדיגום השונים בשנת 2003. הנקודות מייצגות ממוצע ורווח בר סמך של 95%.

Figure 34b: The average values of organic matter content in the sediments at the different coastal sampling stations for each month of sampling. The data points represent the average values and the 95% confidence interval.



איור 34ג: השוואת אחוז החומר האורגאני בסדימנטים בין חורף 1999 וחורף 2003 בתחנות הדיגום השונות. מכיוון שהמדידות בשנת 1999 נערכו במספר רב יותר של תחנות, התוצאות המוצגות באיור זה הינן הממוצעים של 2-4 תחנות הקרובות ביותר לכל תחנה שנמדדה ב- 2003.

Figure 34c: Comparison of organic matter content in the coastal sampling stations made in January 2003 to those made at the same sites in January 1999. Since the spatial resolution of measurement was far greater in 1999, the average values of 2-4 stations near those measured in 2003 are presented.

ד. מים פתוחים

ד.1. הקדמה

בתקופת הדיגום הנוכחית בוצעו 11 הפלגות חודשיות לתחנה A (ראה איור 25). בתחנה זו עומק הקרקעית 700 מ' בקרוב והיא נמצאת כמעט על הקו החוצה של המפרץ כ-3 ק"מ צפונית מזרחית לנקודה הדרומית ביותר של המים הטריטוריאליים של מדינת ישראל במפרץ אילת. למעט הדיגום בינואר 2003 כל שאר הדיגומים חולקו ל-2 קסטים (הורדת בקבוקים ו-CTD - רוזטה), קסט עמוק וקסט רדוד, כשבכל קסט נדגמו 11 בקבוקים מים. בקסטים העמוקים, עומק הקסט היה תלוי בעומק הקרקעית ובכל מקרה הבקבוק התחתון נסגר 2-3 מ' מעל הקרקעית. עומקי סגירת הבקבוקים נקבע עבור כל קסט בנפרד בהתאם לפרטים מעניינים שהופיעו בתצוגת המכשירים בספינה בזמן אמיתי, לדוגמא: מקסימום פלואורוסנציה, מינימום מליחות ומיקום התרמוקלינה. בנוסף לתחנה A בוצעו קסטים גם בסמוך לכלובי הדגים (עומק קרקעית 55 מ' בצד הדרומי) וסמוך לבסיס חיל הים (עומק קרקעית 50 מ'). בחודש מרץ הוחלט להוסיף עוד תחנה על הקו החוצה בין תחנה A לכלובי הדגים כ-4 ק"מ דרומית לכלובים בעומק קרקעית של 400 מ' בערך (תחנת OS) ומאז היא נדגמת בכל הפלגה.

בחדש אוגוסט (10/8/2003) בוצעה הפלגה בהשתתפות צוות מדענים מהמעבדה הימית בעקבה בראשותו של ד"ר מוחמד בדרן. מטרת ההפלגה הזו הייתה לבדוק עם קיים גרדיאנט נוטריינטים במים העמוקים לכיוון דרום מעבר לתחום המים הטריטוריאליים של מדינת ישראל. לצורך כך, מעבר לתחנות הרגילות, קרי כלובי הדגים, OS ו-A בוצעו עוד 2 קסטים (עמוק ורדוד) בתחנה B הנמצאת על הקו החוצה כ-19 ק"מ דרומית לכלובים בשטח המים הטריטוריאליים של ירדן ובעומק קרקעית של 850 מ'.

בחתכים האנכיים נמדדו טמפרטורה, מליחות, לחץ, פלואורוסנציה (עד מאי 2003 – הסנסור היה בתיקון) באופן רציף בעזרת CTD של Sea-Bird Electronics ודגימות מים נלקחו מעומקים שונים שבהם נמדדו: חמצן מומס (DO), pH, אלקליניות (A_T), נוטריינטים (NO_2^{-1} , NO_3^{-1} , SiO_2 , PO_4^{-3}), מליחות, כלורופיל (Chl_a), התפלגות אוכלוסיית הפיטופלנקטון ופרודוקטיביות (בעזרת אינקובציות עם ^{14}C).

מדידות המכשירים לעיתים לא היו עקביות בהורדת הקסט לעומת ההרמה כנראה כתוצאה מהסתגלות הסנסורים למים. לכן על פי קונוונציה ועל פי העובדה שבקבוקי הניסקין נסגרו בשלב ההרמה תמיד נלקחו מדידות ה- up cast להצגה ולניתוח. בנוסף, בשלב עיבוד הנתונים בגלל רעש מדידה גדול בעיקר במליחות ובפלואורוסנציה, חושבו נתוני הטמפרטורה, המליחות והפלואורוסנציה לתאי עומק במרווחים קבועים של 1

(Binning) dbar ע"י מיצוע המדידות של כל תא עומק בסינגל המקורי. כמו-כן, סינגל המליחות והפלווארוסנציה נוקו מרעש לבן (white noise) ע"י שימוש בפונקציה wden.m (Wavelet Denoising) שנמצא ב-wavelet toolbox של תכנת Matlab.

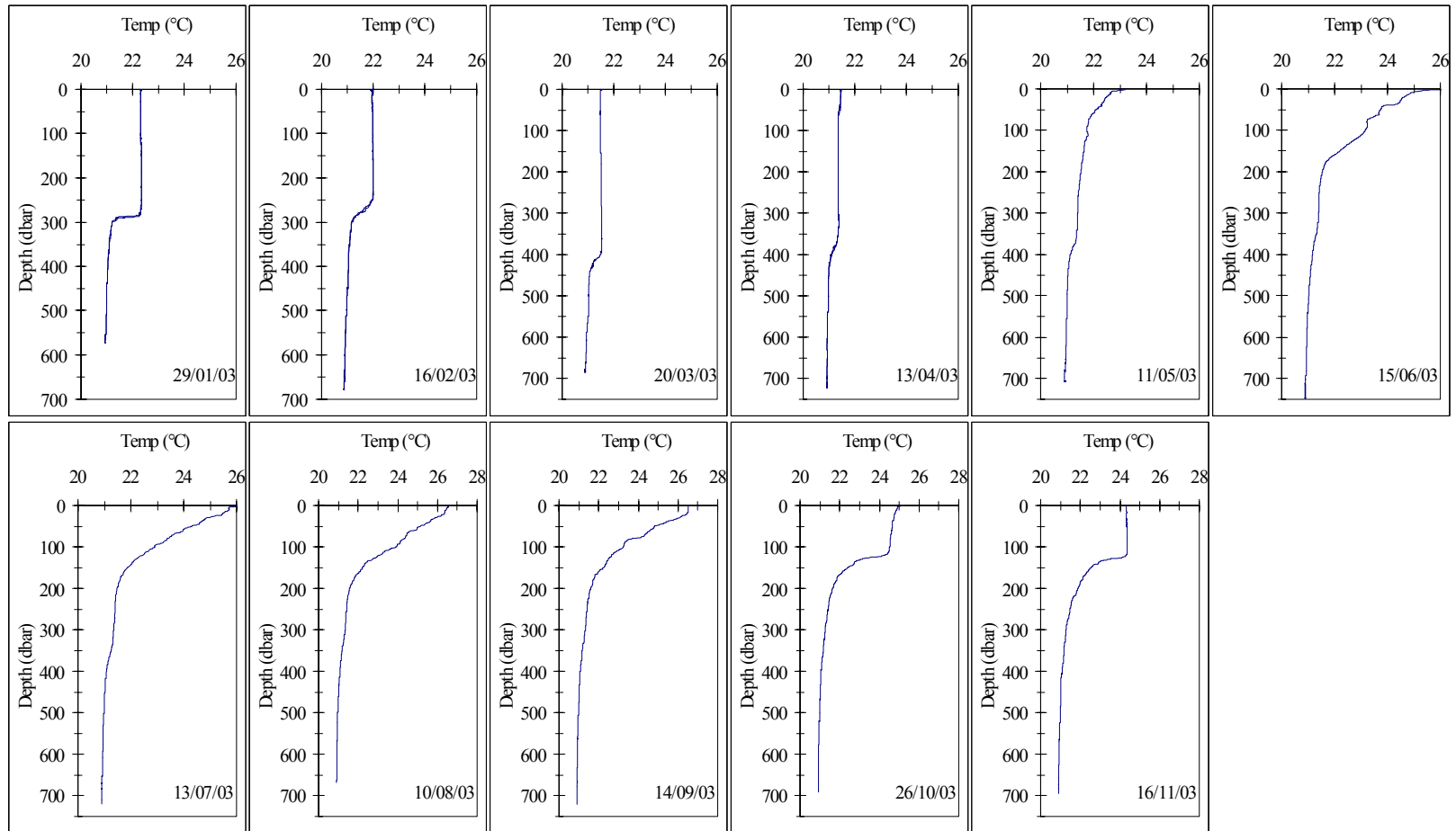
ד.2. תוצאות פרופילים של טמפרטורה ומליחות

איור 35 מציג את כל מדידות הפרופילים של הטמפרטורה בתחנה A מינואר עד נובמבר 2003. באופן כללי ניתן לראות כי מתרחש מחזור שנתי אופייני למבנה הטרמלי של עמודת המים במהלך שנת הניטור האחרונה. בחורף (ינואר עד מרץ) עומק השכבה המעורבת הולך וגדל עד למקסימום של 400 מ' במרץ (טמפרטורת השכבה 21.51°C). באפריל למרות שהשכבה המעורבת נראית עמוקה (370 מ') היא למעשה מתחילה להימחק וניתן לראות את התחלת התפתחות הטרמוקלינה של הקיץ ב-50 המטרים העליונים. מחודש אפריל עומק בסיס הטרמוקלינה הולך וגדל עד מקסימום של בערך 200 מ' בספטמבר (גם ביוני עד אוגוסט בסיס הטרמוקלינה ב-200 מ'). למעשה מחודש יוני מרבית החום הנכנס נאגר בשכבה העליונה וגורם לעליית הטמפרטורה. הטמפרטורה המקסימאלית שנמדד בפני השטח הייתה 26.5°C בספטמבר. מאוקטובר נראה כבר ירידה משמעותית בכמות החום האגורה במים העליונים ולמרות שנראית תרמוקלינה חלשה של 0.2°C בין 0 ל-50 מ' השכבה המעורבת כבר מגיעה ל-118 מ'. בנובמבר אין זכר לטרמוקלינה החלשה של החודש הקודם והמים מעורבים לחלוטין מבחינה תרמלית עד ל-125 מ' והטמפרטורה שלהם נמוכה בעוד 0.1°C מהטמפרטורה שנמדדה באוקטובר.

איור 36 מציג את כל מדידות הפרופילים של המליחות בתחנה A מינואר 2003. כמו בטמפרטורה מתקיים מחזור שנתי אופייני של מבנה עמודת המים מבחינת המליחות. בחורף (ינואר עד מרץ) עמודת המים של השכבה המעורבת אחידה מחינת המליחות בדומה לטמפרטורה עד עומק מקסימאלי של 400 מ' במרץ (40.7 PSU). עם תחילת השיכוב מופיעה שכבה של מים יותר טריים בחלקה העליון של העמודה. במהלך תקופת השיכוב שכבה זו מתערבת עם המים העמוקים יותר באופן מכני או בתהליך דיפוזיה ואילו מעל ל-70-50 מ' המים הולכים ומתאדים. כך נוצר מינימום המליחות האופייני לתקופת הקיץ במים הפתוחים. בספטמבר מינימום המליחות נמצא בעומק של 75 מ' וערכו PSU 40.52. באותו זמן מליחות פני השטח PSU 40.78. באוקטובר בהתאם לשינוי במבנה הטרמלי גם המליחות נהיית אחידה כתוצאה מערבוב קונבקטיבי ונוצרת אי רציפות במליחות בעומק 100 מ'. בעומק זה מתרחש מעבר מהיר ממליחות של 40.75 בשכבה המעורבת ל-PSU 40.55 במינימום מליחות על פני מספר מטרים בודדים. בנובמבר אי רציפות זו מעמיקה לעומק של 115 מ'. באיור 36 ניתן לראות יפה את התפתחות המינימום מליחות והעמקתה ביחד עם העלייה במליחות מי השטח.

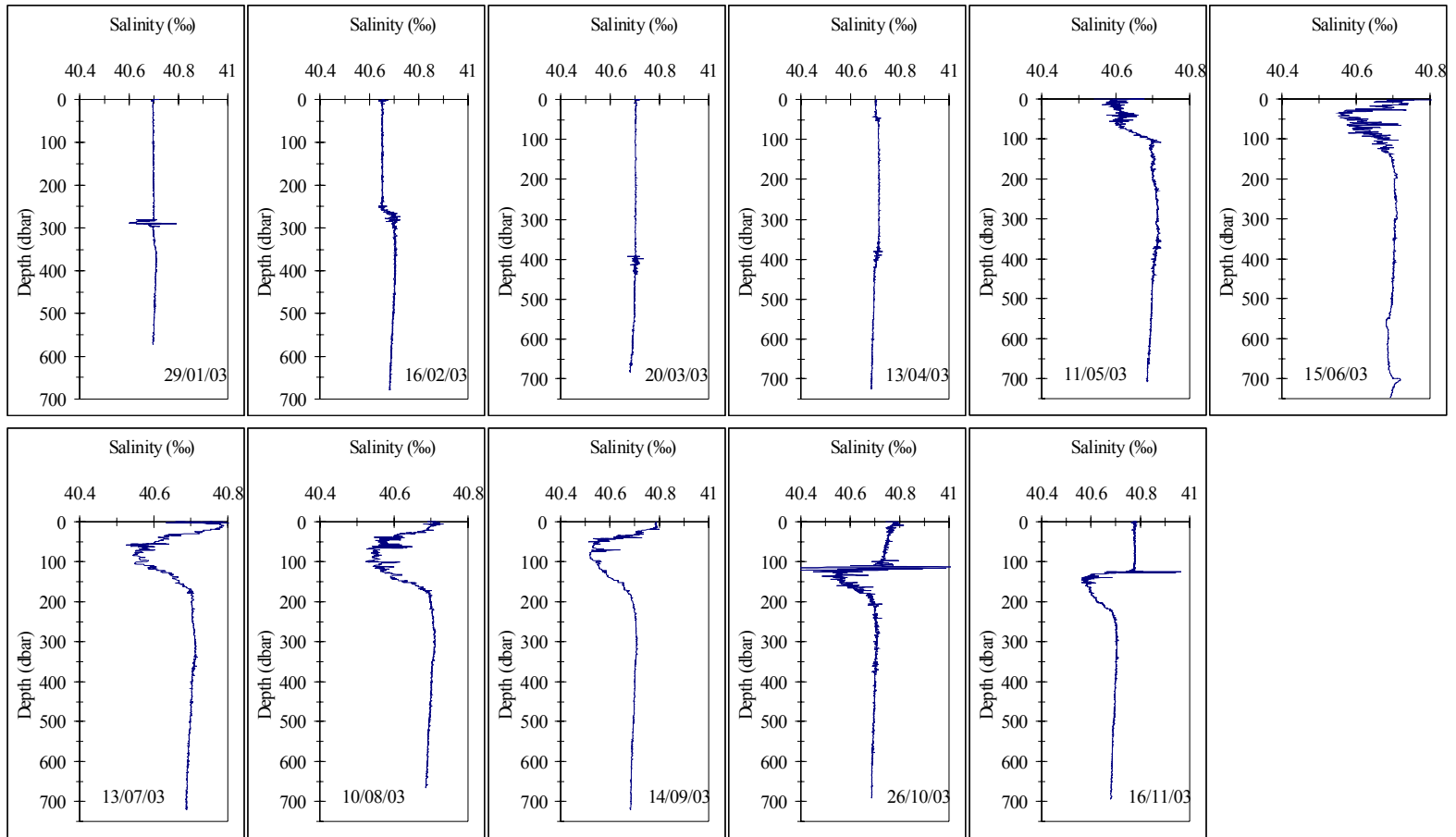
באיור 37 מוצגים הפרופילים של פלווארוסנציה בתחנה A. סינגל זה משקף את ריכוז הכלורופיל בכל עומקי

המדידה. התכונה הבולטת של מבנה עמודת המים מבחינת פלוארוסנציה בתקופה המשוכבת היא קיומו של מקסימום בעומק של 100 מ' שזהו גם עומק השכבה האאופוטית במפרץ. עם תחילת הערבוב באוקטובר נמרה הסיגנל על פני כל השכבה המעורבת באופן אחיד. נראה כי האינטגרל של הפלוארוסנציה גדול יותר במדידות אלה משאר המדידות שנערכו בתקופת השיכוב.



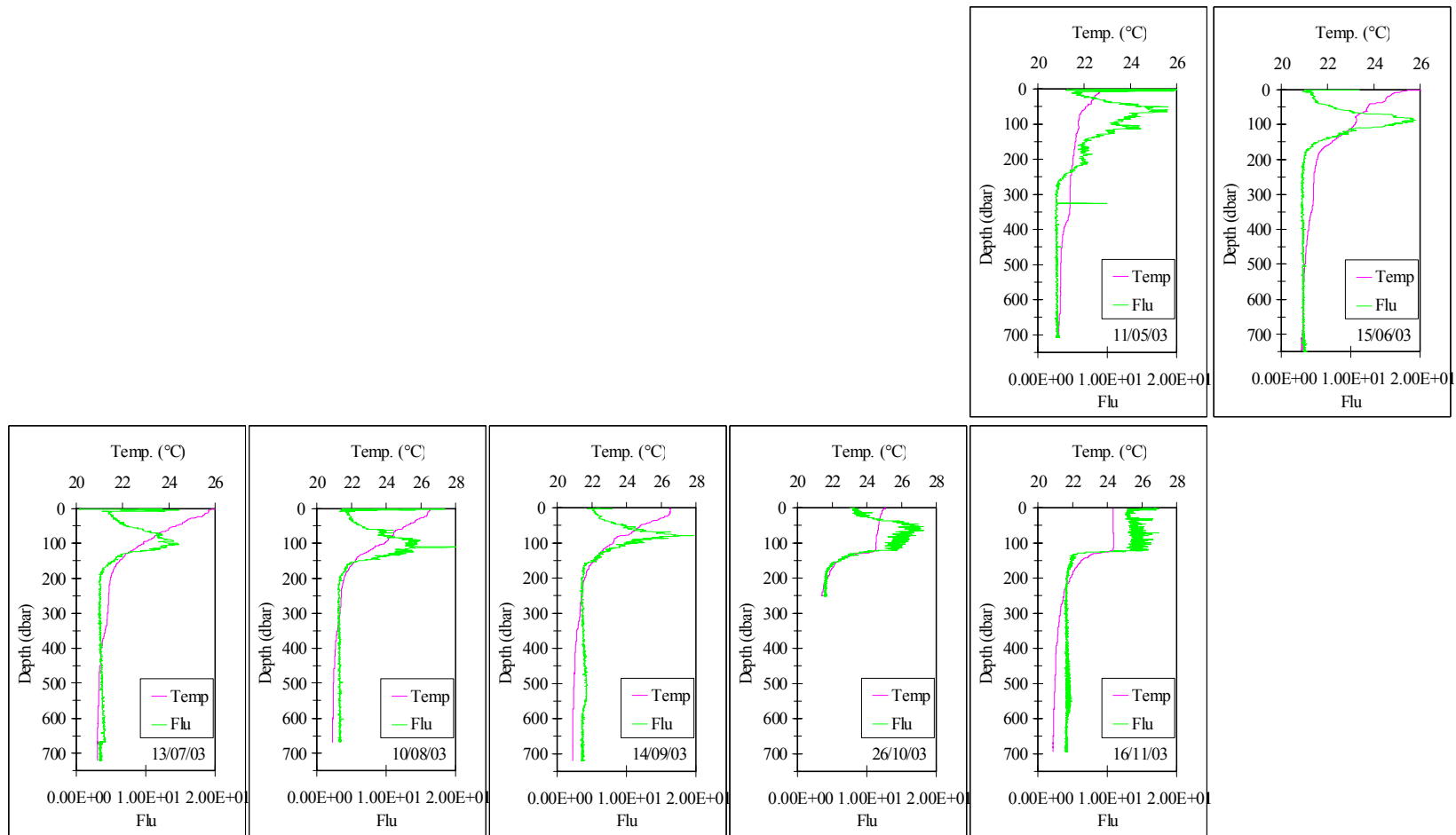
איור 35: פרופילים אנכיים של טמפרטורה בתחנה A מינואר עד נובמבר 2003. הטמפרטורות מוצגות בסקאלה של IPTS-68.

Figure 35: Vertical profiles of temperature at station A from January to November 2003. The temperature is presented in the IPTS-68 scale.



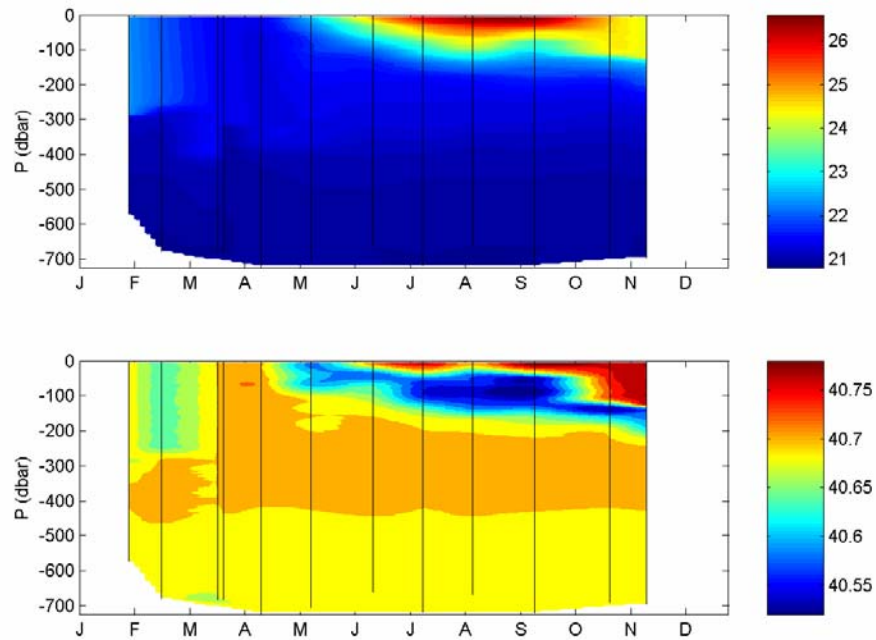
איור 36: פרופילים אנכיים של מליחות בתחנה A מינואר עד נובמבר 2003. המליחות מוצגות בסקאלה של IPS-78.

Figure 36: Vertical profiles of salinity at station A from January to November 2003. The salinity is presented in the IPS-78 scale.



איור 37: פרופילים אנכיים של פלואורוסנציה (ירוק) כנגד טמפרטורה (ורוד) בתחנה A ממאי עד נובמבר 2003. הפלואורוסנציה מוצגת ביחידות שרירותיות.

Figure 37: Vertical profiles of fluorescence (green) and temperature (pink) at station A from May to November 2003. The fluorescence is presented in arbitrary units.

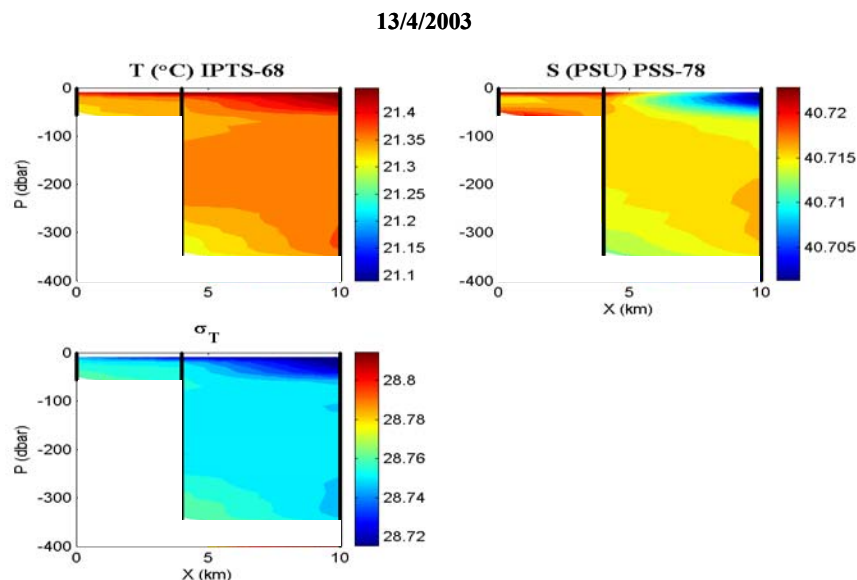


איור 38: תצוגת קונטור של טמפרטורה (פנל עליון) ומליחות (פנל תחתון) לאורך השנה. הקווים באיורים מייצגים את זמני המדידות ועומקן המקסימאלי. לפני שלב הרישות (gridding) המליחות עברה תהליך של Wavelet Denoising ו-binning. והטמפרטורה עברה רק binning. חתך האורך מציג מדידות מכשירים.

Figure 38: Contour plots of temperature (upper panel) and salinity (lower panel) at station A throughout the year. The vertical black lines in the plots represent the time of the casts at station A throughout the year. Before gridding the raw data the salinity was denoised with a wavelet filtering procedure.

כאמור בהפלגות בוצעו גם מדידות פרופילים אנכיים ב-OS ובכלובי הדגים, ע"מ לבדוק את קיומו של גרדיאנט צפון דרום לאורך הקו החוצה את המפרץ. מדידות אלו החלו באפריל עם תחילת השיכוב. ראוי לציין כי מרווח הזמן בין המדידות בתחנות השונות לא עלה בד"כ על 3 שעות (לכל היותר). עובדה זו בעלת משמעות משום שבמהלך התקופה המשוכבת במדידות עוקבות בתחנה A (מחזור יומי 24 שעות, כל שעותיים) נראו שינויים בעומק הטרמוקלינה עד כדי עשרות מטרים במרווחי זמן של כמה שעות בין מדידה למדידה המעידים על קיומן של גלים פנימיים (מדידה זו בוצעה במסגרת הקורס שיטות מחקר בריכוזו של פרופ' בועז לזר מהמכון למדעי כדה"א באוניברסיטה העברית בקיץ 2003). לכן במדידות הגרדיאנט לא צריך לתת יותר מדי משקל לוריאביליות אנכית (בייחוד באזור הטרמוקלינה), מפני שהיא יכולה להיות תוצאה של התקדמות גל פנימי עם הזמן. לעומת זאת וריאביליות אופקית היא בעלת משמעות רבה יותר בתנאי מדידה אלו. באיורים הבאים מובאים ציורי קונטורים של טמפרטורה, מליחות, צפיפות (σ_T) ופלווארוסנציה.

באפריל נראה כי כל צפון המפרץ לפחות עד לעומק של 400 מ' הומוגני מבחינה תרמלית (איור 39) וטווח הטמפרטורות המדודות בתחנות השונות נע בין $21.3-21.45^\circ\text{C}$. לעומת זאת קיים הבדל מליחותיות די גדול (PSU 0.15) בשכבת ה-50 מ' העליונים בין האזור התחום בין כלובי הדגים ל-OS לבין תחנה A. בגרף הצפיפות נראה כי קיים קשר בין מי השטח צפונים ל-OS לבין המים העמוקים יותר בזמן שגוף מים פחות צפוף נמצא ב-50 מ' העלונים דרומית ל-OS. דהיינו ניתן לומר כי מי המדף באזור החוף הצפוני הם אחד ממקומות היצירה של מי העומק בצפון המפרץ.



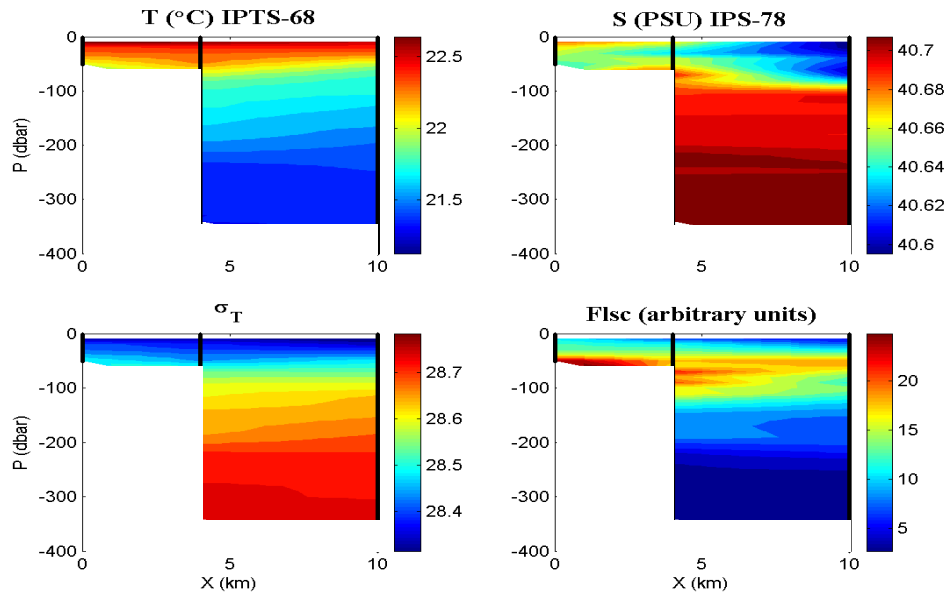
איור 39: פרופיל צפון דרום לאורך הקו החוצה של המפרץ ב-13/4/2003 מתחנה A בדרום במרחק 10 ק"מ מכלובי הדגים ועומק קרקעית של 700 מ', דרך תחנת OS במרחק של 4 ק"מ מהכלובים ועומק קרקעית של 400

מ' ולבסוף כלובי הדגים בעומק קרקעית של 55 מ'. בכל פנל הקווים השחורים האנכיים מייצגים את מיקומי התחנות.

Figure 39: North to south profile along the Gulf bisecting line between stations A in the south through OS station to the FF station in the north during the April 2003 monitoring cruise. Contour plots of temperature (upper left panel), salinity (upper right panel), and density (in sigma T units, lower right panel) are presented. Vertical black lines in each plot designate the location of each station along the transect.

בחודש מאי נוסף פרמטר הפלואורוסנציה למדידות המכשירים (איור 40). מבחינה תרמלית למרות שטווח הטמפרטורות די מצומצם ($20.5-22.7\text{ }^{\circ}\text{C}$) בין מי פני השטח למים העמוקים, עדיין ניתן לראות בברור את המבנה המושכב של עמודת המים. נטיית האיזותרמות נובעת כנראה מתופעת הגלים הפנימיים והבדלי הזמן בין המדידות בתחנה A ו-OS. פרמטר המליחות מראה גרדיאנט אופקי בו עומק מינימום המליחות הולך וקטן ככל שמצפינים, כאשר בצפון (מ-OS לכיוון הכלובים) המים מעט יותר מלוחים ($0.04-0.06\text{ PSU}$) ב-50 המטרים העליונים. שינויי צפיפות המים משקפים בעיקר את השינויים האנכיים בטמפרטורה ולא המליחות. למעשה קיימת כבר הפרדה בין מי הטרמוקלינה המתפתחת למי העומק. בפלואורוסנציה קיימים כמה פרטים מעניינים שכדאי לשים אליהם לב. ראשית מקסימום הפלואורוסנציה עמוק מעט יותר ב-OS מאשר ב-A והערך שלו גם יותר גדול ב-30%. גם בכלובי הדגים מקסימום הפלואורוסנציה גדול ב-30% מזה שב-A ואף יותר מכך. לבסוף נראה כי אינטגרל הפלואורוסנציה הולך וגדל לכיוון צפון.

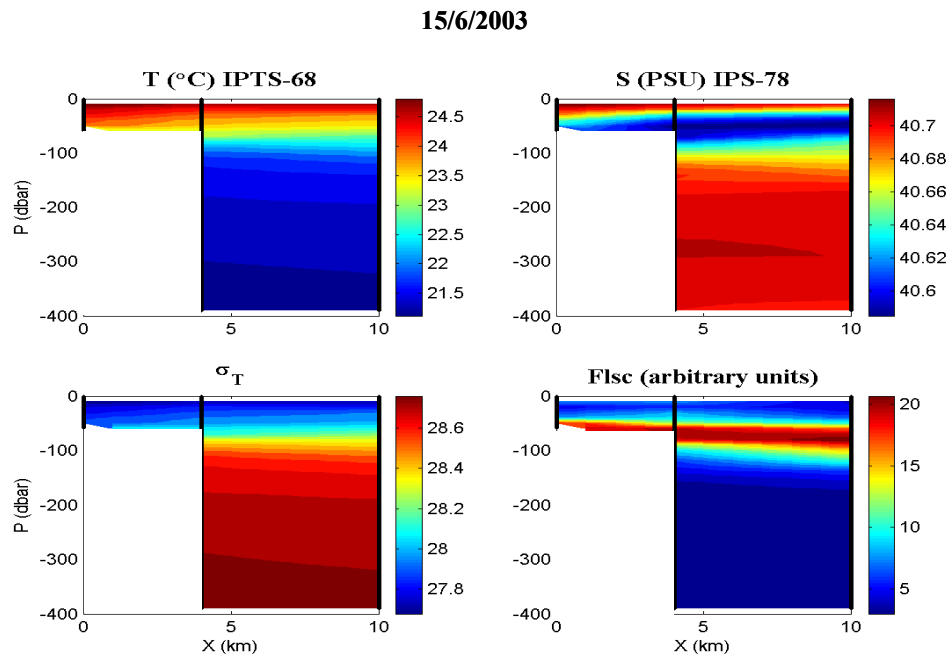
11/5/2003



איור 40: כמו איור 39 עבור חודש מאי (11/5/2003).

Figure 40: North to south profile along the Gulf bisecting line between station A in the south through OS station to the FF station in the north during the May 2003 monitoring cruise. Contour plots of temperature (upper left panel), salinity (upper right panel), density (in sigma T units, lower right panel) and fluorescence (lower right panel) are presented. Vertical black lines in each plot designate the location of each station along the transect.

בחודש יוני לא נראית וריאביליות אופקית ועמודת המים נראית משוכבת באותה מידה מבחינת כל הפרמטרים. עובי העמודה המעורבת בין כלובי הדגים ל-OS הוא בערך 50 מ' לפי טמפרטורה ו- σ_T .



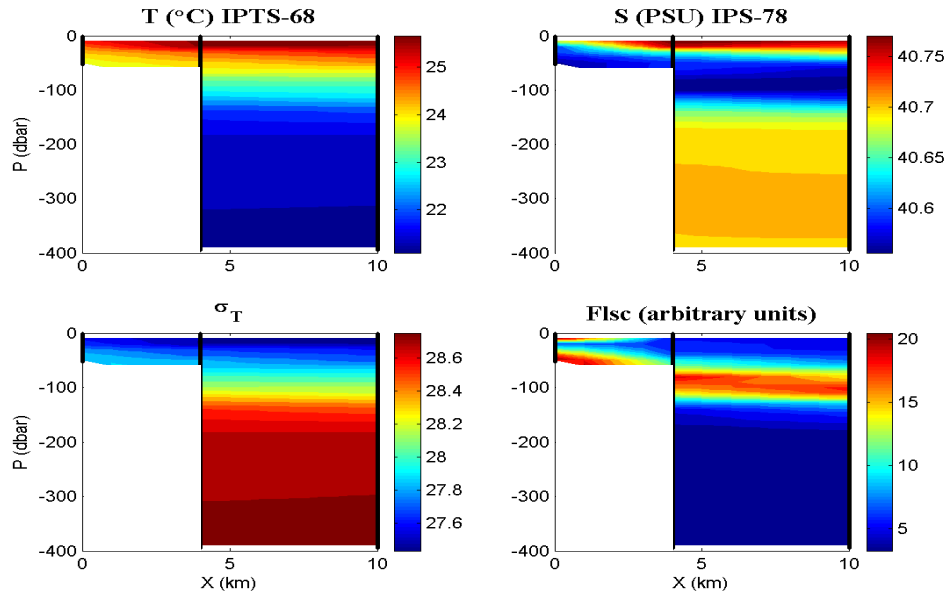
איור 41: כמו איור 39 עבור חודש יוני (15/6/2003).

Figure 41: North to south profile along the Gulf bisecting line between stations A in the south through OS station to the FF station in the north during the June 2003 monitoring cruise. Contour plots of temperature (upper left panel), salinity (upper right panel), density (in sigma T units, lower right panel) and fluorescence (lower right panel) are presented. Vertical black lines in each plot designate the location of each station along the transect.

בחודש יולי (איור 42) שוב ניכרת השפעת השיכוב על מבנה עמודת המים אך הבדל הטמפרטורה בין השכבה העליונה והתחתונה הולך וגדל. בתחנת הכלובים ניתן לראות הבדל של 1°C בין מי שטח למים בקרקעית. למרות השיכוב החזק ניתן לראות הבדל אופקי במליחות של 0.1 PSU בין הכלובים ל-OS ו-A. ובאותו זמן ניתן לראות לשון של פלואורוסנציה בפני השטח מכיוון הכלובים לעבר OS. ייתכן וזוהי התפתחות חזית חופית הנובעת מהבדלים בטמפרטורות בין המים הרדודים והחמים באזור החוף לבין המים הקרים יחסית בים

הפתוח. כמו- כן הפלואורוסנציה המכסימלית נראית רדודה יותר ככל שמתקרבים לחוף. באוקטובר התחיל הערבוב האנכי של שכבת המים העליונה ונראית הומוגנית במימד האופקי (איור 45), למעט הפלואורוסנציה שבה ניתן לראות מריחה של המקסימום על טווח עומקים גדול בין 50 ל-120 מ'. הערך המכסימלי שנראה ב 80 מ' גדל בכ-30% ככל שמצפינים מתחנה A.

13/7/2003

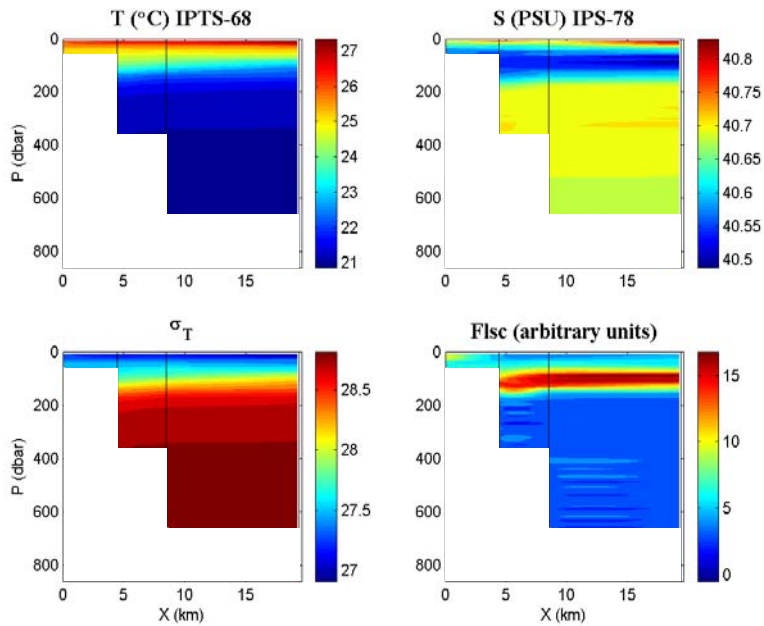


איור 42: כמו איור 39 עבור חודש יולי (13/7/2003).

Figure 42: North to south profile along the Gulf bisecting line between stations A in the south through OS station to the FF station in the north during the July 2003 monitoring cruise. Contour plots of temperature (upper left panel), salinity (upper right panel), density (in sigma T units, lower right panel) and fluorescence (lower right panel) are presented. Vertical black lines in each plot designate the location of each station along the transect.

באוגוסט נערכה הפלגה בשיתוף עם חוקרים ירדניים לתחנה B הנמצאת 19 ק"מ דרומית לכלובי הדגים על קו חוצה צפון/דרום של המפרץ (איור 43). למעט פלואורוסנציה גבוהה עד עומק של 50 מ' באזור הכלובים בהשוואה למי שטח דרומיים יותר, לא נראים הבדלים או מגמות שינוי מצפון לדרום. בספטמבר היו המים משוככים, כצפוי, ללא מגמות מיוחדות הראויות לציון (איור 44).

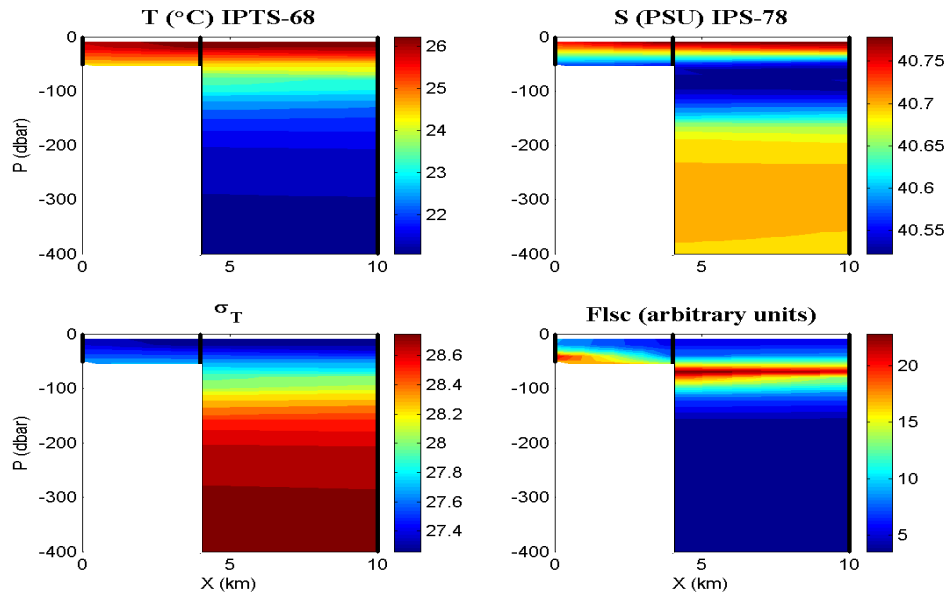
10/8/2003



איור 43: כמו איור 39 עבור חודש אוגוסט (10/8/2003).

Figure 43: North to south profile along the Gulf bisecting line between stations B in the south through station A and OS stations to the FF station in the north during the August 2003 monitoring cruise. Contour plots of temperature (upper left panel), salinity (upper right panel), density (in sigma T units, lower right panel) and fluorescence (lower right panel) are presented. Vertical black lines in each plot designate the location of each station along the transect.

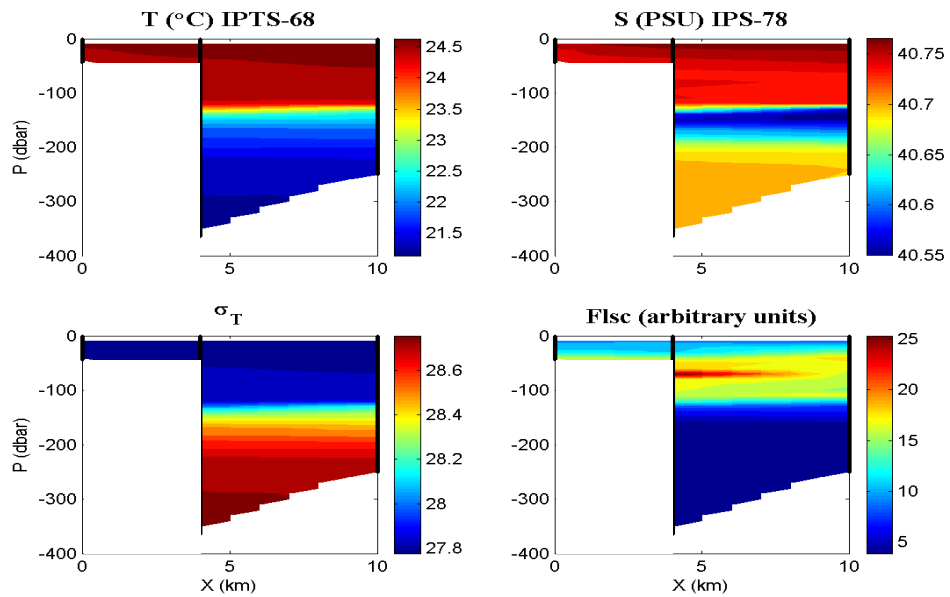
14/9/2003



איור 44: כמו איור 39 עבור חודש ספטמבר (14/9/2003).

Figure 44: As in Figure 39 but for the month of September (14/9/2003).

26/10/2003



איור 45: כמו איור 39 עבור חודש אוקטובר (26/10/2003).

Figure 45: As in Figure 39 but for the month of October (26/10/2003).

ד.3. תוצאות מדידות כימיות וביולוגיות בפרופילים האנכיים

חמצן

להלן מתוארות תוצאות המדידות הכימיות והביולוגיות שנערכו במסגרת דיגום המים הפתוחים. ראשית יתוארו תוצאות החמצן המומס במים. במהלך שנת הניטור הוחלף טיטראטור החמצן בטיטראטור אוטומטי אשר קובע את סוף הטיטרציה בעזרת אלקטרודה, ולכן קביעת סוף הטיטרציה (עפ"י שיטת ווינקלר) כבר איננה תלויה בעיני המתבונן ואמינות המדידה גדלה וכך גם דיוק המדידה, אשר נהיה יותר טוב מ- $1 \mu\text{M} \pm$. עם זאת נתגלו בעיות לא במדידה עצמה אלא באופן שמירת הדוגמא עד שעת מדידתה. במהלך ההפלגות הראשונות שנערכו בחורף עוד נצמדנו לשגרת העבודה שהייתה נהוגה ב-RSMPP שבה רוב הדיגום נערך בשעות החושך ואף נמשך מאוחר אל תוך הלילה והזמן שעבר מאז נדגמו הדוגמאות עד לזמן שבו הם טוטרו היה קצר יחסית (לא יותר מ-12 שעות). בהפלגות הקיץ הוקדמה שעת יציאת ההפלגה ל-15:00 ועבודת הדיגום בכל התחנות הסתיימה לרוב לפני 22:00. אי לכך אוחסנו הדוגמאות עוד 12 שעות ובסך הכול עד 15 שעות עד שטוטרו. מלבד זאת והבעיה העיקרית הייתה שטמפרטורת האוויר בקיץ הייתה גבוהה בהרבה מטמפרטורת המים בכל עומק דיגום ולכן מי הדוגמא התפשטו ואפשרו לאוויר להיכנס לתוך הדוגמא ע"י דחיפת הפקק של בקבוק הדוגמא החוצה. בחורף לא קיימת בעיה שכזו משום שטמפרטורת האוויר לרוב נמוכה מטמפרטורת המים. הבעיה הנ"ל גרמה לדוגמאות קיץ בעלות ריכוזי חמצן נמוכים לעלות בריכוזן כ- $15 \mu\text{M}$ בממוצע (בייחוד בדוגמאות העמוקות ולא בדוגמאות שריכוזן היה קרוב לרוויה). בעיה זו אובחנה בהפלגת אוגוסט לתחנה B ומאז דוגמאות החמצן נשמרות באמבט מים על מנת לשמור על טמפרטורה קבועה ולמנוע מגע עם האטמוספירה. ע"מ לבדוק את טיב המדידות הקודמות הושוו מדידות החמצן לריכוז הניטרט. בהפלגות שבין מאי לאוגוסט תוצאות החמצן חרגו בברור מיחס רדפילד ולכן תוצאות אלה הוגדרו כלא אמינות ואין להתייחס אליהן.

על פי איור 56 ניתן לראות כי בחורף למרות שאינונטר החמצן הולך וגדל בשכבה המעורבת ריכוזו עדיין נמוך מרוויה וזאת ממספר סיבות: עליית מים עניים בחמצן תוך כדי הערבוב, פרודוקטיביות גדלה עם עליית הנוטריינטים מהעומק, שחלוף עם האטמוספירה שאינו מצליח להדביק את ירידת הטמפרטורה. לעומת זאת, עם תחילת השיכוב ועליית הטמפרטורה מי השכבה העליונה מצויים בעל רוויה ברורה החל מחודש מאי. כדאי לשים לב כי בהתאם למצופה הריכוזים המדודים בשכבה העליונה נמצאים בעל רוויה אך הם גבוהים בכ- 10 μM ממנה כפי שריכוז מי העומק גבוהים ממה שהם היו צריכים להיות על פי הניטרט. מעניין לראות שמדידות ה-OS במים העליונים גבוהות בכ- 10-15 μM ממדידות תחנה A וזאת ממדידות מאי-יולי, אולי בגלל שדוגמאות ה-OS היו חשופות יותר זמן לאטמוספירה מאשר תחנות A (סדר דיגום). בספטמבר ניתן לראות את מקסימום החמצן ב-50 מ' המתאים בקרוב למקסימום כלורופיל/פלוואורוסנציה שתואר בחלק

הקודם, דהיינו חמצן זה מקורו בפוטוסינתזה. במים העמוקים בטווח העומקים 400 - 650 מ' נראית ירידה באינוונטר החמצן במהלך שנת המדידה מ-44500 ל-41500 mmol m^{-2} (איור 56). כיוון שהמים העמוקים לא רואים אטמוספירה ואין בהם יצרנות, אזי הירידה יכולה לקרות רק כתוצאה מצריכה בתהליכי חמצון חומר אורגני הנמצא או מגיע למים העמוקים. בקרבת הקרקעית ריכוז החמצן יורד באופן מונוטוני במהלך השנה מ-170 ל-162 μM . ראוי לציין כי בשנה זו נצפו ערכי החמצן הכי נמוכים שנמדדו במים העמוקים מאז לזר וארו התחילו למדוד בסוף שנות השמונים במסגרת פרויקט REEFLEX (בעומקים בהם ישנן מדידות).

pH

מדידות ה-pH מוצגות באיור 47 כפי שנמדדו במעבדה בטמפרטורה של 25°C . באופן כללי ניתן לומר כי פרופילי ה-pH דומים לפרופילי החמצן בגלל הקשר בין שני הפרמטרים הללו שמשתנים כתוצאה מפוטוסינתזה ונשימה בעמודת המים. בעזרת מדידה זו ניתן לראות בקלות כי ההבדלים בריכוזי החמצן (איור 46) בין תחנות A ל-OS בתקופה שבין מאי לאוגוסט אמורים להיות מאוד קטנים (אם בכלל) ולא כפי שמתקבל באיור. במים העמוקים נראה כי בניגוד למצופה (כתוצאה מנשימה) ערכי ה-pH עולים במעט במהלך השנה בערך ב-0.05 יחידות pH. דבר זה אפשרי רק אם יש במקביל לנשימה המסה של CaCO_3 אשר תעלה את A_T ותגרום לעליית ה-pH. מדידות ה- A_T בעמודת המים (לא ניתן איור) לא מצביעים על קיום תהליכי המסה וגם אין תצפיות מהעבר המעידות על כך. לכן ניתן לקבוע כי קיים חשד סביר לגבי איכות המדידה שיכולה לנבוע ממדידה בטמפרטורות שונות מ- 25°C , מדיגום בבקבוקים לא מתאימים המאפשרים שחלוף גזים בין הדוגמא לאטמוספירה או עקב שמירת הדוגמאות במהלך ההפלגה בטמפרטורת החדר.

ניטריט

מדידות הניטריט המובאות באיור 48 מדגימות את הקשר החזק בין דינאמיקת הנוטריינטים בעמודת המים לתהליכים הביולוגיים המתרחשים בה. ניטריט הוא תוצר ביניים רעיל באופן מיוחד וגורם להפסקת נשימה, אך לא בריכוזים הנמוכים בהם הוא מצוי בעמודת המים. הניטריט נוצר בתהליך חמצון בקטריאלי של אמוניה המופרשת ע"י בע"ח בתהליכי חמצון חומר אורגני, או לחלופין בתנאים אנארוביים בהם מתקיים תהליך של דניטריפיקציה מיקרוביאלי שבו מתבצע חיזור של ניטרט לניטריט. מכיון שעמודת המים היא אירובית לא סביר שהתהליך השני מתרחש בבית גידול זה, אך יתכן שהוא מתקיים בסדימנטים. ריכוז הניטריט במים העמוקים אפסי ומשתנה רק בשכבה המעורבת בחורף ובתחתית ה-DCM (Deep Chlorophyll Max) – אקוויולנטי למקסימום פלואורוסנציה) במהלך תקופת השיכוב. בתקופת החורף מאגר הניטריט המומס בשכבה המעורבת הולך וגדל עם העמקת הערבוב. עם תחילת השיכוב נוצר בין 100 ל-200 מ' עומק (מתחת לשכבה האאופוטית) אזור שבו ישנו גידול בריכוז הניטריט יחסית למים שמעל ומתחת בהם ריכוז

הניטרט אפסי. העומק בו ריכוז הניטרט מקסימלי מעיד על קיום סביבה בה תהליכי פרוק חומר אורגאני וחמצון בקטריאלי של אמוניה מתרחשים בעצמה רבה. עם זאת אינוונטר הניטרט באזור זה הולך וקטן ככל שעמודת המים מתייצבת, מה שמעיד על כך ששכבת המים העליונה מאבדת את אינוונטר החומר האורגאני שבה ואינו מתחדש עקב הנתק המתחזק בין שכבת השטח הענייה בנוטריינטים למים העמוקים שהם מקור הנוטריינטים ליצרנות ראשונית.

ניטראט

הניטראט (איור 49) נוצר ע"י חמצון בקטריאלי של אמוניה (דרך ניטריט) ומהווה את מרבית החנקן המחומצן במי העומק ובעצם מהווה אינדיקציה לכמות החומר האורגאני שפורק בתהליכי נשימה במים אלה. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטח בניטראט המגיע מהעומק. הניטראט מנוצל ליצרנות ראשונית ולכן ריכוזו נמוך יחסית לריכוזו בעומק. כשעומק הערבוב גדל מעבר לעומק הקריטי (400 – 500 מ' על-פי לזר) ריכוז הניטראט מתחיל לעלות באופן מהיר בעמודה המעורבת עקב חוסר ניצול ע"י היצרנים הראשוניים שאינם נמצאים מספיק זמן באור. לרוב בתקופת הערבוב ריכוז הניטרט בפני השטח יכול להגיע ל- $0.5-2 \mu\text{M}$ (בהתאם לעומק הערבוב), כפי שקרה גם השנה בסוף מרץ ותחילת אפריל (עומק ערבוב 400 מ', ו- $\sim 1 \text{ NO}_3^-$ $0.5 \mu\text{M}$). במהלך תקופת השיכוב ריכוז הניטראט אפסי בפני השטח והאינוונטר שלו גדל במים העמוקים. ניטראט לא נוצר רק במים העמוקים אלא גם באזור שמתחת ל-DCM בו נראה המקסימום ניטריט. גידול זה בא לידי ביטוי בשינוי המגמה האקספוננציאלי הדועך (כלפי מעלה) של עקומת הניטרט מתחת ל-250 מ' בערך והתהוות של עקומה אקספוננציאלית דועכת (כלפי מטה) שרוכבת על העקומה העמוקה יותר. השנה ריכוז הניטרט במים העמוקים הגיע ל- $6.956 \mu\text{M}$. זהו ערך חסר תקדים מאז שלזר וארז התחילו למדוד בסוף שנות ה-80. באיור 59 ניתן לראות כיצד מאגר החנקן על פני כל העמודה (0-680 מ') משתנה במהלך השנה ואת השינוי שחל במאגר זה מאז 1997 (בחודשים יוני וספטמבר של כל שנה). מאגר החנקן בקיץ 2003 היה פי 2.2 גדול מזה שנמדד ב-1997 (ראה דיון בתופעה בסוף פרק זה). השוואת מדידות הניטרט למדידות החמצן (איור 60) מכל הפלגות הניטור בתחנות A ו-OS מכל העומקים מציגה שיפוע של קו המגמה של ~ 7 (שיפוע זה קטן ב-1 מהמצופה על פי יחס רדפילד וניתן להסבר כמעט מלא ע"י שחלוף של חמצן עם האטמוספירה. לכן, כאשר ניקח את המדידות מתחנה A מעומק של 400 מ' ומטה השיפוע נהיה $\sim 8 \text{ O:N} = 138:16$, יחס רדפילד).

פוספט

ריכוזי הפוספט משתנים באופן דומה לזה של הניטרט אלא שריכוז הפוספט נמוך בהרבה (איור 50). בשיא תקופת הערבוב הגיע ריכוז הפוספט בפני השטח ל- $0.04 \mu\text{M}$. במים העמוקים ריכוז הפוספט הגיע ל-0.36.

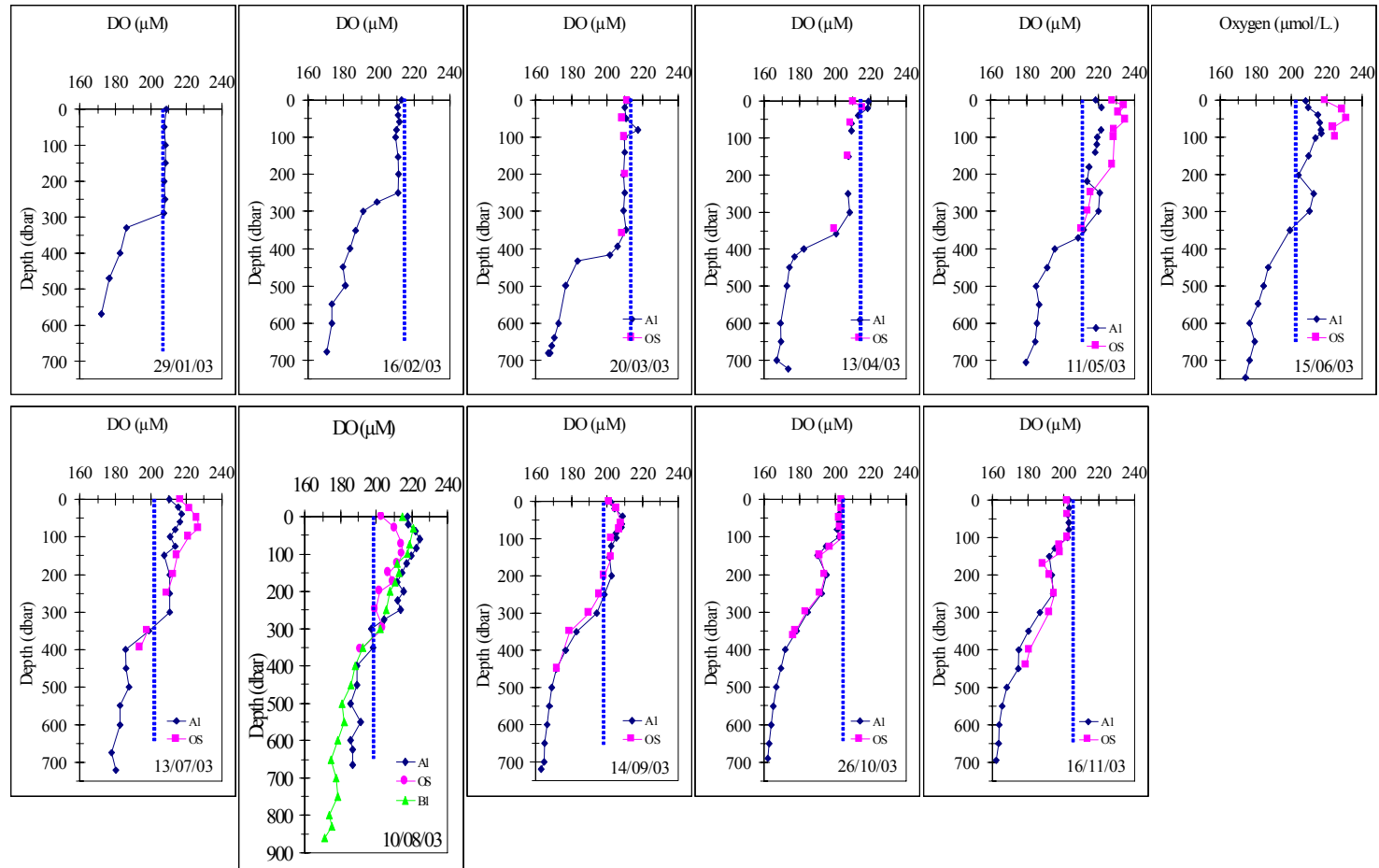
μM בחודש נובמבר. בהשוואת כל ריכוזי החנקן המחומצן (TON) והפוספט (יחס רדפילד 1:16) מכל התחנות שנדגמו במהלך הפלגות הניטור (A, OS, וכלובים) ובכל העומקים על פני כל השנה (איור 61), התקבל שיפוע של 18.09 וחיתוך (intercept) עם ציר ה-TON ב- $+0.09 \mu\text{M}$. החיתוך מבטא איזה נוטריינט נצרך לגמרי קודם ומי מהם הוא הגורם המגביל ליצרנות הראשונית. השנה מתקבל שפוספט נגמר קודם ולכן הוא הגורם המגביל את היצרנות הראשונית במפרץ. חיתוך שלילי מאפיין ימים אוליגוטרופיים וחיובי מאפיין ימים אוטרופיים. בהשוואה לשנים קודמות החיתוך הולך ונהיה פחות שלילי מ-1997 (באופן מונוטוני) והשנה בפעם הראשונה החיתוך הפך לחיובי. גם תצפית זו תומכת בהערכה כי מפרץ אילת נמצא בעצמו של תהליך אוטרופיקציה.

סיליקה

השתנות הסיליקה בעמודת המים בתחנות A ו-OS (ותחנה B באוגוסט) במהלך הפלגות הניטור מוצגת באיור 51. באופן כללי ניתן לומר כי אין שינויים גדולים במבנה עמודת המים מבחינת סיליקה וניתן לחלק את העמודה למים העמוקים שבהם עקומת הריכוזים אקספוננציאלית ודועכת כלפי מעלה (מקור הסיליקה מלמטה – אולי בסדימנט) ומעל ל-300 מ' בשכבה העליונה הסיליקה נמצאת בריכוז נמוך יותר אך קבוע. ריכוז הסיליקה בעומק הגדול ביותר באוקטובר הוא $3.762 \mu\text{M}$ ובפני השטח לכל היותר $1 \mu\text{M}$ בשיא הערבוב ובסביבות $0.8 \mu\text{M}$ בשאר השנה. בחודשים אוגוסט ואוקטובר ניתן לראות מעין מקסימום סיליקה ב-150-200 מ' הנמצא מתחת למקסימום ניטריט בערך ב-50 מ'. באיור 59 מוצגת השוואת מאגרי הסיליקה והחנקן בעמודת המים 0-680 מ' בחודשי יוני משנת 1997 עד 2003. קצב העלייה בסיליקה היה מתון יחסית (עלייה פי 1.8) יחסית לניטריט (פי 2.2) (ראה דיון בסוף פרק זה).

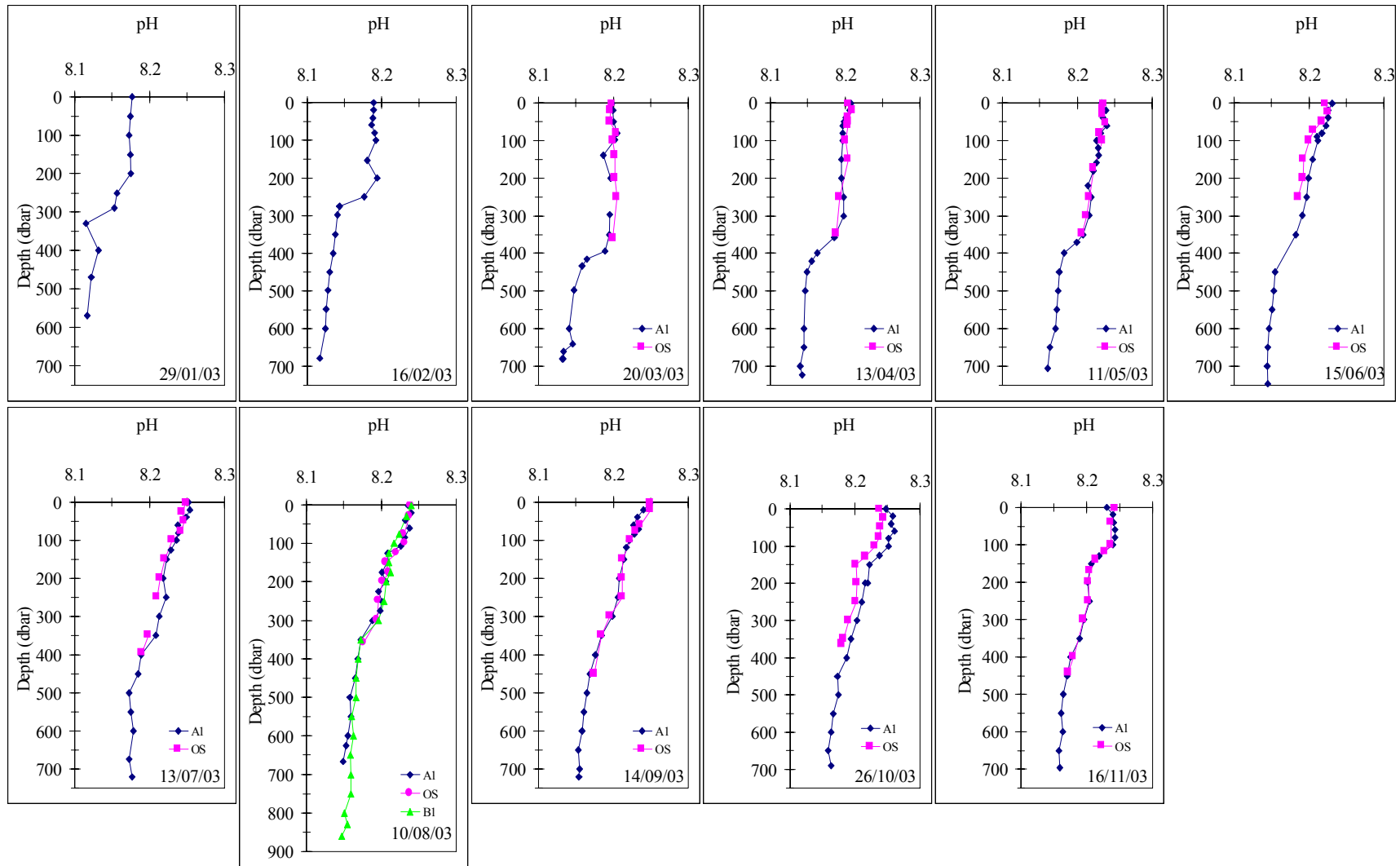
כלורופיל

מאגר הכלורופיל (איור 52) מראה שינויים עונתיים עם מקסימום מיד לאחר תקופת הערבוב (מרץ). במהלך התקופה המשוכבת מתפתחת התופעה האופיינית של ריכוז מקסימאלי עמוק (deep chlorophyll maximum) בעומק 80-100 מ'. מתחת לעומק המקסימום, בעומק בו עוצמת האור חלשה, יורד כצפוי ריכוז הכלורופיל. נתוני ה-TON ממדידות חתך האורך (A ל-OS לכלובים) מוצגים באיורים 53-54, ומהם ניתן לראות שההשתנות האופקית מצומצמת מאד יחסית לאנכית. כמו-כן, מההפלגה לתחנה B ניתן לראות כי קביעה זו תופסת גם למרחק של 19 ק"מ מהחוף הצפוני של מפרץ אילת (איור 55). משמעות תצפית זו היא שלמרות קיומם של מקורות העשרה בצפון המפרץ קצבי ההובלה האופקית מספיק מהירים על מנת להוביל העשרה זו דרומה ולגרום לערבובה בגוף מים גדול. יש לציין שמדידותינו אינן כוללות מדידות ישירות של ריכוזי חנקן וזרחן אורגאניים מומסים.



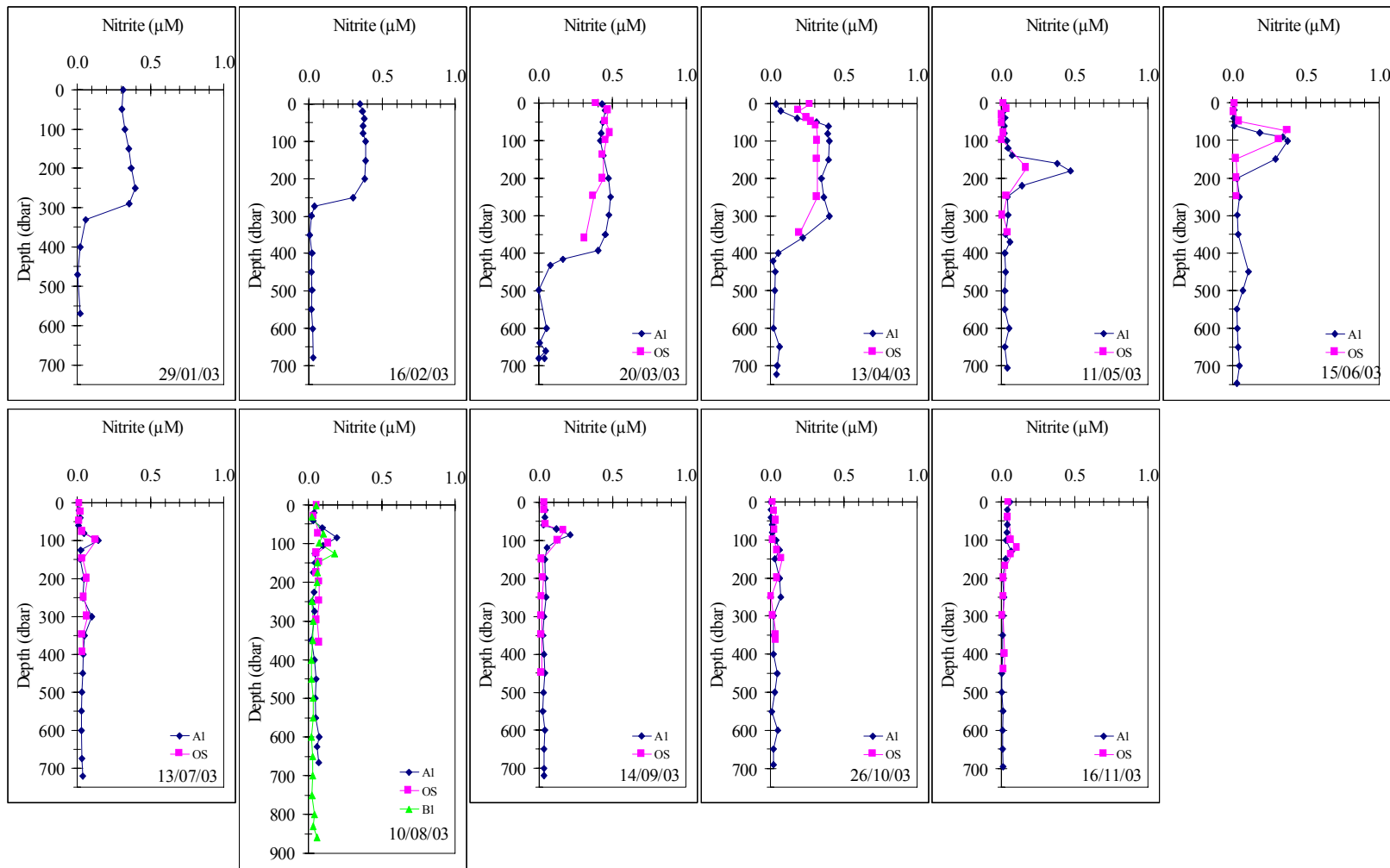
איור 46 : מדידות חמצן מומס (DO) בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ורוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003 (ירוק) וערכי חמצן ברוויה המחושבים לפי טמפרטורה ומליחות של המים בפני השטח בכל הפלגה (קו כחול מקווקו).

Figure 46: Vertical profiles of dissolved oxygen (DO) in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink), station B (August cruise, green) and the calculated (from temperature and salinity of surface water) value of oxygen saturation concentration (blue dashed line).



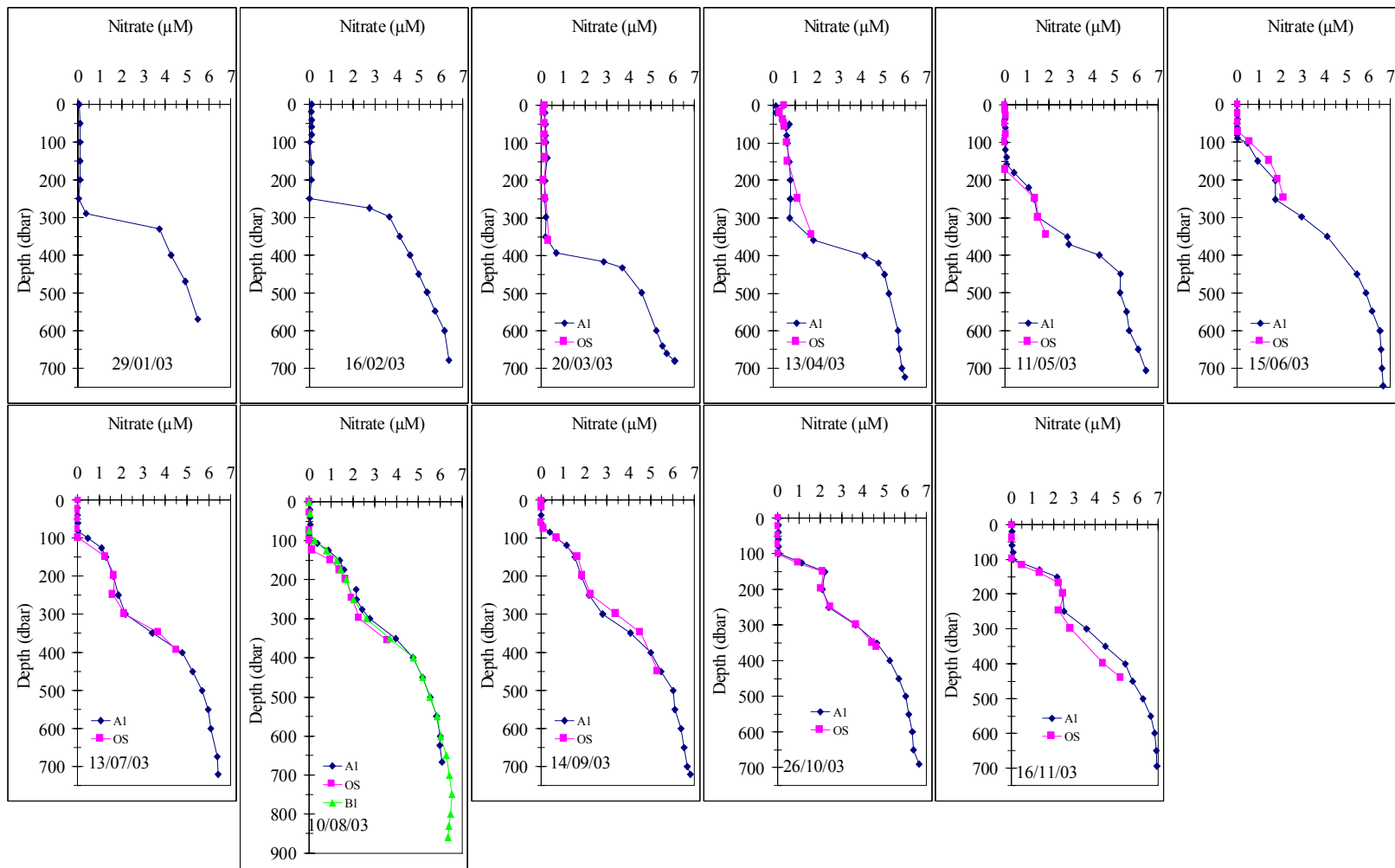
איור 47: מדידת pH בתחנות A (כחול), OS (ורוד) ותחנה B באוגוסט (ירוק) מההפלגות החודשיות. ערכי ה-pH נמדדו בטמפרטורה קבועה של 25 °C.

Figure 47: Vertical profiles of pH (at 25°C) in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink) and station B (August cruise, green).



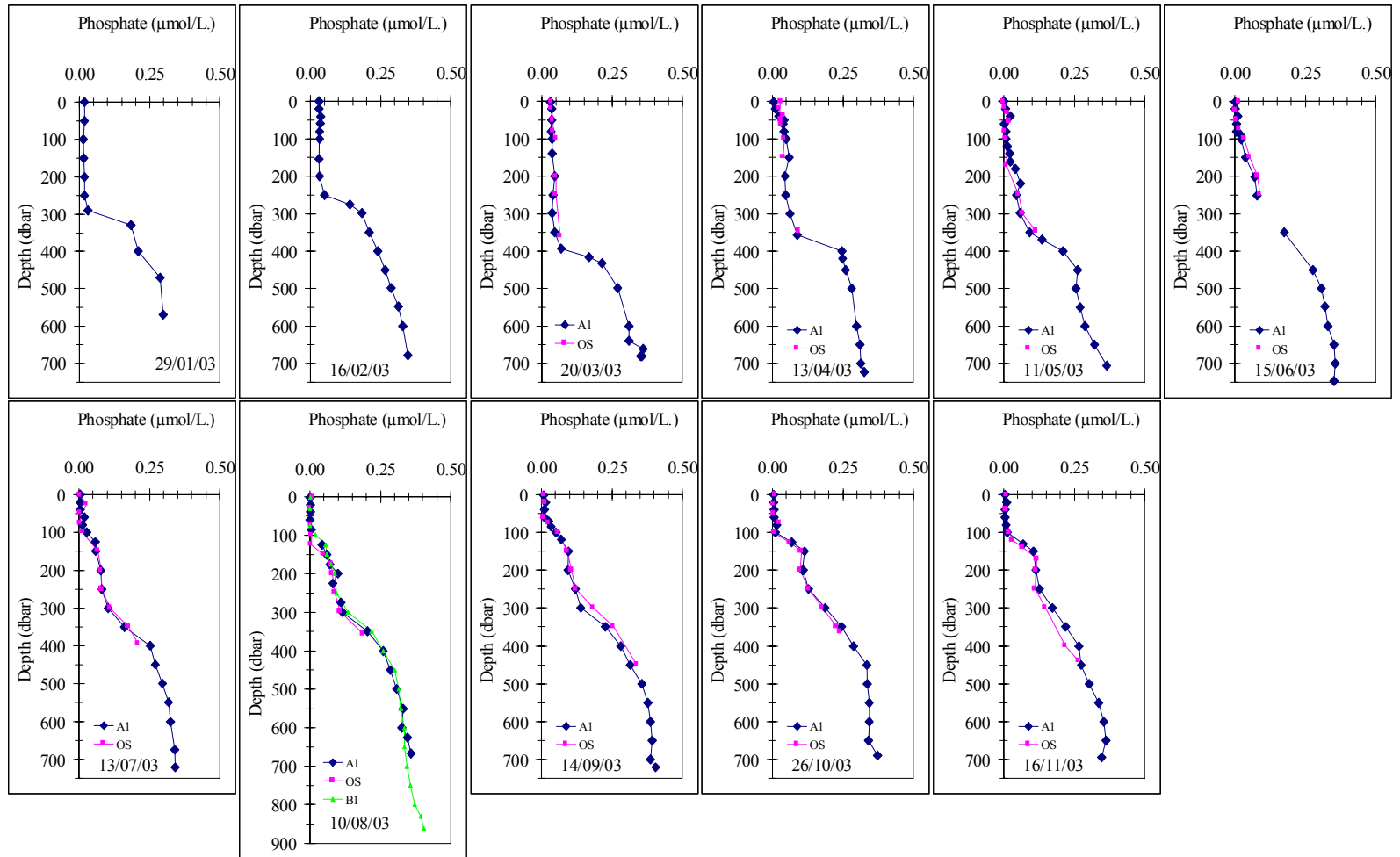
איור 48: מדידות ניטריט בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ורוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003. (ירוק).

Figure 48: Vertical profiles of nitrite in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink) and station B (August cruise, green).



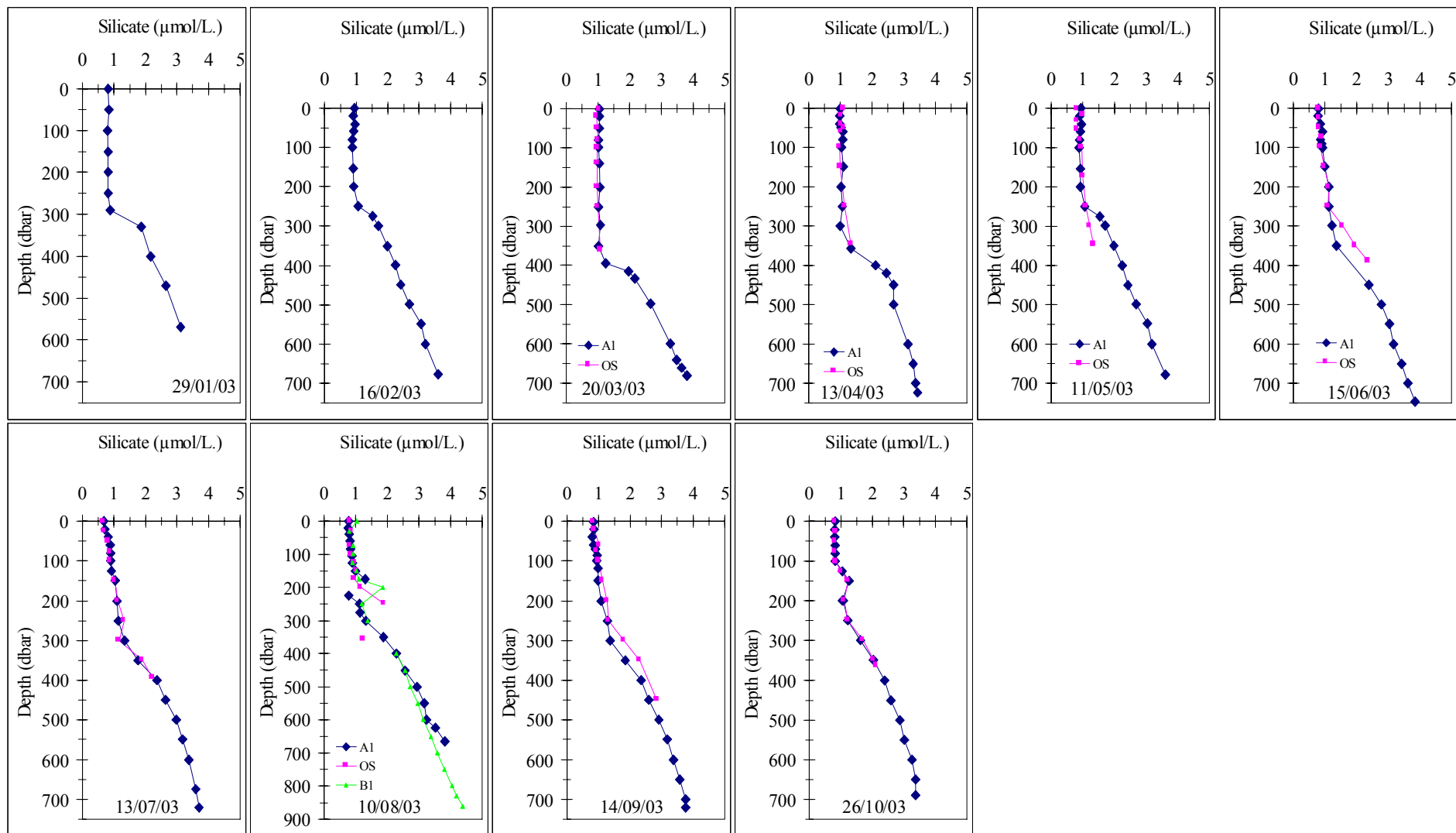
איור 49 : מדידות ניטרט בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ורוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003. (ירוק).

Figure 49: Vertical profiles of nitrate in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink) and station B (August cruise, green).



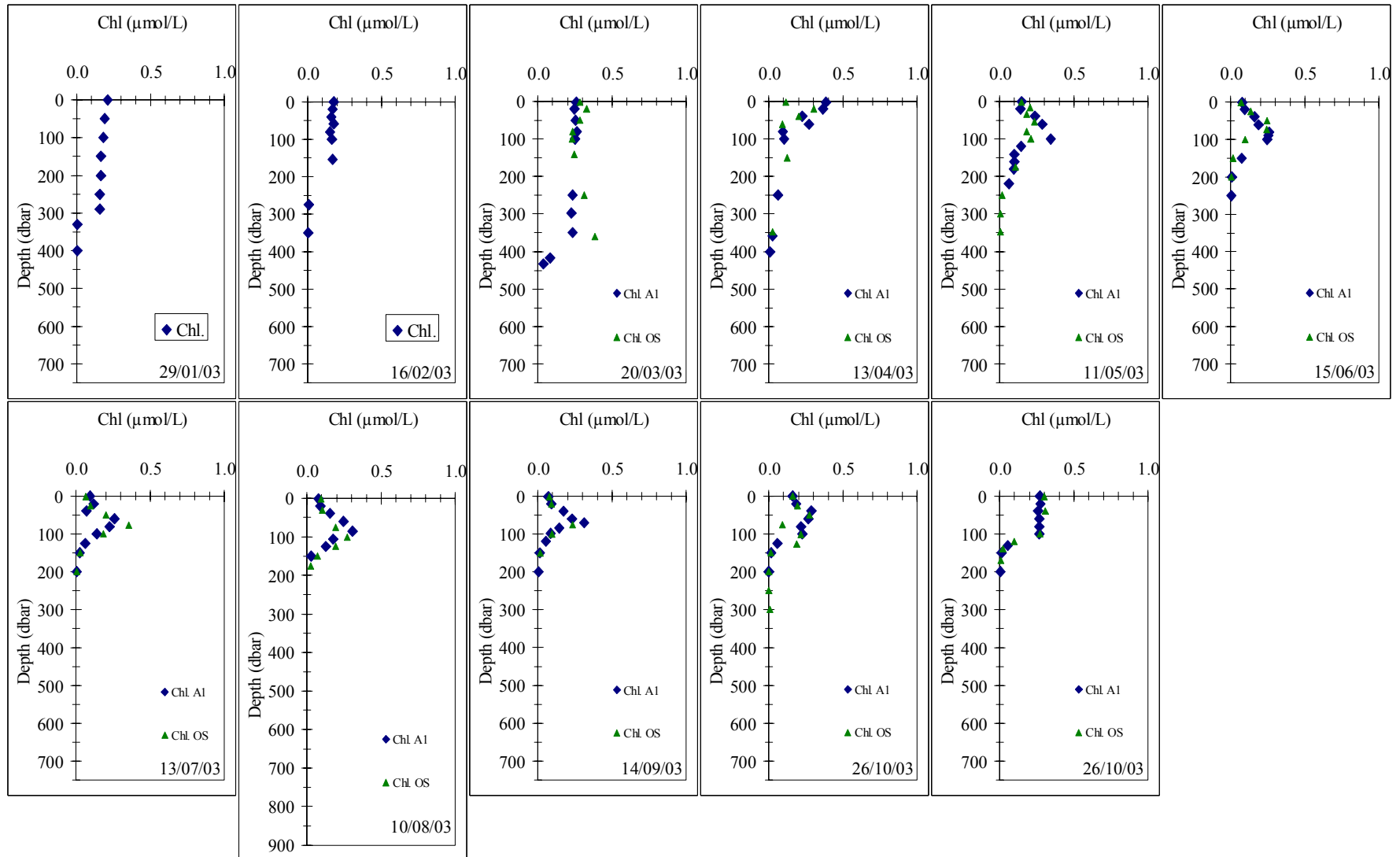
איור 50 : מדידות פוספט בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ורוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003. (ירוק).

Figure 50: Vertical profiles of phosphate in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink) and station B (August cruise, green).



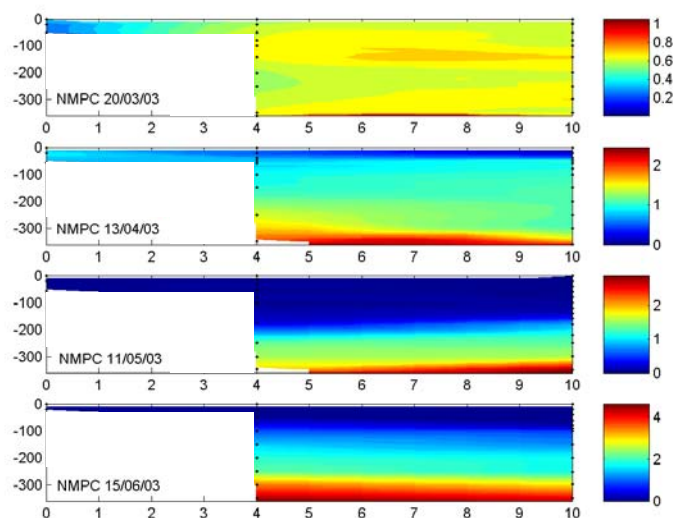
איור 51 : מדידות סיליקה בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ורוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003 (ירוק).

Figure 51: Vertical profiles of silicate in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (pink) and station B (August cruise, green).



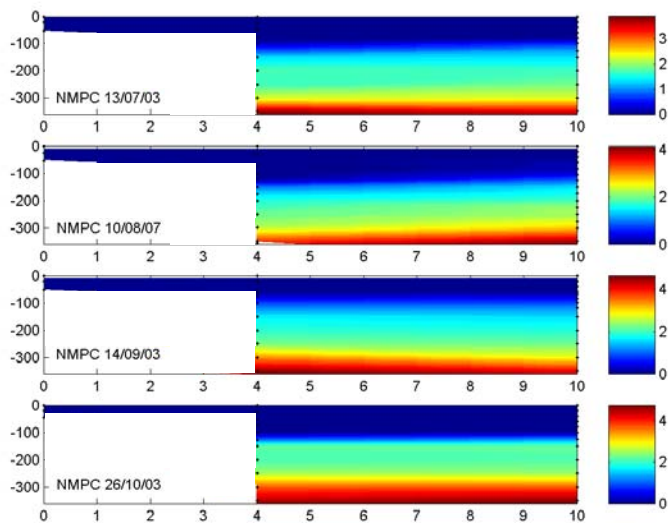
איור 52: מדידות כלורופיל a בעמודת המים במהלך ההפלגות החודשיות לתחנה A (כחול) ו-OS (ירוד) וגם לתחנה B ב-10/8/2003 (ירוק).

Figure 52: Vertical profiles of chlorophyll a in the open-sea water column for each monthly cruise at station A (blue), OS (green).



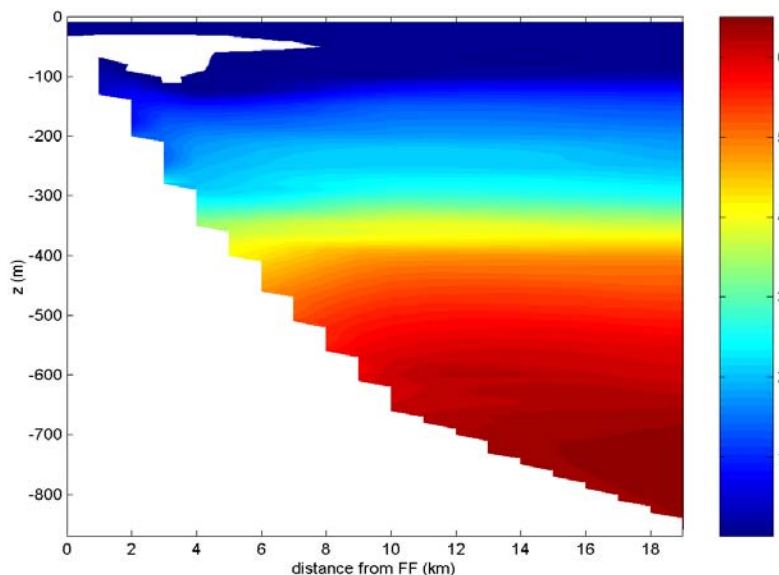
איור 53: פרופילים של TON (סקלת צבעים ביחידות של μM וסקלת עומק ב-dbar) בין תחנה A, OS והכלובים בהפלגות מרץ עד יוני. עומקי הדיגום השונים בכל התחנות מצוינים ע"י נקודות שחורות.

Figure 53: Contour plots of vertical and horizontal profiles of TON between station A in the south through OS to station FF in the north during the March through June monitoring cruises. Vertical black lines designate the location of the stations along the transect.



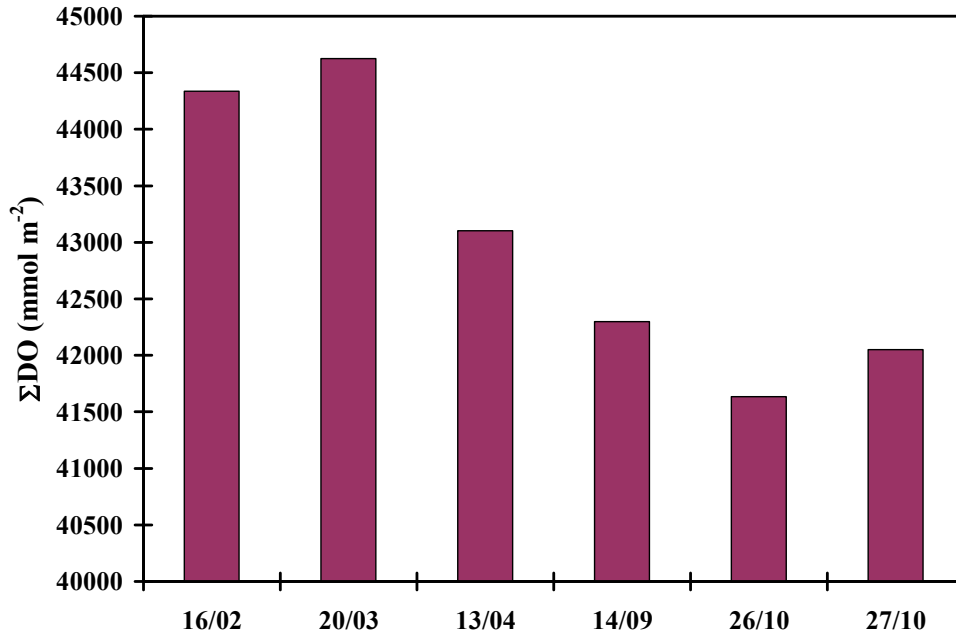
איור 54: פרופילים של TON (סקלת צבעים ביחידות של μM וסקלת עומק ב-dbar) בין תחנה A, OS והכלובים בהפלגות יולי עד אוקטובר. עומקי הדיגום השונים בכל התחנות מצוינים ע"י נקודות שחורות.

Figure 54: Contour plots of vertical and horizontal profiles of TON between station A in the south through OS to station FF in the north during the May through October monitoring cruises. Vertical black lines designate the location of the stations along the transect.

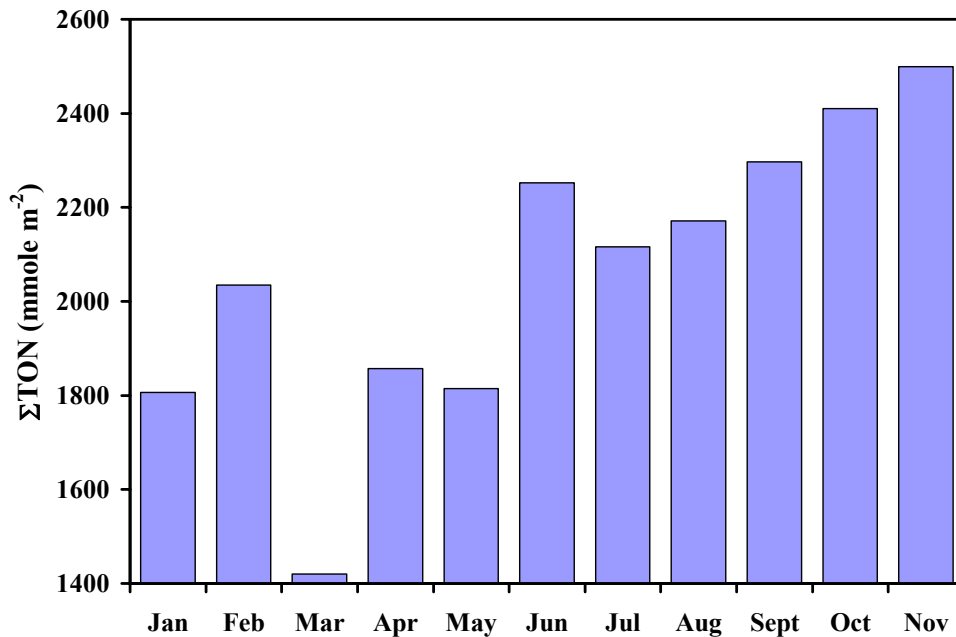


איור 55: פרופיל TON בין תחנה B (19 ק"מ מהכלובים), תחנה A (10 ק"מ מהכלובים), OS (4 ק"מ מהכלובים) והכלובים כפי שנמדד ב-10/8/2003 בהפלגה המשותפת עם מדעני וטכנאי המעבדה הימית בעקבה. סקלת הצבעים ביחידות של μM .

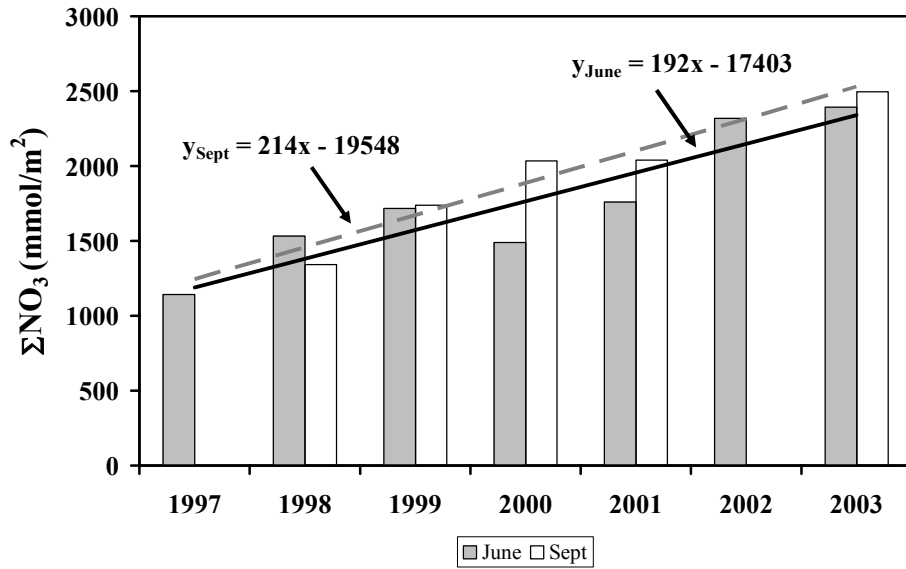
Figure 55: Contour plot of the vertical and horizontal TON distribution in the open-sea water column measured along a north south transect from station B in the south through stations A and OS to the FF station in the north measured during the August 2003 monitoring cruise. Vertical black lines designate the location of the stations along the transect. The color scale numerals are in μM units.



איור 56 : מאגר החמצן בחודשי הניטור של שנת 2003 בהם יש ביטחון בערכי המדידה בטווח העומקים 400-650 מ'.
 Figure 56: The oxygen inventory in the open-sea water column at station A in the 400-650 m depth range.

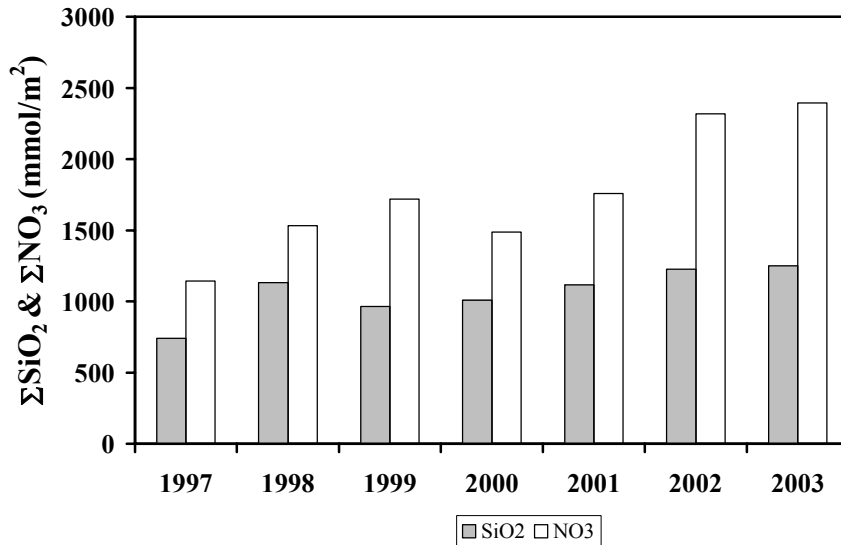


איור 57 : מאגר סך החנקן המחומצן המומס במים (Total Oxidized Nitrogen) בעמודת המים בין 0-680 מ' בתחנה A לשנת הניטור 2003.
 Figure 57: The total oxidized nitrogen inventory of the open-sea water column at station A in the 0-680 m depth range for each cruise during 2003.



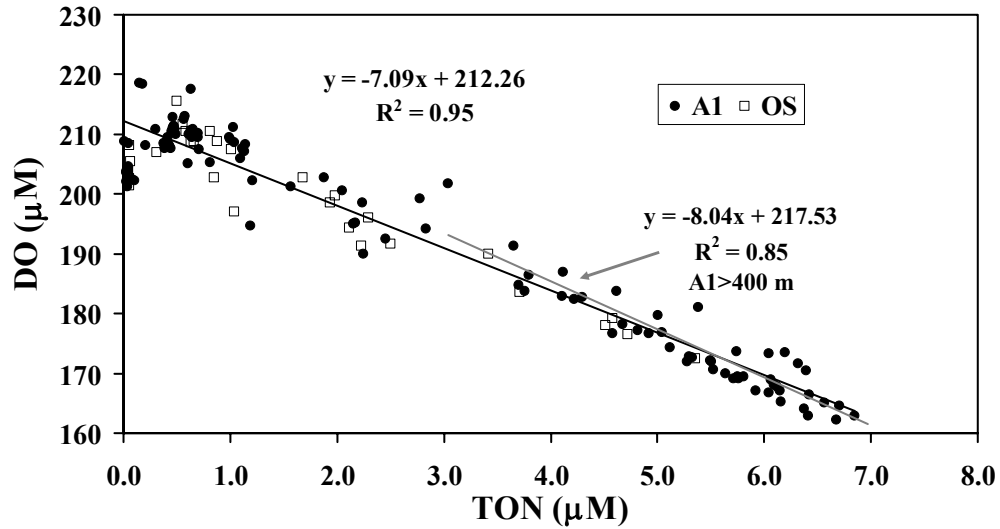
איור 58 : מאגר הניטראט בעמודת המים 0-680 מ' בתחנה A בחודשי יוני וספטמבר מ-1997 עד 2003.

Figure 58: The nitrate inventory of the open-sea water column at station A in the 0-680 m depth range for the months of June (speckled bar) and September (white) in every year between 1997-2003.



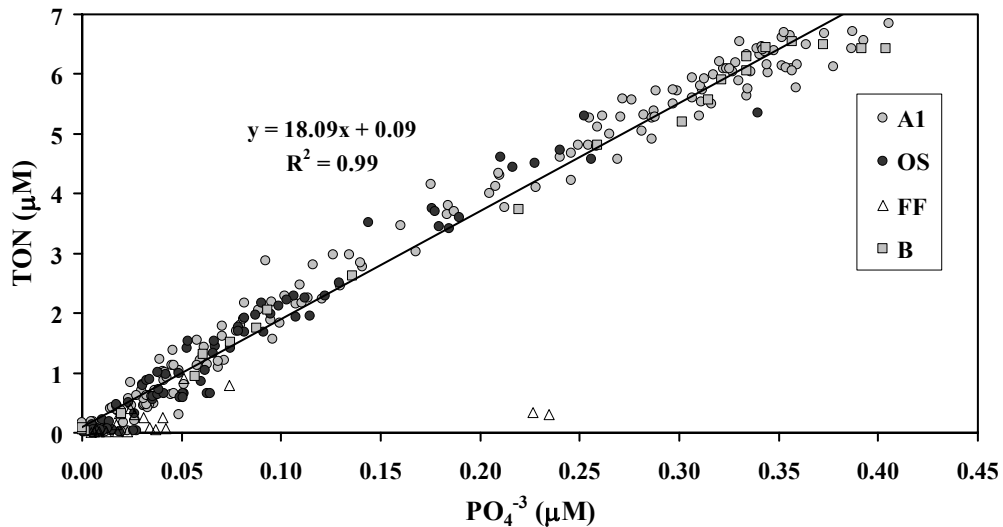
איור 59 : מאגרי הניטראט (לבן) והסיליקה (מנוקד) בחודש יוני בתחנה A משנת 1997 עד 2003.

Figure 59: The nitrate (white) and silicate (speckled) inventories in the open-sea water column at station A for the month of June in each year from 1997-2003.



איור 60 : השוואת מדידות ניטריט+ניטרט (TON) למדידות החמצן בתחנה A (עיגולים מלאים) ו-OS (ריבועים ריקים) בכל העומקים ובחודשים ינואר-אפריל וספטמבר-אוקטובר. קו מגמה שחור מייצג את הקשר בין חמצן לחנקן על פני כל העמודה. קו מגמה אפור מייצג את הקשר בין חמצן לחנקן במדידות שנלקחו מעומק גדול מ-400 מ' בתחנה A.

Figure 60: Comparison of TON and DO measurements from all depths at stations A (filled circles) and OS (empty squares) from the months of January-April and September-October. Black trend line represents the relation between nitrogen and oxygen throughout the entire water column. Grey trend line represents the same relation for samples taken from depths greater than 400 m.



איור 61: השוואת מדידות ניטריט+ניטרט (TON) למדידות בפוספט בתחנה A (עיגולים אפורים), OS (עיגולים שחורים), כלובי הדגים (משולשים ריקים) ותחנה B (ריבועים אפורים) בכל העומקים ובכל הפלגות הניטור.

Figure 61: Comparison of TON and phosphate from all depths at stations A (grey circles), OS (black filled circles), FF (empty triangles) and B (grey filled squares) for all the monitoring cruises.

ד.4. דיון במגמת העלייה במאגר הנוטריינטים במים העמוקים

כאמור נמצאה מגמה של עלייה משמעותית ביותר בכמות הנוטריינטים בעמודת המים העמוקים בלב המפרץ (איור 58), עלייה הנמשכת לפחות 6 שנים והמגיעה עד גבולה הדרומי של ירדן (איור 55). למגמת איאורופיקציה חזקה זו השפעות פוטנציאליות חמורות על המערכת האקולוגית של צפון המפרץ ולכן הננו מתייחסים, ונוסיף להתייחס, למציאת סיבותיה ולגיבוש הצעות לפתרונה כמטרה ראשונה במעלה של תכנית הניטור. להלן מפורטת הערכת מצב המסתמכת הן על המדידות הישירות והן על הערכות אפשריות.

ממוצע קצב העלייה בכמות הכוללת של חנקן (ערך שמרני, בהסתמך על ריכוזי ניטראט בלבד) בעמודת המים העמוקים (680 - 0 מ') בין שנת 1997 ל-2003 (איור 58) הינו $225 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, שהם $3.15 \text{ g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. עליה זו מהווה הכפלה בפקטור של 2.2 במאגר החנקן בין השנים 1997 ל-2003. מגמת עלייה מקבילה נצפית גם עבור סיליקה (איור 58), אם כי עלייה זו מתונה יחסית לחנקן (פקטור של 1.8 בין אותן שנים).

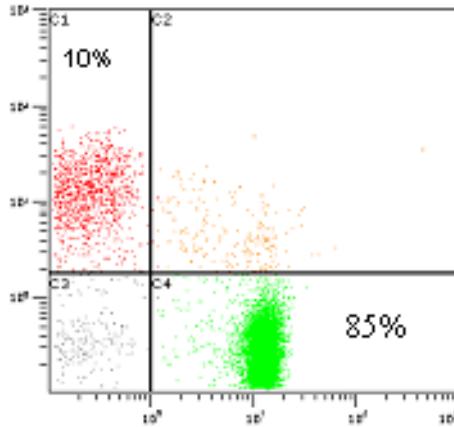
המדידות המשותפות עם ירדן הראו שריכוזי ניטראט גבוהים מגיעים לפחות עד תחנה B (בגבול ירדן-סעודיה), קרי, 20 ק"מ דרומית לראש המפרץ (איור 55). אם נניח שריכוזי החנקן הנמוכים (יחסית להיום) שנמדדו בתחנה A בשנת 1997 היו נמוכים באותה מידה גם בתחנה B, הרי שהעלייה במאגר החנקן התרחשה בשטח ים שגודלו בערך $8 \times 10 \text{ ק"מ}^2$, שהוא גודל שטח המפרץ בו המים עמוקים ($300 \text{ מ}' >$) באזור שבין החוף הצפוני ועד גבול סעודיה (ריכוזי החנקן הינם נמוכים במים רדודים יותר ולכן תרומתם לחישוב המאגר הכולל די זניחה). הכפלת גודל שטח זה בקצב עליית החנקן למ"ר מראה עלייה שנתית של 252 טון חנקן לשנה. כמות זו הינה גדולה ביותר. אנו מודעים לארבעה מקורות אפשריים להעשרה מסיבית בסדר גודל שכזה: האחד מתועד - כלובי הדגים, ושלושת האחרים אפשריים - חדירת מי תהום (הכוללים מקור נוטריינטים מהביוב של עקבה), שינוי כלשהו במאגר הגדול של חנקן אורגני מומס במי הים, וסיבות טבעיות (כמו הגברת עילוי המים במפרץ או בים סוף). האפשרות האחרונה (תופעה טבעית) אינה נתמכת על ידי מדידות פרמטרים אחרים (לדוגמא, מליחות, טמפרטורה) אשר היה צפוי שישתנו גם הם לו יותר מים היו מועלים מן העומק בים סוף או במפרץ אילת. לצערנו אין מידע על חנקן אורגני מומס, וכלים למדידתו אינם זמינים. כניסת מי תהום למפרץ, בעיקר באזור החוף הצפוני, הינה נושא הנחקר ביסודיות על ידי המכון הגיאולוגי במסגרת פרויקט ה-IET ואנו מצפים שתוצאות עבודתם, הצפויות להתפרסם בקרוב, יעזרו לאמוד את תרומת מי התהום לאיאורופיקציה הנצפית במפרץ. תרומת כלובי הדגים, לעומת זאת, מתועדת היטב (דו"ח היא"ל E2/98 על ידי ד. אנג'ל 1998) - קצב פליטה של למעלה מ-200 טון חנקן לשנה. כאמור, פליטה בקצב שכזה יכולה להסביר את העלייה הנצפית בחנקן בשטח בגודל של 80 קמ"ר. מאידך, אין סיבה להניח שמגמת ההעשרה נעצרה מסיבה כלשהי בגבול ירדן סעודיה. להיפך, טופוגרפית המפרץ והמדרון המעמיק בהדרגה לכוון דרום מצביעים על סבירות גבוהה כי האזור בו מתרחשת ההעשרה מגיע דרומה יותר מגבול ירדן-סעודיה (אנו מקווים שבשנה הבאה יאשרו המצרים את בקשתנו לדגום במרכז ודרום המפרץ). כלובי הדגים, כך נראה, תורמים תרומה משמעותית לאיאורופיקציה, אך ייתכן שהם אינם המקור היחיד. תמיכה אפשרית בקיומו של מקור נוסף הוא העלייה הנצפית בסיליקה. מזון הדגים איננו מכיל כמות משמעותית של סיליקה (אינגריד לופאטש, מידע אישי). עם זאת, העובדה שהעלייה הרב-שנתית בסיליקה הינה קטנה מזו של חנקן מעידה על כך שההעשרה היא דיפרנציאלית, גבוהה יותר בחנקן. עלייה דיפרנציאלית שכזו יכולה להיגרם

בשני אופנים. האחד, בתהליך בו התרומה הדומיננטית הינה על ידי מקור שבו היחס בין חנקן לסיליקה גבוה בהרבה מזה שבמי ים לא מזהמים. לדוגמא, המזון עתיר החנקן וחסר הסיליקה הניתן לדגים בכלובים או מי התהום בחוף הצפוני אשר יחס N:Si בהם הוא 5:1 (מ. שפיגל וא. נאורי - מדידות חודשיות של חנקן וסיליקה במשך כשנה ב"תעלת הקינט"). האופן האחר הינו עליית הסיליקה בתהליך טבעי העוקב אחר העלייה האנתרופוגנית בחנקן. המקור הטבעי של סיליקה במי הים הינו המסה איטית של סלעי קוורץ החשופים למים בתשתית הסלעית שמסביב למפרץ, בעיקר בשוליים החופיים והרדודים של המפרץ. סיליקה מומסת זו מגיעה לים העמוק בתהליכי ערבוב עמודת המים ובאמצעות שקיעת שלדים צורניים של יצורים אשר קיבעו סיליקה מומסת (בעיקר אצות צורניות ורדיולאריה). הגברת ריכוזי החנקן מעודדת את גדילתן של האצות הצורניות. הגברה זו מביאה להגברת הסעת הסיליקה המומסת מפני השטח אל הים העמוק. הסעה שכזו, המביאה להצטברות סיליקה במי העומק (כפי שניצפה בפועל) נעשית בעקבות קליטת הסיליקה והפיכתה בגוף האצה לצורון מסיס בהרבה (opal) המגיע לים העמוק אחר שקיעת התא עקב מותו או אכילתו על ידי זואופלנקטון. לכן ככל שהמערכת תועשר יותר בחנקן, כך צפוי גם שתוגבר הסעת הסיליקה למאגר העמוק ה"לכוד" במי העומק של המפרץ ללא אפשרות יציאה לים סוף. באופן זה תביא העשרה בחנקן להגדלה של המאגר הכולל של סיליקה בעמודת המים.

על מנת להעריך את יחסיות תרומתם של המקורות השונים למאגר הנוטריינטים במפרץ יהיה עלינו, בראש ובראשונה, לתעד את מרחב ההעשרה – עד להיכן מגיעה ההעשרה בדרום? לשם כך נהייה חייבים לבצע מדידות מדרום למימי ישראל. כמו כן נצטרך למדוד את יחסי חנקן סיליקה ואת השטפים במקורות השונים (למעט המקור המתועד של החקלאות הימית). כמו כן יהיה עלינו לנסות ולמצוא סמנים ייחודיים למקורות השונים (לדוגמא – איזוטופים יציבים). ניטור הפיטופלנקטון באמצעות ה-FACS תאפשר בחינת קיומה של עליה בריכוז האצות הצורניות, כצפוי על פי התהליך הנ"ל. מדידות אלה נכללות בתכנית העבודה של הניטור הלאומי לשנת 2004.

5. ד. ספירת אוכלוסיות הפיטופלנקטון

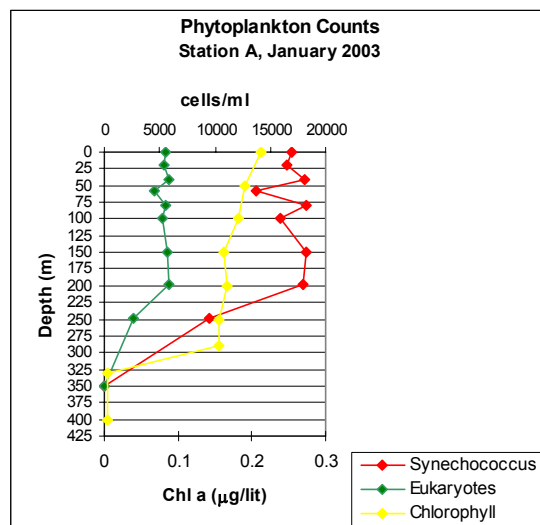
אוכלוסיית הפיטופלנקטון נמדדה בסופר תאים מסוג FACScan (Beckton Dickenson, USA) אשר מסוגל להפריד בין קבוצות תאים שונות לרבות אצות אאוקריוטיות ותאי *Synechococcus* בהסתמך על הבדלים בפרמטרים של פליטה (פלווארסנטיה) ופיזור אור על-ידי התאים (איור 62).



איור 62: דוגמא לספירת תאי פיטופלנקטון במכשיר ה-FACS. הצירים מתארים את עצמת הפלואורסצנטיה בירוק (ציר אפקי) ובאדום (האנכי). אוכלוסיות ה-*Synechococcus* באדום והאצות האוקריוטיות בירוק. התרשים להמחשה בלבד.

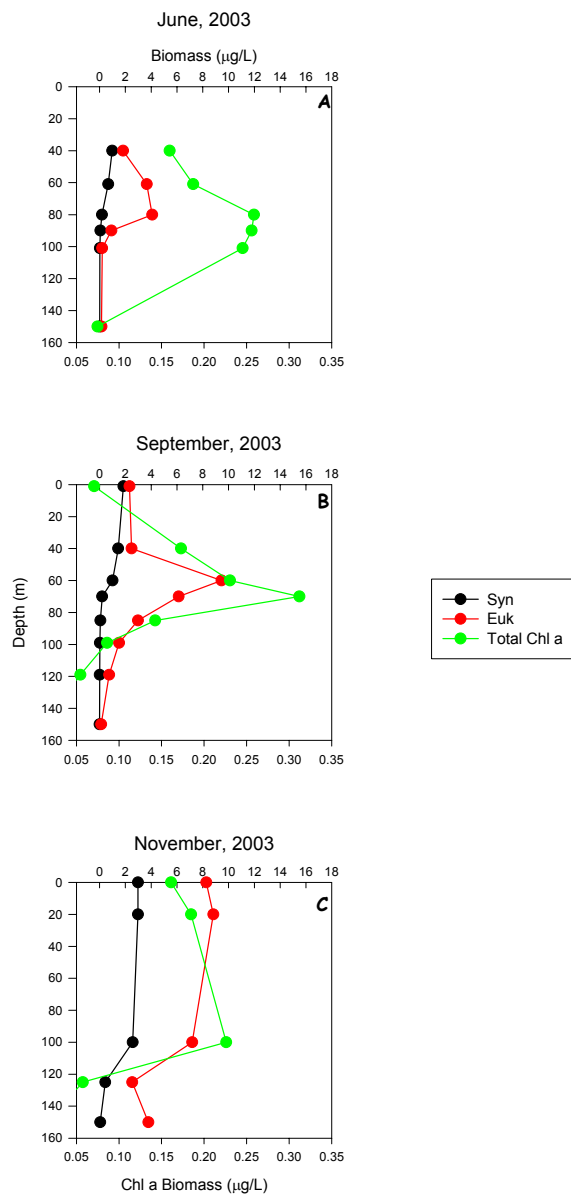
Figure 62: Example of a phytoplankton count using the FACS instrument. The axes represent the intensity of green (horizontal) and red (vertical) fluorescence. The red and green areas on the plot are characteristic of the *Synechococcus* and eukaryotic algae populations respectively. This plot is for illustration purposes only.

בנוסף לספירה, אוכלוסיית הפיטופלנקטון נמדדת גם על-ידי חישוב ריכוז הפיגמנטים הפוטוסינתטיים במים, בעיקר Chlorophyll a. שיטה זו מתוארת בהמשך. ביומסת הפיטופלנקטון חושבה מתוך ספירות התאים על-ידי מקדמי המרה של $175 \text{ fg C cell}^{-1}$ עבור תאי *Synechococcus* ושל $2100 \text{ fg C cell}^{-1}$ עבור אוקריוטים (Campbell et al. 1998).



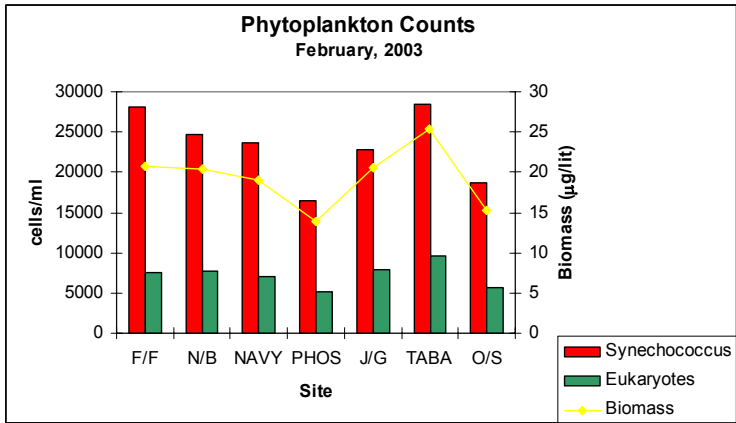
איור 63: פרופילים של פיטופלנקטון בחודש ינואר 2003 בתחנת המים העמוקים. אדום וירוק - ריכוז תאי פיטופלנקטון (*Synechococcus* ואצות אוקריוטיות בהתאמה) ביחידות של מספר תאים/מ"ל כתלות בעומק. קו הצהוב - ריכוז Chlorophyll a. קו זה מיוחס עם הציר התחתון. הערבול בעת דיגום זה הגיע ל- 280 מטר.

Figure 63: Vertical distribution profiles of *Synechococcus* (red) and eukaryotic algae (green) relative to chlorophyll a (yellow) at station A during the January 2003 monitoring cruise. The mixing depth was 280 m.

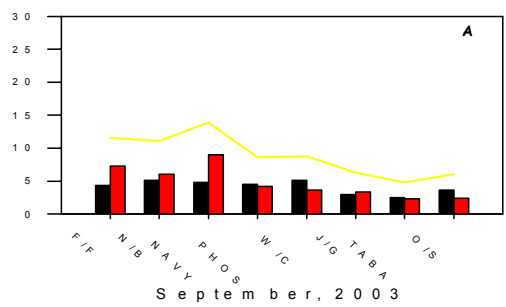


איור 64: ביומסת הפיטופלנקטון בעמודת המים בחודשי השנה השונים (A: קיץ, B: סתיו, C: חורף) עבור שתי קבוצות עקריות של פיטופלנקטון (אאוקריוטיים וכחוליות) וריכוז הפיגמנט הפוטוסינטטי כלורופיל a (מקודד בצבעים השונים). ניתן לראות את השיכוב (A ו-B) לעומת הערבול (C). הביומסה גבוהה יותר בחורף (C), בהתאם לעלייה בכמות הנוטריינטים באזור הפוטי בשל הערבול.

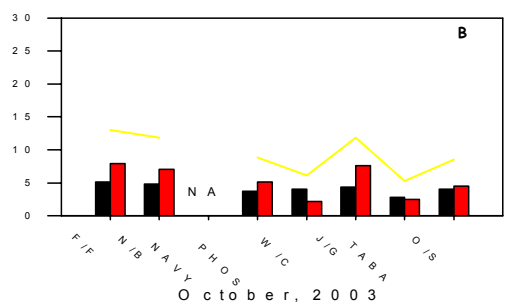
Figure 64: Vertical profiles of phytoplankton and chlorophyll a (green) biomass in the open-sea water column during the summer (A), fall (B) and winter (C) for two major populations: *Synechococcus* (black) and eukaryotic algae (red). Profiles A and B are characteristic of the stratified water column during summer and fall and profile C is characteristic of the vertical mixing during the winter.



August, 2003



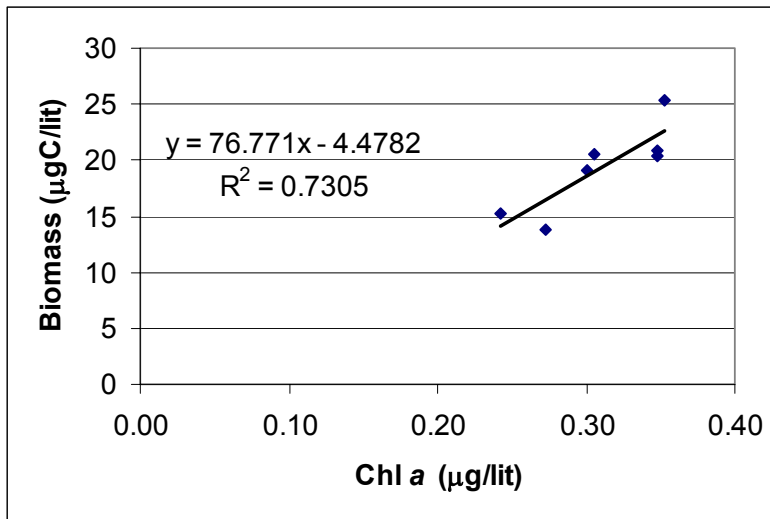
Biomass (µg C / L)



Syn
 Euk
 Combined Biomass

איור 65: ביומסת פיטופלנקטון בדיגום החופי בחודשים פברואר, אוגוסט, ספטמבר ואוקטובר 2003. לא ניתן לראות הבדל עקבי בין התחנות ובין החודשים.

Figure 65: Phytoplankton biomass measured at the coastal sampling stations during February, August, September and October 2003. There is no consistent difference between measurements at the same stations over time or between stations.



איור 66: השוואת ריכוז Chlorophyll a לביומסת הפיטופלנקטון הנאמדת בהסתמך על ספירות ה-FACS.

Figure 66: Comparison of chlorophyll a concentration and phytoplankton biomass estimated from cell counts using the FACS instrument.

לביומסה מתאם טוב עם הכלורופיל (תרשים מס' 66) והיחס ביניהם מתואר במשוואה באיור. מאידך, מבחינה אקולוגית-סביבתית, הפרמטר הכוללני (ריכוז כלורופיל) מספק אינפורמציה חלקית ביותר היות וסוג הפיטופלנקטון (כחוליות, צורניות או פיטופלנקטון אוקריוטי אחר) ובעיקר גודל התאים (קטנים או גדולים) מהווים אינדיקציה מהימנה לרמת הנוטריינטים ומבנה שרשרת המזון ותפקודה בסביבה הימית שנדגמה. פרמטרים אלה (סוג וגודל תאי הפיטופלנקטון) מתקבלים על ידי מכשיר ה-FACS. מכיוון שניטור נתוני FACS ממפרץ אילת התחיל זה עתה (עם תחילת תכנית הניטור הנוכחית) אין עדיין אפשרות לבחון קיומן של מגמות במבנה אוכלוסיות הפיטופלנקטון.

הדיגום החופי (איור 65) מצביע על הומוגניות בביומסת הפיטופלנקטון לאורך החופים. בדיגום העומק שנעשה ב- Station A (איור 64) בחודש ינואר רואים אחידות בכמות התאים עם העומק עד לעומק של 280 מטר, שם יש ירידה חדה בכמות התאים. הריכוזים האחידים נובעים מכך שהמים מעורבלים עד עומק זה והחלקיקים שבהם, לרבות הפיטופלנקטון, מתפזרים באופן אחיד על פני האזור המעורבל. השטח מתחת לעומק זה נמצא מתחת לעומק הפוטי ולכן אין שם יצרנים ראשוניים. ערבול זה מתקיים בכל חודשי החורף במפרץ אילת ועומקו משתנה בין השנים ובין החודשים השונים בעיקר כתלות בטמפרטורת האוויר.

Campbell L., M.R. Landry, J. Constantinou, H.A. Nolla, S.L. Brown, H. Liu and D.A. Caron. 1998. ספרות: Response of microbial community structure to environmental forcing in the Arabian Sea. Deep-Sea Research II **45**: 2301-2325.

ד.6. יצרנות ראשונית

מדידה זו מהווה מדד עיקרי למידת השפעתה של אוטרופיקציה על תהליכים ביולוגיים. לעיתים לא ניתן למדוד את הנוטריונטים עצמם בשכבה האאופוטית, אך ניתן למצוא עדות לקיומם בעזרת מדידת הפרודוקטיביות. בים אוליגוטרופי ערך הפרודוקטיביות המקובל לשכבת המים המוארת הוא $200 \pm 100 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$. ערכים גבוהים יותר אופייניים לאזורים שבהם מים עשירים בנוטריונטים עולים מהעומק, או באזורים חופיים בהם ישנו נגר עילי גדול. מדידות פרודוקטיביות בראש מפרץ אילת בוצעו באופן סדיר אחת לחודש משנת 1989 במסגרת פרויקט REEFLUX, פרויקט "הים האדום" "Red sea Project" פרויקט פארק השלום "RSMPPP" וממשיכות בתכנית הנוכחית לניטור מפרץ אילת. עיקר המדידות נעשו בתחנה A, ולעיתים נמדדו תחנות נוספות בחתכי אורך ורוחב במפרץ. לכל אורך תקופת המדידה קצב הפרודוקטיביות השנתית הממוצעת היה בערך $220 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (נתוני דוד אילוז ויונתן ארז). משנת 2000 החלו להימדד ערכים חריגים הגבוהים באופן משמעותי מהערכים שנמדדו בתקופה הקודמת. בחורף של שנת 2001-02 נמדד ערך פרודוקטיביות של $1400 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$. בשלושת החורפים שעברו משנת 1999-00 אמנם היה ערבוב עמוק (מעל לעומק הקריטי של 450 מ') של עמודת המים הפתוחים אך מבחינה זו לא היו חריגים. השנה כפי שהוצג בפרקים ד.2 ו-ד.3 עומק הערבוב לא עבר את העומק הקריטי אך עם זאת ערכי הפרודוקטיביות כפי שניתן לראות בהמשך היו מאוד חריגים.

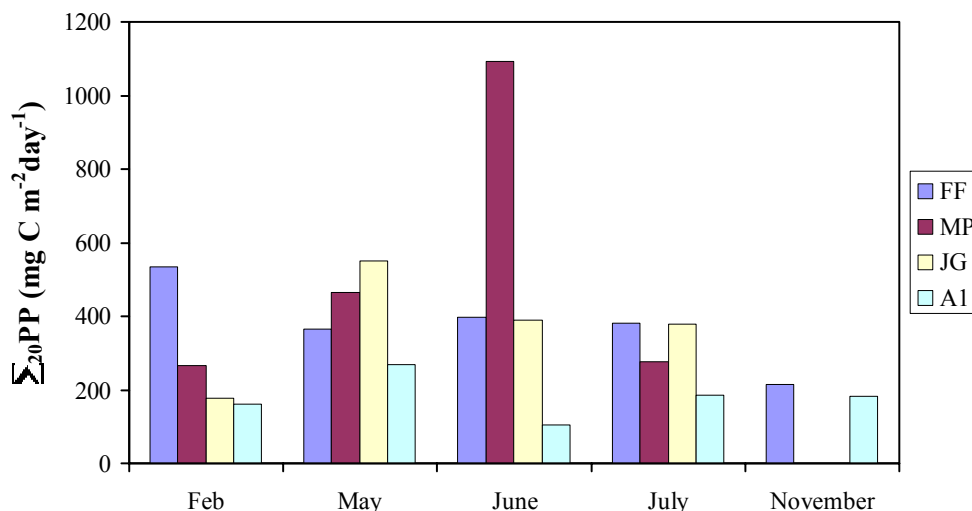
שיטות העבודה: דיגום המים למדידת פרודוקטיביות נעשה בתחנות A, כלובי הדגים (FF), נמל צבאי (MP) ושמורת חוף אלמוג (JG). הדיגום נעשה בשעות הערב המוקדמות באמצעות רוטטה מעומקים שונים עד 100 מטר ובמרווחים של כל 20 מטר (בתחנות החופיות מ-1 ו-20 מטר). הדיגומות מסומנות בפחמן 14 ומוכנסות לים לפני עלות השחר לעומקים המתאימים, לאינקובציה in situ למשך 24 שעות. סיום האינקובציה חל לפני עלות השחר למחרת. הדוגמאות מסוננות מיד דרך פילטר GFF, מטופלות באדי HCL ולאחר מכן מוסיפים נוזל סינטילציה ומונים במונה סינטילציה (10 דקות לכל דוגמה).

תוצאות:

יש לציין שבשנה הנוכחית הייתה מדידה אחת (בחודש פברואר) באינקובציה קצרה של 4 שעות ולא 24 שעות כפי שנהגנו עד כה והערכים נורמלו ל-24 שעות (הכפלת הממוצע לשעה פי 10, בהנחה של 10 שעות הארה משמעותית לפוטוסינטזה בחודש זה). מנתוני הטבלה המסכמת את ערכי הפרודוקטיביות למ"ר 1 בעמודת המים עד עומק 100 מ' (מדידה כל 20 מ') בתחנה A בחודשים פברואר, מאי-יולי ונובמבר ניתן לראות כי כל המדידות היו גבוהות מהממוצע של השנים 1989 עד 1999, גם בקיץ וגם בחורף. ראוי לציין כי בשנים קודמות ערכי הפרודוקטיביות ירדו למינימום במשך חודשי הקיץ אך השנה ביולי נמדד ערך הפרודוקטיביות הגבוה ביותר שנמדד עד כה ($740 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$). אינטגרל הפרודוקטיביות בין 0 ל-20 מ' עומק בתחנות החופיות (איור 67) מראה כי הפרודוקטיביות היומית גבוהה יותר באזור החוף מאשר במים הפתוחים (A1). הערך החריג בחודש יוני בנמל הצבאי ($1100 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) מעיד על העשרה נקודתית אינטנסיבית בנוטריונטים, כנראה ממקור מי התהום המוחזרים לים במלון מרידיאן.

טבלה 3: אינטגרל הפרודוקטיביות בעמודת המים הפתוחים לשנת 2003 במדידות שנעשו בתחנה A מפני המים עד לעומק של 100 מ' במרווחים של 20 מ'.

אינטגרל פרודוקטיביות על 100 מ' עמודה ($\text{mg C m}^{-2}\text{day}^{-1}$) בתחנה A	תאריך האינקובציה
590	17/2/2003
710	12/5/2003
480	17/6/2003
740	14/7/2003
950	17/11/2003
~220	ממוצע יומי לפני 2000
730	ממוצע יומי במהלך 2003



איור 67: אינטגרל הפרודוקטיביות ב- 20 המטרים העליונים של עמודת המים בתחנות החופיות ובים הפתוח בחודשים בהם בוצעו מדידות הפרודוקטיביות ב 2003. הטבלה שמעל האיור משמשת להשוואת הערכים שנמדדו לאורך החוף עם אלו שבמים העליונים בתחנה A (מים העמוקים).

Figure 67: Integrated value of primary production in the upper 20 m of the water column of the coastal sampling stations and the open-sea in the months in which these measurements were made.

אינטגרל הפרודוקטיביות של עמודת המים בכל אחת מהמדידות השנה גבוה בפקטור של 2.5 – 5 מהערך הממוצע עד שנת 2000 למרות שעומק הערבוב בחורף היה יחסית רדוד (400 מ'). מגמה זו שוב מעידה על תהליך של אוטרופיקציה בצפון מפרץ אילת.

ד.7. זואופלנקטון

שיטות:

זואופלנקטון <100 מיקרון נדגם בצפון מפרץ אילת בשעות היום כל חודשיים, בין אוקטובר 2002 ופברואר 2003 (3 ימי דיגום, טבלה 4), ב-2 תחנות חופיות ובתחנה במים הפתוחים (טבלא מס' 5). עומק הקרקעית בתחנות החופיות הוא 40-50 מ'. עומק הקרקעית בתחנת המים הפתוחים הוא 300 מ'. רשת פלנקטון (גודל חור 100 מיקרון, תוצרת ARI ארה"ב) נגררה אופקית בעומק 7-10 מ' ובמהירות 3-3.5 קשר מסירה. נפח המים שסוננו על ידי הרשת חושב על פי מד-שטף (T.S.K., יפן) שחובר לפתח הרשת וכויל מראש. הרשת נגררה 3 פעמים (חזרות) בכל תחנה בכל יום דיגום. דגימות הזואופלנקטון נשמרו בקרח עד להגעתן למעבדה.

תת דגימה, המייצגת 2% מהדגימה, הופרדה באמצעות פיפטת סטמפל (Stemple) מכל דגימת זואופלנקטון, שומרה בפורמלין 4% ואוחסנה לרישום ולמחקר עתידי. שאר האורגניזמים בדגימה חולקו ל-6 קבוצות גודל בעזרת רשתות מסננות בעלות גודל חור של 100, 200, 350, 500, 1000, ו-3300 מיקרון. כל קבוצת גודל סוננה על פילטר GF/A נפרד אשר יובש ונשקל מראש. הפילטרים עם הדגימות הוכנסו לתנור למשך 24-48 שעות לייבוש בטמפ' של 60°C ולאחר מכן נשקלו מחדש. הביומסה חושבה כ-משקל יבש ל-מטר מעוקב. הפילטרים עם הדגימות היבשות אוחסנו בשקיות פלסטיק לאנליזות עתידיות של עקבות מתכות ואיזוטופים יציבים. בדו"ח זה קובצו 6 קבוצות הגודל ל-4: 100-200, 200-500, 500-1000, ו- <1000 מיקרון.

טבלה 4: מועדי דיגום הזואופלנקטון

שנה	חודש	יום	שעה
2002	אוקטובר	21	06:24-09:20
2002	דצמבר	17	09:28-12:40
2003	פברואר	25	8:30-12:00

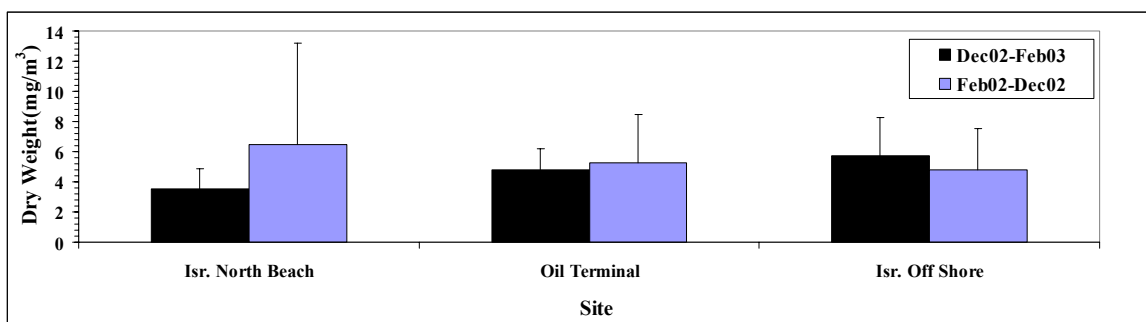
טבלה 5: תחנות הדיגום ונקודות הציון.

תחנה	קו רוחב	קו אורך
חוף צפוני Isr. North Beach	29°32.49	034°57.67
קצא Oil Terminal	29°31.33	034°56.20
מים פתוחים Isr. Off Shore	29°29.87	034°55.77

השפעת ה-'תחנה' (n=3), ה-'חודש' (n=3) ו-'קבוצת הגודל' (n=4) על ביומסת הזואופלנקטון נבחנה תוך שימוש במבחן הסטטיסטי Repeated Measures ANOVA ובעקבותיו Tukey's HSD post-hoc test על הנתונים הגולמיים (הנתונים קיימו את הנחת היסוד של שוויון שוניות, Cochran Test, $p > 0.05$). המבחנים הסטטיסטיים בוצעו באמצעות התוכנה Statistica (2001 Edition, StatSoft, Inc.).

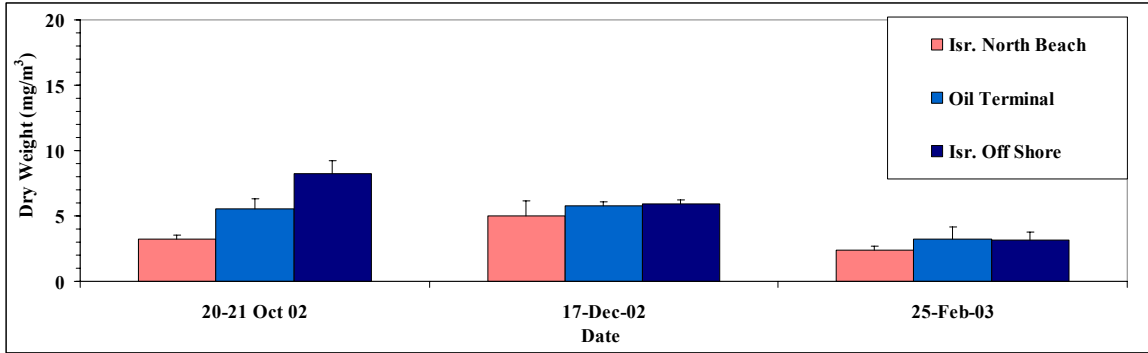
שינויים במרחב:

לא נצפו הבדלים גדולים בין 3 תחנות הדיגום בסך ביומסת הזואופלנקטון (< 100 מיקרון) הממוצעת ב-3 חודשי הדיגום (איור 68). סך ביומסת הזואופלנקטון הממוצעת ל-3 חודשי הדיגום נעה בין 3.5 ± 1.3 לבין 5.8 ± 2.5 בחוף הצפוני ובמים הפתוחים, בהתאמה. בכל תחנות הדיגום, הביומסה הממוצעת ב-3 חודשי הדיגום נבדלה אך במעט מהביומסה הממוצעת בכל שנת 2002 (פרוייקט ניטור פארק השלום, 6 חודשי דיגום) (איור 68). שינויים גדולים במרחב (בין 3 התחנות) בסך ביומסת הזואופלנקטון נצפו בעיקר באוקטובר 2002 (איור 69) כשמקדם השונות עלה על 40% (איור 70), אך לא בשאר חודשי הדיגום. השפעת האתר על ביומסת הזואופלנקטון הייתה משמעותית מאוד (ANOVA, $p < 0.0005$, טבלה 6). במבחן (Tukey HSD) Post-hoc נמצאו הבדלים משמעותיים ($p < 0.05$) בין כל 3 תחנות הדיגום (טבלה 4A).



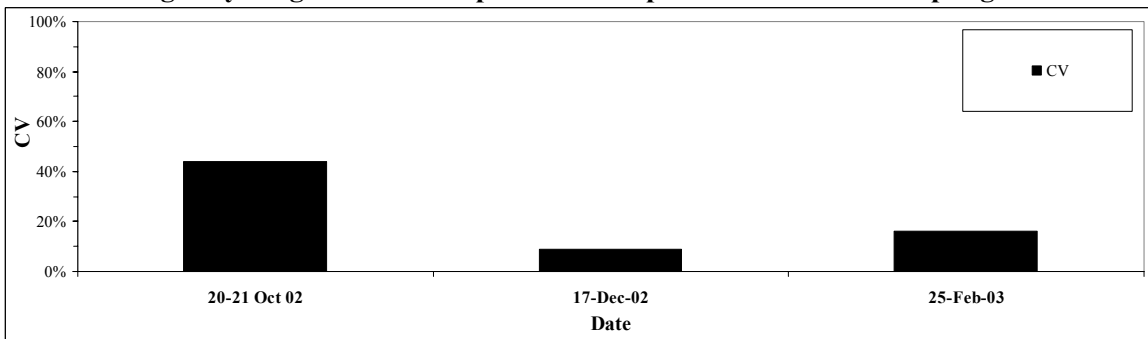
איור 68: המשקל היבש הממוצע (+ סטיית התקן) של סך הזואופלנקטון בין אוקטובר 2002 לפברואר 2003 (עמודות שחורות) ובין פברואר לדצמבר 2002 (עמודות כחולות, פרוייקט ניטור פארק השלום) ב-3 תחנות הדיגום.

Figure 68: The average dry weight of the total zooplankton between October 2002 to February 2003 (black columns) and February to December 2002 (blue columns, RSMPP data) at three sampling stations.



איור 69: המשקל היבש הממוצע (+ סטיית התקן) של סך הזואופלנקטון ב-3 התחנות בכל אחד מתאריכי הדיגום.

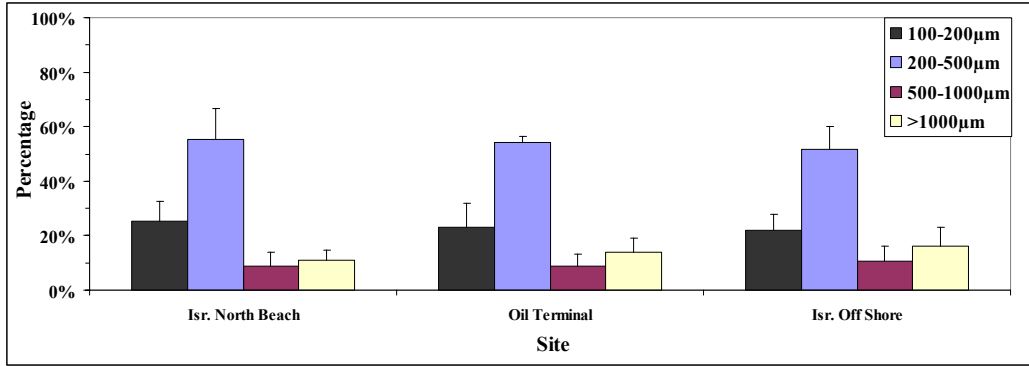
Figure 69: The average dry weight of total zooplankton samples at the various sampling sites and dates.



איור 70: מקדם השונות של ממוצע ממוצעי 3 התחנות (ראה איור 69) בכל אחד מתאריכי הדיגום.

Figure 70: Coefficient of variance of the average of averages of the 3 stations (see Figure 69) at the various sampling dates.

קבוצת הגודל שתרמה ביותר לביומסת הזואופלנקטון בין אוקטובר 2002 ופברואר 2003 הייתה זו של ה- 200-500 מיקרון, שהיוותה בממוצע $(\pm$ סטיית תקן) $54\% \pm 2\%$ מסך הביומסה (איור 71). זואופלנקטון בגודל 100-200 מיקרון היווה את הקבוצה החשובה השנייה, $23\% \pm 2\%$ מסך הביומסה. התרומה היחסית של קבוצות הגודל השונות לסך הביומסה הייתה דומה מאוד בכל 3 תחנות הדיגום (איור 71).

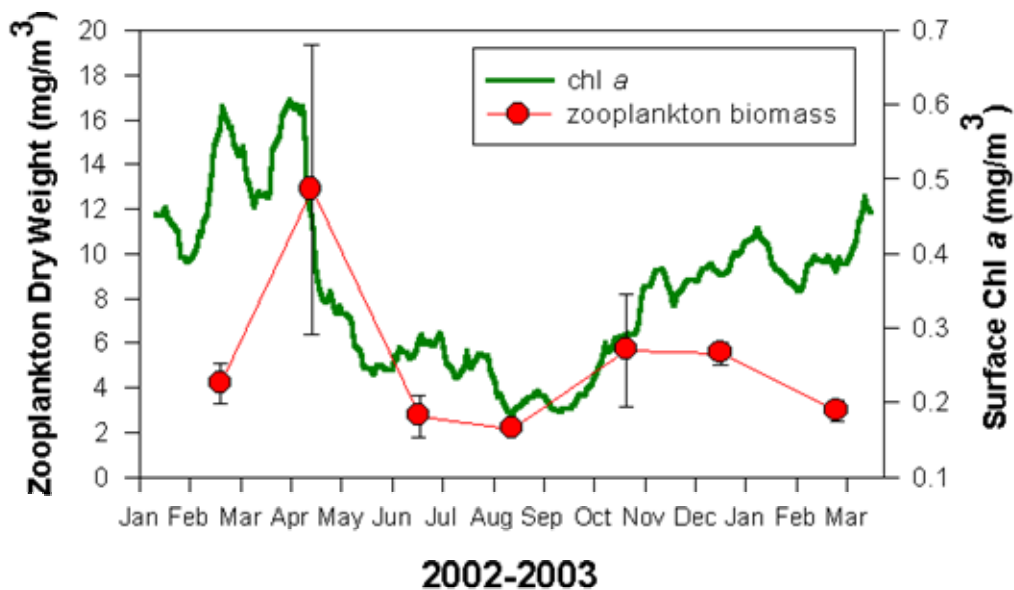


איור 71: התרומה (%) הממוצעת (+ סטיית התקן) של קבוצות הגודל לסך ביומסת הזואופלנקטון בין אוקטובר 2002 ופברואר 2003 ב-3 תחנות הדיגום.

Figure 71: The average relative contribution of the different size groups to total zooplankton biomass between October 2002 and February 2003 at the three sampling stations.

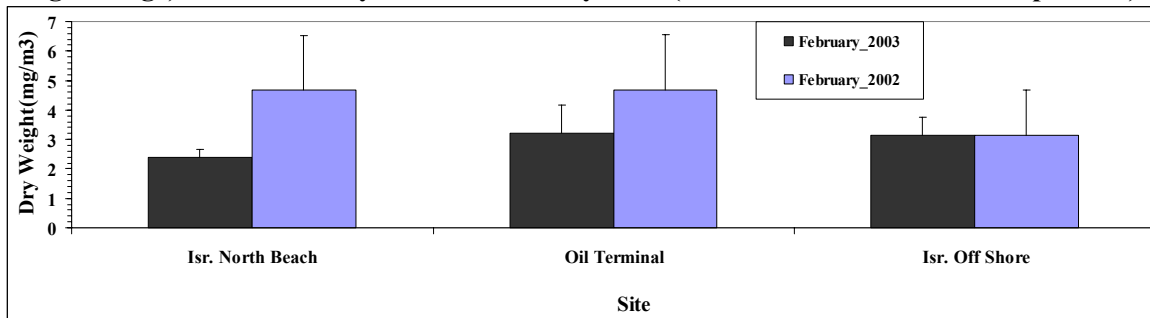
שינויים בזמן:

ביומסת הזואופלנקטון (100 מיקרון) הממוצעת ל-3 תחנות הדיגום השתנתה במהלך תקופת הדיגום: הייתה גבוהה ביותר באוקטובר ובדצמבר (6 מ"ג/מ"ק) ונמוכה יותר בפברואר (3 מ"ג/מ"ק) (איור 72). השינויים שנצפו בביומסת הזואופלנקטון הממוצעת ל-3 תחנות הדיגום בשנת 2002 (פרוייקט ניטור פארק השלום) ובתקופת הדיגום (ניטור לאומי) תאמו לשינויים בריכוז כלורופיל a בפני השטח, שנמדד מהמזח של המצפה התת-ימי. ביומסת הזואופלנקטון הממוצעת ל-3 תחנות הדיגום בפברואר 2003 דמתה לזו שנמדדה באותו החודש שנה קודם לכן (פברואר 2002, פרוייקט ניטור פארק השלום) (איור 72). דמיון זה בלט בתחנת המים הפתוחים, אך ניכר פחות ב-2 התחנות החופיות, בפרט בחוף הצפוני, בהן הביומסה ב-2002 הייתה גבוהה מזו שב-2003 (איור 73).



איור 72: שינויים עונתיים בסך ביומסת הזואופלנקטון (ממוצע ± סטיית תקן של 3 תחנות הדיגום, עיגולים אדומים) ובכלורופיל *a* (קו ירוק, מזח המצפה התת ימי, חלון של ממוצע רץ על פני שבועיים) מפברואר 2002 ועד פברואר 2003 (פרויקט ניטור פארק השלום ו-ניטור לאומי).

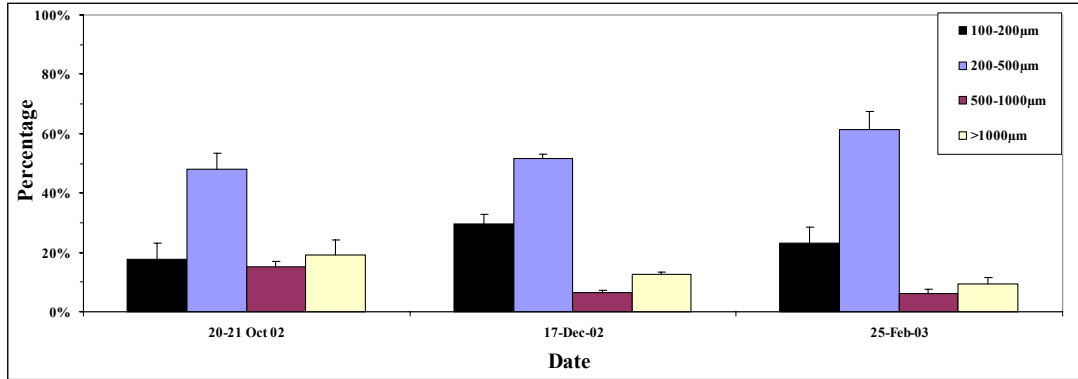
Figure 72: Seasonal changes in the total zooplankton biomass (average +SD of the three sampling stations, red circles) and chlorophyll a concentration (green line) measured at the underwater observatory jetty (2 week moving average) from February 2002 to February 2003 (RSMPP and NMP data compilation).



איור 73: המשקל היבש הממוצע (+ סטיית תקן) של סך הזואופלנקטון ב-3 תחנות הדיגום בפברואר 2003 (עמודות שחורות, ניטור לאומי) ובפברואר 2002 (עמודות כחולות, פרויקט ניטור פארק השלום).

Figure 73: The average dry weight + SD of the total zooplankton samples at the 3 sampling stations during February 2003 (black columns, NMP) relative to the February 2002 sampling (blue columns, RSMPP).

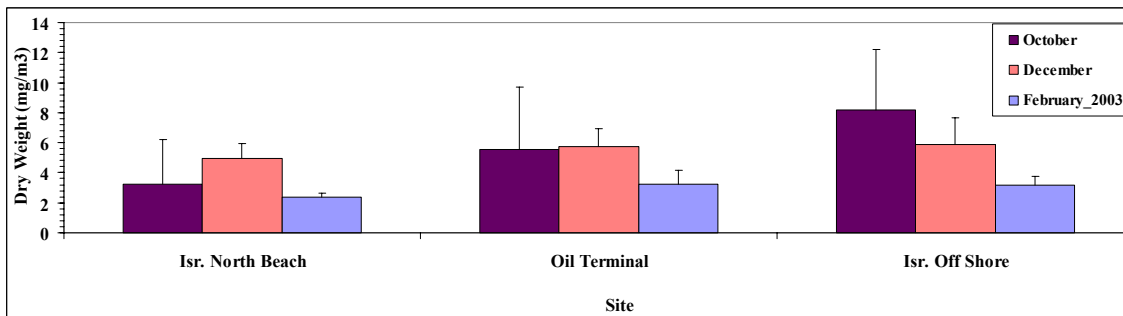
השינויים בביומסת הזואופלנקטון מאוקטובר 2002 ל-פברואר 2003 לוותה בשינויים בתרומה היחסית של 4 קבוצות הגודל לסך הביומסה (איור 74). השינוי התבטא בירידת התרומה של קבוצות האורגניזמים הגדולים (1000-500 ו-1000 מיקרון) ובעליית החלק היחסי של קבוצות האורגניזמים הקטנים (200-100 ו-500-200 מיקרון).



איור 74: התרומה (%) הממוצעת (+ סטיית התקן) ל-3 תחנות הדיגום של קבוצות הגודל לסך ביומסת הזואופלנקטון ב-3 תאריכי הדיגום.

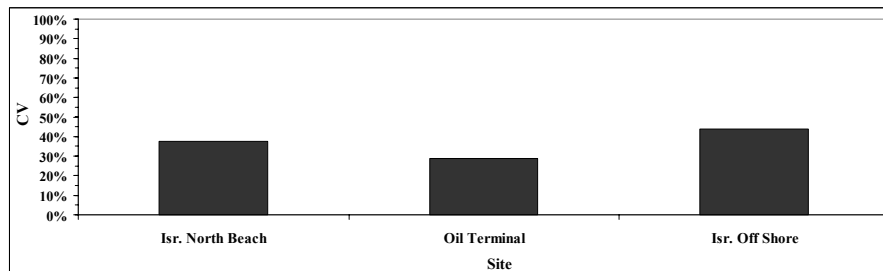
Figure 74: The average relative contribution of each zooplankton size group to the total biomass at the three stations during each sampling date.

שלוש התחנות לא נבדלו מאוד במידת השינויים שחלו בהן בביומסת הזואופלנקטון בתקופת הדיגום (איור 58). מקדם השונות (איור 76) נע בין 29% לבין 44% ב-"קצאא" וב"מים הפתוחים" בהתאמה.



איור 75: המשקל היבש הממוצע (+ סטיית התקן) של סך הזואופלנקטון ב-3 תאריכי הדיגום בכל אחת מתחנות הדיגום.

Figure 75: The average dry weight + SD of the total zooplankton samples taken at the various sites and dates.



איור 76: מקדם השונות של ממוצע ממוצעי 3 תאריכי הדיגום (ראה איור 56) בכל אחת מתחנות הדיגום.

Figure 76: Coefficient of variance of the average of averages of the 3 dates (see Figure 69) at each sampling station.

השפעת העונה על ביומסת הזואופלנקטון הייתה משמעותית מאוד (ANOVA, $p < 0.0005$, טבלה 6). במבחן Tukey Post-hoc (HSD) נמצאו הבדלים משמעותיים ($p < 0.05$) בין פברואר 2003 לבין כל אחד מהחודשים הקודמים לו, אוקטובר ודצמבר 2002 (טבלה מס' 4B). לא נמצא הבדל משמעותי בין החודשים אוקטובר ודצמבר 2002.

טבלה 6: מבחן "Repeated Measures ANOVA" על השפעות האתר ("Station", $n=3$), העונה ("Month", $n=3$) וגודל הגוף ("Fraction", $n=4$) על ביומסת הזואופלנקטון בצפון מפרץ אילת. 1. השפעות גורמים, 2. יחסי גומלין (אינטרקציות). הנתונים קיימו את הנחת היסוד של שוויון שוניות (Cochran's test, $p > 0.05$).

1. Factor effects:	SS	d.f.	MS	F	p
STATION	5.6287	2	2.8	54.083	<0.0005
MONTH	10.7706	2	5.4	32.005	<0.0005
FRACTION	60.7015	3	20.2	367.076	<0.000001
2. Interactions:					
MONTH* STATION	4.3705	4	1.1	6.494	<0.01
FRACTION* STATION	1.4956	6	0.2	4.522	<0.01
MONTH*FRACTION	5.5038	6	0.9173	11.000	<0.000005
MONTH*FRACTION* STATION	1.5876	12	0.1323	1.586	0.1398

טבלה 7: ערכי מובהקות (P) במבחני Tukey's HSD post-hoc tests להשוואה בין: A. תחנות ($n=3$), B. חודשים ($n=3$).

A	Station	Isr. North Beach	Oil Terminal	Isr. OffShore
1	Isr. North Beach			
2	Oil Terminal	0.002442		
3	Isr. OffShore	0.000318	0.011921	

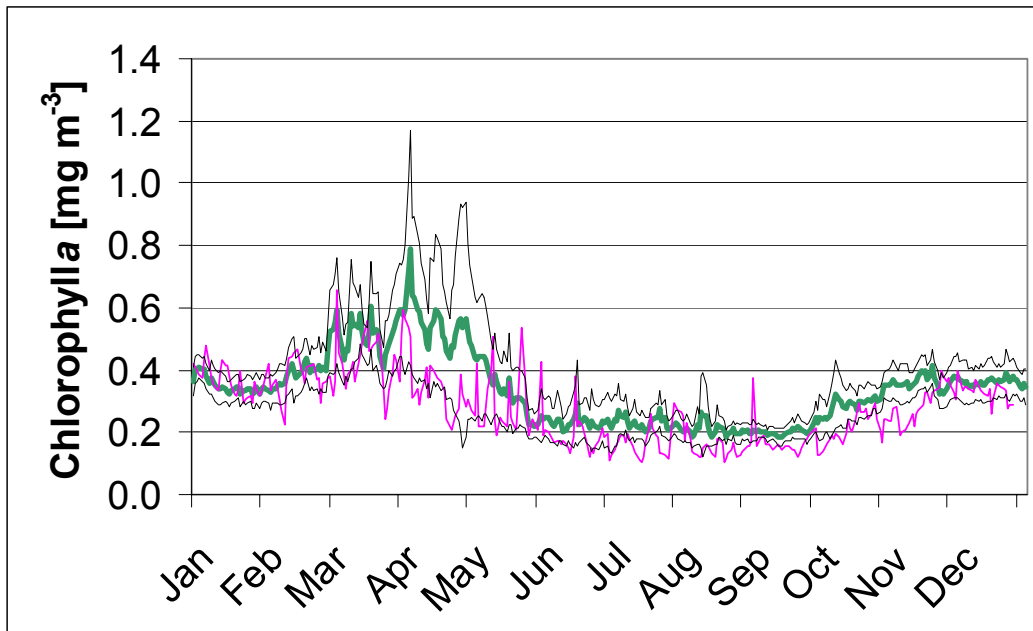
B	MONTH	Oct 2002	Dec 2002	Feb 2003
1	Oct 2002			
2	Dec 2002	0.987816		
3	Feb 2003	0.010703	0.013966	

ה. מדידות רציפות

ה.1. כלורופיל

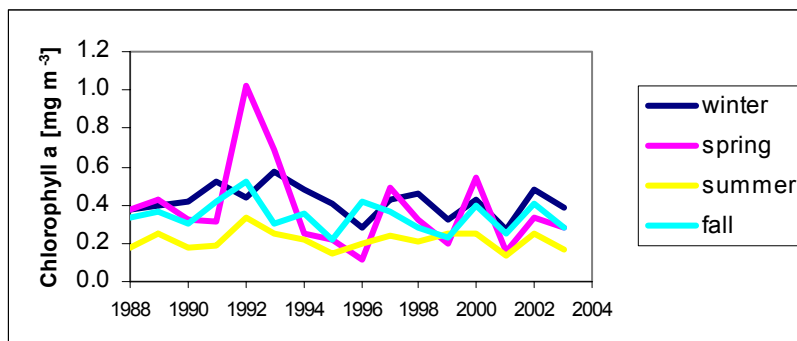
מדידות יומיות אלה נעשות מידי בוקר בין השעה שמונה לתשע. שתי דגימות מים (300 מ"ל) נלקחות ממי השטח בנקודה קבועה במזח המצפה התת-ימי (מחוץ לשולחן השוניתי). להוצאת הזואופלנקטון המים מסוננים דרך רשת $100 \mu\text{m}$ לתוך שני בקבוקים של 300 מ"ל ומובאים למעבדה, כל אחת מהדגימות מסוננת על פילטר GF/F. המיצוי של הכלורופיל נעשה ב 10 מ"ל 90% Buffered Acetone למשך 24 שעות במקרר.

תוצאות:



איור 77: ריכוז כלורופיל a בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו ורוד- בשנת הניטור 2003, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2002), קוים שחורים דקים - רווח בר סמך 95%.

Figure 77: Continuous record of chlorophyll a concentration sampled daily at the underwater observatory jetty (pink line) and the multi annual average (1988-2003, green line. The black lines represent the 95% confidence interval of the multi annual record.

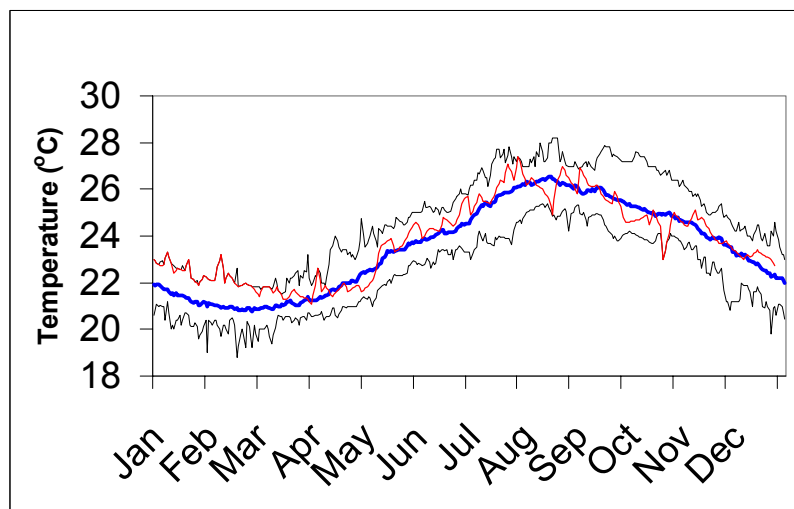


איור 78: סדרת זמן של ממוצע ריכוז הכלורופיל בפני השטח בשמורת חוף אלמוג בעונות השונות מאז 1988.

Figure 78: Time series of seasonal average chlorophyll a concentrations measured at the underwater observatory jetty since 1988.

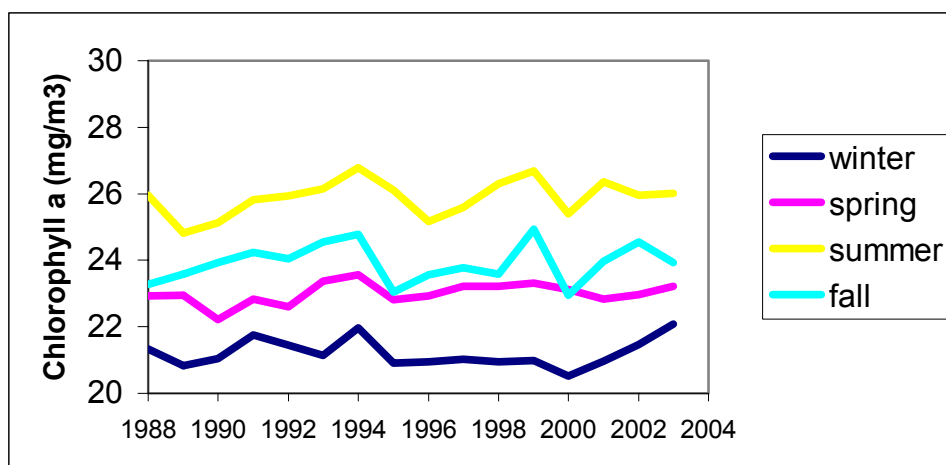
ריכוזי הכלורופיל בשנת 2003 היו "נורמליים" בתחילת השנה (עד פריחת האביב) ונמוכים מהרגיל (סמוכים לקו התחתון של רווח בר סמך 95%) בשאר השנה, כולל האביב, הקיץ ותחילת החורף הנוכחי. "פריחת" האביב ב- 2003 הייתה מוקדמת מהרגיל (הסתיימה בתחילת חודש אפריל).

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג



איור 79: טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2003, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות בשנים 1988-2002, קוים שחורים דקים - טווח הטמפרטורות (מינימום ומכסימום) עבור אותם ימים מאז 1988.

Figure 79: Continuous water surface temperature measured every morning at the underwater observatory jetty during 2003 (red line), multi annual average (1988-2003, blue line) and black lines represent the multi annual minimum-maximum temperature range.



איור 80: סדרת זמן של ממוצע טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג בעונות השונות מאז 1988.
Figure 80: Time series of seasonal average temperature measured at the underwater observatory jetty since 1988.

טמפרטורת המים בפני הים הייתה בשנת 2003 "נורמאלית" למעט בשלושת החודשים הראשונים של השנה (ינואר-מרץ) בהם הייתה הטמפרטורה גבוהה מהרגיל בכ- 1.5°C , עם הערכים המכסימליים שנמדדו באותם ימים מאז תחילת ניטור פרמטר זה על ידי קבוצתו של א. גנין ב- 1988. קרי, בתקופה שמינואר ועד אמצע מרץ 2003, הייתה טמפרטורת פני הים החמה ביותר מאז 1988.

ה.3. מדידות אוטומטיות רציפות

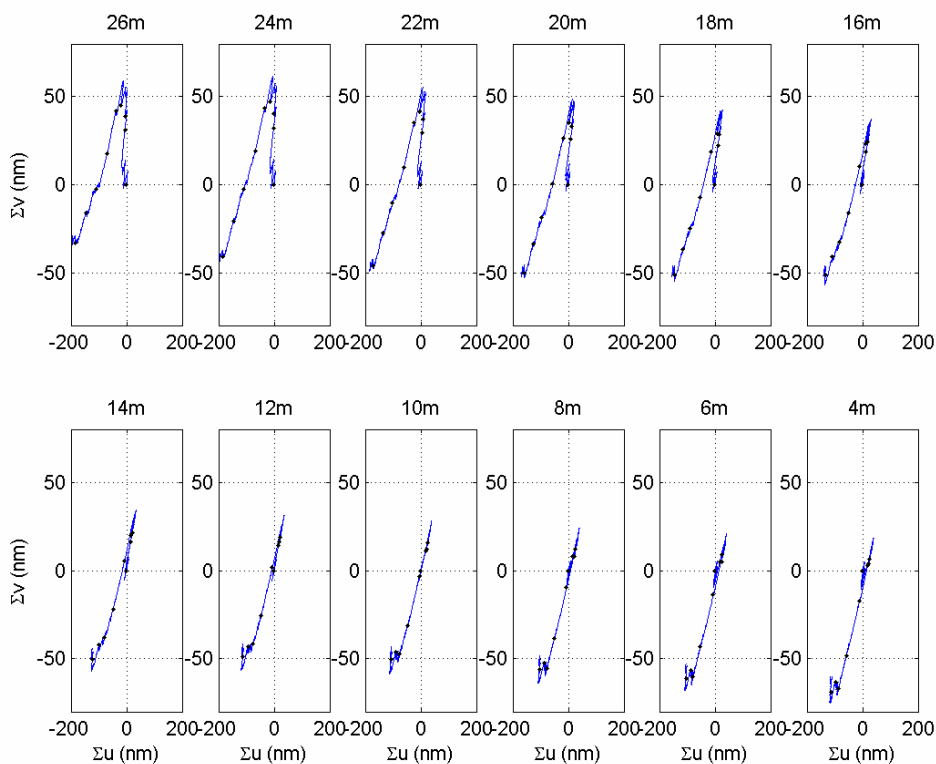
ה.3.1. ה-CTD בשונית

בשמורת חוף אלמוג בגנים היפניים, בלגונה כ-200 מ' צפונית לגשר המצפה התת-ימי וכ-20 מ' מקו החוף, מוצב מזה 3 שנים (מרץ 2001) מכשיר (תוצרת Sea-Bird Electronics, דגם CTD-16) המודד באופן אוטומטי כל 10 דק' את הפרמטרים הבאים: לחץ מים, טמפרטורת מים, מליחות, pH, חמצן מומס ועוצמת קרינה נכנסת בתחום הנראה (PAR). מדידות אלה נשמרות בזיכרון המכשיר וגם מועברות דרך כבל אינפורמציה קרקעי למעבדת המכון הבינאוניברסיטאי שם הם מוצגים (באופן חלקי) בזמן אמיתי באתר האינטרנט של פרויקט הניטור. מעבר לשימושים המידיים שניתן לעשות במדידות אלה כגון מצב גאות ושפל וטמפרטורת המים, משמשים מדידות אלה לחישוב של תפקוד מטבולי של השונית מבחינת יצרנות ראשונית נטו וקצב השקעת קלציום קרבונט נטו במדידות המחזור היומי (מושגים אלו תוארו בפרוטרוט בפרק ב.2). בעתיד ישמשו מדידות אלה להערכת תפקוד מטבולי רציף בזמן אמיתי. האלגוריתם הממיר את מדידות החמצן וה-pH לקצבים אלו נמצא בשלב זה בשלבי פיתוח מתקדמים (מבוסס על Barnes and Deveraux, 1983). כלי זה יאפשר לאבחן במהירות קיומן של מגמות שינוי בתפקוד השונית. על מנת שמדידות אלו יהיו שימושיות, יש צורך בכיול מדידות החמצן וה-pH. לצורך כך אנו משתמשים במדידות המינימום/מקסימום (פרק ב.3) שנדגמים בתחנה זו. קיימות מספר בעיות טכניות בפעולת האלקטרודות, אשר לעיתים אינן מאפשרות את הצגת הנתונים מיד לאחר כיול מפני שהם דורשים פרוצדורה יותר ארוכה (detrending). איורי מדידות אלה

מוצגות בנספח. באיורים מוצגים הערכים הגולמיים והמכויילים של לחץ, טמפרטורה, מליחות, pH וחמצן מחודש ספטמבר 2002 עד וכולל אוקטובר 2003. בחודשים הקרובים יעברו נתונים אלו ביקורת איכות פרטנית ואח"כ יישום האלגוריתם המוזכר לעיל על מנת לקבל את המדד המטבולי שיאפשר את השימוש האקולוגי במדידות הנ"ל.

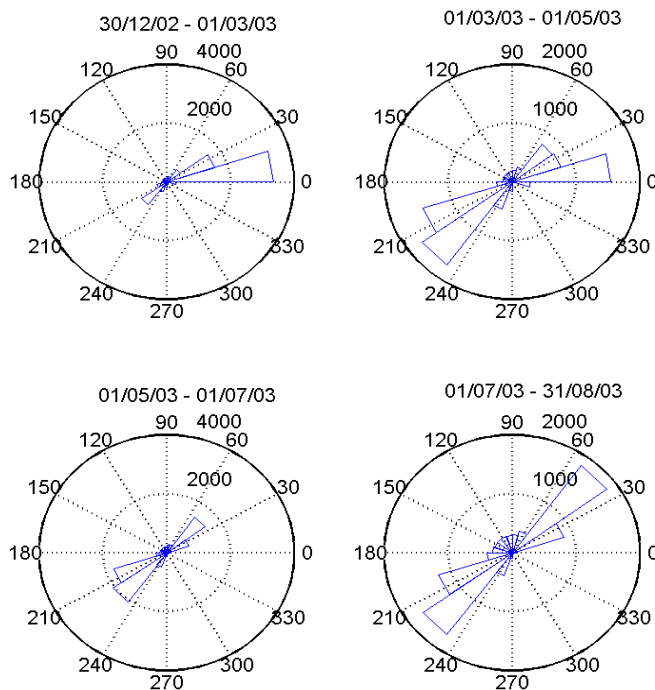
ה.3.2. מדידות זרמים

בפרק זה מוצגות מדידות מד זרם (ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler) המוצב בעומק 30 מ' מתחת לפני המים על המדרון מול המכון הבינאוניברסיטאי ומכוון כלפי מעלה (מעומק 30 מ' עד פני המים). המכשיר דוגם את כיוון ומהירות הזרם כל 10 דק' בשכבות שעוביין 1 מ' בטווח העומקים בין 3 – 27 מ'. עיבוד הנתונים כלל הפעלת פילטר דיגיטאלי (Low-Pass, Butterworth) ע"מ להקטין את רעש המדידה. המדידות מוצגות באיורים שלהלן ומציגות דפוס זרימה אופייני לתקופת המדידה כפי שתואר ע"י גנין ופלדור (1998). איור 81 מראה שכיוון הזרימה העיקרי בעומק 15 מ' היה מזרח מערב לצפון מזרח בין דצמבר למרץ. בין מרץ לספטמבר התחלף כיוון הזרימה תדירות בין צפון מזרח לדרום מערב (לאורך החוף) בגלל השפעה חזקה של הכרית אך הזרימה נטו הייתה לכיוון דרום מערב (איור 81). נתונים גולמיים המייצגים את כיוון ועצמת הזרימה בשכבות השונות באינטרוולים של 7 ימים מוצגים בנספח.



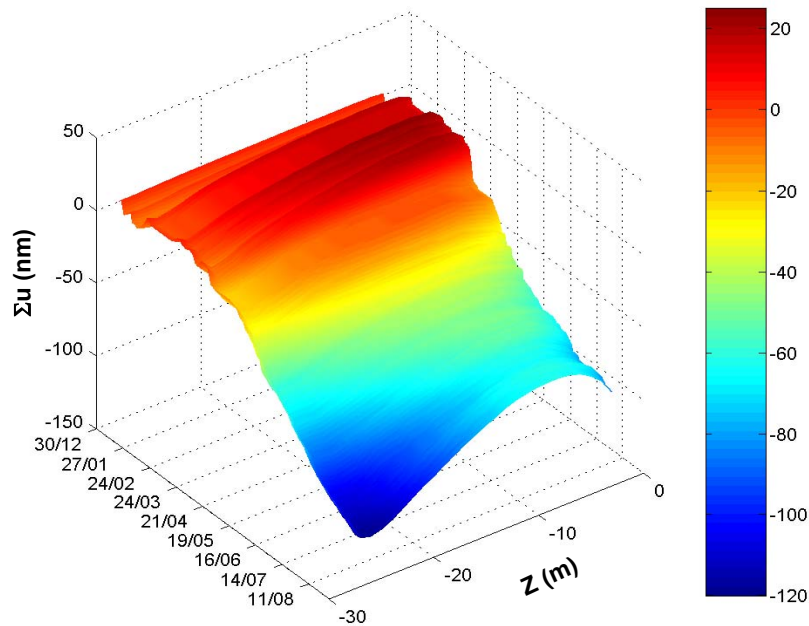
איור 81. תרשימי וקטור מצטבר (progressive vector diagrams) של הזרמים שנמדדו בעזרת מכשיר ה-ADCP באתר שמול המכון הבינאוניברסיטאי בתקופה שמ-31/12/2002 ועד 25/8/2003. הלוחות השונים באיור מציגים את הוקטור עבור העומקים השונים (כמצויין מעל כל לוח). מיקומי הוקטור בכל ראש חודש (החל ב 1 בינואר 2004) מצוינים בנקודות השחורות על הגרף. שים לב להיפוך הזרם בכל השכבות בחודש מרץ.

Figure 81: Progressive vector diagrams at different depths (title of each panel) measured by an ADCP deployed at the IUI beach for the period 31/12/02-25/8/03. The vector position at the 1st of each month is designated by black dots starting the 1st of January 2003. Note the current reversal at all depths during the month of march.

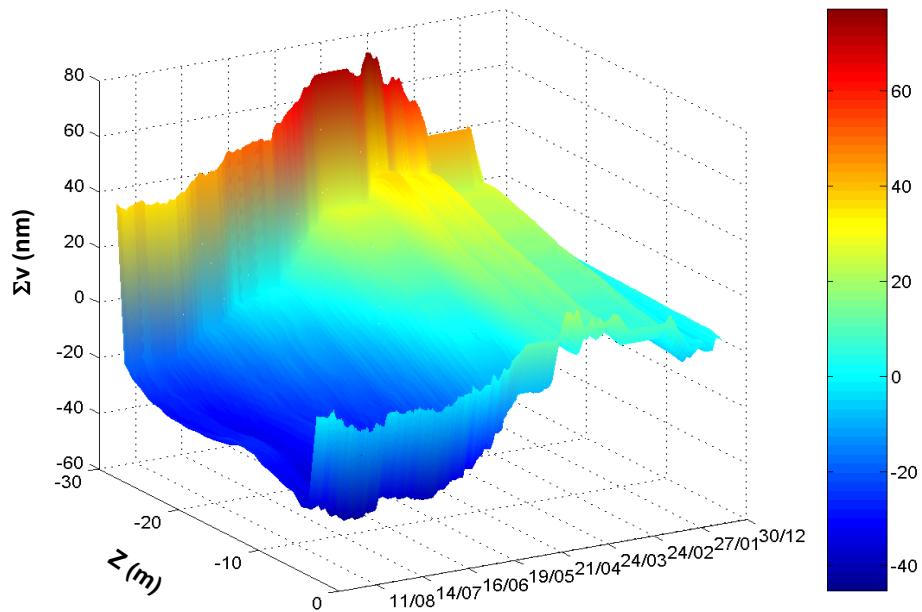


איור 82: היסטוגרמה פולארית של כיווני הזרימה בעומק 15 מ' בקטעי זמן של חודשיים.

Figure 82: Polar histogram of current directions measured at 15 m depth for 2 month periods.



איור 83: רכיב זרימה מזרח/מערב (u , שלילי לכיוון מערב) מצטבר בכל תקופת המדידה של הזרם המדוד ב-IUI בכל שכבות הדיגום.
Figure 83: The cumulative sum of the east-west component of the current (negative values mean west) measured by an ADCP deployed at the IUI beach for the period 31/12/02-25/8/03.



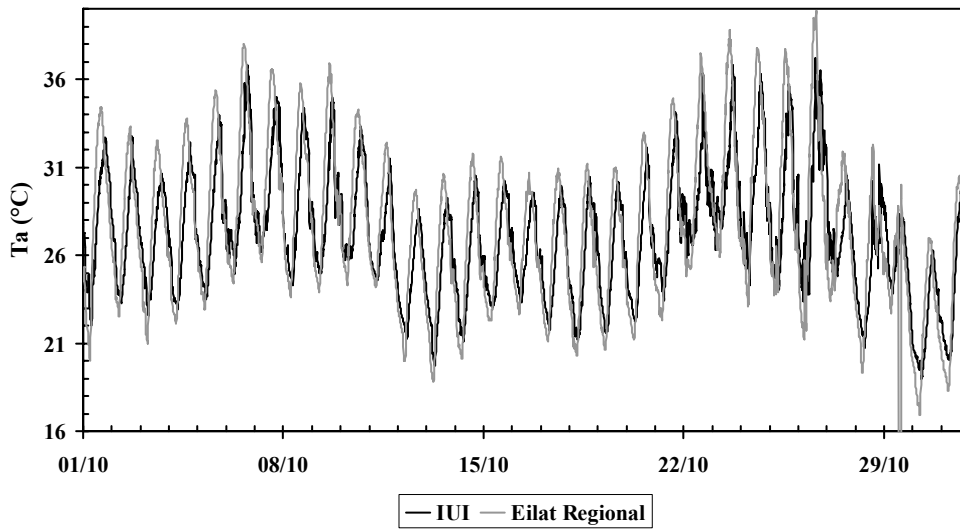
איור 84: רכיב זרימה מזרח/מערב (v , שלילי לכיוון דרום) מצטבר בכל תקופת המדידה של הזרם המדוד ב-IUI בכל שכבות הדיגום.
Figure 84: The cumulative sum of the north-south component of the current (negative values mean south) measured by an ADCP deployed at the IUI beach for the period 31/12/02-25/8/03.

הזרמים בשנת 2003 היו דומים לאלו שנמדדו במשך כמה שנים על ידי גנין ופלדור (1998) ומאוחר יותר, בזמן פרויקט RSMPP על ידי ברמן וברנר מבחינת קיומו של זרם נטו לכיוון צפון בתחילת חודשי החורף, ואח"כ היפוך הזרימה לכיוון דרום

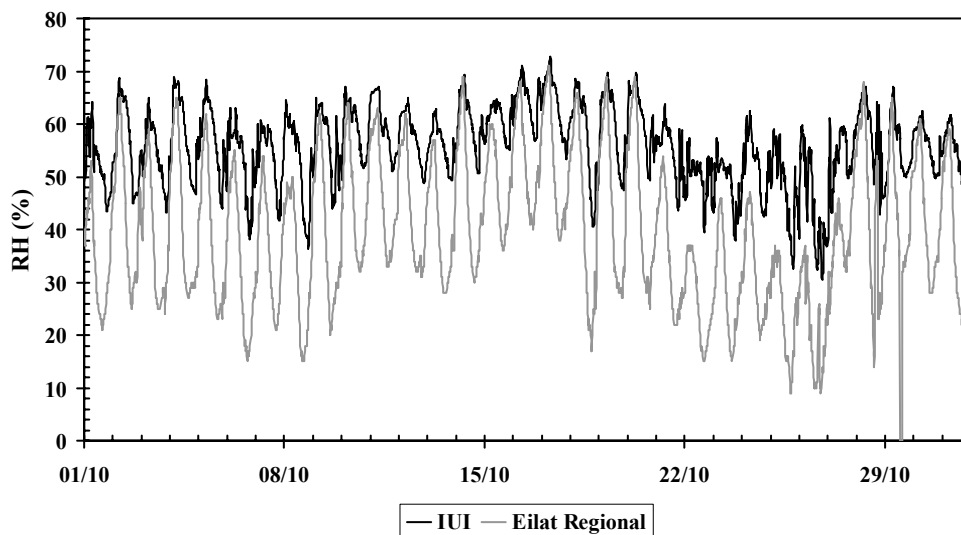
והמשך הזרימה לדרום עד תחילת הקיץ. עם זאת, ניכר הבדל משמעותי אחד בשנת 2003: בעוד שבארבע שנות המדידה (1988-1991) ע"י גנין ופלדור, כמו גם בשנים מאוחרות יותר, התרחש ההיפוך בתחילת חודש פברואר, בשנת 2003 קרה הדבר בחודש מרץ. יתכן שישנו קשר בין איחור זה במועד ההיפוך לבין העובדה שטמפרטורת מי הים בחודשים ינואר-מרץ הייתה גבוהה באופן חריג.

ה.3.3 תחנת מזג אויר

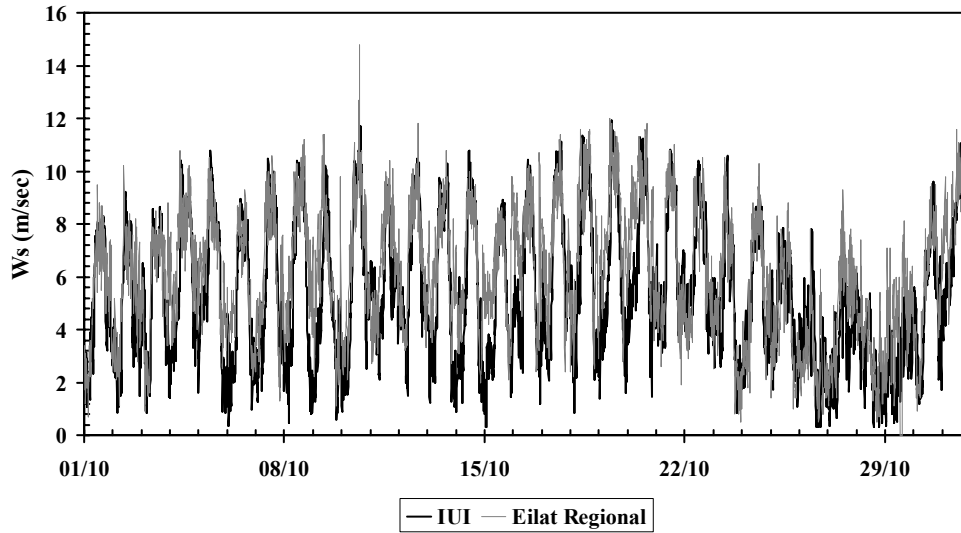
בתחילת ספטמבר 2003 הוצבה תחנת מזג אויר אוטומטית בקצה הרציף של המכון הבינאוניברסיטאי באילת על תורן בגובה של בערך 10 מ' מעל פני הים. הפרמטרים הנמדדים הם: טמפרטורה יבשה (טמפרטורת האויר), לחות יחסית, מהירות וכיוון רוח, עצמת קרינה כללית (Global radiation) ולחץ אוויר. הערכים המדודים נאגרים במשך 10 דק' שבסופם מוקלטים הערכים הממוצעים של כל פרמטר. למדידות אלה חשיבות רבה להבנת התהליכים האקולוגיים הבסיסיים בכל בית גידול ימי. לדוגמא, כיוון ועצמת הרוח יכולים לקבוע את מידת היווצרותם של זרמים אנכיים באזור החוף ואיתם שטף נוטריינטים. כמו כן, שינויים ארוכי טווח (בסקאלת זמן של שנים) בטמפרטורת האויר, בקרינה וברוח יכולים להשפיע באופן משמעותי על הסביבה הימית. לערכי המשתנים שנמדדים שימוש רב בחישובם של תהליכים רבים אחרים (שטפי גזים בין הים לאטמוספירה, הנעת הערבול האנכי, קצבי אידוי, וכד'). ישנה חשיבות רבה למדידת הפרמטרים הנ"ל מעל הים על מנת שיוכלו לשמש בחישובים של התהליכים הימיים. על מנת להמחיש חשיבות זו מובאים להלן איורים של מספר פרמטרים הקשורים בחישובי שטפי חום בין הים לאטמוספירה אשר חושבו באותה צורה עבור נתונים שנלקחו מהתחנה בעיר (כמה מאות מטרים מערבית לשדה התעופה) להלן Eilat Regional והתחנה במכון הבינאוניברסיטאי להלן IUI בחודש אוקטובר השנה. באיור 85 נעשתה השוואה של טמפרטורת האויר בין שתי התחנות. ניתן לראות כי במהלך ההתחממות היומית תחנת אילת חמה יותר מהתחנה ב-IUI וטמפרטורת המקסימום גבוהה ב- 2°C בתחנת אילת. גם במהלך הקירור ישנם הבדלים במינימום טמפרטורה שנמוכה יותר בתחנת אילת ב- 2°C אך נראה כי קצב הקירור אחיד. דוגמא זו ממחישה בצורה יפה את האפקט הממתן שיש לים על שינויי טמפרטורת האויר גם במרחק כל כך קצר. בהשוואת נתוני הלחות היחסית (איור 86) ניתן לראות כי הלחות בתחנת IUI גבוהה יותר מהלחות בתחנה באילת. בזמן שהלחות מעל הים משתנה בין 40-70% הלחות בעיר משתנה בין 70-10%. הבדל זה הוא מאוד משמעותי בבואנו לחשב את שטף החום הכמוס והאידיוי בפני המים כפי שניווכח בהמשך. לעומת זאת מהירות הרוח בשתי התחנות די דומה (איור 87), אך קיימת תקופת זמן בלילה שבה מהירות הרוח ב-IUI נמוכה בעד 1 מ'/שנ' מהתחנה באילת. בפרט, ההבדל ניכר כאשר לרוח רכיב מערבי חזק (מכוון מערב למזרח), דבר הנובע כנראה מאפקט ההסתרה על ידי ההרים שבסמוך ל-IUI. הקרינה הגלובלית (איור 88) לא נבדלה בין שתי התחנות.



איור 85: טמפרטורת האוויר בתחנה המטאורולוגית בעיר אילת (אפור) ובמכון הבינאוניברסיטאי (שחור) בחודש אוקטובר (מדידה כל 10 דק').
Figure 85: Air temperature measured (10 minute intervals) at the Eilat weather station (grey) compared to that measured at the IUI jetty (black) during October.

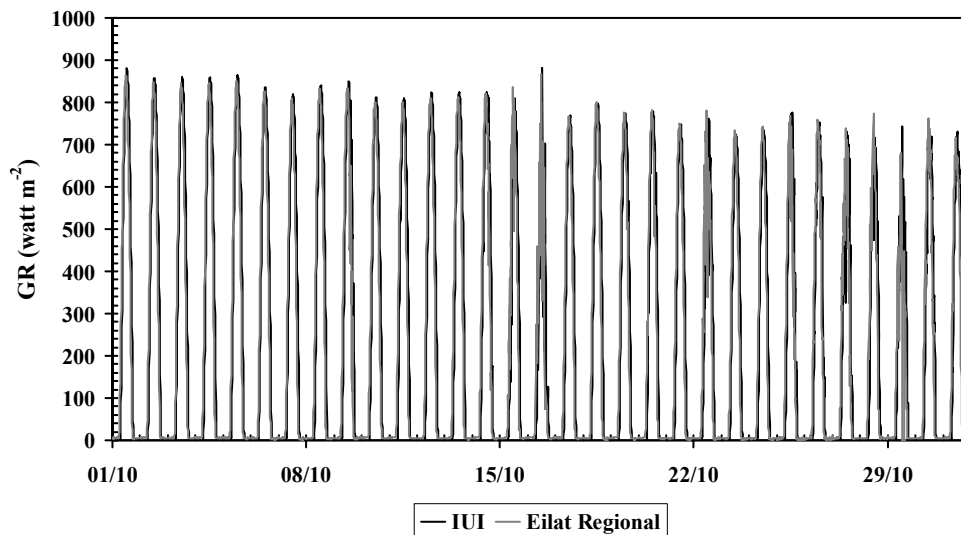


איור 86: בדומה לאיור 85 עבור לחות יחסית.
Figure 86: Same as Figure 85 but for relative humidity.



איור 87: בדומה לאיור 85 עבור מהירות הרוח.

Figure 87: Same as Figure 85 but for wind speed.

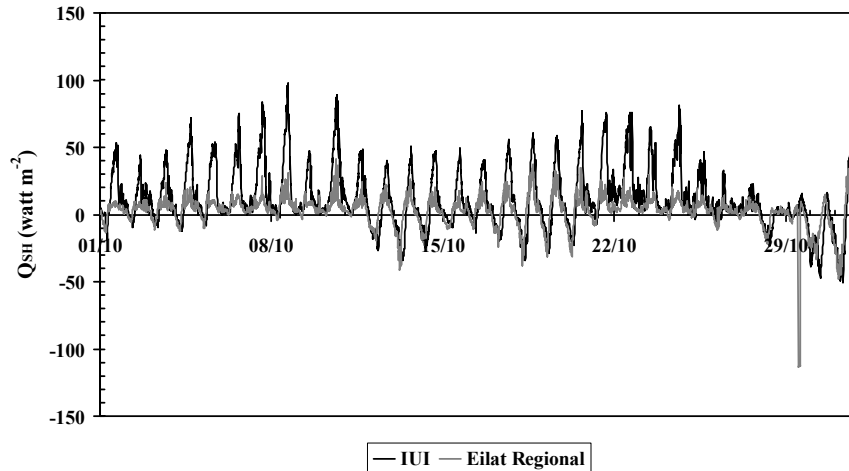


איור 88: בדומה לאיור 85 עבור קרינה גלובלית.

Figure 88: Same as Figure 85 but for global radiation.

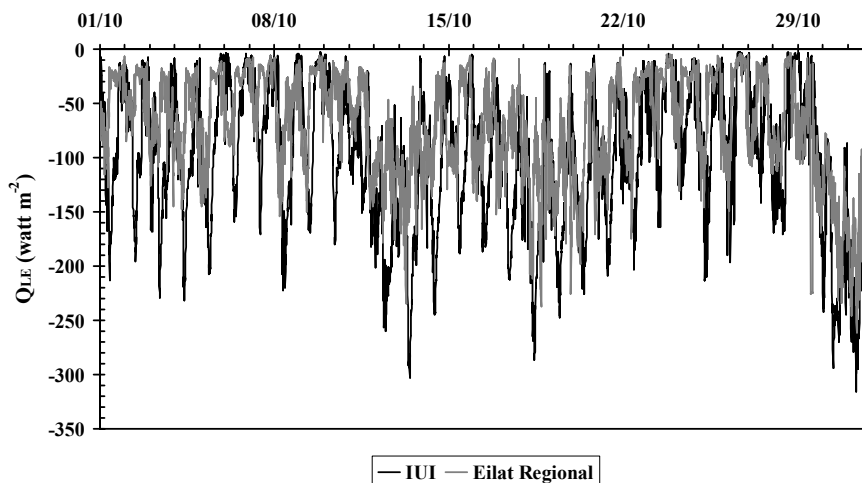
חישוב שטפי החום בין הים לאטמוספירה נעשה באמצעות הפונקציות המצויות ב-AirSea Toolbox בתכנת MATLAB. השטפים חושבו עבור נתוני התחנות המטאורולוגיות ומדידות הטמפרטורה של מי השונית שנמדדו בתחנה הקבועה של הניטור בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג. ניתן לראות כי שטף החום המוחשי (Q_{SH} – Sensible Heat Flux) המוצג באיור 89 גדול בהרבה ב-IUI מאשר באילת בשעות האור אך דומה בלילה, כנ"ל גם שטף החום הכמוס (Q_{LE} – Latent Heat Flux) בערכים מוחלטים (איור 90). לעומת זאת שטף החום של גוף שחור (Q_{LW} – Long Wave Heat Flux or Black Body) גדול בערך מוחלט באילת מאשר ב-IUI אך ההבדלים הם מאוד קטנים (20 watt m^{-2}). חישוב קצב האידיוי במ"מ ליום נעשה בעזרת שטף חום כמוס ($280 \text{ watt m}^{-2} \sim 10 \text{ mm/day}$). איורים 92-93 מראים כי חישובי האידיוי

המחושבים בהסתמך על נתוני שתי התחנות נבדלים באופן מובהק, עם ערכי איזוי גבוהים יותר בכ- 2 מ"מ ליממה ב-IUI. להבדלים אלה משמעות קריטית בהערכה נכונה של שטפי מסה וחום במרחב הניטור והם משמשים מסד נתונים אשר אמינותו הגבוהה הכרחית לפיתוח מודלים עתידיים המשלבים פיזיקה, כימיה וביולוגיה במי המפרץ. ההבדלים בין שתי התחנות, זו שבעיר אילת וזו שבמכון הבינאוניברסיטאי, מדגישים את הצורך החיוני בהצבת מערכת מדידות מטאורולוגיות בים, רחוק מן החוף. הדבר בר ביצוע ונמצא בשלבי תכנון, באמצעות הצבת מצוף אוקיאנוגרפי עם תורן מטאורולוגי מעל המים העמוקים בסמיכות לקו האמצע של המפרץ (בקרב תחנה A).



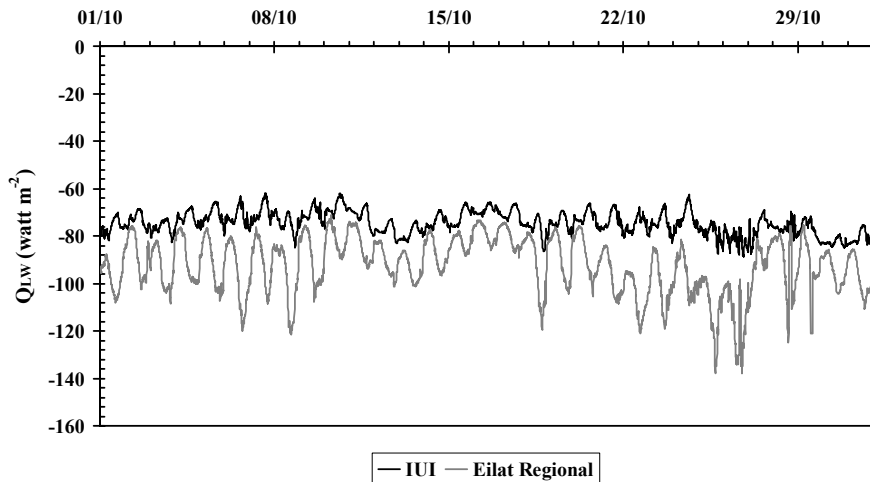
איור 89: חישוב שטף חום מוחשי מפני המים לאטמוספירה (חיובי לתוך הים) בשונית בחוף אלמוג על פי נתוני המכון הבינאוניברסיטאי (שחור) ונתוני התחנה המטאורולוגית בעיר אילת (אפור).

Figure 89: Sensible heat flux between the sea surface and the atmosphere (positive into the sea) calculated with data from the Eilat weather station (grey) and IUI weather station (black) together with water temperature measured at the permanent CTD station in the lagoon of the Almog beach nature reserve reef.



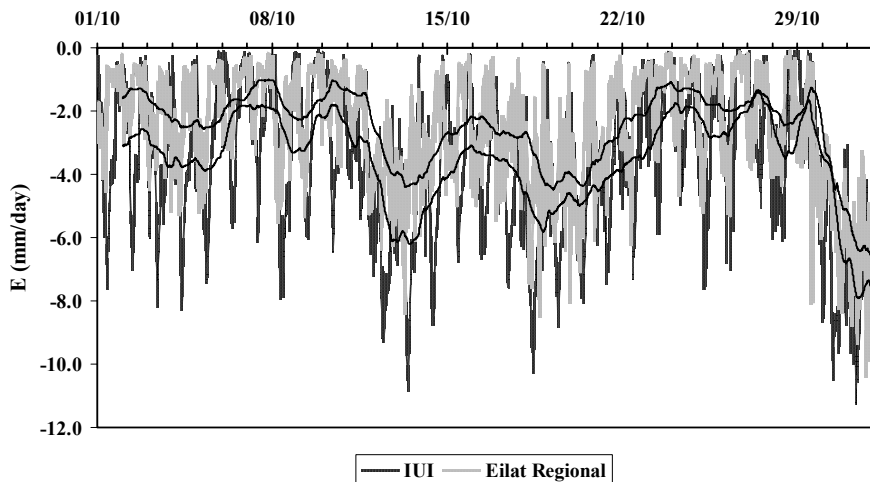
איור 90: חישוב שטף חום כמוס מפני המים לאטמוספירה (חיובי לתוך הים) בשונית בחוף אלמוג על פי נתוני המכון הבינאוניברסיטאי (שחור) ונתוני התחנה המטאורולוגית בעיר אילת (אפור).

Figure 90: Latent heat flux between the sea surface and the atmosphere (positive into the sea) calculated with data from the Eilat weather station (grey) and IUI weather station (black) together with water temperature measured at the permanent CTD station in the lagoon of the Almog beach nature reserve reef.



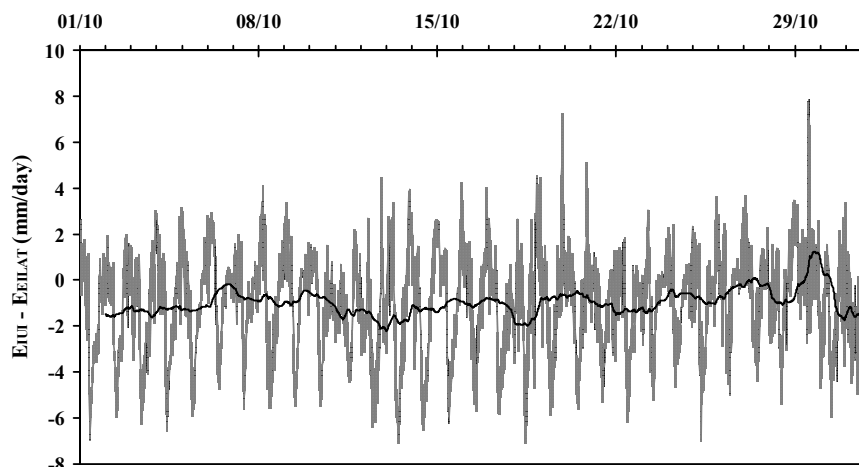
איור 91: כמו איור 90 עבור קרינה ארוכת גל מפני המים לאטמוספירה (חיובי לתוך הים).

Figure 91: Black body radiation heat flux from the sea surface to the atmosphere (positive into the sea) calculated with data from the Eilat weather station (grey) and IUI weather station (black) together with water temperature measured at the permanent CTD station in the lagoon of the Almog beach nature reserve reef.



איור 92: כמו איור 90 עבור קצב אידוי מים מפני המים לאטמוספירה. קווים שחורים מייצגים ממוצעים נעים יומיים של האידוי המחושב.

Figure 92: Like Figure 90 but for calculated evaporation rates from the sea surface to the atmosphere. Black lines represent the diurnal moving averages of both signals.



איור 93: חישוב הפרש קצבי אידוי מים מפני המים לאטמוספירה בשונית בחוף אלמוג על פי נתוני המכון הבינאוניברסיטאי (כחול) ונתוני התחנה בעיר אילת (ורוד). הקו השחור מציין ממוצע נע יומי (24 שעות) של הפרש קצבי האידוי בשתי התחנות.

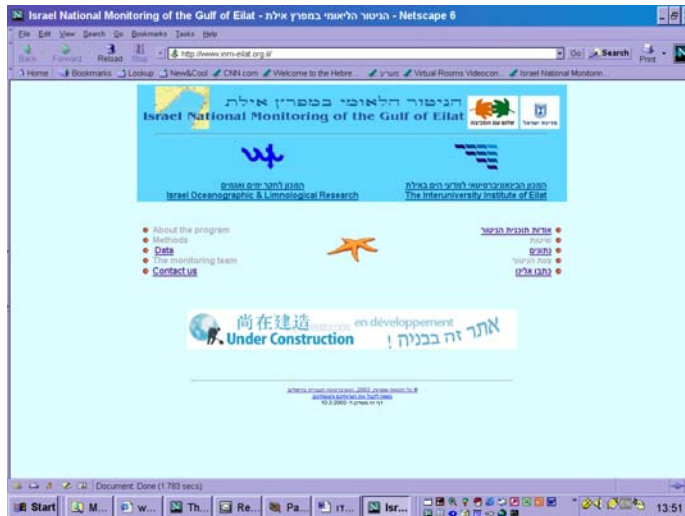
Figure 93: The difference between the momentary evaporation rates calculated for the Eilat regional station weather data and the IUI weather data. The Black line represents the diurnal moving average of this signal.

1. בסיס הנתונים

1. איסוף נתוני הדיגום בפעילויות צוות הניטור הושלם והנתונים נמצאים הן בפורמט המקורי שלהם והן בפורמט בסיס הנתונים על מחשב מנהל הנתונים ובגיבויים המתאימים. להלן רשימת קבצי הנתונים הקיימים עד כה:

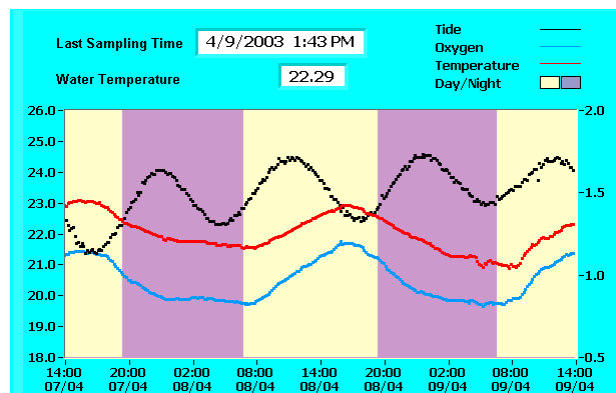
Entry ID	Data name	Field	Starting date
35	NMP Monthly cruise CTD profiles	Physical	01/01/2003
36	NMP Monthly chemical analysis of deep sea water	Chemical	01/10/2002
37	NMP Chemical analysis of coastal sea water	Chemical	01/10/2002
38	Chlorophyll	Chemical	01/10/2002
39	Sediments	Chemical	01/01/2003
40	NMP Currents	Physical	01/10/2002
41	NMP Zooplankton Monitoring	Biology	01/10/2002
42	Benthic Algae Settlement	Biology	01/10/2002
43	Nanoplankton sampling	Biology	01/01/2003
44	NMP Phytoplankton Primary Production	Biology	01/01/2003
45	NMP Data station in the coral beach reserve	Physical	01/10/2002
46	Benthos Monitoring	Ecology	01/10/2002

2. הוקם אתר FTP שיהיה פתוח בקרוב לציבור הרחב, אשר ממנו יהיה ניתן להוריד קבצי נתונים עפ"י הרשאה מתאימה. כתובת האתר: <ftp://132.64.212.80/>.
3. נפתח אתר אינטרנט יעודי לפרויקט הניטור אשר בחלקו נמצא עדיין בשלבי בנייה.



בשלב זה האתר כולל:

- א. רשימת הנתונים הנאספים במסגרת פרויקט הניטור ותיאורם (meta_data).
- ב. תצוגה גרפית של נתוני זמן אמת המתקבלים ממכשיר ה-CTD המוצב באורח קבוע בחלק הדרומי של שמורת חוף אלמוג בלגונה (איור 94).



איור 94: העתק מסך מאתר האינטרנט של תכנית הניטור המציג בזמן אמיתי (real time) את נתוני השמפרטורה, גובה המים (כרית) וריכוז החמצן בשמורת חוף אלמוג.

Figure 94: Screen shot of NMP website page displaying the continuous real-time record of CTD measurements (temperature, pressure and oxygen) at the permanent CTD station in the lagoon of the Almog beach nature reserve reef.

- ג. תצוגה גרפית של פרופילים שנמדדו במהלך ההפלגות של חצי השנה האחרונה בתחנה A במסגרת ניטור עמודת המים הפתוחים של צפון המפרץ. בשלב זה מוצגים רק נתוני ה-CTD, בקרוב יתווספו גם נתוני המדידות הכימיות והפרודוקטיביות.

ד. בעתיד הקרוב תיוספ לאתר הצגת נתוני הדיגום החופי והזרמים (אם כי לא בזמן אמיתי).

כתובת האתר: www.inm-eilat.org.il

ז. נספחים

נספח 1: רשימת הנתונים הגולמיים המצורפים ב CD

מדידת זרמים. מדידת CTD בלאגונה של שמורת חוף אלמוג. מדידות אוקיאנוגרפיות וכימיות במים העמוקים והחופיים. צילומי חתכי השונית. אחוז חומר אורגני בסדימנט. כלורופיל. יצרנות ראשונית. פיטופנקטון. מאקרו-אצות בשונית. נתוני התחנה המטאורולוגית.

נספח 2: דו"ח פעילות צוות הניטור בשנת 2003

<u>תאריך דיגום+סוג הפעילות</u>	<u>מס' דגימות</u>	<u>מטרת העבודה</u>	<u>ימי עבודה</u>	<u>המבצעים</u>
ספט' דיגום דו שבועי בלאגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
11 ספט' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16, 8 מליחות, 8 כלורופיל	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, משה, מוריאל
21 לאוקטובר דיגום זאופלנקטון	9 דגימות	חישוב ביומסת הזאופלנקטון.	3	דר' ברכה פרסטי + משיט + עוזר לדוגם (עבודה בים) במעבדה: דר' ברכה פרסטי
אוק' דיגום דו שבועי בלאגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
21 אוק' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16, 8 מליחות, 8 כלורופיל	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, משה, מוריאל

נוב' דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
12 נוב' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, משה, מוריאל
דצמ' דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
9 דצמ' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, משה, מוריאל
17 לדצמבר דיגום זאופלנקטון	9 דגימות	חישוב ביומסת הזאופלנקטון.	3	דר'ברכה פרסטי +משיט+ עוזר לדוגם+ (עבודה בים) במעבדה:דר'ברכה פרסטי
ינו' דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
15 ינו' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל Fcas 24	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
29 ינו' הפלגה לתחנות: FF, A, NRR	45 נוטריאנטים 30 חמצן, pH 30 22 אלקלניות, 11 מליחות, 15 כלורופיל	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	4	רחמים, טניה, ענבל, מוריאל
פבר' דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
18 פבר' דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 24	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
16 פבר' הפלגה לתחנות: FF, A, NRR	54 נוטריאנטים 44 חמצן, pH 44 26 אלקלניות, 22 מליחות 15 כלורופיל, 36 יצרנות ראשונית	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	4	דר' דוד אילוז, ג'ק, רחמים, טניה, ענבל, מוריאל
25 לפברואר דיגום זאופלנקטון	9 דגימות	חישוב ביומסת הזאופלנקטון.	3	דר'ברכה פרסטי +משיט+ עוזר לדוגם+ (עבודה בים) במעבדה:דר'ברכה פרסטי

טניה ריבלין, ענבל אילון.	1	בדיקת מצב השונית צפיפות, מגוון מינים ומצבם הבריאותי של האלמוגים, חסרי חוליות	3 חתכים בעומק 15 מ' ב-IUI	10 לפברואר ניטור השונית
טניה ריבלין, ענבל אילון	1	בדיקת מצב השונית צפיפות, מגוון מינים ומצבם הבריאותי של האלמוגים, חסרי חוליות	3 חתכים בעומק 10 מ' ב-קצא"א	11 לפברואר ניטור השונית
טניה ריבלין, ענבל אילון, מוריאל דריי	1	בדיקת מצב השונית צפיפות, מגוון מינים ומצבם הבריאותי של האלמוגים, חסרי חוליות	3 חתכים בעומק 5 מ' בשונית מול המעבדה הימית	12 לפברואר ניטור השונית
טניה ריבלין, ענבל אילון, מוריאל דריי	1	בדיקת מצב השונית צפיפות, מגוון מינים ומצבם הבריאותי של האלמוגים, חסרי חוליות	3 חתכים בעומק 10 מ' בשונית מול המעבדה הימית	13 לפברואר ניטור השונית
ענבל אילון, משה לזרוביץ	1	בדיקת מצב השונית צפיפות, מגוון מינים ומצבם הבריאותי של האלמוגים, חסרי חוליות	2 חתכים בעומק 5 מ' בקצא"א	16 לפברואר ניטור השונית
טניה ריבלין, ענבל אילון	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט.	הוצאת 9 ליבות בצלילה מהסדימנט בשונית מעומק של 20 מ'	13 לינואר דיגום סדימנט בקרקעית

				השונית מול המצפה התת-ימי
14 לינואר דיגום סדימנט בתחנות החופיות	הורדת גרב ב-ארבע תחנות (כלובי דגים, מלון דן, חברת חשמל, טאבה) לעומק של 20 מ'. לקיחת 12 ליבות סה"כ.	בדיקת כמות החומר האורגני בסדימנט, בתחנות השונות.	1-דיגם -1 עיבוד	יציאה עם הסירה: משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה: מוריאל דריי, ענבל אילון. עבודה במעבדה טניה ריבלין, ענבל אילון ומוריאל דריי.
15 לינואר דיגום חופי	8 תחנות: בכל תחנה דיגום עבור: נוטרינטים, המצנים, PH, מליחות, כלורופיל, Facs, פוספט, אלקליניות בכל תחנה נלקחו גם נתוני עכירות, ט"מפ,	מדידת משתנים סביבתיים בעמודת המים באזור החופי	0.7	יציאה עם הסירה: משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה: מוריאל דריי, ענבל אילון. דיגום במעבדה: מוריאל דריי, טניה ריבלין, ענבל אילון.
16 לינואר אנליזת דוגמאות	עבודה על ה-Facs	26 דוגמאות עבור ספירת תאי פיטופלנקטון.	1	ענבל אילון
29 לינואר הפלגה ל Station A תחנה ע"י הכלובים ותחנה מול השמורה.	3 תחנות : הורדת רוזטה עד לעומק של 570 מ' בשני שלבים ולקיחת סה"כ 22 ניסקינים		1	רחמים שם-טוב, טניה ריבלין, ענבל אילון (על הספינה)
27 לינואר, הכנת ניסוי התיישבות אצות בנתוניות	6 מערכים עם 6 לוחיות התיישבות בגודל 1x1 מ'	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	מוריאל דריי, ענבל אילון
28 לינואר, הצבת הניסוי בשונית מול המעבדה הימית.	הצבת שישה מערכים בים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	מוריאל דריי, ענבל אילון.
27 לינואר, הוצאת שש לוחיות התיישבות של אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון עבודה במעבדה: ענבל אילון.

ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת הדוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב.	28 לינואר, אנליזת הלוחיות
צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	30 לפברואר. הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	31 לינואר, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל אילון	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, pH 32 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מרץ דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 24	27 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל	5	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	93 נוטריאנטים, 62 חמצן, pH 62 30 אלקלניות, 30 מליחות 21 כלורופיל,	20 מרץ הפלגה לתחנות: A, FF 2A, NRR
ענבל אילון	שעה ליום (דיגום+קריאת הדוגמאות מיום קודם)	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אפריל, דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	אפריל דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל,	13 אפריל הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, pH 16 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 24	15 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף

צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	31 אפריל, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	אפריל, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל אילון	שעה ליום	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מאי, דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מאי, דיגום דו שבועי בלגונה שבשמורת חוף אלמוג אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות, 25 כלורופיל,	11 מאי, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	13 מאי, דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה: מוריאל דריי, ענבל אילון. עבודה במעבדה טניה ריבלין, ענבל אילון ומוריאל דריי.	2	בדיקת כמות החומר האורגני בסדימנט, בתחנות השונות.	הורדת מחפרון לעומק של 20 מ' והוצאת 3 ליבות מכל תחנה סה"כ 18 דגימות	21 מאי, דיגום סדימנט מסירה ב 6 תחנות לאורך החוף
טניה ריבלין, ענבל אילון	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט.	הוצאת 3 ליבות בצלילה מהסדימנט בשונית מעומק של 20 מ'	22 מאי, צלילה לדיגום סדימנט בקרקעית השונית מול המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	26 מאי, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	27 מאי, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות

ענבל אילון	שעה ליום	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	חודש יוני, דיגום יומי של כלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	יוני, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות, 25 כלורופיל	15 יוני, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	17 יוני, דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה, ענבל אילון. עבודה במעבדה טניה ריבלין, ענבל אילון ומוריאל דריי.	2	בדיקת כמות החומר האורגני בסדימנט, בתחנות השונות.	הורדת מחפרון לעומק של 20 מ' והוצאת 3 ליבות מכל תחנה סה"כ 18 דגימות	23 יוני, דיגום סדימנט מסירה ב 6 תחנות לאורך החוף
טניה ריבלין, ענבל אילון	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט.	הוצאת 3 ליבות בצלילה מהסדימנט בשונית מעומק של 20 מ'	24 יוני, צלילה לדיגום סדימנט בקרקעית השונית מול המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	29 יוני, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	30 יוני, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל אילון	שעה ליום	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	יולי, דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	יולי, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות	13 יולי, הפלגה לתחנות: OS, A

			25 כלורופיל ,	NRR ,FF
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	15 יולי, דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה, ענבל אילון. עבודה במעבדה טניה ריבלין, ענבל אילון.	2	בדיקת כמות החומר האורגני בסדימנט, בתחנות השונות.	הורדת מחפרון לעומק של 20 מ' והוצאת 3 ליבות מכל תחנה 18 דגימות	24 יולי, דיגום סדימנט מסירה ב 6 תחנות לאורך החוף
טניה ריבלין, ענבל אילון	1	בדיקת חומר אורגני בסדימנט.	הוצאת 3 ליבות בצלילה מהסדימנט בשונית מעומק של 20 מ'	25 יולי, צלילה לדיגום סדימנט בקרקעית השונית מול המצפה התת-ימי
צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	28 יולי, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות

ענבל אילון	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	29 יולי, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל אילון	שעה ליום	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אוגוסט, דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
משה, טניה, מוריאל	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	אוגוסט, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה, ג'ק	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנה עמוקה 1B והשוואתה לתחנות הקבועות (OS, A)	116 נוטריאנטים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל ,	10 אוגוסט, הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: 1B, A, OS NRR, FF
רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	12 אוגוסט, דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
ענבל, משה	3 שעות לכל צלילה	סקר חברת השונית	3 צלילות ב-IUI	אוגוסט, צלילות לקידוחים וקיבוע תושבות לצילומים הקבועים

26 אוגוסט, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.
27 אוגוסט, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל אילון
ספטמבר, דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	שעה ליום	ענבל אילון
ספטמבר, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
14 ספטמבר, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל,	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה
16 ספטמבר, דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	השוואה בין התחנות השוונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
29 ספטמבר, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל אילון.
30 ספטמבר, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל אילון
2, 4, 7-9 ספטמבר, צלילות חתכים	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	0.5	ענבל, טניה
ספטמבר, צלילות לקידוחים וקיבוע תושבות לצלילומים הקבועים	3 צלילות בשמורת האלמוגים	סקר חברת השונית	3 שעות לכל צלילה	ענבל, משה, מוריאל
אוקטובר, דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	שעה ליום	ענבל אילון

אוקטובר, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
20 אוקטובר, דיגום סדימנט מסירה ב 6 תחנות לאורך החוף	הורדת מחפרון לעומק של 20 מ' והוצאת 3 ליבות מכל תחנה סה"כ 18 דגימות	בדיקת כמות החומר האורגני בסדימנט, בתחנות השוונות.	2	משיט סירה: רחמים שם – טוב, דיגום על הסירה, ענבל אילון. עבודה במעבדה טניה ריבלין, ענבל אילון.
21 אוקטובר, צלילה לדיגום סדימנט בקרקעית השונית מול המצפה התת- ימי	הוצאת 3 ליבות בצלילה מהסדימנט בשונית מעומק של 20 מ'	בדיקת חומר אורגני בסדימנט.	1	טניה ריבלין, ענבל אילון
26 אוקטובר, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל,	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה
28 אוקטובר, דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	השוואה בין התחנות השוונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
29 אוקטובר, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל
30 אוקטובר, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל אילון
אוקטובר, צלילות לקידוחים וקיבוע תושבות לצלומים הקבועים	3 צלילות בטבה ובחוף הדקל	סקר חברת השונית	3 שעות לכל צלילה	ענבל, משה
נובמבר, דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	שעה ליום	ענבל אילון
נובמבר, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
13 נובמבר, צלילות חתכים	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורת האלמוגים I והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	0.5	ענבל, טניה, מוריאל

16 נובמבר, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל,	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה
18 נובמבר, דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
25 נובמבר, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון, מוריאל דריי. עבודה במעבדה: ענבל
26 נובמבר, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל אילון
נובמבר, צלילות לקידוחים וקיבוע תושבות לצילומים הקבועים	3 צלילות בקצאא	סקר חברת השונית	3 שעות לכל צלילה	ענבל, משה, מוריאל
נובמבר, צלילות לצילומים הקבועים	3 צלילות ב-IUI	סקר חברת השונית	שעתיים לכל צלילה	ענבל, רחמים
דצמבר, דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	שעה ליום	ענבל אילון
דצמבר, דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריאנטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	משה, טניה, מוריאל
14 דצמבר, הפלגה לתחנות: OS, A, NRR, FF	78 נוטריאנטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל,	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	רחמים, טניה, ענבל, מוריאל, משה
16 דצמבר, דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריאנטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 24 Facs	השוואה בין התחנות השונות	3	רחמים, טניה, ענבל, משה, מוריאל
29 דצמבר, הוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל אילון, טניה עבודה במעבדה: ענבל
30 דצמבר, בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל אילון

