



חקר ימים ואגמים לישראל
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &
LIMNOLOGICAL RESEARCH

NIO KLL

דו"חות חיא"ל IOLR REPORTS

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2023
ניטור המגוון הביולוגי

דו"ח חיא"ל H21/2024





חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ (חל"צ) Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.(PBC)
חיפה תל-שקמונה, ת"ד 9753, 3109701 Haifa, P.O.B. 9753, Tel-Shikmona,
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8565200 : טלפון :
<http://www.ocean.org.il>

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2023 ניטור המגוון הביולוגי

עריכה וניהול מדעי: איל רהב

דו"ח חיא"ל H21/2024

**איל רהב, ברק חרות, מקסים רובין בלום, תמר גיא חיים, נורית
גורדון, הדס לובינבסקי, סימונה כתב-נעים, ניר שטרן, גיל רילוב**

יולי 2024

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Rahav E., Herut B., Rubin-Blum M., Guy-Haim T., Gordon N., Lubinevsky H.,
Katav-Naim S., Stern N., Rilov G., (2024)*. The National Monitoring Program of
Israel's Mediterranean waters – Scientific Report on Biodiversity for 2023; Israel
Oceanographic and Limnological Research, IOLR Report H21/2024.

* הדו"ח מיועד לשימוש הציבור וגופי הממשלה. לצורך פרסום מדעי של המידע המוצג יש לקבל אישור
מראש מעורכי הדו"ח.

תוכן עניינים:

<u>עמודים</u>	<u>שם הפרק</u>
4	פרק 1 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של פיטופלנקטון בעמודת המים
15	פרק 2 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של חיידקים בעמודת המים והסדימנט
27	פרק 3 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של זואופלנקטון
37	פרק 4 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של חי תוך המצע
37	4.1 - ניטור כלל חי תוך המצע
48	4.2 - ניטור פורמניפרה במדף היבשת
51	פרק 5 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של החי על המצע הרך
57	פרק 6 - ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי ובמצע הקשה

פרק 1 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של פיטופלנקטון בעמודת המים

(מרכזים נורית גורדון ngordon@ocean.org.il ופרופ' איל רהב eyal.rahav@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה, כלהלן: EO1 Biodiversity, EO4 Marine food webs, EO6 Sea-floor integrity, EO9 Pollution

מימי חופים

- אולטרא-פיטופלנקטון היוו את קבוצת האצות הדומיננטית לאורך החוף ובמפרץ חיפה, בדומה למי השטח בים הפתוח, אולם בריכוזים גבוהים יותר. בהתאמה, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מאלה הנמדדים על פי רוב בים הפתוח.
- ריכוזי כלורופיל (מדד לאצות) גבוהים יחסית נמדדו בדרום (אשקלון) ופחתו בהדרגה צפונה (חוף דדו, חיפה). עיקר הביומסה באשקלון נבעה מפריחה של האצה הצורנית מהמין *Chaetoceros* spp. שאינה ידועה כרעילה ונמצאת בכל הדיגומים החל מ-2002. במים הרדודים מול מוצאי נחלי אלכסנדר, ירקון, שורק ותחנת אשקלון נמדדה רמה דומה וגבוהה (פי 2-5) בריכוז התאים, בביומסת האצות ובריכוז הכלורופיל יחסית לשנים קודמות ויחסית לממוצע הרב שנתי.
- ככלל, רוב הכלורופיל במימי החופים ובמפרץ חיפה הוכתב על ידי ציאנובקטריה מסוג *Synechococcus* (כ- 60-70%) ובמידה פחותה יותר ע"י אצות צורניות (diatoms) ודינופלגלטים (כאמור למעט אשקלון בדיגום זה בו נמצאה פריחת צורנית). נראה כי ריכוז הציאנובקטריות עולה בשנים האחרונות – מגמה שיש להמשיך לעקוב אחריה.
- מספר המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index) במפרץ חיפה בדיגום 2023 נותר סה"כ דומה לשנים קודמות, והיה קטן משמעותית מתחנות לאורך החוף דרומית למפרץ. לא נמצא שינוי משמעותי במספר המינים מול מוצאי הנחלים לאורך החוף ביחס לשנה שעברה (איור 1.1).
- מגוון מיני האצות מול מוצאי נחלים בדיגום 2023 נותר דומה לכשהיה בניטור 2022, זאת לאחר ירידה בשנים האחרונות במי החופים בהם עומק הקרקעית כ- 30 מ' (מרוחק מספר ק"מ מהחוף) ובמפרץ חיפה. כללית, נצפית מגמה ארוכת טווח של עליה במגוון ומספר מיני האצות בשנים 2002 עד לערך 2012, ובהמשך ללא מגמה ברורה עד 2023. מגמות אלה קשורות ככל הנראה להפחתת עומסי הנוטריינטים ממקורות יבשתיים בעשור הראשון בלבד.

- לא נמצאו חריגות בממוצע הרב שנתי של ריכוז הכלורופיל או של ערכי היצרנות הראשונית בתחנת תל-שיקמונה (כמייצגת החוף הצפוני שאינו מושפע מנחלים, ממפרץ חיפה וכד') ביחס לממוצע הרב שנתי בין 2013 ל 2023 (איור 1.2). ניתן לראות כי בשנים קודמות היו חריגות נקודתיות מהממוצע הרב שנתי/עונתי, שבד"כ נבעו משינוי במשטר הנוטריאנטים באירועים שונים כגון גשם, אבק והזרמת ביוב, או אירועי זיהום כמו הגעת הזפת לחוף בפברואר-מרץ 2021. לפיכך, מדידות יצרנות, נוסף לביומסה, הן כלי ניטורי רגיש לשינויים קצרי טווח.
- בדומה לשנים האחרונות, בניטור 2023 נמדדה במים הרדודים במפרץ חיפה ביומסה גבוהה של אצות, בעיקר יותר בפתח נחל הקישון. הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים מהממוצע הרב שנתי, בדומה לדיגומי 2021-2022. רוב הביומסה של האצות קשורה להימצאותן של בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (2) כמו גם אצות צורניות.
- מיני אצות בעלות פוטנציאל רעיל לאורך החוף הופיעו בריכוז נמוך ללא חריגות משמעותיות מהממוצע הרב שנתי, למעט תחנת דדו שם נראתה עליה של דינופלגלטים ממין *Prorocentrum minimum*, *Akashiwo sanguinea*, ו *Dinophysis caudata* (איור 1.3). עליה במינים אלה בחוף דדו שנחשב לנקי עשויה להצביע על העשרה מקומית בנוטריאנטים. יש להמשיך לעקוב אחר תופעה זו. ככלל, יש להמשיך לעקוב אחר דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים בחופי ישראל, וממומלץ למדוד ריכוזי רעלנים במים נוסף לשכיחות אצות בעלות פוטנציאל טוקסי, כיוון שהמצאות אצות אין בהכרח משמעותה המצאות רעלנים מומסים במים. בניית היכולות למדוד טוקסינים 'מרכזיים' (כלומר בהתאם לשכיחות האצות הדומיננטיות) נעשית בימים אלה ע"י צוות מדעני חיא"ל.
- כימות, מדידת היצרנות והמגוון של האצות, המהוות את בסיס מארג המזון, הן רגישות לתנאי סביבה משתנים כפי שניתן ללמוד מממצאי הניטור, וחשובות לאפיון תנאי בסיס להערכת חריגות כתוצאה מאירועים סביבתיים.

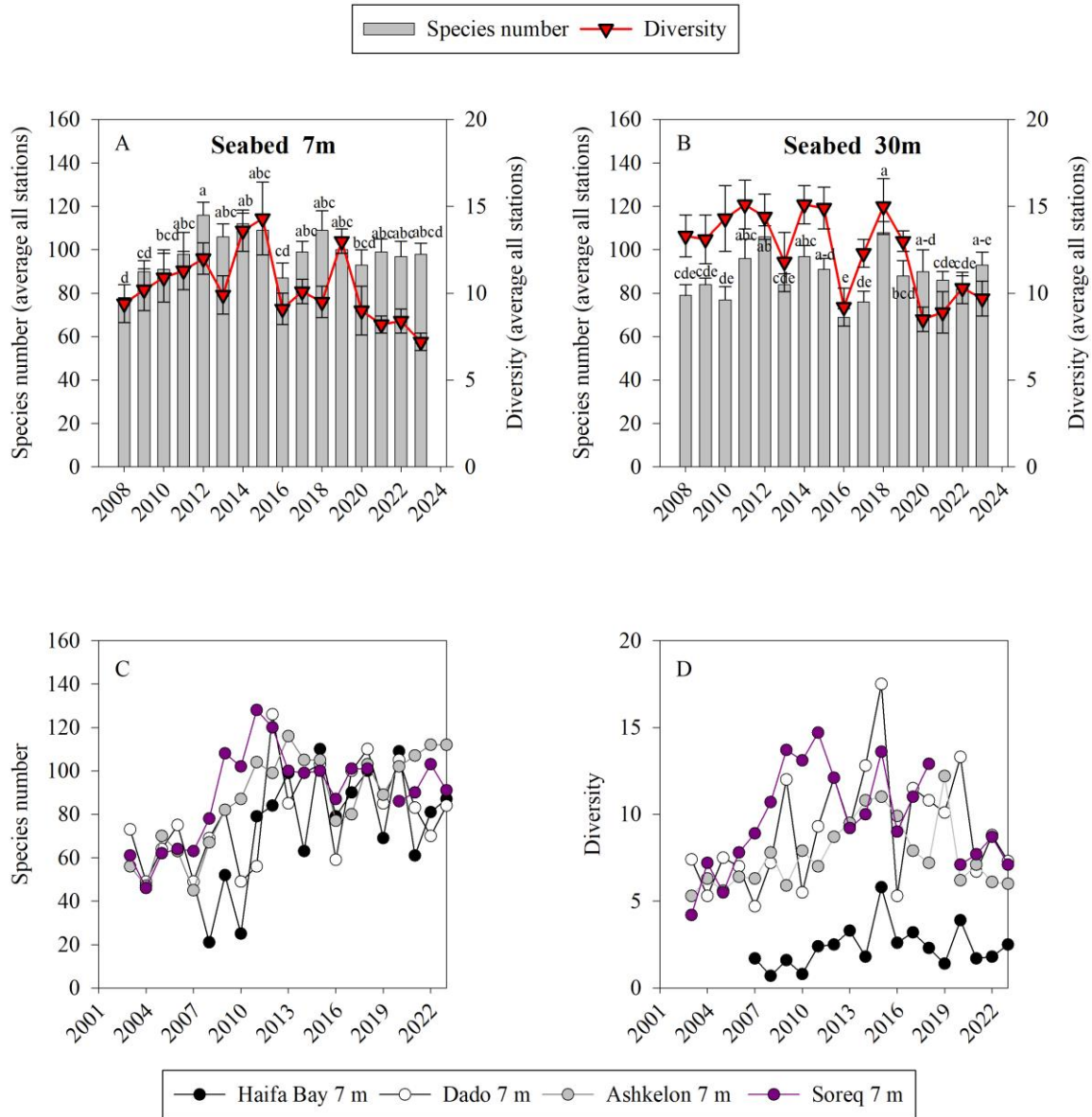
ים פתוח

- שכיחות ציאנובקטריות (*Synechococcus*, ו- *Prochlorococcus*) ואצות בעלות גרעין תא מוגדר (pico-eukaryotes) הייתה בטווח הממוצע הרב שנתי בדיגומי הקיץ והחורף של 2023 (איורים 1.4 ו- 1.5). מומלץ לאפיין מיני מיקרואצות שאינן נכללות כמעט באנליזה הקיימת עם ציטומטר זרימה (flow-cytometer), למשל בעזרת אנליזות פיגמנטים ו/או ע"י זיהוי תאים עם planktoscope. בניית היכולות הללו נעשית בימים אלה ע"י צוות מדעני חיא"ל.

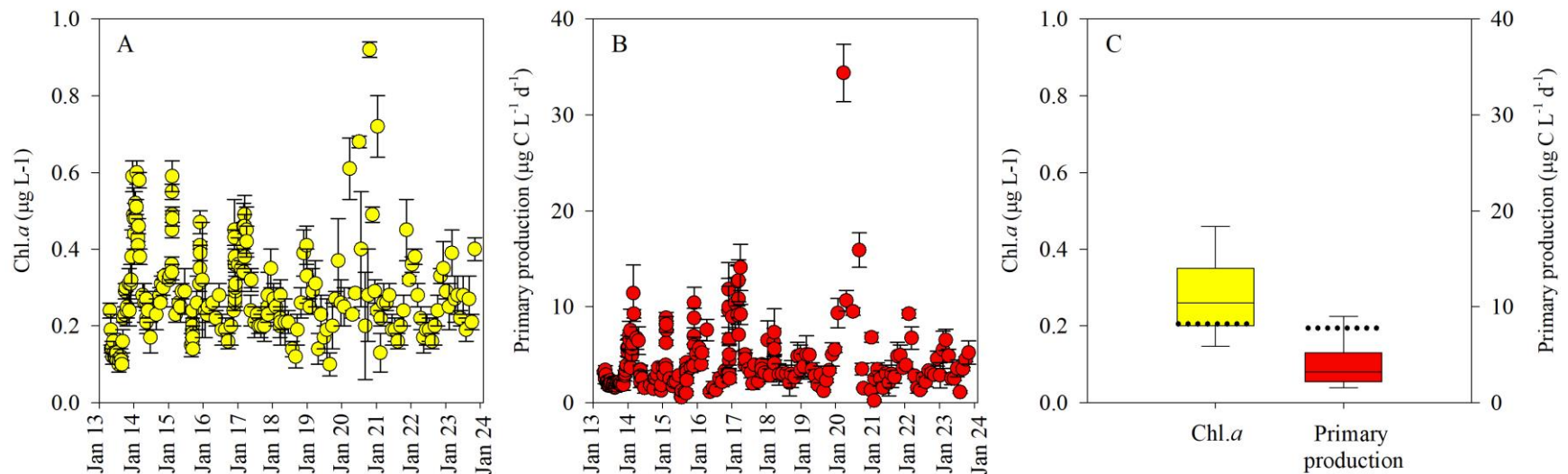
- ציאנובקטריה מסוג *Prochlorococcus* התרכזו בעיקר בעומק מים של 100~ מטרים בקיץ, בעוד ש *Synechococcus* שלטו במים העליונים, בדומה לדיגומים קודמים.
- ערכי היצרנות הראשונית בדיגום בקיץ היו מעט גבוהים בהשוואה לדיגומים קודמים (איור 1.4D), כמו גם ביחס למספר מיני האצות והציאנובקטריות היחסית נמוך שנמדדו (איור 1.4A-C). הסיבה לך יכולה להיות נעוצה בקיבוע פחמן אנאורגני בתהליכים כימו-אוטוטרופים (קיבוע CO₂ ללא אור ע"י חיידקים מסויימים למשל), ו/או בתרומה של מיקרואצות לפוטוסינתיזה (כאמור מינים אלה לא נדגמים ע"י ציטומטר זרימה).
- נראה כי ישנה עליה מתונה בערכי היצרנות הראשונית בכל עמודת המים המוארת החל מ 2017 (איור 1.6), אך הם עדיין נמוכים מאוד ביחס למקומות אחרים בעולם ובים התיכון. עליה זו נמצאת בהתאמה לעליה בריכוזי הניטראט והכלורופיל במים העליונים שהחלה ב 2016 (כרך ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית). היצרנות השנתית המחושבת מדיגומי הניטור הנה כ- 28-33 gC m⁻². ערך נמוך זה מדגים את דלות הנוטריאנטים במזרח הים התיכון, למרות, כאמור, העלייה הקלה בקצבים בשנים האחרונות.
- בדומה לשנים האחרונות, קצב היצרנות החיידקית (BP) נמוך מהיצרנות הראשונית (PP) בשכבת המים המוארת (איור 1.6). במהלך העשור האחרון נמצאה התהפכות מגמה ביחס בין PP ל BP. יחס זה עומד על 10:1~ ברוב האוקיינוסים, אולם בתחנות הניטור בים התיכון בשנים 2013 עד 2017 היחס היה בסביבות 1:1 (או אף נמוך מכך). מאז 2017 נמצא היפוך ביחס PP:BP, ובדיגומי 2020 (קיץ+חורף) + 2021 (חורף) הנו 1:6~. היפוך המגמה (היחס) מלמד על שינויים במערכת המיקרוביאלית (הטרורופית ואאוטוטרופית) שיתכן וקשורים בדינמיקה של הנוטריאנטים באגן. יש להמשיך לעקוב אחר ביו-אינדיקטור זה משום שהוא נחשב לרגיש לשינויי סביבה.
- יישום אנליזות מולקולאריות אפשר זיהוי של קבוצות פיטופלנקטון על בסיס ריצוף גן ה-16S הריבוזומלי (איור 1.7). בסיס הנתונים PR2 (<https://pr2-database.org/>), המשמש לזיהוי גנים ריבוזומליים של אצות עודכן לאחרונה, לכן עודכנו זיהויים טקסונומיים של הפלנקטון האוקריטיו. בדו"ח הקודם (2021), שיטה זו זיהתה את אצה חד תאית *Paulinella* כאאוקריוט הדומיננטי בעמודת המים. שימוש במאגר נתונים החדש הראה שאצות חומיות-צהובות, בעיקר *Phaeocystis*, הינן השכיחות ביותר. נצפו הבדלים בין קיץ וחורף, בעיקר בצורניות מהמין *Mediophyceae*.

חלק מהמוצג בפרק זה פורסם בספרות המדעית (peer-review) בשנת 2023-2024:

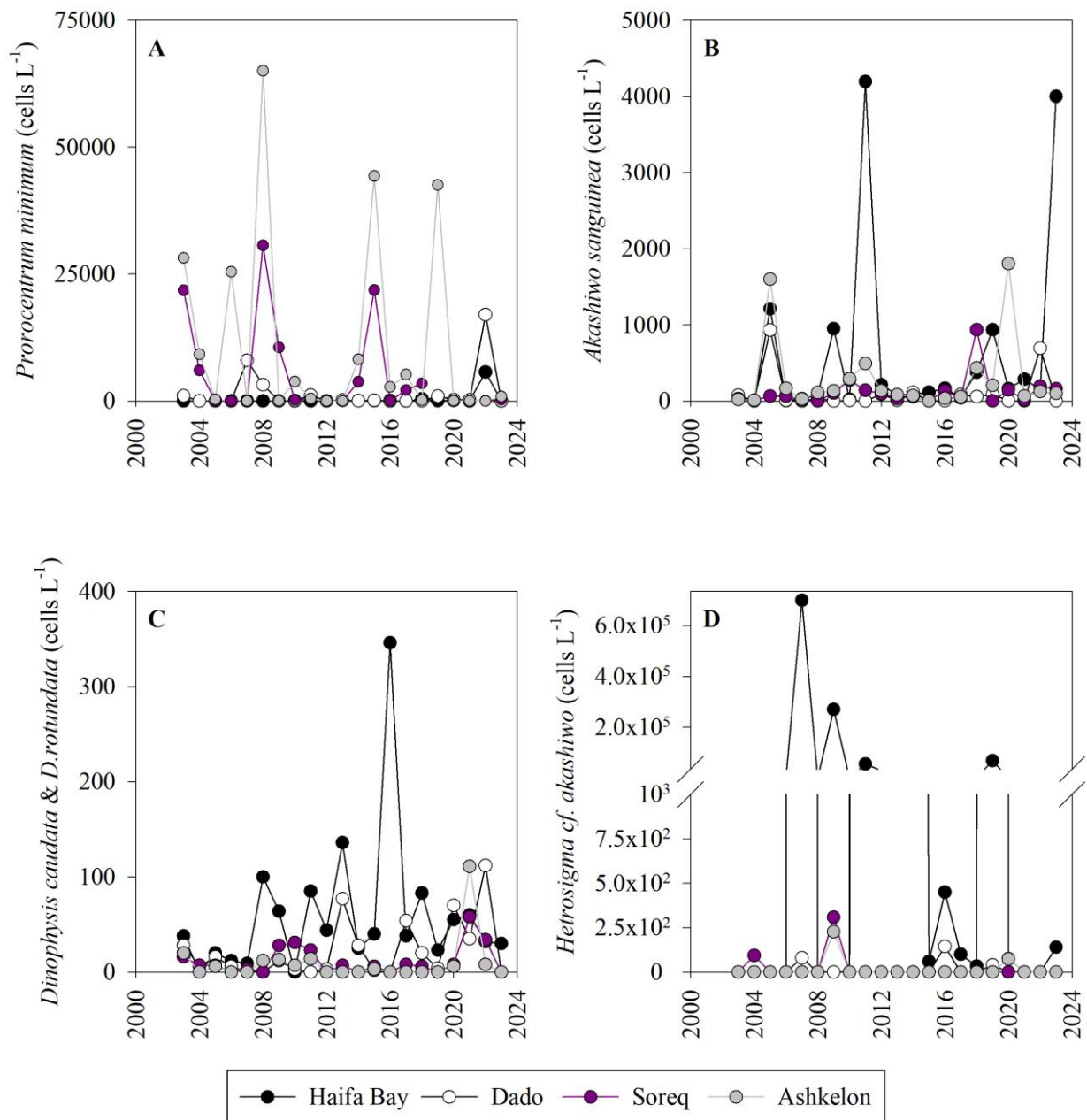
- Yanuka-Golub K., Belkin N., Weber N., Mayyani M. Levy Y., Reznik I., Rubin-Blum M., Rahav E., and Kiro Y. (2024). Allochthonous groundwater microorganisms affect coastal seawater microbial abundance, activity and diversity. *JGR-Biogeoscience*
- Herut B., Goldman R., Ozer T., Lazar A., Biton E., Gertman I., Silverman J., Segal Y., Sisma-Ventura G., Gertner Y., Rubin-Blum M., Belkin N. and Rahav E. (2024). Tar pollution event (2021) at the Southeastern Levantine oligotrophic basin, short-term impacts and operational oceanography perspectives. *Marine Pollution Bulletin* 98: 115892. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115892>
- Eigemann F., Rahav E., Grossart H.P, Aharonovich D., Voss M., and Sher D. (2023). Phytoplankton producer species and transformation of released compounds over time define bacterial communities following phytoplankton dissolved organic matter pulses. *Applied and Environmental Microbiology*. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.00539-23>.
- Givati S., Yang X., Sher, D and Rahav E. (2023). Testing the Growth Rate and Temperature Compensation Hypotheses in Marine Bacterioplankton. *Environ Microbiol.* 1–14. DOI: 10.1111/1462-2920.16346.



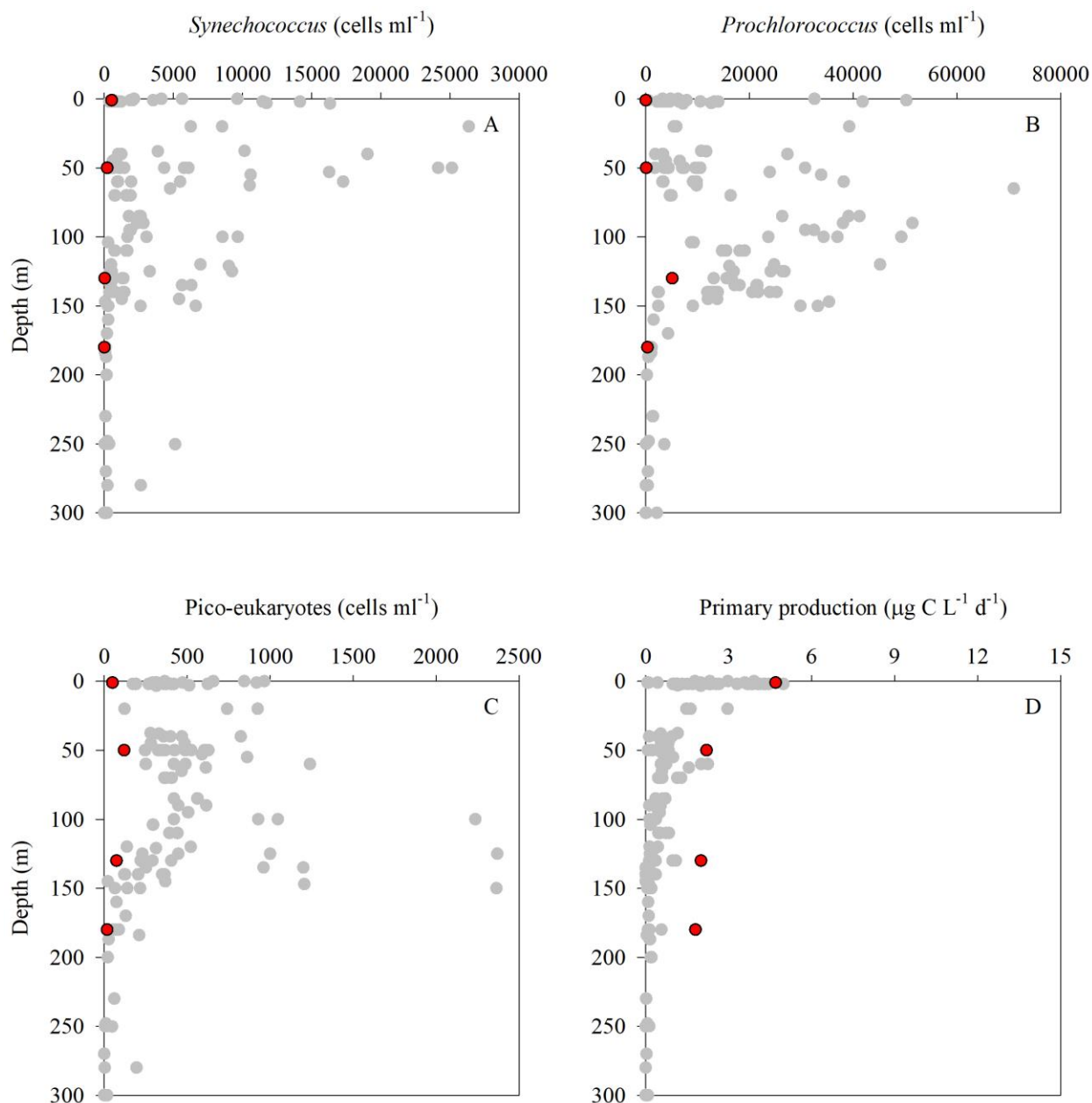
איור 1.1 – פאנלים עליונים: התפלגות ממוצע מספר המיני הפיטופלנקטון ואינדקס השונות שלהם בפני השטח (~0.5 מ') לאורך החוף הים תיכוני בתחנות רדודות (עומק קרקעית 6-7 מ', A) ועמוקות (עומק קרקעית כ-30 מ', B) בין השנים 2008-2023. פאנלים תחתונים: התפלגות ממוצע מספר המיני הפיטופלנקטון (C) ואינדקס השונות שלהם (D) בתחנות ספציפיות בין השנים 2003-2023.



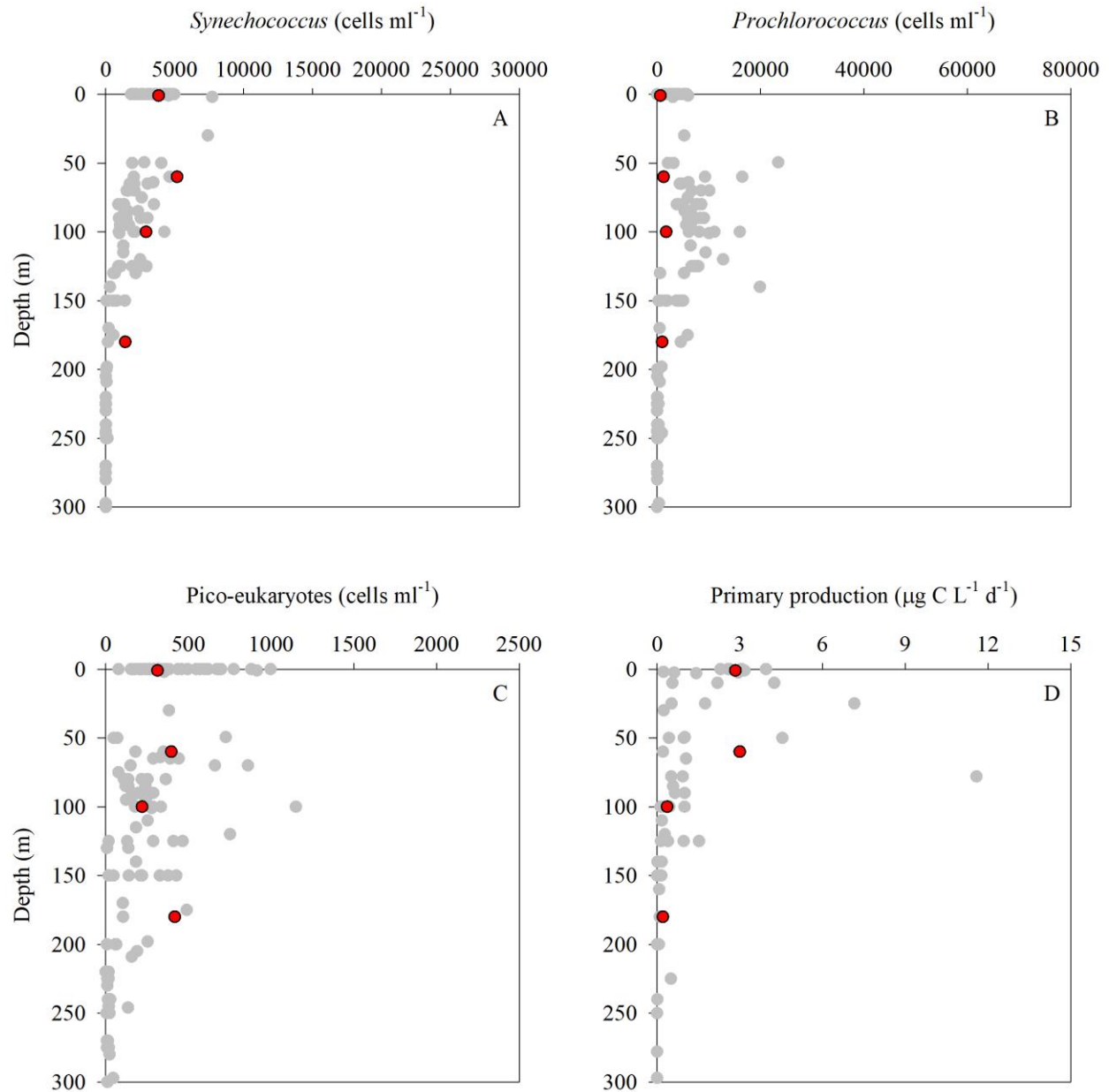
איור 1.2 – ריכוז כלורופיל (A) ויצרנות ראשונית (B) בפני השטח (~0.5 מ') של חוף שקמונה בין השנים 2013 ועד ינואר 2024. הממוצע הרב שנתי של ערכים אלה מוצג כגרף קופסה (C). הקו בקופסה מייצג את ערך החציון כפי שחושב עבור השנים 2013-2023 בעוד שהקו המקווקו מראה את ערך החציון עבור 2023. ביומסת אצות כללית, כלורופיל, נמדדה ע"י מיצוי באצטון וקצבי יצרנות ראשונית (פוטוסינתטיז) נמדדו בעזרת סמן רדיואקטיבי. הדיגום החודשי מאפשר לאמוד את העונתיות של ביומסת האצות ופעילותן במימי חוף שקמונה המוגדרים אוליגוטרופים (עניים בנוטריאנטים). על פי רוב, ערכי הכלורופיל והיצרנות ראשונית היו גבוהים בחודשי החורף מאשר חודשי הקיץ (פי 2-4). כמו כן, ניתן לראות חריגות נקודתיות בערכים אלה בעת הזרמת שפכים/ גשם/ סופות אבק וכד'.



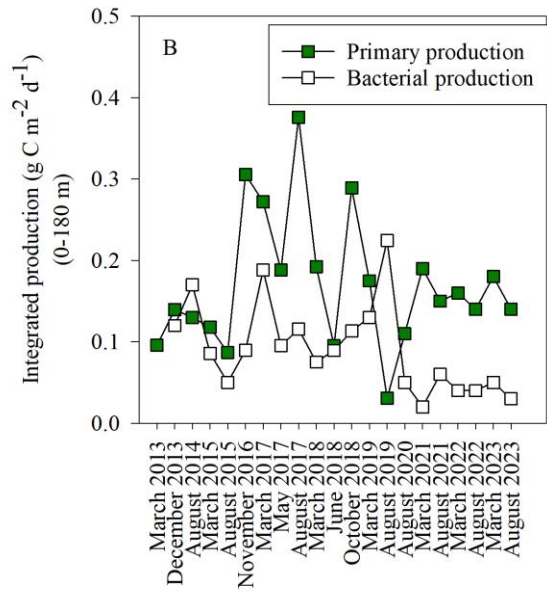
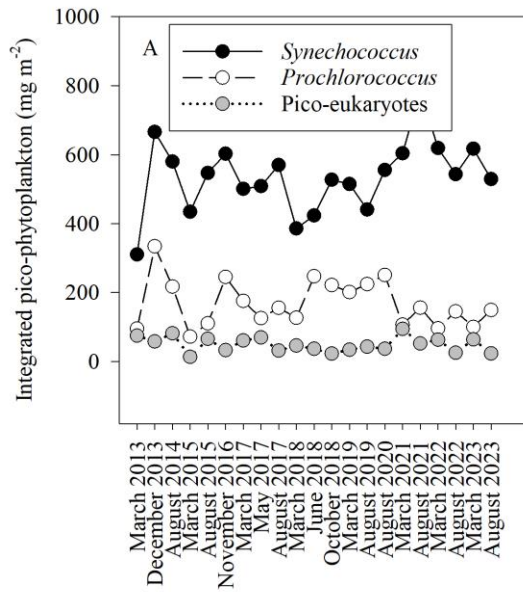
איור 1.3 – שכיחות רב שנתית של מיני דינופלגלטים (תאים בליטר) בעלי פוטנציאל רעיל בתחנות מייצגות לאורך חוף הים התיכון בין השנים 2002-2023. *Prorocentrum minimum* (A), *Akashiwo sanguinea* (B), *Dinophysis spp* (C) ו-*Gymnodinium cf. catenatum*. המדידות בוצעו לאחר גרירת רשת פלנקטון וזיהוי טקסונומי בעזרת מיקרוסקופ אפי-פלורוסנטי.



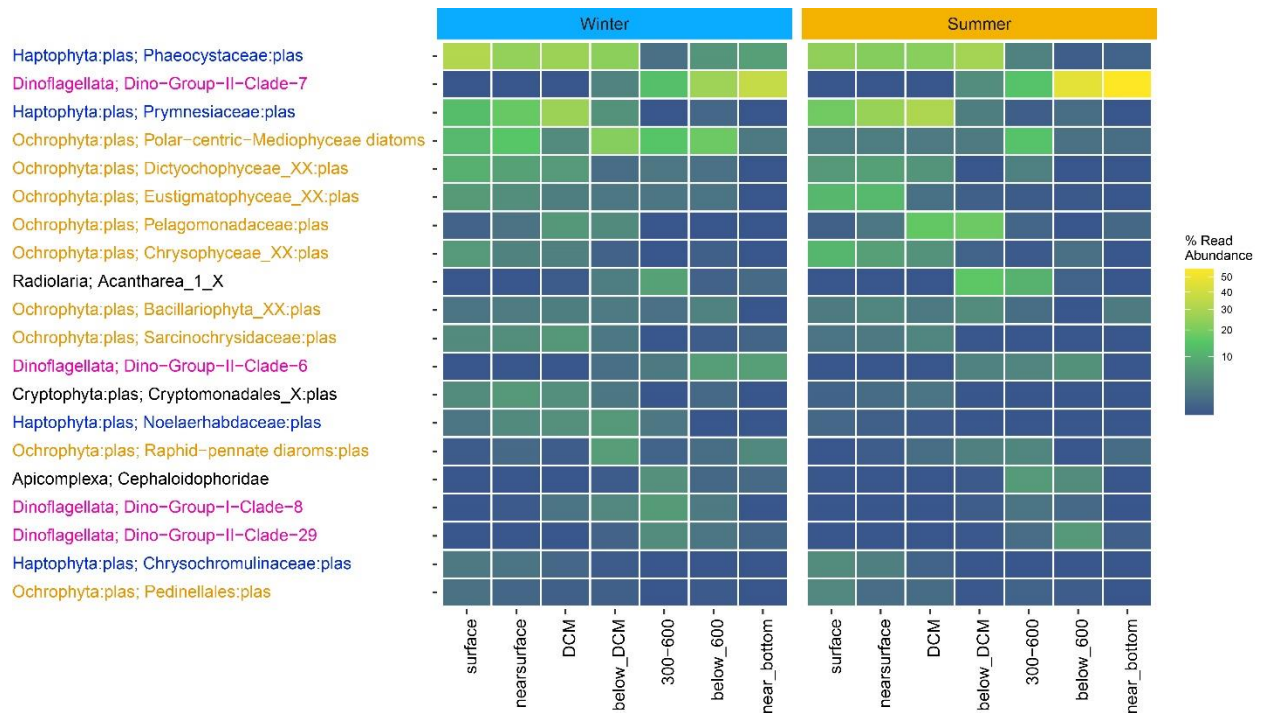
איור 1.4 – הפיזור האנכי של *Synechococcus* (A), *Prochlorococcus* (B), אצות אוקריוטיות (C) ויצרנות ראשונית (D) בים הפתוח ב 300 המטרים העליונים של עמודת המים כפי שנמדד בהפלגת אוגוסט 2023 (אדום), ובדיגומים קודמים בין השנים 2013-2022 (אפור). המדידות נעשו עם ציטומטר זרימה (A-C) ובעזרת סמן רדיואקטיבי (D). ניתן לראות ששפיעות האצות הייתה נמוכה על פי רוב בהשוואה לדיגומים קודמים (25-35%), בעוד שערכי היצרנות הראשונית בעומק הפוטי היו יחסית גבוהים (בפרט סביב ה DCM ומטה). ייתכן והדבר קשור לפעילות אצות שאינן נכללות בספירות ע"י ציטומטר זרימה (למשל מיני מיקרו-פיטופלנקטון גדולים) ו/או קיבוע פחמן אנאורגני ע"י תהליכים כימו-אוטוטרופים.



איור 1.5 – הפיזור האנכי של *Synechococcus* (A), *Prochlorococcus* (B), אצות אוקריוטיות (C) ויצרנות ראשונית (D) בים הפתוח ב 300 המטרים העליונים של עמודת המים כפי שנמדד בהפלגות מרץ 2023 (אדום), ובדיגומים קודמים בין השנים 2013-2021 (אפור). המדידות נעשו עם ציטומטר זרימה (A-C) ובעזרת סמן רדיואקטיבי (D). ניתן לראות כי בדיגום חורף 2023 נמצאו הריכוזים טיפוסיים בהשוואה לדיגומי חורף קודמים, למעט הציאנובקטריה *Prochlorococcus* שהייתה בריכוז נמוך יחסית (אם כי בטווח מדידות קודמות). ערכי היצרנות הראשונית נותרו דומים לדיגומי חורף קודמים (אין הבדל סטטיסטי).



איור 1.6 – מגמות רב שנתיות בשכיחות *Prochlorococcus*, *Synechococcus*, אצות פיקו-אוקריוטיות (A), יצרנות ראשונית ויצרנות חיידקית (B) בתחנה H05 המייצגת "ים פתוח" (נמצאת כ-50 ק"מ מערבית לחיפה). הערכים המוצגים הנם אנטגרל של 180 המטרים העליונים של עמודת המים (עומק פוטי). ניתן לראות כי בעוד ריכוזי *Prochlorococcus* ואצות אוקריוטיות נותר דומה עם שנות הדיגום, ישנה עליה רב שנתית בריכוז ה-*Synechococcus* בין 2017-2023, אולם נראה כי מגמה זו מאטה. כמו כן, ערכי היצרנות החיידקית היו נמוכים מהיצרנות הראשונית, זאת בשונה ממדידות בין השנים 2015-2017. הדבר מצביע על תנודתיות של המערכת המיקרוביאלית בים הפתוח ועל האינטראקציות העדינות בין יצרנים ראשוניים ושניוניים במים אלה.



איור 1.7 - השכיחות היחסית של 15 משפחות הפיטופלנקטון האויקריוטי הנפוצים ביותר בעמודת המים על בסיס ריצוף גן ה-16S הריבזומלי מדגימות מים בהפלגות ניטור ב-2018-2023. ומיון בעזרת בסיס הנתונים PR2 (<https://pr2-database.org/>), מאגר עודכן לאחרונה, לכן אפיון טקסונומי שונה מהדו"ח הקודם). אצות חומות-צהובות (Haptophyta), בעיקר Paeocystaceae ו-Prymnesiaceae הינן שכיחות ביותר בעמודת המים בעליונה. דינופלגטים המייצרים ציסטות סידן פחמתי לעיתים נמצאו בעומקים הגדולים. ניתן לראות הבדלים בין חורף לקיץ, לדוגמה העשרה של דיאטומיאות (Mediophyceae) ואויקריוטים פוטוסינתטיים מסדרת Cryptomonadales בחורף, וריכוז של Prymnesiaceae בקיץ בסביבת מקסימום כלורופיל. חלק מהמגוון נקבע על בסיס גנים של פלסטידים (plastids, plas.).

פרק 2 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של חיידקים בעמודת המים והסדימנט

(מרכזים ד"ר מקסים-רובין-בלום mrubin@ocean.org.il ופרופ' איל רהב eyal.rahav@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה, כלהלן:
EO1 Biodiversity, EO4 Marine food webs, EO6 Sea-floor integrity, EO9 Pollution

מימי חופים וים פתוח

- שכיחות ופעילות חיידקית בחוף-שקמונה (מייצג את החוף הצפוני) הדגימו עונתיות עם ערכים גבוהים בקיץ ונמוכים יותר בחורף (איור 2.1). שפיעות החיידקים וקצב פעילותם ב-2023 היו בטווח המדידות מהשנים 2013-2022, אולם ערכי החציון היו יחסית גבוהים (קרוב אחוזון ה-75%). הסיבה לכך ככל הנראה קשורה לזיהומים נקודתיים שהכניסו נוטריאנטים למי החוף. המעקב אחר שפיעות ופעילות חיידקים ברזולוציה יחסית גבוהה (חודשית) מהווה סמן מיידי ומהיר ("דופק") לשינויים אנטרוטפוגנים או טבעיים במי החוף.
- לא נמצאו שינויים משמעותיים בשפיעות או אקטיביות החיידקים בדיגומי 2023 בים העמוק (איור 2.2) ביחס לדיגומים קודמים (2013-2022).
- בעמודת המים נמצאו אוכלוסיות מגוונות של ארכיאה ובקטריה. מדד המגוון (α diversity, Shannon's H' coverage estimator, Simpson's D-ו-Shannon's H') היו נמוכים משמעותית (איור A2.3). כל המדדים של מגוון (מספר מינים, ACE-abundance-base) קרוב לפני שטח (איור 2.4). בפני השטח של עמודת המים, בקטריות היו דומיננטיות, בעוד שהשכיחות היחסית של ארכיאה עלו עם העומק (כ-30% מכלל האוכלוסיה מתחת ל-300 מ', איור B2.3).
- מספר קבוצות חיידקים עיקריות אפיינו את אוכלוסיות עמודת המים (איור 2.5). בעומקים הפוטיים (0-150 מ'), קבוצות החיידקים הדומיננטיות כללו יצרנים ראשוניים כגון ציאנובקטריה *Prochlorococcus* ו-*Synechococcus*, חיידקים בעלי פוטנציאל פוטו-הטרורופי, כגון *Alphaproteobacteria* SAR11 clade Ia and Ib ו-*Gammaproteobacteria* SAR86, וגם חיידקים נוספים, כגון סדרות ה-Actinomarinales, Thalassobaculales, Rhodospirillales, Flavobacteriales ו-Rhodospirillales. הקבוצות שאפיינו את המים העמוקים היו SAR202 clade, (Dehalococcoida), SAR11 clade II, (Alphaproteobacteria) SAR406 clade

(Marinimicrobia) וארכיאות, כולל מחמצני אמוניה אוטוטרופיים Nitrosopumilales וארכיאה הטרוטרופית Marine group II ו-III (Thermoplasmata). צורת הפרסה באנליזת PCoA מצביעה על שינוי המגוון החיידקי בגרדיאנטים סביבתיים (איור 2.6). השונות העונתית הייתה משמעותית יותר משונות שנתית, אך יש לבחון את הדינמיקה השנתית לאורך זמן רב יותר בשביל לקבל תמונה ברורה. תוצאות חלקיות התקבלו בדיגום קיץ 2021, בשל אילוצים טכניים.

- נצפו שינויים עונתיים באוכלוסיות המיקרוביאליות, בעיקר באוכלוסיות של עמודת המים העליונה (0-80 מ' עומק, איור 2.6). בסוף הקיץ, Synechococcales, יחד עם סדרות נוספות היו שכיחים יותר. בחורף, חיידקים אופייניים לים עמוק כגון Termoplasmata ו-SAR202 נמצאו קרוב לפני השטח, כנראה בשל ערבול עמודת המים.
- נאספו נתונים חודשיים בתחנה חופית חדרה (ראה/ פרק 3). ניתן לזהות מגמות בשכיחות קבוצות טקסונומיות מסוימות (איור 2.7), אך יש להמשיך במעקב רב שנתי בשביל לקבל הדירות סטטיסטית. בדיגום של סוף שנת 2021, נצפתה העשרה של חיידק ימי קטן *Actinomarina* (יהיה במעקב, יתכן ויש הטיה טכנית בהפקת דנ"א).

סדימנט

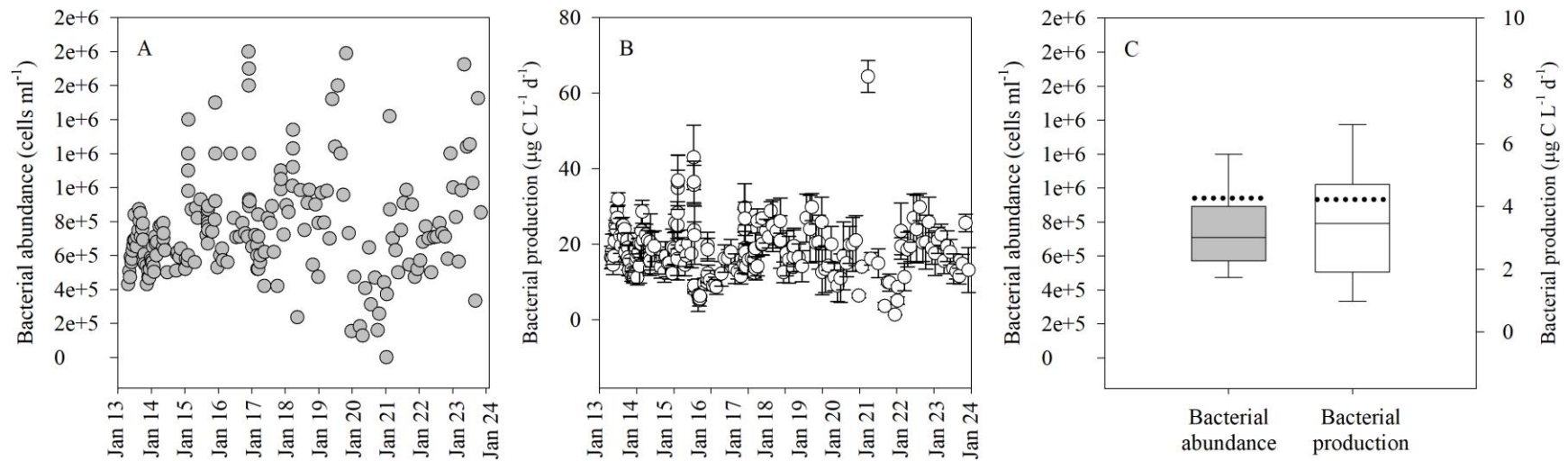
- ניטור המגוון הביולוגי בסדימנט התבצע בשנים 2018-2023, בצמוד לניטור כימי וביולוגי בחתכי חיפה ותל-אביב, ובתחנות חופיות (מוצאי נחלים). אנליזה מעמיקה של התוצאות מראה שהפרמטרים המיקרוביאליים רגישים לגרדיאנטים סביבתיים, אינדיקטיביים לבתי גידול ומאפשרים ניטור יעיל. עד כה, לא ראינו שינויים משמעותיים בפרמטרים המיקרוביאליים בסדימנט בדיגומים משנים שונות, מה שמצביע על יציבות המערכת, לפחות בים העמוק.
- בשנים 2018-2023 נמדדה, יצרנות ושפיעות חיידקים, ונמצאו גרדיאנטים של כמות ופעילות חיידקית כתלות בעומק עמודת המים ובמרחק מפני שטח הסדימנט (איור 2.8). לא נמצאו שינויים משמעותיים בשפיעות ופעילות החיידקים בשנת 2023 בהשוואה לממוצע הרב שנתי. אוכלוסיות החיידקים, יצרנות ושפיעות, בתחנות החופיות הראו ערכים גבוהים יחסית, כך גם באזור במדרון היבשת (800-300 מ') לעומת הים העמוק (איור 2.8). נמצא שוני בין חלקו הדרומי של אורך החוף (אשקלון-פלמחים) לאזור הצפוני (ת"א-דדו), עם אקטיביות גדולה בתחנות הדרום, בהתאמה לעומס האורגני.
- אוכלוסיות הארכיאה והבקטריה היו מגוונות ($H' = 5.4 \pm 0.4$, Shannon's), איור 2.9). בקטריה ($H' = 5.3 \pm 0.4$, Shannon's) היו יותר מגוונים מארכיאה ($H' = 3.2 \pm 0.8$, Shannon's). בתחנות המים העמוקים, נצפה מגוון נמוך יותר ($p < 0.001$, Kruskal-Wallis / post hoc Dunn's test), בעיקר בשכבות העמוקות (19-20 ס"מ).

- בדומה לאוכלוסיות של מי הים, גם אוכלוסיות הסדימנט משתנות לפי גרדיאנטים סביבתיים. לא נמצאה קבוצת חיידקים שמופיעה בכל תחנות הדיגום, אך Nitrosopumilales, Kiloniellales Woeseiales, Steroidobacterales ו-NB1-j היו שכיחות (הופיעו במעל 80% מהדגימות, איור 2.10). זוהו קבוצות אינדיקטיביות לתחנות חופיות, מדף ומדרון היבשת, כמו כן לקרקעית הים עמוק. נתוני ריצוף של גן ה-16S הריבוזומלי זמינים לציבור הרחב במאגר ה-NCBI, בפרויקט PRJNA694858.
- בהתאם להסעה אופקית מואצת של חומר אורגני חלקיקי בחלקו הצפוני של המדף, תחנות צפוניות הצמודות למדרון מתאפיינות במאסף מיקרוביאלי דומה לזה של מדף היבשת (איור 2.11). המגוון הטקסונומי של חיידקים מייצג את בתי גידול סדימנטריים, כגון סביבה חופית, מדף היבשת וים עמוק. מאספי החיידקים מאפשרים הבחנה חדה בין פרוכיניציות סדימנטריות (איור 2.11).
- בסדימנטים של המדף והחוף, בהן חמצן מוגבל בשל עומס החומר האורגני, נמצאו אוכלוסיות של חיידקים אנארוביים כגון Bathyarchaea ו-Desulfuromanodota אשר יכולות לשמש כסמנים לאוטרופיקציה חופית במצע החולי. נדרש המשך דיגום, במיוחד בחלקו הדרומי של מדף היבשת, בכדי לעקב אחר השפעות הזרמת ביוב מאזור עזה בעזרת מינים אינדיקטיביים אלה.
- מגוון החיידקי נמצא כמדד יעיל ובעל הדירות מדודה גבוה, המאפשר זיהוי של בתי גידול והפרעות סביבתיות. לאפיון מגוון הפטריות יש חשיבות בהבנת תפקוד המערכת הבנטית, אך יש להמשיך לבחון אם מגוון הפטריות יכול לשמש כמדד ניטורי – אפיון נוסף של פטריות ואויקריוטים חד-תאיים אחרים יתבצע ב-2024.
- נמצאו חיידקים בסדימנט הידועים כמפרקי נפט ונגזרותיו כדוגמת *Alcanivorax* ו-*Cycloclasticus* ברוב תחנות הדיגום. אנו בוחנים האם מיקרואורגניזמים אלה יכולו לשמש בעתיד כלי להתמודדות עם זיהום נפט/שמן אחרים/נגזרות נפט או סמן לזיהום מהיר (בשונה מבע"ח, חיידקים גדלים ומתחלקים מהר יחסית ומכאן שתגובתם לזיהום היא בדר"כ מהירה ומאוד רגישה).
- לפי שעה לא ידועה השפעת העונתיות על כמות, פעילות ומגוון החיידקים בסדימנט (כל ההפלגות עד כה נערכו בחודשי הקיץ). אנו ממליצים לבצע דיגום בתחנות מייצגות גם בעונת החורף, במיוחד בתחנות לאורך מדף היבשת, כדי לאפיין ערכי בסיס (baseline) גם לעונה זו.

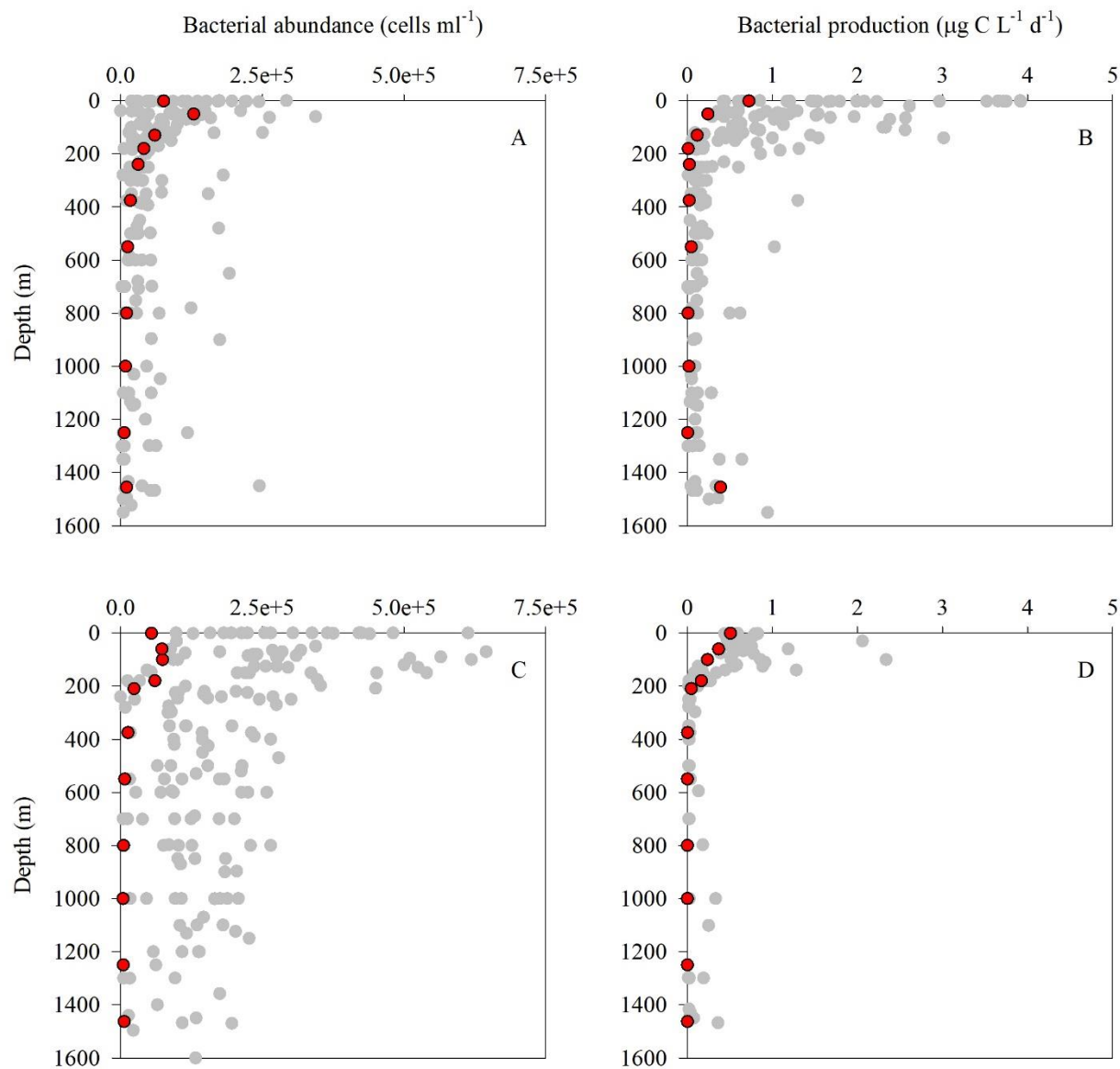
חלק מהמוצג בפרק זה פורסם בספרות המדעית (peer-review) בשנת 2023:

Rubin-Blum, M., Yudkovsky, Y., Marmen, S., Raveh, O., Amrani, A., Kutuzov, I., Guy-Haim, T. and Rahav, E.: Tar patties are hotspots of hydrocarbon turnover and nitrogen

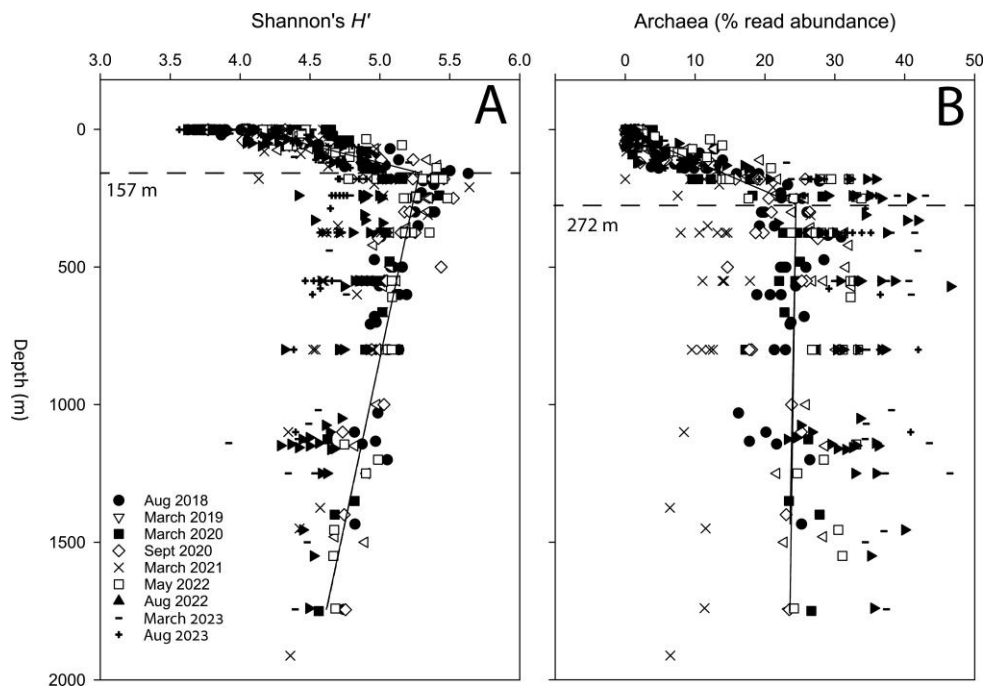
fixation during a nearshore pollution event in the oligotrophic southeastern Mediterranean Sea, *Mar. Pollut. Bull.*, 197, 115747, doi:10.1016/j.marpolbul.2023.115747, 2023.



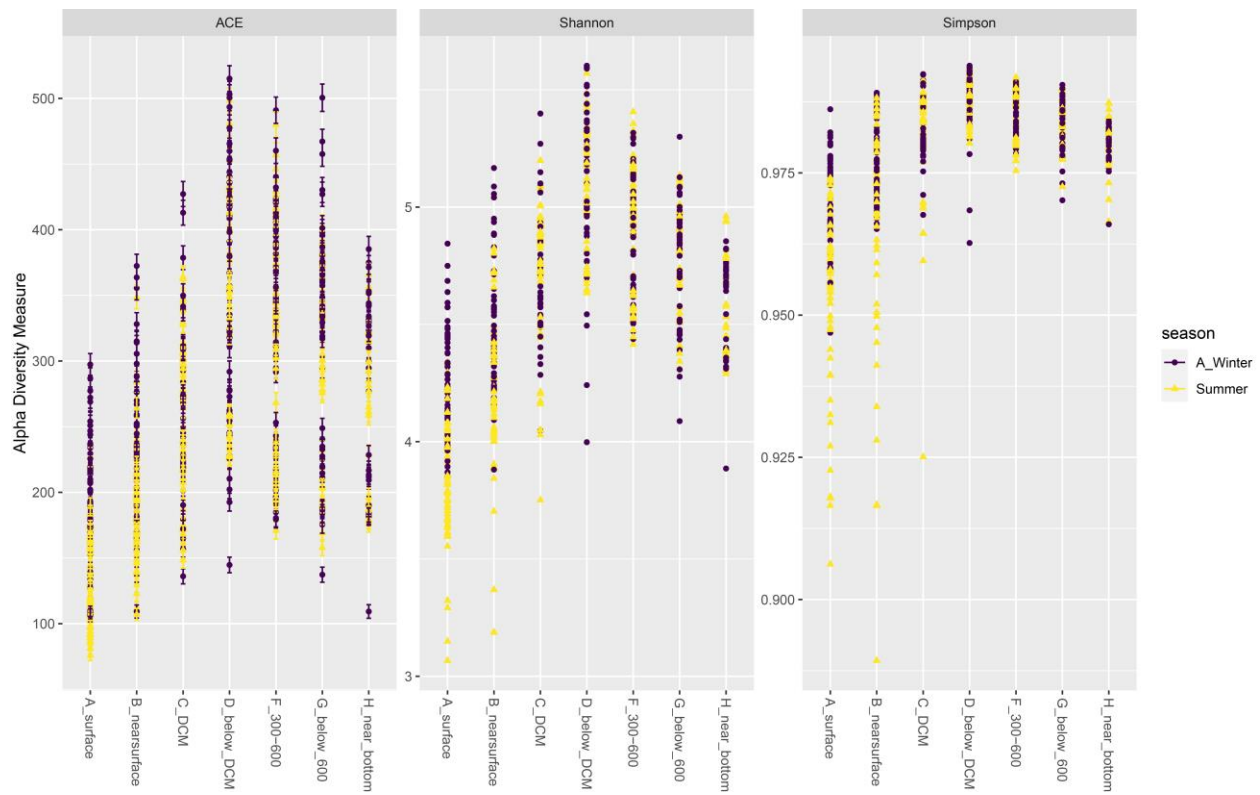
איור 2.1 – שכיחות חיידקים (A) ויצרנות חיידקית (B) בפני השטח (~1 מ') של חוף שקמונה בין השנים 2013 ל 2023. הממוצע הרב שנתי של ערכים אלה מוצג כגרף קופסה (C). הקו בקופסה מייצג את ערך החציון כפי שחושב עבור השנים 2013-2022 בעוד שהקו המקווקו מראה את ערך החציון עבור 2023. שפיעות החיידקים נמדדה בעזרת ציטומטר זרימה וקצבי יצרנות חיידקית נמדדו בעזרת סמן רדיואקטיבי. הדיגום החודשי מאפשר לאמוד את העונתיות החיידקית וקצבי פעילותם במימי חוף שקמונה המוגדרים אוליגוטרופים (עניים בנוטריאנטים), עם ערכים גבוהים בחודשי הקיץ ונמוכים יותר בחורף (פי 1.5), זאת בשונה משכיחות האצות. כמו כן, ניתן לראות חריגות נקודתיות בערכים אלה בעת הזרמת שפכים/ גשם/ סופות אבק/זיהום נפט וכד'. בשנת 2023 לא נמצאו חריגות ביחס לממוצע הרב שנתי.



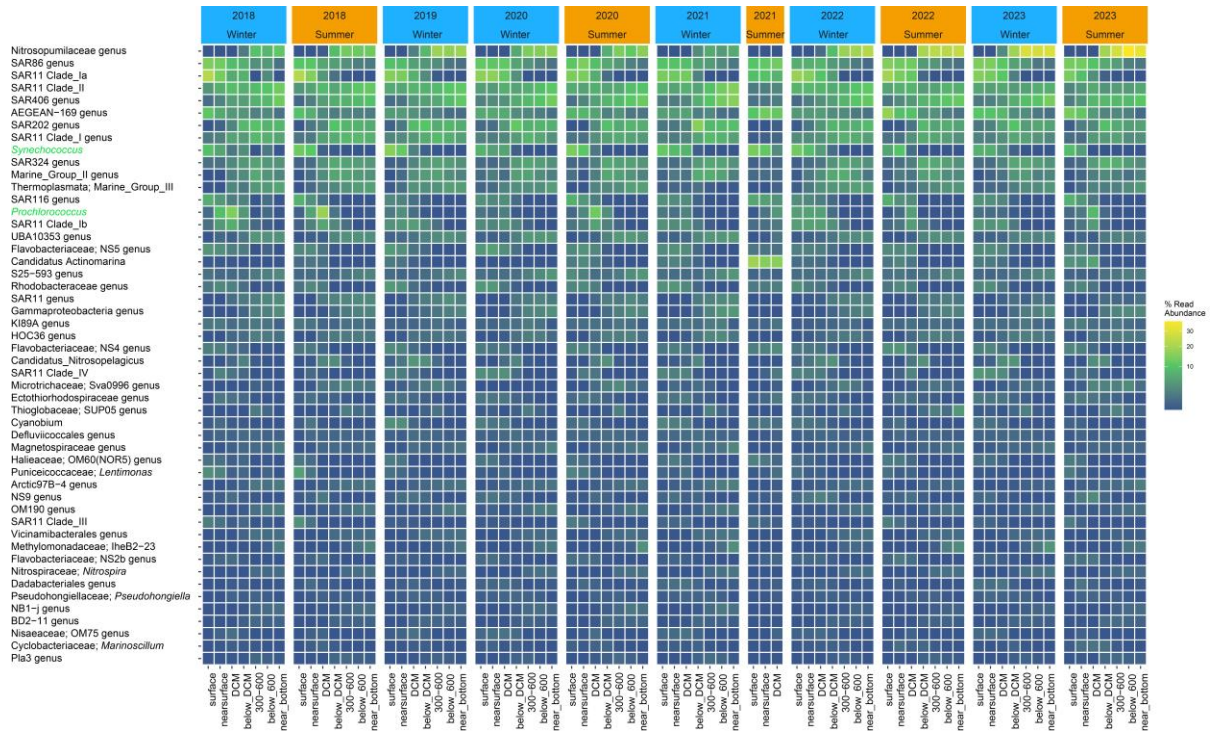
איור 2.2 – הפיזור האנכי של אורגניזמים פרוקריוטים (ללא גרעין תא מוגדר, חיידקים וארכאות) (A,C), ויצרנות חיידקית (B,D) בעמודת המים כפי שנמדד בהפלגות קיץ (A,B) וחורף (C,D) בין השנים 2013-2022 (אפור) ובשנת 2023 (אדום). המדידות נעשו עם ציטומטר זרימה (A,C) ובעזרת סמן רדיואקטיבי (B,D). ניתן לראות כי לא נמצאו שינויים משמעותיים בשפיעות החיידקים ביחס לדיגומים קודמים, אך קיימת שונות בין השנים.



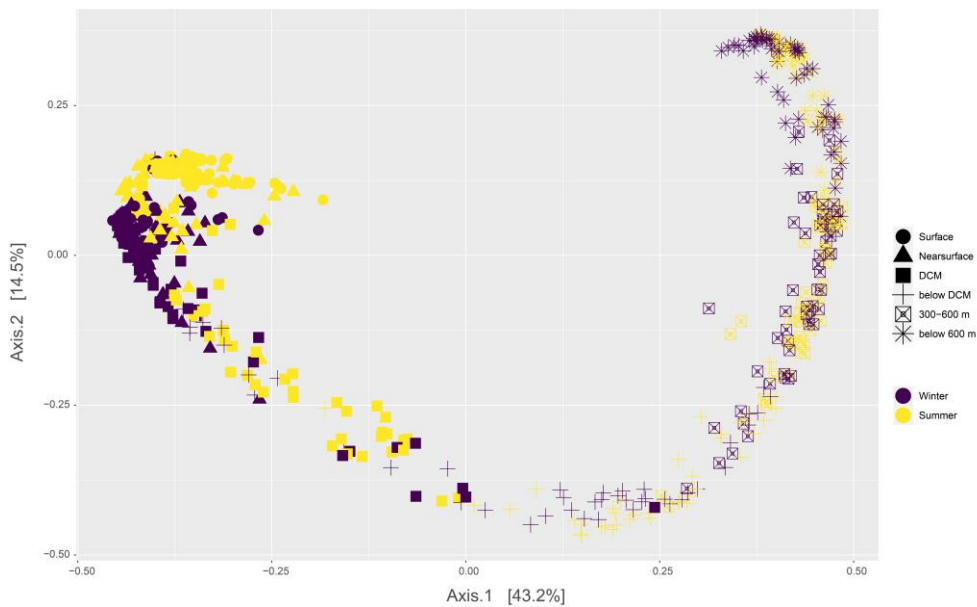
איור 2.3 - אפיון של אוכלוסיות החיידקים בפרופילי העומק מהפלגות ניטור 2018-2022. (A) מגוון החיידקים (alpha diversity, piecewise, 2 segment linear regression $R^2=0.8$), (B) השכיחות היחסית של ארכיאה (piecewise, 2 segment linear regression $R^2=0.9$). האיורים מראים שבעומק מתחת למקסימום הכלורופיל העמוק (כ-152 מטרים), המגוון המיקרוביאלי יורד. ניתן גם לראות ששכיחות הארכיאה מגיעה למקסימום ומתייצבת בעומק של כ-272 מ' עם כ-25% מהרצפים.



איור 2.4 – פרמטרים של מגוון מינים (alpha diversity) באוכלוסיות של חיידקים בעמודת המים, על בסיס דיגומים בתחנות שונות בשנים 2018-2023. ניתן לראות התפלגות של מגוון מינים, כאשר המקסימום נמצא בעומקים מתחת למקסימום הכלורופיל (180-240 מ').



איור 2.5 - השכיחות היחסית של 50 החיידקים הנפוצים ביותר בעמודת המים ברמת הזן (Genus) על בסיס ריצוף גן ה-16S הריבזומלי מדגימות מים בהפלגות ניטור בשנים 2018-2023.



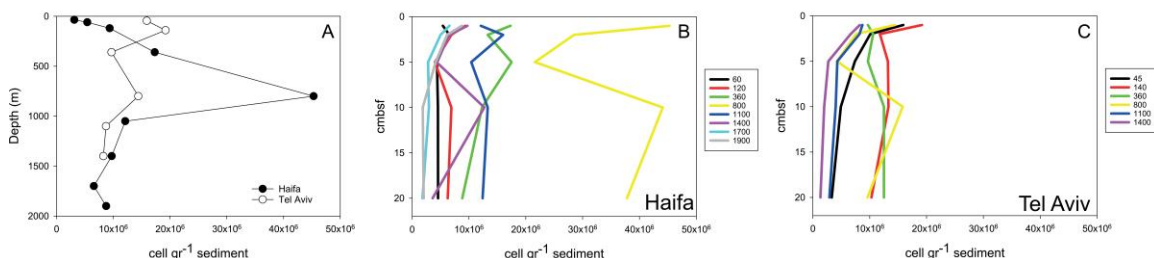
איור 2.6 - אנליזת רבת משתנים (PCoA) של אוכלוסיות החיידקים בעמודת המים בפרופילי עומק מהפלגות ניטור בשנים 2018-2023. צורת הפרסה של פיזור נקודות הדיגום בגרף מצביעה על שינויים הדרגתיים לאורך גרדיאנטים סביבתיים (זמינות אור, נוטריינטים ועוד). ניתן לראות שינויים עונתיים, בעומקים הפוטיים, העיקר שינוי משמעותי בין אוכלוסיות בפני השטח.

The relative abundance of most common bacterioplankton lineages at Hadera monitoring station



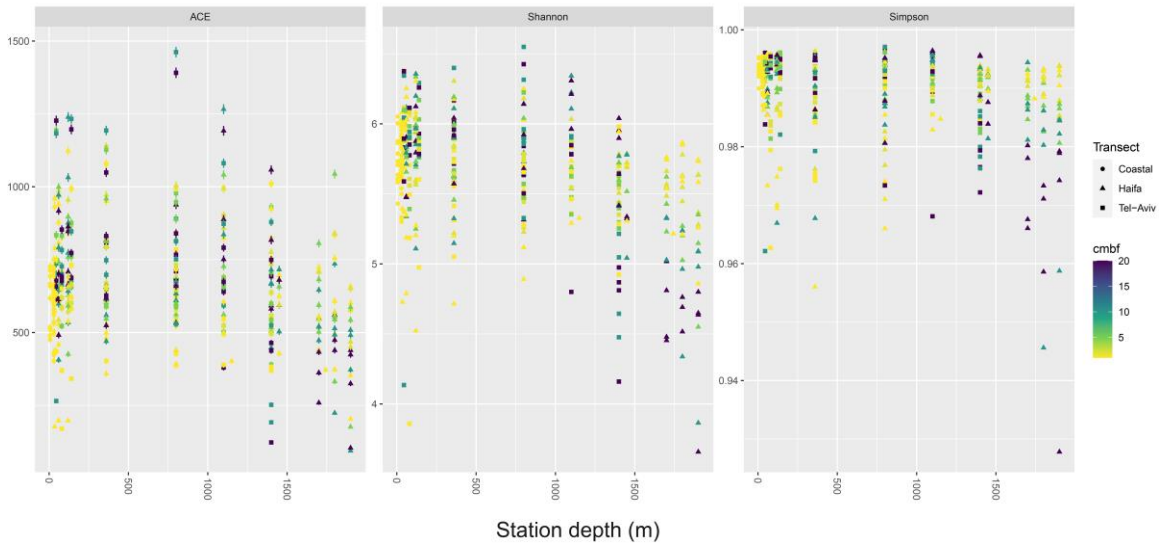
איור 2.7 – שינויים במגוון אוכלוסיות הבקטריופלנקטון, כולל יצרנים ראשוניים כחוליות (Cyanobacteria, טורקיז) ואצות אויקריוטיות (ירוק), בתחנת הדיגום החופית בחדרה לאורך חודשי 2020–2023. בחודשים אוגוסט-דצמבר 2021 נצפה ריכוז גבוה של חיידקים קטנים מאוד מהסוג אקטינובקטריה. העשרה זו גם נצפתה בדוגמאות מים פתוח (איור 2.5), ייבדק בהמשך אם התופעה חוזרת או שזה שינוי חד פעמי, אולי מסיבות טכניות). תתכן מגמה של ירידה בשכיחות הציאנובקטריה בחודשי אביב, יתכן בשל פריחות של אורגניזמים אחרים.

Prokaryote abundance in sediment profiles



איור 2.8 – ספירות חיידקים בסדימנטים בשנת 2023 (פרופיל לפי עומק עמודת המים (A), פרופילים בתוך בזשימנט - חתך חיפה-B, חתך תל-אביב-C). בהתאם לדיגומים הקודמים (2021 ו-2022) נמצא כי המדידות מעל מדף (45-140 מ') ומדרון היבשת (300-800 מ') היו על פי רוב גבוהות ביחס לים הפתוח, דבר המצביע על אזור פעיל מבחינה מיקרוביאלית, כלומר יש שם מקורות מזון שתומכים בביומסה הגדולה וביצרנות. ריכוזי חיידקים הגבוהים ביותר נמצאו בתחנה HS800, על מדרון מול ראש כרמל, בו הסעה הינה משמעותית.

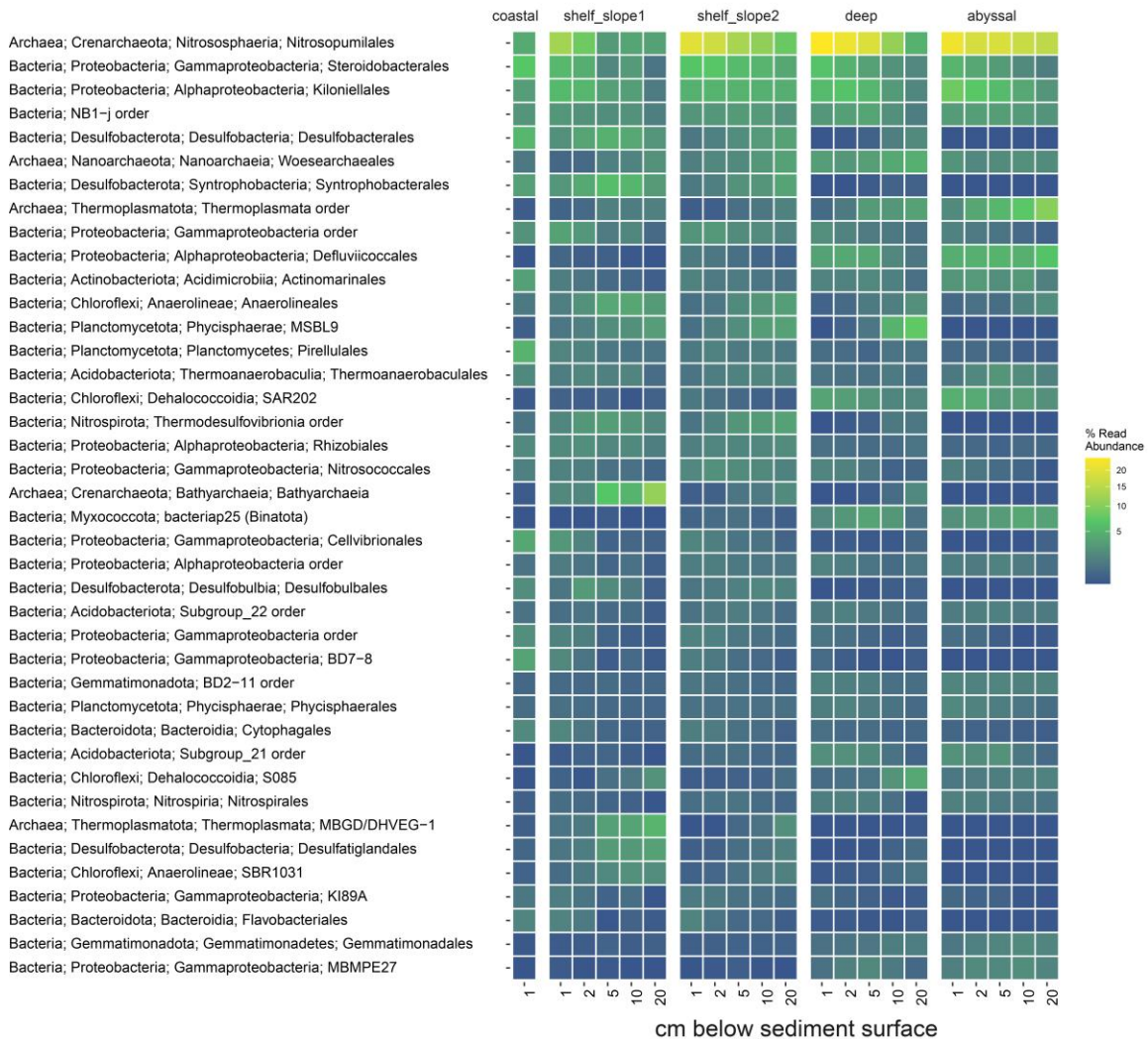
Alpha diversity indices - benthic prokaryotes



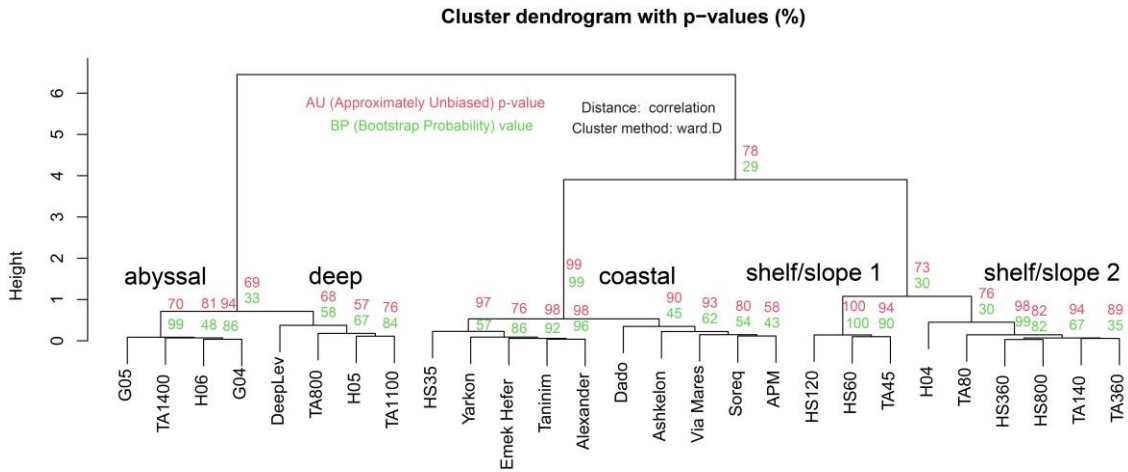
איור 2.9 – פרמטרים של מגוון מינים (alpha diversity) באוכלוסיות של חיידקים בסדימנט, על בסיס דיגומים בתחנות שונות בשנים 2020-2023. ניתן לראות שערכי המגוון המקסימליים הם בעומקי דיגום של 800 מ', כאשר מגוון נמוך ביותר בעומקי דיגום של מעל 1500 מ' (תחנות הים הפתוח). בעומקי דיגום אלה, מגוון החיידקים נמוך יותר בעומקי סדימנט גדולים מ-10 ס"מ.

שכיחות של בקטריה וארכיאה, ברמת סדרה, בתחנות הניטור השונות בשנים 2018-2023. הסדרות השכיחות בתחנות העמוקות הן SAR2020, Binatota bacteriap25, NB1-j, Thermoplasmata, Defluviococcales ועוד. בתחנות המדף, חיידקים אנארוביים היו בולטים (בתחנות החופיות, Syntrophobacterales, Desulfobacterales, Bathyarchaea ועוד). נמצאו מעט מאוד מחמצני אמוניה Nitrosopumilales, אך נוכחו מינים פוטוסינטטיים, כגון Synechococcales (אארובי) ו-Chromatiales (אמנארובי). זיהוי חיידקים אינדיקטיביים לבתי גידול שונים נעשה באמצעות DESeq2 (צוינו רק סדרות עבורן $\text{adjusted } p\text{-value} < 0.05$). קבוצות עומק הוגדרו על פי הגדרת קלאסטרים (קבוצות) של בתי גידול באיור 2.11.

The relative abundance of most common prokaryotic lineages in sediments (order level)



איור 2.10 – שכיחות של בקטריה וארכיאה, ברמת סדרה, בתחנות הניטור השונות בשנים 2018-2023. הסדרות השכיחות בתחנות העמוקות הן *NB1-j*, *Binatota bacteriap25*, *SAR2020*, *Thermoplasmata*, *Defluviococcales* ועוד. בתחנות המדף, חיידקים אנארוביים היו בולטים (*Bathyarchaea*, *Desulfobacterales*, *Syntrophobacteriales* ועוד). בתחנות החופיות, נמצאו מעט מאוד מחמצני אמוניה *Nitrosopumilales*, אך נוכחו מינים פוטוסינטיים, כגון *Synechococcales* (אארובי) ו-*Chromatiales* (אמנארובי). זיהוי חיידקים אינדיקטיביים לבתי גידול שונים נעשה באמצעות DESeq2 (צוינו רק סדרות עבורן $\text{adjusted } p\text{-value} < 0.05$). קבוצות עומק הוגדרו על פי הגדרת קלאסטרים (קבוצות) של בתי גידול באיור 2.11.



איור 2.11 – הגדרת קלאסטרים (קבוצות) של בתי גידול כל בסיס המגוון המיקרוביאלי, בשיטת ה-hierarchical clustering (sum-normalized read, correlation distance, pvcust). מספרים ליד הענפים מציינים את רמת הוודאות של פיצול. (abundance, Ward clustering).

פרק 3 ניטור זואופלנקטון

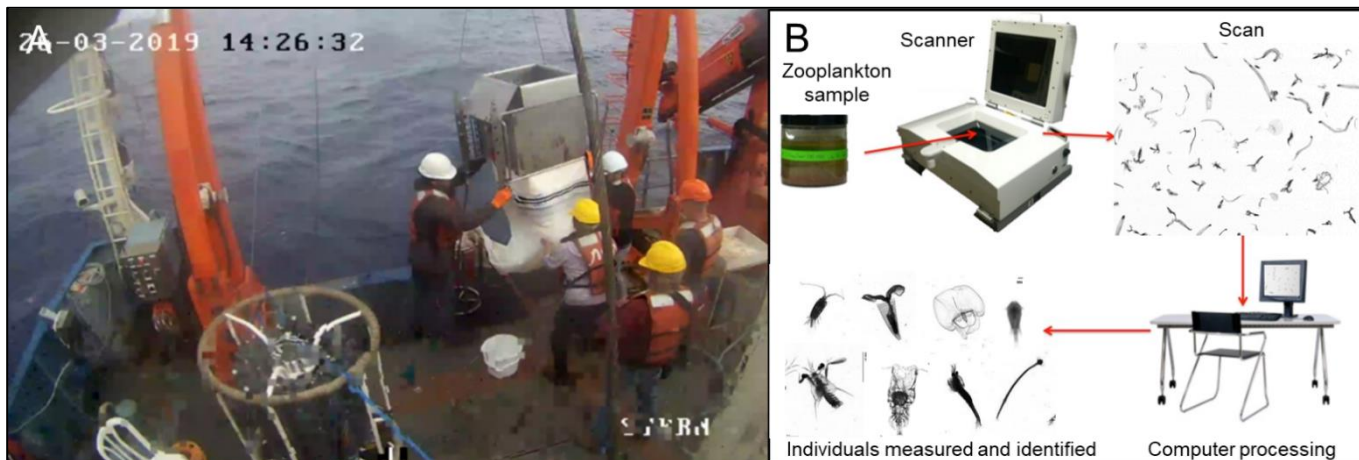
(מרכזת: ד"ר תמר גיא-חיים, tamar.guy-haim@ocean.org.il)

הפרק מתייחס לאינדיקטורים הקשורים לשינויי אקלים ולדסקריפטורים –
EO1 – Biodiversity, EO2 – Non-indeginous species, EO4 – Marine food webs

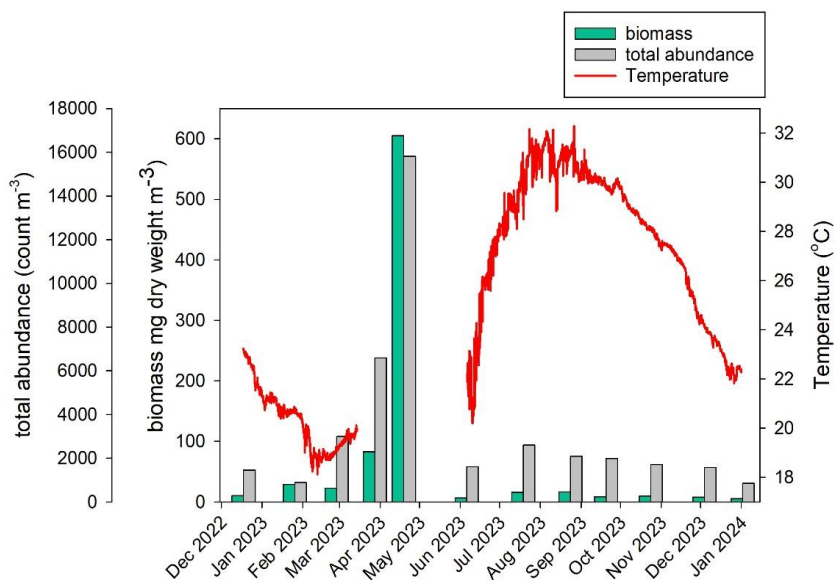
ממצאים עיקריים

- חברת הזואופלנקטון ממלאת תפקיד חיוני בהעברת אנרגיה וחומר בסביבה הימית. בשל מיקומו המרכזי במארג המזון הימי, הזואופלנקטון משפיע ישירות על הביומסה ומבנה החברה של יצרנים ראשוניים (בקרה מלמעלה למטה) ושל צרכנים—עד לרמת טורפי-על (בקרה מלמטה למעלה).
- החל מ-2019 נערך בים התיכון הישראלי ניטור כמותי של חברת הזואופלנקטון הכולל ביומסה, שכיחות, ומגוון ביולוגי ותפקודי בעמודת המים מעל מדף היבשת הרדוד והעמוק, המדרון והים העמוק (איור 3.1).
- דיגומים עונתיים נערכו בהפלגות ניטור ים עמוק (מרץ ואוגוסט 2023) באמצעות רשת מולטינט (איור 3.2A). דיגום חודשי נערך בתחנה מטאו-ימית (תחנת מדידה רציפה למשתנים פיזיקליים) הנמצאת צפונית לקצה מזח הפחם בחדרה באמצעות גרירות אנכיות של רשת WP2 (גודל עין: 200 מיקרון) וגרירות אופקיות של רשת בונגו (65 ו-200 מיקרון).
- לצורך אומדן המגוון הפונקציונלי, הדוגמאות נסרקו בסורק ייעודי, עובדו וסווגו (classification) באמצעות כלי בינה מלאכותית (איור 3.2B). שיטה זו אינה הרסנית—לאחר העיבוד הדוגמאות מועברות לארכיב "אוסף קימור" (אוספי הטבע הלאומיים, האוניברסיטה העברית).
- מטא-ברקודינג נערך לצורך אומדן המגוון הגנטי. דנא הופק מהדגימות (דופליקטים מכל דוגמה). ריאקציות PCR בוצעו עם הפריימרים EukBr-Euk_1391f המשמשים להגברת המרקר המולקולרי 9S rRNA SSU 18S. הריצוף נערך באמצעות Illumina MiniSeq. אנליזה ביואינפורמטית נערכה ע"י שימוש ב-QIIME2 וב-DADA2, והאמפליקונים שהתקבלו הושוו למאגרי רצפים ב-GenBank, PR2, ו-MetaZooGene (MZGdb).
- שכיחות חברת הזואופלנקטון בעמודת המים (0-25 מ') נעה בין 859 פרטים למ"ק (ינואר) ל-15,820 פרטים למ"ק (אפריל). בהתאמה, ריכוז הביומסה המינימלי היה 5.9 מ"ג משקל יבש למ"ק, והמקסימלי—605 גרם משקל יבש למ"ק (איור 3.3).

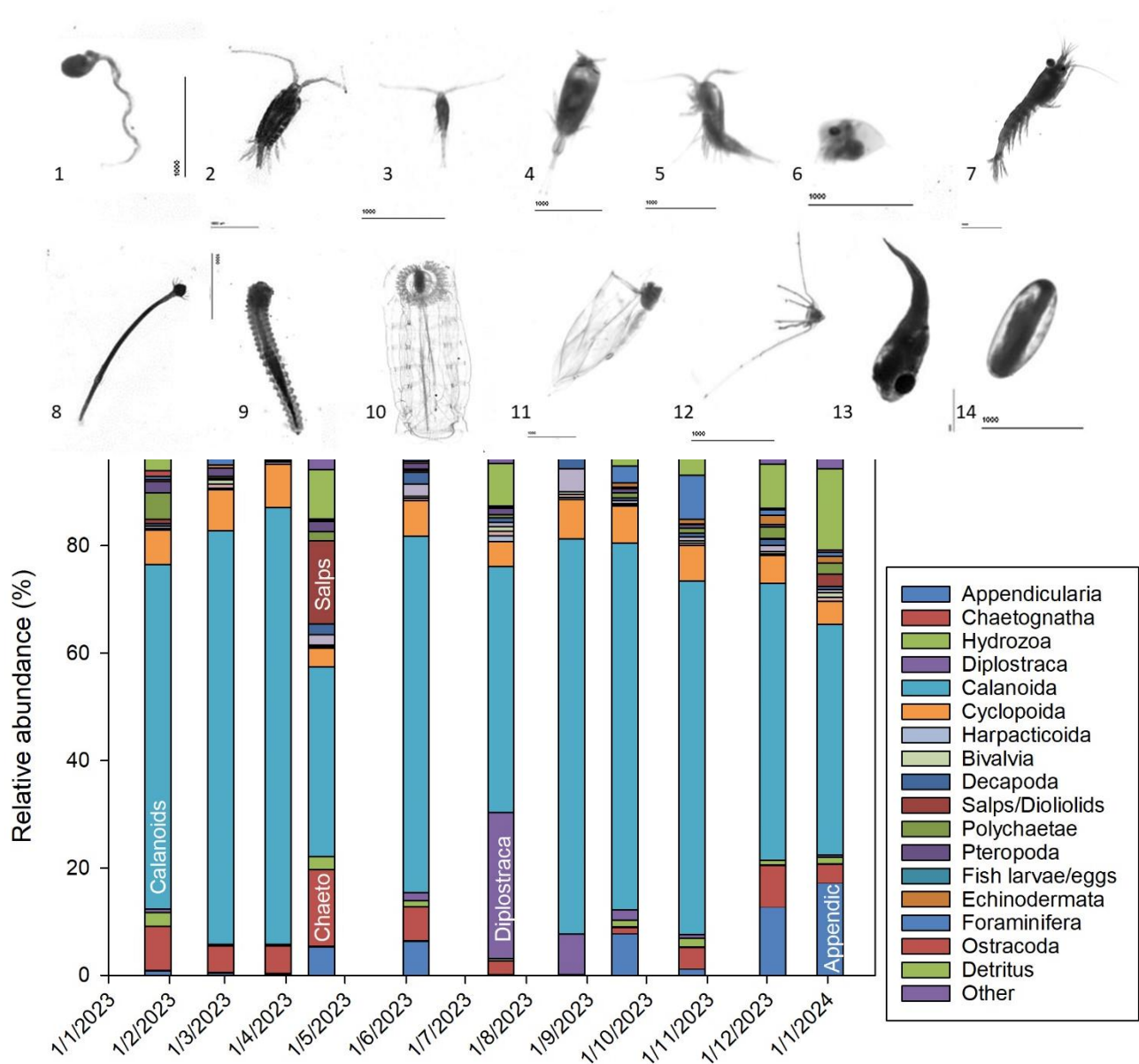
- המתאם בין שכיחות הפרטים לביומסה (משקל יבש) בתחנת חדרה היה גבוה בכל חודשי השנה ($r^2 = 0.93$) והיחס הממוצע בין שכיחות לביומסה (מס' פרטים למ"ג משקל יבש) היה 171 ± 39 חוץ מאשר בחודשים מרץ ואפריל, בהם היחס שכיחות:ביומסה היה נמוך (76 ו-29 בהתאמה) בשל פריחת סלאפות (יחס משקל יבש למשקל רטוב $> 10\%$).
- הקבוצות השכיחות ביותר בדיגום החופי היו שטרגליים קלנואידיים ($63 \pm 15\%$), ואחריהם – תולעי חץ ($5 \pm 4\%$) ושטרגליים ציקלופואידיים ($6 \pm 1\%$) (איור 3.4).
- במרבית קבוצות הזואופלנקטון (Salps/doliolids, Hydrozoa, Calanoida, Harpacticoida, Decapoda, Pteropoda, Polychaeta, Cyclopoida, Chaetognatha, Appendicularia, Echinodermata, Bivalvia, fish larvae and eggs) ניתן לראות עליה חדה בשכיחות באפריל (איור 3.5).
- באפריל נצפו פריחות של הסלפה *Thalia democratica* (1707 פרטים למ"ק) ושל ההידרומדוזה *Aequorea* (82 פרטים למ"ק).
- דפוס עונתיות שונה נצפה בדפניתאים (Diplostraca), פורמיניפרה (Foraminifera) ובצדפוניות (Ostracoda). שיא שכיחות הדפניתאים (Diplostraca) נצפה בקיץ (יולי) בשל המעבר מרביית בתולין (parthenogenesis) לרבייה מינית (gametogenesis), עם שכיחות של 69 פרטים למ"ק ב- *Penilia avirostris* ושל 186 פרטים למ"ק ב- *Evadne*. שכיחות הצדפוניות הגבוהה ביותר נצפתה בחורף (ינואר-פברואר), ואילו בפורמיניפרה השיא נצפה בסתיו (אוקטובר) (איור 3.5).
- ניתוח ההשתנות העונתית של קבוצות חברת הזואופלנקטון החופית מצביע על ארבעה אשכולות נפרדים ($p < 0.01$, ADONIS): (1) החודשים ספטמבר-פברואר עם מאי, (2) מרץ, (3) אפריל, ו (4) יולי-אוגוסט. באנליזת SIMPER נמצא כי סלפות (salps/doliolids) היוו את התרומה היחסית הגדולה ביותר לשוני בין אשכול 3 (אפריל) לאשכולות 1 ו-3 ($13\%-14\%$). לשוני בין אשכול 4 (קיץ) ליתר האשכולות תרמו בעיקר הדפניתאים (17%) (איור 3.6).
- בשנים 2020-2023 קיים דמיון בדפוס ההשתנות העונתית בשכיחות ובביומסת הזואופלנקטון החופית – מקסימום בחודשי החורף-תחילת האביב פברואר-אפריל, ומינימום בחודשי הסתיו ספטמבר-נובמבר (איור 3.7). עם זאת, בשנת 2023, הביומסה הממוצעת היתה 74.1 ± 177 מ"ג חומר יבש למ"ק, גבוהה יותר מאשר ב 2020-2022, והשכיחות הממוצעת היתה 3528 ± 4367 פרטים למ"ק. השונות בשני מדדים אלו היתה גבוהה משמעותית ב 2023, בעיקר בגלל הצפיפות הגבוהה של הזואופלנקטון בחודשי מרץ ואפריל. יתכן שהאנומליה שנצפתה השנה תרמה להופעת פריחות פלנקטון ג'לטיני ונחילי מדוזות בתדירות ועוצמה גבוהות יותר במהלך 2023.



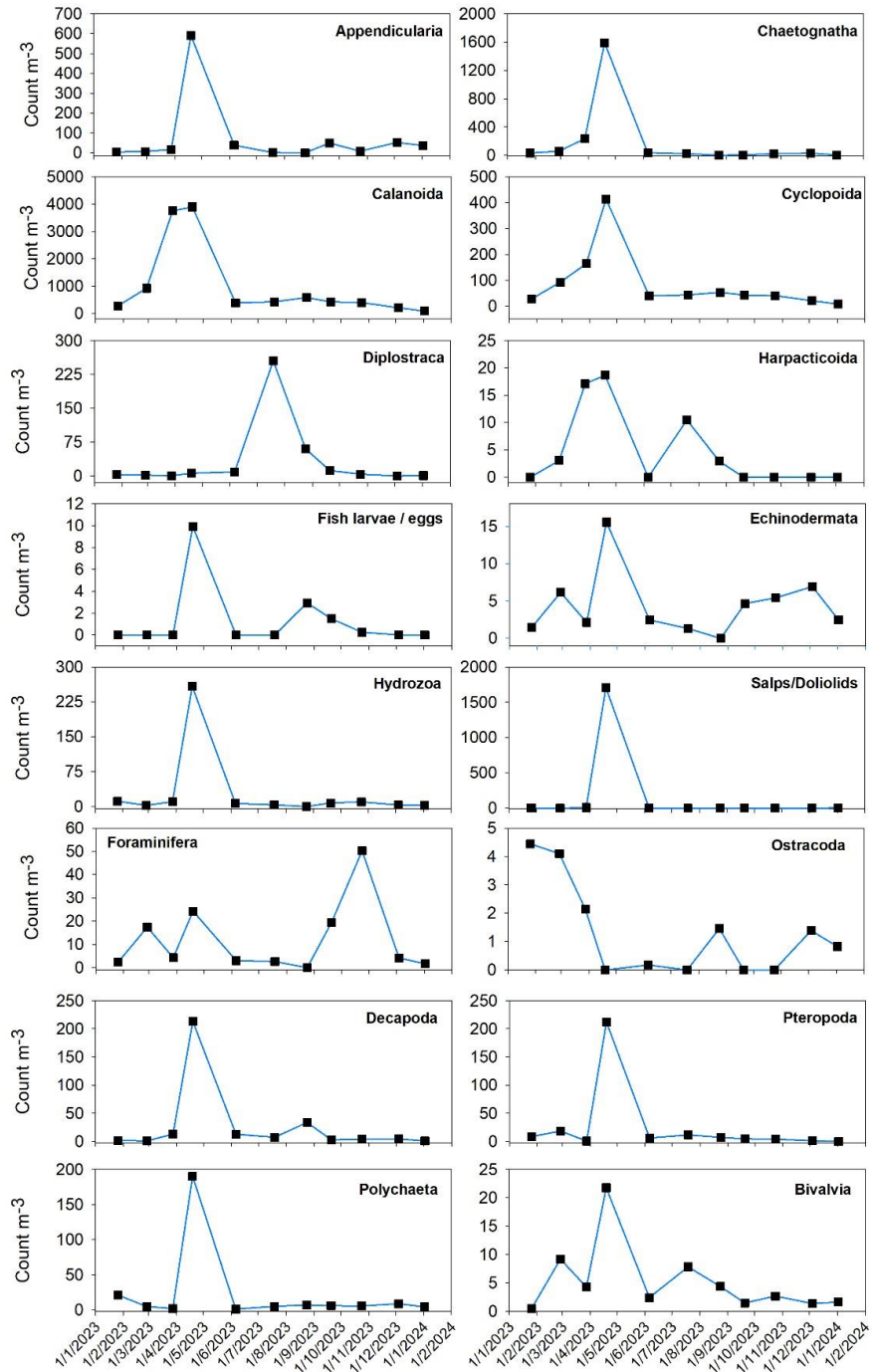
איור 3.2: שיטות בניטור זואופלנקטון במסגרת תכנית הניטור הלאומית. **A.** מערכת רשתות אוטומטית לדיגום משוכב מסוג MultiNet Midi (5 רשתות) בקונפיגורציה אנכית בספינת המחקר בת-גלים. **B.** תהליך עיבוד דוגמת זואופלנקטון לאומדן מגוון פונקציונלי בעזרת סריקה ואנליזה ממוחשבת.



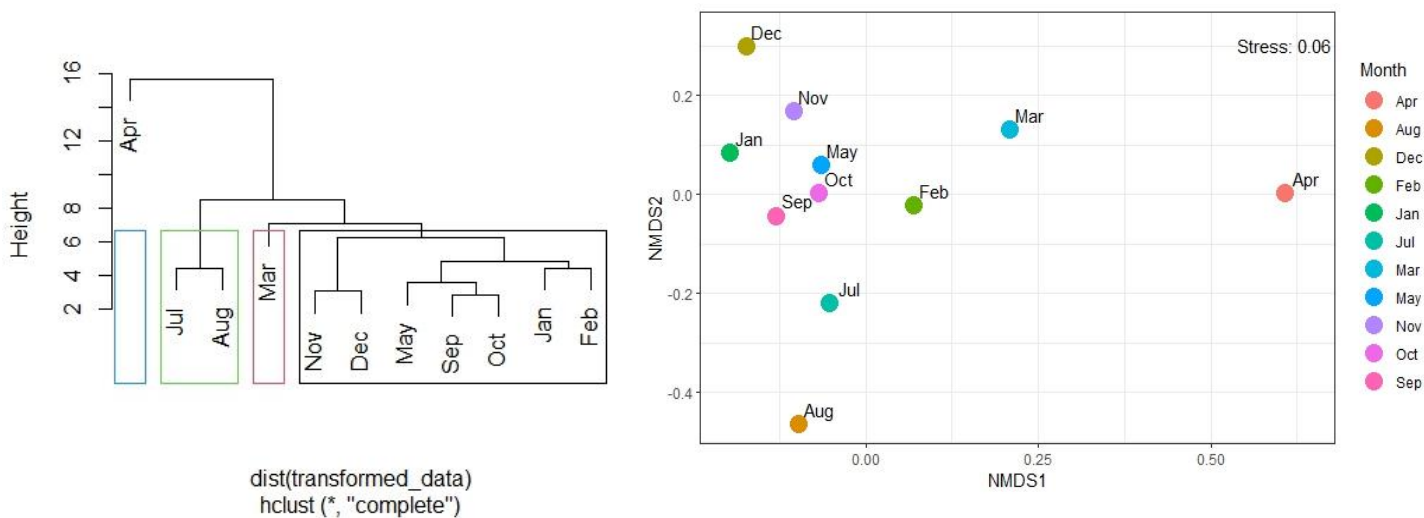
איור 3.3: שכיחות וריכוז ביומסת זואופלנקטון (מספר פרטים ומיליגרם משקל יבש למטר מעוקב, בהתאמה) בגודל $< 200\mu\text{m}$ בעמודת המים (0-25 מ') במים החופיים בתחנה המטאו-ימית בחדרה בשנת 2023. הדיגום נערך באמצעות גרירה אנכית של רשת מסוג WP2 (Hydro-Bios) במהירות > 1 מ'/שניה. כמות הפרטים התקבלה ע"י סריקה ממוחשבת של דוגמת הרשת. טמפרטורת מים-הים נמדדת ברציפות באמצעות CTD המוצב בעומק 12 מ' (*נתוני טמפ' חסרים בתאריכים 14/3 – 30/5).



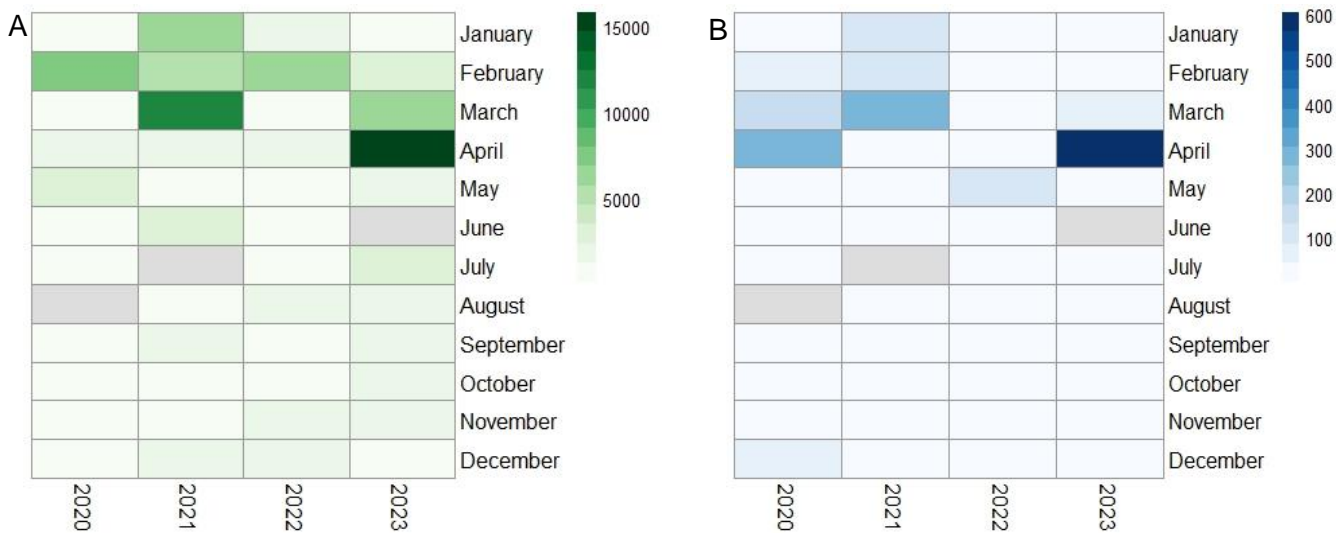
איור 3.4: קבוצות פונקציונליות בזואופלנקטון החופי בתחנת הדיגום החופית בחדרה. **A**. צלמיות מסריקת הדוגמאות: 1. אפנדיקולריה (Appendicularia), 2. שטרגליים קלנואידים (Calanoida), 3-4. שטרגליים ציקלופואידים (Cyclopoida), 5. שטרגליים הרפקטיקואידים (Harpacticoida), 6. דפניטאיים (Diplostraca), 7. סרטנים מעשירי-רגל (Decapoda), 8. תולעי-חץ (Chaetognatha), 9. תולעים רב-זיפיות (Polychaeta), 10. סאלפות (Salpidae), 11. סיפונפורה (Siphonophorae), 12. קווצי-עור (Echinodermata), 13. לארות דגים, 14. ביצי דגים. **B**. שכיחות יחסית (%) של הקבוצות הפונקציונליות לאורך חודשי שנת 2023.



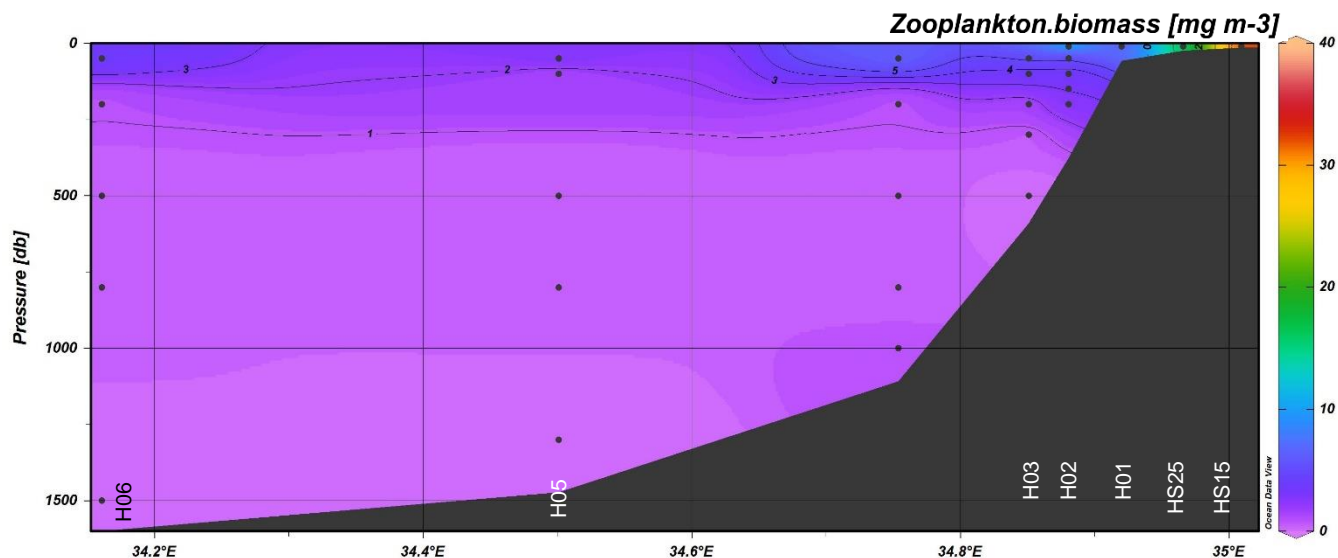
איור 3.5: שכיחות (מספר פרטים למטר מעוקב) קבוצות פונקציונליות בזואופלנקטון החופי בתחנת הדיגום החופית בחדרה לאורך חודשי שנת 2023, מבוססת על כלי דימות ואנליזת אינטליגנציה מלאכותית.



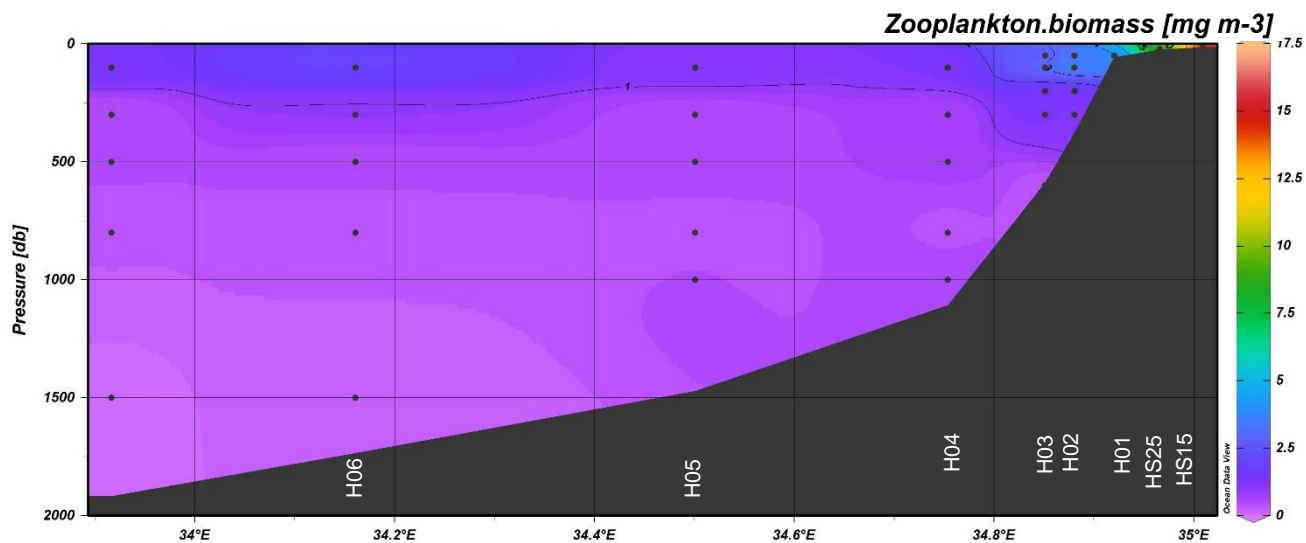
איור 3.6: השתנות עונתית של מבנה חברת הזואופלנקטון החופית שנדגמה בחדרה במהלך 2023. מימין: אורדינציית NMDS של הקבוצות בחודשי השנה. משמאל: אנליזת אישכול היררכי הצביעה על שלושה אשכולות: החודשים יולי – אוגוסט, אפריל, וינואר-מרץ + מאי + ספטמבר – דצמבר).



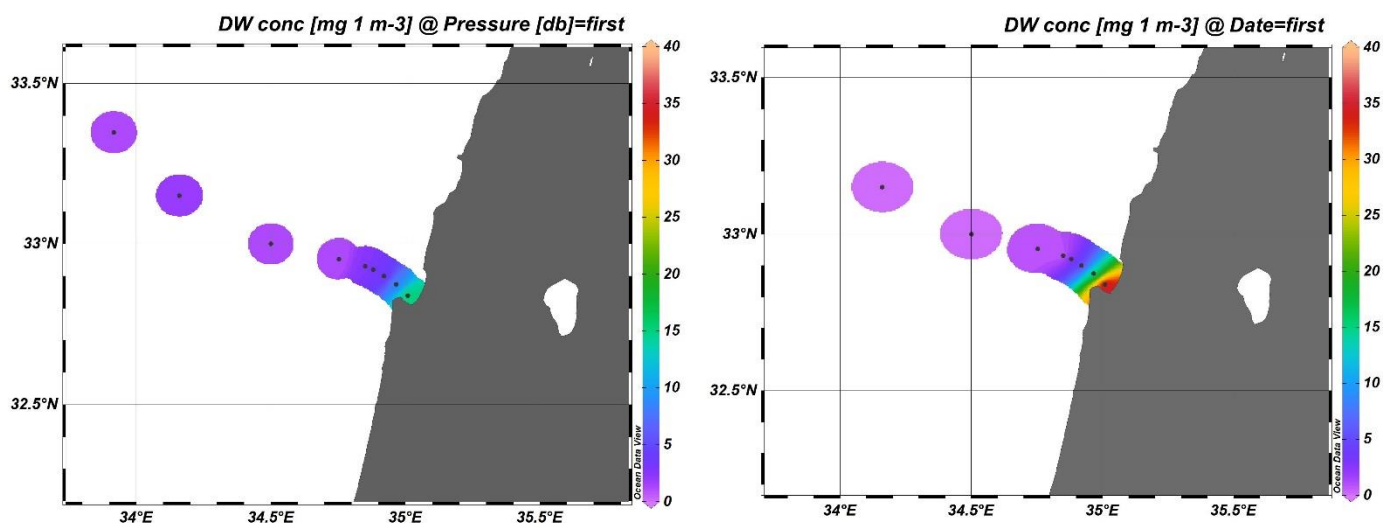
איור 3.7: שכיחות וריכוז ביומסת הזואופלנקטון בתחנת הניטור החופית בחדרה בשנים 2020-2023. A. שכיחות (מספר פרטים למ"ק). B. ביומסה (מיליגרם משקל יבש למ"ק).



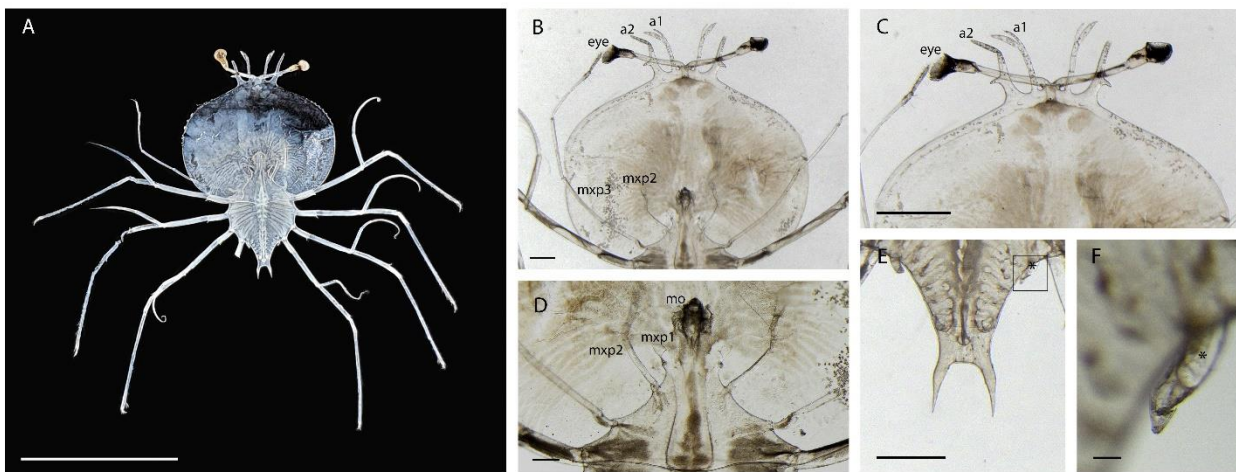
איור 3.8: ריכוז ביומסת זואופלנקטון $<150\mu\text{m}$ (מיליגרם משקל יבש למטר מעוקב) שנדגם ברשת אוטומטית לדיגום משוכב (MultiNet Midi) בגרירה אנכית של חמש שכבות מים דיסקרטיות מהקרקעית לפני השטח במרץ 2023 (3-4.3) בתחנות H06, H05, H03, H02, H01, HS25, HS15. הנקודות מראות את עומק הגרירה המקסימלי בכל שכבה נדגמת.



איור 3.9: ריכוז ביומסת זואופלנקטון $<150\mu\text{m}$ (מיליגרם משקל יבש למטר מעוקב) שנדגם ברשת אוטומטית לדיגום משוכב (MultiNet Midi) בגרירה אנכית של חמש שכבות מים דיסקרטיות מהקרקעית לפני השטח באוגוסט 2023 (7.8-61) בתחנות חתך חיפה H06, H05, H04, H03, H02, H01, HS25, HS15. הנקודות מראות את עומק הגרירה המקסימלי בכל שכבה נדגמת.



איור 3.10: ריכוז ביומסת זואופלנקטון $< 150\mu\text{m}$ (מיליגרם משקל יבש למטר מעוקב) שנדגם ברשת אוטומטית לדיגום משוכב (MultiNet Midi) בגרירה אנכית בשכבת המים העליונה (0-15 מ' בתחנות המדף הרדוד, 0-50 מ' בתחנות מדרון וים-עמוק) בחורף (מימין) ובקיץ (שמאל) 2023.



איור 3.11: פילוזומה של הכפנית הזוטית *Scyllarus pygmaeus* התגלתה לראשונה במזרח הים התיכון בניסור ים עמוק ע"י זיהוי מורפולוגי ומולקולרי באמצעות הגן COI (דימיון של 99.7% לרצפים בGenBank) (Guy-Haim et al. 2024).

- Guy-Haim, T., Iakovleva, A., Ermak, K., Spanier, E. and Morov, A.R., 2024. First record of the phyllosoma larva of the pygmy locust lobster *Scyllarus pygmaeus* (Crustacea, Decapoda) in the eastern Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 104, p. e49.
- Albano, P.G., Hong, Y., Steger, J., Yasuhara, M., Bartolini, S., Bogi, C., Bošnjak, M., Chiappi, M., Fossati, V., Huseyinoglu, M.F. and Jiménez, C... and Guy-Haim, T. 2024. New records of non-indigenous species from the eastern Mediterranean Sea (Crustacea, Mollusca), with a revision of genus *Isognomon* (Mollusca: Bivalvia). *PeerJ*, 12, p.e17425.
- Velasquez, X., Morov, A.R., Astrahan, P., Tchernov, D., Meron, D., Almeda, R., Rubin-Blum, M., Rahav, E. and Guy-Haim, T., 2024. Bioconcentration and lethal effects of gas-condensate and crude oil on nearshore copepod assemblages. *Marine Pollution Bulletin*, 203, p.116402.

פרק 4 - ניטור ביולוגי ואקולוגי של חי תוך המצע

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה, כלהלן: EO1 – Biodiversity, EO2 – Non-indigenous species, EO4 – Marine food webs, CI1 – spatiotemporal variability in habitats, webs

4.1 ניטור כלל חי תוך המצע (למעט פורמניפירה)
(מרכזת ד"ר הדס לובינסקי: hadas@ocean.org.il)

ניטור הסביבה החופית:

- בשנת 2023 נמצאה ירידה במספר הפרטים בסדימנט בכל התחנות למעט תחנת דדו בהשוואה לממוצע הרב שנתי (**איור A4.1**). מבחינת מספר הטקסונים, בניטור 2023 נמצאה מגמה מעורבת, אולם השינויים שתועדו לא חורגים מטווח המדידות הקודמות ונגרמו ככל הנראה משינויים רב שנתיים טבעיים. (**איור B4.1**)
- תחנת שפך הקישון בשנים 2005-2016 הייתה התחנה העשירה ביותר במספר הפרטים שנאספו בה (כ- 40,000 פרטים בממוצע למ"ר מידי שנה). משנת 2017 ישנה ירידה משמעותית במספר הפרטים בתחנה זו, והיא התחנה הענייה ביותר מבחינת מספר הפרטים (כ- 1500 פרטים בממוצע למ"ר). באופן דומה, בעוד שבדיגומי עבר נמצאו בין 50-100 טקסונים של תולעים, קופפודים וקווצי עור בשפך הקישון, בדיגום 2018 נמצאו כ-20 טקסונים בלבד, 8 טקסונים בשנת 2019, 14 טקסונים בשנת 2020, 27 טקסונים בניטור 2021, 17 טקסונים בניטור 2022 ובניטור 2023 נאספו 21 טקסונים. הבדל זה נובע ככל הנראה מחפירות שהתבצעו באזור במסגרת נמל המפרץ והמקום טרם חזר לקדמותו.
- הירידה הדרסטית בכמות הפרטים בצפון מפרץ חיפה (תחנת נעמן) החלה בשנת 2016 (**איור 4.2A**) ונובעת ככל הנראה משינויים סדימנטולוגיים כתוצאה מהזנת חולות ובליה בחלקו הדרומי של המפרץ, וככל הנראה הסעתם צפונה (דו"ח חיא"ל H46/2020). נראה כי השינויים במספר הטקסונים בתחנות החוף הם שינויים שנתיים טבעיים, למעט התחנה מול שפך הקישון (**איור 4.2B**).
- בנייתו רב שנתי של מאפייני חברות חיתוך המצע ע"י Lubinevsky et al., 2019 אופיינו שלוש חברות חי: מפרץ חיפה (HB), פתח נמל חיפה (HH) ויתר החוף מקצה המפרץ דרומה עד אשקלון (SC), כאשר המאפיינים שנדגמו הם צפיפות, הרכב מינים ומדדי מגוון מינים. לאור זאת, מוצגים מדדי צפיפות ועושר מינים בסביבות אלה:

צפיפות- ישנה ירידה מובהקת בצפיפות הפרטים במעבר משנת 2015 ל- 2016 ואחר כך שמירה על צפיפות נמוכה לכל אורך החוף בין השנים 2016-23 (איור 4.3). ירידה דרמטית במיוחד אובחנה בצפיפות חברת חי-תוך-המצע של פתח נמל חיפה (HH). **באיור 4.4** ניתן לראות את השינוי בצפיפות הפרטים בחברות החי השונות במספר קבוצות חשובות שאינן מוגדרות לרמת המין (סרטנאים ממחלקת ה- copepoda ותולעים רב זיפיות מהמשפחות capitellidae, spionidae, syllidae) משנת 2005-2023. **מדד עושר המינים** – מספר הטקסונים מראה ירידה חזקה בכל חברות החי בשנת 2017 המלווה בהתייצבות, ובשנים 2021-2023 אנו רואים עלייה מחודשת ושוב התייצבות (**איור 4.5**).

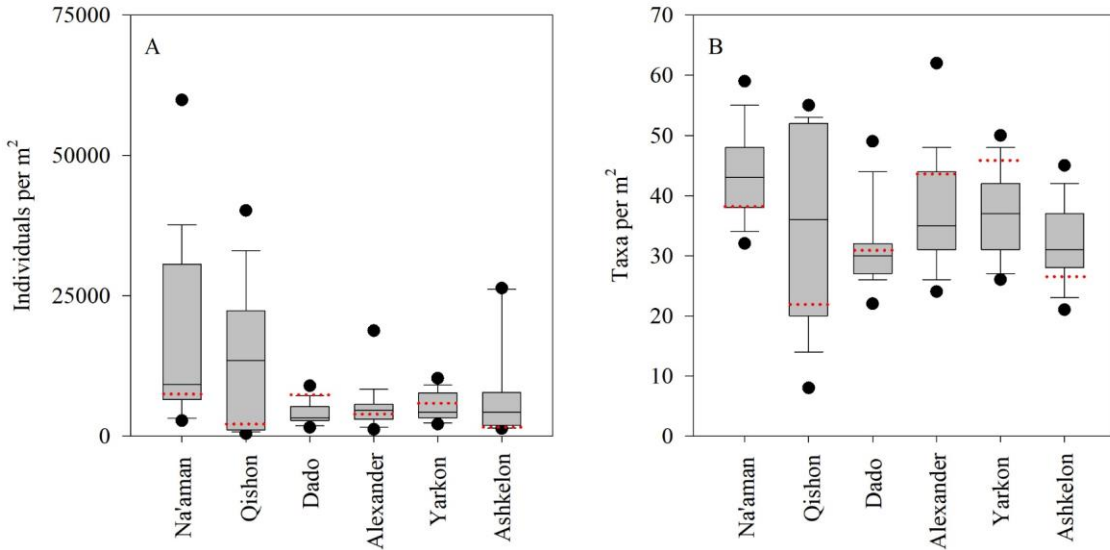
מתוך כלל מאסף החיות שנדגם בשנים 2005-2023, רק 25% מתוכם הוגדרו לרמת המין. אופיינו שתי קבוצות מרכזיות: תולעים רב זיפיות (polychaeta) ושטרגליים קרקעיים (bentic copepods), המהוות קרוב ל- 75% מכלל הפרטים. קבוצות אילו הוגדרו לרמת המשפחה ומעלה. חשיבותם היחסית של התולעים הרב זיפיות בכל בית גידול שונה והגדרה מדויקת יותר שלהם היא משימה קריטית וחשובה להשגת ניתוח משמעותי יותר של מאפייני חברת החי והשינויים החלים בהם עם הזמן. אנו עובדים בשנים האחרונות על בניית ספרייה גנטית של התולעים שתשמש אותנו בניטורים עתידיים למטרה זו. כעת אנו מבצעים אנליזה מולקולרית של כל החיות שנאספו בניטור הנוכחי (2023) והחומר נשלח לריצוף. התהליך ארוך מכיוון שהוא נמצא בהכנה של הספרייה הגנטית. אנחנו מתחילים לקבל תוצאות, אולם הם יוצגו ככל שהספרייה תלך ותגדל. **באיור 4.6** ניתן לראות את אחוז הפרטים שנאספו של תולעים רב זיפיות מסך כל הפרטים שנאספו בכל אחת מתחנות הניטור. אנו רואים כי במפרץ חיפה ובנמל חיפה התולעים מהווים מעל 65% מכלל הפרטים שנאספו (בנמל חיפה מעל ל- 80%) ואילו בשאר החוף זה נע בין 10-30 אחוזים בלבד. **באיור 4.7** אנו רואים את הרכב המשפחות העיקריות שנאספו מבין התולעים הזיפיות והפיזור שלהן בתחנות הניטור השונות. רואים כי לאורך כל החוף המשפחה העיקרית היא משפחת spionidae ומעט מאוד פרטים נאספו ממשפחה זו במפרץ ובנמל חיפה ואילו במפרץ חיפה המשפחה העיקרית היא syllidae ובנמל חיפה cossuridae. האזורים שונים אחד מהשני ורואים זאת בבירור באוכלוסיית חי תוך המצע. **באיור 4.8** ניתן לראות את שלושת משפחות התולעים הרב זיפיות הנפוצות ביותר בכל שנות הניטור (בתחנות המפרץ, דדו ואשקלון, המשקפת גם את יתר תחנות החוף). רואים כי כל התחנות עשירות בתולעים ממשפחת ה- spionidae אשר ניזונות מטריפה של בע"ח על גבי החול, אולם הן מתאפיינות ביכולת שלהן לשנות את צורת התזונה שלהם לתרחיף במים כאשר התנאים

מאפשרים זאת. תולעים ממשפחת ה *capitellidae* המאכלסים אזורים המועשרים בחומר אורגני נפוצים כמעט אך ורק בתחנת הקישון (בפרטים בודדים בלבד בשאר התחנות). משפחת ה *syllidae* הינה ג'נרליסטית (לא ספציפית) בבחירת המזון ולפיכך תהה נפוצה במקום שהתנאים בו נוחים לה. ככל הנראה, נמל חיפה (הקישון) נמצא כמתאים למשפחה זו בהשוואה ליתר החוף.

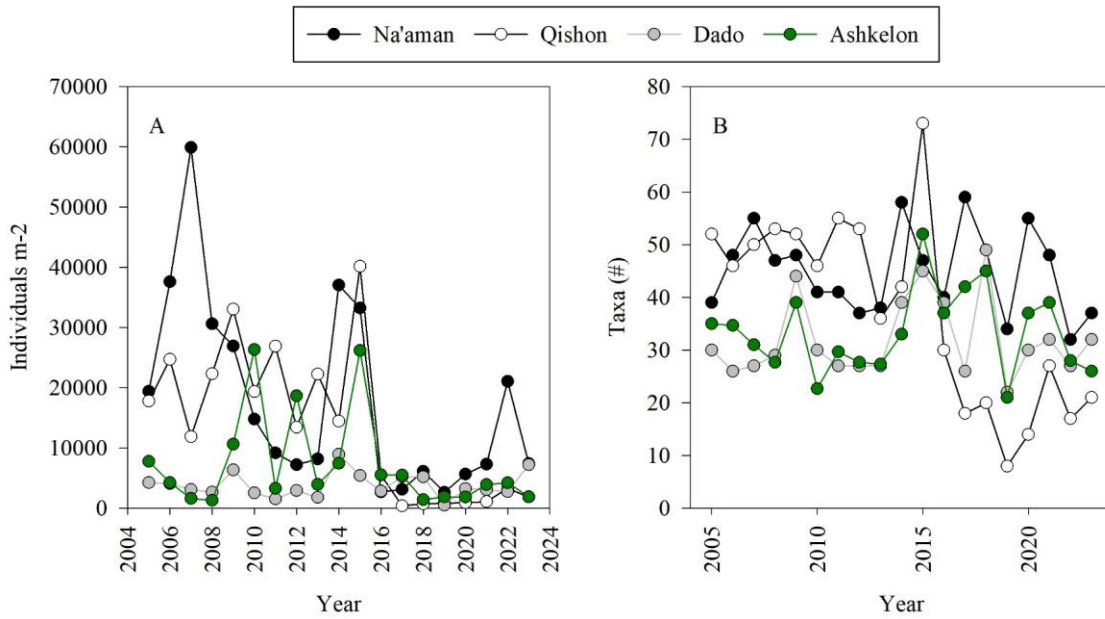
- מערכת הרכיכות הוגדרה לרמת המין והיא כוללת מספר רב של מינים, חלקם מהגרים (איור 4.9). לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה נצפית ירידה בשכיחות הפרטים ממוצא מקומי שהחלה ב- 2016 ונמשכת עד 2023 (בשנתיים האחרונות נראית מגמת התאוששות קלה, יש צורך להמשיך לעקוב). לעומת זאת, בניטור 2023 בו נצפתה עלייה משמעותית במספר הפרטים המהגרים - בעיקר בשל עליה במספר הפרטים של החלזונות המהגרים מהמינים *Acteocina mucronata*, *Finella pupoides*, *Pyrunculus fouierii* (איור 4.9 עליון). במפרץ חיפה נמצאה ירידה משמעותית הן בשכיחות הפרטים של מינים פולשים והן של מקומיים החל משנת 2016 (איור 4.9 תחתון). השינוי, כאמור, ככל הנראה נובע מפעולות החפירה בדרום המפרץ, פעולות הזנת החול במפרץ ואולי שינויים במשטר הזרמים כתוצאה מבניית הנמלים החדשים.

- לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה לא נמצא שינוי מובהק במספר המינים המקומיים (למרות השונות), אולם נצפית עליה במספר המינים הפולשים בין השנים 2005 ל- 2023 (איור 4.10 עליון). למרות מגמה זו, לא כל המינים מבססים אוכלוסיות, נכון לעת עתה, כך שהשינוי באחוז המינים הפולשים אין משמעו בהכרח שינוי ארוך טווח. במפרץ חיפה נצפית ירידה במספר המינים הפולשים והמקומיים ב- 6 השנים האחרונות לעומת עשור קודם לכן (איור 4.10 תחתון). אחוז המינים הפולשים נע בין 30 ל- 60% ללא מגמה ברורה.

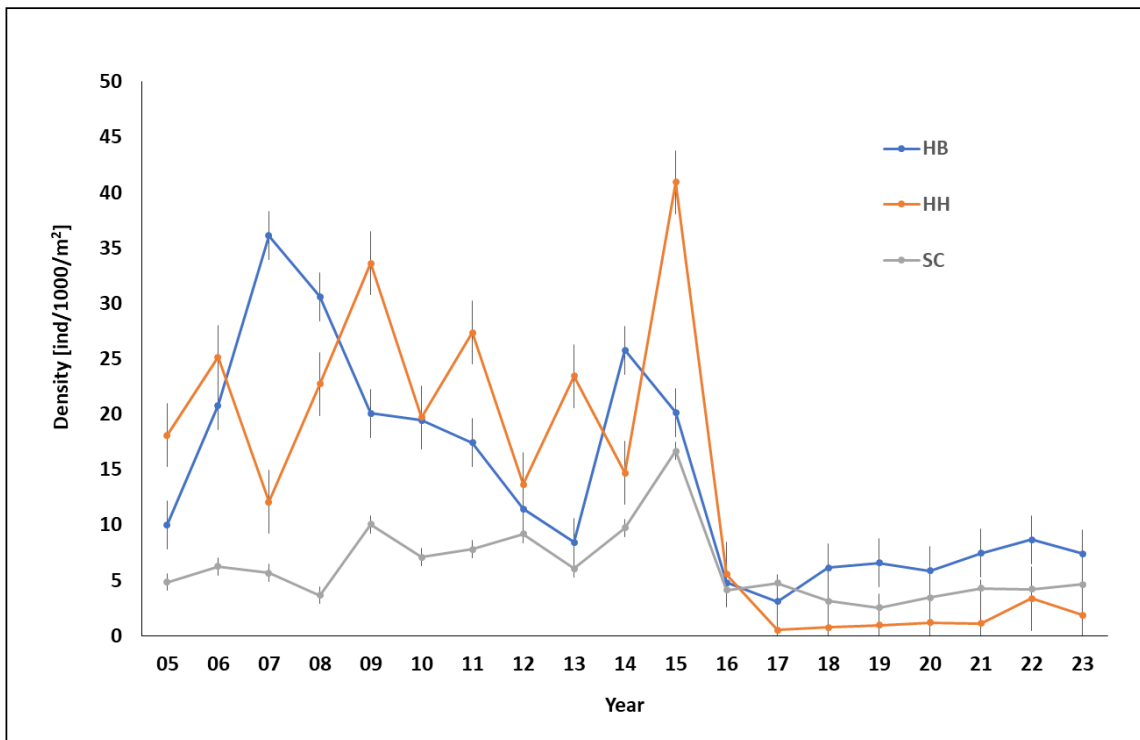
- מומלץ לשלב זיהוי מולקולרי של רב-זיפיות ושטרגליים כדי להגדיל את דיוק האנליזה הביוטית למינים. הקבוצות הנ"ל מהוות למעלה ממחצית מספר פרטים הנדגמים.



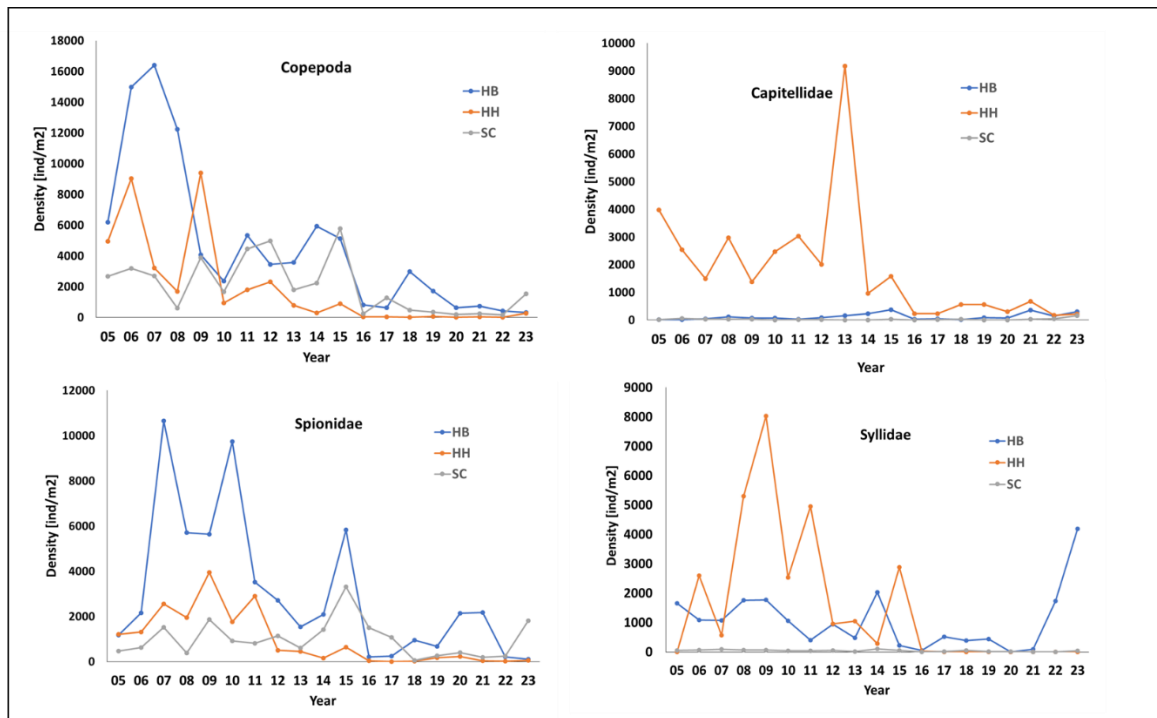
איור 4.1 - מספר הפרטים הממוצע למ"ר (A) ומספר הטקסה (B) בתחנות הניטור השונות לאורך כל שנות הניטור (2005-2023). הקו האדום המקווקו מייצג את הערך שהתקבל בניטור 2023.



איור 4.2 - מספר הפרטים למ"ר (A) ומספר הטקסה הכולל (B) בתחנות מייצגות בין השנים 2005-2023.



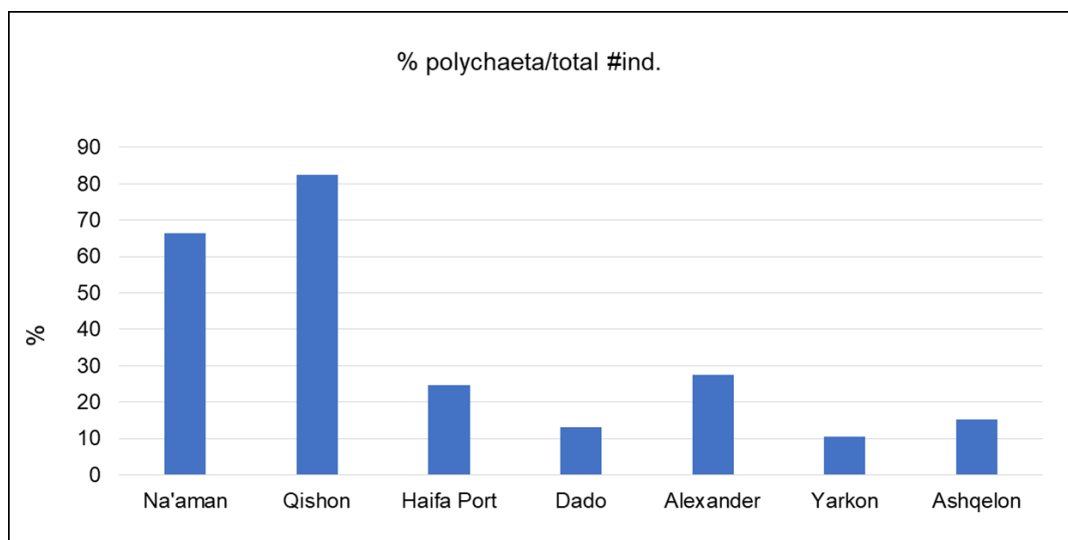
איור 4.3: צפיפות הפרטים למטר רבוע בשלושת חברות החי לאורך שנות הניטור (2005-2023). HB- מפרץ חיפה, HH- פתח נמל חיפה ו- SC- החוף המרכזי והדרומי.



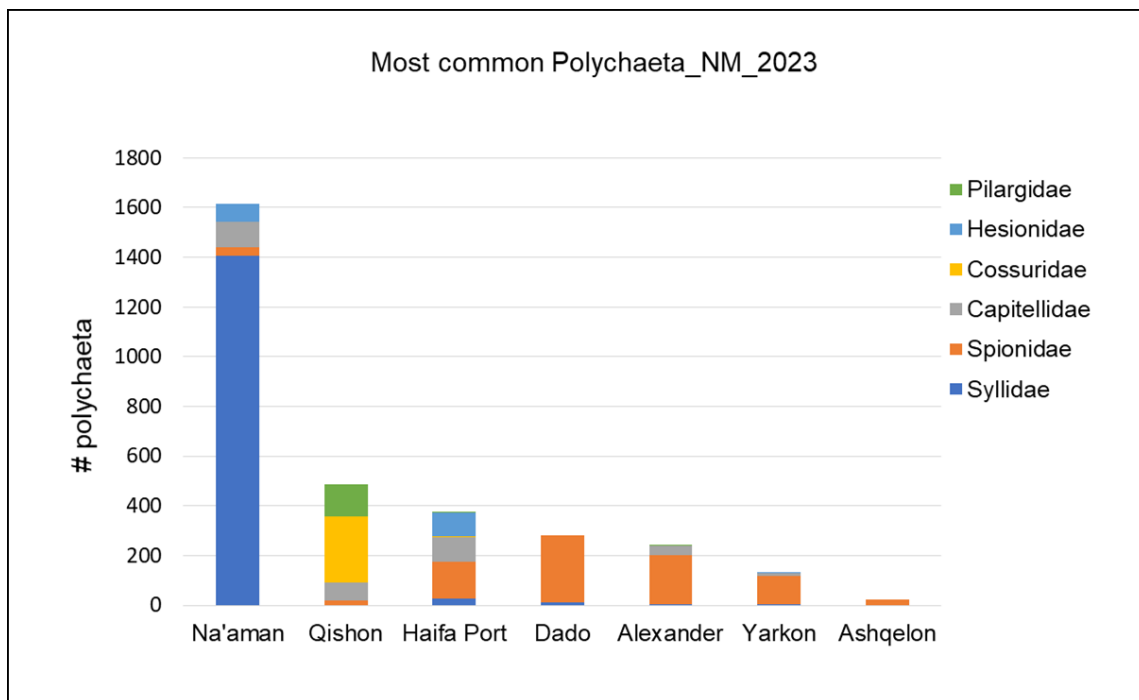
איור 4.4: צפיפות הפרטים שטרגליים (Copepoda) ושל תולעים רב זיפיות ממשפחות ה-Spionidae, Capitellidae, Syllidae בחברות השונות משנת 2015-2023. HB- מפרץ חיפה, HH- פתח נמל חיפה ו-SC- החוף המרכזי והדרומי).



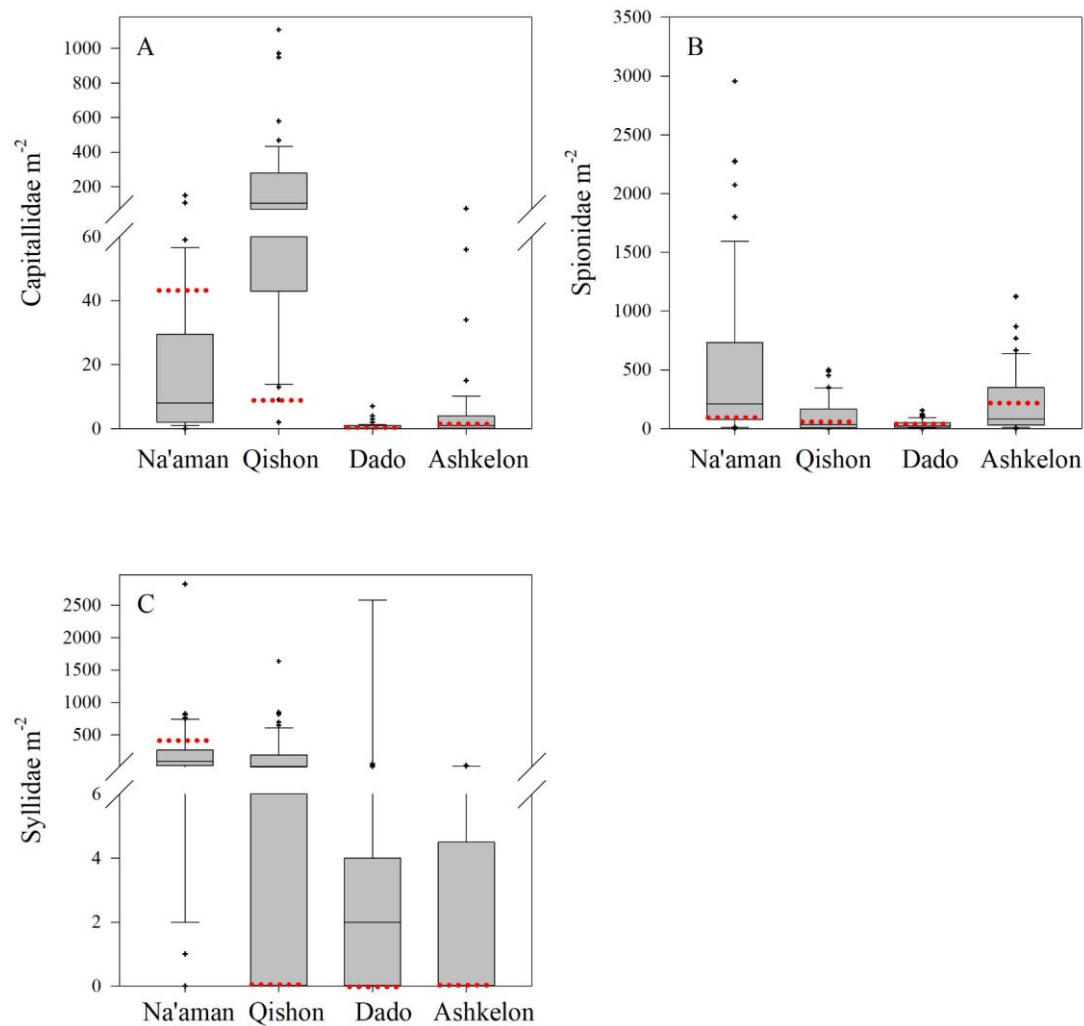
איור 4.5: מדד עושר המינים: מספר הטקסונים בשלשת חברות החי בין 2005-2023. HB - מפרץ חיפה, HH - פתח נמל חיפה ו- SC - החוף המרכזי והדרומי.



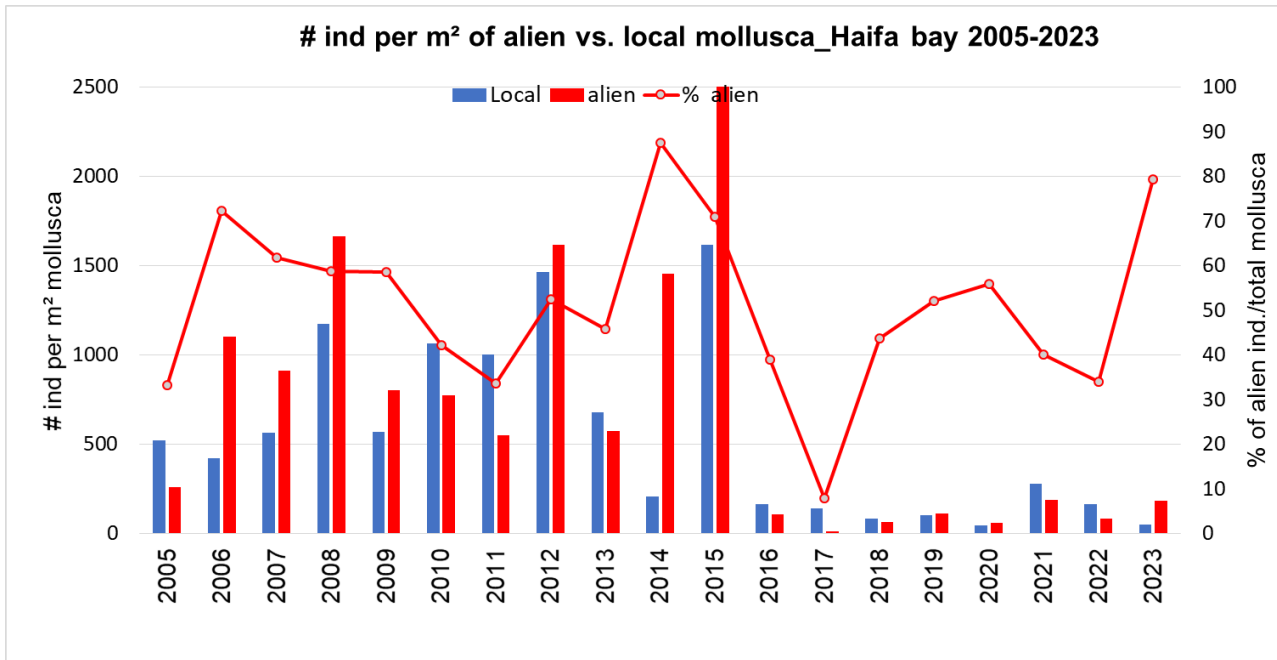
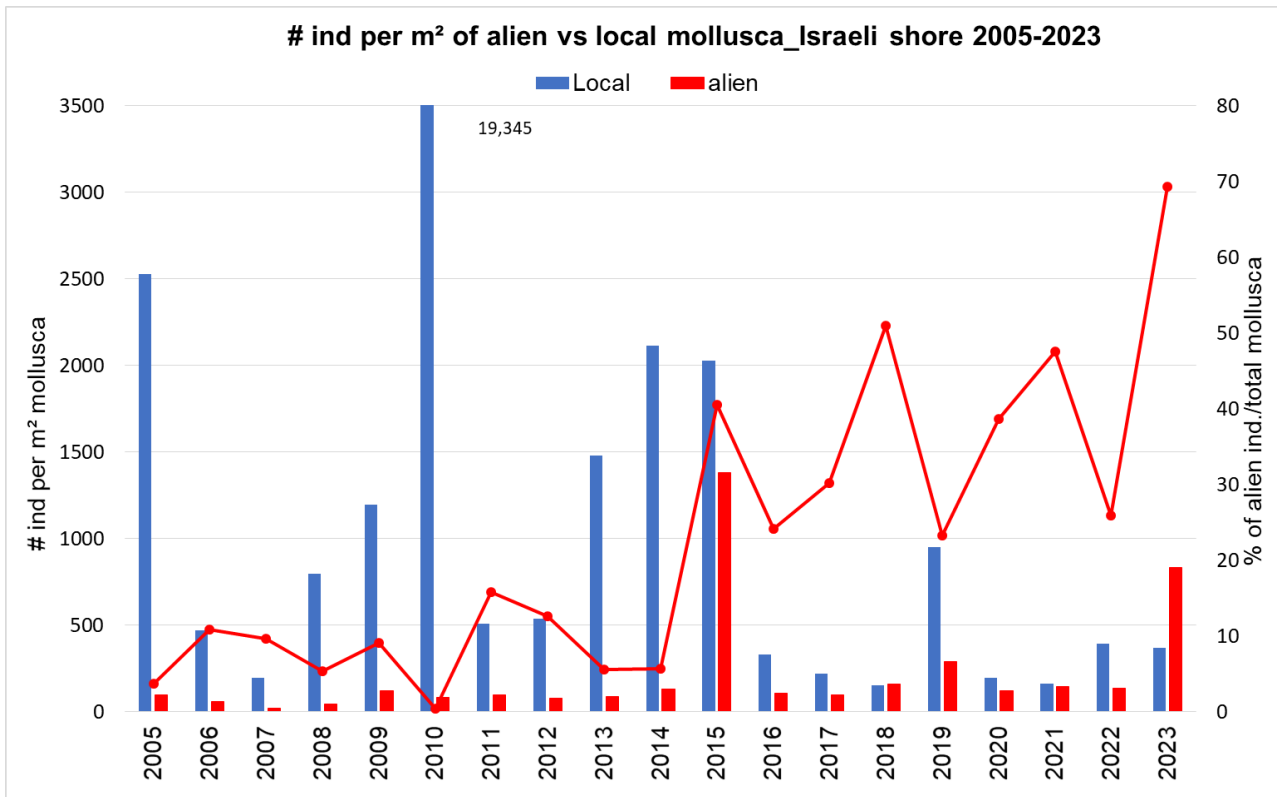
איור 4.6: אחוז התולעים הרב זיפיות מסך כל הפרטים שנאספו בכל תחנה בניטור 2023.



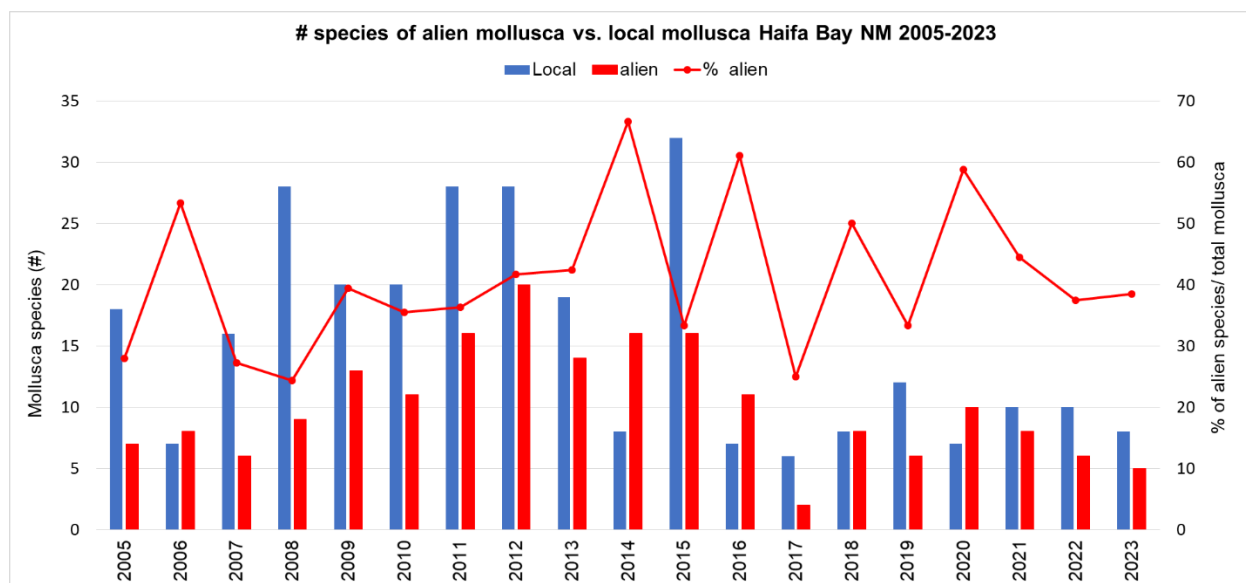
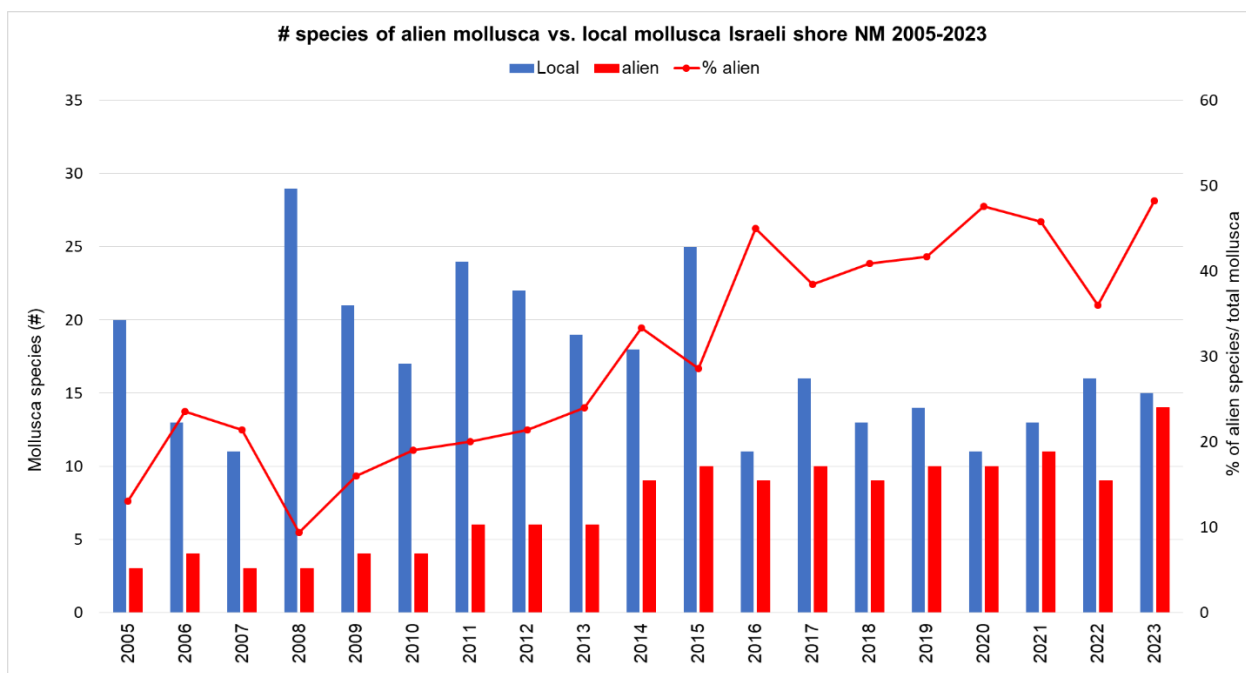
איור 4.7: מספר הפרטים של תולעים רב זיפיות מששת המשפחות הנפוצות ביותר שנאספו בתחנות השונות בניטור 2023.



איור 4.8: מספר הפרטים של תולעים רב זיפיות משלושת המשפחות הנפוצות בניטור: (A) Capitallidae, (B) Spionidae, ו- (C) Syllidae בתחנות נעמן, שפך הקישון, דדו, ואשקלון בין השנים 2005-2023. הקו השחור בתוך הקופסה מייצג את ערך החציון משנות הדיגום. הקו האדום מייצג את ערך הממוצע ב- 2023 (3 חזרות).



איור 4.9: מספר הפרטים ממערכת הרכיכות של מינים מהגרים (אדום) מול מקומיים (כחול) לאורך החוף (אשקלון-דדו, פאנל עליון) ובמפרץ חיפה (פאנל תחתון) בין 2005-2023. אחוז הפולשים מכלל מיני הרכיכות מוצג כקו מגמה בצבע אדום.



איור 4.10: מספר הטקסונים ממערכת הרכיכות של מינים מהגרים (אדום) מול מקומיים (כחול) לאורך החוף (אשקלון-דדו, פאנל עליון) ובמפרץ חיפה (פאנל תחתון) בין 2005-2023. אחוז הפולשים מכלל מיני הרכיכות מוצג כקו מגמה בצבע אדום.

4.2 ניטור פורמניפריה במדף היבשת

(מרכזת ד"ר סימונה אבנעים-כתב simonaav@ocean.org.il)

הרכב המאסף של הפורמניפריה הבנתיים חשוף לשינויים בגלל חדירה והתבססות של מינים פולשים, כולל אינדו-פסיפיים דרך תעלת סואץ, סכירת הנילוס והפעלת סכר אסואן ב-1965 ושינויי האקלים הגלובליים (במיוחד עליית טמפרטורה ומליחות מי הים, עליה בחומציות ומפלס הים). סכירת הנילוס (והקמת תשתיות ימיות נוספות) הובילה לשינוי משמעותי במאפייני הסדימנט והמצב האקולוגי במדף היבשת הרדוד, ובמיוחד ברצועת הארבעים מטר עומק מים. בין השינויים שנצפו: עליה דרמטית בגודלי הגרגר (מכ-15% ליותר מ-50% מקטע חול, מגמה המשתנה מצפון לדרום) וירידה בתכולת החומר האורגני (Almogi-Labin et al., 2012). ניטור קבוצת הפורמניפריה הבנתיים משמשת ביואינדיקטור למעקב אחר המשך מגמת שינויים אלה (e.g., Bouchet et al., 2021). השוואת ממצאי ניטור פני שטח שנערך בשנת 2023 עם ממצאי ניטור משנת 2021 עם סדימנטים שהצטברו לפני עשור ב-2011 (Avnaim-Katav et al., 2020) בשלוש תחנות לאורך הרצועה הליתורלית הנילוטית (בית ינאי, הרצליה ואשדוד) מראה הבדלים בולטים מבחינת הרכב ותפוצת מאספי הפורמניפריה הבנתיים החיים בעומק מים של כ-40 מטר.

- שכיחות הפורמניפריה החיים הכללית נמוכה, כצפוי מאופייה האולטיגורופי של הסביבה הימית באזורנו.
- נמצאה עלייה יחסית בשלוש התחנות בשנת 2021 שלאחריה תועדה ירידה דרמטית בשכיחות הפורמניפריה לגרם סדמנט יבש בשנת 2023 הבאה לידי ביטוי במיוחד בתחנות הדרומית בהשוואה לשכיחותם בעשור קודם (איור 4.11).
- הירידה בריכוז הפורמניפריה במקביל לעלייה המתמשכת בתרומת מינים אולטיגורופיים (e.g. *B. striatula*, *C. quinquecarinata*, *A. longirostra*) לדוגמאות המאסף החי בעשור האחרון קשורה לירידה בזמינות החומר האורגני כתוצאה מהחמרה בתהליך האולטיגורופיות המתמשך והפיכת אזור מדף היבשת לאולטרא-אולטיגורופי כפועל יוצא של סכירת הנילוס.
- הופעת המינים האלה הידועים ברגישותם להעשרה אורגנית (e.g., Bouchet et al., 2021) בעיקר בתחנות הצפוניות (בית ינאי והרצליה) (איור 4.11) מייצגת את השפעת הנילוס המצטמצמת ונסוגה דרומה.
- מאסף הפורמניפריה החיים כולל שכיחות לא מבוטלת של מינים פולשים כגון: *Paratrochammina madeira* ו-*Carterina labinea* sp. nov.

- *P. madeirae* מציג נפיצות יחסית במגמת עלייה בתחנות בית ינאי והרצליה לעומת מגמת נפיצות שלילית בתחנת אשדוד. ואילו (*Carterina labinea* sp. nov. Avnaim-) (Katav et al., 2022) מין חדש בספרות שפלש לאחרונה לאזורנו ותועד לראשונה בשנת 2021 בתחנות שבין תל אביב למכמורת מציג ירידה בשכיחותו בתחנות אלה לעומת הופעה ראשונית בתחנת אשדוד.
- ניטור המגוון הביולוגי של מאספי הפורמניפרא יאפשר להמשיך ולבחון תהליכים ומגמות רב-שנתיות המתרחשים בעשורים האחרונים וקשורים להשפעת סכר הנילוס ותעלת סואץ ושינויים אקלימיים על המערכת האקולוגית הבנתית.

רשימת מאמרים

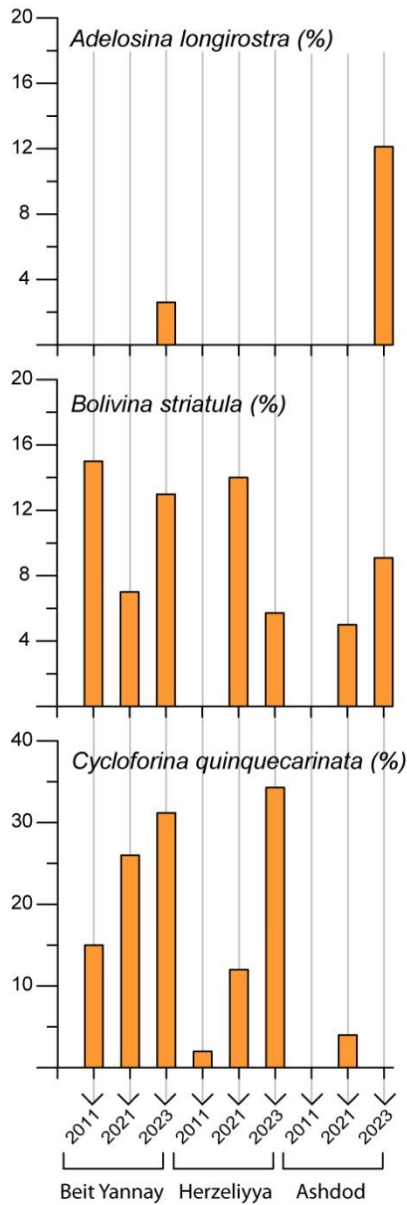
Almogi-Labin, A., Calvo, R., Elyashiv, H., Amit, R., Harlavan, Y., Herut, H., 2012. Sediment Characterization of the Israeli Mediterranean Shelf. GSI Report GSI/27/2012 and IOLR Report H68/2012, p. 38.

Avnaim-Katav, S., Almogi-Labin, A., Kanari, M., Herut, B., 2020. Living benthic foraminifera of southeastern Mediterranean ultra-oligotrophic shelf habitats: implications for ecological studies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 234, 106633

Avnaim-Katav, S., Holzmann, M., Pawlowski J., 2022. *Carterina labinea* sp. nov. – A new alien foraminifer from the Southeastern Mediterranean shelf. *European Journal of Protistology* 85, 125911..

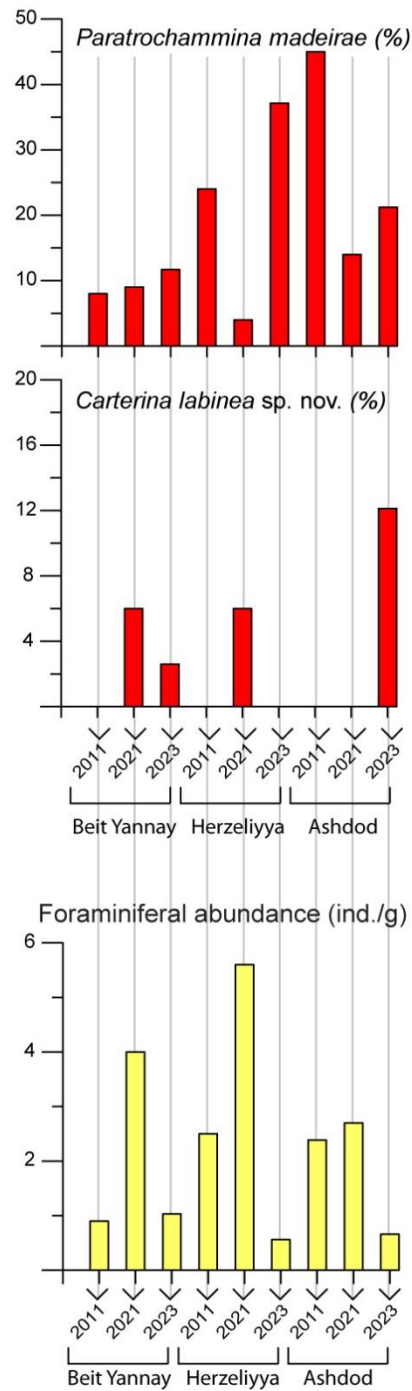
Bouchet, V.M.P., Frontalini, F., Francescangeli, F., Sauriau, P-G., Geslin, E., Alves Martins, M.V., Almogi-Labin, A., Avnaim-Katav, S., Di Bella, L., Cearreta, A., Coccioni, R., Costelloe, A., Dimiza, M.D., Ferraro, L., Haynert, K., Martínez-Colón, M., Melis, R., Schweizer, M., Triantaphyllou, M.V., Tsujimoto, A., Wilson, B., du Châtelet E., 2021. Indicative value of benthic foraminifera for biomonitoring: Assignment to ecological groups of sensitivity to total organic carbon of species from European intertidal areas and transitional waters. *Marine Pollution Bulletin* 164, 112071.

Ecological quality status (EcoQS) - sensitive species - live oligotrophic bioindicators



2011 (Avnaim-katav et al., 2020)
 2021 (הניטור הלאומי)
 2023 (הניטור הלאומי)

Invasive species



איור 4.11: השכיחות היחסית של מינים רגישים להעשרה אורגנית (סמנים לאוליגורפיות) משמאל ושל מינים פולשים מימין. השכיחות הכלית של הפורמיניפרים הבנתונים לגרם סדימנט יבש מופיעה בצד ימין למטה.

פרק 5 – ניטור ביולוגי ואקולוגי של החי על המצע הרך

(מרכז ד"ר ניר שטרן nirstern@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה, כלהלן: מגוון הביולוגי (E01) ומינים פולשים (E02).

ניטור מדף היבשת מציין השנה עשור של דיגומים על גבי אותה ספינת דיג ובאותם חתכי גרירה. יחד עם זאת, בשל תנאים מגבילים במהלך מלחמת "חרבות ברזל" בניטור הסתיו ישנו חוסר של שלוש גרירות.

החל משנת 2024 לא תתבצע גרירה ברצועת ה 20 מ'.

ניטור מדף היבשת (20-80 מ')

- במהלך ניטור 2023, נוספו לרשימת המצאי הכללית 8 מינים חדשים, מתוכם 4 מיני סרטנים, שני מינים של דגי סחוס ושני דגי גרם (טבלה 5.1). תוספת זו הינה תוצאה של שיפור ביכולות הזיהוי הטקסונומי עבור מיני הסרטנים ותפיסה של מינים נדירים לבית הגידול החולי במקרה של הדגים.
- מתוך אלה, ראוי לציין מאסף ראשון לניטור של 23 פרטים של הכריש הים תיכוני *קריושון מכהק* *Mustelus mustelus* בדיגום הלילה בעומקים 60 ו-80 מ' של ניטור הסתיו.
- שני מיני דגי גרם זרים נצפו השנה בעומקים גבוהים יותר מבעבר – שלושה פרטים של *גממית הפסים* *Pomadasys stridens* בעומק 60 מ', ושלושה פרטים של *זהרון הדור* *Pterois miles* בעומק של 80 מ'. על אף מספר הפרטים הנמוך של תצפיות אלו, תיעוד זה חשוב להבנת תהליך ההתפשטות וההעמקה של מינים זרים לאורך מדף היבשת הישראלי.
- בדיגום חגורת העומק של ה-80 מ' נדגמו השנה בשתי העונות להקות גדולות של הדג המקומי *עפין אנשובי* *Engarulis encrasicolu*, מה שמסביר את העלייה היחסית של עמודת הדגים הפלאגיים באותו עומק (עמודה ירוקה, איור 5.1).
- בחישוב המשתנים של מספר המינים, שכיחות ובימוסה של מיני הדגים הזרים לא נצפו הבדלים מובהקים בין שנות הניטור ($Kruskal-Wallis, p > 0.05$).
- הדגימות שנאספו בסתיו 2023 מ-40 מ' הכילו את מקסימום מיני הדגים הזרים עם 23 מינים אשר היוו 34% מסך כל המינים שנדגמו בעומק זה. הערך המינימלי לעומת זאת,

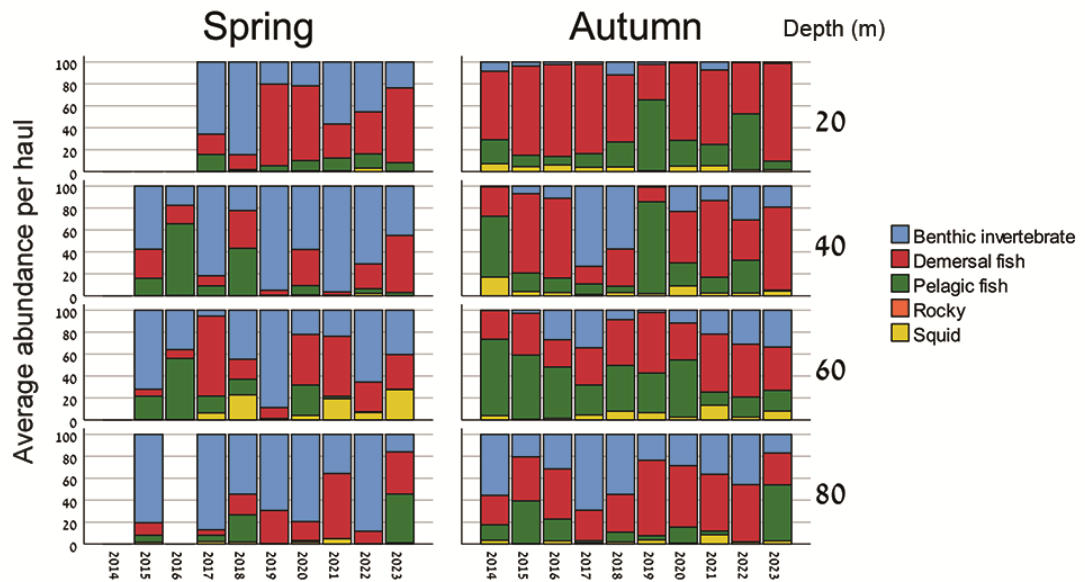
היה עשרה מינים זרים בדיגום סתיו של 80 מ' אשר היוו 13% מסך כל המינים לעומק זה (איור 5.2).

- השכיחות הממוצעת (מספר פרטים) של המינים הזרים ב-2023 הייתה גבוהה במיוחד בדגימות ה-60 וה-80 מ' של ניטור הסתיו בהתאם לעונת הגיוס של הדגים הצעירים, עם ערך מקסימלי של 99.6% מיני דגים זרים בשלל רשת בודדה בעומק 60 מ' אל מול ערך מינימלי של 22.5% בניטור אביב באותו עומק (איור 5.3). ערך גבוה זה התקבל כתוצאה מדיגום של להקה של 210 פרטים של המין הפולש שרבובון קלונצינגר *Equulites klunzingeri*, שאר מיני דגים זרים ורק פרט אחד של מין מקומי, נצנן ים תיכוני *Balistes capriscus*.
- שני מיני דגי גרם בלטו בהיעדרותם מנתוני הניטור של 2023 ומראים ירידה כללית באוכלוסיה – מולית אדומה *Mullus barbatus* ושיישן מסורטט *Lithognathus mormyrus* (איור 5.4). הירידה בדגימות של מינים אלו, אשר הינם ממוצא אטלנטי ממוזג, חשודה כביטוי אקולוגי של התחממות מי הים בחוף הישראלי.
- באנליזת רבת משתנים, לא נצפו הבדלים מובהקים בהרכב חברת מיני הדגים לאורך השנים (ANOSIM, $R=0.083$, $p>0.05$).
- אנליזת (SIMPER (Similarity PERcentage הראתה כי חברת הדגים הכללית של שנת 2023 אופיינה בעיקר ע"י המינים הפולשים נימי דו-ימי *Nemipterus randalli*, אופון פור *Upeneus pori*, ואפוגון סמית *Jaydia smithi*, אשר תרמו ביחד ל-56.7% מהדמיון בין כלל הדגימות.
- גם ב-2023 כמעט ולא עלו בשלל פרטים של המין הפולש הלהקתי שפמית ארסית *Plotosus lineatus* אשר היה נפוץ מאוד בעבר, כאשר בדיגום הסתיו עלו 158 פרטים ואילו לא נצפו בכלל פרטים באביב. מאחר וחגורת העומק בה מין זה נפוץ (20 מ') הינה אסורה לדיג מכמורות, ממצא זה מדגיש את החשיבות של המשך ניטור תדיר בעומק זה ובחינת השפעת הגבלת הדיג עליו.
- נמשך המעקב אחרי הפלישה וההתבססות של המין הזר חלילון זיפני (*Fistularia petimba*) במדף היבשת. השנה, נצפתה ירידה קלה במספר הפרטים שנדגמו בשלושת העומקים הרדודים בסתיו, אך נצפתה עלייה בסתיו בחגורת העומק של ה-80 מ', כמו גם עליות בשלל בדיגום האביב. למעשה, זו השנה הראשונה בה נצפה המין הנ"ל בכל העומקים ובשתי העונות (איור 5.5).

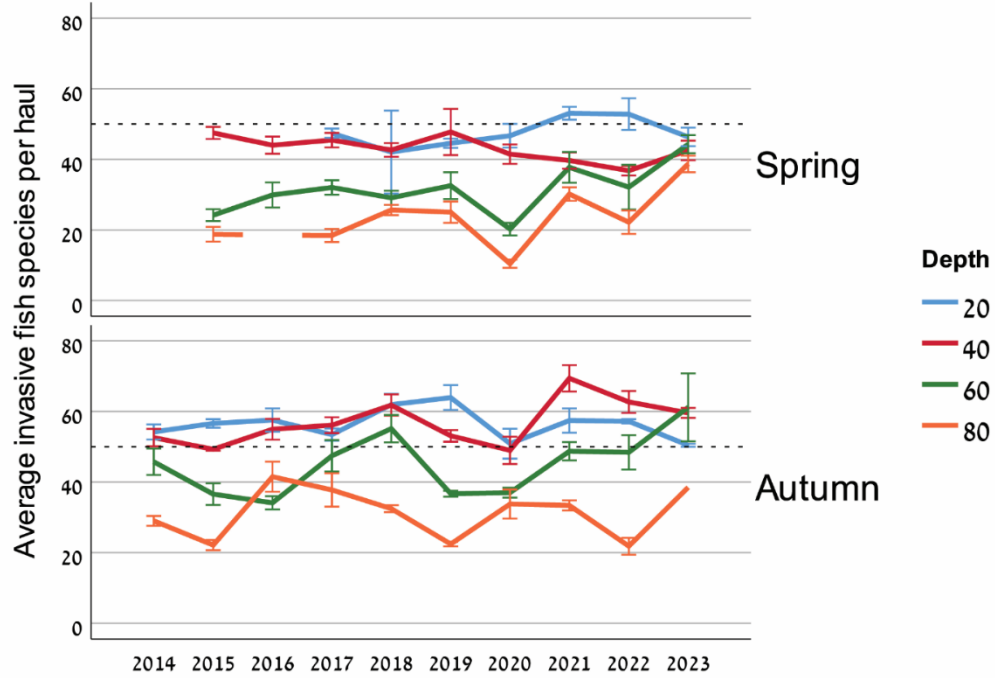
ניטור מדרון היבשת ומישור הבתיאל - לא התקיים ניטור ים עמוק בשנת 2023

טבלה 1 - מינים חדשים לרשימת הניטור הלאומי בשנת 2023 בניטור מדף היבשת

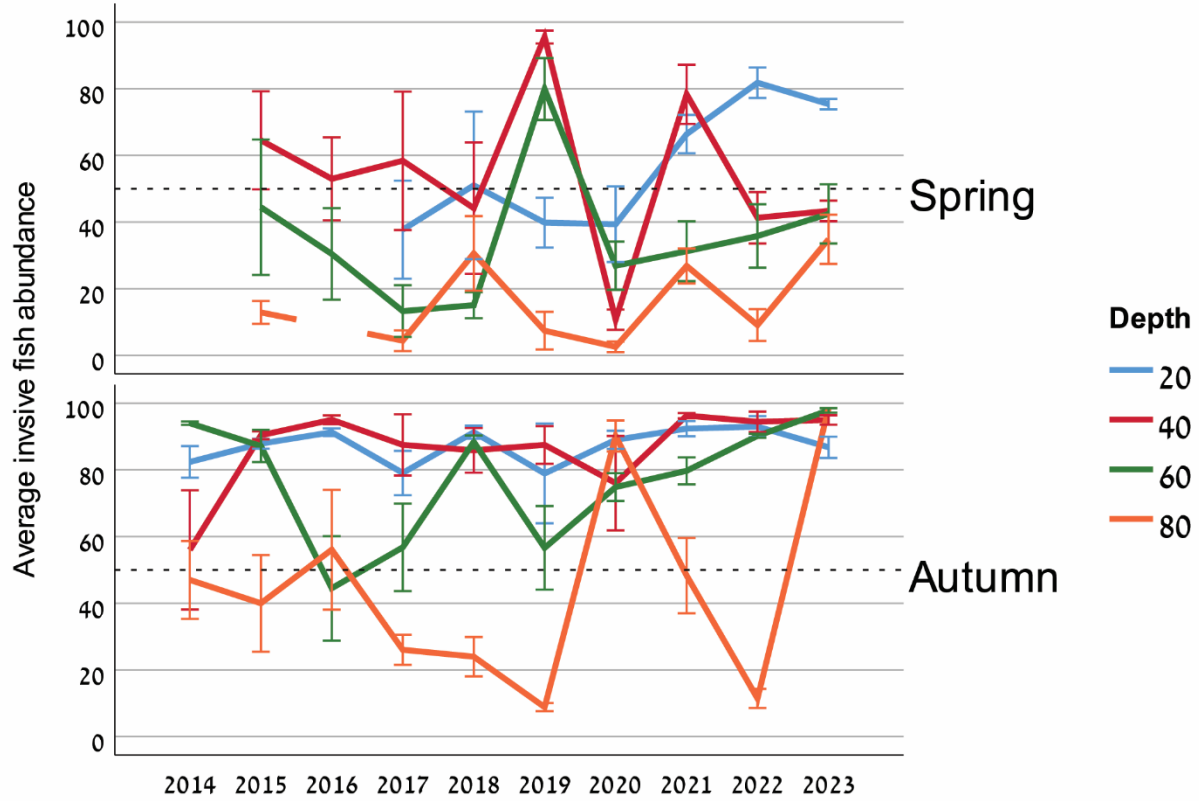
מס' פרטים	מוצא	שם המין	קבוצה
6	אינדו-פסיפי	<i>Clorida albolitura</i>	סרטנים
3	אינדו-פסיפי	<i>Dorippe quadridens</i>	סרטנים
1	אינדו-פסיפי	<i>Coleusia signata</i>	סרטנים
1	מקומי	<i>Macropodia rostrata</i>	סרטנים
23	מקומי	<i>Mustelus mustelus</i>	דגי סחוס
3	מקומי	<i>Aetomylaeus bovinus</i>	דגי סחוס
1	אינדו-פסיפי	<i>Atherinomorus forsskali</i>	דגי גרם
1	מקומי	<i>Spondylisoma cantharus</i>	דגי גרם



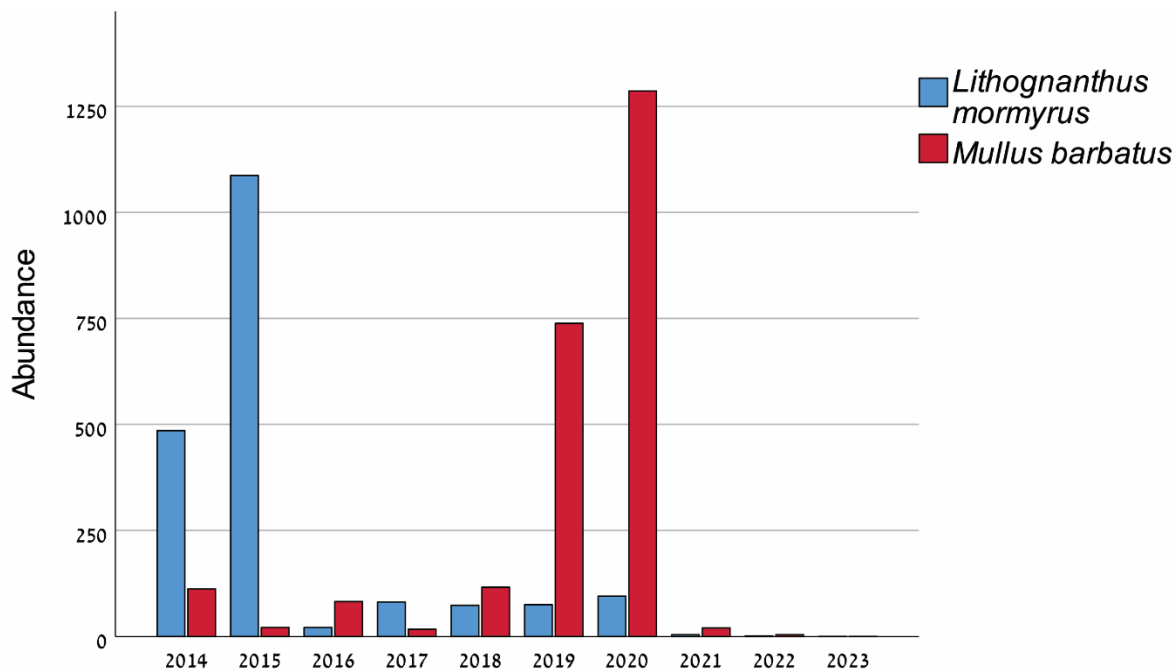
איור 5.1 – יחס מספר הפרטים של קבוצות החי השונות במצע הרך לשנות הניטור, בחלוקה על פי עונות וחגורות העומק, מוצג כממוצע יחסי לרשת.



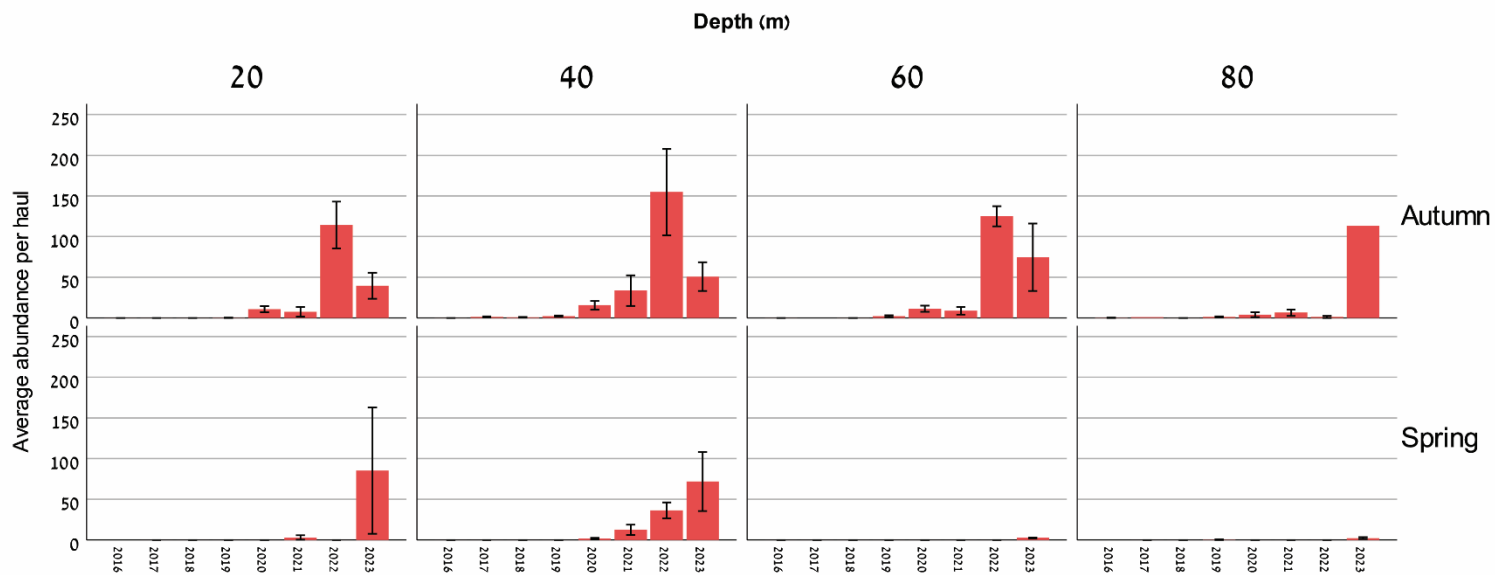
איור 5.2 – שינויים רב שנתיים ביחס ממוצע מספר מיני הדגים הזרים לרשת \pm שגיאת תקן מכלל שלל ניטור החי על המצע - מדף היבשת. קו מקווקו לשם הדגשת מחצית השלל (50%).



איור 5.3 - שינויים רב שנתיים ביחס ממוצע מספר הפרטים של מיני הדגים הזרים לרשת \pm שגיאת תקן מכלל שלל ניטור החי על המצע - מדף היבשת. קו מקווקו נוסף לשם הדגשת מחצית השלל (50%).



איור 5.4 - שינויים רב שנתיים הממחישים ירידה בשכיחות של שני דגי גרם ים תיכוניים בתכנית הניטור.



איור 5.5 – ממוצע שכיחות לרשת של המין הזר חלילון זיפני (*Fistularia petimba*) משנת התיעוד הראשונה שלו, בחלוקה נפרדת לעונה ולעומק הדיגום.

פרק 6 - ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי בשוניות

(מרכז פרופ' גיל רילוב rilovg@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה, כלהלן: EO4 Marine food webs, EO1 Biodiversity, EO2 Invader species. ד"ר אלורו ישראל היה שותף בזיהוי הטקסונומי של המאקרואצות שנמצאו במהלך הניטורים במסגרת פרק זה.

תמצית ממצאים משמעותיים בשנת הניטור 2023-24

- אירוע יובש חריג בעוצמתו בחודש אפריל 2024 גרם לתמותה ניכרת על טבלאות הגידוד, בעיקר באזור חוף הבונים.
- נמשכה התבססות צדפה הפולשת החיה בסדקים בחוף הסלעי *Isognemon bicolor*.
- זוהה גנטית סוג חדש של צינוריר פולש מהאוקיינוס השקט מהסוג *Thylacodes*, הנמצא כרגע רק באזור שקמונה אך הולך ומתרבה בכמה גומחות רדודות.
- נמשכה מגמת התבססותם של דגי הזהרון, בעיקר באתר ספרטה העמוק והמורכב.
- נראים יותר ויותר פרטים מהקיפוד הים סופי הפולש נזירית ארוכת קוצים *Diadema setosum* באתר ראש כרמל. באתרי הניטור מספרים בודדים אך באתרים אחרים באזור נצפים וגם מנוטרים מקבצים גדולים של עשרות ומאות פרטים.
- מתרחבת הצמיחה המסיבית של האצה האדומית הפולשת *Asparagopsis taxiformis* לאורך חופי הארץ בחודשי הקיץ. מגמה זו נמשכת זה שנה חמישית. כיסוי גדול במיוחד נצפה באתר ספרטן בראש כרמל בסתיו 2023.
- בשנתיים האחרונות נצפתה עלייה משמעותית במספר הפרטים מהדג הפולש חמת ים-סופי *Torquigener flavimaculosus* באתר RD-1 שם נצפה לראשונה ב-2019.

חוף סלעי (טבלאות גידוד)

- הממצאים בדו"ח מתייחסים למגמות בחברה האקולוגית על משטחי טבלאות הגידוד בשתי חגורות (מרכז הטבלה וקצה הטבלה) בארבעת אתרי הליבה (אכזיב, שיקמונה, הבונים ופלמחים) מסתיו 2009 עד חורף או אביב 2024 (לא כולל אתרים פלמחים ואכזיב בסתיו 2023 ואכזיב ב-2024 בשל המצב הבטחוני).
- **מגוון ביולוגי**. לאורך חמש עשרה שנות הניטור נשמרת עונתיות חזקה בעושר הביולוגי ומבנה החברה, שבה עושר הטקסונים (מספר הטקסונים) והמגוון הביולוגי לפי מדד שאנון

(H') הינן גבוהים יותר בעונות החורף והאביב לעומת עונות הקיץ והסתיו (איור 6.1), זאת כיוון שכנראה טמפ' הקיץ גבוהות מדי למינים מקומיים רבים. בקצה הטבלה נראה כי עושר הטקסונים בעונת החורף עלה בשנים הראשונות (בין 2009 ל- 2014-15) ואז ירד מעט עד 2018 ועלה שוב ב- 2019 ונשאר יציב יחסית מאז (איור 6.1). יתכן שמגמות ושינויים אלה קשורים בין היתר לאירועי יובש קיצוניים וארוכים שהתרחשו בעונת החורף והם נפוצים היום יותר מאשר בעבר (Zamir et al 2018).

- **מיני מפתח.** מבין מיני המפתח האחרים על בנית השונית, הצינוריר בונה (*Dendropoma anguliferum*) ממשיך להראות ערכים נמוכים מאוד של אחוז כיסוי באתרי הניטור, אם כי ידועים צברים חיים שלו במספר אזורים באזור אכזיב וחוף כרמל, אך הם מהווים אחוז קטן ביותר מהכיסוי החי הכולל בקצה הטבלה לאורך החוף. יש לציין כי קיימות עדויות להתאוששות אפשרית של מין זה, כפי שעולה מסקרים ייעודיים שרט"ג מבצעת בשמורת דור-הבונים (Barnea et al., 2023) ויש להמשיך לעקוב. מין הצינוריר השני, צינוריר תולעני (*Vermetus triquetrus*) מראה תנודות בגודל האוכלוסייה, שחלקן הינו למעשה ארטיפקט הקשור למידת הכיסוי וחשיפה של חלזון קבוע מקום זה על ידי אצות המקשות על גילוי הקונכיות שלו בעיקר באביב (איור 6.2). בעבר מין זה הגיע לשיאי כיסוי של 60-80%, אך בשנה האחרונה הוא אינו עובר את ה- 20%.

- **מינים פולשים.** היחס בין מספר מינים פולשים למקומיים נמוך יחסית בטבלאות הגידוד ונמצא על ממוצע של – 0.2 (איור 6.12). לאורך שנות הניטור קיימת נוכחות מתמדת של מספר מינים פולשים קבועים בטבלאות הגידוד, אך בשנים האחרונות נוספו שלשה מיני רכיכות חדשים. יחס אחוז כיסוי בין מינים הפולשים למקומיים באתרים השונים נע בין 1 ל-0.4 (איור 6.12), באופן כמעט מוחלט בשל עליות ומורדות באחוז הכיסוי של האצה הפולשת, קוצנית מצרית (*Acanthophora najadiformis*) וצדפה הפולשת, בוצית מגוונת (*Brachidontes pharaonis*). האצה הטרופית, קוצנית מצרית מראה דומיננטיות בקיץ, בעיקר באזור הצפון בקצה הטבלה, אם כי שכיחותה ירדה בין 2016-2018 ועלתה שוב עד 2022 וירדה מאז שוב לערכים נמוכים ביותר (איור 6.3 א). הצדפה הפולשת, בוצית מגוונת, הייתה נפוצה ביותר על טבלאות רבות לאורך החוף בעשורים האחרונים, אך בקיץ 2016 קרסה לחלוטין לכל אורך החוף (איור 6.3 א). רק ב- 2019 היא התחילה להראות התאוששות מסוימת ההולכת ומתחזקת, בעיקר באתר פלמחים שם הגיעה בקצה הטבלה לארבעים אחוז כיסוי בשנת 2022 ואז שוב ירד אחוז הכיסוי. מין זה נראה במרבדים משמעותיים באתרים אחרים שאינם נכללים בניטור. בנובמבר 2019 התגלו לראשונה מקבצים של צדפה בוצית פולשת גדולה מדרום אפריקה, *Perna perna*, בסלעי

החוף תל ברוך (דיווח, ירון ביסמוט). פרטים בודדים שלה נצפו בסוף 2020 גם באתר הניטור בחוף פלמחים ובאביב 2022 נראה כי אוכלוסייתה גדלה בחגורת הדיגום של קצה הטבלה באתר זה (**איור 6.3ב'**), אך לא נצפתה בחתכים שנעשים באתרי הניטור האחרים. מתצפיות מחוץ לחתכי הדיגום ובאתרים נוספים לאורך החוף (לדוגמא, סלעי החוף בפולג) נראה כי מין זה מאפיין יותר את חגורות הכרית הנמוך ומשטחי סלע במים רדודים מאוד ולא את משטח טבלאות הגידוד. מין צדפה זר נוסף החי בסדקים בחוף הסלעי, *bicolor* *Isognemon*, הפך להיות נפוץ יחסית בחלק מאתרי הניטור בשנתיים האחרונות (**איור 6.3ב'**). בשלש השנים האחרונות החל להופיע בטבלאות שקמונה מין חדש של חלזון ורמטיד סוליטרי, שהוא גדול משני המינים העיקריים הידועים בישראל, אשר זוהה לאחרונה בעזרת עבודה מולקולרית כסוג *Thylacodes* הידוע מהאוקיינוס השקט (**איור 6.3ב'**). סקרים ייעודיים בשקמונה זיהו כי הוא נפוץ במיוחד בתחתית של בולדרים במים הרדודים (**איור 6.4**) ופרטים בודדים שלו למטר מרובע נספרו גם על משטחי הסלע בשונית הרדודה.

- **אירועים ייחודיים:** באפריל 2024 אירע אירוע של יובש קצוני בין כשבוע שגרם לתמותה מסיבית על טבלאות הגידוד, בעיקר באיזור חוף הבונים (**איור 6.5**). אירועי המזרחיות כאמור הינם תופעה טבעית אשר תדירותה מתגברת בעשורים האחרונים, יתכן כתוצאה משינוי אקלים (Zamir et al 2018).

שוניות מים רדודים

הממצאים בדו"ח מתייחסים למגמות בתכסית הביולוגית של הסלע ובחברת הדגים של השוניות הרדודות מאביב 2013 עד סתיו 2023 בחמישה אתרים באזור חיפה המצויים בעומקי מים שונים, והינם בעלי אופי מרחבי וביולוגי שונה כפי שדווח בדוחות עבר. בכל עונה נעשו מספר ניסיונות (יציאות לשטח בסירה) לסקור אתרים אלה גם בחורף ואביב – 2024, אך היעדר כמעט מוחלט את GPS במשך רוב שעות היום באזור חיפה בשל המצב הבטחוני לא אפשר מציאת אתרי הניטור ובשל כך, ביצוע הניטור.

- **מגוון ביולוגי. תכסית:** בחמשת אתרי הניטור, נע מספר הטקסונים המהווים את תכסית הסלע בין ארבעה לחמישה עשר בממוצע כאשר האתר העשיר יותר בתחילת הניטור היה RD1 (**איור 6.6**). אתר זה היה מכוסה בעונות האביב בשנת 2012-2013 במגוון אצות חומיות מקומיות, אך בהדרגה השתלטה עליו האצה החומית, *Lobophora schneideri*, פולשת מאוקיינוס האטלנטי. בשנים האחרונות נראה כי מגוון הטקסונים הגבוה ביותר הוא באתר SK2, אם כי התנודות במספר הטקסונים גבוהות, והערכים הגבוהים ביותר הם באביב. דגים: שכיחות, עושר ומגוון הדגים היו גבוהים יותר באתרים המורכבים, SP-

1- ו- SK-3, במשך רוב תקופת הדיגום, ולא נראתה מגמה מובהקת של שינוי רב שנתי (איור 6.6).

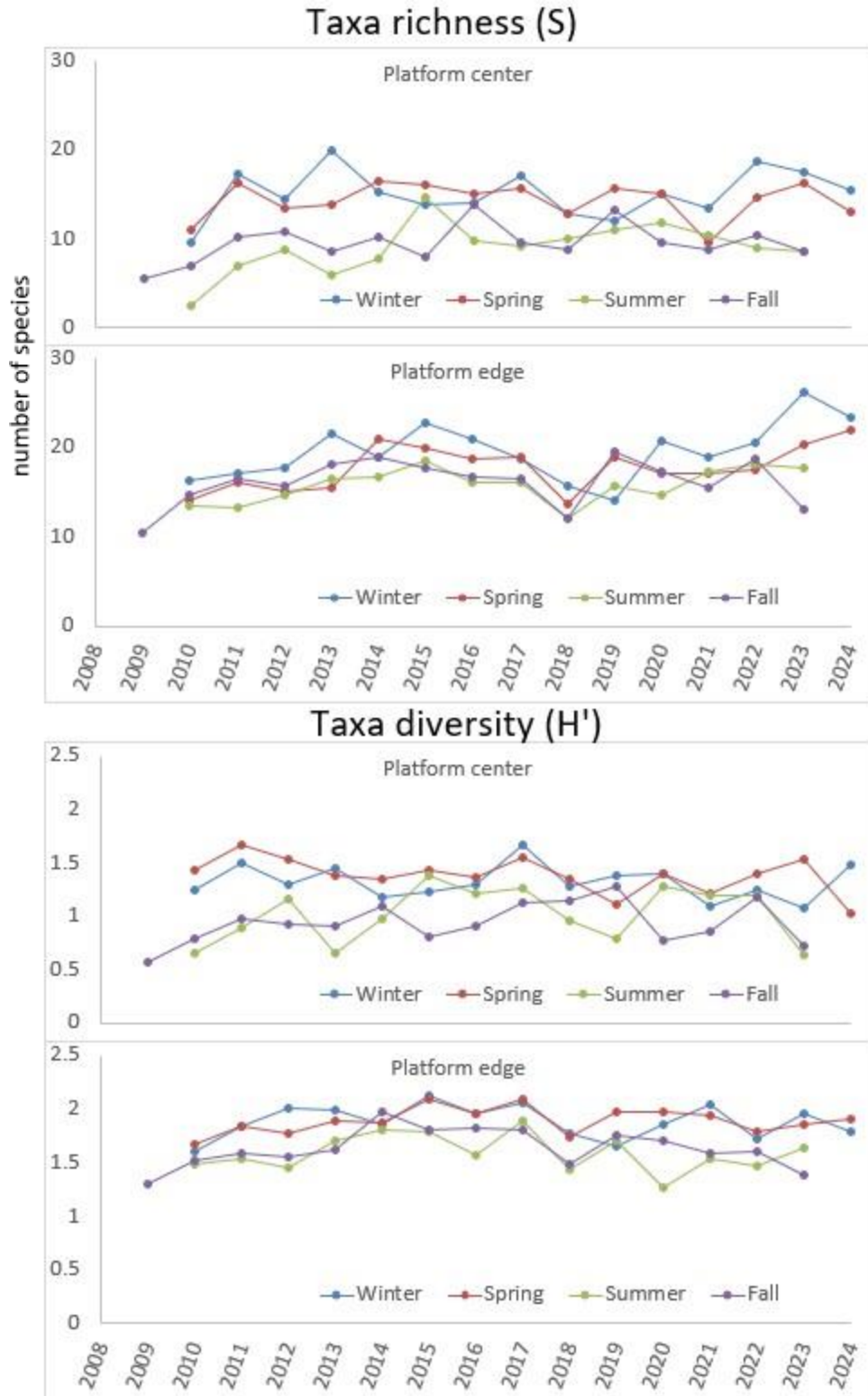
- **מיני מפתח. תכסית:** אצות חומיות שיחניות (בעיקר מסוגי הצינסטנית והסרגסון) יוצרות בשוניות הים התיכון מעין יערות בגובה עשרות סנטימטרים ולכן ידועות כמיני מפתח בעלי חשיבות אקולוגית רבה כמקור מזון ובית גידול. באתרי הניטור שכיחות מינים אלה נמוכה פרט לאתר RD-Sargassum שליד אתר RD-1 שבו נתגלה יער סרגסון גדול לפני מספר שנים ולכן הוסף לתכנית הניטור. באתר SK2 יש כיסוי ציסטנית (*Gongolaria rayssiae*) נמוך (איור 6.7). האזור היחידי שבו ניתן למצוא לאורך החוף "יערות" של אצות מקבוצה הצינסטנית – בעיקר של המין *G. rayssiae* שהינה מקומית ואנדמית לחופי ישראל ולבנון הוא השוניית הרדודה (1-5 מטר עומק) בין חוף חיא"ל לחוף בת גלים. בשנת 2024 החל ניטור עונתי של מרבדים אלה שתוצאות ראשוניות ממנו ידווחו בדוח הבא. דגים: ההתייחסות כאן רק לטורפי דגים מקבוצת הדקרים, כיוון שהם חשובים אקולוגית וגם סובלים מדייג יתר חמור. דקרים נמצאו רק באתרים המורכבים ובשכיחויות משתנות (כנראה בשל תנועה שלהם בשטח), כאשר בשוניית ספרטה (SP-1) העמוקה נראתה השכיחות הגדולה ביותר (איור 6.8). למרות התנדודות הרבות בזמן (הקשורות כנראה לתנועתיות של הדקרים) מסתמן כי השכיחות המקסימלית של הדקרנית האדומה עולה עם הזמן באתר העמוק והמורכב מרחבית SP1, אם כי בשנתיים האחרונות שכיחותם נותרה נמוכה. עד כה, לא נמצאה מגמה ברורה של שינוי במספר הדקרים באתרים המצויים בגבול שמורת שיקמונה: SK-2, SK-3. אתרים אלה מאופיינים במורכבות מבנית נמוכה יחסית שהדקרים נזקקים לה ויתכן שזו הסיבה לכך.

- **מינים פולשים. תכסית:** היחס בין מספר מינים פולשים למקומיים נמוך גם בתכסית השוניות (איור 6.9א), אך אחוז הכיסוי גבוה באתרים מסוימים ועולה עם השנים באחרים (איור 6.11). בשני אתרי שיקמונה, היה כיסוי שנע בין 20-30 אחוז של האצה הזרה *Gongolaria rugosa* לאורך השנים, אך משנת 2019 כיסוי זה עלה לעיתים לערכים של בין 50-60 אחוז ובשנתיים האחרונות ירד שוב (איור 6.9א). בקיץ של ארבע השנים האחרונות נראתה גם פריחה מסיבית של האצה האדומית הפולשת *Asparagopsis taxiformis* לאורך חופי הארץ (שהתבטאה גם בהצטברות ביומסה של אצות תלושות במים הרדודים וגם בערמות על קו החוף), וניכרה גם באתרי הדיגום, תחילה באתר SP-1 ולאחר מכן בעיקר באתר SK-3, ולו עונתיות חזקה עם שיאים בקיץ או בסתיו (איור 6.9א). האצה הפולשת החומית השטוחה *L. schneideri* השתלטה בתחילת העשור שעבר על אתר RD-1, אך מאז 2018 מראה תנודתיות גדולה עם שיאי כיסוי בחודשי הקיץ

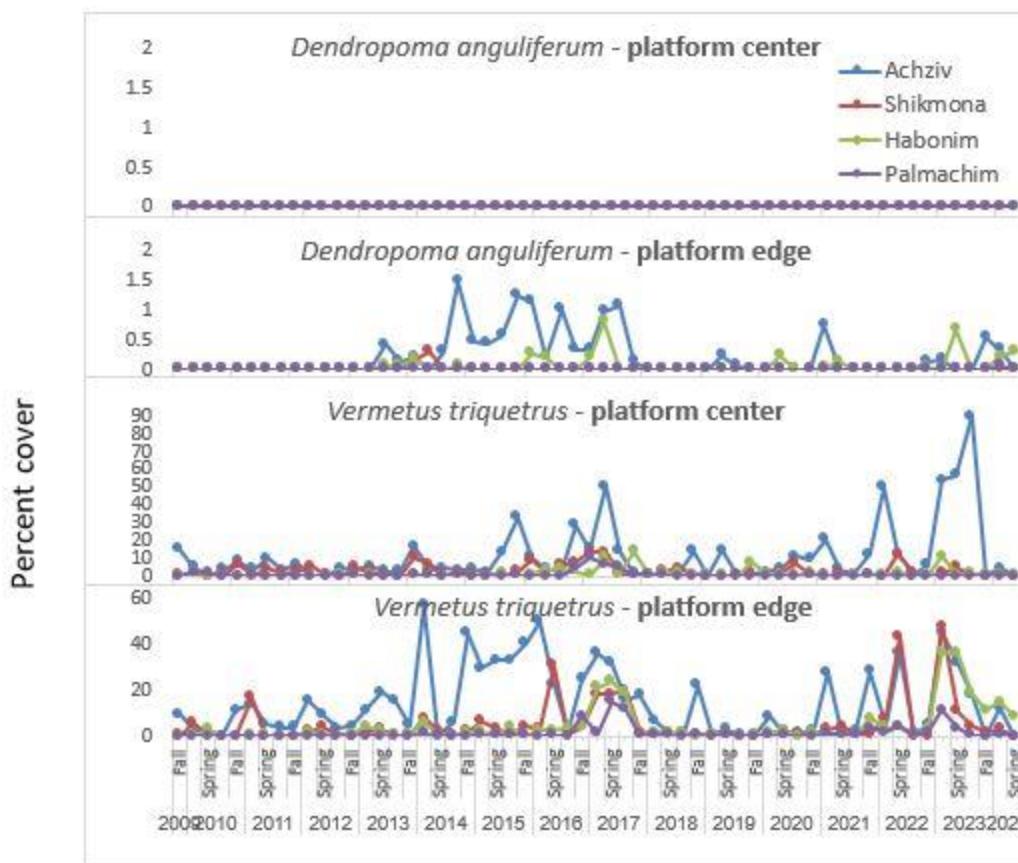
והסתיו החמים (איור 6.9 א). הפולשת הירוקית *Codium parvulum* מראה תנודתיות רבה באתר אחד בלבד, אך היא נפוצה כנראה מאוד באיזור מפרץ חיפה כיוון שתצפיות של הציבור מראות שישנה סחופת גדולה שלה שמצטברת על החוף באביב, בעיקר באזור הקריות. דגים: היחס בין מספר מינים פולשים למקומיים נמוך גם בדגי השונית (איור 6.10 א), אך היחס המספרי ביניהם שוויוני יותר, בעיקר באתר ספרטה (SP-1) שבו היחס בין כמויות הדגים הפולשים והמקומיים כמעט זהה (איור 6.10 ב). מבין מיני הפולשים שני הסיכנים הצמחוניים, *Siganus luridus* ו-*S. rivulatus*, מראים שכיחות תנודתית ברוב האתרים (כאשר השני נפוץ יותר לרוב), כנראה בשל תנועת הלהקות שלהם במרחב, פרט לאתר ספרטה שם הברקן האדום, *Sargocentron rubrum*, היה הנפוץ ביותר (איור 6.9 ב). בקיץ 2019 נראו לראשונה שלשה פרטים של הזהרון באתר ספרטה ומספר פרטים נראו גם ב-2020 ומאז עלתה כמותם בצורה משמעותית, באתר SP-1 (איור 6.9 ג), כחלק ממגמת העלייה בגודל האוכלוסייה הניכרת בכל הארץ. בשנתיים האחרונות גם החל להופיע הדג הפולש חמת ים-סופי, *Torquigener flavmaculosus*. באתרי הניטור – בעיקר באתר RD-1 (איור 6.11), אחרי שהיה ידוע כבר מספר שנים ממקומות אחרים בחוף. בשנת 2023 נראו יותר פרטים מהקיפוד הים סופי הפולש, נזירית ארוכת קוצים *Diadema setosum*, באתר SP-1. מין זה הופך נפוץ יותר ויותר בחופי צפון הארץ בשנים האחרונות. במספר מקומות בראש כרמל (שלא בתוך אתרי הניטור) נמצאו בסקרים ייעודיים עשרות פרטים לכמאה מטר מרובע והחל ניטור מסודר שלהם באתרים אלה. כמו כן נמצאו גם פרטים בודדים גם במים רדודים, אפילו בבורות השפל בחוף שיקמונה.

שוניות עמוקות

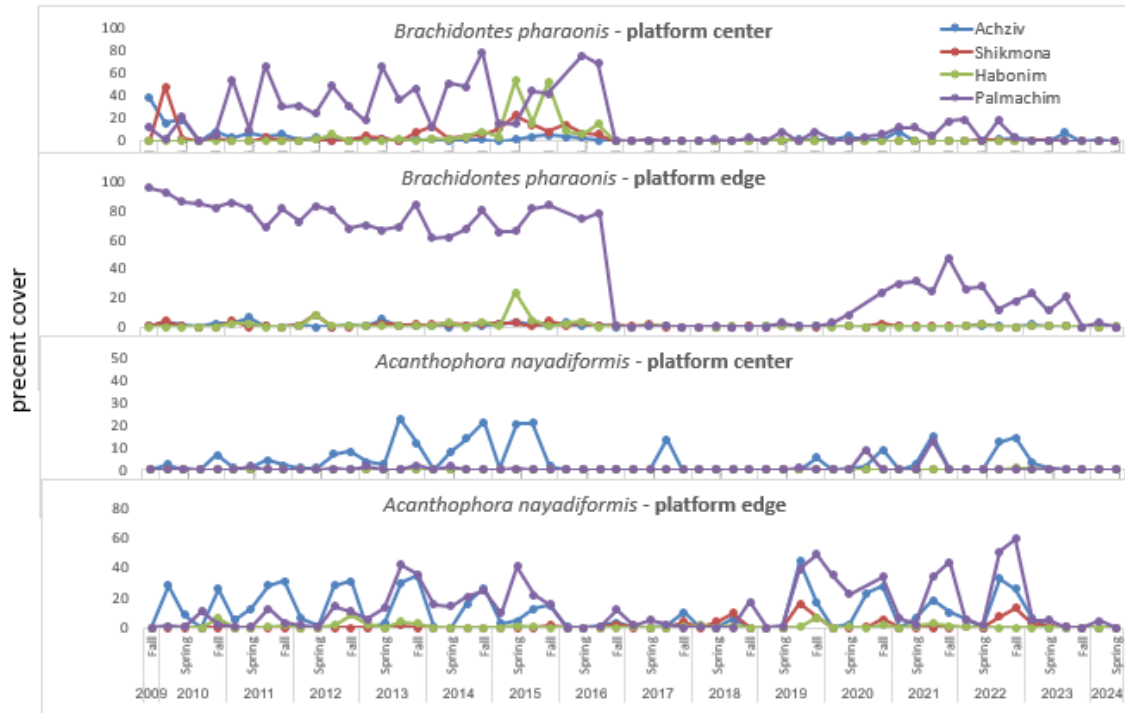
בשנת 2023 לא התבצעה הפלגת ניטור רכסים עמוקים בשל סיבות טכניות והעדר GPS.



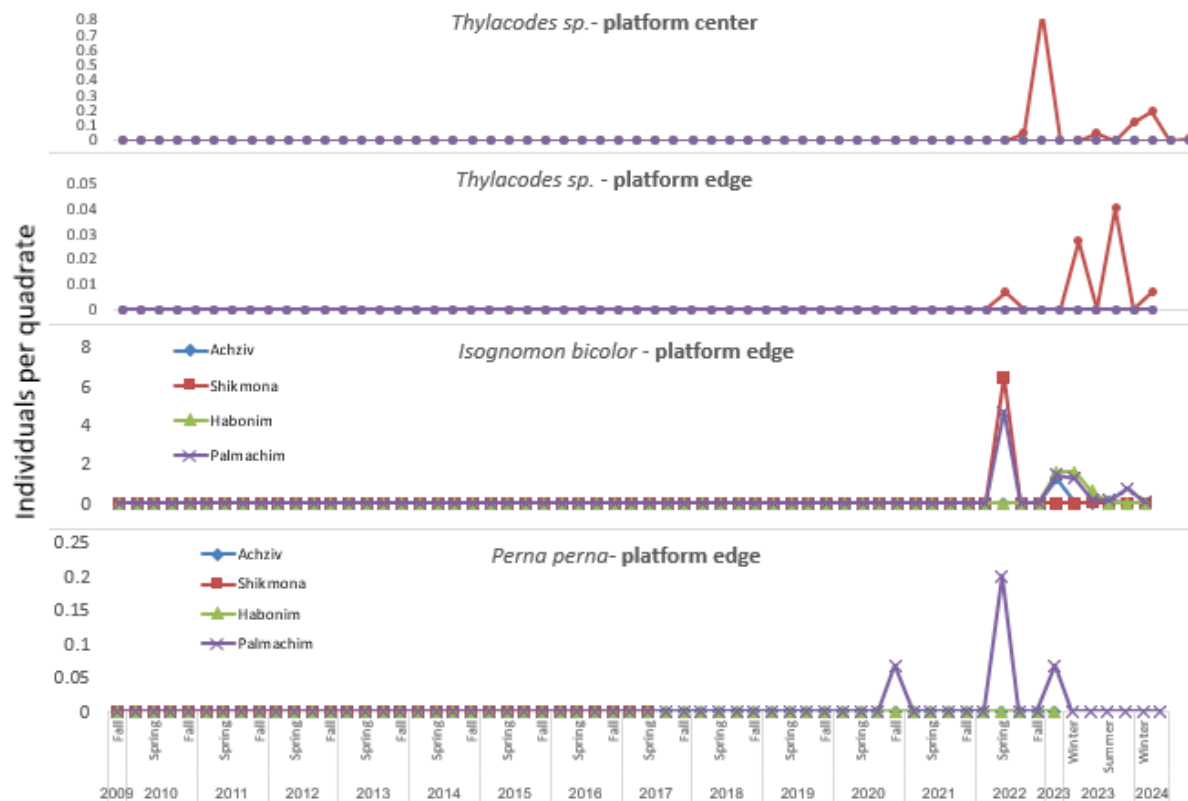
איור 6.1. מגוון ביולוגי. עושר הטקסונים והמגוון הביולוגי בעונות השונות לאורך שנות הניטור בחגורות מרכז וקצה טבלת הגידוד. ניתן לראות כי המגוון גבוה יותר באופן קבוע בעונות הקרות של החורף והאביב לעומת העונות החמות וכי המגוון בקצה הטבלה גבוה מזה במרכז הטבלה. מגמות בזמן פחות ברורות.



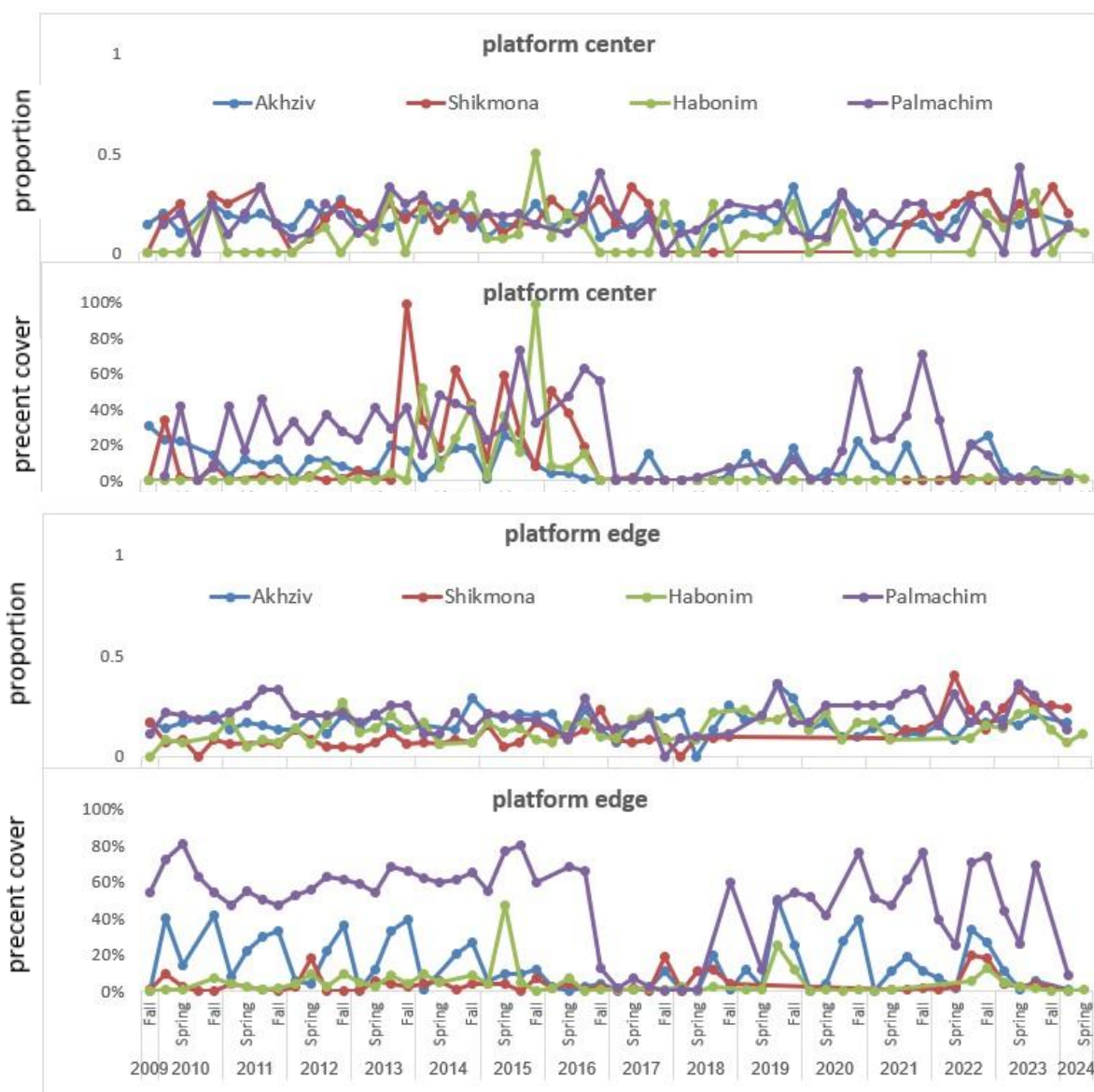
איור 6.2. מיני מפתח. איור זה מראה את אחוז הכיסוי של שני מיני החלזונות בוני השונית במרכז וקצה הטבלה בארבעת אתרי הליבה לאורך שנות הניטור. ניתן לראות שמ- 2013 עד סוף 2017 הייתה עליה מתונה מאוד (עד 1.5 אחוז) של הצינוריר הבונה, בעיקר באתר אכזיב, ואז שוב ירידה, ושוב עליה קטנה מאוד בתחילת 2021. המין שני, צינוריר תולעני, הראה תנודתיות רבה באוכלוסייתו והיה הנפוץ ביותר באכזיב, עם כיסוי הקרוב לשישים אחוז באתר זה. בשנה האחרונה ניכרת שוב ירידה כללית בכיסוי.



איור 6.3 א' מינים פולשים. איור זה מראה את השכיחות באחוז כיסוי הממוצעת לחתך של שני פולשים ותיקים, הצדפה בוצית מגוונת והאצה האדומית קוצנית מצרית. ניתן לראות את הקריסה המוחלטת של הבוצית, שהייתה נפוצה ביותר באתר פלמחים ולכן שם נראית הקריסה בצורה הברורה ביותר. לאחר התאוששות של המין בעיקר בטבלאות פלמחים נראית שוב ירידה. עם זאת תצפיות הראו כי המין כן יוצר מרבדים צפופים באתרים אחרים לאורך החוף. האצה הפולשת מראה מחזוריות עונתית חזקה, כאשר היא נפוצה ביותר בקיץ, כיאה למין טרופי. גם אצה זו הראתה ירידה משמעותית בתפוצה שלה, החל מחורף 2016. לאחר מכן נראתה התאוששות באכזיב ופלמחים ובשנתיים האחרונות שוב ירידה.



איור 6.3 ב': איור זה מראה את כמות הפרטים של שלשה פולשים חדשים בטבלאות הגידוד. שתי הצדפות ה"חדשות" עדיין נראות במספרים קטנים בקצה הטבלה וכך גם המין חדש שהתגלה מסוג *Thylacodes* אשר מתחיל לעלות בשכיחותו בשנתיים האחרונות באתר שקמונה בלבד.



איור 6.3 ג' מינים פולשים. איור זה מראה את היחס בין מספר מינים פולשים למינים מקומיים ואחוזי הכיסוי של המינים הפולשים (מבין כל המינים המכסים) במרכז וקצה הטבלה בארבעת אתרי הדיגום. כפי שניתן לראות יש שליטה של המינים המקומיים בשני איזורי הטבלה מבחינת כמות מינים כאשר ממוצע שנתי נמצע באזור ה-0.2 בשניהם. באחוזי הכיסוי ניתן לראות שבמרכז הטבלה בתקופה של 2009-2016 רואים אחוזי כיסוי הנעים עד ל-100 אחוז כיסוי של המינים הפולשים (בעיקר בוצית מגוונת וקוצנית מצרית) כאשר בתקופה של 2017 ועד היום השליטה היא של מינים מקומיים, כאשר בפלמחים הייתה חזרה זמנית לשלטון מינים הפולשים בין השנים 2020-2022. בקצה הטבלה מגמה זו מוגברת, כאשר בתקופה של 2009-2016 המינים הפולשים מכסים חלקים נרחבים, בדגש על אתרי הבונים ופלמחים, כאשר בשניהם נצפתה חזרה ב-2018 לאחוזי כיסוי יחסית גבוהים למינים הפולשים.



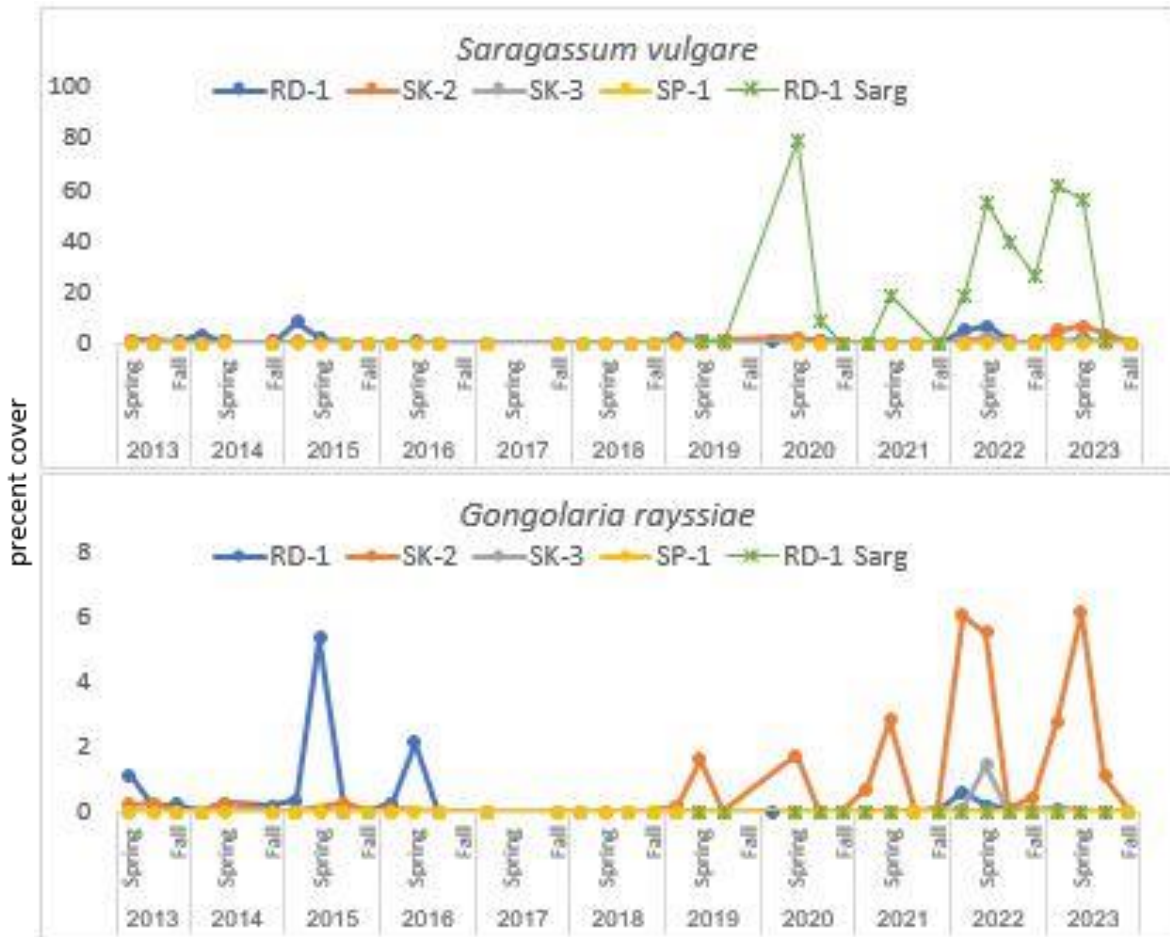
איור 6.4 מינים פולשים. מין חדש של צינוריר שזוהה כסוג Thylacodes (פאנל ימני) וצביר של מין זה על פסולת בניין שנמצאה באתר שקמונה.



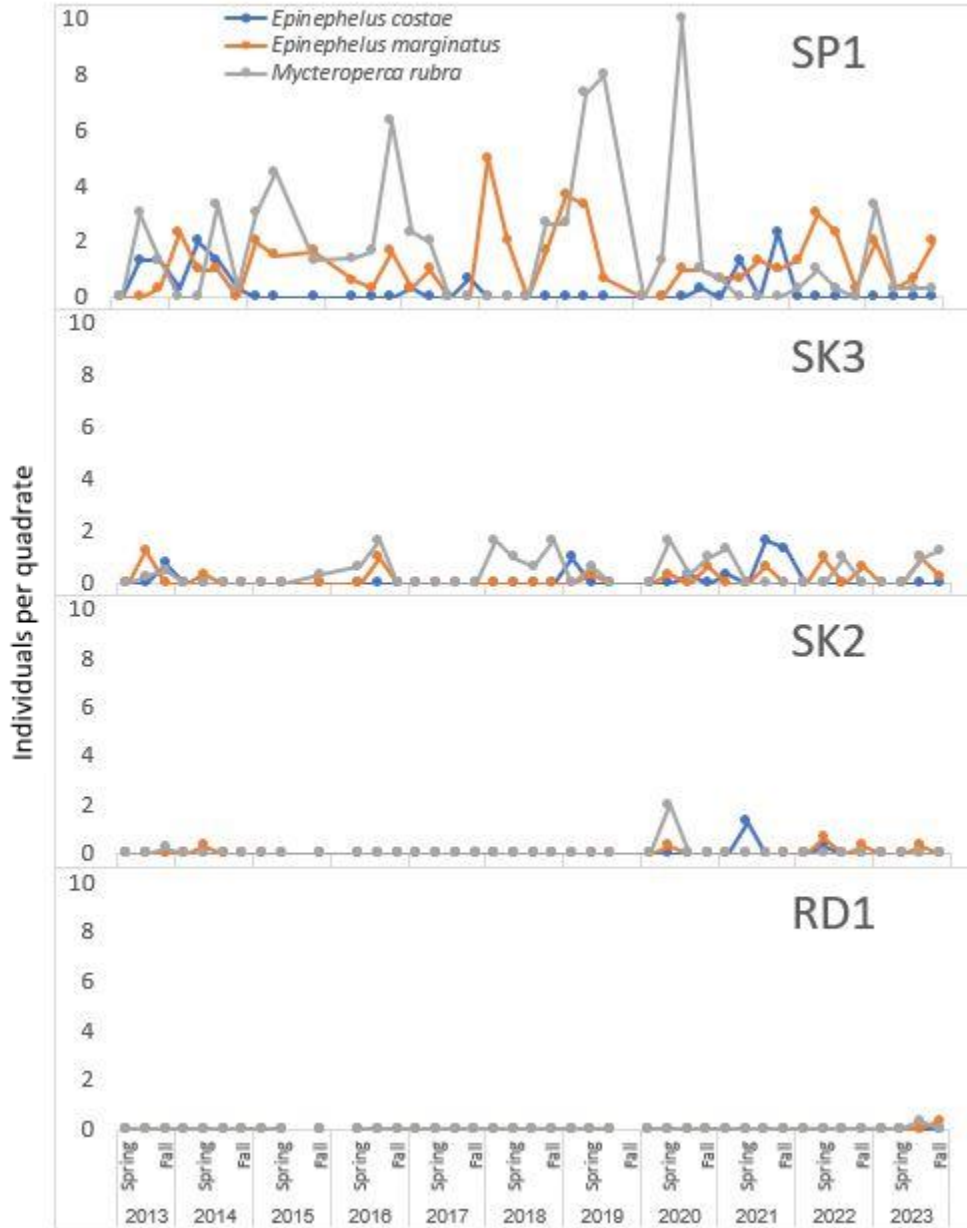
איור 6.5 אירוע חריג. אזור הניטור בחוף הבונים (פאנל ימני), מים עכורים עומדים בבריכות השפל במרכז הטבלה שבה נראתה תמותה רבה (פאנל שמאלי), ותמנון מת על מרכז הטבלה (פאנל תחתון).



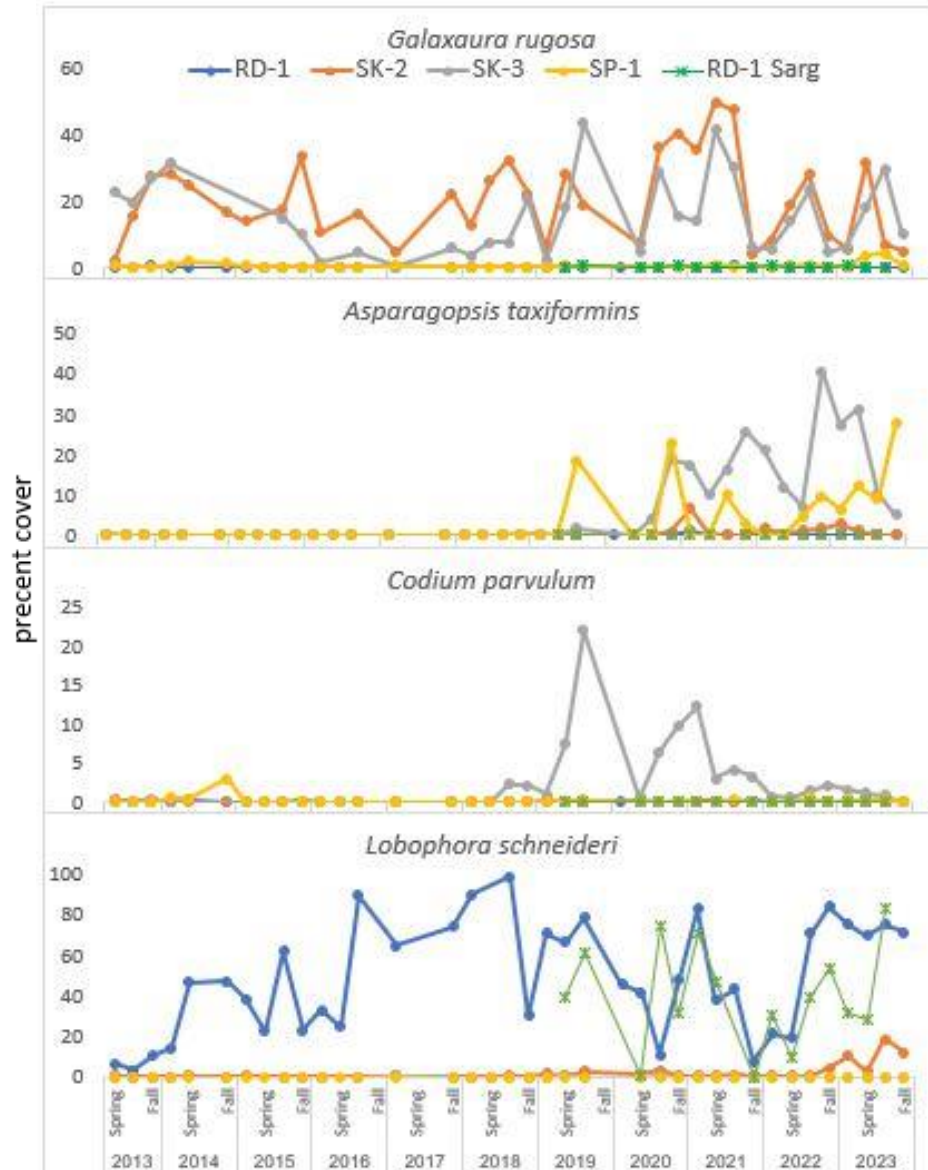
איור 6.6 מגוון מינים. עושר הטקסונים והמגוון הביולוגי בעונות השונות לאורך שנות הניטור בחמשת אתרי חיפה. תכסית (שני איורים עליונים): ניתן לראות שהמגוון ירד באתר הרדוד בראש כרמל (RD-1) לאורך מספר שנים ועלה שוב מ-2019 ברוב האתרים, וכי האתר העמוק בראש כרמל, SP-1, הוא בעל המגוון הנמוך ביותר במשך רוב שנות הניטור, בעיקר בשל מיעוט אצות, כנראה כי חשוך יותר. המגוון באתרי שיקמונה היה בינוני. דגים (שני איורים תחתונים): בדגים הדגם הוא הפוך, והמגוון הגבוה ביותר הוא באתר SP-1 (כנראה בשל מורכבות מרחבית גבוהה), ואחריו SK-3, בעוד שבאתרים RD-1 ו SK-2 היו העניים ביותר במינים (כנראה בשל היותם שטוחים ובעלי מורכבות מרחבית נמוכה).



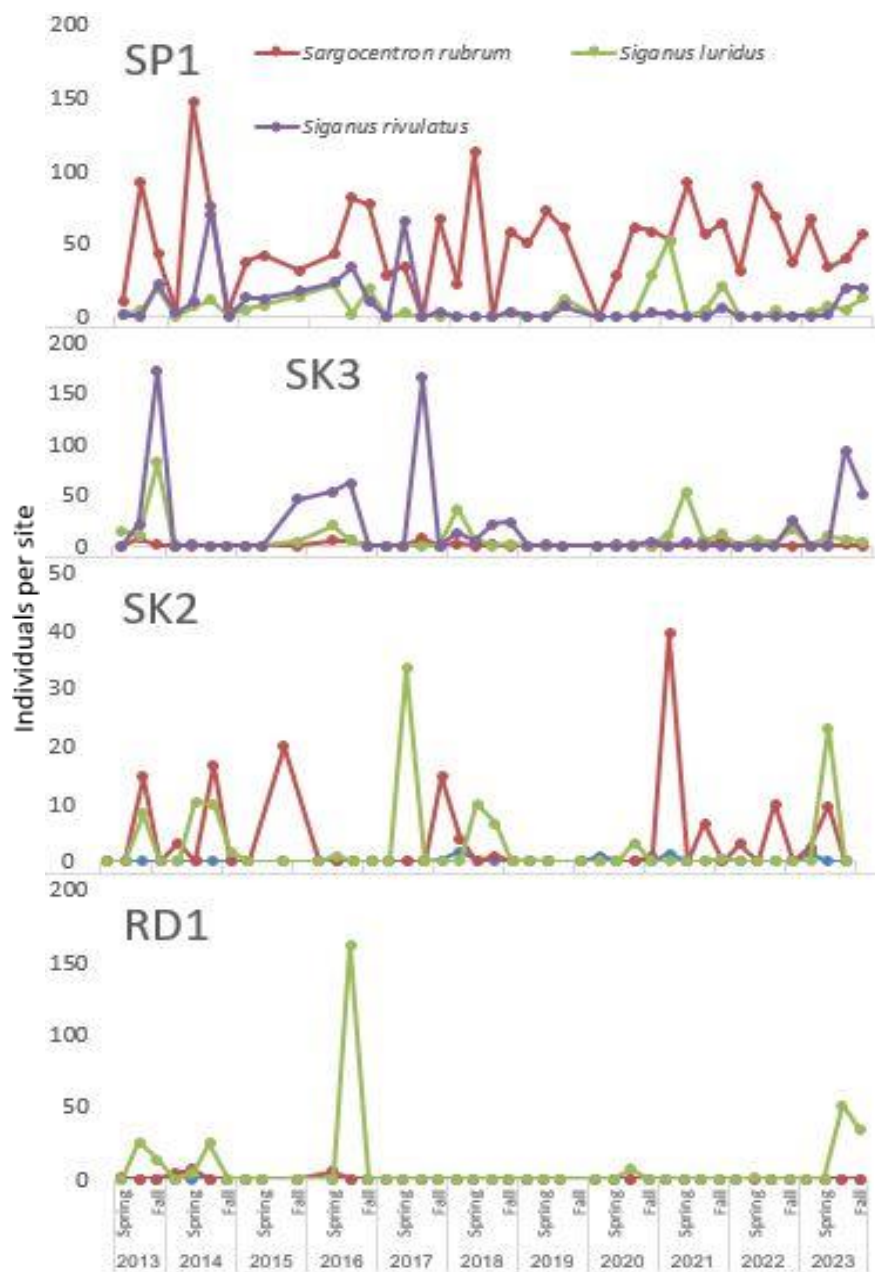
איור 6.7 מיני מפתח. תכסית: איור זה מראה את הדינמיקה בארבעת האתרים של אחוז הכיסוי של אצות חומיות מקומיות היוצרות יערות אצות ויצרות חופה (canopy), בית גידול הנחשב חשוב אקולוגית ותחת איום בים התיכון. מרבד גדול של המין *Sargassum vulgare* באתר שנוסף ב- 2019 מראה עונתיות הכוללת גידול מהיר בחורף ובאביב וקריסה מהירה בקיץ. באתרים האחרים נוכחותו זניחה. המין השני *Gongolaria rayssiae* הוא בעל כיסוי נמוך ביותר ועם צימוח של פרטים בצפיפות נמוכה באביב בעיקר באתרי SK.



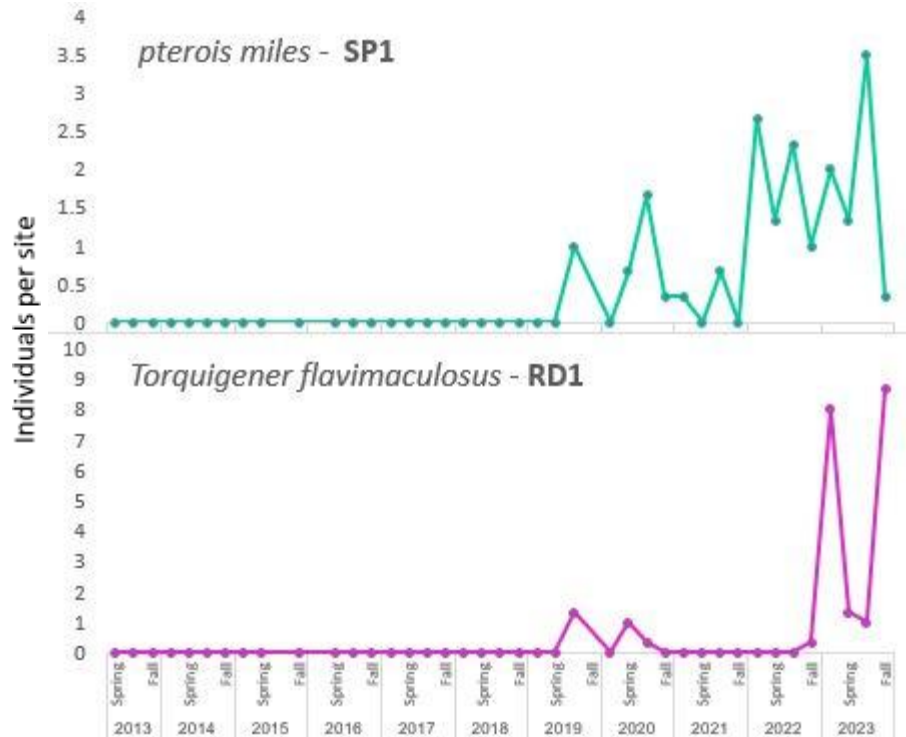
איור 6.8 . מיני מפתח דגים: איור זה מראה את השינויים בשכיחות הממוצעת לחתך של שלשה מיני דקרים באתרי חיפה. השכיחות הגבוהה ביותר הייתה באתר ספרטה בעל המורכבות המבנית הגבוהה. מסתמן כי השכיחות המקסימלית של הדקרנית האדומה (*Mycteroperca rubra*) עלתה עם השנים אך בשלש השנים האחרונות שכיחותה הייתה נמוכה ביותר. באתר RD-1 השטוח אין נוכחות של דקרים כלל.



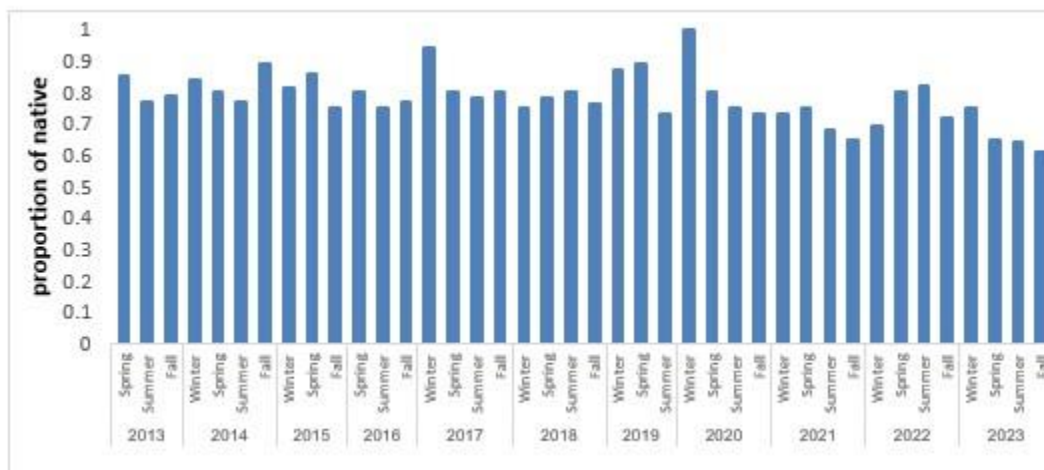
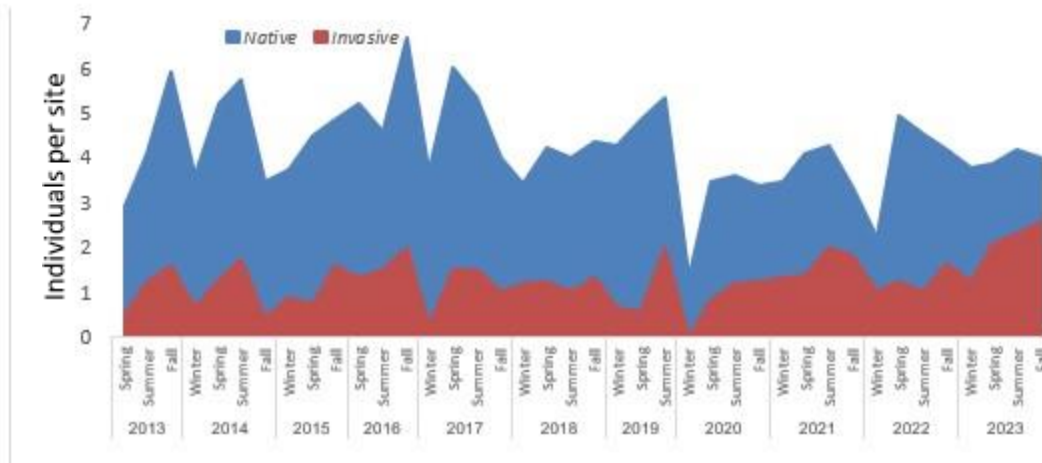
איור 6.9 א'. מינים פולשים. תכסית. אחוז הכיסוי של ארבע אצות פולשות בולטות בחלק מאתרי הניטור. האצה האינדו-פסיפית האדומית *Galaxaura rugosa* דומיננטית בעיקר בחורף ובאביב, הממסכות על האצה הפולשת בכיסוי נגרם בשל גידול של אצות אפיפיטיות על האצה בעיקר בחורף ובאביב, הממסכות על האצה הפולשת שמתחתיהן. האצה האדומית *Asparagopsis taxiformis* הייתה מין לא שכיח בחוף הישראלי עד לאחרונה, אך מקיץ 2019 מראה התפרצויות לאורך החוף בעונות החמות, שנצפו גם בחלק מאתרי הניטור כאשר היא מגיע לכיסוי של בין 30-40% לעיתים. אצות אלה רכות מאוד ונתלשות בכמויות גדולות ומגיעות לקו החוף שם הן יוצרות לעיתים ערמות נכבדות. האצה הירוקית *Codium parvulum* נמצאה רק באתר SK-3 ומראה תנודתיות רבה. האצה החומית השטוחה *Lobophora schneideri* נפוצה בעיקר באתרי RD שם היא יכולה להגיע לכיסוי של עד 80% מהסלע.



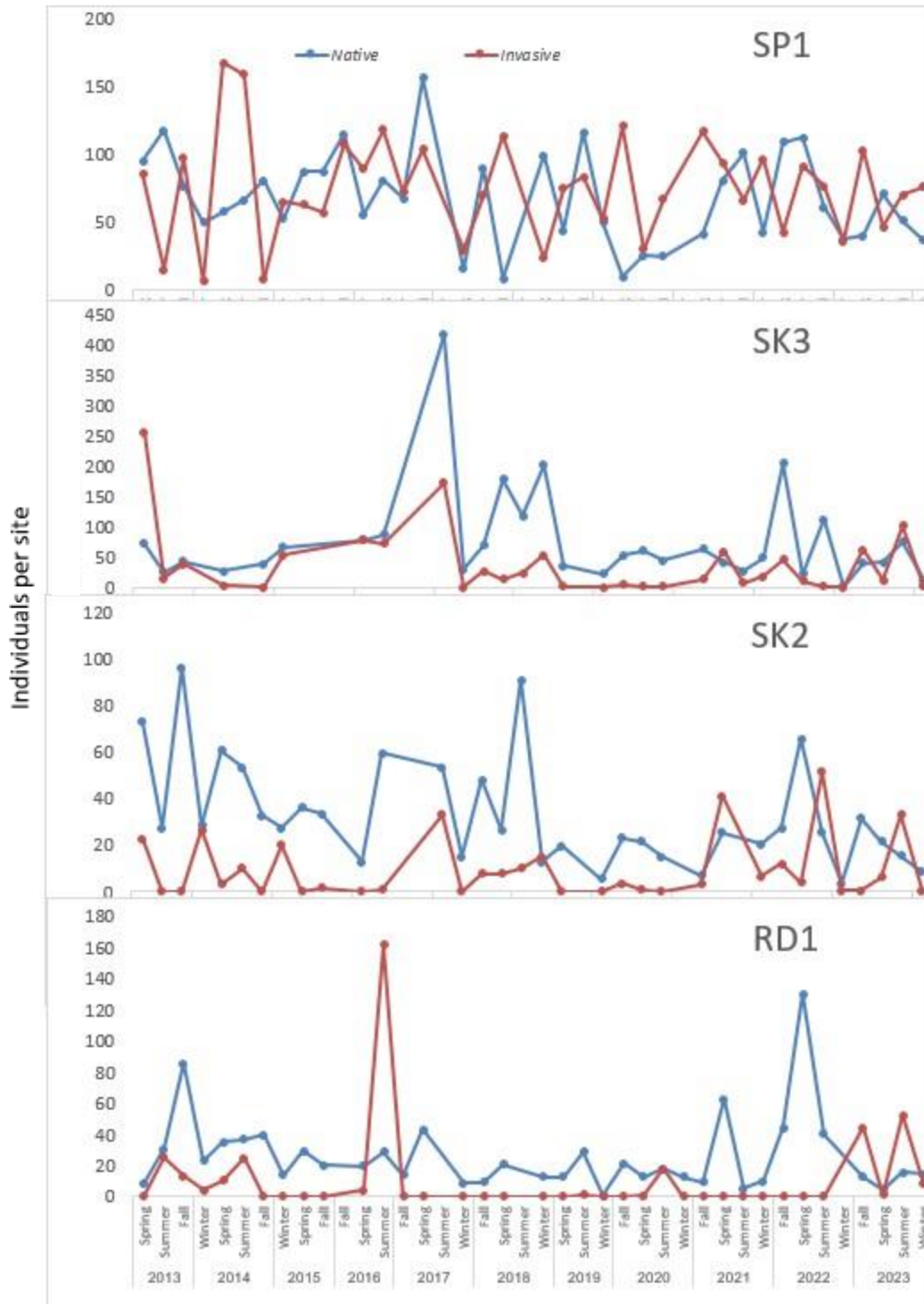
איור 6.9 ב'. מינים פולשים דגים. איור זה מראה את התנודות בשכיחות הדגים הפולשים העיקרים וה"ותיקים" בארבעת האתרים העיקריים חיפה (ללא האתר החדש RD-Sargassum). שני מיני הסיכנים הם מינים הנעים בלהקות ולכן נראים ובאתר ספרטה גם הברקן האדום החובב כוכים (שהם רבים באתר זה) בשל היותו פעיל לילה.



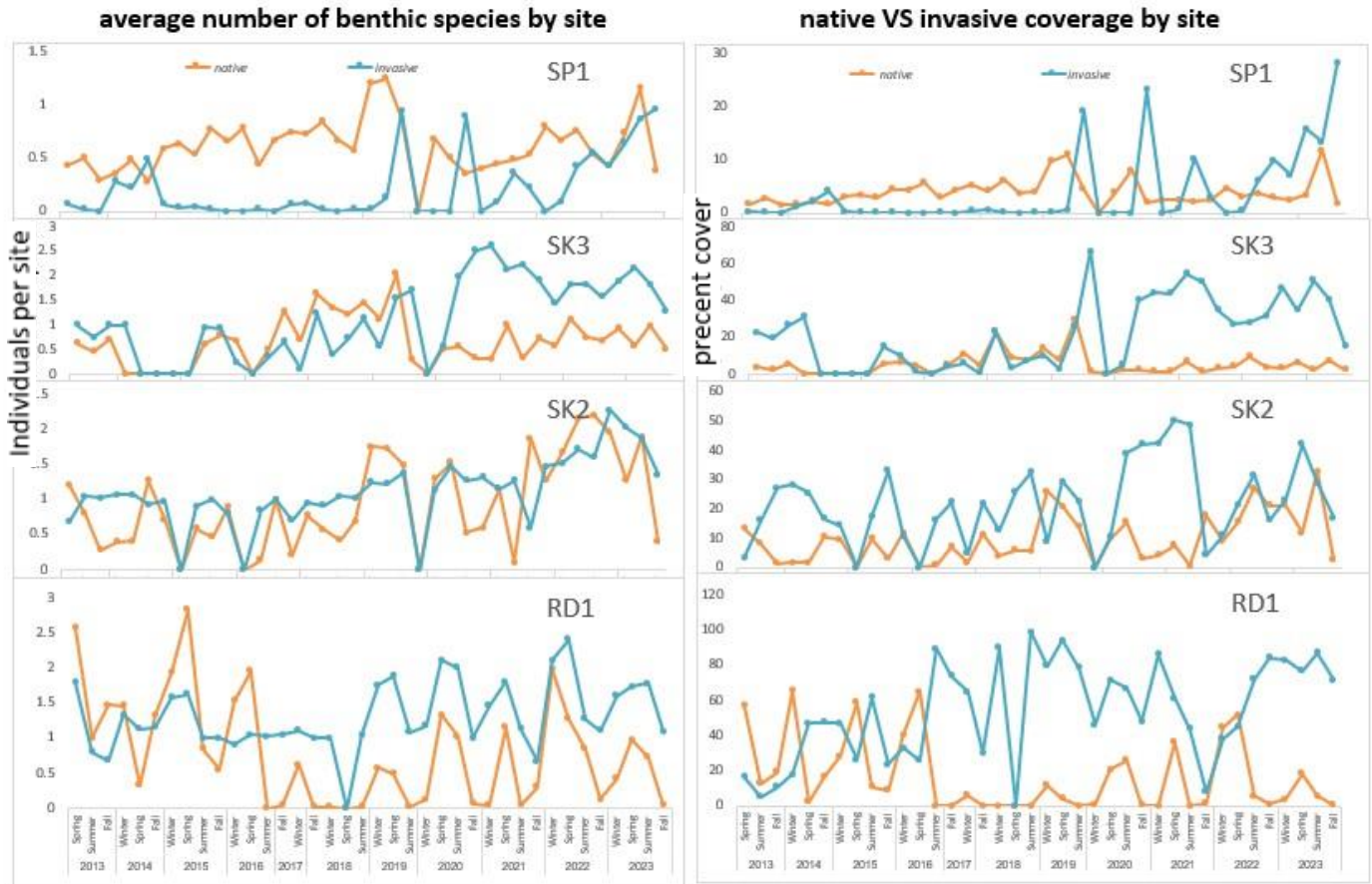
איור 6.9 ג'. פריצת מינים פולשים דגים. החל משנת 2019 אנחנו רואים גידול בכמות החמת ים-סופי הזהרון (*Pterois miles*) באתר SP-1 (בחורף 2022 נמצאו כמעט שלשה פרטים בממוצע לחתך באתר וזה ומקסימום של 6 פרטים בחתך אחד). באתר RD-1 (*Torquigener flavimaculosus*) כמו כן בשלושת השנים האחרונות נמצאו מספר פרטים של



איור 6.10 א' יחסי מינים פולשים דגים. הגרף העליון מייצג את מספר המינים המקומיים ביחס למספר המינים הפולשים לאורך תקופת הניטור ובגרף התחתון מוצג היחס בין מינים מקומיים למינים פולשים. ניתן לראות שמבחינת יחס מינים מקומיים לפולשים יש שליטה של המינים המקומיים בכל האתרים והמגמה נשמרת יחסית קבועה, כ- 85% של המינים מקומיים.



איור 6.10 ב. יחסי מינים פולשים כמותית דגים איור זה מציג את כמויות הפרטים המקומיים לעומת הפולשים שנצפו בכל ארבעת האתרים העיקריים לאורך תקפת הניטור. נראה שברוב האתרים יש שליטה של המינים המקומיים מבחינת כמות הפרטים. אתר ספרטה (SP-1) יוצא מן הכלל ומציג יחס די שווה בין כמויות המינים המקומיים והפולשים. הסיבה העיקרית היא כמות גבוהה מאוד של להקות ברקן אדום באתר.



איור 6.11 יחסי מינים פולשים תכסית באיור זו ממוצע המינים ברי זיהוי לרמת מין שהינם צמודי מצע בחמשת אתרי הדיגום לאורך תקופת הניטור (גרפים מצד שמאל), ולפי אחוז כיסוי יחסי של המינים הפולשים לעומת המקומיים (גרפים מצד ימין). כשמסתכלים על כמות המינים הפולשים לעומת מקומיים ניתן לראות שברוב האתרים יש תנודות רבות אך ככלל המספר דומה, כאשר באתר RD-1, שהוא בעל אחוזי הכיסוי הגבוהים ביותר, יש שליטה של המינים הפולשים משנת 2018. בהסתכלות על אחוזי הכיסוי רואים שבשנים האחרונות בכל האתרים יש שליטה של המינים הפולשים. הסיבה העיקרית הפריצה של 3 מינים (*Galaxaura rugosa*, *Lobophora variegata*, *Asparagopsis taxiformis*) בתקופה זו, כאשר אספרגופסיס ולובופורה הראו את אחוזי הצמיחה הגבוהים ביותר. חשוב לציין כי מינים רבים אינם ניתנים לקביעה טקסונומית פשוטה, כמו מיני אצות גירניות (מחסדרה corallinales) או מטריקס של אצות קצוצות וחול (Turf), והינם מהוות אחוז נכבד מהכיסוי.