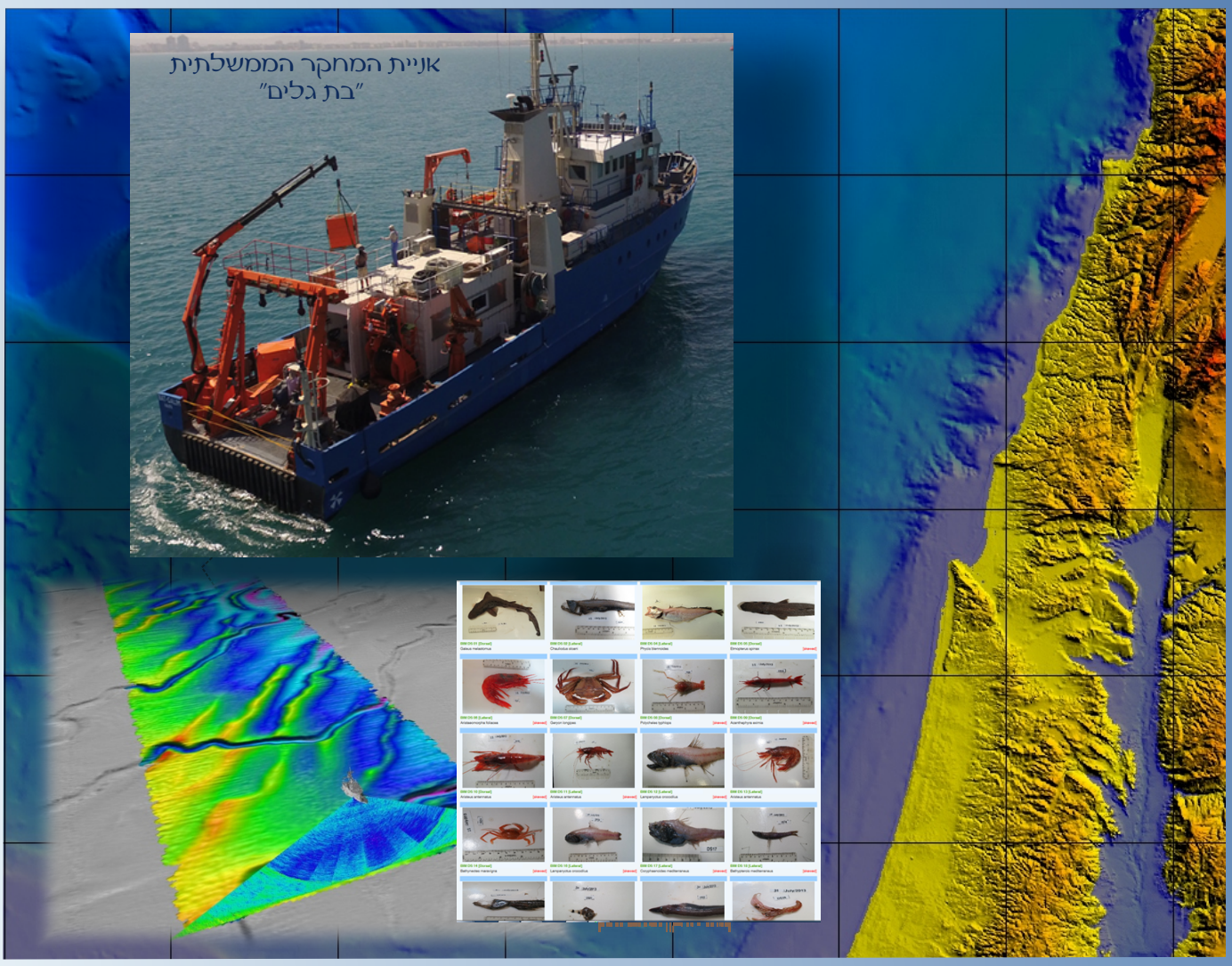
תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון
דו"ח מדעי ל-2016/17

חלק 1

ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית



התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה
ומשרד האנרגיה

חקר ימים ואגמים לישראל
דו"ח חיא"ל H48a/2017

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

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנים 2016/17

חלק I - ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית

(שינויים תרמו-הליניים, חמצן מומס ונוטריאנטים, מערכת הקרבונט, יצרנות ראשונית וחיידקית)

דו״ח חיא״ל H48a/2017

עריכה: ברק חרות ואיל רהב

תוכן

דגשים עיקריים מתצפיות רב-שנתיות ii
תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון - מבוא ומטרות iv
נספח 1 – יעדי תכנית הניטור הרחבה

חלק I - ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית

פרק 1 - הקדמה 2

פרק 2 - שינויים תרמו-הליניים 6

פרק 3 - מדידות מערכת הקרבונט במימי הים התיכון 13

פרק 4 - יצרנות ראשונית וחיידקית ואוכלוסיות אולטרא-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים 25

פרק 5 - ניטור נתונים א-ביוטיים במים חופיים באמצעות תחנות מדידה רציפות באזור קצה מזחי הפחם בחדרה ובאשקלון 32

יוני 2017

דגשים עיקריים מתצפיות רב-שנתיות

- תצפיות במהלך 40 שנים באזור דרום מזרח אגן הלבנט (תחנה H05) בעונה החמה (יולי-אוקטובר) מראות מגמת עליה בטמפרטורה (כ- 0.13°C לשנה) ובמליחות (כ-0.08 לשנה) של מסת המים העליונה (LSW). במשך 15 השנים האחרונות, עובי שכבת LSW בקיץ התייצבה בין 20-30 מ׳ בערך. עליית הטמפרטורה של מי השטח גדולה משמעותית מהתחזיות הקיצוניות של הפאנל הבינלאומי לשינויי אקלים (IPCC) (0.035°C) לשנה עבור 2016 עד 2035), ייתכן בגלל זמן שהות מים גדול באגן הלבנט.
- המדידות במהלך 40 השנים האחרונות מראות כי המגמה ארוכת הטווח של שינוי המליחות ב-LSW הינה חיובית, אולם מגמת הירידה במליחות שהחלה בשנת 2009 נעצרה ב- 2015 ועד קיץ 2017 נצפתה עליה מונוטונית במליחות. האנומליה במליחות בקיץ 2016 הייתה שלילית (עד 0.1) ובקיץ וחורף 2017 הייתה חיובית (0.1-0.2).
- בתקופת הקיץ בשנים 2016 ו- 2017 שכבת מי השטח (LSW) ממשיכה לשמור על אנומליה חיובית בטמפרטורה (0.5 C° – 1.0) ביחס לערכים הממוצעים (2002-2017) בעונה. תצפיות אלה תואמות את המגמות העולמיות:

The year 2016 made history, with a record global temperature, exceptionally low sea ice, and unabated sea level rise and ocean heat, according to the World Meteorological Organization (WMO). Extreme weather and climate conditions have continued into 2017.

- נתונים רב-שנתיים של מדידות מפלס ים בתחנה בחדרה בשנים 1993-2017 מראים קצב ממוצע של עליית מפלס של כ- 4.2 מ״מ בשנים 1992-2016. בשנים 1993-2014 מפלס הים היה במגמת עלייה בקצב שעמד על כ- 5.9 מ"מ בממוצע שנתי, אולם בשנים 2015-2017 נראה כי חלה התייצבות מסוימת.
- במים החופיים, שנדגמו מעבר לקצות טבלאות הגידוד, נמצאה מגמה ארוכת טווח של גידול בלחץ חלקי של פחמן דו-חמצני (פד״ח). המגמה הכללית הממוצעת ממשיכה להיות יחסית גבוהה, 8-20+ ppmv לשנה. קצב זה גדול פי 3-8 מקצב העלייה בלחץ החלקי של פד״ח באטמוספרה.
- במים החופיים שנדגמו בחמש השנים האחרונות (2011-2014) מעבר לקצות טבלאות הגידוד, נראו מגמות של גידול באלקליניות המלווה גם בעלייה במליחות, המסבירה רק כ-50% מהעלייה הנצפית באלקליניות. מסוף שנת 2014 ועד סוף 2016 מגמה זו נפסקה.
- בשל מיעוט הנוטריאנטים בשכבת העומק המואר (פוטי), אצות כחוליות וחיידקים הטרוטרופים דומיננטים, בעוד שאצות גדולות בעלות גרעין תא מוגדר נמצאות במיעוט מספרי. בהתאם, משנת 2013 ועד 2017, נמצא שאצות כחולית, ובעיקר מסוג *Synechococcus*, מהוות את הביומסה הדומיננטית לעומת אצות אאוקריוטיות.

- החל משנת 2015 היצרנות החיידקית (BP) גבוהה יותר מערכי היצרנות הראשונית (PP), דבר המצביע על מחזור נוטריאנטים מהיר בתהליכים מיקרוביאלים הטרוטרופים על פני אוטוטרופים. נראה כי מגמה זו של יצרנות חיידקית גבוהה מיצרנות ראשונית (0-300 מ') הולכת ומתחזקת בדיגומי 2016-2017, וייתכן שקשורה בהתחממות מי השטח (העומק הפוטי) ושינויים בעומק הערבוב החורפי.
- בתחנות המדידה הרציפה בקצה מזחי הפחם בחדרה ואשקלון נמדדו ערכי טמפרטורה המתארים את המהלך העונתי, כאשר בסוף חודש אוגוסט נמדד שיא של כ-31°C. בשנת 2016, נרשמה עלייה מהירה מאוד של ערכי טמפרטורה בתחנת חדרה במהלך חודש יוני העולה בקנה אחד עם האקלים הקיצוני שנמדד בחודשים יוני-יולי של שנת 2016, היינו ערכי טמפרטורה גבוהים ביחס לממוצע הרב שנתי.
- בתקופות המדידה המקבילות בין שתי התחנות, ובמיוחד בחודשי האביב והקיץ, נמדדים ערכים גבוהים יותר בתחנה באשקלון, עד לכדי 2 מעלות צלסיוס. שוני זה נובע על פי רוב מהבדלים אקלימיים מוכרים בין שני המיקומים (צפוני ודרומי).
- תחנות המדידה הרציפה הראו ערכי עכירות ופלורוסנציה של כלורופיל גבוהים משמעותית בתחנת אשקלון בהשוואה לחדרה בשנים 2014-2016, במיוחד בחודשי האביב והקיץ. הבדלים אלו נובעים ככל הנראה מהשפעת המערכת הנילוטית, זיהום שמגיע מרצועת עזה והשפעה של הזרמות מקומיות.

תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון
דו״ח מדעי ל- 2016/17

דו״ח חיא״ל H48a/2017

- **חלק I - ניטור שינויי אקלים**
- **חלק II - ניטור מגוון ביולוגי**
- **חלק III - ניטור זיהום ים**

עורכי הדו״ח וניהול מדעי של תכנית הניטור – פרופ׳ ברק חרות וד״ר אייל רהב

חוקרים שותפים:
ד״ר יעל סגל, ד״ר נורית קרס, ד״ר אפרת שהם-פרידר, ד״ר ג׳ק סילברמן, נורית גורדון, ד״ר איסק גרטמן, ד״ר אלי ביטון, טל עוזר, ד״ר תימור כץ, ד״ר הדס לובינבסקי, ד״ר גדעון טיבור, ד״ר משה תום, ד״ר גיל רילוב, ד״ר אלוארו ישראל, פרופ׳ בוקי רינקביץ, ד״ר ניר שטרן

צוות הניטור:
כימיה: ירון גרטנר; אביב שכנאי, מאיה מרמורי, עפרת רווה; חי הקרקעית: אוה מזרחי, מרוא בולוס, לורה גולן, נרינה לנרט; חישה מרחוק: לנא אשקר, יבגניה קריבנקו; השפעות ביולוגיות: ד״ר יאנה יודקובסקי; אקולוגיה של החוף הרדוד: אוהד פלג, דר גולומב, נמרוד לזרוס, ניב דויד, תמר גיא-חיים וארז ירוחם; בסיסי נתונים: יבגניה קריבנקו, ד״ר דפנה בן יוסף; ברקודינג: ד״ר יעקב דואק, גיא פז; תחנות ניטור רציף: לזר רסקין, טל עוזר; צוות ים: גדעון עמית, ארז חגי,; דיגום אצות: נורית גורדון, עפרת רווה, והילה פרנק.

תכנית הניטור ממומנת ע״י

המשרד להגנת הסביבה

ובמימון חלקי ע״י משרד האנרגיה

ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע״י חיל הים/משרד הביטחון

דצמבר 2017

שם הדו״ח לצורך ציטוט:

Herut B., Rahav. E. et al (2017). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters – Scientific Report for 2015, Israel Oceanographic and Limnological Research, IOLR Report H48a/2017.

מבוא ומטרות - תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון

שלושת החלקים של דו״ח הניטור מציגים מידע על השפעות **שינויי אקלים, זיהום ים והמגוון הביולוגי בים התיכון של ישראל** בשנת 2016 (חלקם גם משנת 2017). הדו״ח מתבסס על התוצאות של ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית, ניטור זיהום הים ומקורותיו, ניטור המגוון הביולוגי ומחקרים נלווים, שהתבצעו ע״י חוקרי המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של ״חקר ימים ואגמים לישראל״ (חיא״ל) ושותפים נוספים. הדו״ח מציג גם מגמות שינויים בזמן ובמרחב על סמך נתונים רב-שנתיים.

היעד הכוללני של הניטור הוא הערכת מצב הסביבה הימית ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

תכנית הניטור מושתתת על עקרונות הביצוע הבאים:

- משימה שלטונית – מחויבות של המדינה
- ניטור רב-שנתי; בדיקות חוזרות באותם אתרים
- שיטות בדיקה אחידות, ברות השוואה
- התאמה למחויבויות באמנות בינלאומיות
- שמירת הנתונים ב״מרכז המידע הימי הלאומי״
- שקיפות, פתיחות ודיווח לציבור

תכנית הניטור כוללת את המרכיבים הבאים:

- ניטור זיהום מימי החופין במתכות כבדות (מתבצע מאז **1978**);
- ניטור ההזרמות של נוטריאנטים (חומרי דשן) וחלקיקים למימי החופין דרך נחלי החוף (החל מ-**1990**);
- ניטור השטפים האטמוספיריים של נוטריאנטים ומתכות כבדות למימי החופין (החל מ-**1996**);
- ניטור ריכוזי הנוטריאנטים באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-**2000**);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לוויינים (החל מ-**2005**);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-**2005**, לא בוצע ב-2006 בגלל חוסר מימון);
- ניטור אוכלוסיית המיקרואצות באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-**2000**);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-**2005**);
- ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי (החל מסוף **2009**);
- ניטור המגוון הביולוגי של מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקע רכה (החל מ-**2014**);
- ניטור היצרנות הראשונית והחיידקית במימי החופין (החל מ-**2013**);
- ניטור המערכת ההידרוגרפית להשפעות של שינויי אקלים (טמפרטורה, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחיידקית) (החל מ-**2013**).

החל משנת 2000 המכון מבצע עבור חיל הים ניטור שנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון, במסגרת היישום של המלצות ועדת החקירה בעניין פעילות צה״ל באזור נחל הקישון (״ועדת שמגר״). חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע״י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה״ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדו״ח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).
בנוסף לתכנית הלאומית לניטור מימי החופין, המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה מבצע בדיקות תקופתיות של זיהום הים גם במסגרת תכניות ניטור מקומיות באתרים בהם מסולקים לים שפכים ופסולת (המתכונת של תכניות ניטור אלה נקבעת בהיתרי ההזרמה/סילוק הפסולת). כמו כן מתבצעים במכון מחקרים שונים, שתוצאותיהם מהוות בסיס לפענוח ממצאי הניטור ולהכוונה של מתכונת הניטור. הממצאים הרלוונטיים של תכניות הניטור המקומיות והמחקרים הנלווים לניטור משולבים בדו״ח זה.

הדו״ח כולל שלושה חלקים. ב**חלק I** מוצגים עיקרי הממצאים הקשורים לשינויי אקלים וההשפעות על המערכת ההידרוגרפית; ב**חלק II** מוצגים עיקרי הממצאים על זיהום ים והמלצות הנובעות מהם; **בחלק III** מוצגים הממצאים הקשורים לניטור המגוון הביולוגי. ניתוח המגמות של שינויים בזמן ובמרחב מתבסס על כלל הנתונים הרב-שנתיים שנאספו במסגרת תכנית הניטור.

חלק מהנתונים הגולמיים של הניטור נשמרים ב"**מרכז המידע הימי הלאומי**", אשר מרכז, מתעד ומפיץ נתונים ומידע על הסביבה הימית של ישראל. במרכז המידע פותחו מערכות לטיפול בנתוני הניטור, המאפשרות גישה קלה לנתונים ועיבודם למידע שימושי לצרכי ניהול סביבתי (www.ocean.org.il). כמו כן, הוקם **המרכז התשתיתי המדעי לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל** כחלק מפרויקט ה-barcoding העולמי ומוקם **מרכז מידע ביו-גיאוגרפי**. הקמת המרכז התשתיתי נעשית בעזרת שני האוספים הלאומיים הביולוגיים הנמצאים באוניברסיטת תל-אביב ובאוניברסיטה העברית (בהם מאוכסנים כל בעלי החיים שנאספו) וכן בתשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי בחיא"ל), שבו מאוכסנים, מוצגים ומופצים (אינרנטית) התוצאות.

התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון מרוכזת ע"י היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית של המשרד להגנת הסביבה ומהווה מרכיב של מערכת המינהל הסביבתי המופעלת ע"י הממשלה. חלק מנתוני הניטור מועבר באמצעות המשרד להגנת הסביבה למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה (MEDPOL), אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה".

בשנים האחרונות עלה הצורך בהרחבה משמעותית של תכנית הניטור הלאומית בים התיכון של ישראל, בעיקר עקב השינויים במשק המים והאנרגיה, לחצי הפיתוח לאורך החופים, הגידול במגוון ובהיקף הפעילויות ותכניות הפיתוח באזור הכלכלי בלעדי של ישראל בים התיכון, וכן עקב מחויבויות המדינה לאמנות בינלאומיות. בנוסף, על מנת שהתכנית תעמוד בדרישות ליישום "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach (EcAp, שאומצה על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (ומיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (UNEP-MAP) באמצעות ארגון MEDPOL) על בסיס הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD), מתחייב להרחיב משמעותית את תכנית הניטור הלאומית. הרחבה זו והסדרת מנגנון המימון הממשלתי של תכנית הניטור הלאומית חיונית לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה. לצורך הפעלת תכנית הניטור הלאומית ובכדי לאפשר את הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית ומשאביה, יש צורך במנגנון למימון האחזקה וההפעלה של התשתיות הדרושות לאיסוף שוטף של נתונים ימיים, ובמימון ריכוז, תיעוד, שמירה, הפצה והנגשה של נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" בחיא"ל. הפעלת המרכז באה לענות על הדרישה הגוברת במדינה לנתונים ומידע לצרכי תכנון, תפעול ובקרה של שימושים בסביבה הימית. מרכז המידע מקושר שנים רבות למרכזי מידע בינלאומיים ובכללם מייצג את ישראל במערכת הבינלאומית לחילופי מידע ימי (IODE) במסגרת IOC אונסקו.

התכנית הרחבה תיתן מענה למטרות להלן:

1. הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

2. שיפור הידע הקיים על הסביבה החופית והימית בישראל בראייה אסטרטגית של מתן מענה למקבלי ההחלטות בנושאים הקשורים בניצולם, לצורך פיתוח תשתיות לאומיות תוך הקפדה על ניצול בר-קיימא ושמירת הסביבה הימית.

3. ריכוז, תיעוד, שמירה והפצת נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" כדי להפיק מהנתונים מידע שימושי.

4. יצירת בסיס מדעי וכלים אופרטיביים לצורך תמיכה בתהליכי קבלת החלטות בזמן אמת באירועי קיצון כדוגמת זיהומים.

חלק I – ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית

(שינויים תרמו-הליניים, מערכת הקרבונט, יצרנות ראשונית וחיידקית)

<u>פרק 1- הקדמה (מרכז, ברק חרות, barak@ocean.org.il)</u>

אגן הלבנט במזרח הים התיכון מאופיין בערכי טמפרטורה ומליחות קיצוניים ובריכוזים נמוכים במיוחד של נוטריאנטים ומיקרואצות (אולטרה-אוליגוטרופי). לפי תחזיות אקלימיות, הטמפרטורה במזרח הים התיכון צפויה לעלות בעשרות השנים הבאות. התחממות זו משפיעה על מידת השיכוב התרמי ועל טמפרטורות פני המים, ובמיוחד בים הרדוד. השינויים הגלובליים משפיעים גם על המליחות והחומציות של מי הים, ובהתאם על המערכת האקולוגית בכלל. בנוסף לשינויים הגלובליים, אגן הלבנט חשוף להשפעות אנטרופוגניות שונות, ובכללן זרימת מי ים במליחות גבוהה יחסית, מהים האדום אל הים תיכון דרך תעלת סואץ וסיכור מים יבשתיים (סכרי הנילוס ורבים נוספים), התפלת מי ים ועוד.

מדידות, שנעשו במסגרת סקרים שונים באגן הלבנט במהלך שלושת העשורים האחרונים, מראות עלייה משמעותית של טמפרטורת ומליחות מי השטח (Ozer et al., 2017). בתקופה זו נמצאה עלייה ממוצעת שנתית של 0.1 מעלות צלזיוס ו-0.008 פרמיל. פליטת פחמן דו-חמצני לאטמוספרה, כתוצאה משריפת דלקים פוסיליים וכריתת יערות מאז תחילת המהפכה התעשייתית, העלתה את הלחץ החלקי של פחמן דו-חמצני לערכים גבוהים שלא נראו כדוגמתם מזה כ-600,000 שנים. הפחמן הדו-חמצני האטמוספרי מתמוסס במי השטח של האוקיינוסים וגורם לתגובה כימית עם המים, שבה נוצרת חומצה קרבוניט המורידה את ערך הגבה (pH) של מימי האוקיאנוסים. תהליך זה מכונה החמצת מי האוקיאנוסים. מאז תחילת המהפכה התעשייתית מעריכים כי ערך הגבה הממוצע של האוקיינוסים ירד מ-8.3 ל-8.1, ואם פליטות הפחמן הדו-חמצני לאטמוספרה תימשכנה בקצב שיילך ויגבר, צפוי ערך הגבה של האוקיינוסים לקטון בעוד 0.3 עד 0.5 יחידות עד סוף המאה ה-21. כתוצאה ישירה מהקטנת ערך הגבה, ירד גם ריכוז יון הקרבונט ואילו ריכוז יון הבי-קרבונט יגדל. לירידה בריכוז יון הקרבונט משמעות סביבתית רבה - בעיקר עבור יצורים משקיעי שלד גירני באוקיינוסים. לפיכך ישנה חשיבות רבה לעקוב אחר השינויים באזור המים של ישראל בים התיכון.

תהליכים אקלימיים גרמו ככל הנראה לשינויים דרמטיים בזרימה התרמוהלינית העמוקה במזרח הים התיכון. סימנים לכך התגלו לראשונה ב-1995 (Roether et al., 1996), אולם נתונים מוקדמים יותר הצביעו כי השינויים החלו בסוף שנות ה-80 (Malanotte-Rizoli, 1999). עד אז המקור העיקרי למים העמוקים בים התיכון המזרחי היה הים האדריאטי, והחל מסוף שנות ה-80 המקור התחלף זמנית לים האגאי. ככל הנראה, תנאים אקלימיים מיוחדים גרמו להיווצרות של מים צפופים אשר עברו דרך המיצרים באזור כרתים ושקעו לעומק, מתחת למים העמוקים שמקורם בים האדריאטי. גוף מים זה, המכונה transient, הוא מלוח וחם יותר מהמים העמוקים שמקורם בים האדריאטי. ה-transient צעיר יותר (ריכוז חמצן גדול יותר וריכוזי נוטריאנטים קטנים יותר) מהמים העמוקים שמקורם בים האדריאטי, כך שחדירתו מתחתם שינתה את פרופיל העומק של החמצן והנוטריאנטים ונוצר מינימום בחמצן ומקסימום של נוטריאנטים בעומקי מים של כ-1000 מטר ורדוד יותר (Kress a et al., 2014). עליית המים העתיקים כלפי מעלה משפיעה, ככל הנראה, גם על שכבות המים הרדודות, וייתכן שהעלייה של ריכוזי הכלורופיל בים הפתוח קשורה לתהליך זה. לפי שעה, נראה כי תופעת ה-transient פסקה, והמקור של המים העמוקים למזרח הים התיכון חזר להיות הים האדריאטי, אולם השפעתו של ה-transient עדיין ניכרת באזורנו.

שינויים במשטר ההידרודינמי בים התיכון משפיעים על זמינות הנוטראינטים והיצרנות הראשונית כפי שהוצג לאחרונה באזורנו ע״י Ozer et al., 2017. נוסף לשינויים במשטר הזרמים של מסות המים, התחממות מי הים, והחמצתו, קיימת אינטראקציה והסעה של מים חופיים, עשירים יותר בחומרי דשן ומיקרואצות, אל עבר הים הפתוח. תהליך זה יכול לשמש כמנגנון להעברת חומרי דשן ממקור אנתרופוגני אל הים הפתוח (Karabashev et al., 2002). הסעה שכזו הוצגה לאחרונה באזורנו ע״י Efrati et al., 2013 וחשוב לנטר את התהליך ולעקוב אחר השינויים בזמן ובמרחב.

לאור זאת, יש חשיבות לנטר את המערכת ההידרוגרפית בים התיכון של ישראל על מנת לבחון את השפעת השינויים אקלימיים ואנטרופוגניים על המערכת האקולוגית ואת השינויים בערכי הייחוס של פרמטרים שונים. זאת ע״י מעקב אחר שינויים רב-שנתיים של טמפרטורה, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, ביומסת מיקרואצות, יצרנות ראשונית ויצרנות חיידקית.

הדוח להלן מציג שינויים רב-שנתיים על סמך נתונים שנאספו ע״י חקר ימים ואגמים במסגרת הפלגות ״חתך חיפה״ עם ספינת המחקר בת גלים (ובעבר עם השיקמונה) (איור 1.1). פעילות זו מומנה ע״י המשרד להגנת הסביבה וע״י משרד האנרגיה, וכן כולל ניתוח של נתונים רבים שנאספו במסגרת הפלגות מחקר במימון הקהילה האירופית, מחקרים אחרים ותרומות. בכל תחנה נמדד פרופיל רציף של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס, עכירות ופלואורסנציה של המים באמצעות Seabird 911 SBE plus CTD. כמו כן, בכל תחנה נדגמו מים במספר עומקים (תלוי בעומק הקרקעית) באמצעות בקבוקי ניסקין המותקנים ברוזטה Seabird עליה מותקן גם ה- CTD. בדגימות המים נבדקו: חמצן מומס (לבדיקת כיול אלקטרודת החמצן ב- CTD), נוטריאנטים (ניטריט+ניטראט, חומצה סיליצית, פוספאט, זרחן וחנקן כללי, סיליקה ביוגנית), כלורופיל , פחמן אורגני מומס, פרמטרים של מערכת הקרבונט (אלקליניות, pH ופחמן אי אורגני), יצרנות ראשונית, יצרנות בקטריאלית, ספירות פיקופיטופלנקטון וחיידקים (Attune Flow Cytometer).

<u>מלבד פרק זה הדוח כולל את הפרקים הבאים:</u>

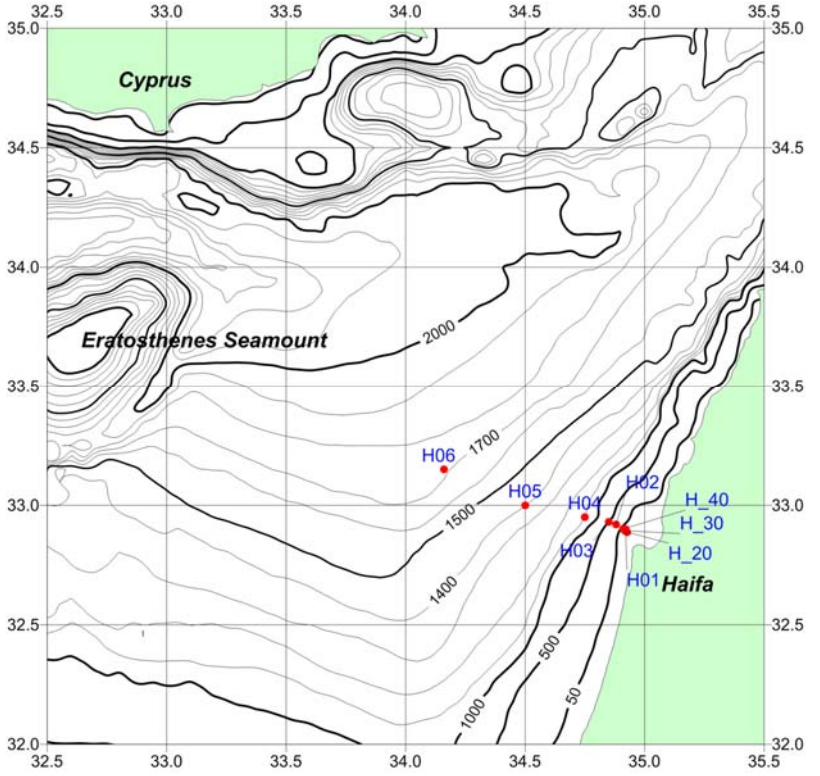
פרק 2- שינויים תרמו-הליניים.

פרק 3 - שינויים ברמת החמצן המומס והנוטריינטים.

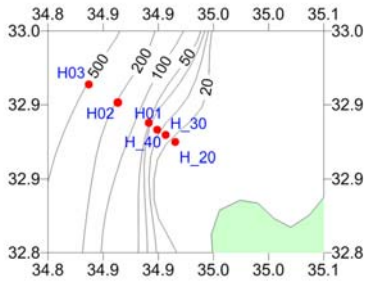
פרק 3- מדידות מערכת הקרבונט במימי הים התיכון.

פרק 4- יצרנות ראשונית וחיידקית ואוכלוסיות אולטרא-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים.

פרק 5 - ניטור נתונים א-ביוטיים במים חופיים בים תיכון באמצעות תחנות מדידה רציפות באזור קצה מזחי הפחם בחדרה ובאשקלון (2.3 ק״מ מהחוף).



Plan coordinats for HaSec					
St. name	Depth [m]	Latitude N		Longitude E	
		deg	min	deg	min
H_20	20	32	53.3	34	55.6
H_30	30	32	53.6	34	55.1
H_40	40	32	54.1	34	54.6
H01	50	32	54.0	34	55.2
H02	200	32	55.2	34	52.8
H03	500	32	55.8	34	51.0
H04	1100	32	57.0	34	45.0
H05	1400	33	0.0	34	30.0
H06	1600	33	9.0	34	9.6



Cast Positions of the Haifa Section plus Coastal Station

איור 1.1: תחנות הדיגום במסגרת הפלגות "חתך חיפה" (מתבצעות ע"י ספינת המחקר בת גלים (בעבר ע"י ס.מ. שיקמונה), חיא"ל)

מקורות

Efrati, S., Lehahn, Y., Rahav, E., Kress, N., Herut, B., Gertman, I., et al. (2013). Intrusion of coastal waters into the pelagic eastern Mediterranean: in situ and satellite-based characterization. Biogeosciences 10, 3349–3357. doi:10.5194/bg-10-3349-2013.

Karabashev, G., Evdoshenko, M., Sherberstov, S., (2002). Penetration of coastal waters into the Eastern Mediterranean Sea Sea using SeaWiFS data. Oceanologica Acta 25, 31–38.

Kress, N., Gertman, I., Herut, B. (2014). Temporal evolution of physical and chemical characteristics of the water column in the Easternmost Levantine basin (Eastern Mediterranean Sea) from 2002 to 2010. *Journal of Marine Systems* 135: 6-13.

Malanotte-Rizzoli, P., Manca, B. B., Ribera d'Alcal`a, M.,Theocharis, A., Brenner, S., Budillon, G., and Ozsoy, E. (1999). The eastern Mediterranean in the 80s and in the 90s: the big transition in the intermediate and deep circulations, Dyn. Atmos. Oceans, 29, 365–395.

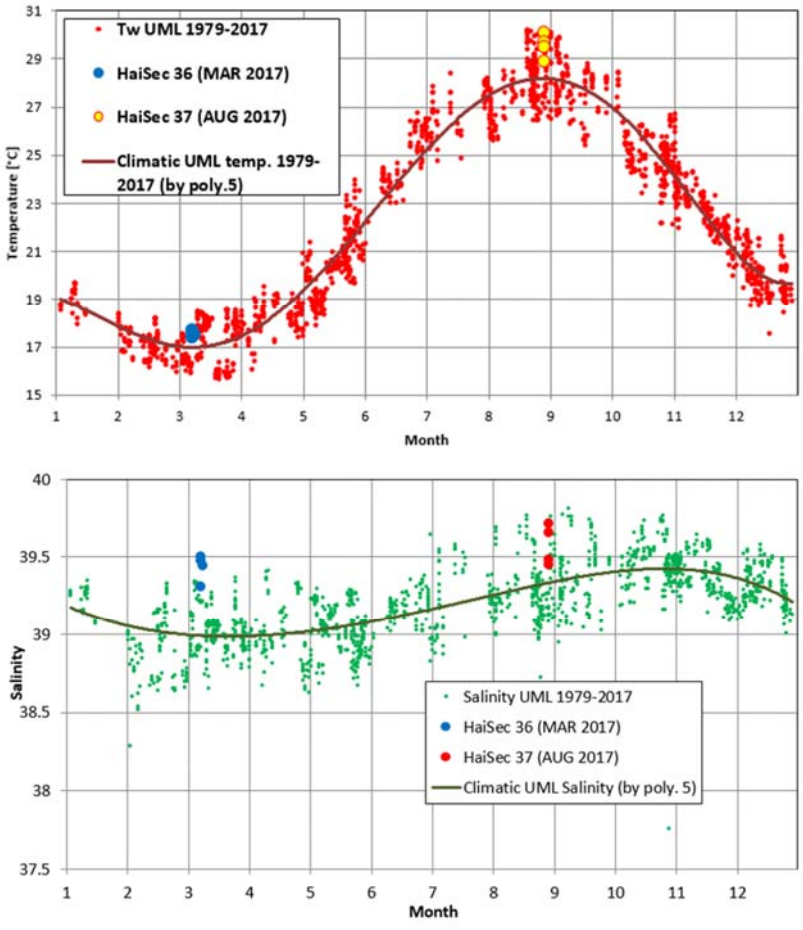
Ozer, T., Gertman, I., Kress, N., Silverman, J., and Herut, B. (2017). Interannual thermohaline (1979-2014) and nutrient (2002-2014) dynamics in the Levantine surface and intermediate water masses, SE Mediterranean Sea. Global and Planetary Change, 151 : 60–67. doi:10.1016/j.gloplacha.2016.04.001.

Roether, W., Manca B., KleinB. ,Bregant D. Georgopoulos D., Beitzel V, Kovacevic V., and Luchetta A., (1996). Recent changes in the eastern Mediterranean deep waters. Science, 271, 333–335.

פרק 2- שינויים תרמו-הליניים (מרכז, ד"ר איזק גרטמן isaac@ocean.org.il)

פרק זה מתאר את השינויים התרמו-הליניים השנתיים והרב-שנתיים (מאז שנות ה-90) במזרח הים התיכון, זאת על סמך נתונים שנמדדו בשנים קודמות והשוואתם למדידות שנלקחו שנים 2016 ו-2017 (הפלגות אניית המחקר "בת גלים": HaiSec35, HaiSec36 ו-HaiSec37+DeepWater).

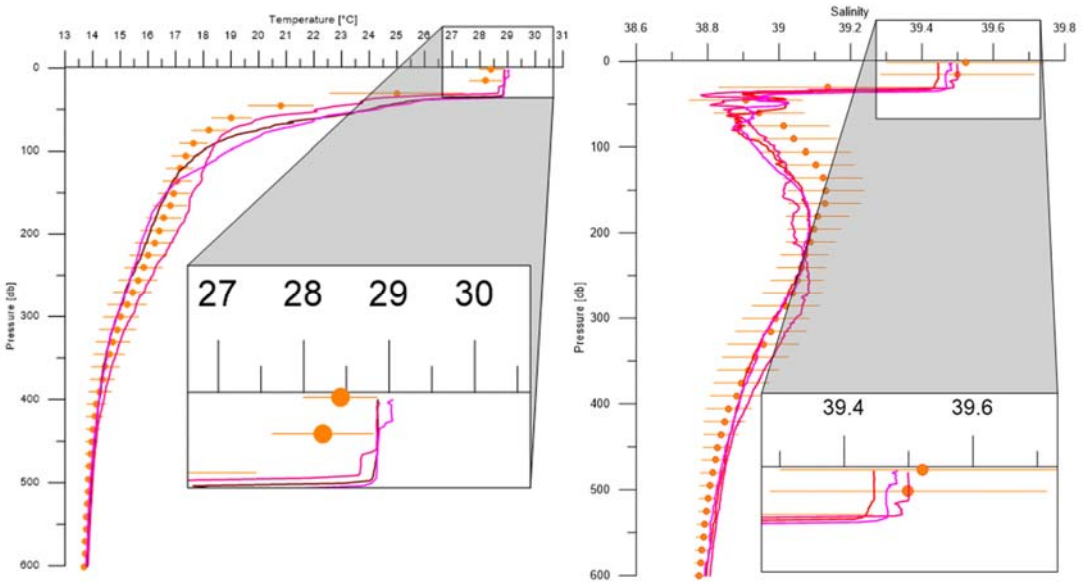
דרום מזרח הים התיכון הינו האזור בו הטמפרטורה והמליחות בשכבת המים העליונה הן מהגבוהות ביותר בים התיכון. מסת מי השטח הלבנטיניים (LSW, שינויים עונתיים מופיעים באיור 2.1) נוצרת ממי האטלנטי (AW) בתהליך של אידוי וחימום המים תוך כדי תנועתם מזרחה. במהלך הקיץ עומק השכבה של מסת LSW נקבע ע"י מאזן בין ערבוב ההלוקלינה וההשפעה המייצבת של התרמוקלינה העונתית. האחרונה מונעת את הערבוב האנכי של מסת ה-LSW עם שכבה קרה יותר ומלוחה פחות של מסת AW. במהלך החורף השכבה העליונה מתקררת ושוקעת.



איור 2.1: פיזור חודשי של מדידות CTD בשנים 1978-2017 של טמפרטורה (למעלה) ומליחות (למטה) במסת המים העליונה (LSW) באזור תחנה H05. נקודות כחולות וצהובות מציגות מדידות משנת 2017 בהפלגות HaiSec36 (מרץ) ו-HaiSec37 (אוגוסט).

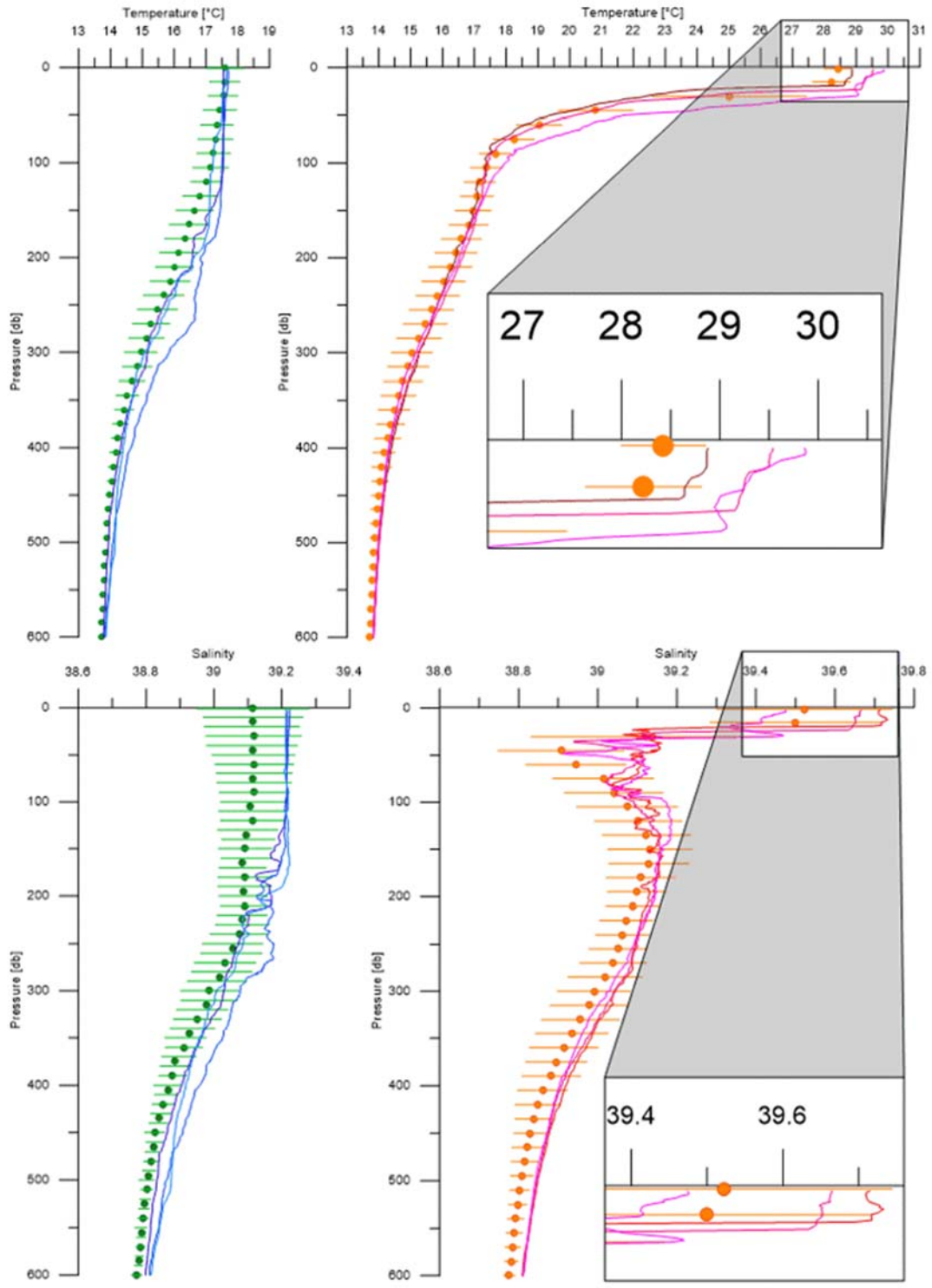
בקיץ 2016 (איור 2.2) ובקיץ 2017 (איור 2.3) שכבת ה- LSW ממשיכה לשמור על אנומליה חיובית בטמפרטורה (0.5-1 °C) ביחס לערכים הממוצעים בעונה. עם זאת, הטמפרטורות שנמדדו היו נמוכות מהשיא שנמדד בקיץ 2015 (29.5-30 °C). במקביל, מגמת הירידה במליחות שהחלה בשנת 2009 נגמרה ב-2015 ועד קיץ 2017 נצפתה עליה מונוטונית במליחות. האנומליה במליחות בקיץ 2016 הייתה שלילית (עד 0.1) ובקיץ 2017 האנומליה הייתה חיובית (0.1-0.2). אנומליה חיובית נצפתה גם בחורף 2017.

בחורף טמפרטורת שכבת LSW הייתה קרובה לטמפרטורה הממוצעת בעונה2017 (איור 2.3). הערבוב החורפי (כ-150 מ') היה משמעותי פחות מהערבוב בחורף 2015 (כ-260 מ'). אבל גם בחורף 2017, כמו בחורף 2015, ובניגוד לרוב המדידות הקודמות במסגרת חתך חיפה, לא ניתן להבחין במסת המים AW בתוך מסת LSW מדיאגרמת Θ/S ומהפרופילים החורפיים (איורים 2.2 ו- 2.3).

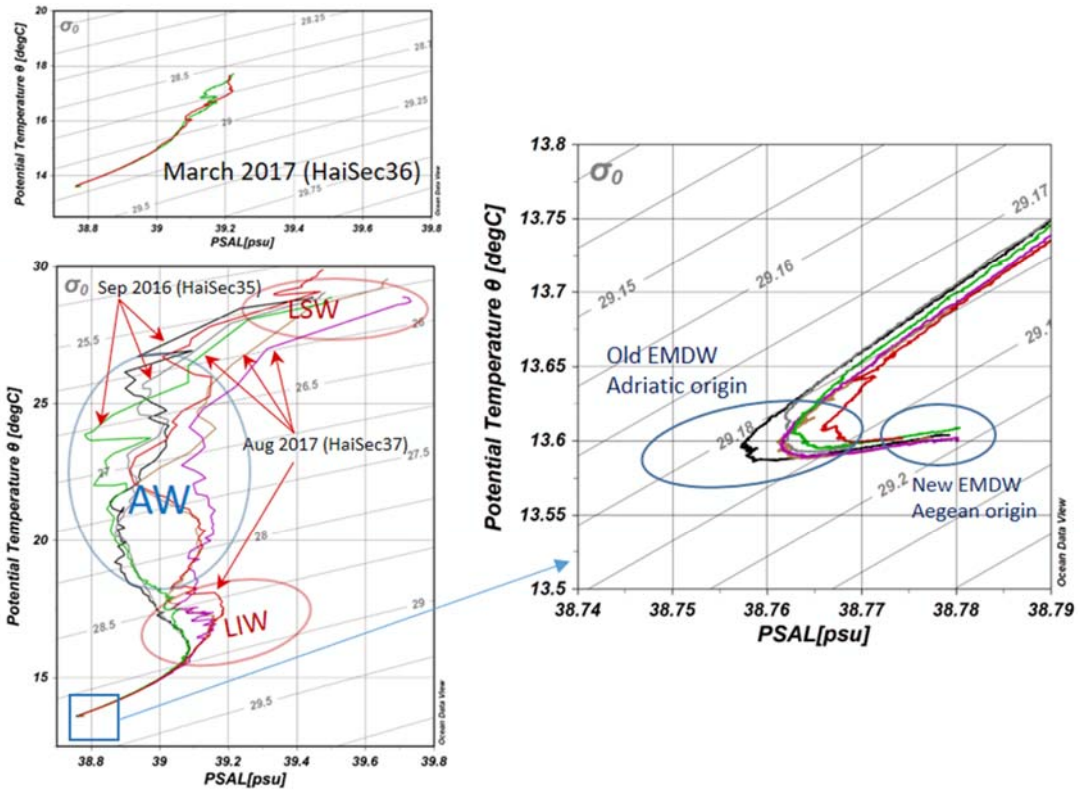


איור 2.2: פרופילי טמפרטורה (שמאל) ומליחות (ימין) בתחנות H04, H05 וH06 באוגוסט 2016. בנוסף לפרופילים ממוצעים עונתיים של חורף וקיץ כפי שחושבו ממדידות בתחנות H05 ו-H06 בין השנים 2002-2014.

יצירה של מסת מי ביניים לבנטיניים (LIW) מתרחשת כאשר מסת LSW מתקררת ושוקעת על גבי משטחים שווי צפיפות לעומקים בינוניים. אירועים אלו קורים בד"כ למי LSW שמגיעים לאזור מערבל רודוס (Lascaratos et al., 1999). עם זאת, ישנן עדויות להיווצרות מי ביניים גם באזור מדף היבשת בישראל ובטורקיה (Oszoy et al., 1989). מליחות שכבת LIW בשנת 2016-2017 הייתה קרובה לערך הקלימטי ועמדה על 39.1-39.2 (איור 2.4).



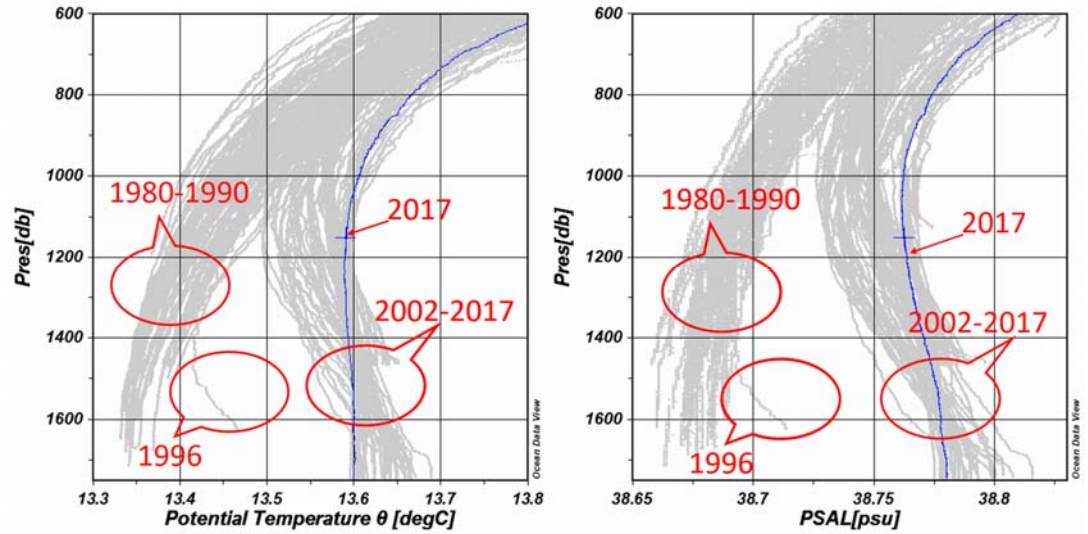
איור 2.3 : פרופילי טמפרטורה (למעלה) ומליחות (למטה) בתחנות H04, H05 וH06 במרץ (שמאל) ובאוגוסט (ימין) 2017. בנוסף לפרופילים ממוצעים עונתיים כפי שחושבו ממדידות בתחנות H05 ו-H06 בין השנים 2002-2014.



איור 2.4: דיאגרמת Θ/S של תצפיות בתחנות H04, H05 וH06 במרץ 2017 (HaiSec36, שמאל למעלה), בספטמבר 2016 (HaiSec35, שמאל למטה) ובאוגוסט 2017 (HaiSec37, ימין).

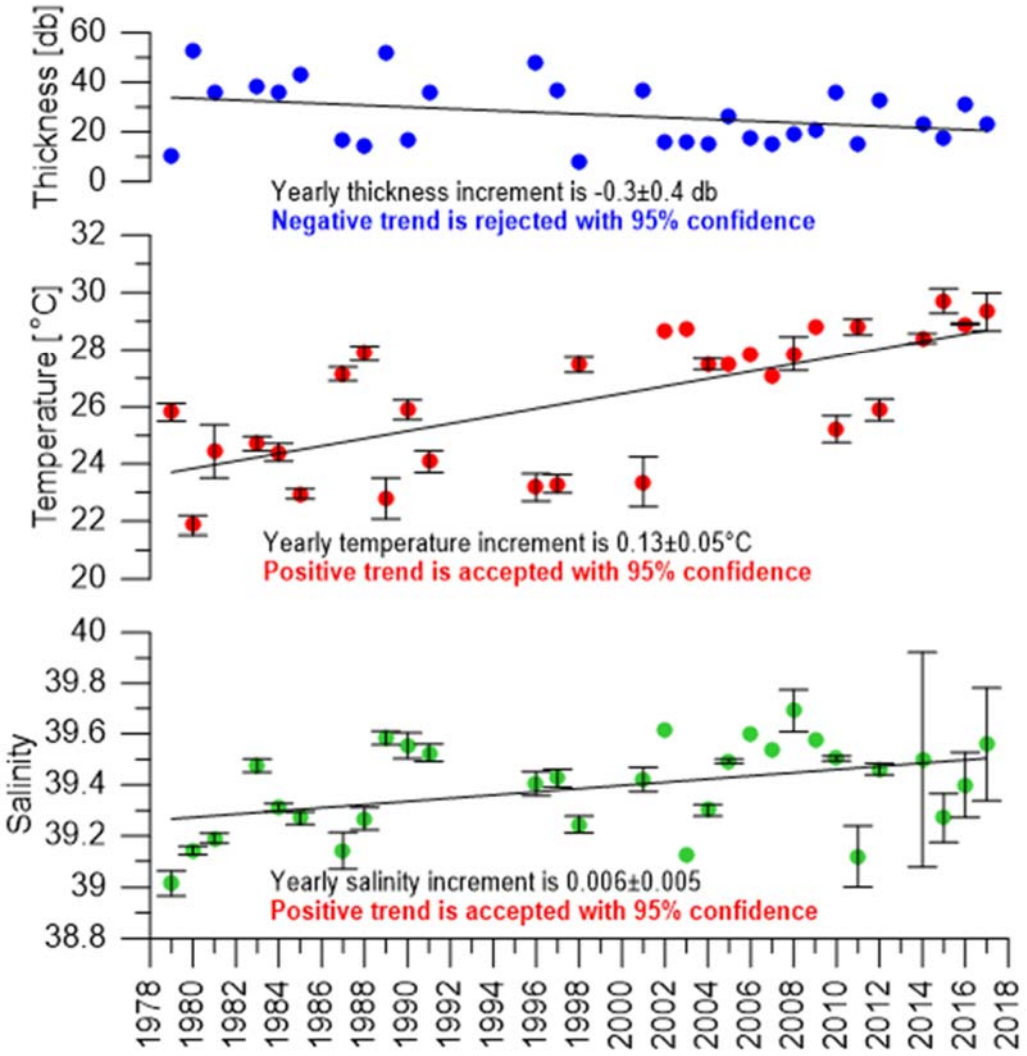
מקורם של מי העומק במזרח הים התיכון, בתנאים טיפוסיים, הוא בים האדריאטי (Lascaratos et al., 1999). להלן מסת מים ממקור זה תסומן ב- Old_EMDW (איור 2.4 פנל ימין). כאשר מי LSW מלוחים מספיק מתפשטים לתוך הים האגאי, צפיפותם בעת קירור החורף גדולה מזאת של מי Old_EMDW, והם דוחקים את מסת מים זאת בעת שקיעתם כפי שקרה בעת הטרנזיינט (להלן EMT) במזרח הים התיכון (Roether et al., 2002; Gertman et al., 2006). החלפה אינטנסיבית של מי העומק החלה בשנים 1989-1990 (Gertman et al., 2006) והגיעה לשיא בחורפים הקרים של 1992 ו-1993 (Lascaratos et al., 1999). כתוצאה מכך, שכבה של מסת מים חדשה (New_EMDW) נוצרה ליד הקרקעית. המים במסה זו הינם חמים ומלוחים יותר מאשר במסת Old_EMDW, אשר נדחקה מעל שכבת מי New_EMDW (איור 2.4). לפי סדרה ארוכה של מדידות שעשינו בתחנה H05 (33.0°N, 34.5°E), ההופעה הראשונה של מסת New_EMDW נצפתה בשנת 1996 (איור 2.5). לפני ה- EMT, המליחות בתחנה H05 בעומק 1400 מ' הייתה 38.68±0.02 עם ירידה של בערך 0.005 ל-100 מ'. הטמפרטורה הפוטנציאלית הייתה 13.37±0.02°C עם ירידה של 0.015°C ל-100 מ'. במהלך התקופה 1996-2002, המליחות והטמפרטורה הפוטנציאלית עלו עם העומק בתוך שכבת New_EMDW עד לערכים של 38.77 ו- 13.59°C (Gertman et al., 2010). עומק גרעין מסת Old_EMDW ניתן לגילוי על פי מינימום של טמפרטורה ומליחות בעומק

1000-1100 מ׳. בשנת 2017 בשכבת מי Old_EMDW ניתן לראות עליה בטמפרטורה הפוטנציאלית ובמליחות עקב ״שחיקה״ של השכבה בתהליכי דיפוזיה (באיור 2.5).



איור 2.5: שינויים רב שנתיים בטמפרטורה פוטנציאלית ומליחות מי העומק במזרח הים התיכון כפי שנצפו בפרופילים האנכיים בתחנה H05 ו-H06. בפרופיל מ-1996 ניתן לראות את הגעת מסת New_EMDW למדרון מדף היבשת הישראלי. פרופיל כחול – המצב בשנת 2017.

אנליזה של תצפיות שנאספו במהלך 40 שנה באזור תחנה H05 בתקופת הקיץ (יולי-אוקטובר) חושפת מגמת עליה בטמפרטורה (כ- 0.13°C לשנה) ובמליחות (כ-0.06 לשנה) של מסת מי השטח - LSW (Ozer et al., 2017). במשך 15 השנים האחרונות, עובי שכבת LSW בקיץ התייצבה בין הערכים 30-20 מ׳ בערך. קצב עליית הטמפרטורה של מי השטח גדולה משמעותית מהתחזיות הקיצוניות של הפאנל הבינלאומי לשינויי אקלים (IPCC) (0.035°C לשנה עבור 2016 עד 2035), ייתכן בגלל זמן שהות גדול באגן הלבנט.



איור 2.6: מגמת השינוי בעובי, בטמפרטורה ובמליחות של שכבת LSW כפי שהתקבלה ממדידות CTD בעונת הקיץ (יולי –אוקטובר) בין 1978-2017. עובי שכבת LSW חושב כעומק שבו הצפיפות הייתה גבוהה מ-$0.08kg/m^3$ מהצפיפות בפני השטח. רווח בר-סמך לא חושב עבור שנים בהן נאספו פחות משלושה פרופילים של CTD בקרבת תחנה H05.

מקורות

Hecht A.**,** Pinardi N. and Robinson A.R. (1988). Currents, Water Masses, Eddies and Jets in the Mediterranean Levantine Basin. Journal of Physical Oceanography, V 18, N 10,1320:1353.

Gertman, I., Pinardi, N., Popov, Y., Hecht, A., 2006. Aegean Sea water masses during the early stages of the Eastern Mediterranean Climatic Transient (1988–1990). Journal of Physical Oceanography. 36 (9): 1841–1859.

Gertman I., Barak H., Kress N. (2010).Assesment of post-transient changes in Levantine basin deep water.Rapp. Comm. int. Mer Medit. (CIESM Congress Proceedings). Vol 39: 113.

Kress N., Gertman I., Herut B. (2012). Two decades of studies document oceanographic changes in the easternmost part of the Mediterranean Sea. Insights towards the design of repeated basin-wide surveys. CIESM Workshop Monographs. Designing Med-SHIP: a program for repeated oceanographic surveys. Supetar, Brac Island, 11-14 May 2011, pp. 71-76.

Kress, N., Gertman, I., Herut, B. 2014. Temporal evolution of physical and chemical characteristics of the water column in the Easternmost Levantine basin (Eastern Mediterranean Sea) from 2002 to 2010. *Journal of Marine Systems* 135: 6-13.

Lascaratos, A., Roether, W., Nittis, K., Klein, B., 1999. Recent changes in deep water formation and spreading in the Mediterranean Sea: a review. Progress in Oceanography, Vol.44, 5–36.

Milena M., PoulainP. M., Zodiatis G., Gertman I.. (2012) On the surface circulation of the Levantine sub-basin derived from Lagrangian drifters and satellite altimetry data. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 65, 46-58.

Ozer, T., Gertman, I., Kress, N., Silverman, J., and Herut, B. (2017). Interannual thermohaline (1979-2014) and nutrient (2002-2014) dynamics in the Levantine surface and intermediate water masses, SE Mediterranean Sea. Global and Planetary Change, 151 :60–67. doi:10.1016/j.gloplacha.2016.04.001.

Ozsoy, E., Hecht A. and Ü. Ünlüata (1989). Circulation and hydrography of the Levantine Basm: Results of POEM coordinated experiments 1985-1986. Prog. Oceanogr., 22. 125-170.

Roether, W., Manca B., KleinB. ,Bregant D. Georgopoulos D., Beitzel V, Kovacevic V., and Luchetta A., (1996). Recent changes in the eastern Mediterranean deep waters. Science, 271, 333–335.

פרק 3- מדידות מערכת הקרבונט במימי הים התיכון (מרכז, ג'ק סילברמן, jacobs1@ocean.org.il**)**

מאז תחילת המהפכה התעשייתית, העלייה בריכוז הפחמן הדו-חמצני (פד"ח) באטמוספרה גורמת לשני תהליכים משמעותיים: הגברת אפקט החממה והחמצת מי הים. קרוב לשליש עד חצי מהכמות השנתית של פד"ח אנתרופוגני שנפלט לאטמוספרה מומס במי השטח של הימים. בתגובה של הפד"ח עם מי הים נוצרת חומצה קרבוניט המשחררת פרוטון למי הים וגורמת לירידה ב-pH. זהו תהליך החמצה שבו מי הים הבסיסיים (pH~8.1) הולכים ונעשים פחות בסיסיים משנה לשנה. לתהליך זה השפעה רבה על מערכת החי בימים ועל מחזור הפחמן האוקיאני. אחת התופעות הנחקרות ביותר היא השפעת התהליך על הירידה ביכולתם של בעלי חיים ימיים מסוימים, לדוגמא אלמוגי אבן בוני שונית או צדפות, להשקיע שלד גירני. מחקרים אחדים הראו גם הגברה בהמסה של תשתית גירנית על-ידי הגברת פעילות של אוכלוסיות אנדוליתיות. במסגרת הניטור הלאומי נעקבו המגמות בשינוי מערכת הפחמן בטווח הקרוב ובטווח הארוך, כדי לאמוד את קצבי השינויים וכיוונם במים החופיים ובמים הכלכליים העמוקים של מדינת ישראל בים התיכון.

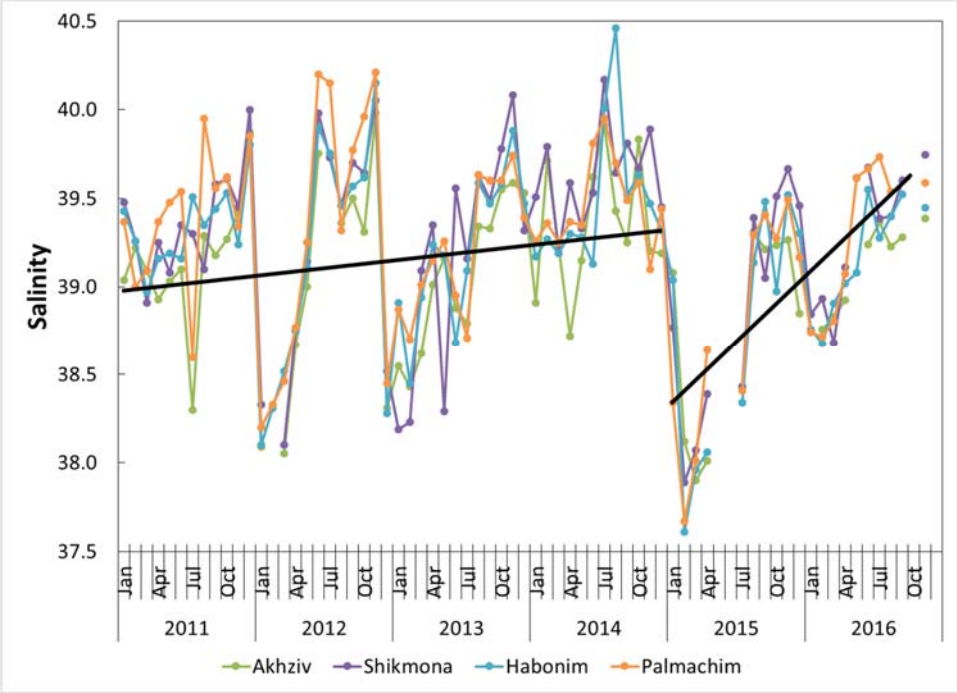
מדידות חומציות (pH) ואלקליניות כללית מבוצעות בכל חודש משנת 2011 בארבע תחנות על טבלאות הגידוד בפלמחים, בחוף הבונים, בתל שקמונה ובאכזיב. מאוגוסט 2013 הוחל גם במדידת פחמן אנאורגאני מומס. דיגום המים בכל אתר נעשה במרכז הטבלה (כאשר מי הים מכסים אותה לגמרי) ומעבר לקצה שלה. הדיגומים נעשים בשעות קבועות של היום בכל אתר ובשעות שונות בין האתרים (פלמחים בשעת בוקר מוקדמת; הבונים בסביבות 10:00; אכזיב ושקמונה בין 12:00 ל-14:00). לכן יש להתייחס להבדלים בין האתרים בהתאם. באוגוסט 2013 הוחל גם במדידות של אלקליניות כללית ופחמן אנאורגאני כללי בתחנות הניטור הלאומי לאורך החוף ובמפרץ חיפה. מדידות של אלקליניות כללית ופחמן אנאורגאני כללי נעשות בעמודת המים במסגרת הפלגות 'חתך חיפה' ב-8 תחנות ממפרץ חיפה (עומק 15 מ') צפון מערבה עד עומק קרקעית של 1700 מ'. מדידות אלה בוצעו 1-3 פעמים בשנה משנת 2012 והילך.

דוגמאות האלקליניות נשמרות בבקבוקי זכוכית חומים בקירור (4 מעלות צלזיוס) ועוברים אנליזה במעבדה בחיא"ל ימים ספורים לאחר הדיגום, בשיטת טיטרציה פוטנציומטרית עם חומצת כלור (0.05 נורמל). בסוף הטיטרציה, האלקליניות מחושבת בשיטת Gran. את החומצה מכיילים בכל יום מדידה בעזרת מי-ים סטנדרטיים בעלי אלקליניות ידועה ממעבדת Dickson. דוגמאות לפחמן אנאורגאני כללי (DIC) נשמרות בבקבוקי זכוכית חומים ומורעלים עם תמיסת כספית כלוריד (0.05% נפח תמיסה לנפח דוגמא) מיד לאחר הדיגום ומאוחסנות בקירור (4 מעלות צלזיוס) עד האנליזה. האנליזה במעבדה נעשית בתוך חודש מהדיגום (בד"כ בתוך שבוע) בעזרת מכשיר למיצוי הפד"ח ממי הים, לאחר החמצה עם חומצה זרחתית 10% (AERICA של חברת MARIANDA). הגז הממוצה מועבר למכשיר למדידת פד"ח (LI-COR 6252) בזרם של גז חנקן. המערכת מכוילת כל 4 מדידות בעזרת מי-ים סטנדרטיים בעלי ריכוז ידוע של פחמן אנאורגאני כללי מהמעבדה של Dickson. ההדירות של מדידות האלקליניות הכללית והפחמן האנאורגאני בד"כ יותר טובה מ-2± µmole/kg. חישובים של pH, דרגת רוויה למינרלים של $CaCO_3$ (ארגוניט וקלציט) ולחץ חלקי של פחמן דו-חמצני נעשים בעזרת התוכנה CO2SYS עם קבועים תרמודינמיים של Roy et al (1993) לסקלת Total Hydrogen pH, ללא התחשבות בריכוזי זרחה וסיליקה (ריכוזים נמוכים מאוד גם לאורך החוף).

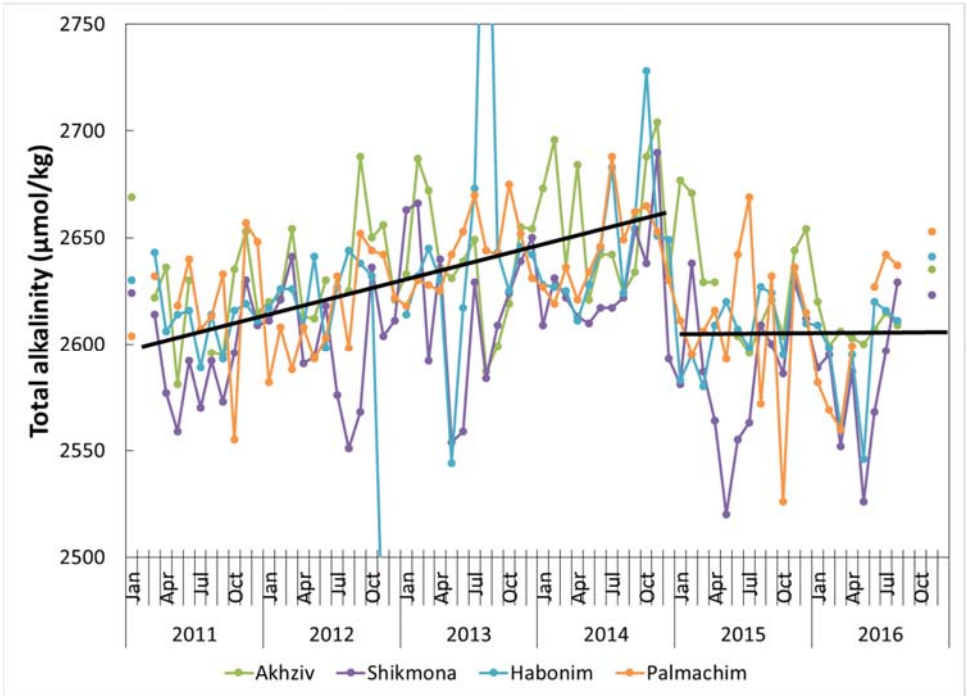
מדידות מערכת הפחמן על טבלאות הגידוד

בין השנים 2011-2014 נצפתה במדידות של קצה טבלאות הגידוד מגמה של עלייה ארוכת טווח באלקליניות כללית של +7 µmole/kg לשנה. במקביל, נצפתה מגמת עלייה במליחות של +0.013 PSU לשנה, שהיא גבוהה פי 2 מהמגמה שנצפתה במי השטח הלבנטיניים (LSW) במהלך 33 השנים האחרונות לפי דיווח של גרטמן וחובריו (2013). על-פי השוואה של מדידות האלקליניות למליחות בשכבת המים 0-200 מ׳ שנמדדו במרץ 2012, 2013 ו-2014 במסגרת הפלגות חתך ראש כרמל (איור 3.1), העלייה במליחות בטבלאות הגידוד יכולה להסביר רק כ-50% מהעלייה באלקליניות כללית. פער יחסי זה גדול באופן משמעותי מהפערים שנמדדו בתחנות המרכז אוקיאניות BATS, HOTS ו-ESTOC, שם עליית המליחות מסבירה 80%-90% מהעלייה באלקליניות (לדוגמא Bates et al., 2012). כמו כן, מגמות העלייה, הן באלקליניות והן במליחות בטבלאות הגידוד, גדולות בסדר גודל מאשר בתחנות המרכז אוקיאניות. אם כן, העלייה הנותרת באלקליניות יכולה להיות מוסברת על-ידי האטה בקצב ההשקעה של $CaCO_3$ או הגברה בקצב ההמסה שלו. שני תהליכים אלה יכולים להיגרם כתוצאה ישירה של החמצת מי הים כפי שצוין לעיל.

מתחילת שנת 2015, או ליתר דיוק מדצמבר 2014 הייתה ירידה של כ-60±20 µmol/kg בערכי האלקליניות הממוצעים שנמדדו בקצה טבלאות הגידוד במהלך כל שנת 2015 לעומת ערכי המקסימום שנמדדו באוקטובר ונובמבר 2014 בקצות טבלאות הגידוד (איור 3.2). למעשה מגמת העליה באלקליניות כללית נפסקה כליל ובאופן דומה נפסקה גם מגמת העליה במליחות. חוסר המגמה באלקליניות המשיכה גם ב-2016.



איור 3.1: מדידות מליחות בקצה טבלאות הגידוד שנמדדו בין השנים 2010-2016. המגמות הליניאריות הממוצעות של כל סדרת המדידות מקצות הטבלאות מצויינות על-ידי הקווים השחורים לשתי התקופות (השנים 2011-2014 ושנת 2015-2016).



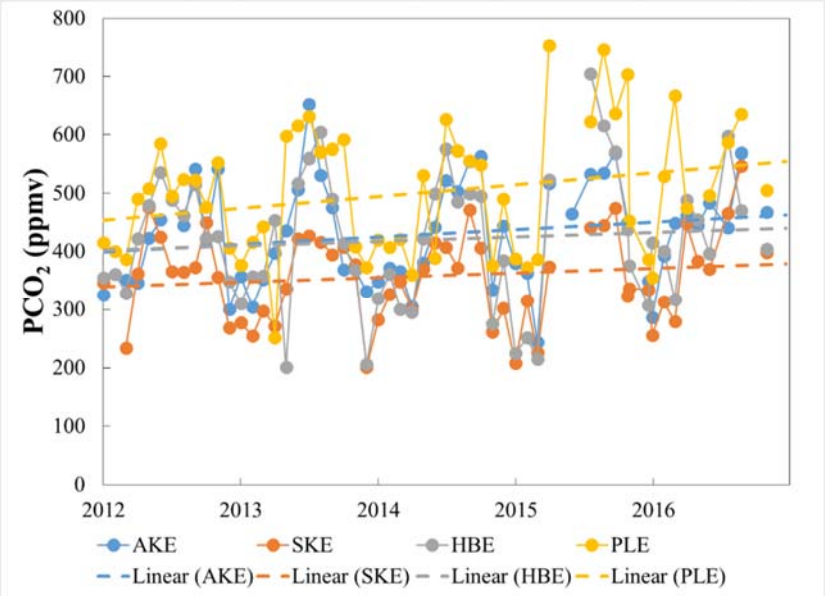
איור 3.2: מדידות אלקליניות כללית בקצה טבלאות הגידוד שנמדדו בין השנים2011-2016. המגמות הליניאריות הממוצעות של כל סדרת מדידות בכל קצות הטבלאות מצוינות על-ידי הקווים השחורים לשני התקופות (השנים 2011-2014 ושנת 2015-2016).

במי ים, אלקליניות היא גודל משמר ביחס למליחות, כלומר כאשר המליחות משתנה כתוצאה מאידוי או מתוספת מים מתוקים, האלקליניות צריכה להשתנות בהתאם באופן ליניארי. קו המגמה הליניארי הקושר בין מליחות לאלקליניות מכונה "קו השימור". סטיות מקו השימור יכולות להצביע על מגוון תהליכים המתרחשים במי הים, כגון השקעה והמסה של $CaCO_3$, כך שנקודות הנופלות מעל קו השימור (מליחות בציר ה-X) מעידות על המסה, ונקודות שנופלות מתחת לקו השימור מעידות על השקעה. לצורך הניתוח השתמשנו בקו השימור שחושב על בסיס מדידות משכבת המים (0-300 מ') שנדגמו בהפלגות 'חתך חיפה'.

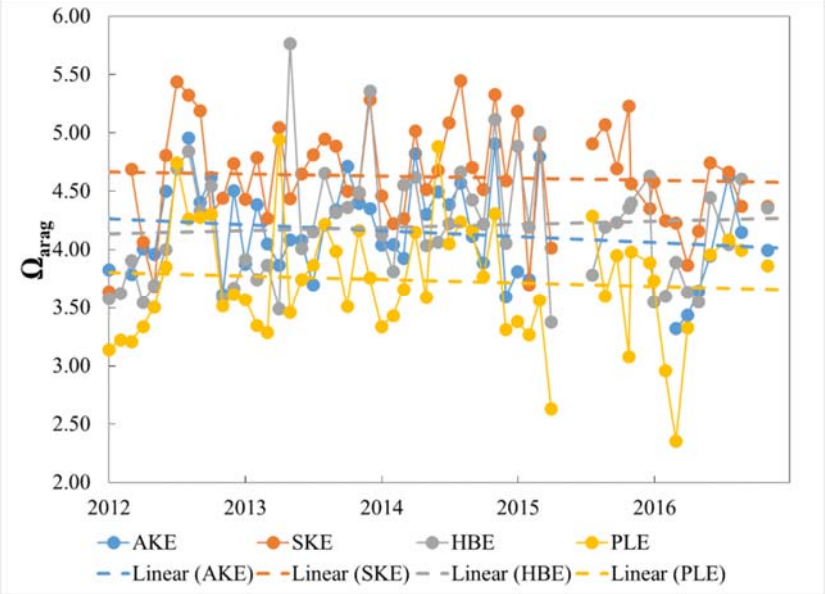
ערכי החישוב של לחץ חלקי של פד"ח (PCO_2), ודרגת הרוויה של ארגוניט ($\Omega_{arag}=[Ca^{+2}]\cdot[CO_3^{-2}]/K_{sp\text{-}arag}$) ממדידות של pH ואלקליניות כללית בשנים 2011-2014 וממדידות של אלקליניות ו-DIC משנת 2015, מראות מגמות ארוכות טווח (2012-2016) של 8-20+ ppmv לשנה, בעוד שדרגת הרוויה מציגה מגמה מעורבת (איורים 3.3 ו-3.4). באיור 3.3 ניתן לראות, כי PCO_2 משתנה עונתית עם ערכים גבוהים מרוויה (400 ppmv) בחודשי הקיץ (עד 700 ppmv בקיץ 2015) ונמוכים מרוויה בחודשי החורף (עד 200 ppmv). דרגת הרוויה של ארגוניט גם כן משתנה עונתית בין ערכים גבוהים כמצופה בחודשי הקיץ (עד 5.5) ונמוכים בחודשי החורף (עד 2) (איור 3.4). רוב השינויים העונתיים ב-PCO_2 ודרגת הרוויה של ארגוניט נובעים כנראה מהשינויים העונתיים בטמפרטורה בין 16 ל-31 מעלות צלזיוס. קצב עליית הפד"ח בטבלאות גדול בהרבה מקצב עליית הפד"ח האטמוספרי, שהינו 2-3+ ppmv לשנה, בשנים האחרונות. עודף הפד"ח שנמצא במי הים בקיץ יכול לנבוע ממספר תהליכים אפשריים:

א. אידוי מי הים ועליית המליחות גורמת לרוויה גזים יותר נמוכה, ולכן לחץ חלקי של פד"ח במי הים צפוי לגדול כתוצאה מאידוי, בהנחה שקצב השוואת הלחצים בין הים לאטמוספרה עם השינוי העונתי בטמפרטורה מספיק איטי. בתרחיש בו מליחות המים תעלה מ-38 ל-40 PSU, הפד"ח צפוי לגדול ב-20 ppmv, ולכן לא סביר שזהו הגורם העיקרי למגמה הנצפית בהינתן שהמליחות עלתה בערך ב-0.1 PSU בכל תקופת המדידה.

ב. צריכה נטו במי הים, כלומר נשימה שנתית גבוהה מיצרנות ראשונית שנתית, ולכן פד"ח יכול לגדול הרבה מעבר לערך הרוויה שלו. לא ברור אם מגמה זו הינה מקומית או משקפת תהליכים בקנה מידה מרחבי גדולים יותר.

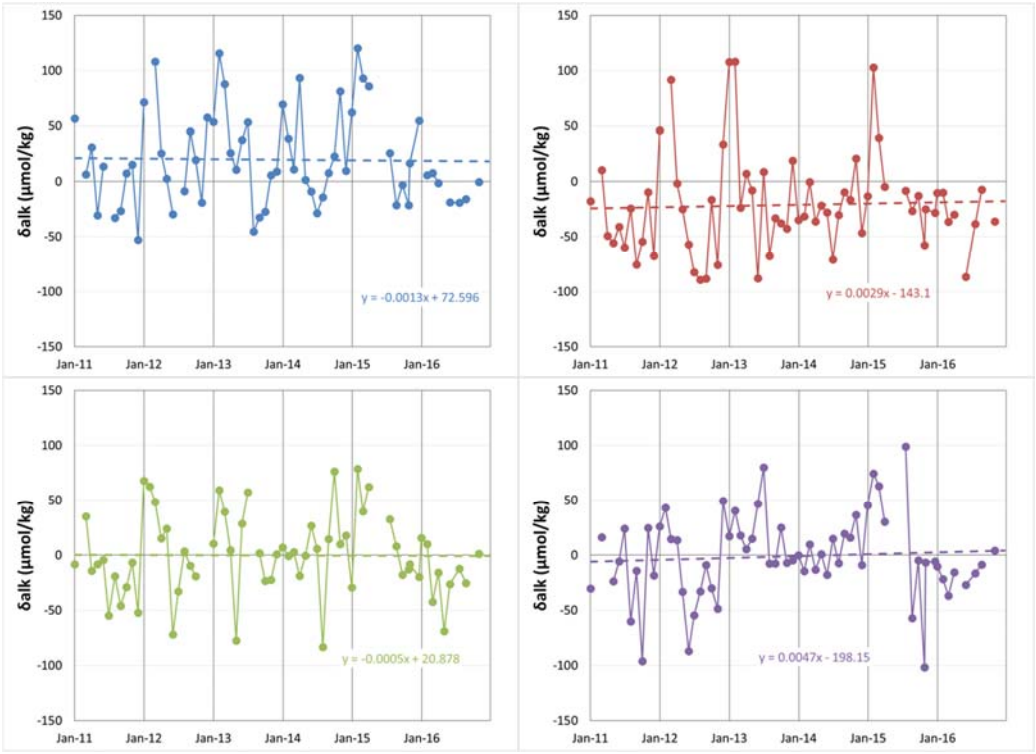


איור 3.3 : לחץ חלקי של פד"ח (PCO_2) במי הים מעבר לקצה של טבלאות הגידוד המנוטרים בין השנים 2012 עד 2016. הערכים מחושבים ממדידות של מליחות, טמפרטורה ופרמטרים של מערכת הקרבונט : pH ואלקליניות עד 2014 כולל ומשנת 2015 מ-DIC ואלקליניות עם הקבועים הטרמודינמיים של סקלט האקטיביות (NBS). השיפועים מעידים על מגמת עלייה בכל תחנות הניטור בטווח קצבים של 8-20 ppmv/yr.



איור 3.4 : ערכי דרגת רוויה של ארגוניט במי הים מעבר לקצה של טבלאות הגידוד המנוטרים בין השנים 2011 עד 2016. הערכים מחושבים ממדידות של מליחות, טמפרטורה ופרמטרים של מערכת הקרבונט : pH ואלקליניות עד 2014 כולל ומשנת 2015 מ-DIC ואלקליניות.

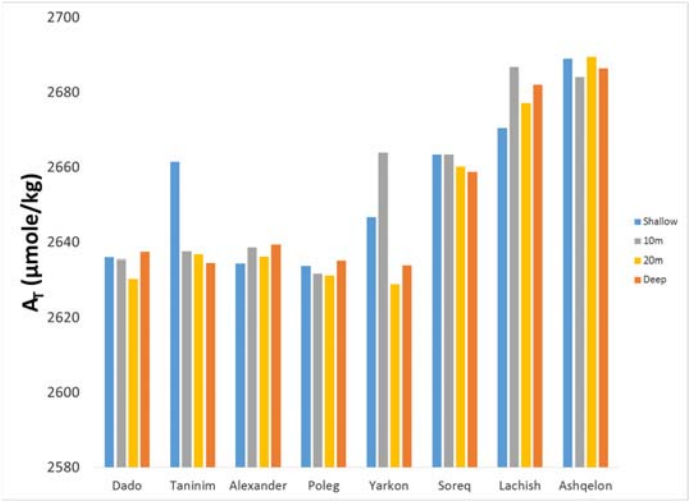
בעזרת השוואה של מדידות האלקליניות למליחות בקצה טבלאות הגידוד ביחס לקו השימור של אלקליניות עם מליחות שחושב ממדידות בהפלגות החתך, ניתן לבחון באופן חצי כמותי את מאזן האלקליניות שלהן. סדרות זמן של הפרשים אלו בקצות טבלאות הגידוד (איור 3.5) מציגות מחזוריות עונתית עם וריאביליות משתנה. בשנת 2016 לא נמצאו כמעט ערכים חיוביים המעידים על יצירה של אלקליניות בניגוד לשנים קודמות, כולל בתחנת אכזיב, שבו הממוצע הרב שנתי חיובי (נטו יצירה של אלקליניות).



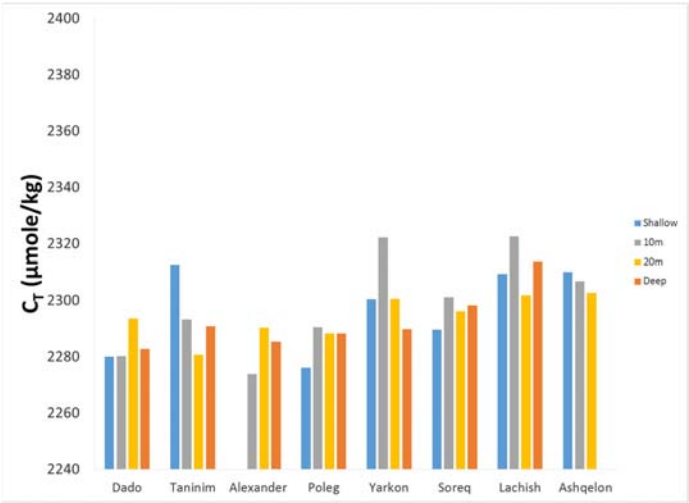
איור 3.5 : סדרות הזמן של הפרש מדידות האלקליניות וערכם המחושב ממדידות המליחות שנעשו בקצות טבלאות הגידוד המנוטרות בין 2011 ל-2016 בתחנות הדיגום הקבועות (אכזיב-פנל שמאלי עליון ; שקמונה-פנל ימני עליון ; הבונים-פנל שמאלי תחתון ; פלמחים-פנל ימני תחתון). הקווים המקווקוים מייצגים את התאמות המודל הליניארי לכל סדרת זמן.

מדידות מערכת הפחמן במים החופיים

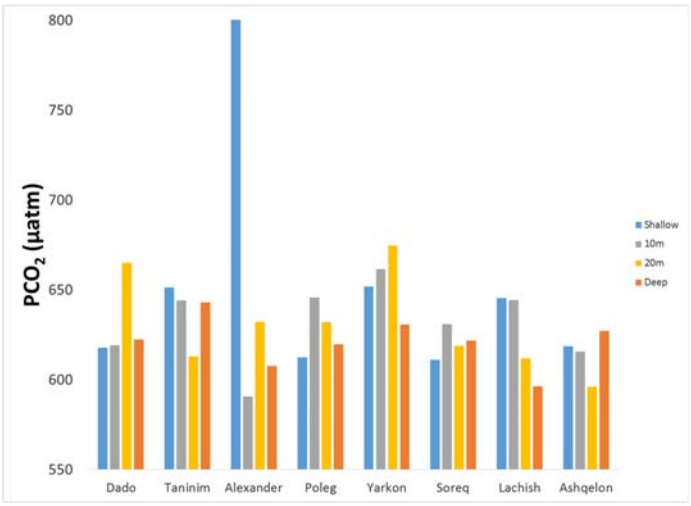
באוגוסט 2013 בוצע דיגום המים החופיים של הניטור הלאומי במפרץ חיפה ולאורך חוף הים התיכון ברצועת עומקי הקרקעית של 5-30 מ׳. דוגמאות מים לאנליזה של אלקליניות ופחמן אנאורגאני מומס נלקחו ממספר קטן של תחנות נבחרות. באוגוסט 2014, 2015 ו-2016 נדגמו כל התחנות החופיות מדרום למפרץ חיפה ותחנות HB1 ו-HB5 במפרץ חיפה. אלקליניות ופחמן אנאורגאני מומס שנמדדו בתחנה HB5, הנמצאת בפתח נמל חיפה בכל השנים היו גבוהים באופן משמעותי מהערכים המדודים בתחנות לאורך החוף, למרות שהמליחות ב-HB5 הייתה נמוכה יותר. גם בתחנה HB1, הנמצאת מעבר לגבול המערבי של מפרץ חיפה, יש חריגה משימור עם מליחות ב-2013 אך לא ב-2014. סביר להניח שמי הנמל ונחל הקישון גורמים לחריגות אלה על סמך מדידות המליחות הנמוכה יותר בכ-0.1 PSU. באיור 3.6 ניתן לראות את מגמת הירידה האופיינית של אלקליניות מדרום לצפון, כפי שנצפה בשנים הקודמות. עם זאת, רק בחלק מהחתכים ניתן לראות את העליה באלקליניות בכיוון החוף. בפחמן אנאורגאני מומס ניתן לראות מגמה מעורבת בניצב לחוף, אך לאורך החוף ישנה עלייה לכיוון דרום (איור 3.7). הלחץ החלקי של פד״ח מציג מגמה מעורבת בניצב ולאורך החוף עם ערכים יחסית גבוהים בהרבה מערך הרוויה של 400 ppm (איור 3.8), שכאמור יכולים לנבוע מהשינויים העונתיים בטמפרטורה. ב-2016 נמדד ערך לחץ חלקי של פד״ח מאוד גבוה מול שפך נחל אלכסנדר בתחנה הרדודה. ערך זה מעיד אולי על עומס חומר אורגאני משפך הנחל.



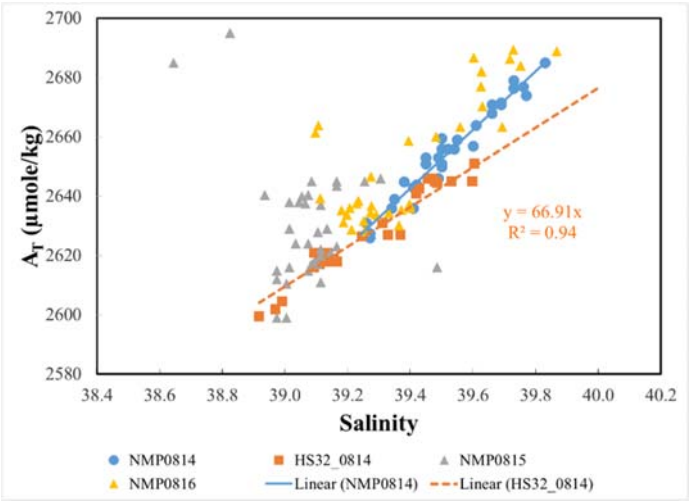
איור 3.6: גרף עמודות של ערכי אלקליניות כללית שנמדדו במי השטח של תחנות הניטור הלאומי לאורך החוף ברצועת העומקים 5-30 מ׳ באוגוסט 2016.



איור 3.7 : גרף עמודות של ערכי פחמן אנאורגאני מומס שנמדדו במי השטח של תחנות הניטור הלאומי לאורך החוף ברצועת העומקים 5-30 מ׳ באוגוסט 2016.



איור 3.8 : גרף עמודות של ערכי הלחץ החלקי של פחמן אנאורגאני מומס שחושבו ממדידות של אלקליניות כללית, פחמן אנאורגאני מומס, טמפרטורה ומליחות שנמדדו במי השטח של תחנות הניטור הלאומי לאורך החוף ברצועת העומקים 5-30 מ׳ באוגוסט 2016.

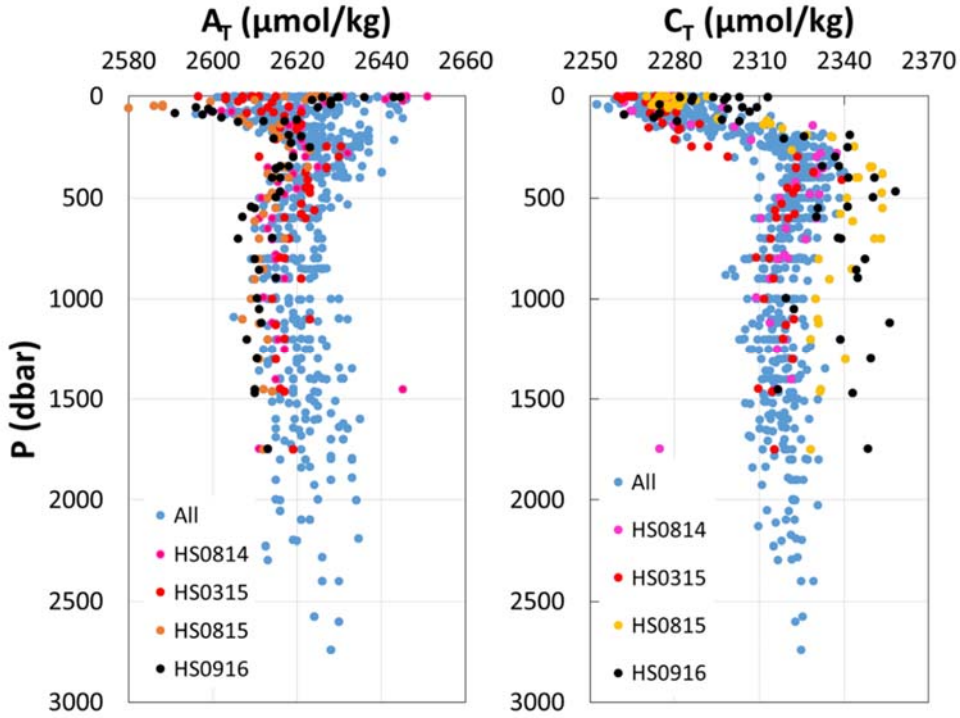


איור 3.9 : שימור ערכי אלקליניות כללית עם מליחות שנמדדו בניטור הלאומי באוגוסט 2014, 2015 ו-2016 לאורך החוף בפני השטח בטווח עומקי הקרקעית 5-30 מ׳ (2014 - עיגולים כחולים, 2015 – משולשים אפורים, 2016 – משולשים כתומים) ובהפלגת חתך חיפה בטווח העומקים בעמודת המים בין 0-200 מ׳ שנערכה באוגוסט 2014 (ריבועים כתומים).

בהשוואה של מדידות האלקליניות הכללית למליחות ניתן לראות קורלציה ליניארית חזקה ביניהם (איור 3.9). בהשוואת השיפועים של המדידות לאורך החוף בשנת 2016 עם שיפוע המדידות של הפלגת חתך חיפה בטווח העומקים של עמודת המים 0-200 מ׳ מאוגוסט 2014, ניתן לראות שהשיפוע לאורך החוף יותר גדול ודומה לזה של המדידה במים החופיים בשנת 2014. פשר ההבדל הזה עדיין איננו ידוע, אך אם לוקחים בחשבון שזרם המים הכללי לאורך החוף הוא מדרום לצפון, סביר להניח שמדובר בשיקוע של גיר (ביוגני או אנאורגאני לאורך מסלול התנועה).

מערכת הקרבונט מעבר לקצה מדף היבשת – הפלגות חתך

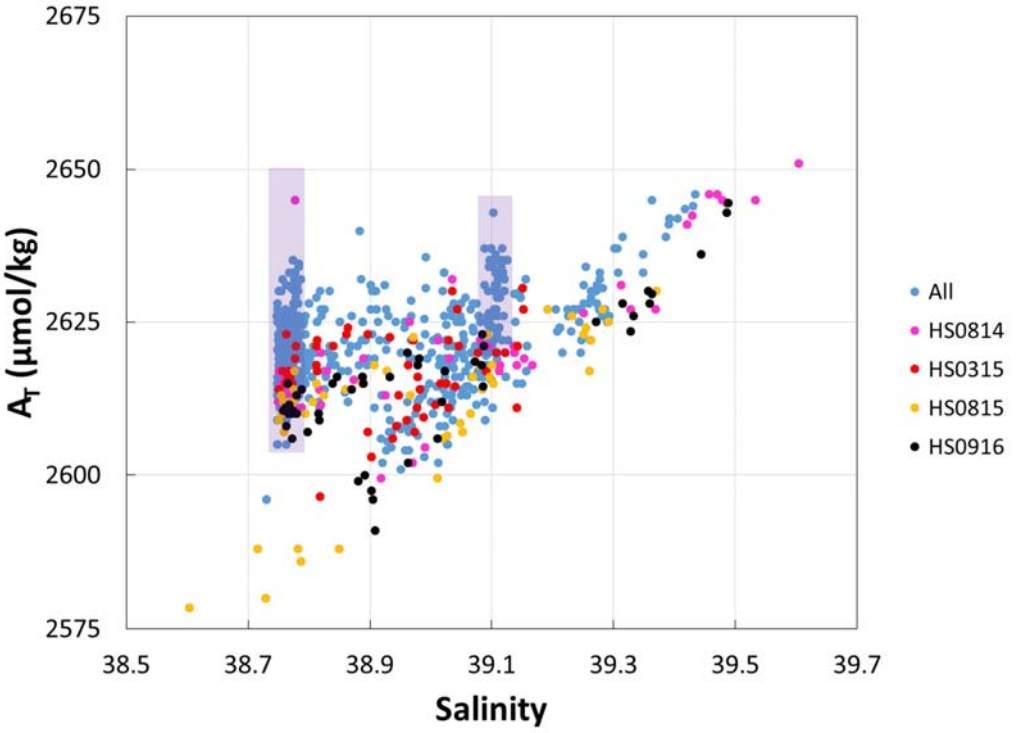
בספטמבר 2016 נערכה הפלגה נוספת לאורך 'חתך חיפה'. תוצאות המדידות של פחמן אנאורגאני כללי במים העמוקים (300 מ'>) היו מוסתות לערכים הולכים וגדלים הדומים לאלה שנמדדו באוגוסט 2015 (איור 3.10). יש לציין שריכוזי הפחמן האנאורגאני הכללי היו שוב הגבוהים ביותר שנמדדו בעמודת המים מאז תחילת המדידות ב-2013. ההקטנה באלקליניות הכללית של פרופילי המים העמוקים נמשכה גם ב-2016 (איור 3.11). לעומת זאת, פחמן אנאורגאני כללי במים העמוקים עלה עוד יותר לעומת הערכים שנמדדו מ-2013. בדרך כלל באוקיאנוסים פחמן אנאורגאני כללי ואלקליניות כללית עולים כתוצאה ממחזור של חומר אורגאני והמסה של קלציום קרבונט. עם זאת ברור שבעמודת המים אין תנאים להמסה של גיר ביוגני מפאת דרגת הרוויה היחסית גבוהה לקלציט וארגוניט. כרגע לא ברורה הסיבה לתצפיות אלה, אך ברור שעמודת המים העמוקים דינמית למדיי בסקלת זמן של שנה מבחינת הפרמטרים של מערכת הקרבונט.



איור 3.10 : כל מדידות האלקליניות הכללית (פנל ימני) ופחמן אנאורגאני כללי (פנל שמאלי) שנעשו בעמודת המים מול החוף הישראלי באזור המים הכלכליים של מדינת ישראל בים התיכון בין השנים 2012-2016 כולל. הפרופילים שנדגמו במהלך הפלגות חתך ראש כרמל באוגוסט 2014 (נק' ורודות), מרץ 2015 (נק' אדומות), אוגוסט 2015 (נק' כתומות) וספטמבר 2016 (נקודות שחורות) מודגשות לצורך השוואה עם הפרופילים המוקדמים יותר.

מבחינת השימור של אלקליניות כללית עם מליחות בעמודת המים ניתן לראות באופן כללי שני סוגי התנהגות: 1) בשכבת המים המים בין 0 ל-300 מ' בערך האלקליניות עולה עם המליחות; 2) בשכבת המים העמוקים (300 מ' <) המגמה מתהפכת והאלקליניות עולה עם הירידה במליחות. ההתנהגות הראשונה נובעת כנראה מאידוי מים בפני השטח ושקיעה שלהם לעומקי הביניים עד לבסיס התרמוקלינה. ההתנהגות השניה מעידה על כך שהאלקליניות הכללית באזור יצירת מי העומק גבוהה יותר ממי שטח אטלנטיים הנכנסים דרך מיצר גיברלטר ומתאדים במסעם מזרחה דרך הים התיכון, למשל מי הים האדריאטי בחלקו הצפוני או

מי הים האגאי באזור הבוספורוס. חריגות מקו השימור, או קו הערבוב של המים העמוקים יכולה להעיד על אירועי יצירת מי עומק בשולי אגן הלבנט עם מים עשירים באלקליניות או לחלופין מקור של אלקליניות במים העמוקים, אולי הקרקעית. בשנים 2012-2014 נמדדו ערכי אלקליניות החורגים מקו השימור של מי העומק עד כדי 20 µmol/kg. מאוגוסט 2014 ערכים חריגים נראים בתכיפות הולכת וקטנה עד שבאוגוסט 2015 לא נראו בכלל ערכים חריגים. גם בספטמבר 2016 לא נראו ערכים חריגים מקו השימור במים העמוקים. במקביל, קו השימור של מי השטח עובר הסטה כלפי מעלה בין אוגוסט 2014 למרץ 2015 והסטה משמעותית כלפי מטה ממרץ לאוגוסט 2015. ההסטה כלפי מטה מעידה על כניסת מי שטח מוגברת מהואקיאנוס האטלנטי לאגן הלבנט ובאוגוסט 2015 נמדדים ערכי המליחות והאלקליניות הנמוכים ביותר שנמדדו מאז תחילת המדידות בסדרה הנוכחית ב-2012. בשנת 2016 נמדדה עלייה במליחות של מי השטח ובהתאם באלקליניות הכללית. מעניין לראות שקו השימור של מי השטח נמוך יותר באוגוסט 2015 וספטמבר 2016 מקו השימור של מי השטח בשנים הקודמות.



איור 3.11 : ערכי אלקליניות כללית לעומת מליחות בטווח מכל העומקים שנדגמו במסגרת הפלגות בים העמוק באזור שמול חופי מדינת ישראל בים התיכון ובאזור שבים קפריסין לישראל שבוצעו בשנים 2012-2015. ערכי המדידות שנערכו בהפלגות חתך חיפה באוגוסט 2014 (נקודות כתומות), מרץ 2015 (נקודות אדומות), אוגוסט 2015 (נקודות ורודות) וספטמבר 2016 (נקודות שחורות) מוצגות כדי לבחון שינויים ביחסי מליחות ואלקליניות עם הזמן. האזורים המודגשים בגרף במלבנים מוצלים מציינים מליחויות בהן האלקליניות הכללית חורגת כלפי מעלה מקו השימור של המים העמוקים מ-300 מ׳.

סיכום ומסקנות

מי הים לאורך חופי מדינת ישראל מתאפיינים בריכוזי אלקליניות כללית ופחמן אנאורגאני מומס גבוהים ביחס לשאר האזורים בים התיכון, וזאת בעיקר כתוצאה מהמליחות הגבוהה. במים החופיים, שנדגמו מעבר לקצות טבלאות הגידוד המנוטרות חודשית בשש השנים האחרונות, נראו מגמות ארוכות טווח של גידול באלקליניות ולחץ חלקי של פד״ח בקצב של +8 µmole/kg/yr ו-+24 ppm/yr, בהתאמה, בתקופת הניטור 2011-2014. מסוף 2014 מגמת העליה באלקליניות נפסקת בהתאמה לשינויים שחלו במי השטח של המים העמוקים שבהם נראה כניסה מוגברת של מי שטח אטלנטיים. בשנת 2016, לא נראה עדיין שינוי במגמה המאוזנת של אלקליניות מאז 2014. עם זאת, מגמת העליה בלחץ החלקי של פד״ח ממשיכה בכל התחנות וסה״כ המגמה הכללית הממוצעת ממשיכה להיות יחסית גבוהה, +8-20 ppmv לשנה. קצב זה גדול פי 3-8 מקצב העליה בלחץ החלקי של פד״ח באטמוספרה. בשנת 2016 התמתנה ואף התהפכה מגמת העלייה של ההפרש בין האלקליניות בקצה הטבלאות לערך המחושב ממליחות וקו השימור של מי השטח במים העמוקים ונראה שבמהלך השנה הזו הייתה השקעה נטו של קלציום קרבונט. ערכי לחץ חלקי של פד״ח במים החופיים בתקופת הקיץ הם גבוהים בהרבה מרוויה (בסביבות 600 ppm) ומים אלה מהווים מקור לפד״ח לאטמוספרה בעונה זו של השנה. ב-2016 ראינו ערך חריג של לחץ חלקי של פד״ח מול שפך נחל אלכסנדר. לפני 2014, ראינו במי העומק מתחת ל-300 מ׳ חריגות של אלקליניות משימור עם מליחות עד מרחק של 60 מילים ימיים מערבית לראש כרמל, שאינם תואמים את השימור של אלקליניות עם מליחות ביתר הים התיכון. תופעה זו יכולה לנבוע משקיעה של מים חופיים עשירים באלקליניות בתקופת החורף, או כתוצאה מפעילות מיקרוביאלית בקרקעית הים כדוגמת חיזור סולפט. לא סביר שהבדלים אלה נובעים מהמסת גיר במים העמוקים, שכן דרגת הרוויה גבוהה בהרבה מאחד בעמודת המים. חריגות אלה הפסיקו לגמרי באוגוסט 2015 וגם ב-2016 לא נראו שוב. כרגע התמונה היא חלקית ויש צורך להמשיך לבצע מדידות בהפלגות החתך, כדי להבין את הדינמיקה הנראית הן במים העליונים עד עומק של 300 מ׳ והן במי העומק של אגן הלבנט. תצפיות אלה גם תומכות בצורך להבין את תפקיד קרקעית הים בים העמוק במאזן הפחמן של המים העמוקים. מעקב והבנת תהליכים אלה חשובים מאוד, לאור הגברת הפיתוח של שדות הגז בים העמוק וההשפעות האפשריות שעלולות להיות לכך על מאזן הפחמן בכל אגן הלבנט והחוף הישראלי.

פרק 4- יצרנות ראשונית וחיידקית ואוכלוסיות אולטרא-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים (מרכז, ד"ר איל רהב, eyal.rahav@ocean.org.il)

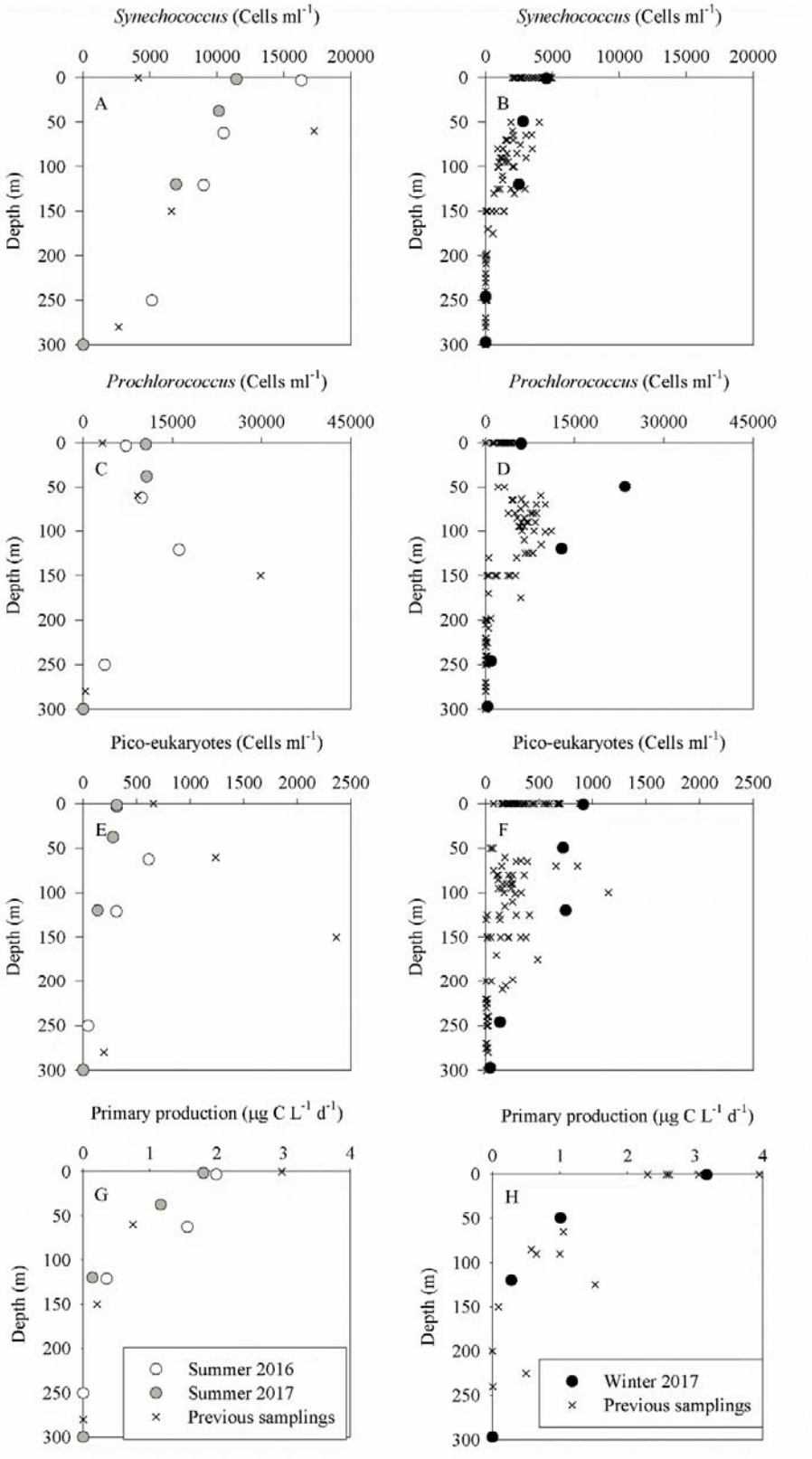
פרק זה מציג את השינויים הרב-שנתיים בריכוז הפיקופיטופלנקטון בתחנה H05 (בד"כ מייצגת ים פתוח, ללא השפעות חופיות ישירות) החל משנת 2013 ועד 2017, ומפרט את הממצאים שנאספו בשנים שמייצג הדוח הנוכחי, 2016-2017.

בשנים 2016-2017 נערכו 3 הפלגות חתך במסגרת הניטור (ספטמבר 2016, מרץ 2017, אוגוסט 2017) ושתי הפלגות נוספות לתחנת H05 (נובמבר 2016, מאי 2017). פרק זה יציג את הממצאים מכל 5 ההפלגות בדגש על תחנה H05 שמייצגת ים-פתוח (כלומר ללא השפעות "חופיות" ישירות). בדיגומים אלה נעשה כימות של אוכלוסיות פיקופיטופלנקטון (pico-phytoplankton, *Prochlorococcus*, *Synechococcus*) וחיידקים הטרוטרופים בעזרת flow-cytometry, וכן נערכו מדידות קצבי יצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים. למדידות אלה חשיבות אקולוגית רבה, משום שהן עוקבות אחר התפוצה והפעילות של אורגניזמים בבסיס מארג המזון, ומכאן משמשות ככלי מחקרי מרכזי בדיגומים ארוכי טווח בימים ובאוקיינוסים רבים בעולם (למשל Bermuda Atlantic Time-series, Dynamique des Flux Atmosphériques en Méditerranée ועוד). לאורגניזמים אלה יתרון סלקטיבי בסביבות עניות בחומרי הזנה (נוטריאנטים) כדוגמת האגן המזרחי של הים התיכון בשל גודלם הקטן (<3 μm) ביחס לנפחם, ומכאן קצב ספיחת מומסים מהיר יותר בהשוואה לאצות גדולות, כדוגמת מיקרופיטופלנקטון (>20 μm, צורניות, דינופלגלטים).

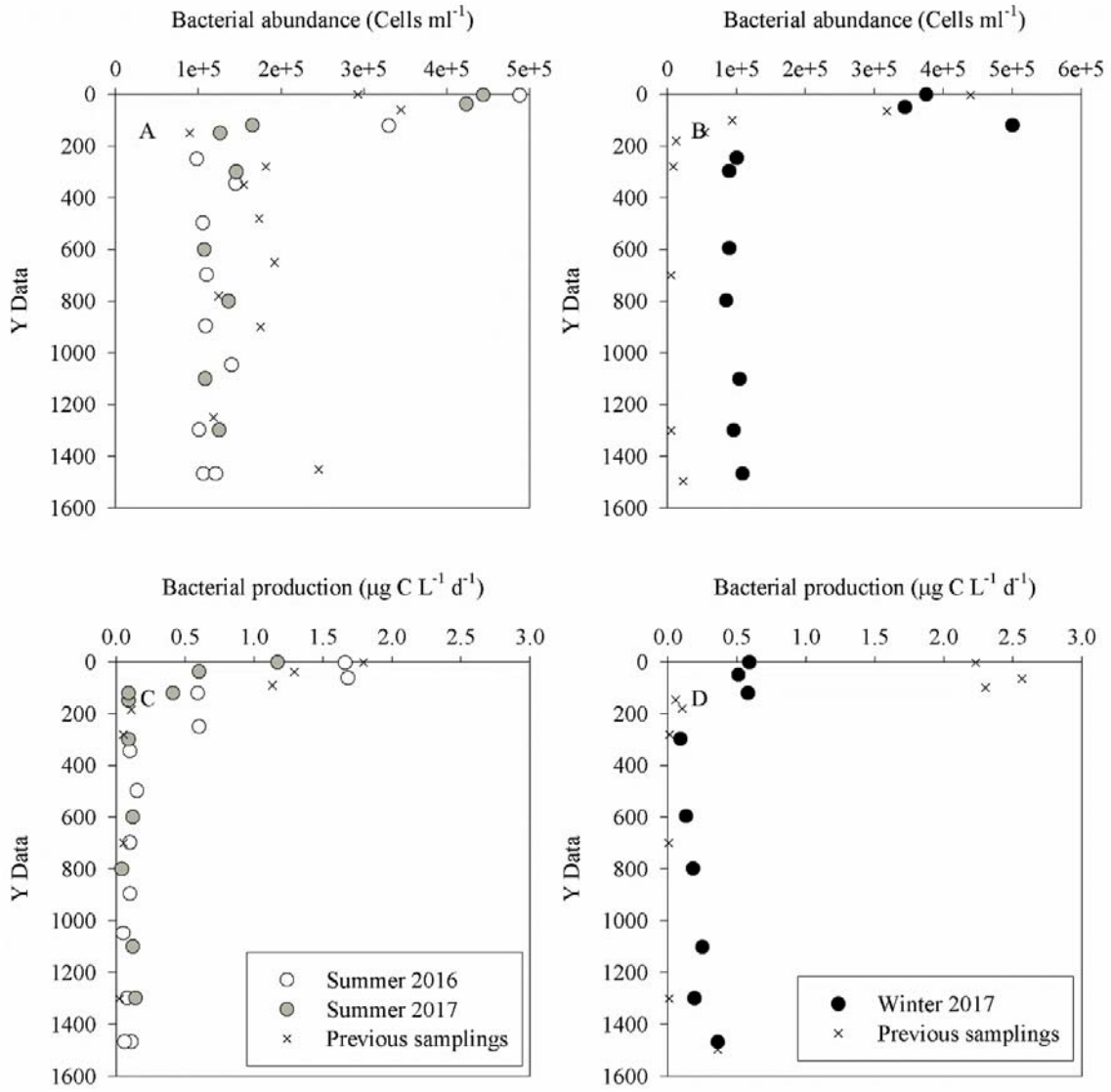
בכל 5 ההפלגות נמדדו ריכוזים "טיפוסיים" של מיני פיקופיטופלנקטון בכל תחנות הדיגום שלא חרגו מהערכים העונתיים שנמדדו בשנים קודמות (איור 4.1). הפיזור האנכי של הציאנובקטריה *Synechococcus* בדיגומי הקיץ (ספטמבר 2016 ואוגוסט 2017) הראה את מירב התאים בפני השטח (10000-15000 תאים במ"ל) שהלכו וירדו עד קצה העומק הפוטי (<5000 תאים במ"ל). בדיגום החורף (מרץ 2017), ריכוז ה *Synechococcus* היה נמוך יותר מאשר זה שנמדד המהלך חודשי הקיץ והגיע לכ- 5000 תאים למ"ל בפני השטח. מיני ה- *Prochlorococcus* נדגמו בעיקר סביב ה- Deep Chlorophyll Maximum שהיה עמוק יותר בקיץ (כ-150 מ') מאשר בחורף (כ-60 מ'). ריכוז ה *Prochlorococcus* נע בין 2000-15000 תאים במ"ל דיגומי הקיץ והאמיר עד 25000 תאים במ"ל בדיגום החורף. תאי אצה אאוקריוטיות (בעלות גרעין תא מוגדר) התרכזו בעיר במים העליונים והגיעו עד כ- 1000 תאים במ"ל בדיגום החורף ו 400 תאים במ"ל בדיגומי הקיץ. הריכוז הנמוך של האצות האאוקריוטיות בדיגום הקיץ לעומת החורף, יחד עם יתרון יחסי של ציאנובקטריה בקיץ, מצביע על עקת נוטריאנטים במים העליונים בעונה החמה. בחורף, ערבול המים (עד 100 מ') העלה חומרי הזנה מהעומק ובכך "אפשר" לאצות אאוקריוטיות לגדול ולבסס יותר ביומסה. רוב היצרנות הראשונית נמדדה בפני השטח (2-3 $\mu g\ C\ L^{-1}\ d^{-1}$) שהלכה וירדה אקספוננציאלית עם העומק. בדיגום החורף נמדדו ערכים גבוהים יותר מאשר בקיץ. כמצופה, מתחת לעומק הפוטי (המואר, <200 מ') נמדדו ערכי יצרנות ראשונית מתחת לסף רגישות השיטה. ערכי היצרנות הראשונית שנמדדו, כולל במהלך החורף, מצביעים על דלות הנוטריאנטים במי הים התיכון המזרחי שכן ערכים אלה הם מהנמוכים בעולם.

ריכוז החיידקים ההטרוטרופים נמדד עם flow cytometer אחרי צביעה עם SYBR Green לעומק כל עמודת המים (עד 1600 מ'). בכל ההפלגות (קיץ+חורף), עיקר החיידקים נמצאו ב-200 המטרים העליונים (200000-500000 תאים במ"ל) מי העומק הכילו ריכוז נמוך יותר של חיידקים הטרוטרופים (40000-60000

תאים למ״ל), למעט ערכים מעט גבוהים יותר מעל הסדימנט, ככל הנראה בגלל תהליכי הרחפה ואינטרקציות עם הקרקעית (איור 4.2). בדיגום החורף נמצאו יחסית יותר חיידקים בשכבה האפוטית (200< מ׳) מאשר בדיגומים קודמים, ככל הנראה בגלל זמינות חומר אורגני חלקיקי מרחף (TEP). בהתאמה, הפעילות החיידקית שנמדדה עם לאוצין מסומן בטריטיום, הראתה דפוס דומה לריכוז החיידקים עם ערכים גבוהים בשכבת המים הפוטית ($0.5\text{-}1.5\ \mu g\ C\ L^{-1}\ d^{-1}$) שהלכו וירדו בהדרגה עד הקרקעית ($<0.5\ \mu g\ C\ L^{-1}\ d^{-1}$). בדומה לריכוז החיידקים, קצב פעילותם עלה מעל הסדימנט, בעיקר בחורף. מדידות אלה, יחד עם מדידות ריכוז החיידקים, מצביעות על החשיבות לכימות השטפים בין הסדימנט לעמודת המים - נושא שלמיטב ידיעתנו לא נלמד כמעט באגן המזרחי של הים התיכון.

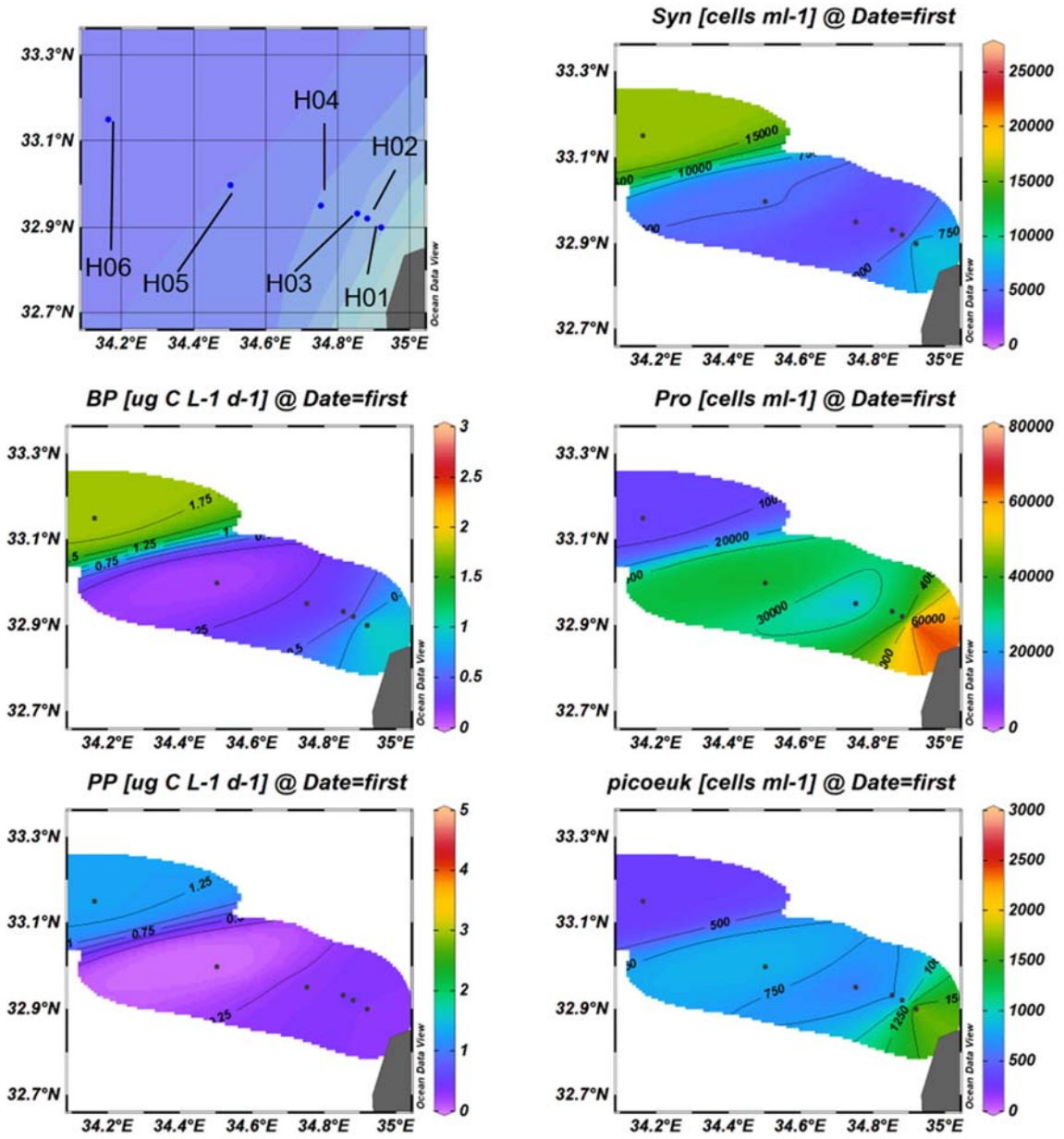


איור 4.1: הפיזור האנכי של (A) *Synechocccus*, (B) *Prochlorococcus*, (C) Pico-eukaryotes ו- (D) יצרנות ראשונית במהלך דיגומי קיץ (A,C,E,F) וחורף (B,D,F,H) בתחנה H05.

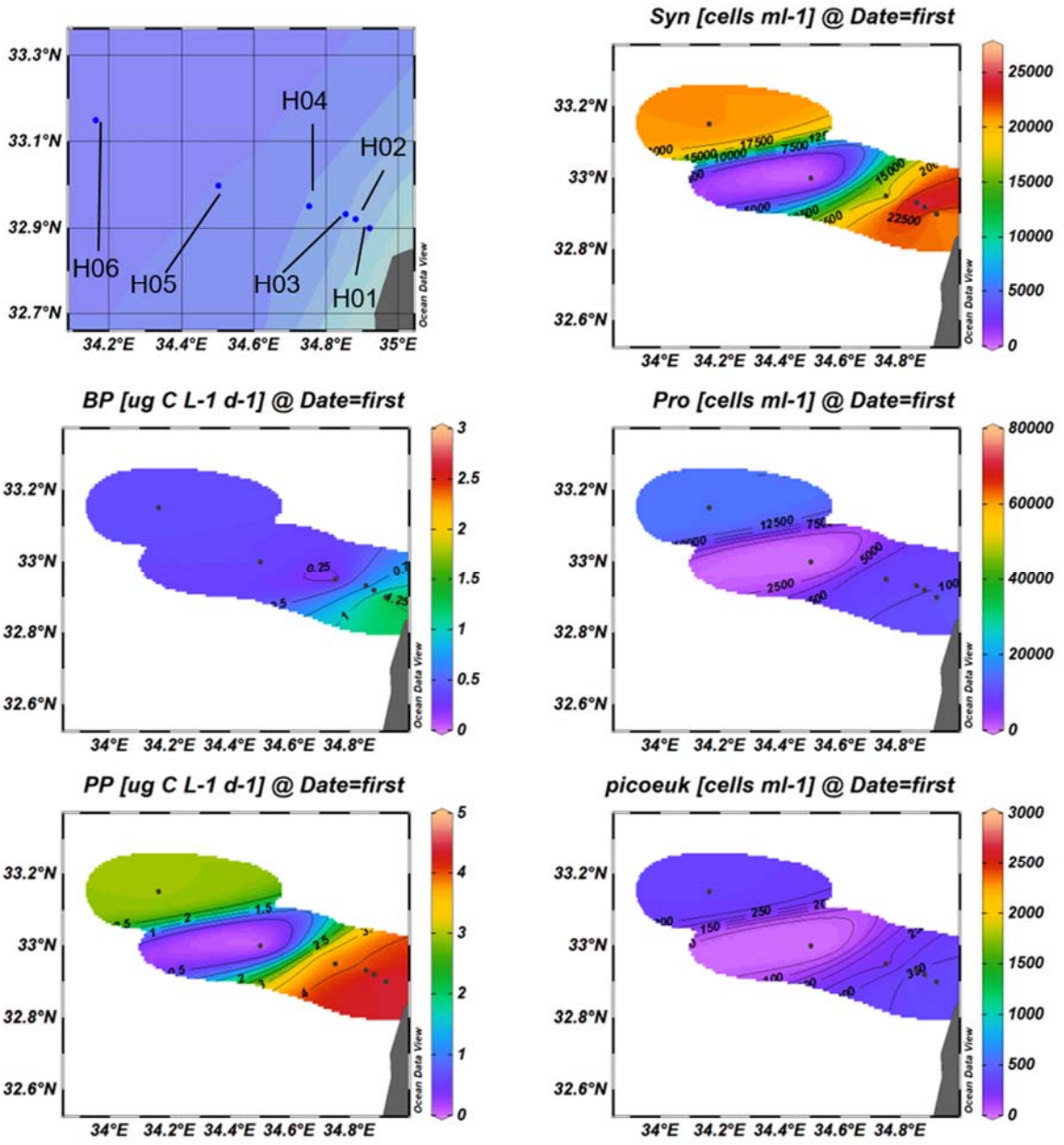


איור 4.2: הפיזור האנכי של חיידקים הטרוטרופים (A,B) וערכי היצרנות החיידקים (C,D) כפי שנמדד בדיגומי הקיץ (A,C) והחורף (B,D) בתחנה H05.

נוסף לפיזור האנכי שתואר לעיל (איורים 4.1 ו- 4.2), ערכי הפיקופיטופלנקטון, היצרנות הראשונית, והיצרנות החיידקית הדגימו פיזור מרחבי שהשתנה עם המרחק מהחוף (איורים 4.3 ו- 4.4). ככלל, ביומסה גבוהה של אצות/ציאנובקטריות נמצאה בסמיכות לחוף שהלכה וירדה בהדרגה עם ההתרחקות מהחוף. בהתאמה, ערכי היצרנות הראשונית והחיידקית היו גבוהים יותר סמוך לחוף. מי חוף בדרך כלל עשירים יותר בנוטריאנטים מאשר מי הים הפתוח (גם ממקורות אנתרופוגנים), ולפיכך אין זה מפליא כי ערכי הביומסה והיצרנות של המיקרואורגניזמים גבוהים דווקא שם. יש להמשיך ולעקוב אחר פרמטרים אלה גם בזמן וגם במרחב משום שמי חוף מוסעים דרך קבע לים הפתוח ומכאן שיכולים להשפיע בסקאלות מרחביות גדולות.



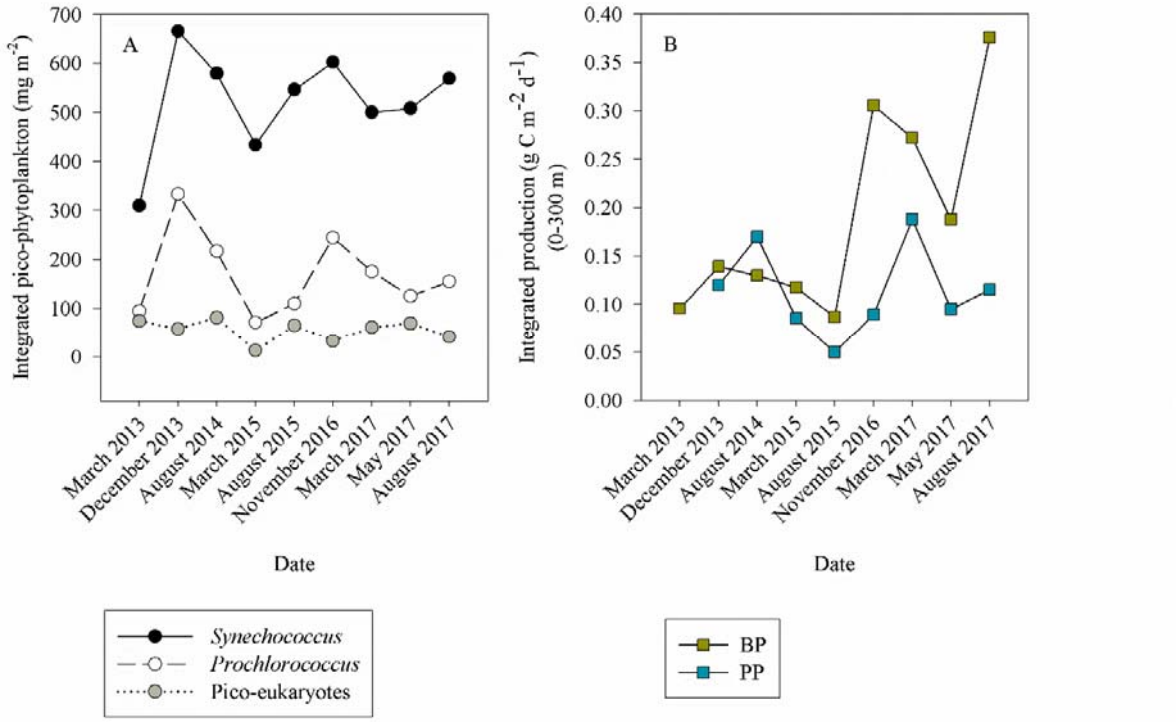
איור 4.3: הפיזור המרחבי בפני השטח של פיקופיטופלנקטון וערכי יצרנות ראשונית וחיידקית בין תחנות H01 (קרוב לחוף) ל- H06 (רחוק מהחוף) בדיגום הקיץ. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding. השטח הלבן מציין את גבולות האינטרפולציה (אין מספיק מידע).



איור 4.4: הפיזור המרחבי בפני השטח של פיקופיטופלנקטון וערכי יצרנות ראשונית וחיידקית בין תחנות H01 (קרוב לחוף) ל- H06 (רחוק מהחוף) בדיגום חורף. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding. השטח הלבן מציין את גבולות האינטרפולציה (אין מספיק מידע).

כאשר בוחנים את השינויים הרב-שנתיים בריכוז הפיקופיטופלנקטון בתחנה H05 (ים פתוח, ללא השפעות חופיות ישירות) החל משנת 2013 ועד 2017, ניתן לראות שאצות כחולית, ובעיקר מסוג *Synechococcus*, מהוות את הביומסה הדומיננטית לעומת אצות אאוקריוטיות (איור 4.5). תצפיות אלו מתיישבות עם עקת הנוטריאנטים במים העליונים (בעיקר ב- 100 המטרים העליונים) המאפיינת את מי אגן הלבנט, "שמאפשרת" גדילה של ציאנובקטריות ואורגניזמים קטנים עם יחס גבוה בין שטח הפנים של התא לנפחו.

באופן דומה, היצרנות החיידקית (BP) על פי רוב גבוהה יותר מערכי היצרנות הראשונית (PP), הן בדיגום הקיץ והן בדיגום החורף של 2015, דבר המצביע על מחזור נוטריאנטים מהיר בתהליכים מיקרוביאלים הטרוטרופים על פני אוטוטרופים. נראה כי מגמה זו של יצרנות חיידקית גבוהה מיצרנות ראשונית (0-300 מ') הולכת ומתחזקת בדיגומים האחרונים (החל מדיגום אוגוסט 2015 ואילך). ייתכן שחלק מהשינויים קשורים בהתחממות מי השטח ושינויים בעומק הערבוב החורפי. כפי שמוצג בפרק 1, בתקופת הקיץ בשנים 2015-2017 שכבת מי השטח (LSW) ממשיכה לשמור על אנומליה חיובית בטמפרטורה (0.5 – 1.0 C°) ביחס לערכים הממוצעים (2002-2017) בעונה. יש לעקוב אחר מגמה זו שהינה בעלת משמעויות אקולוגיות רבות, למשל על "כושר" המערכת המיקרוביאלית לקבע פחמן דו-חמצני מהאטמוספירה ביחס לנשימה.



איור 4.5: השינוי בזמן ב- (A) מיני פיקופיטופלנקטון ו- (B) יצרנות ראשונית וחיידקית בתחנה H05 (מייצג "ים פתוח") בין 2013 ל- 2017. הערכים מוצגים כאנטגרל ל- 300 המטרים העליונים של עמודת המים.

<u>פרק 5- ניטור נתונים א-ביוטיים במים חופיים בים תיכון באמצעות תחנות מדידה רציפות בקצה מזח הפחם בחדרה ובאשקלון (2.3 ק"מ מהחוף) (מרכז, ד"ר אלי ביטון,</u> elib@ocean.org.il**<u>)</u>**

החל משנת 1991 המכון לחקר ימים ואגמים מפעיל תחנת ניטור קבועה לאיסוף נתונים מטאו-ימיים בקצה מזח הפחם של תחנת הכוח בחדרה, ובשנת 2012 נוספה תחנה דומה בקצה מזח הפחם באשקלון. שתי התחנות ממוקמות במרחק 2.3 ק"מ מהחוף בעומק מים של כ-30 מטר. הנתונים מהתחנות מעובדים באופן אוטומטי ומשודרים לחיא"ל לתצוגה באתר של מרכז המידע הימי הלאומי (www.ocean.org.il) וכוללים בין היתר מדידות גלים, פרופיל זרמים, טמפרטורה, מליחות, רוח, כלורופיל, חמצן מומס ועוד. נתוני חצי שנה נגישים לציבור להורדה כטבלת אקסל מהאתר.

המטרה של הפעלת תחנות הניטור המטאו-ימיות היא יצירת בסיס נתונים סביבתי לאפיון המערכת האקולוגית, תהליכים הידרודינמיים, ולמעקב אחר מגמות בזמן ובמרחב באזור החוף הים תיכוני של ישראל, ובראייה אסטרטגית - לסייע למקבלי ההחלטות בנושאים הנוגעים לניצול משאבי הים התיכון, פיתוח תשתיות לאומיות ושמירה על הסביבה הימית. ישנה חשיבות רבה להפעלה של שתי תחנות ניטור לפחות, כך שיתאפשר ייצוג של המערכת הימית לאורך החוף. דוגמה טובה לכך מתקבלת מתמונה של תפוצת ריכוזי כלורופיל במימי החופין, כפי שהופקה מצילומי לוויין, המצביעה על קיומו של גרדיאנט עונתי בביומסה של אצות בין חלקיה הדרומיים והצפוניים של רצועת החוף. מכאן החשיבות הרבה לבצע מדידות א-ביוטיות באמצעות שתי תחנות לפחות שמייצגות גרדיאנט זה.

מאז הקמתן, תחנות הניטור החופיות בחדרה ובאשקלון תורמות ליצירת בסיס נתונים מטאו-ימי משמעותי, שמשמש כמקור מידע עיקרי לביצוע מחקרים וסקרים סביבתיים. אלו כללו בעבר בדיקות התכנות של הקמת איים מלאכותיים, פעולות הניטור שנדרשו בעקבות הפעלת מתקן ההתפלה בחדרה, אפיון משטר הזרמים מול חוף דור לצורך תכנון הנחת צינור הגז של חברת נובל אנרגיי באזור זה, ועוד. כמו כן, נתונים ממאגר המידע מסופקים לצורכי מחקר לפי דרישה (מעל 23 עבודות מסטר ודוקטורט עד כה), ובכך תורמים לחקר הים התיכון על כל גווניו.

תמצית מאפייני המדידה הרציפה בתחנות הניטור בחדרה ובאשקלון

הרכבי החיישנים בתחנת הניטור באשקלון ובחדרה זהים בעיקרם. כאמור, תחנת הניטור ממוקמות בקצה מזח הפחם של תחנות הכוח בחדרה ובאשקלון. מיקומים אלו נבחרו כאתרים המייצגים ביותר מבחינת הסביבה הימית ובזכות קרבתם למתקנים קבועים וקשיחים בעומק מים של 27 מ' בקרוב. המידע הנאסף מהתחנות מועבר לחיא"ל באופן שוטף וחלקו מוצג באתר מרכז המידע הימי הלאומי באינטרנט (בשלב זה, לבקשת מערכת הביטחון, נתוני הזרמים באשקלון מוצגים באתר בעיכוב של יממה). רוב המדידות זמינות באתר של מרכז המידע הימי הלאומי: http://isramar.ocean.org.il/isramar2009/. רשימת מערכות החיישנים המשותפות לשתי תחנות הניטור מפורטת להלן:

א. מד גלים וזרמים כיווני ומד פרופיל הזרם הכיווני בכל עמודת המים, ובכלל זה גם מד טמפרטורת מי הים (דגם WHMW600 מתוצרת חברת Teledyne RD Instruments). המכשיר מוצב על קרקעית הים מעט דרומית לדולפין הרתיקה המערבי שבקצה מזח הפחם בעומק 27 מ' בקרוב. נתוני המדידה מהמכשיר מועברים בזמן אמת באמצעות קו חשמל ותקשורת לארון תקשורת, שם הם עוברים באופן אוטומטי עיבוד ראשוני. הנתונים המעובדים מוזרמים ברשת האינטרנט למרכז המידע הימי הלאומי

וכן משרתים גופים ממלכתיים שתורמים להפעלתן (משרד התחבורה-נמל חדרה, תחנת הכוח של חח"י בחדרה, החברה להגנת המצוק החופי).

ב. מערכת ניטור בזמן אמת של מפלס הים המבוססת על מד לחץ תת-ימי מתוצרת חברת Paroscientific Inc., מדגם Intelligent Digiquartz 8800. מערכת זאת מוצבת אף היא בעומק מים של כ-11.0 מ'. החיישן, שהינו המדויק והמתקדם מסוגו (עובד על בסיס גביש קוורץ), בעל דיוק של 0.5 מ"מ ורזולוציה אינסופית לתחום הלחצים PSIA 100 – 0.

ג. מערכת ניטור הלחץ האטמוספרי (ברומטר) מתוצרת חברת SETRA Inc. דגם Setra 470 בעלת רזולוציה זהה למערכת בסעיף ג' לעיל. יחידה זאת משמשת לתיקון תרומת הלחץ האטמוספרי בחישובי מפלס פני הים הרגעיים ביחס לרום אפס האיזון הארצי. מערכת הדיגום, איסוף ועיבוד נתוני מפלס הים בזמן אמת, פותחה במימון משותף של חיא"ל ושל הארגון הבין-ממשלתי " The Mediterranean Science Commission (ראשי תיבות בצרפתית CIESM)". עבודה זו נעשתה כחלק ממאמץ לניטור מפלס הים והעברת המידע בזמן אמת למערכת ההתרעה המוקדמת מצונאמי NEAMTWS, שממוקמת בים התיכון ובחופי אירופה בצפון-מזרח האוקיינוס האטלנטי ובימים המקשרים, ע"י ועדת התאום הבין-ממשלתית (ICG) של IOC/UNESCO.

ד. מערכת ניטור סביבתי הכוללת מד מוליכות חשמלית, טמפרטורה (בנקודה בעומק אחד) ומד לחץ (CTD), עכירות, פלואורסנציה של כלורופיל וחמצן מומס מתוצרת חברת SeaBird, דגם SBE16plusV2. דגם זה בעל מנגנון הגנה מגידול צמדה ימית (antifouling). על גבי ה-CTD מחוברים חיישנים נוספים של חמצן מומס, פלואורסנציה ועכירות של חברת WettLabs. המערכת ממוקמת בעומק מים של כ-13 מ'. מכשירי ה-CTD מוגנים מהסביבה הימית במארזים אטומים לאור, כדי למנוע צמדה ימית הפוגעת בכבלי התקשורת החשופים ובחלקי הפלסטיק של המערכת. הנתונים הנמדדים מנותחים במקום, ומשודרים באמצעות מודם סלולרי לכתובות FTP ברשת האינטרנט של שרת הנתונים של מרכז המידע הימי הלאומי שבחיא"ל.

מערכות הניטור הסביבתי באמצעות CTD (חיישנים ל Conductivity, Fluorecense, Oxygen, Turbidity Temperature, Depth) הותקנו בשלבים מאוחרים יחסית והחלו לפעול באופן רציף בתחילת 2014. עקב תקלה בכבל התקשורת הימי בתחנת חדרה קיים חסר במדידות עבור חודשים ינואר-מרץ 2016, ובתחנת אשקלון אירעה תקלה דומה שגרמה להפסקת המדידה החל מחודש פברואר ועד יוני 2016. לאחר חידוש המדידות באשקלון הן הופסקו שוב ב-24 בחודש אוגוסט 2016 ולא חודשו מאז, עד לסיום כיול ה- CTD.

איורים 5.1 ו- 5.2 מראים מגמות בזמן של נתוני ה- CTD במהלך השנים 2014 ועד 2017, בתחנות חדרה ואשקלון. איור 5.3 מדגים את ההבדלים בין הערכים הנמדדים בשתי התחנות. איור 5.4 מציג ערכים קלימטולוגים (עונתיים) ממוצעים לשתי התחנות ואיור 5.5 מדגים את ההבדל בין שתי התחנות לאורך השנים (באמצעות חישוב ממוצע נע בחלון של 10 ימים).

ערכי הטמפרטורה כפי שנמדדו בשתי תחנות מתארים את המהלך העונתי ומגיעים לשיאם באמצע חודש אוגוסט (כ 31°C). בשנת 2016, נרשמה עלייה מהירה מאוד של ערכי טמפרטורה בתחנת חדרה (איור 5.1)

במהלך חודש יוני העולה בקנה אחד עם האקלים הקיצוני שנמדד בחודשים יוני-יולי של שנת 2016 – היינו ערכי טמפרטורה גבוהים ביחס לממוצע הרב שנתי. בתקופות המדידה המקבילות בין שתי התחנות, במירב הזמן, ובמיוחד בחודשי האביב והקיץ, נמדדים ערכים גבוהים יותר בתחנה באשקלון, עד לכדי 2 מעלות צלסיוס (איור 5.3). השוואה של נתונים קלימטולוגיים מדגימה את ההבדלים בין שתי התחנות (איורים 5.4 ו- 5.5), המוסברים על ידי שינויים "טבעיים" בין הדרום לצפון (שינויים גיאוגרפיים) ועל ידי שינויים הנובעים מהשפעות מקומיות.

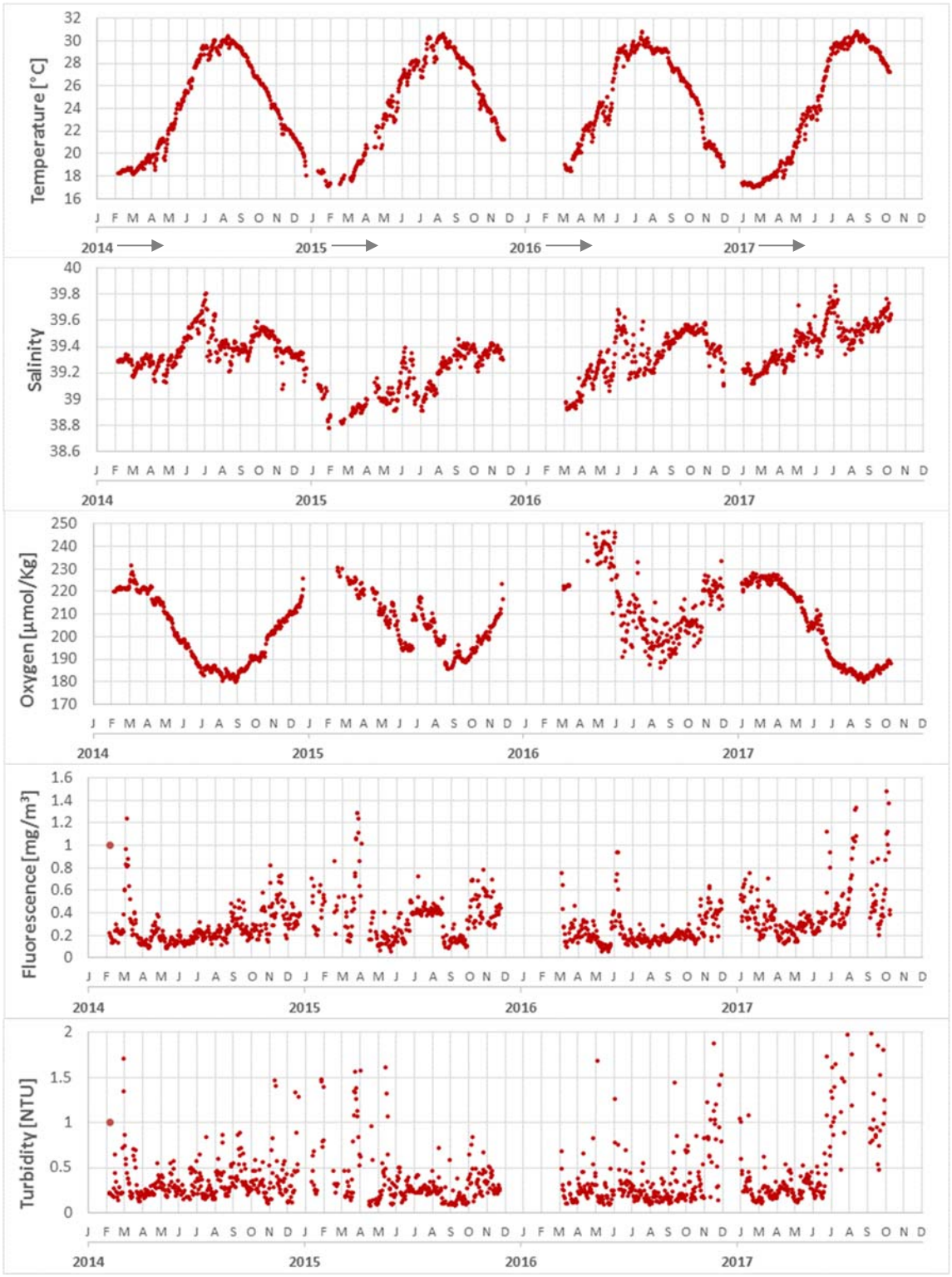
ערכי המליחות בתחנות תואמים לערכים הקלימטולוגיים של מי פני השטח הלבנטיניים. לא נצפית מגמה עונתית מובהקת בסדרת נתוני המליחות, כמו גם הבדל מובהק בין התחנות. בשתי סדרות הנתונים נראות קפיצות חוזרות ונשנות של ערכי מליחות גבוהים אשר לא נצפה קשר ישיר ביניהן, וייתכן כי מקורם מהשפעה של הזרמות מי תמלחות ממתקני התפלת מים הממוקמים בקרבת התחנות.

ריכוזי החמצן שנמדדו בשתי התחנות נשמרים סביב ערכי 100% רוויה ומדגימים את הקשר ההפוך הצפוי לטמפרטורת המים. ערכי החמצן שנמדדו בתחנה בחדרה במהלך רוב שנת 2016, ובתחנת אשקלון במהלך קיץ 2016, אינם קונסיסטנטיים, בהשוואה למדידה בשנים אחרות, ונראה כי נבעו מתקלה בסנסור החמצן. רגשים אלו נשלחו לתיקון וכיול זה מכבר.

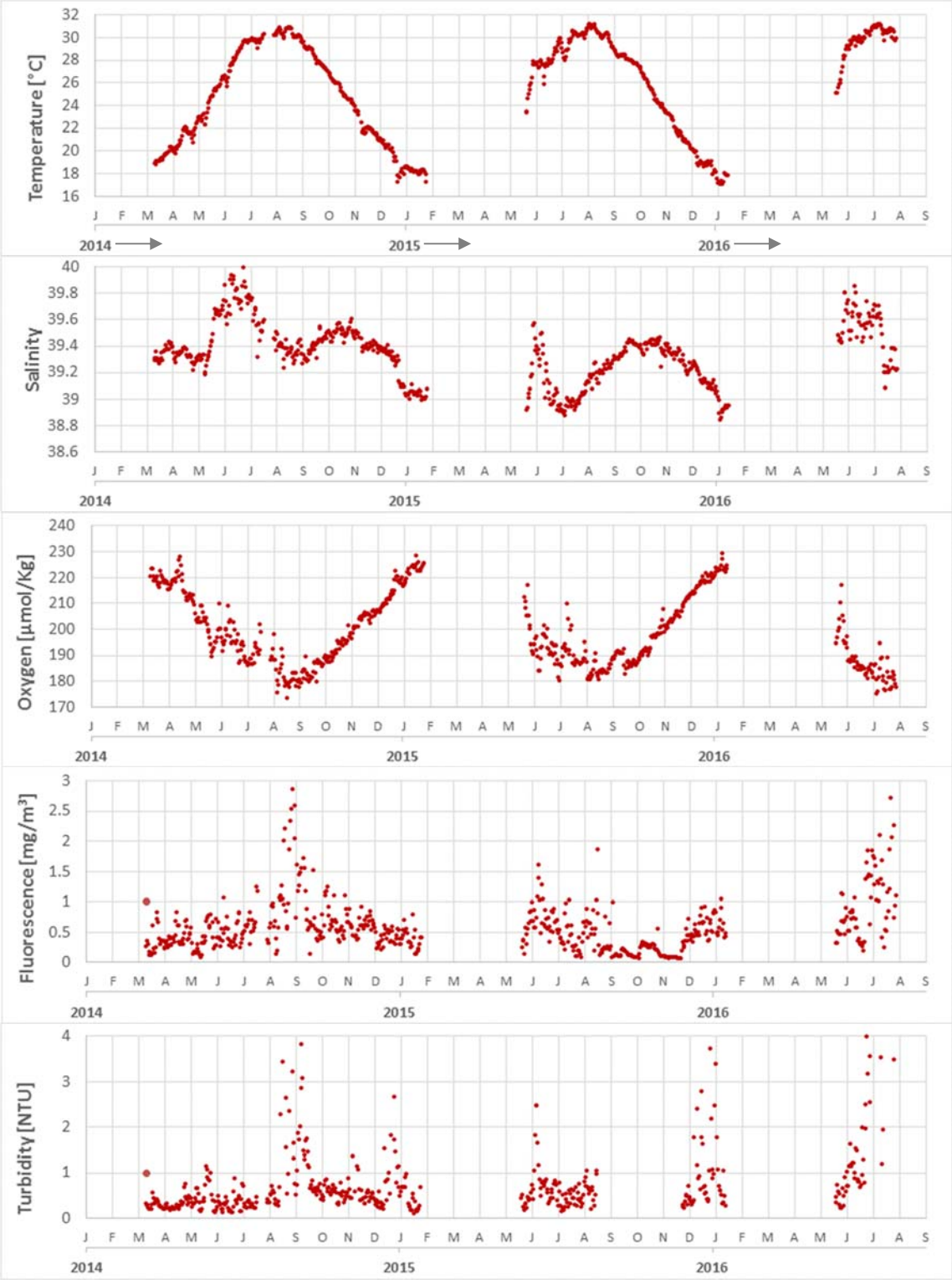
בדומה לשנים קודמות, ולאורך מירב תקופת המדידה, נמצאו ערכי הפלורוסנציה בטווח הצפוי למים חופיים בשתי התחנות, עם ערכים גבוהים יותר בתחנת אשקלון, בעיקר במהלך חודשי האביב והקיץ (איור 5.4), הנובעים ככל הנראה מתנאי ההעשרה של נוטריאנטים כתוצאה מזיהום מרצועת עזה ו/או מהזרמות אחרות לים (מי קירור, תמלחות, מי טיוב בארות וכדומה). בשתי התחנות, נמדדו אירועים קיצונים של ריכוזי כלורופיל (פלורוסנציה) גבוהים אשר אינם פיזיקאליים ומשויכים לחסימה פיזית של הסנסור האופטי ו/או החזר פלורסנטי שאינו קשור לנוכחות אצות במים.

באופן דומה, ממוצע העכירות הנמדד בתחנות חדרה ואשקלון נשמר בטווח הצפוי למי הרקע, אולם ישנם הרבה אירועים קצרי מועד של עלייה קיצונית בערכים אותם ניתן אולי לשייך להפרעות/הזרמות מקומיות. גם פרמטר זה מראה ערכים גבוהים יותר בתחנת אשקלון במהלך חודשי הקיץ. דמיון גדול בסדרות הקלימטולוגיות של פלורסנציה ועכירות בשתי התחנות מרמז על כך שעיקר סיגנל העכירות נובע או קשור ישירות לעליית היצרנות הראשונית.

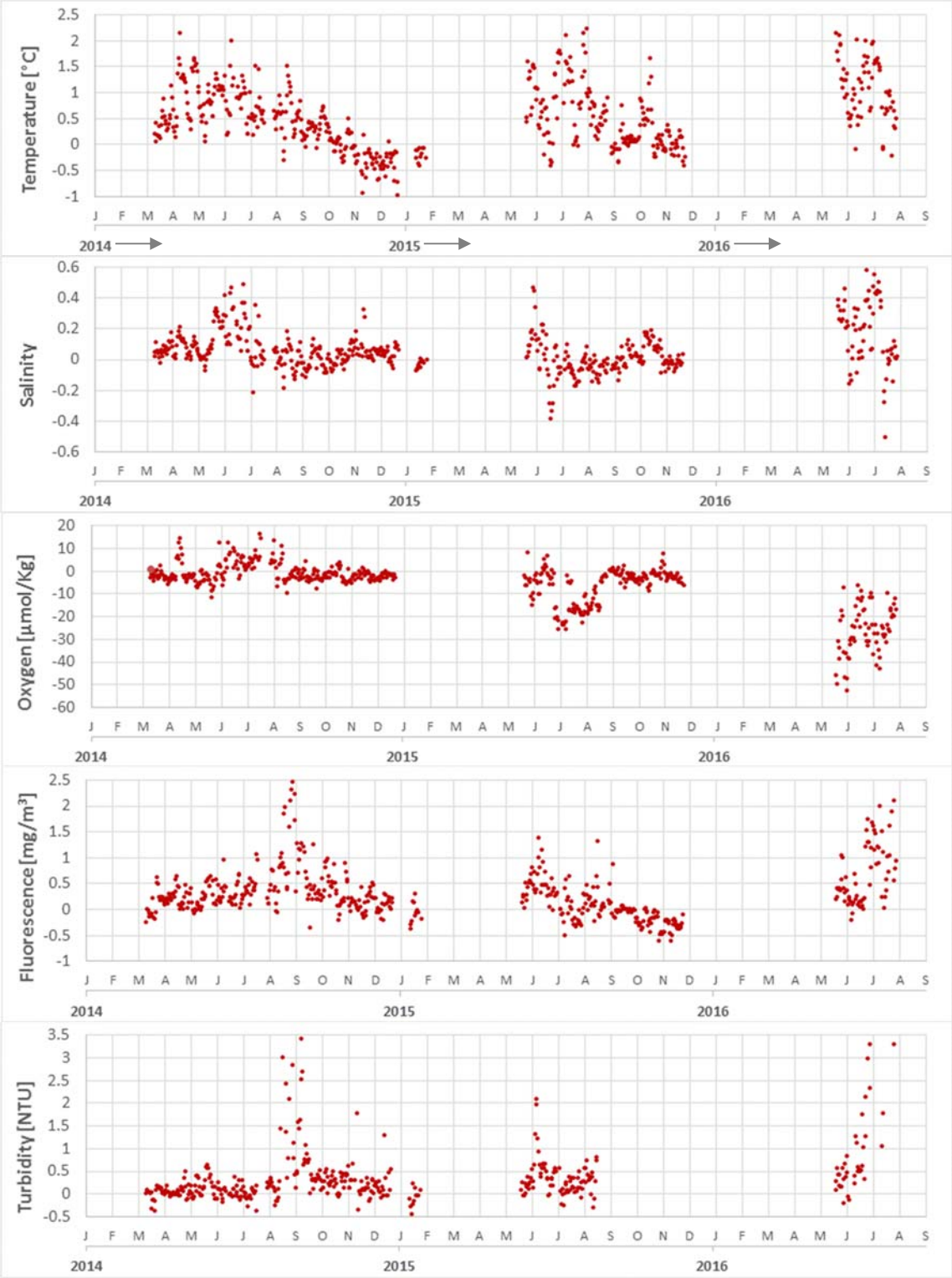
נתונים רב-שנתיים של מדידות מפלס ים בתחנה בחדרה מוצגים באיור 5.6. הנתונים מראים שבשנים 1993-2014 מפלס הים היה במגמת עלייה בקצב שעמד על כ 5.9 מ"מ בממוצע שנתי, אולם בשנים 2015-2017 נראה כי חלה התייצבות מסויימת ואולי אף ירידה במפלס הים. עם זאת פרק זמן זה קצר מכדי לקבוע האם מדובר בשינוי מגמה. במהלך 1992 עד 2016 (כ- 23 שנה) נמדדה עליה ממוצעת של כ- 4.2 מ"מ בשנה.



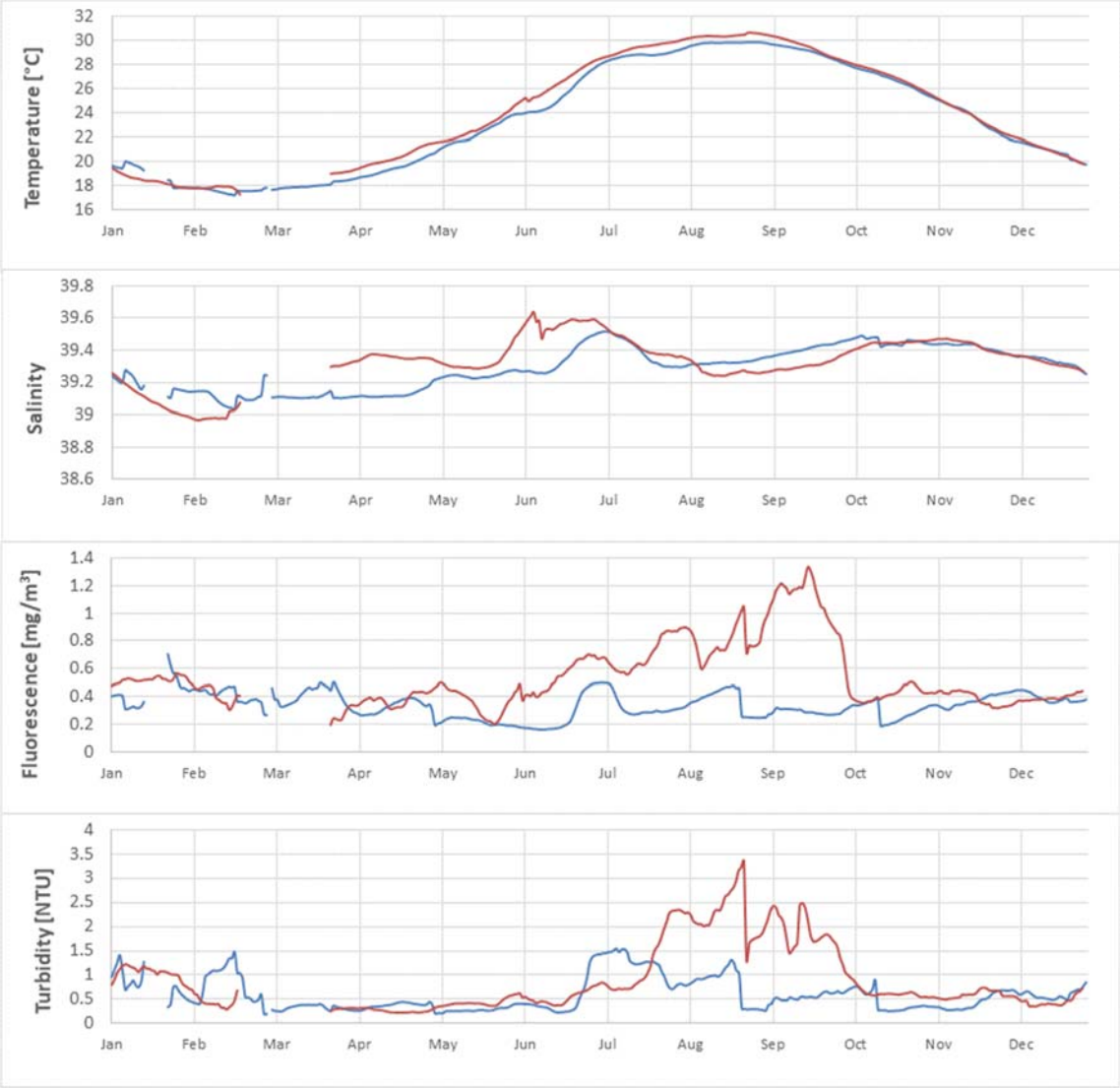
איור 5.1: נתוני CTD של המשתנים הנמדדים בתחנת חדרה לאחר מיצוע יומי לשנים 2014-2017.



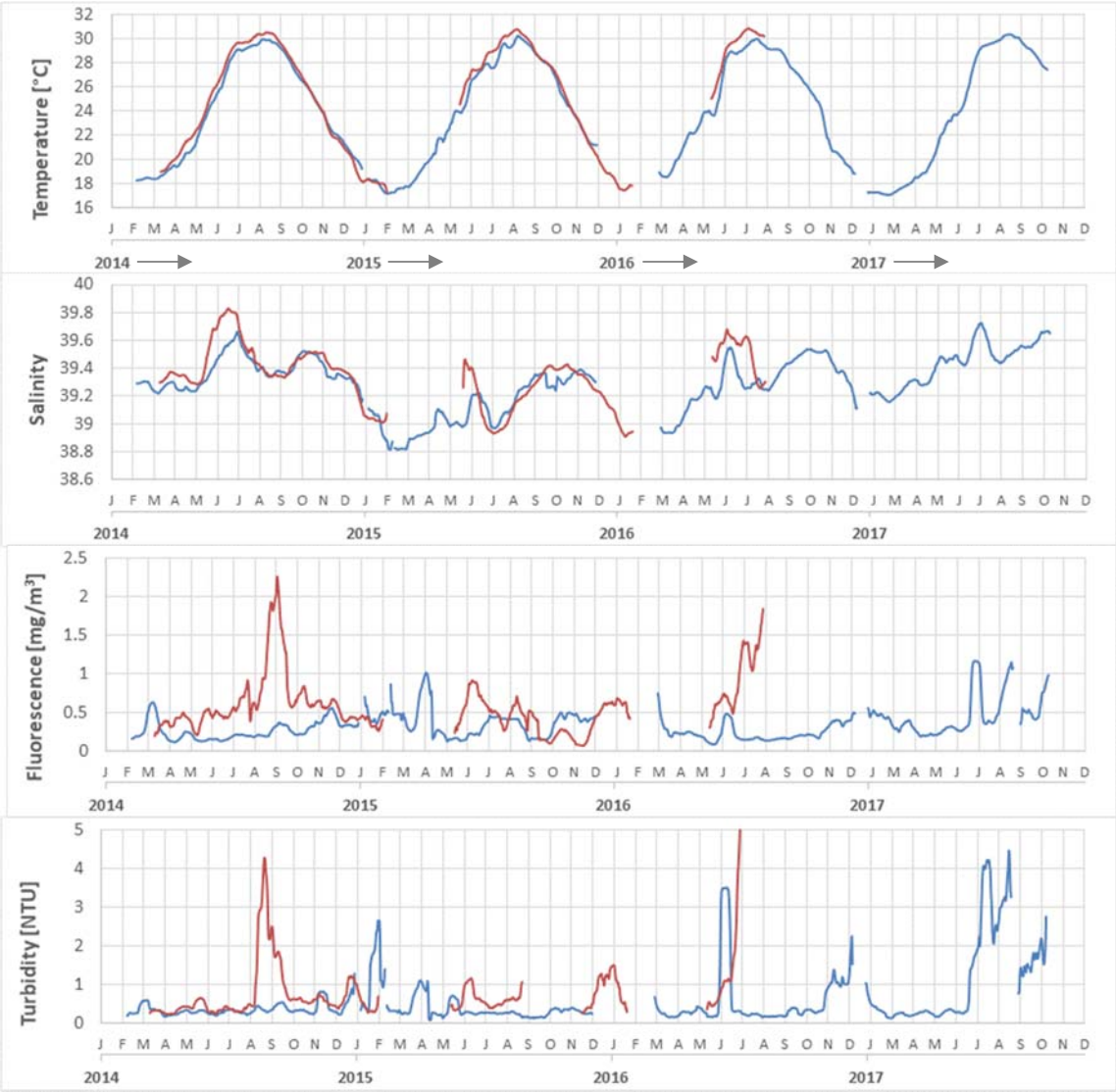
איור 5.2: נתוני CTD של המשתנים הנמדדים בתחנת אשקלון לאחר מיצוע יומי לשנים 2014-2016.



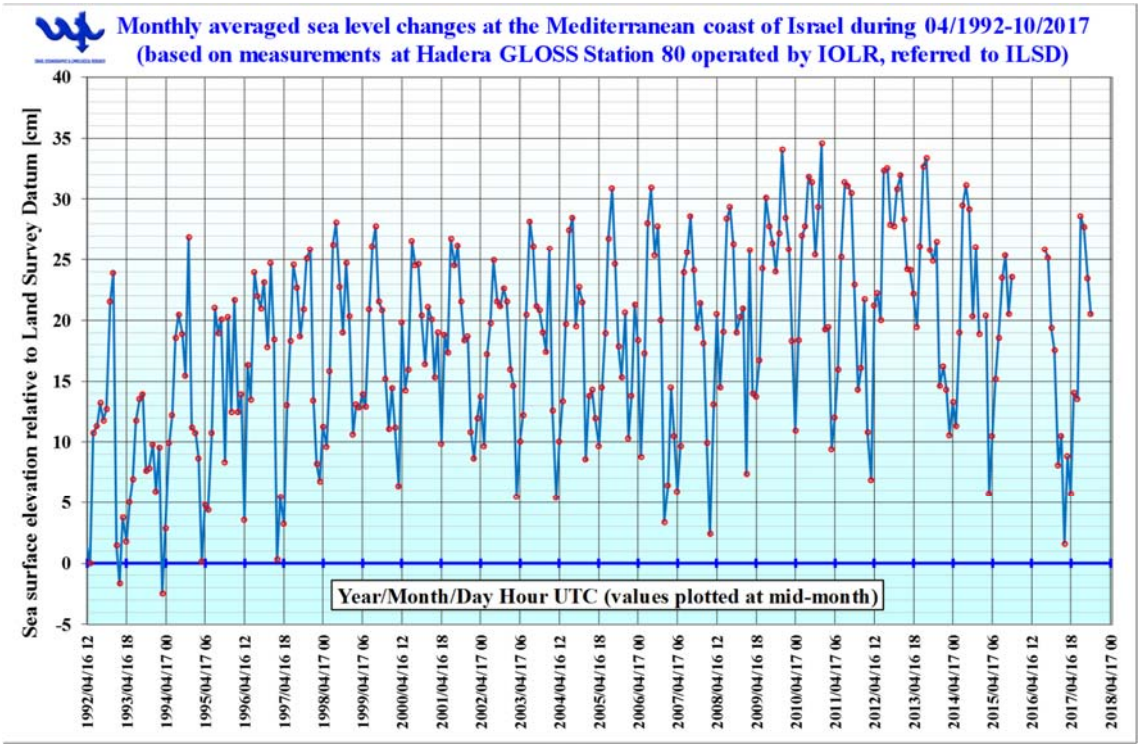
איור 5.3: השוואת נתוני CTD של המשתנים הנמדדים בתחנות אשקלון וחדרה לאחר מיצוע יומי לשנים 2014-2016. הערכים המוצגים הינם השארית לאחר חיסור הערך הנמדד בתחנת חדרה מזה הנמדד בתחנת אשקלון.



איור 5.4: השוואת נתונים קלימטולוגיים של המשתנים הנמדדים בתחנות אשקלון (אדום) וחדרה (כחול). הערכים המוצגים הינם ממוצע רב שנתי שחושב לאחר החלקת הממוצע היומי (המוצג באיורים הקודמים) באמצעות חישוב ממוצע נע בחלון של 10 ימים.



איור 5.5: השוואת נתונים קלימטולוגיים של המשתנים הנמדדים בתחנות אשקלון (אדום) וחדרה (כחול). הערכים המוצגים הינם ממוצע רב שנתי שחושב לאחר החלקת הממוצע היומי (המוצג באיורים הקודמים) באמצעות חישוב ממוצע נע בחלון של 10 ימים.



איור 5.6: נתוני מפלס ים בתחנת חדרה 1992 עד 2017.

נספח 1

יעדי התכנית הניטור הרחבה

1. אימוץ האינדיקטורים והיעדים למצב סביבתי טוב (Good Environmental Status) ליישום "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach, EcAp) של מוסדות אמנת ברצלונה (מדינות הים התיכון) שמתבססת על הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD). אינדיקטורים אלו אומצה גם ע"י ארגון הסביבה של האו"ם (UNEP) לבניית תכנית הניטור הבין לאומית בים התיכון לה שותפה מדינת ישראל.

האינדיקטורים מפורטים להלן בתרגום חופשי:

תחום	פירוט (יעדים)	פעולות ניטור
1. מגוון ביולוגי	המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופייניים לאזור ולזמן. כמו כן, א. מתן כלים לצורך בחינה ועדכון תקופתי של מדיניות ניהול שימושים במרחב הימי כגון ממשק דייג, שמורות טבע, וחקלאות ימית. ב. תמיכה ועדכון של מדיניות הפיתוח המבוססת על המיפוי הראשוני הקיים של בתי הגידול וערכיותם. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת אמנת ברצלונה לשמירה על המגוון הביולוגי.	מעקב אחר שינויים במגוון המינים ומצב בתי הגידול. ניטור המגוון הביולוגי בבתי גידול מייצגים של קרקעית קשה ובתי גידול של קרקעית רכה.
2. מינים פולשים	מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	מעקב אחר חדירת והתבססות מינים פולשים ומינים רעילים. מעקב אחר השפעות מינים פולשים על המערכת המקומית.
3. דגים וחסרי חוליות בעלי ערך מסחרי	אוכלוסיות מיני הדגים וחסרי החוליות המסחריים נמצאות ברמה ביולוגית בטוחה, בעלות תפזורת גילאים וגודל המעידה על מאגר מדגה יציב קיום מרכיבי מארג המזון מבטיחים שמירה לטווח ארוך על השפע ויכולת ההתרבות של אוכלוסיות הדגים המסחריים	מעקב אחר פעילות דייג. מצב אוכלוסיית הדגה ויכולת ההתרבות של מאגר המדגה
4. מארגי המזון הימיים	כל האלמנטים הידועים של מארג המזון הימי נמצאים בנפוצות נורמלית ומגוון המינים נשמר ברמה המאפשרת קיום ארוך טווח של המינים השונים ואת יכולתם להתרבות.	מעקב אחר יציבות מארג המזון הימי
5. העתרה בחומרי דשן (אאוטרופיקציה)	האוטרופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	איתור ומעקב אחר מקורות העתרה פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון פתחי נחלים ותשתיות הזרמת שפכים שונות והערכת מידת השפעתם האפשרית על הסביבה הימית. מעקב אחר התפוצה של הנוטריינטים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה העתרת מימי החופין. יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים.

6. שלמות קרקעית הים	שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס.	ניטור מאזן הסדימנטים, כולל הסעה וסדימנטציה, וקצבי בליה. השפעות של תשתיות ימיות על שלמות הקרקעית בקנה מידה רחב
7. תנאים הידרוגרפיים	שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	ניטור ארוך טווח של המערכת ההידרוגרפית למעקב אחר השפעות כגון שינויי אקלים (מפלס ים, טמפ׳, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחיידקית).
8. זיהום ים	ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית ואינם במגמת עליה.	א. איתור ואיפיון מקורות זיהום פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון חופים, פתחי נחלים ותשתיות שונות. ב. קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות. ג. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה מזיהום מימי החופין (כימי וחיידקי). ד. יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים. ה. ניטור איכות מי הים כמי גלם להתפלה. ו. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת האמנות השונות למניעת זיהום ים.
9. מזהמים בדגי מאכל ובחסרי חוליות מסחריים	ריכוז המזהמים במאכלי הים מתחת לרמה הבטוחה	א. בדיקת ריכוזי מזהמים בדגי המאכל ובחסרי חוליות מסחריים בישראל
10. פסולת ימית	תכונות וכמות הפסולת הימית אינן מהוות מטרד ומפגע למערכת האקולוגית החופית והימית	ניטור כמויות וסוג הפסולת בים ובחופים ניטור תוצרי וקצב פירוק אשפה בים והשפעתם הגדרת נקודות חמות המהוות מקור לפסולת ימית וחופית ומעקב אחר השפעתן
11. רעש תת ימי וסוגי אנרגיה נוספים	הכנסת אנרגיה למים ממקור אנושי, לרבות רעש, נשמרת ברמות שאינן מזיקות למערכת האקולוגית הימית.	א. ניטור רמות הרעש לאורך חופי ישראל ב. ניטור השפעת הזרמת מי קירור ואנרגיית חום ממקורות נוספים על המערכת הימית (תוך הישענות על תכניות הניטור המקומיות השונות)

2. פיתוח ותחזוקת של **מרכז מידע ימי לאומי** (בחיא״ל)

א. פיתוח ותחזוקה של מאגר מידע שיאסוף את כל המידע המדעי והנתונים של תוכניות הניטור החדשות וההיסטוריות מן מהניטור הלאומי ומתכניות הניטור המקומיות.

ב. ביצוע בדיקה שוטפת של איכות ואמינות נתוני הניטור של התוכניות המקומיות.

ג. הנגשת המידע המדעי ונתוני הניטור לציבור ובעלי העניין תוך קביעת מדיניות פרסום שקופה והוגנת ועמידה בסטנדרטים בינלאומיים.

3. תמיכה ב**תשתיות איסוף נתונים** (תשתיות ניטור לאומי)

א. תחנות ומערכות למדידה רציפה של פרמטרים פיזיקליים (לדוגמא טמפ׳, מליחות, גלים, זרמים)

ב. מערכת רדאר למדידות זרמים

ג. אחזקה וכיול מודלים אוקיאנוגרפיים אופרטיביים

ד. הכנת תרחישים ריאליים לצורך התמודדות עם אירועי זיהום.

להלן שיוך פעילות הניטור לדסקריפטורים השונים של הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית.

מספר דסקריפטור MSFD	יעד MSFD	פעילות במסגרת תכנית הניטור הלאומית	שנת התחלה
8 זיהום ים 9 מזהמים בבע"ח ימיים מסחריים (בריאות הציבור)	8 ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית. 9 מזהמים בדגי מאכל ובחסרי חוליות מסחריים לא חורגים מערכי ייחוס או סטנדרטים מקובלים.	מדידת זיהום מימי החופין במתכות כבדות – סדימנטים, חומר מרף, בעלי חיים ימיים	1978
8 זיהום ים 5 אאוטרופיקציה	8 כנ"ל. 5 האאוטרופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	מדידת נורטריאנטים ואפיון מיקרואצות במימי החופין ושפכי נחלים	1990
8 זיהום ים 5 אאוטרופיקציה	כנ"ל	כימות שטפים אטמוספיריים של מתכות ונוטריאנטים	1996
8 זיהום ים	כנ"ל	בחינת סמנים ביולוגיים להשפעות מזהמים	2007
5 אאוטרופיקציה	כנ"ל	ניטור היצרנות הראשונית והחיידקית במימי החופין	2013
במסגרת דירקטיבת המים	אין חריגה מתקן ארצי	ניטור חיידקי בחופי רחצה מוכרזים	שנות ה- 70
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	1 המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופייניים לאזור ולזמן. 2 מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	אפיון הרכב אוכלוסיית מיקרואצות במימי החופין ; כולל מינים בעלי פוטנציאל רעילות	2000
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון הרכב אוכלוסיית חי תוך הקרקעית במימי החופין	2005
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון חברות אקולוגיות בחוף הסלעי	2009 (סוף)
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון חברות אקולוגיות ברכסים תת-ימיים עד עומק מים של 20 מטר	2013
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקעיות רכות	2014
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	ברקודינג	2012
7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים	7 שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	הוצבו תחנות מטאו-הידרוגרפיות של מדידה רציפה – חדרה, אשקלון, מפלס ים	חדרה- 1992 אשקלון - 2013
7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים	כנ"ל	הפלגת חתך מול חיפה	2014
6 שלמות קרקעית/ תהליכים סדימנטולוגיים	6 שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס (קרקעית).	מעקב אחר שינויים סדימנטולוגיים בים רדוד (עד 100 מטר עומק מים)	סקרי עבר ממוקדים

MSFD and Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information	מרכז מידע ימי לאומי	• קליטת נתונים ימיים מגורמי האיסוף, בקרת איכותם, תיעודם ושמירתם בארכיון. • ארגון הנתונים בבסיסי נתונים המאפשרים גישה נוחה לנתונים ושליפתם, עיבודם והצגתם לפי הצורך. • הפעלת מאגר ביו-גיאוגרפי כולל ברקודינג. • הפעלה שוטפת של מודלים לחיזוי ימי ובנית ארכיון של תוצאותיהן. • עיבודים סטטיסטיים של הנתונים והפקת מוצרי מידע בהתאם לצרכי המשתמשים. • קביעת סטנדרטים לאיסוף נתונים ימיים, לבקרת איכות נתונים ולדוקומנטציה של מידע. • הפצת נתונים ומידע בצורות שונות : תדפיסים, דו״חות, תקליטורים, רשת האינטרנט. • קיום קשרים עם מרכזי מידע אוקיאנוגרפיים בחו״ל והחלפת נתונים ומידע. • ייצוג ישראל ברשת הבינלאומית לחילופי מידע אוקיאנוגרפי.	2001 ברקודינג וביו-גיאוגרפי החל ב-2010 ו-2013 בהתאמה.