



חקר ימים ואגמים לישראל
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &
LIMNOLOGICAL RESEARCH

KLL

NIO

דו"חות חיא"ל IOLR REPORTS

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2022
ניטור זיהום ים

דו"ח חיא"ל H26/2023

NCM



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

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2022

ניטור זיהום ים

דו"ח חיא"ל H26/2023

**ברק חרות, יעל סגל, ג'ק סילברמן, ירון גרטנר, אייל רהב, גיא
סיסמה-ונטורה, גדעון טיבור**

שותפים נוספים לדו"ח: אביב שכנאי, דבורה בורד, מריה אבו חדרה, דני לב, הגר
האוזנר, מיה מרמורי, נטשה בלקין

**תכנית הניטור מוגשת
וועדת ההיגוי לניטור הלאומי בים תיכון**
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

מאי 2023

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Herut B., Segal Y., Silverman J., Gertner Y., Rahav E., Guy Sisma-Ventura G.,
Tibor G. (2023). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters
– Scientific Report on Marine Pollution for 2020, Israel Oceanographic and
Limnological Research, IOLR Report H26/2023.

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

תוכן עניינים:

עמודים

שם הפרק

- פרק 1 - מתכות כבדות בסדימנטים ימיים ושפכי נחלים..... 4
- פרק 2 - מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות..... 18
- פרק 3 - ניטור כימי של מזהמים בבעלי חיים ימיים..... 27
- פרק 4 - ניטור כימי של משקעים אטמוספיריים..... 47
- פרק 5 - נוטריינטים וכלורופיל בנחלי החוף ובמדף היבשת הרדוד..... 52

פרק 1 - מתכות כבדות בסדימנטים ימיים ושפכי נחלים

ממצאים עיקריים

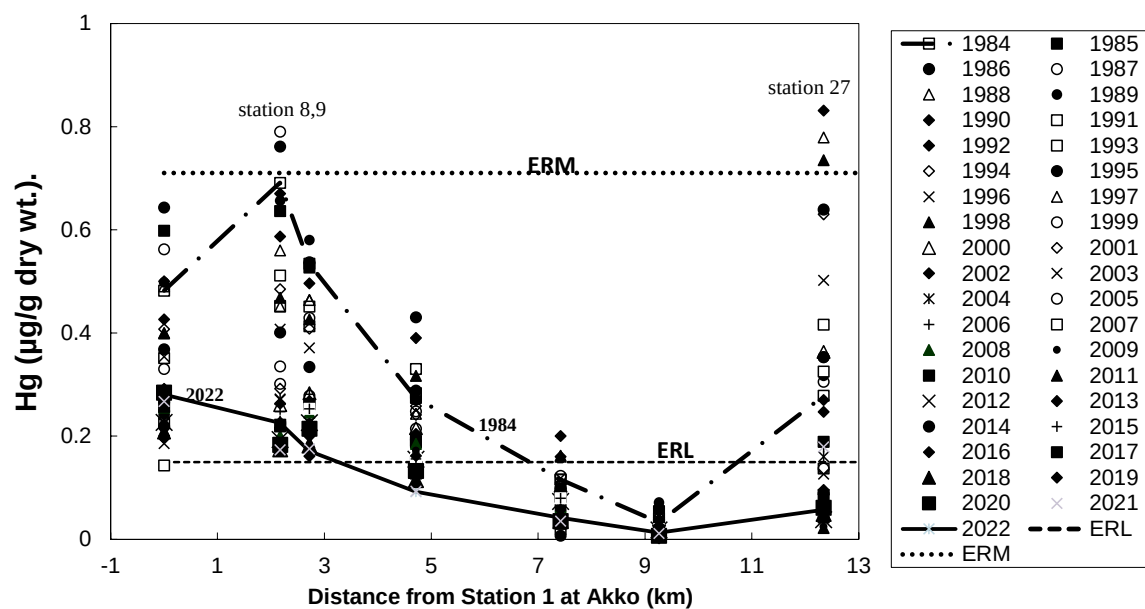
- תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים במפרץ חיפה ממשיכה לשקף השפעתם של שני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" (פרוטרם) בצפון, שנסגר בנובמבר 2004, ושפך נחל הקישון בדרום. למרות מגמת ההפחתה ביחס למצב בשנות ה-80' (בפקטור של פי 3 לערך, מידת הפחתה קטנה בהדרגה ככל שמדרימים או מצפינים מאתר פרוטרם), הסדימנטים בחלקו הצפוני של המפרץ בניטור 2022, עד כ-4-3 ק"מ דרומית לעכו (איור 1.1), מראים דרגת זיהום בינונית של כספית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) והמדד שאומץ ע"י אמנת ברצלונה.
- ההפחתה בריכוזי הכספית בסדימנט פני השטח נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים), הקרובות לאתר בו הייתה בעבר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 1.2), אולם החל מ-2012 ההפחתה נעצרה והריכוז התייצב בדרגת זיהום בינונית של כספית (גם בשנת 2022), לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב ואמנת ברצלונה.
- בשנים האחרונות נמצאה באזור זה גם השפעה של דליפת מי תהום מזהמים בכספית, זאת על בסיס ממצאי הניטור הלאומי ומחקר ממוקד בנושא (Shoham-Frider et al., 2020). נמצאו ממצאים חריגים של ריכוזי כספית במי תהום רדודים בחוף מול מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות". הריכוזים חורגים במעל סדר גודל (פי 13 עד 28) ביחס לתקן מי שתייה בישראל (1 מיקרוגרם לליטר), ובסדר גודל דומה ביחס לערכי סף אקולוגיים (0.94 ו-1.8 מיקרוגרם כספית לליטר סף כרוני ואקוטי, בהתאמה). עם זאת, החל מ-2020 נערכו מדידות חוזרות של כספית מומסת במי החללים בחוף פרוטרם (בעומק של כ-1 מטר מפני הקרקעית) על בסיס חודשי ונמצא שהריכוזים המרביים היו נמוכים בכ-3 סדרי גודל (100-10~ ננוגרם כספית לליטר, למעט חריג של 250 נג"ל באוקטובר 2021, הקטן בכסדר גודל) מאלה שנמדדו בזמן המחקר ב-2015-16. כללית נמדדים ריכוזים גבוהים יותר בקיץ לעומת עונת החורף, אולם נצפית ירידה משמעותית בריכוזים המרביים כפי שנמדד עד פברואר 2022 (איור 1.3).

- ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בשפך נחל הקישון/דרום מפרץ חיפה (איור 1.4, תחנה 27) מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים, אך קטנים מגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. בשנת-2016 נמצאה עלייה בריכוז הכספית בערך גדול מ- ERL (השפעה מזיקה בינונית), שנבעה ככל הנראה מפעילות החפירה (וחשיפה של שכבות מזוהמות בכספית) במסגרת בניית הנמל החדש, אך לא חזרה על עצמה. רמת הזיהום בכספית ובקדמיום ירדה מאז 1992 (באותה שנה אירע בקישון שיטפון גדול אשר הסיע לשפך הנחל כמויות גדולות של סדימנטים מזוהמים). מהשינויים שנצפו בשנים 2012-2003 נראה שהירידה בריכוזי הקדמיום בשפך הנחל משמעותית יותר מהירידה בריכוזי הכספית (פקטור של כ-50 לעומת 6, בהתאמה), ונובעת, ככל הנראה, מההפחתה הדרסטית בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנים 2012 עד 2022 נצפית מגמת עלייה של ריכוזי הקדמיום והכספית (איור 1.4), כמו גם של ריכוזי החומר האורגני בקרקעית (איור 1.5), שמקורם בנחל הקישון. מגמה זו קשורה ככל הנראה לשילוב של שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ומוצא הימי, פעולות החפירה ובניית הנמל החדש.
- מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה ולאורך החוף. נתוני 2005 - 2007 מצביעים בד"כ על מגמת התייצבות ונתוני 2008 - 2013 על מגמת עלייה מסוימת. בשנים 2014 – 2022 נמשכת מגמת עלייה קטנה בסדימנטים לאורך החוף (למעט בתחנה 18 מול שפך נחל שורק) וירידה בסדימנטים במפרץ חיפה, למעט עלייה עד 2021 דרומית לעכו (תחנה 2) (איור 1.6). מגמה רב-שנתית זו משקפת את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), בישראל (אמצע שנות ה-90) ובמצרים (סוף שנות ה-90). השינויים במפרץ חיפה ביחס לאורך החוף דרומית למפרץ ייתכן וקשורים בתהליך הזנת החול שנעשה בשנים האחרונות ושינויים במשטר הסדימנטולוגי במפרץ.
- שינויים רב-שנתיים בריכוזי קדמיום ונחושת בסדימנטים בתחנה 23 (מול קריית ים) (איור 1.7) מראים מגמת ירידה משמעותית החל משנת 2000, שקשורה ככל הנראה להפחתה המשמעותית בהזרמת מתכות כבדות (במיוחד קדמיום) אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנים 2010-2011 נמדדה עלייה קטנה בריכוז הקדמיום, שייתכן שקשורה לפעילות חפירה בנמל, וירידה מסוימת/התייצבות ב- 2012 - 2022.

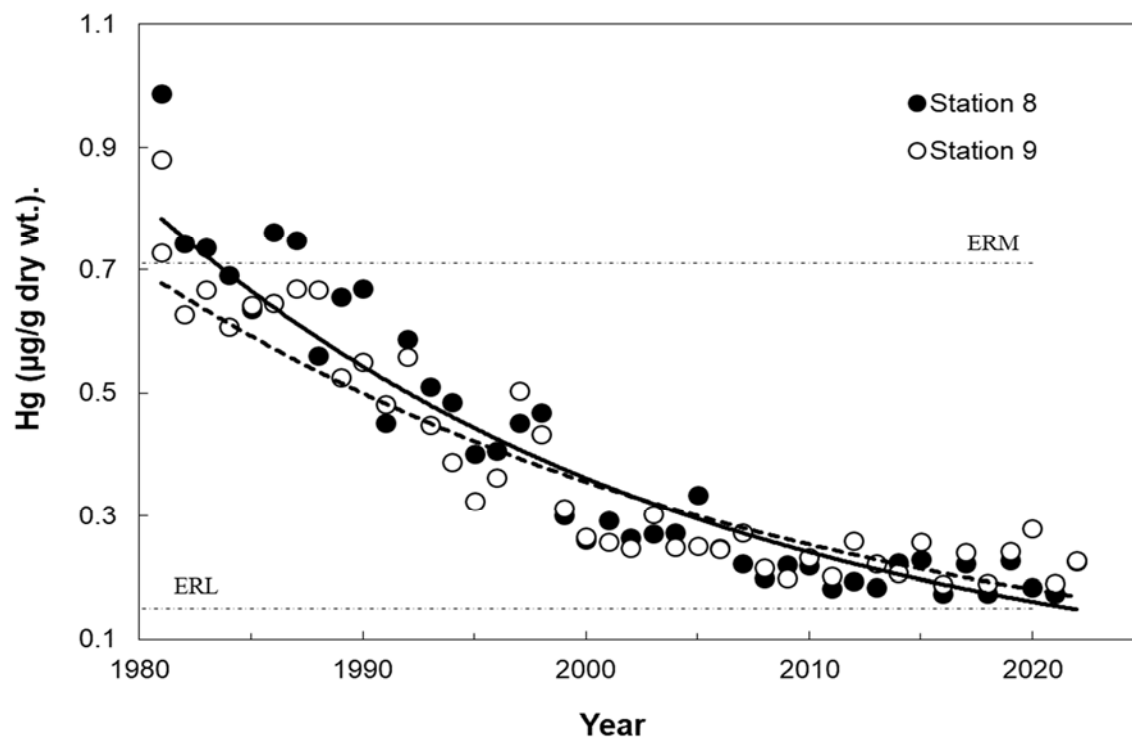
- בדומה לשנים קודמות, גם בשנת 2022 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה, למעט בכמה אתרים ממוקדים. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזורי מוצאים ימיים לאורך החוף מוגשים למשרד להגנת הסביבה כחלק מהניטור האכפתי במסגרת היתרי הזרמה לים.
- הסדימנטים במרבית נחלי החוף בסמוך למוצאיהם לים מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשת, במיוחד לעומת סדימנטים חוליים באזור הרדוד. אם נתעלם מהשפעות גודל הגרגר על ריכוז המתכות, הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים וכמעט העדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשיטפונות בתקופת החורף.
- טבלה 1.1 ממינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA. בטבלה לא כלולים נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). בשנת 2022 לא נמצאו ריכוזים המייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA, למעט ערכי ניקל בנחל חדרה. נמצאה רמת זיהום בינונית של נחושת בנחלים חדרה ואלכסנדר; של כספית בנחל נעמן; של כרום בנחלים חדרה ושורק; של ניקל בנחלים אלכסנדר, לכיש, שורק ותנינים; של אבץ בנחל חדרה. מקור העשרת הכספית בנחל נעמן הוא כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו.
- ריכוזי כספית (ממוצעים וסטיות תקן) (איור 1.8), קדמיום (איור 1.9) ועופרת (איור 1.10) בשכבת השטח (0-0.5 ס"מ עליונים) ובשכבה 0.5-1 ס"מ מתחתיה, של קרקעית הים בתחנות הדיגום של הניטור הלאומי בים העמוק (2017-2022) מדגימות תבנית התנהגות של עליה משמעותית בריכוז לכיוון הים העמוק, המעידה על כך, שמקור דומיננטי של מתכות אלה הינו אטמוספרי. בהשוואת הריכוזים בין השכבות, ניתן לראות הבדלים משמעותיים של כספית, עופרת וקדמיום בתחנות המייצגות עומקי מים מעל 1700 מטר (H06, G04, G05) (גדולים מסטיות התקן). ניתן לפרש הבדלים אלה כהעשרה אנתרופוגנית אטמוספרית הולכת וגוברת מאז תחילת המהפכה התעשייתית. תבנית זו והשונוות בריכוזים משמשים כערכי ייחוס להערכת מידת ההעשרה של מתכות אלה כתוצאה מפעילות אנתרופוגנית (הטלת חומרי חפירה מהנמלים והמעגנות; הטלת עפר פחם בעבר; קידוחים בים העמוק ועוד).

- ריכוזי הכספית, העופרת והקדמיום בשכבת פני הקרקעית (0-0.5 ס"מ) בעומקי מים מעל 1150 מטר (תחנות H05;H06;G05;TA1100;TA1400) מועשרים גם ביחס לשכבת סדימנט עמוקה יותר (9-10 ס"מ) המייצגת את התנאים טרם המהפכה התעשייתית (איור 1.11).

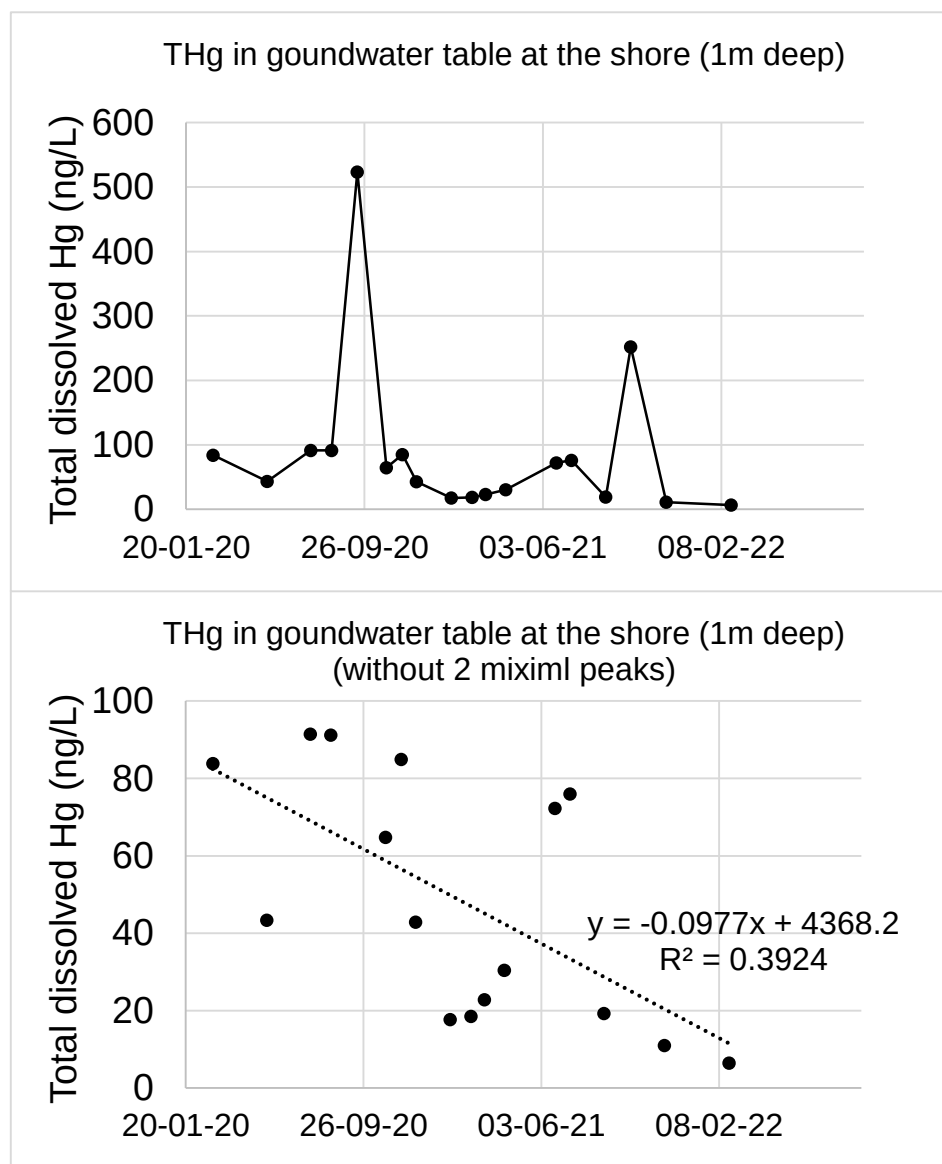
- באיור 1.12 מוצגים ריכוזי הבריום בשכבת השטח (0-0.5 ס"מ עליונים) ובשכבה 0.5-1 ס"מ מתחתיה, של קרקעית הים בתחנות הדיגום של הניטור הלאומי בים העמוק (-2017, 2022). מאיור זה ואיור 1.11 ניתן לראות שבשכבה העליונה ביותר יש ריכוזים גבוהים מאלה שבשכבות העמוקות יותר בתחנות העמוקות ביותר (H06, H04, G05, TA1100 ו-TA1400), ולפיכך ניתן לקבוע שאכן יש העשרה. מאחר ומקור הבריום אינו קשור למשקעים אטומוספיריים, לא ניתן להוציא מכלל אפשרות שהעשרה זו נובעת מהתפשטות של בוץ קידוח (הכולל בריט – בריום סולפאט) במרחב הים העמוק מאתרי קידוח סמוכים.



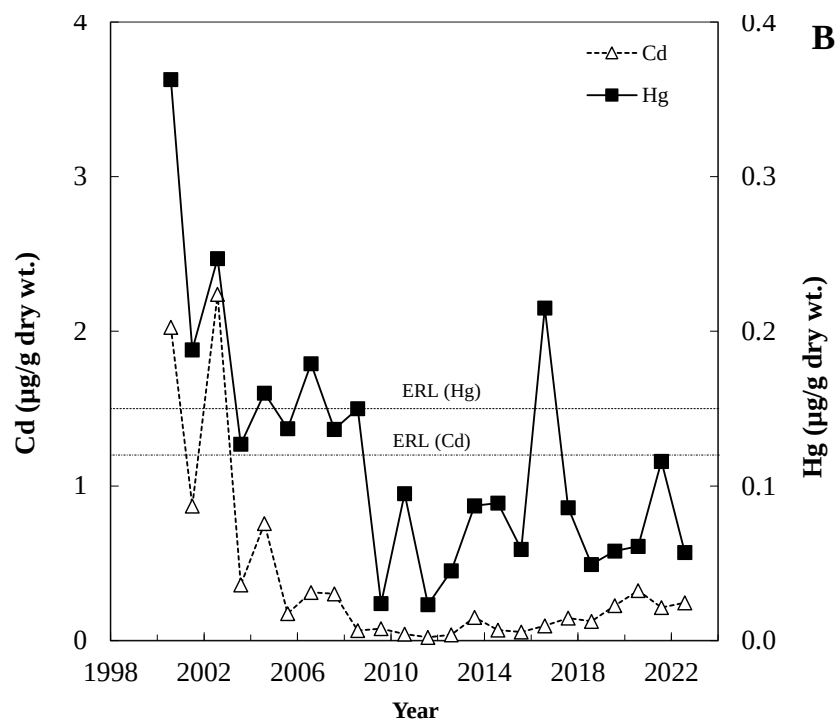
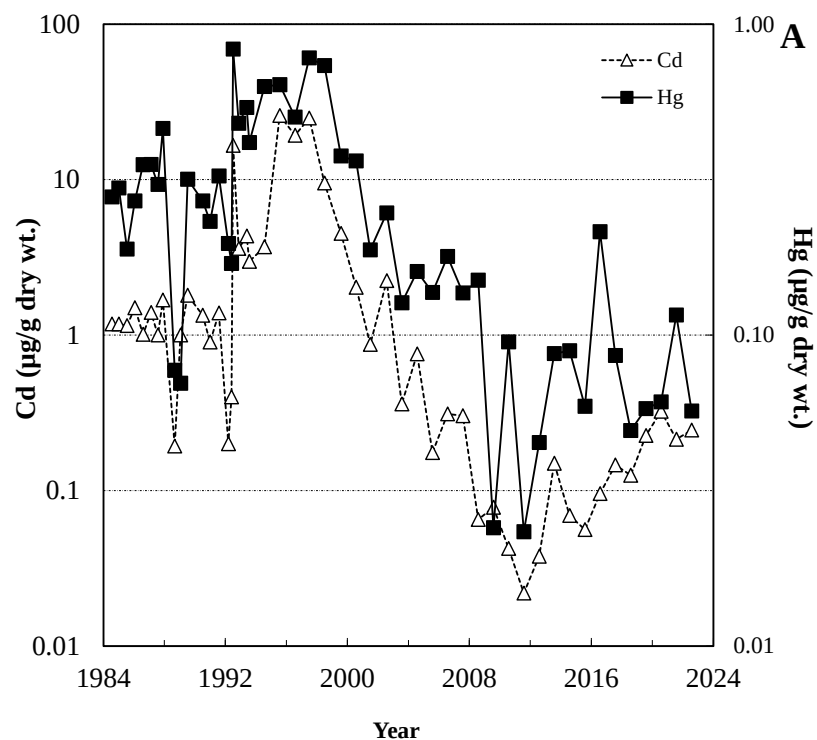
איור 1.1: ריכוזי כספית (µg g-1 dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2022.



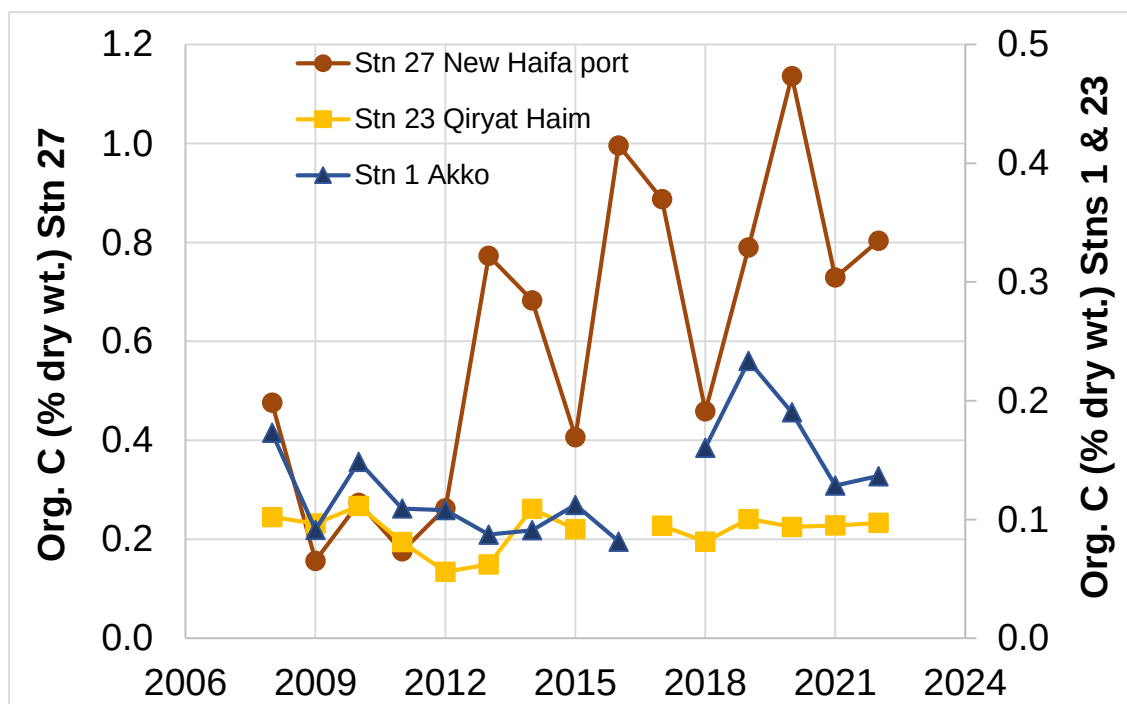
איור 1.2: ריכוזי כספית (µg g-1 dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2022.



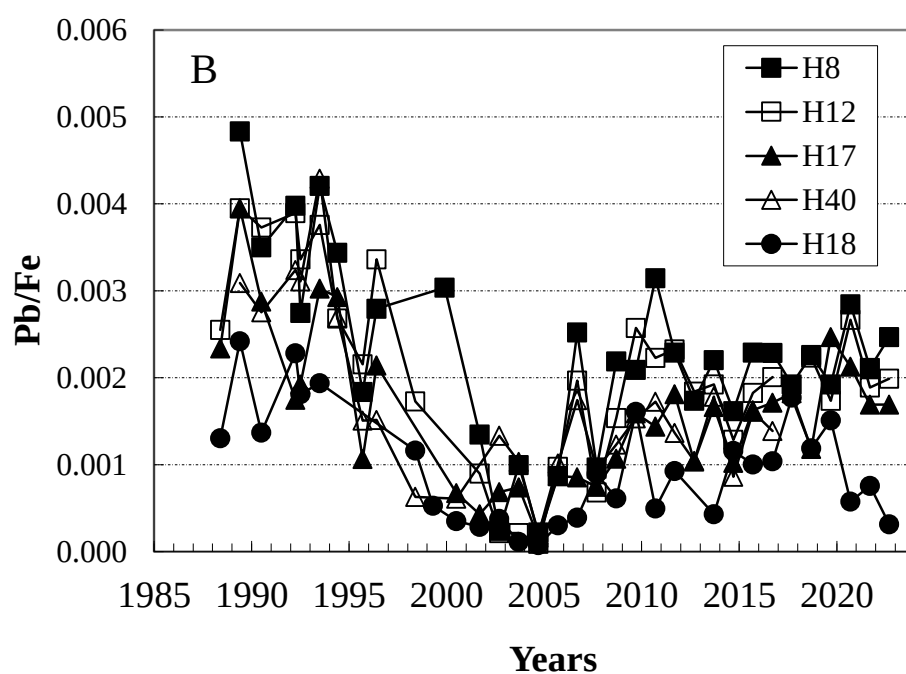
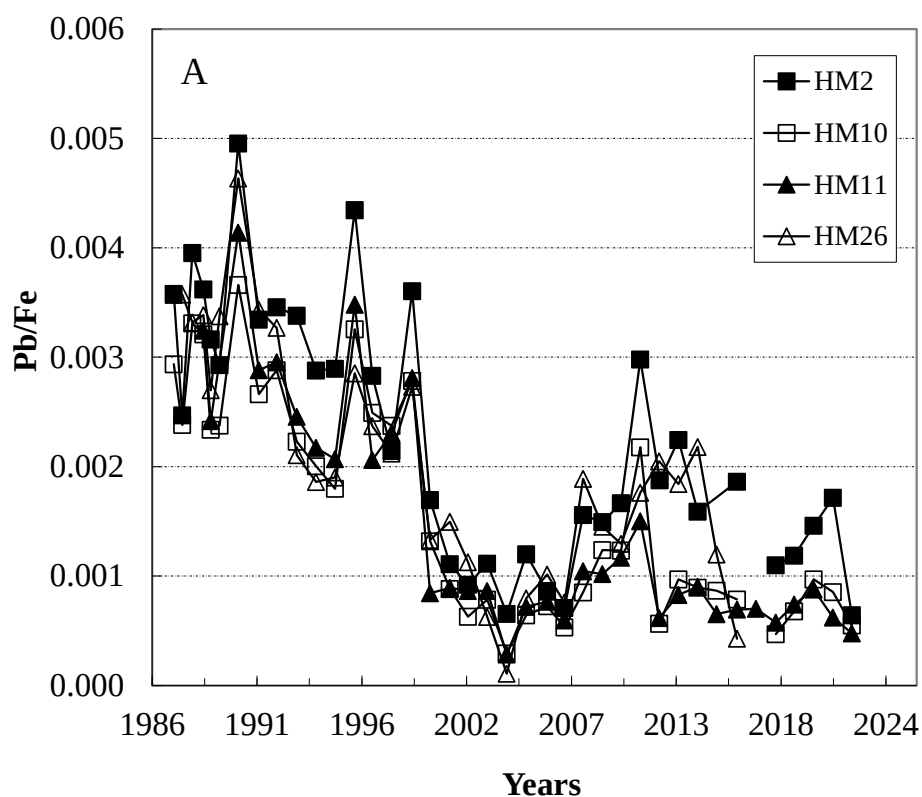
איור 1.3: ריכוזי כספית מומסת במי חללים מעומק של כ- 1 מטר בתת הקרקע בחוף הים בין עכו לפרוטרום (בעבר מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות"), מפברואר 2020 עד פברואר 2022.



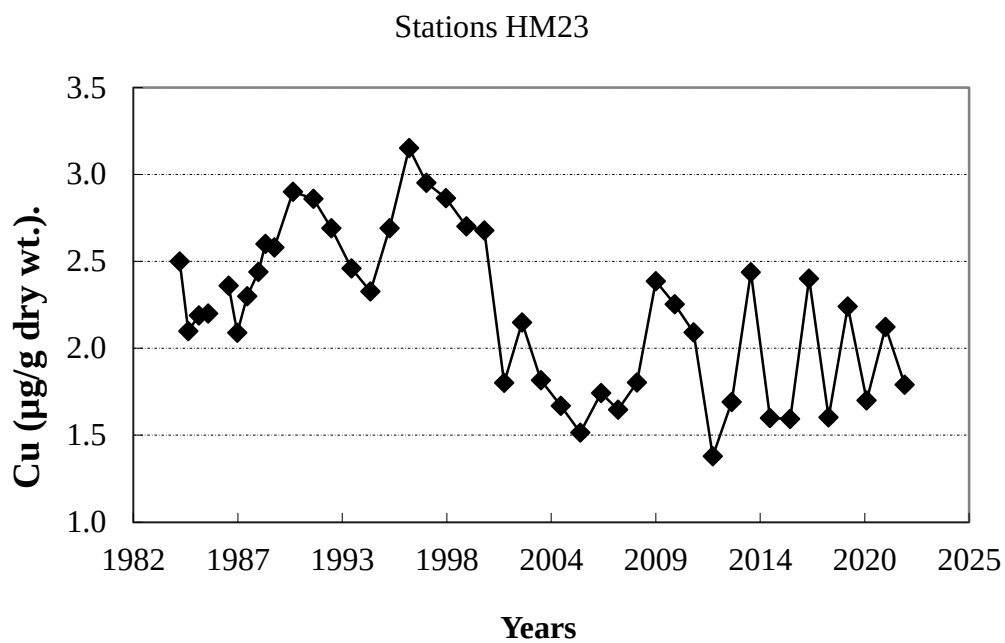
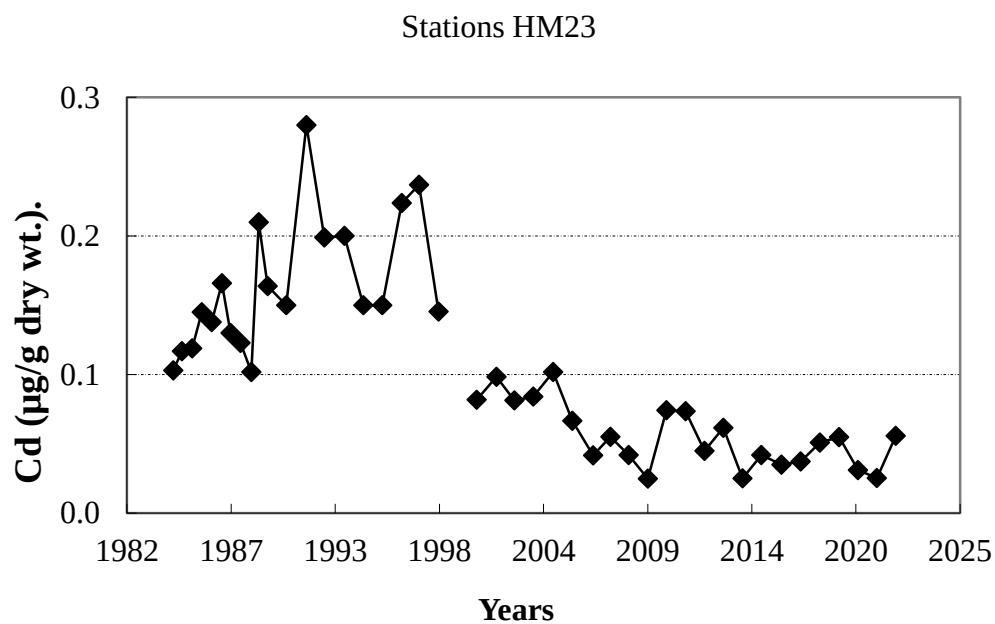
איור 1.4: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ dry wt.}$) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2021. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2022.



איור 1.5: ריכוזי חומר אורגני בסדימנט פני שטח (% dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27), בתחנה 23 מול קריית חיים ובתחנה 1 דרומית לעכו, בשנים 2008 - 2022.



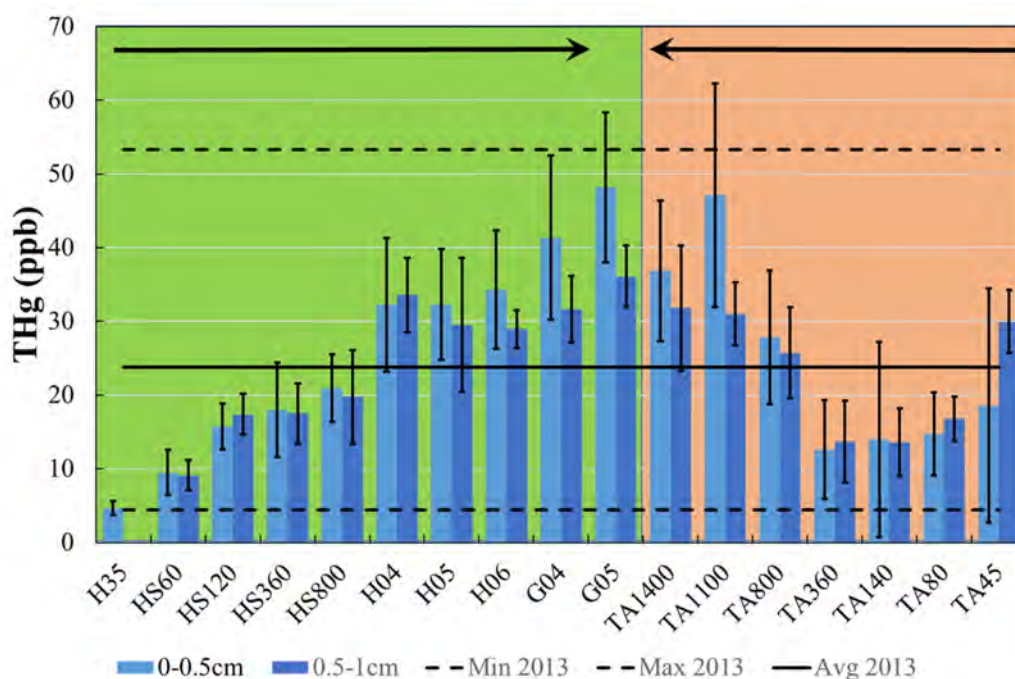
איור 1.6: מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2022.



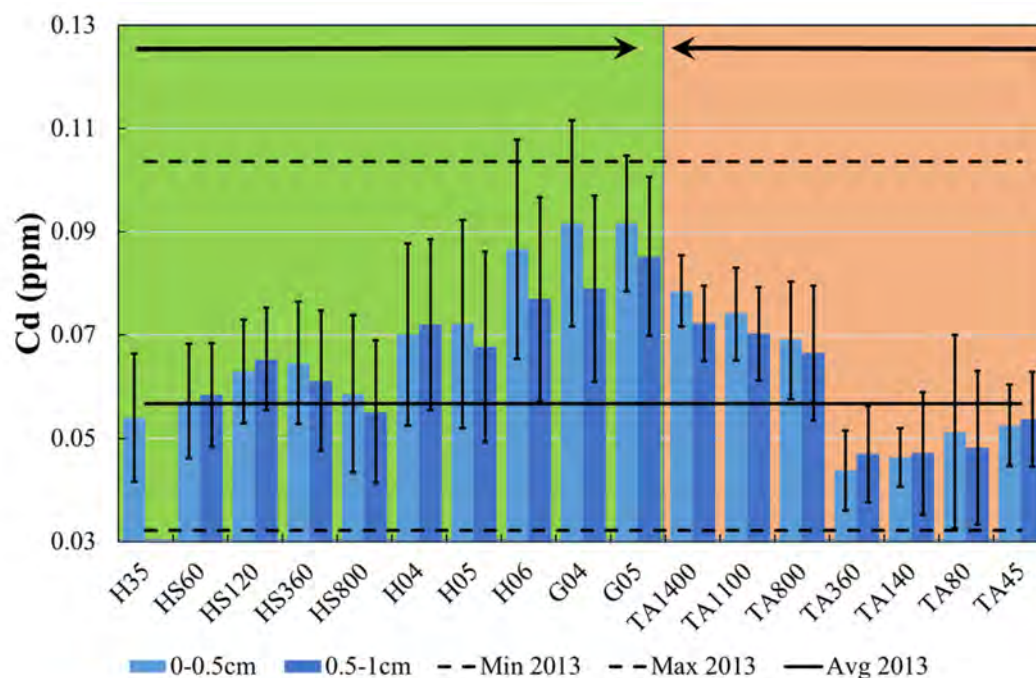
איור 1.7: שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה HM23 מול קריית חיים בשנים 1988 – 2022.

טבלה 1.1: מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, בהתאם לקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA בשנת 2022.

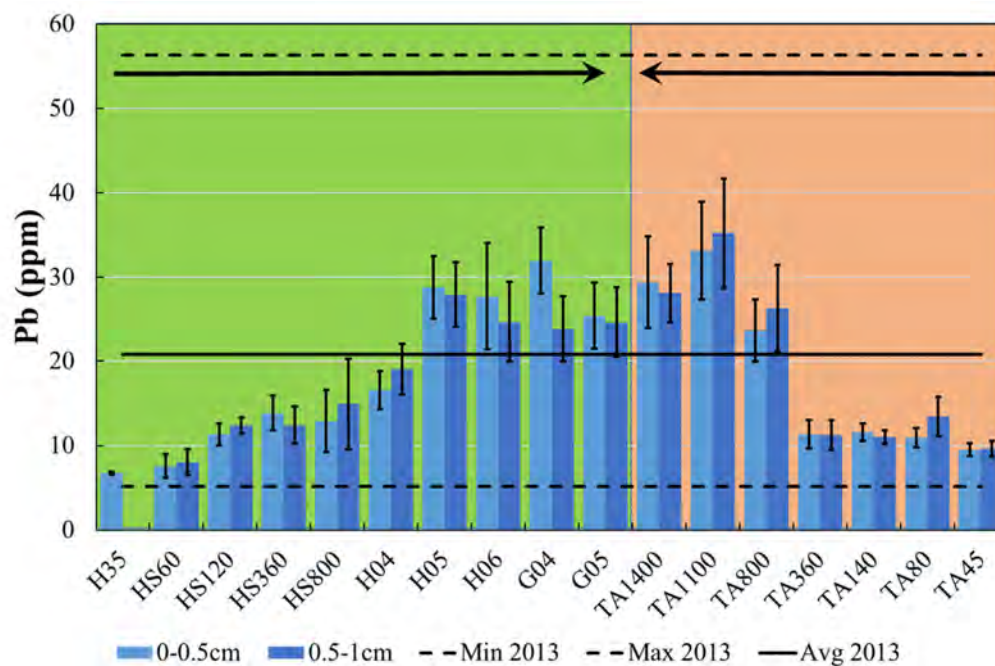
Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)	Cd (µg/g)	Hg (µg/g)	קריטריון
	חדרה (57)						ERM≤
שורק (90) חדרה (109)	תנינים (27) אלכסנדר (33) לכיש (42) שורק (43)		חדרה (191)	אלכסנדר (35) חדרה (50)		נעמן (0.25)	ERL - ERM



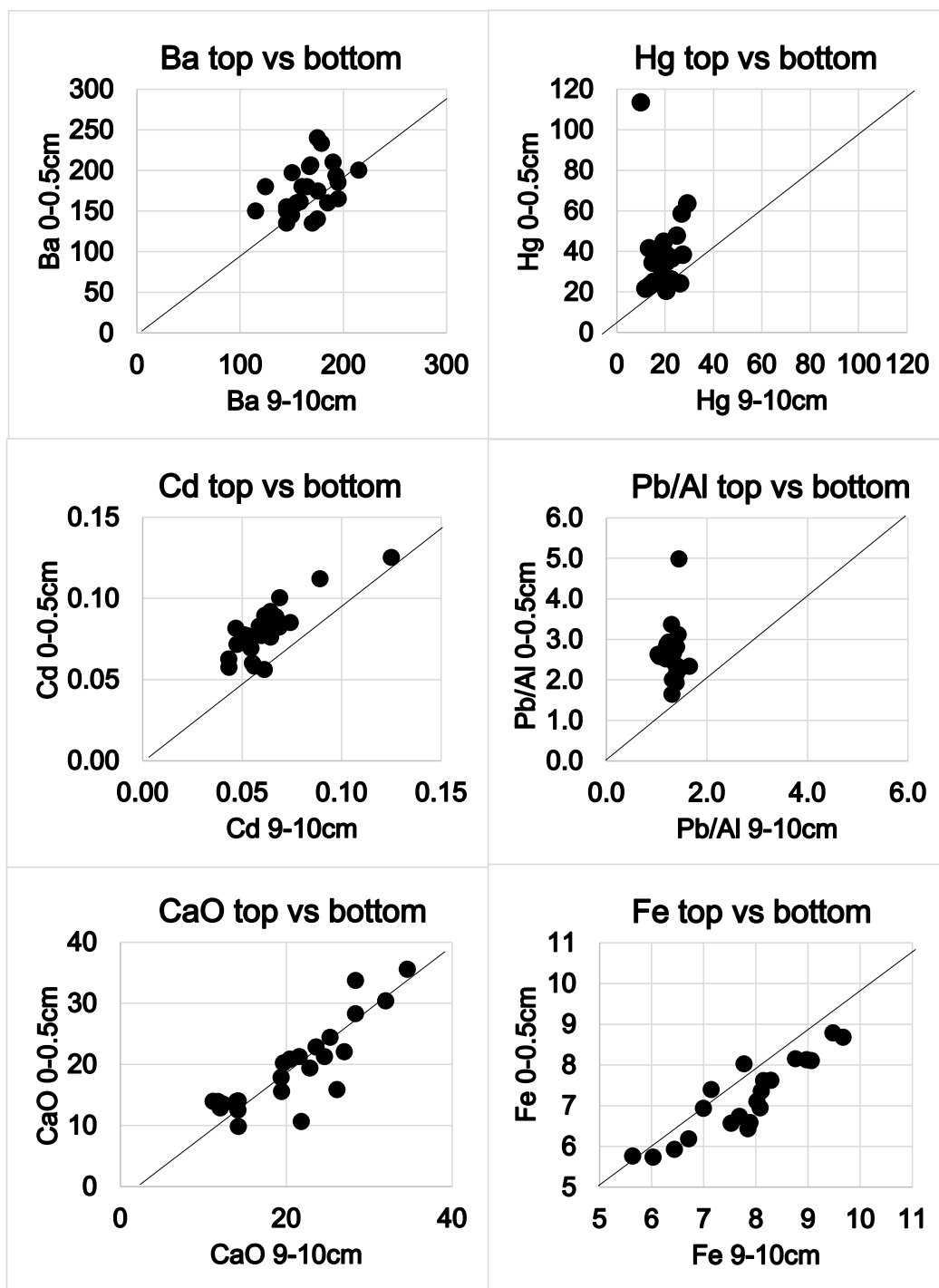
איור 1.8: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הכספית הכללית שנמדדו במהלך הניטור הלאומי 2017-2022 בתחנות הדיגום לאורך חתך חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתך (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הכספית שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



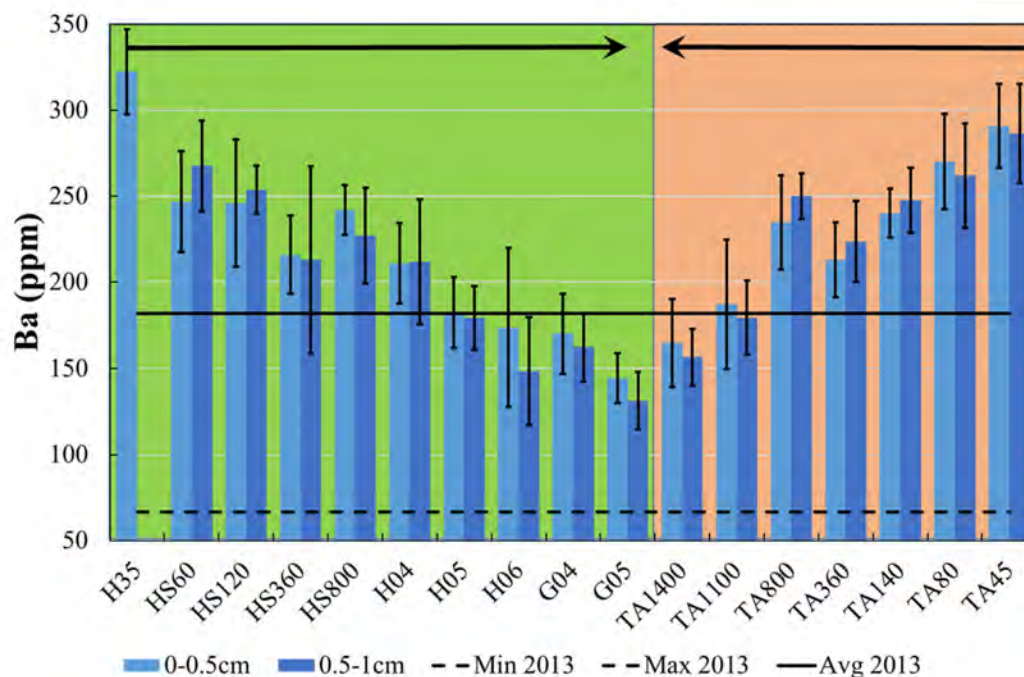
איור 1.9: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הקדמיום שנמדדו במהלך הניטור הלאומי -2017 בתחנות הדיגום לאורך חתר חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתר (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הכספית שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



איור 1.10: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי העופרת שנמדדו במהלך הניטור הלאומי -2017 בתחנות הדיגום לאורך חתר חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתר (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הכספית שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



איור 1.11: יחסי הגומלין בין ריכוזי כספית, קדמיום, עופרת (כ- Pb/Al), בריום, ברזל וסידן בין שכבת הסדימנט העליונה ביותר (0-0.5 ס"מ) לבין שכבה עמוקה יותר (9-10 ס"מ), המייצגת התנאים טרם המהפכה התעשייתית) בתחנות הים העמוק בין 1170 ל- 1900 מטר עומק מים (תחנות H06, G04, G05, TA1100 ו-TA1400) בשנים 2019-2022.



איור 1.12: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הבריום שנמדדו במהלך הניטור הלאומי -2017 בתחנות הדיגום לאורך חתר חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתר (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הכספית שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.

פרק 2 - מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

פרק זה מציג ממצאים מניטור שבוצע עבור חיל הים/משרד הביטחון בו נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון של ישראל.

ממצאים עיקריים

איכות מי הים בנמלים ובמעגנות

- ריכוזי המתכות הכבדות במים (ריכוזים מומסים) היו בד"כ קטנים מסף הגילוי. ריכוזי כל המתכות הכבדות היו קטנים מערכי התקן הסביבתי, מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000) או של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA), ומהתקנים לאיכות מי ים (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת), המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה או ע"י ה-EPA.
- ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו קטנים מערכי סף הגילוי האנליטי (0.5mg/L).
- ריכוזי התרכובות הנדיפות שנמצאו במים היו קטנים מסף הגילוי האנליטי (> 0.05 ug/L 100 למעט החומר מתיל כלוריד במספר תחנות (נמדדו ערכים קטנים מ- 14 ug/L). כללית, הריכוזים קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי.
- כל ריכוזי המיקרו מזהמים האורגניים הנדיפים למחצה (PAH's) במים נמצאו קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA). יחד עם זאת, במספר אתרים (נמל חיפה, אשדוד, קצא"א, מרינות הרצלה, ת"א אשדוד) נמצאו סימנים של מזהמים שונים מעל סף הגילוי שככל הנראה קשורים לזיהומי שמן/שריפת דלקים.
- ריכוזי התרכובות האורגניות של בדיל, Tributyltin (TBT) ו/או תוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (12 ng/l) בכל האתרים (איורים 2.1 ו- 2.2). סף הגילוי האנליטי של TBT היה גדול מהתקן לאיכות מי ים (2 ng/L), המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה או הסוכנות להגנה על הסביבה של ארה"ב (EPA 10 ng/L).
- נצפתה מגמת ירידה לערכים נמוכים בשנים 2011-2014 והתייצבות על ערכים קטנים מסף הגילוי האנליטי משנת 2014 והילך, כפי שהיינו מצפים כביטוי לפעולות שנקטו ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. יחד עם זאת הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן.

- ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות, למעט לגבי חומר ההדברה Diuron שנמצא במספר תחנות בריכוזים נמוכים: מרינות הרצליה, אשדוד ואשקלון ובנמל אשדוד, אולם לא נמצאו חריגות ביחס לערכי ייחוס סביבתיים.
- ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה ($\sim 1\text{pg/L}$).

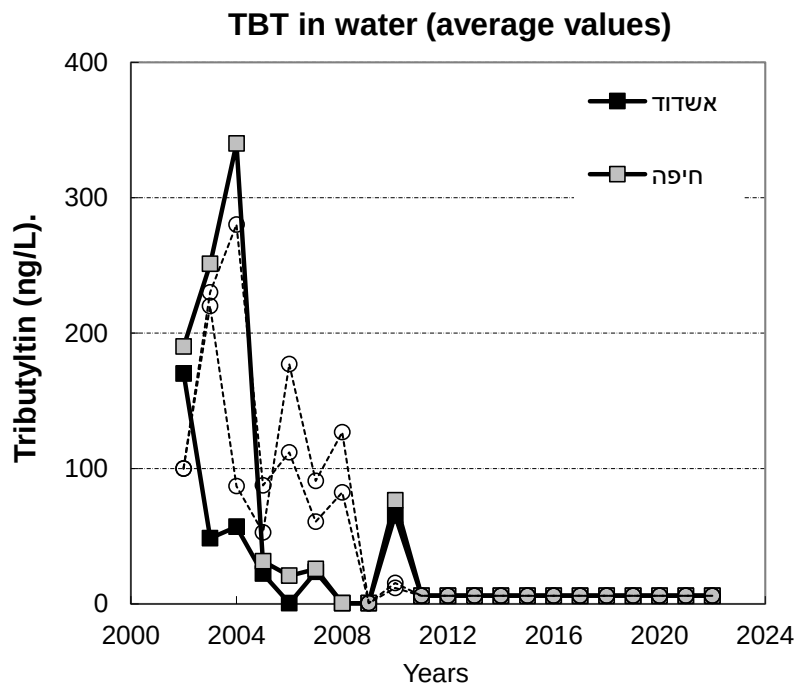
איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

- רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות נבחנו עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA ומוצגים בטבלה 2.1.
- בשנת 2022 רמת זיהום גבוהה של כספית נמצאה בנמל חיפה, של ארסן בסדימנטים במרינה ת"א ונמל היובל ושל כסף מול קציני מ עכו, ורמות זיהום בינוניות של רב המתכות הכבדות נמצאו בנמלי חיפה ואשדוד, ובמספר מרינות (טבלה 2.1).
- איור 2.3 מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000 – 2022) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) בסדימנטים בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. בנמל חיפה במהלך 2 עשורים ירידה אקספוננציאלית בריכוזי הקדמיום. מגמת ירידה בכספית בשנים 2007-2012 ואח"כ התייצבות/עליה קלה עד 2022. בהתאם, שינויים בריכוזי המתכות בחמש השנים האחרונות מראים מגמה מתונה של ירידה בקדמיום ועליה בכספית. בנמל אשדוד מגמת הפחתה אקספוננציאלית ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום במהלך שני העשורים האחרונים עם שינויים/עליה מסוימת בשנים האחרונות. במעגנות לאורך החוף, מגמת עליה רב-שנתית של נחושת, ניקל וכרום במספר מרינות (הרצליה, ת"א, אשדוד, מעגן חדרה) שנקטעת בגלל חפירות העמקה. אין מגמה ברורה לגבי כספית וקדמיום, למעט ככל הנראה ירידה בריכוזי הכספית במעגן עכו במהלך 22 השנים האחרונות.
- בשנת 2022 לא נמצאו שאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מעל גבול הגילוי האנליטי, למעט החומרים Diflufenican ו-Diphenylamine בנמל אשדוד ו-DDT במרינה ת"א, בדומה לשנה קודמת (2021).
- זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($< 100\text{ ng/g}$) נמצא בתחנות בנמלים חיפה ואשדוד, וערכים גבוהים יחסית במעגן עכו ומרינת ת"א (איור 2.4). נתונים רב-שנתיים של ריכוזי TBT בסדימנטים בנמלים ובמעגנות מראים מגמת ירידה בנמלים חיפה ואשדוד, אולם ב-2022 עדיין נמדדת רמת זיהום גבוהה (איור 2.4). למרות שבמים ריכוזי ה-TBT היו קטנים מסף הגילוי, היחס של Tributyltin/Dibutyltin בסדימנטים בנמלים ובמעגנות רבות מלמד שעדיין קיים זיהום טרי יחסית.

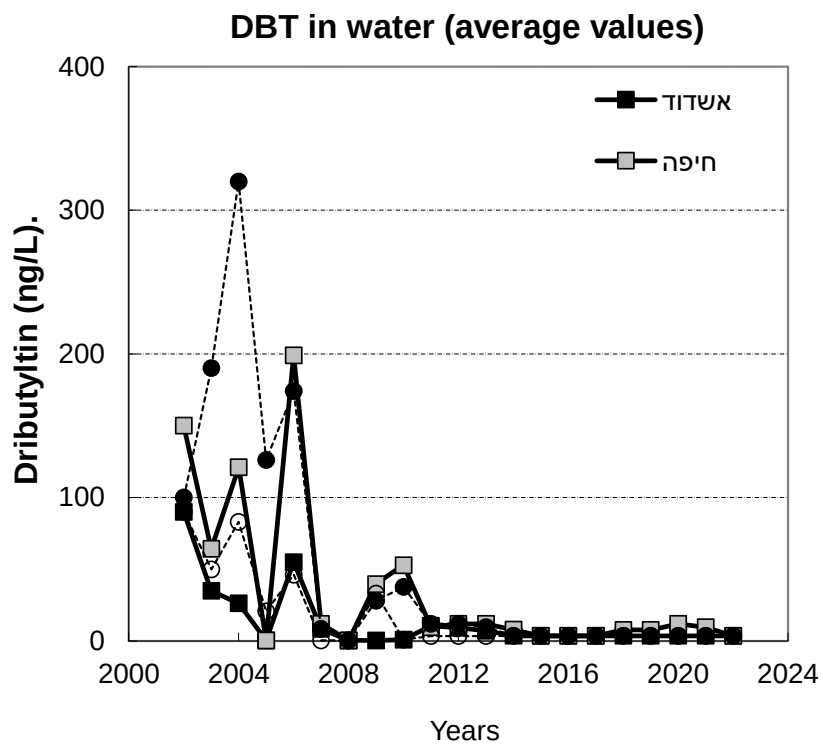
- ריכוזי הביפנילים מותמרי כלור (PCB's) היו קטנים מסף הגילוי האנליטי בשנת 2022, למעט נוכחות של חלק מה- PCBs במעגנות עכו וקצא"א. הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL). נתונים רב-שנתיים מלמדים שבחלק מהנמלים והמעגנות נצפים אירועי זיהום (מער ERL), איור 2.5.
- כללית רוב החומרים הפוליציקלים הארומטיים (PAHs) נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי. יחד עם זאת בחלק מהתחנות נמדדו מספר חומרים מעל גבול הגילוי. במעגן עכו נמצאו הכי הרבה חומרים המעידים על זיהום מסוים בשמן (נגזרות נפט).
- ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי ($> 0.2-100$ ננוגרם/גרם יבש או רטוב), למעט החומר Dichloromethane באתרים שונים.
- ריכוז הדיאוקסינים בסדימנטים היו מתחת או דומים לסף הגילוי של הבדיקה, למעט סימנים (ריכוז נמוך ביותר, לא כמותי) בנמל חיפה ומעגן עכו.

טבלה 2.1: מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים של NOAA בשנת 2022.

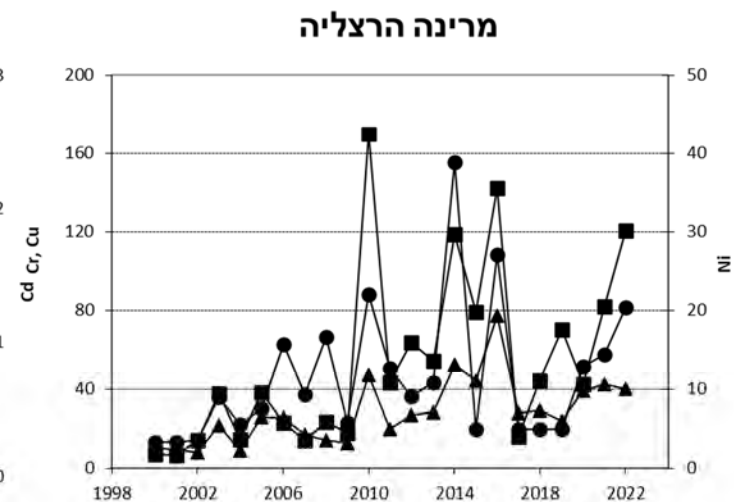
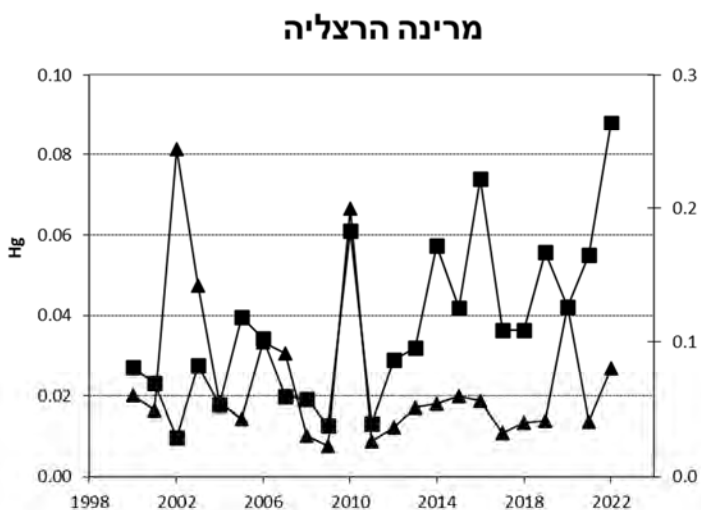
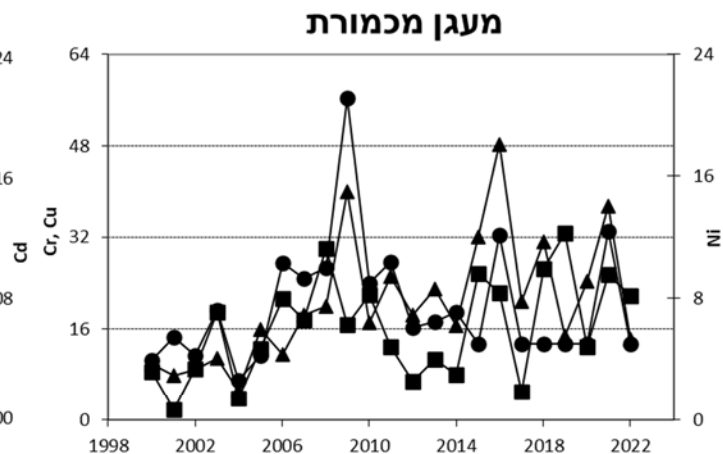
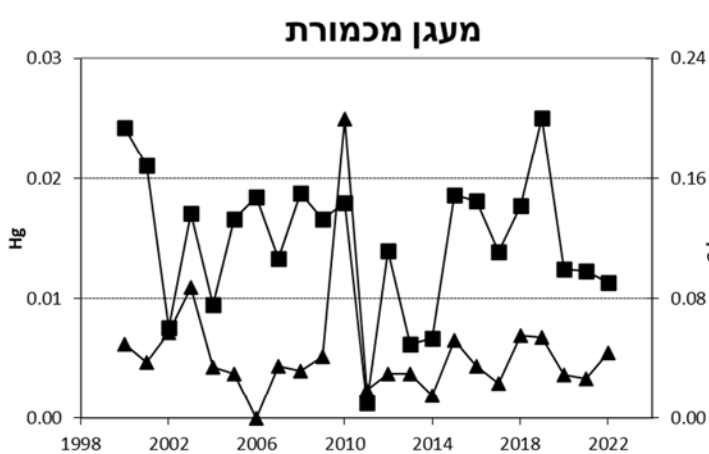
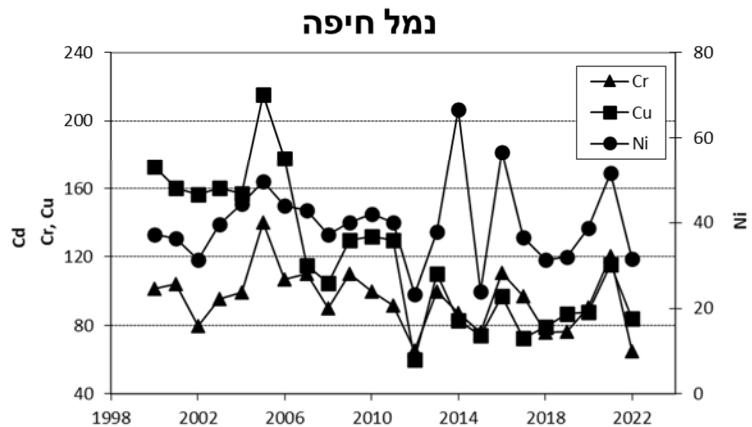
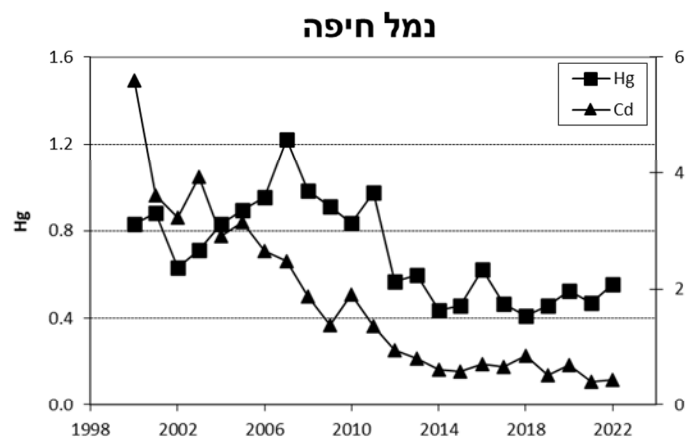
	Hg	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	DDT	PCB's
>ERM	נמל חיפה	עכו-קציני ים	מרינה ת"א, נמל היובל								
>ERL <ERM	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, מרינה ת"א				נמל אשדוד	מעגן עכו, נמל חיפה, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשדוד	נמל אשדוד	מעגן עכו, נמל חיפה, מרינה ת"א, נמל אשדוד	מעגן עכו, נמל חיפה, נמל אשדוד	מרינה ת"א	
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מול נחל לביש, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג



איור 2.1 מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים TBT במים בשנים 2002 - 2022.

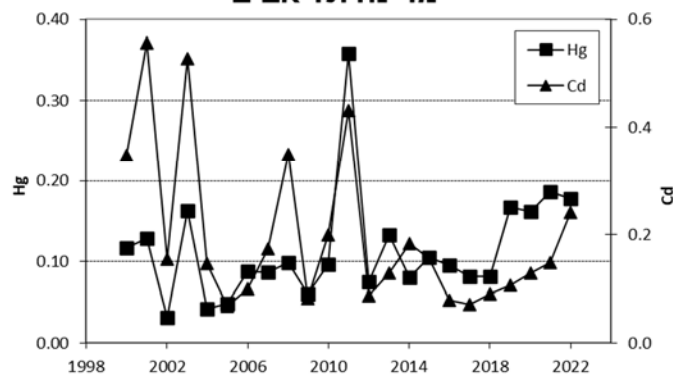


איור 2.2: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים DBT במים בשנים 2002 - 2022.

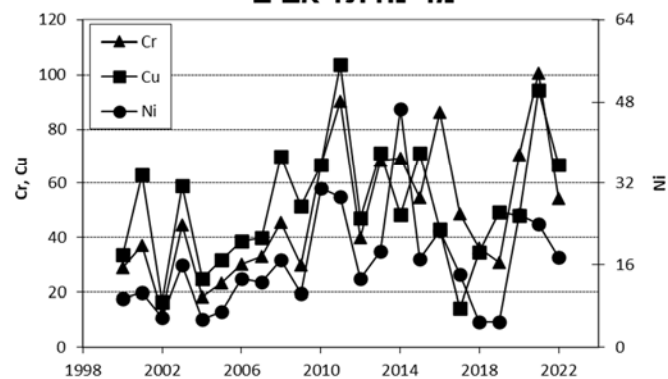


איור 2.3: מגמות השתנות של ריכוזי מתכות כבדות בסדימנטים ($\mu\text{g/g dry wt.}$) בנמלים ובמעגנות בשנים 2000 – 2022.

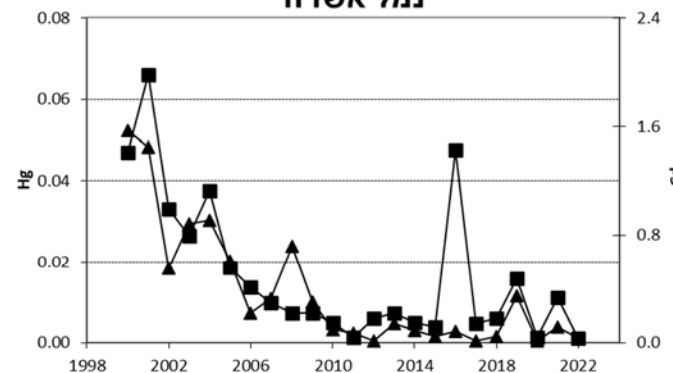
מרינה תל אביב



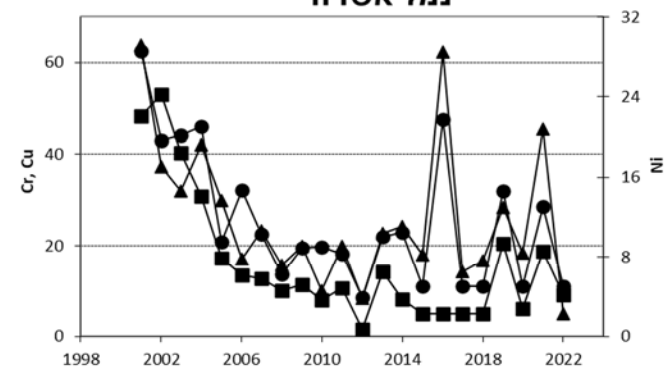
מרינה תל אביב



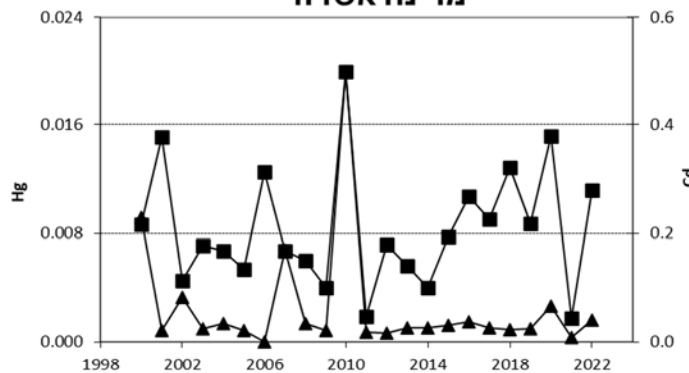
נמל אשדוד



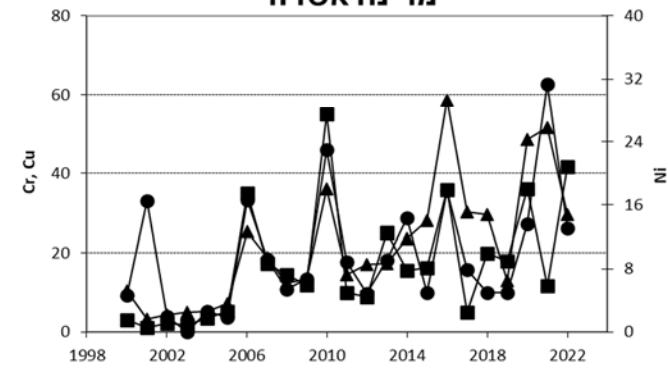
נמל אשדוד



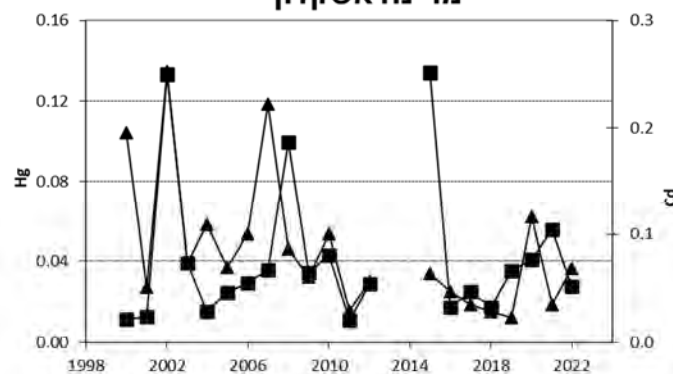
מרינה אשדוד



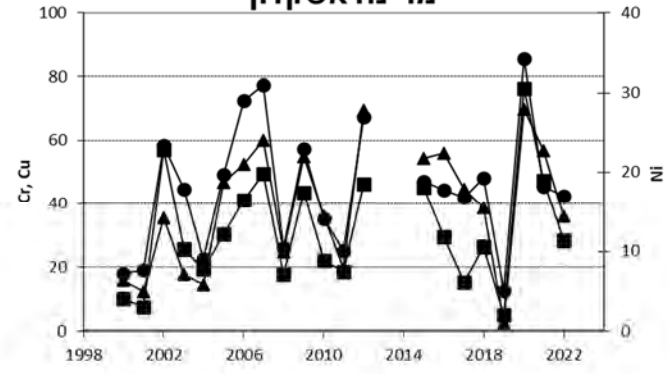
מרינה אשדוד



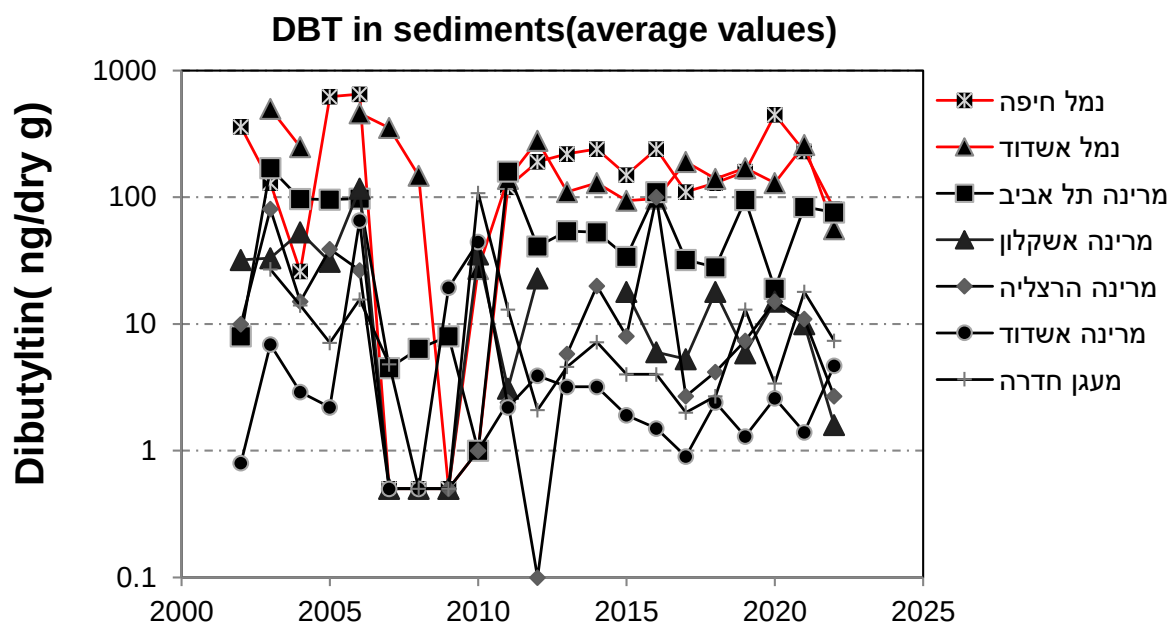
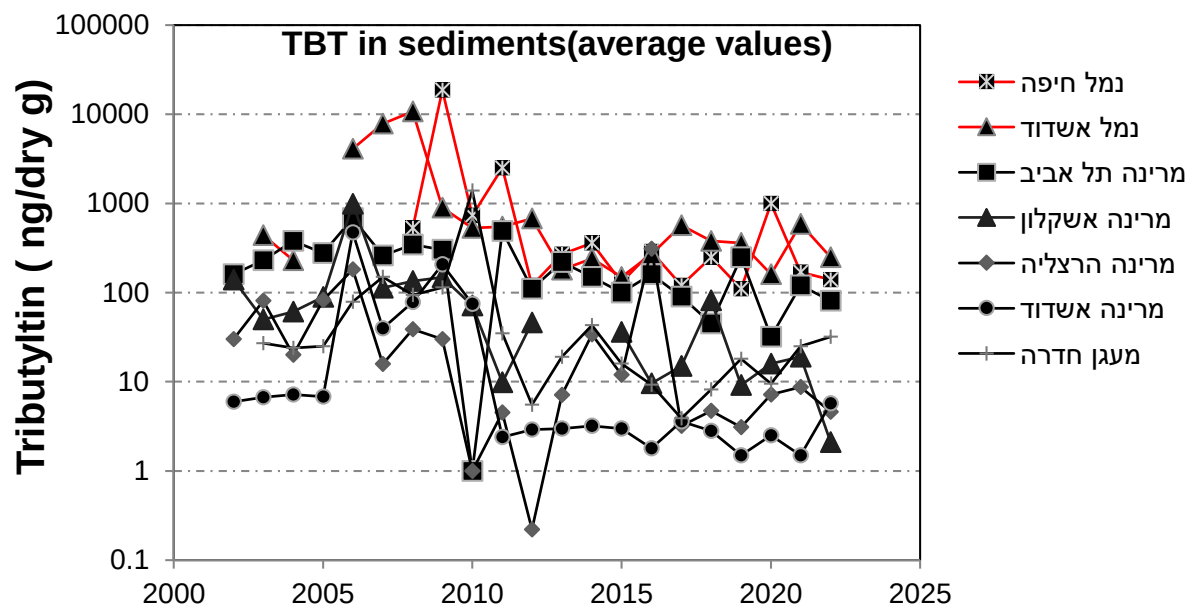
מרינה אשקלון



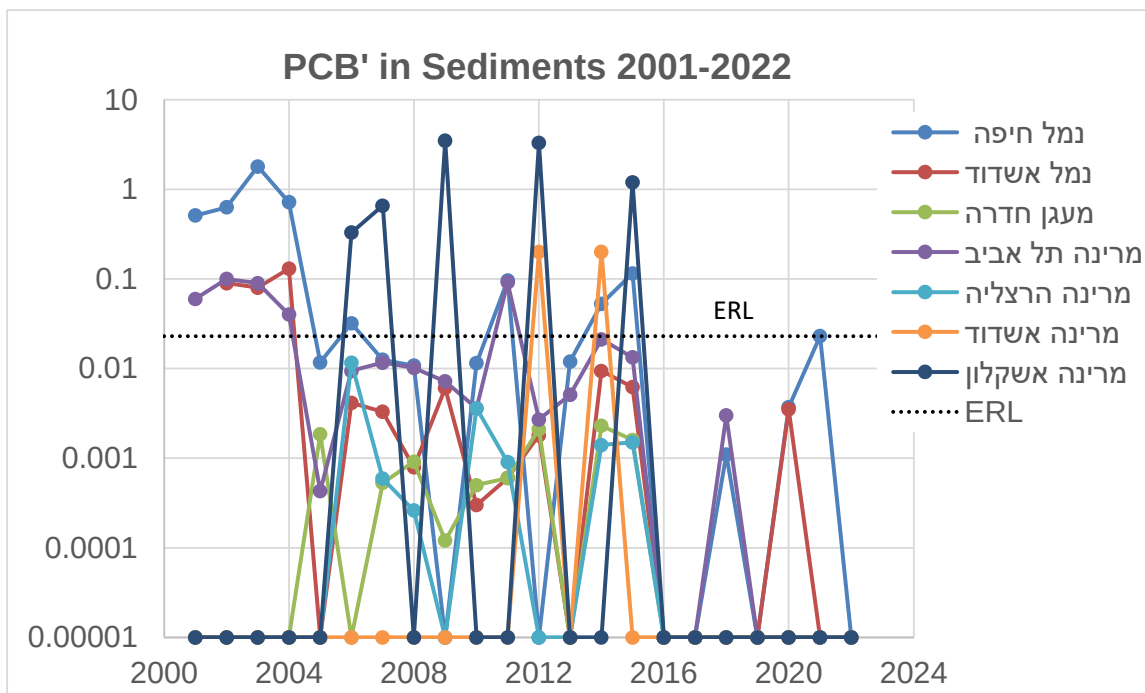
מרינה אשקלון



איור 2.3 המשך



איור 2.4 מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים TBT ו-DBT בסדימנטים (בסקלה לוגריתמית) בנמלים ומעגנות לאורך חוף הים התיכון של ישראל, בשנים 2002 - 2022.



איור 2.5 שינויים של ריכוזי מזהמים PCB בסדימנטים (בסקלה לוגריתמית) בתחנות: נמל חיפה, אשדוד, מרינה ת"א, חדרה, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מרינה הרצליה, בשנים 2001 - 2022.

פרק 3 - ניטור כימי של מזהמים בבעלי חיים ימיים

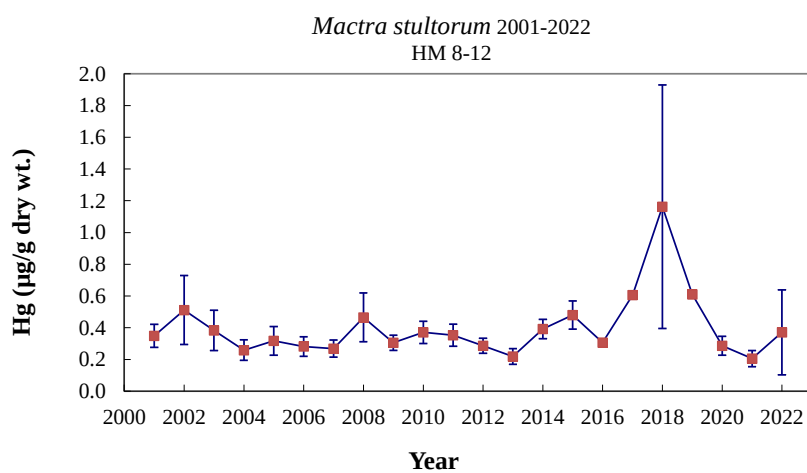
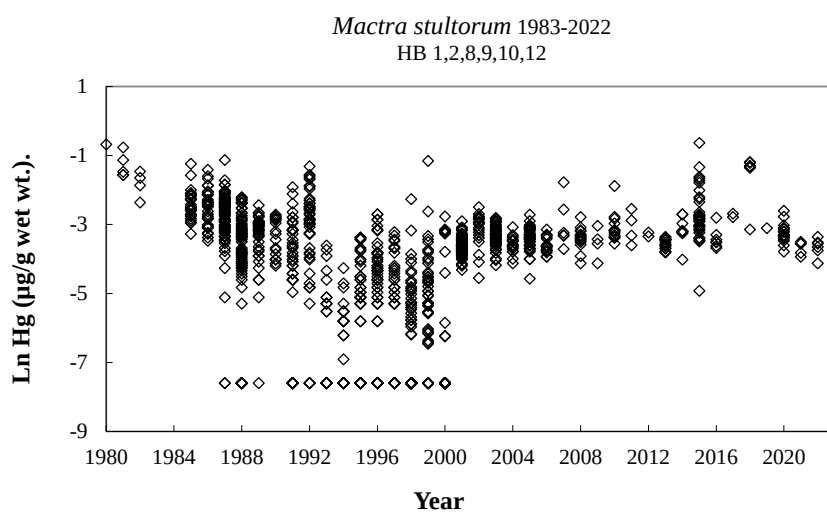
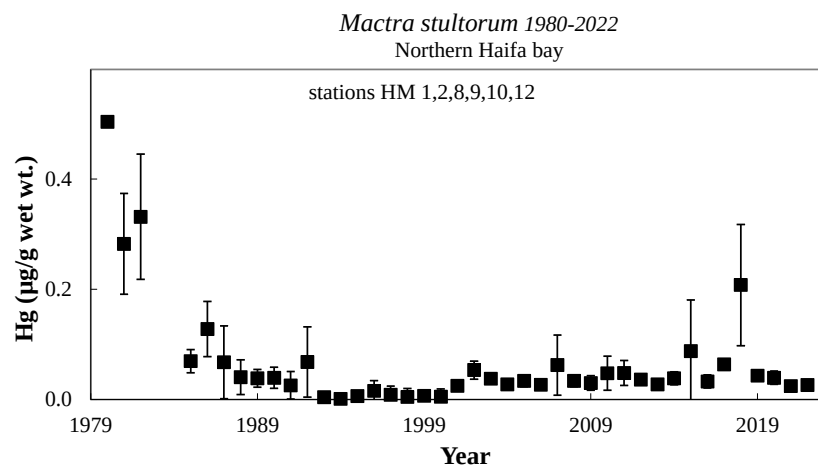
ממצאים עיקריים

- בניטור 2022 נבדקו ריכוזי מתכות כבדות ברקמות של 215 דגים, 196 רכיכות ודגים וסרטנים מהים העמוק.
- השינויים הרב-שנתיים (1980-2022) בריכוזי הכספית בצדפות ממין *Macra stultorum* מצפון מפרץ חיפה הראו ירידה מובהקת בשנים 1981-1994. מאז נצפית ירידה קלה נוספת והתייצבות החל משנות ה-2000, למעט עלייה מסוימת בשנים 2017-2019 (איור 3.1). הסיבה לעלייה זו לא ברורה.
- החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף ומראים בד"כ ריכוזי כספית גדולים יותר במפרץ חיפה בהשוואה לאורך החוף דרומית למפרץ (איור 3.2). יחד עם זאת בשנת 2022 בבחינת המובהקות הסטטיסטית של השונות בין התחנות השונות מוצגת בטבלה 3.1, פרט למפרץ חיפה נראה שיש העשרה בריכוזי כספית בהרצליה ומכמורת. טבלה 3.1 מראה גם העשרה של קדמיום בפלמחים ואכזיב ושל מתכות נוספות באתרים שונים.
- בפרטים של החילזון ממין *Patella sp.* מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים נצפתה מגמת ירידה בריכוזי הקדמיום משנת 1997 עד 2001 והתייצבות עד 2015 (איור 3.3), כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000). נראה כי קיימת ירידה נוספת בפרטים מחוף שמן מאז 2016, ונמדדים ערכים דומים לפרטים מקריית ים. יחד עם זאת, בשנים האחרונות נראה שאוכלוסיית הפטלות בחוף שמן נעלמת ככל הנראה בגלל בניית נמל המפרץ וקיים קושי בהמשך דיגום תחנה זו. בנוסף נמצא שגם ריכוזי האבץ מועשרים בפטלות מחוף שמן בהשוואה לקריית ים כתוצאה מהשפעת שפך נחל הקישון, הבדל שהצטמצם בשנים האחרונות. נראה שריכוזי הקדמיום בפטלות מקריית ים ירדו מעט בשנים 2021-2022.
- משנות השמונים ועד שנות ה-2000 (במהלך שני עשורים) חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית (ובכספית המנורמלת למשקל הדג) בדגים ממפרץ חיפה. אולם, ב-15 שנות הדיגום אחר כך רמות הכספית בדגים *Sargocentron rubrum*, *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* מהמפרץ עלו באופן משמעותי. החל משנת 2012 (עבור *Sargocentron rubrum*) ומשנת 2014 (עבור *Diplodus sargus*) מסתמנת ירידה נוספת בריכוזי הכספית וחזרה לערכים נמוכים יותר, ובכלל זה בשנת 2019 (איורים 3.4 – 3.6). במהלך "שנות הקורונה" לא התאפשר דיגום/קבלת דגים חופיים ממפרץ חיפה, אולם בשנת 2022 נעשה דיגום דגים בתחנות שונות ממפרץ חיפה (ראה מפה בטבלה 3.2). ריכוזי הכספית בדגים (בהתבסס על שנים קודמות ועל 2022) מצפון מפרץ חיפה גדולים משמעותית מהריכוזים של אותם מינים מאזורים אחרים לאורך החוף כתוצאה

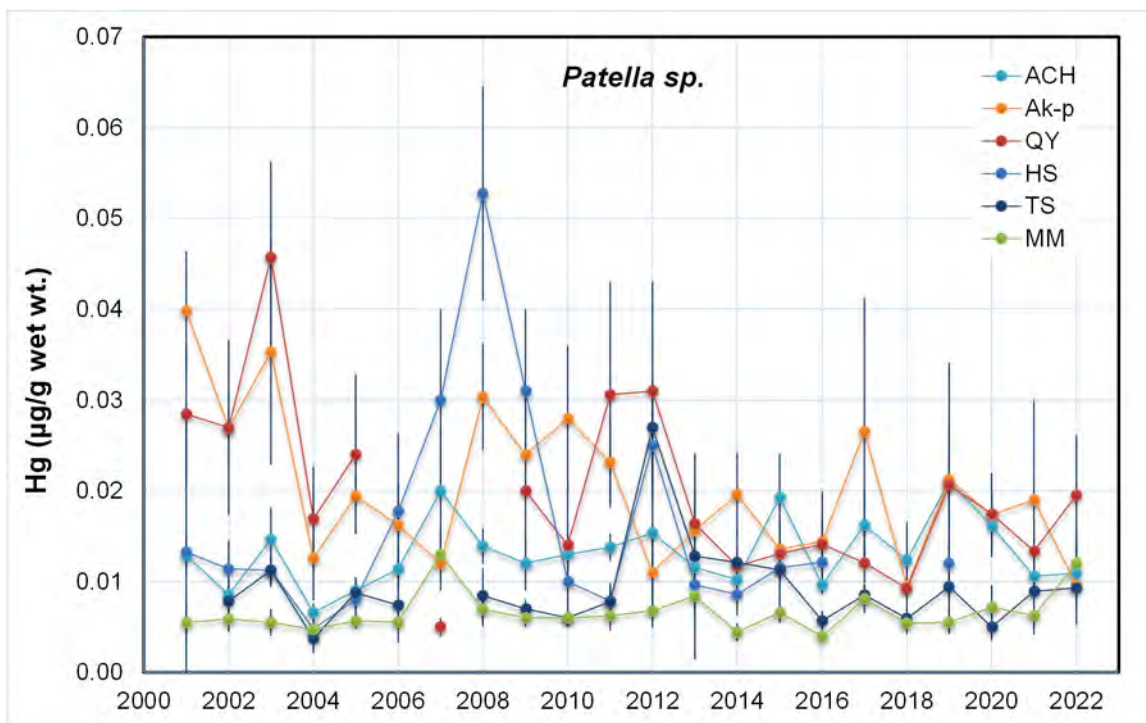
מזיהום בכספית (טבלה 3.2). בשנת 2022, בדגים מהמין *Lithognathus mormyrus* שנדוגו באזור דור נמצאו ריכוזי כספית גבוהים משמעותית ביחס לדגים ממין זה שנדוגו באזור אשדוד, 176 חל"ב לעומת 45 חל"ב, בהתאמה.

- עד שנת 2022 נראה היה שמגמת העלייה בשני העשורים האחרונים של ריכוזי הכספית בדגי מאכל מצפון מפרץ חיפה ואזור עכו נעצרה לפני מספר שנים, ונראית מגמת ירידה (איורים 3.4-3.6). הסיבה לעלייה האחרונה של ריכוזי הכספית בדגים מצפון מפרץ חיפה קשורה ככל הנראה לדליפת מי תהום מזוהמים בכספית בחוף מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" לשעבר (Shoham-Frider et al, 2020), אולם החל משנת 2014, לערך, חלה שוב ירידה, ככל הנראה בגלל הפחתה בדליפת מי תהום מזוהמים לים. יחד עם זאת בדיגום שנערך בנובמבר 2022 נמצאה עליה משמעותית של ריכוזי הכספית בדגים, כמפורט להלן.
- במפרץ חיפה ב- 2022 נדגמו 44 דגים ממספר מינים, מתוכם ב- 14 דגים נמדדו חריגות של ריכוזי כספית מהקו המנחה של שירות המזון הארצי ביחס לריכוז המרבי המותר של כספית, קדמיום ועופרת בדגים במדף היבשת (שזקוק לריוויזיה כפי שמומלץ מידי שנה בדו"ח הניטור). סה"כ מדובר על 32% חריגה (איור 3.7). עיקר החריגות נמצאו בדגים מהמינים: *Sargocentrum rubrum* (50%); *Pomadasys incisus* (33%); *Sillago suezensis* (45%). גם בשנים קודמות (לפני 2017) נמצאה חריגה ביחס לכספית במיני דגים חופיים, במיוחד בדגים *Diplodus sargus* ו- *Sargocentrum rubrum* שנדוגו באזור עכו/צפון מפרץ חיפה. בשנים אלה הומלץ לשקול הפסקת השיווק של דגים אלה.
- מומלץ לאסור שיווק של דגים מהמינים הנ"ל, ואף מינים מסחריים נוספים מצפון מפרץ חיפה. סביר להניח שדגים במשקל גדול יותר מאלה שנדוגו במסגרת הניטור, למשל מהמין *Sargocentrum rubrum*, יראו אחוז גבוה יותר של חריגה ביחס לקו המנחה של כספית, בגלל תהליכי ביואקומולציה של כספית. כמו כן, מומלץ לבצע סקר רחב של תכולת הכספית בכל המינים המסחריים מאזור מפרץ חיפה, כולל באזור מדף היבשת.
- בשנת 2022 הריכוז המקסימלי של כספית מחוץ למפרץ חיפה (486 ו- 436 חל"ב) נמדד בדגי *Epinephelus aeneus*, שנדוגו באזור אשדוד, ערכים דומים לקו המנחה בישראל וגדולים מהקו המנחה ביפן של ריכוז כספית מתילית (300 חל"ב). בשנת 2021 נמצא בדגי מים עמוקים ממין *Helicolenus dactylopterus* (נדגם מול דור בעומק מים של כ- 500 מטר) שעשוי לשמש כדג מאכל נמצאה חריגה של כ- 50% מתקן הכספית (ב- 5 מתוך 10 דגים, ריכוז מקסימלי של 864 חל"ב). בכל הכרישים שנדגמו מן הים העמוק (42 פרטים ממינים שונים ב- 2021 וב- 10 פרטים שנבדקו ב- 2022) נמצאו ריכוזי כספית גדולים משמעותית מהתקן. בדיקות המתכות בדגים וכרישים נוספים מהים העמוק מ- 2022 עדיין בעשייה ויעודכנו בהמשך.

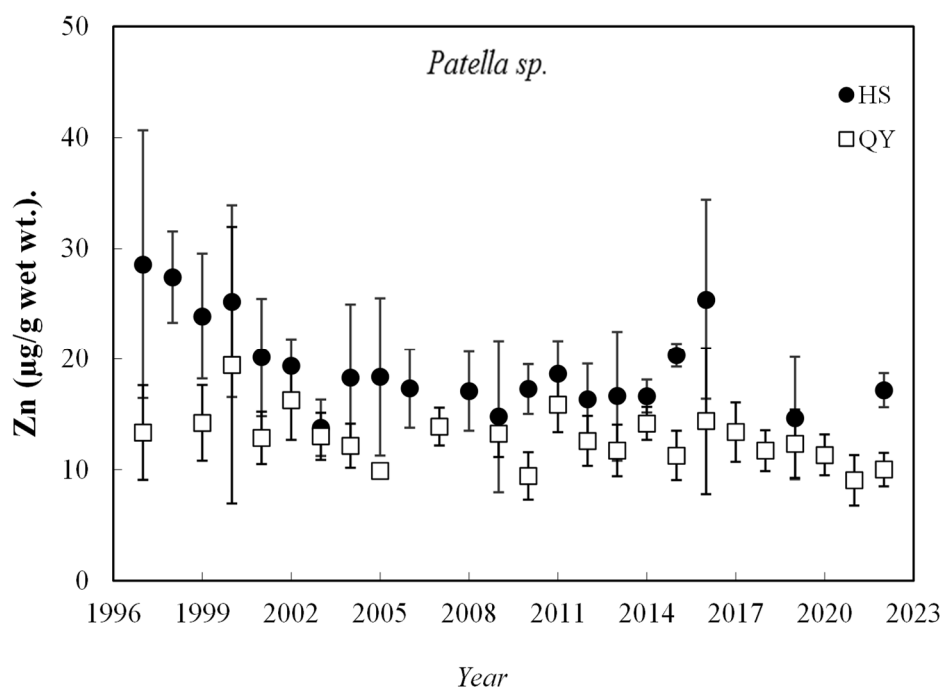
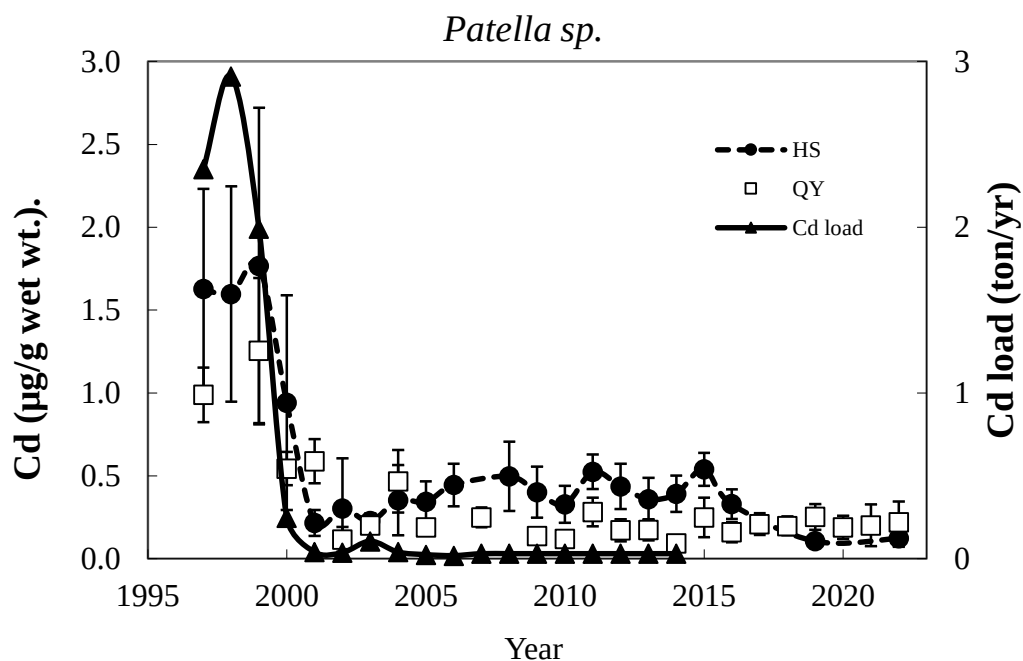
- מומלץ לפרסם המלצות תזונתיות לכמות מקסימאלית מומלצת של צריכת דגים לפי אוכלוסיות (נשים בהריון, ילדים לפי גיל) ולפי קבוצות של מיני דגים, כמקובל בארה"ב (ע"י FDA ו-EPA "FISH" COLLECTIVELY AS "FISH" ADVICE REFERS TO FISH AND SHELLFISH. ADVICE REVISED October 2021. <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>, איור 3.8), בעיקר בהקשר לכספית. זאת ללא קשר לפרסום הקווים המנחים של ריכוז מרבי מותר של מתכות בדגים ע"י משרד הבריאות (עדכון 1.5.2016).
- בדומה לשנים קודמות ריכוזי הארסן הכללי נמדדו רק במדגם דגים מהמינים *Lithognathus mormyrus* ו-*Mullus barbatus* מאזור אשדוד ודור (נמדד תחום ערכים חריגים בין 3 ל- 20 מ"ג/ק"ג משקל רטוב), וחרגו (כביכול) מהקו המנחה של משרד הבריאות (1 מ"ג/ק"ג). על אף שריכוזי הארסן הכללי חורגים מההמלצות יש לציין כי המקטע המסוכן בארסן הוא האי-אורגני. על מנת לבדוק את אחוז הארסן האי-אורגני ברקמת השריר של הדגים בישראל, נשלחו בשנת 2011 עשר דגימות שריר דג יבש למעבדות Brooks Rand labs בארה"ב, המתמחות בבדיקת מיני ארסן אי-אורגני בבע"ח (EPA 1632). כל התוצאות שהתקבלו עבור *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* הן בגבול הגילוי של השיטה (MDL) שהוא 10 ppb (ארסן אי-אורגני). התוצאות שהתקבלו עבור *Mullus barbatus* הן בין גבול הגילוי לגבול הדיווח של השיטה (MRL) שהוא 25 ppb (ארסן אי-אורגני). תוצאות אלו, על אף היותן מדגם בלבד, מעידות שריכוז הארסן האי-אורגני קטן מהקו המנחה, ומהווה כ-0.01%-0.02 מריכוז הארסן הכללי. אנו ממליצים לחזור על בדיקה זו של ארסן אי-אורגני במספר מיני דגים מייצגים.
- ממוצעי ריכוז הכספית בכרישים שונים שנדגמו בים העמוק במסגרת הניטור עד שנת 2022 מוצגים באיורים 3.9 ו- 3.10, בהשוואה לאזורים אחרים בים התיכון המזרחי, מהים האדריאטי, האגאי והיוני (Storelli et al., 2001, 2002a,b) ולדיווחים קודמים מהאזור שלנו (Hornung et al., 1993). בכרישים ממין *Centrophorus granulosus* נמדדו ריכוזי הכספית הכי גבוהים ($THg = 7.3 \pm 5.2$ ppm, n=23) מכל מיני הכרישים האחרים שנדגמו במים הכלכליים ואחריהם ריכוזי הכספית הגבוהים ביותר נמדדו (2021) במין *Dalatias licha* ($THg = 8.2 \pm 5.0$ ppm, n=6) (איור 3.10). ריכוזים אלה דומים לריכוזים שנמדדו בכרישים מאותם מינים בים האדריאטי ובים היוני.
- ריכוזי הקדמיום והכספית בפרטים של חסר החוליה *Polychaetes Typhlops*, שנדגמו בתחנות הים העמוק (המדרון והבתיאל) מול חוף דור בהפלגות הניטור הלאומי בשנים 2017-2022, מראים העשרה משמעותית עם עומק המים/הקרקעית (איורים 3.11 ו- 3.12). פרטים מהבתיאל מכילים ריכוזים גדולים יותר של קדמיום וכספית לעומת אלה החיים במדרון היבשת.



איור 3.1: ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt., ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בצדפות *Mactra stultorum* מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2022.



איור 3.2: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף (אכזיב, עכו, קריית ים, חוף שמן, תל שקמונה, ומעגן מיכאל) של ישראל בשנים 2001 – 2022.



איור 3.3: ריכוזי קדמיום ואבץ ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ wet wt.}$) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2022. הקו הרציף בגרף העליון מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.

טבלה 3.1: ריכוזים ממוצעים של מתכות בחילזונות *Patella sp.* ו- *Cellana sp.* במפרץ חיפה ובתחנות שונות לאורך החוף בשנת 2022. מובהקות סטטיסטית נבחנה ע"י Anova+duncken. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק.

תוצאות פטלות 2022 (ANOVA- Duncan)

Station	Station Code	Length (mm)		Hg (ppb)		Cd (ppm)		Cu (ppm)		Zn (ppm)	
אכזיב	ACZ	32.8±2.2	AB	10.91±1.88	CD	0.537±0.126	A	1.61±0.37	AB	8.41±0.87	BCD
עכו	AK	30.5±2.3	BC	9.6±4.38	CD	0.281±0.169	BC	1.68±0.60	A	11.57±3.20	A
קריית ים	KY	30.5±6.6	BC	19.53±6.62	B	0.220±0.126	C	1.45±0.33	ABC	10.02±1.51	AB
תל שקמונה	TS	28.8±5.3	BC	9.30±2.56	CD	0.364±0.101	BC	1.31±0.23	ABC	8.43±1.25	BCD
עתלית	AT	28.4±5.4	BC	7.22±1.78	CD	0.252±0.119	BC	1.66±0.39	AB	9.13±1.23	BC
תנינים	MM	37.7±7.7	A	12.03±3.87	C	0.267±0.079	BC	1.03±0.22	CD	7.83±1.17	CD
גבעת אולגה	HAD	29.6±4.0	BC	5.59±0.99	D	0.219±0.077	C	1.31±0.36	ABC	8.42±2.07	BCD
מכמורת	MIC	26.5±3.6	C	24.01±12.66	B	0.413±0.157	BC	0.77±0.12	D	8.25±0.83	BCD
הרצליה	HRZ	27.9±3.7	BC	36.53±13.59	A	0.277±0.059	BC	1.27±0.28	ABC	8.77±0.97	BC
פלמחים	PA	27.1±3.7	BC	5.04±1.10	D	0.583±0.169	A	1.23±0.37	BC	6.93±0.72	D
אשדוד	ASD	25.5±5.1	C	6.04±2.62	CD	0.235±0.009	BC	1.37±0.15	ABC	9.23±0.16	BC
Station	Station Code	Length (mm)		Pb (ppm)		Fe (ppm)		As (ppm)			
אכזיב	ACZ	32.8±2.2	AB	0.146±0.044	ABC	493±100	A	2.78±0.58	BCD		
עכו	AK	30.5±2.3	BC	0.116±0.042	ABC	176±59	CD	3.66±1.69	AB		
קריית ים	KY	30.5±6.6	BC	0.134±0.076	ABC	224±69	BCD	3.96±1.74	A		
תל שקמונה	TS	28.8±5.3	BC	0.181±0.116	A	224±61	BCD	2.59±0.55	CD		
עתלית	AT	28.4±5.4	BC	0.162±0.044	AB	255±69	BC	2.68±0.42	BCD		
תנינים	MM	37.7±7.7	A	0.169±0.076	A	254±64	BC	3.21±0.62	ABC		
גבעת אולגה	HAD	29.6±4.0	BC	0.088±0.043	BC	254±74	B	1.74±0.36	D		
מכמורת	MIC	26.5±3.6	C	0.059±0.021	C	155±32	D	2.34±0.41	CD		
הרצליה	HRZ	27.9±3.7	BC	0.146±0.133	ABC	215±61	BCD	2.61±0.57	CD		
פלמחים	PA	27.1±3.7	BC	0.147±0.035	ABC	239±52	BCD	2.55±0.62	CD		
אשדוד	ASD	25.5±5.1	C	0.105±0.039	ABC	162±20	D	2.14±0.96	CD		

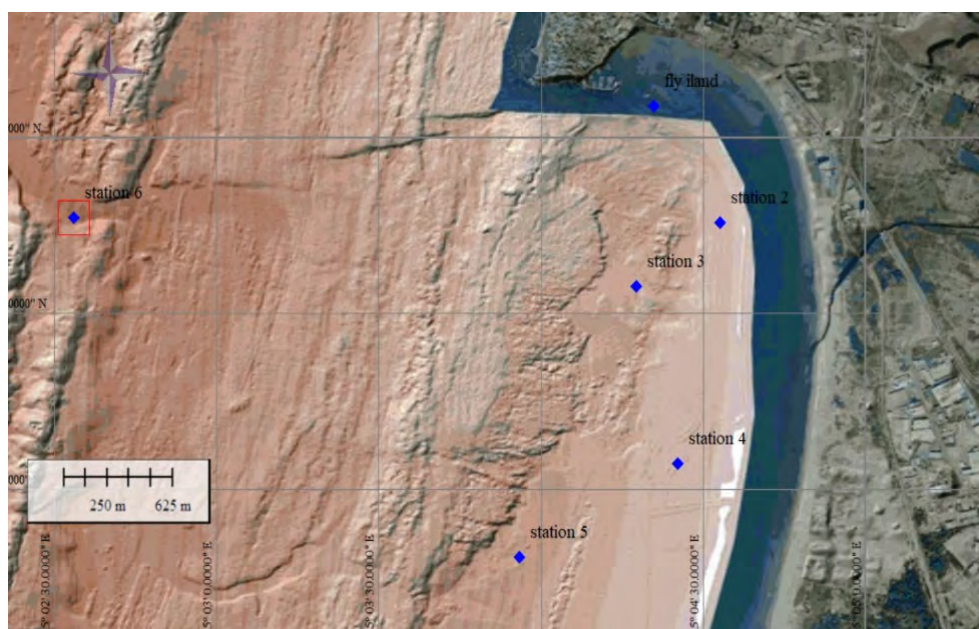
טבלה 3.1 המשך

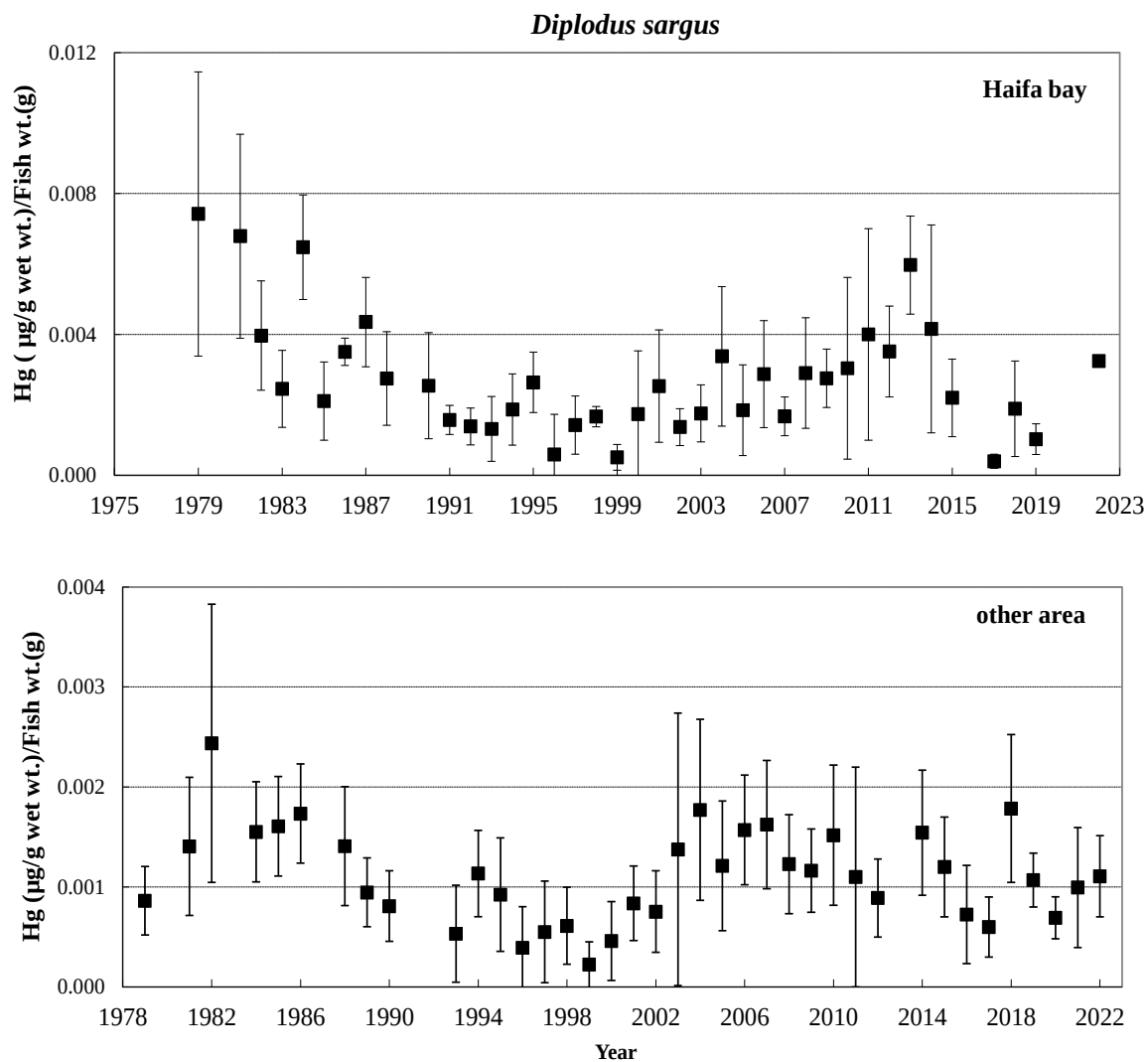
תוצאות סלנה 2022 (ANOVA- Duncan)

Station	Station Code	Length (mm)		Hg (ppb)		Cd (ppm)		Cu (ppm)		Zn (ppm)	
עכו	AK	30.0±4.2	AB	8.85±1.59	B	0.217±0.074	B	1.03±0.21	A	8.83±1.62	B
קריית ים	KY	30.5±1.7	AB	14.32±3.53	A	0.00035±0.00030	C	0.92±0.20	A	17.16±3.09	A
חוף שמן	HS	24.3±2.4	C	6.79±1.91	BC	0.025±0.055	C	1.09±0.33	A	14.94±2.62	A
מכמורת	MIC	33.4±0.3	A	16.15±5.64	A	0.492±0.058	A	0.58±0.04	A	5.84±0.39	B
פלמחים	PA	26.6±3.7	BC	5.26±1.16	C	0.475±0.276	A	0.75±0.50	A	6.02±1.68	B
אשדוד	ASD	24.5±2.4	C	5.82±1.21	C	0.226±0.082	B	1.01±0.15	A	8.56±1.47	B
Station	Station Code	Length (mm)		Pb (ppm)		Fe (ppm)		As (ppm)			
עכו	AK	30.0±4.2	AB	204±21	A	148±37	B	5.26±0.87	B		
קריית ים	KY	30.5±1.7	AB	125±47	BC	125±12	B	7.79±0.71	A		
חוף שמן	HS	24.3±2.4	C	135±53	B	154±22	B	2.23±0.41	D		
מכמורת	MIC	33.4±0.3	A	51±4	C	143±14	B	3.56±0.27	C		
פלמחים	PA	26.6±3.7	BC	139±40	AB	206±45	A	3.13±1.29	C		
אשדוד	ASD	24.5±2.4	C	166±50	AB	142±27	B	3.45±0.49	C		

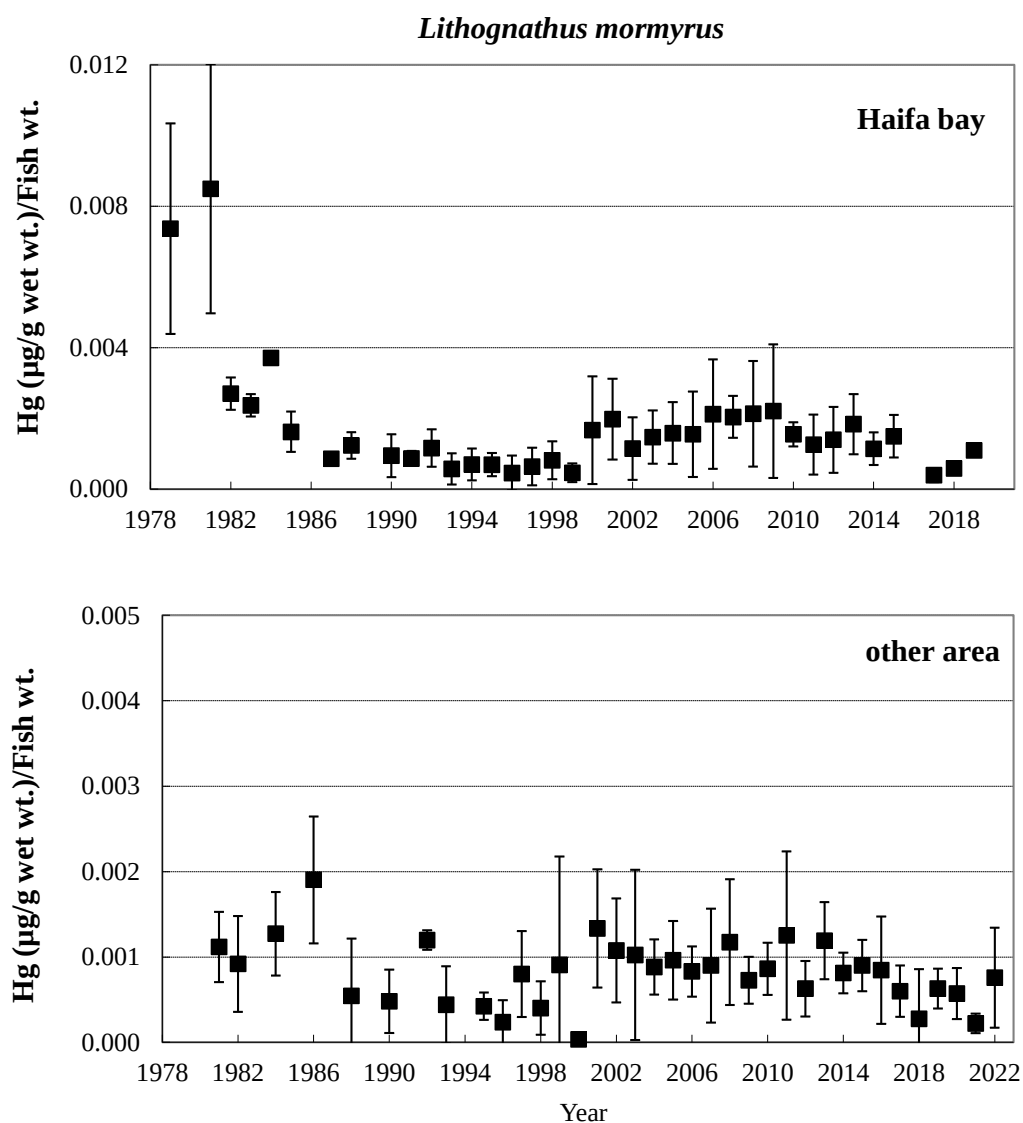
טבלה 3.2: הבדלים ברמות הכספית (ריכוז מנורמל למשקל דג) בדגים ממינים שונים ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים בשנת 2022. בנוסף מוצגים ריכוזי נחושת ואבץ. בנובמבר 2022 נעשה דיגום עצמאי במספר אתרים במפרץ חיפה (מפה להלן), בהם נמצאו חריגות של ריכוזי כספית ביחס לתקן כמפורט בטקסט לעיל).

Fish	Hg (ppm wet wt./Wt.g)	ANOVA/t-test	Cu (ppm wet wt.)	Zn (ppm wet wt.)
<i>Diplodus saragus</i>				
מפרץ חיפה	0.0032±0.0029	A	0.18±0.06	3.3±0.6
דור	0.0012±0.0004	B	0.22±0.07	4.0±0.8
אשדוד	0.0010±0.0004	B	0.18±0.05	2.9±0.5
<i>Lithognathus mormyrus</i>				
דור	0.0012±0.0005	A	0.29±0.02	5.2±0.8
אשדוד	0.00029±0.00005	B	0.28±0.03	4.3±0.3
<i>Pagrus coeruleostictus</i>				
מפרץ חיפה	0.0018±0.0006	A	0.19±0.05	2.9±0.4
אשדוד	0.00020±0.00006	B	0.15±0.05	2.0±1.7
<i>Siganus rivulatus</i>				
דור	0.00006±0.00003		0.23±0.04	3.3±0.4
<i>Sargocentrum rubrum</i>				
אי הזבובים	0.0082±0.002		0.28±0.08	2.7±0.3
תחנה 6 במפרץ חיפה	0.013±0.002		0.15±0.02	3.1±0.5
<i>Sillago suezensis</i>				
תחנה 4 במפרץ חיפה	0.020±0.003		0.13±0.04	5.5±1.9
תחנה 5 במפרץ חיפה	0.006±0.002		0.13±0.05	4.2±4.0
<i>Upeneus moluccensis</i>				
אשדוד מאי	0.003±0.002		0.30±0.08	2.7±0.4
אשדוד נובמבר	0.009±0.002		0.34±0.04	3.5±0.6

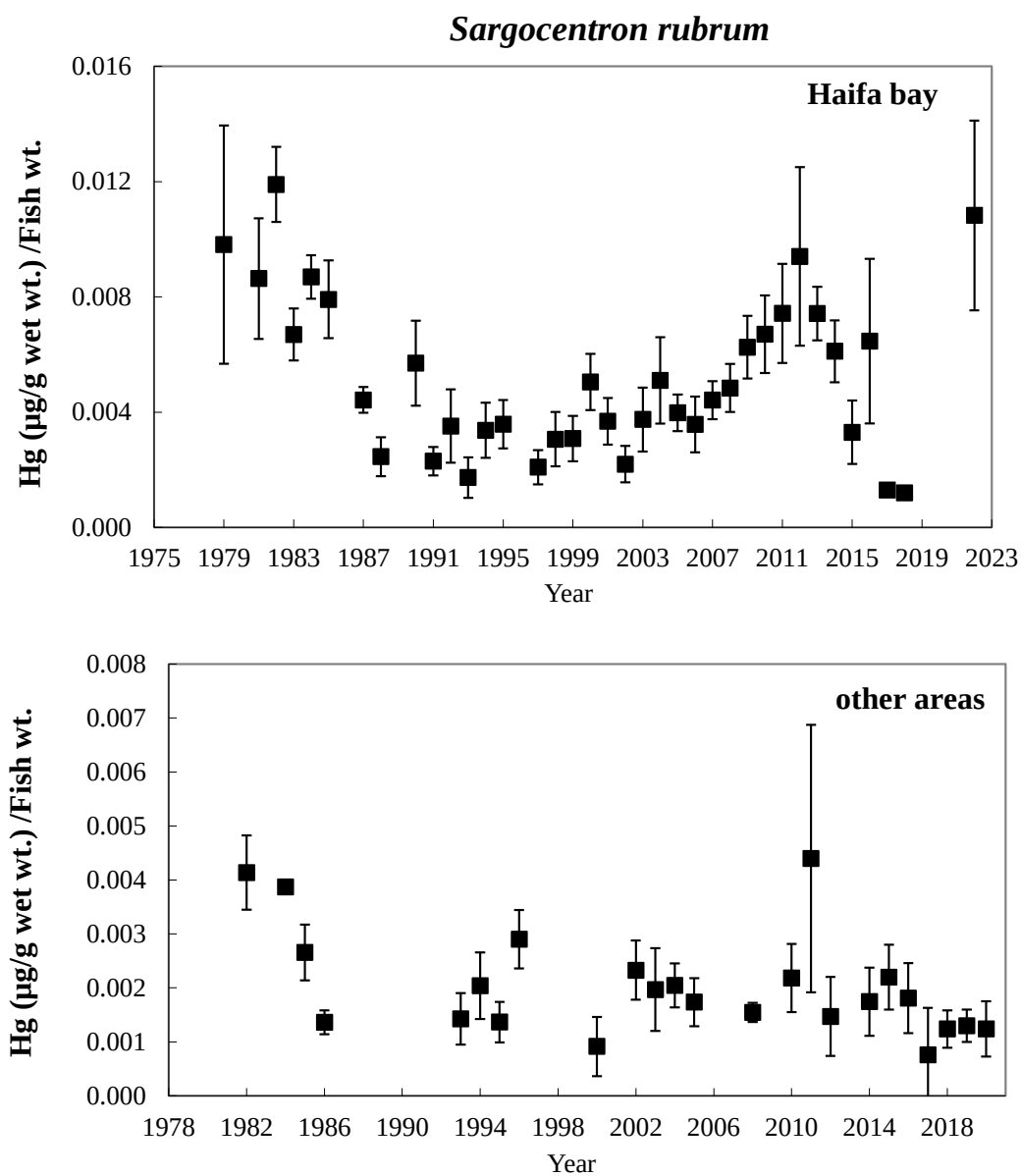




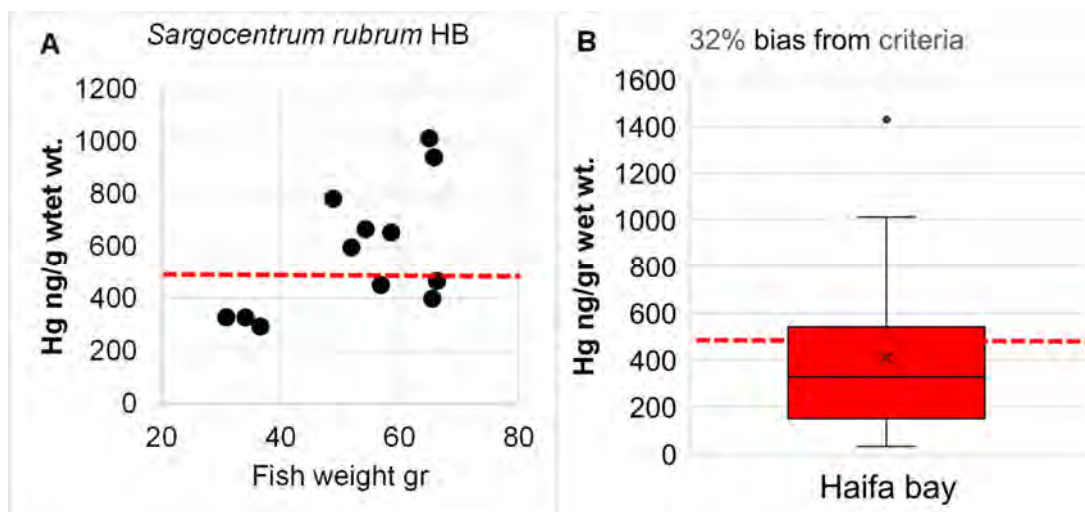
איור 3.4: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2022.



איור 3.5: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2022.



איור 3.6: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בשנים 1979 - 2022 (מאז 2020 לא הצלחנו להשיג פרטים ממין זה מחוץ למפרץ חיפה).



איור 3.7: ריכוזי כספית ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* ביחס למישקל הדג (A) והתפלגות ריכוזי הכספית (B) (box plot) בדגים שנדוּגו בשנת 2022 במפרץ חיפה. הקו המקוקו האדום מייצג את הקו המנחה של שירות המזון הארצי ביחס לריכוז המרבי המותר של כספית בדגים במדף היבשת.



Choose a variety of fish that are lower in mercury.

While it is important to limit mercury in the diets of those who are pregnant or breastfeeding and children, many types of fish are both nutritious and lower in mercury.

This chart can help you choose which fish to eat, and how often to eat them, based on their mercury levels.

What is a serving? As a guide, use the palm of your hand.

Pregnancy and breastfeeding:
1 serving is 4 ounces
Eat 2 to 3 servings a week from the "Best Choices" list
(OR 1 serving from the "Good Choices" list).

Childhood:
On average, a serving is about:
1 ounce at age 1 to 3
2 ounces at age 4 to 7
3 ounces at age 8 to 10
4 ounces at age 11
Eat 2 servings a week from the "Best Choices" list.

Best Choices			Good Choices		
Anchovy	Herring	Scallop	Bluefish	Monkfish	Tilefish (Atlantic Ocean)
Atlantic croaker	Lobster	Shad	Buffalofish	Rockfish	Tuna, albacore/white tuna, canned and fresh/frozen
Atlantic mackerel	American and spiny	Shrimp	Carp	Sablefish	Tuna, yellowfin
Black sea bass	Mullet	Skate	Chilean sea bass/Patagonian toothfish	Sheepshead	Weakfish/seatrout
Butterfish	Oyster	Smelt	Grouper	Snapper	White croaker/Pacific croaker
Catfish	Pacific chub mackerel	Sole	Halibut	Spanish mackerel	
Clam	Perch, freshwater and ocean	Squid	Mahi mahi/dolphinfish	Striped bass (ocean)	
Cod	Pickrel	Tilapia			
Crab	Plaice	Trout, freshwater			
Crawfish	Pollock	Tuna, canned light (includes skipjack)			
Flounder	Salmon	Whitefish			
Haddock	Sardine	Whiting			
Hake					

Choices to Avoid HIGHEST MERCURY LEVELS

King mackerel	Shark	Tilefish (Gulf of Mexico)
Marlin	Swordfish	Tuna, bigeye
Orange roughy		

What about fish caught by family or friends? Check for [fish and shellfish advisories](#) to tell you how often you can safely eat those fish. If there is no advisory, eat only one serving and no other fish that week. Some fish caught by family and friends, such as larger carp, catfish, trout and perch, are more likely to have fish advisories due to mercury or other contaminants.

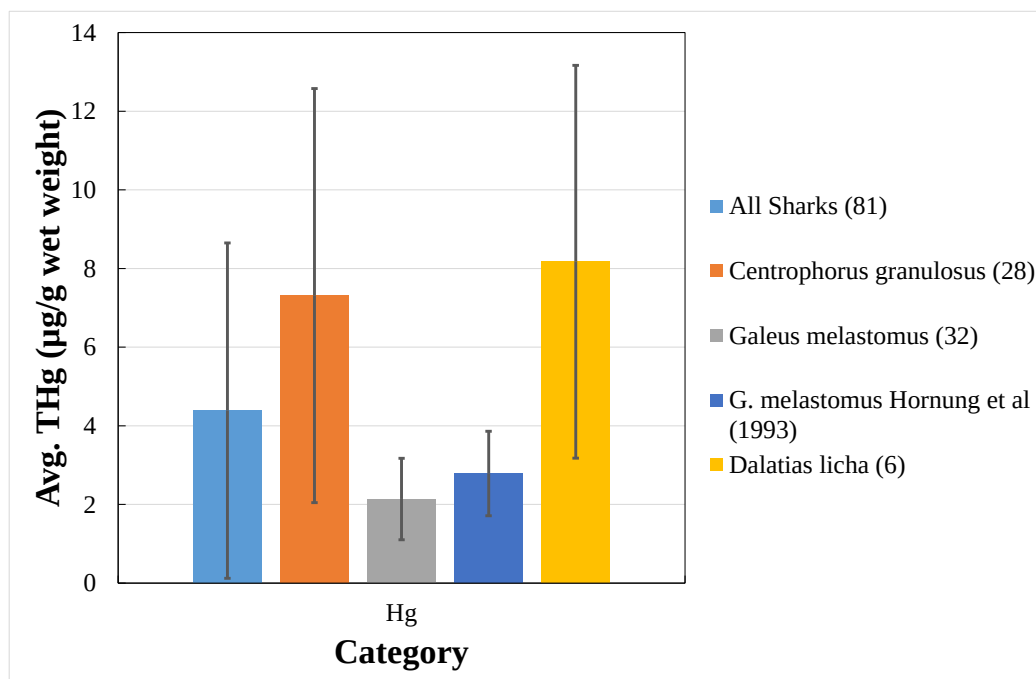
www.FDA.gov/fishadvice
www.EPA.gov/fishadvice

U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION

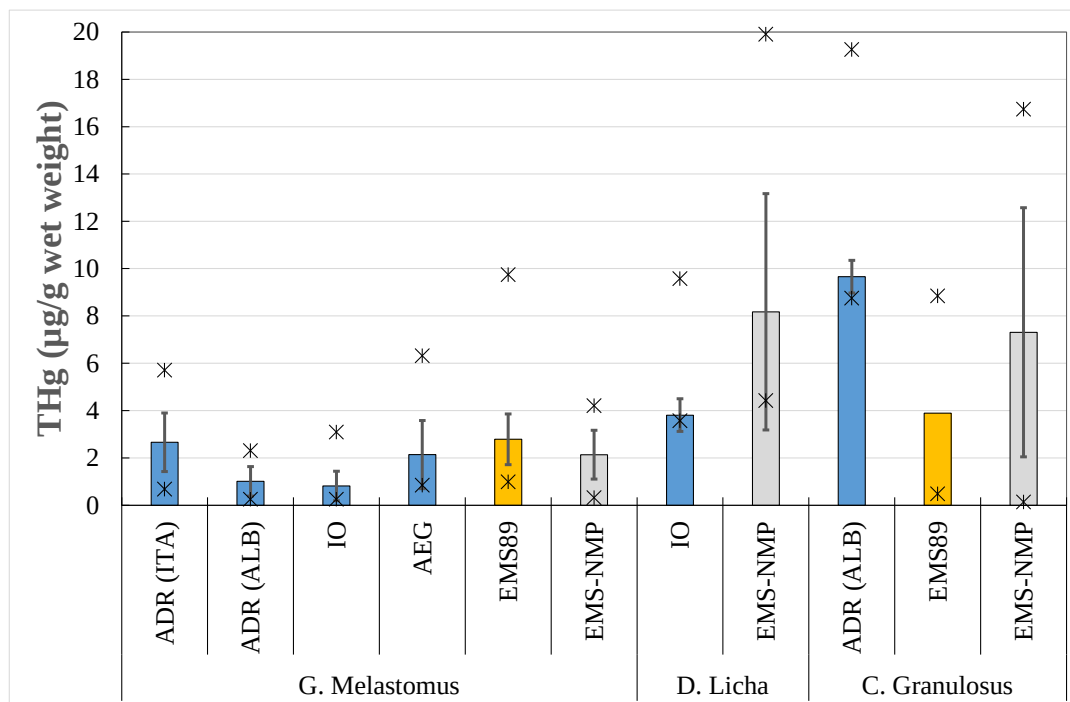
U.S. Environmental Protection Agency

† This advice refers to fish and shellfish collectively as "fish" / Advice revised October 2021

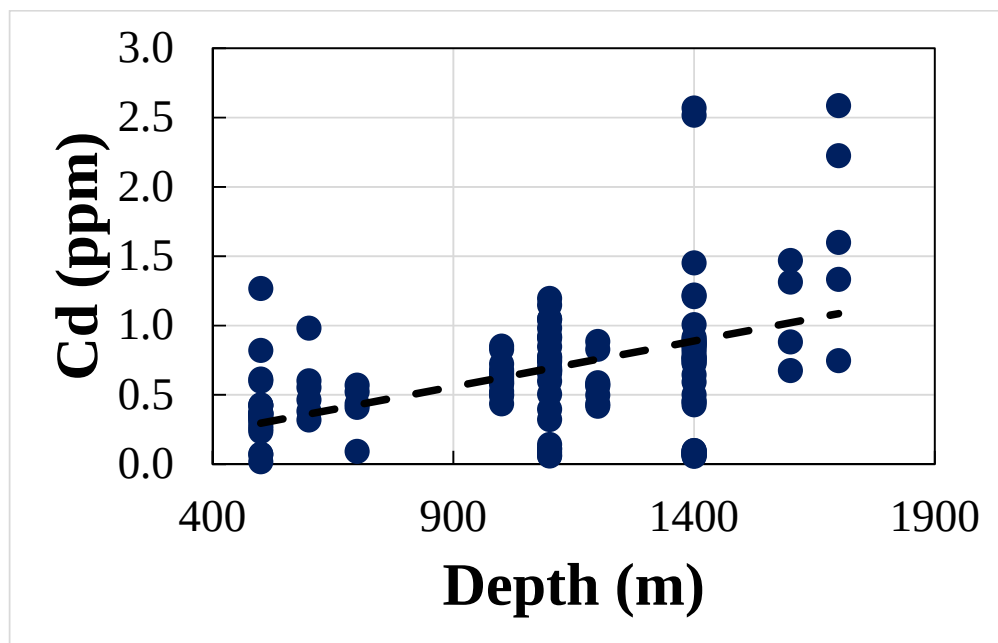
איור 3.8 – המלצה של ה-FDA וה-EPA בארה"ב לצריכת דגי ים עבור נשים בהריון או מניקות וילדים בגילאי 3 עד 11. מקור: <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>



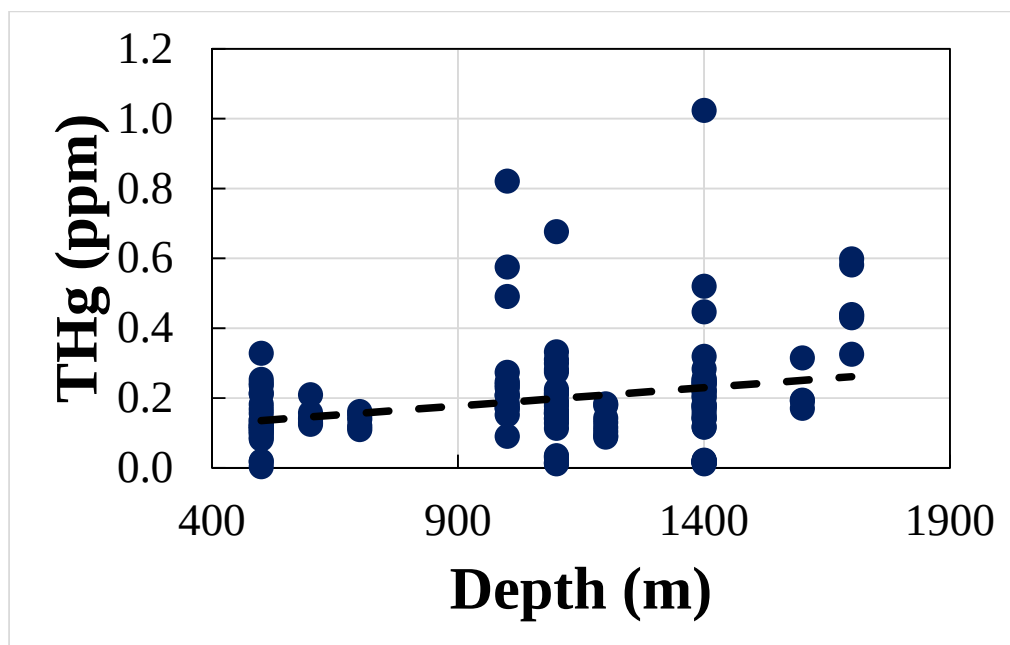
איור 3.9: ממוצע ריכוזי הכספית שנמדדו ברקמות השריר של כרישים ממינים שונים (*Galeus* של מרחב המים הכלכליים של מדינת ישראל בים התיכון במהלך הפלגות הניטור הלאומי בשנים 2017-2022, הפלגות מחקר שנערכו בשנים 1985-1991 (Hornung et al., 1993) ובמסגרת סקר הרקע שנערך ב-2013 (BSGAS2013)).



איור 3.10: ממוצעי ריכוזי כספית, שנמדדו ברקמות שריר של כרישים ממין *Galeus melastomus*, *Dalatias licha* ו-*Centrophorus granulosus*, שנדגמו במים העמוקים של הים האדריאטי האיטלקי (ADR (Italy), האלבני (ADR (Albania), בים היוני (IO), בים האגאי (AGS) ובמים הכלכליים של מדינת ישראל בים התיכון בין השנים 1985-1991 (EMS89) ובמהלך דיגומי תכנית הניטור הלאומית בין השנים 2002-2013 (EMS-NMP). הכרישים שנמדדו בים האדריאטי, היוני והאגאי נדגמו ב-1999 במסגרת מחקר של Storelli וחבריו (Storelli et al., 2002). הקווים השחורים האנכיים מציינים את טווח שגיעת התקן של הערכים שנמדדו בכל אזור וסימני הכוכבית את ערכי הקיצון.



איור 3.11: ריכוזי קדמיום ב-*Polychaetes Typhlops* שנדגמו לאורך חתך העומקים מול דור בשנות הניטור 2017-2022. הקו המקווקו מייצג קו רגרסיה לינארית.



איור 3.12: ריכוזי כספית ב-*Polychaetes Typhlops* שנדגמו לאורך חתך העומקים מול דור בשנות הניטור 2017-2022. הקו המקווקו מייצג קו רגרסיה לינארית.

פרק 4 - ניטור כימי של משקעים אטמוספיריים

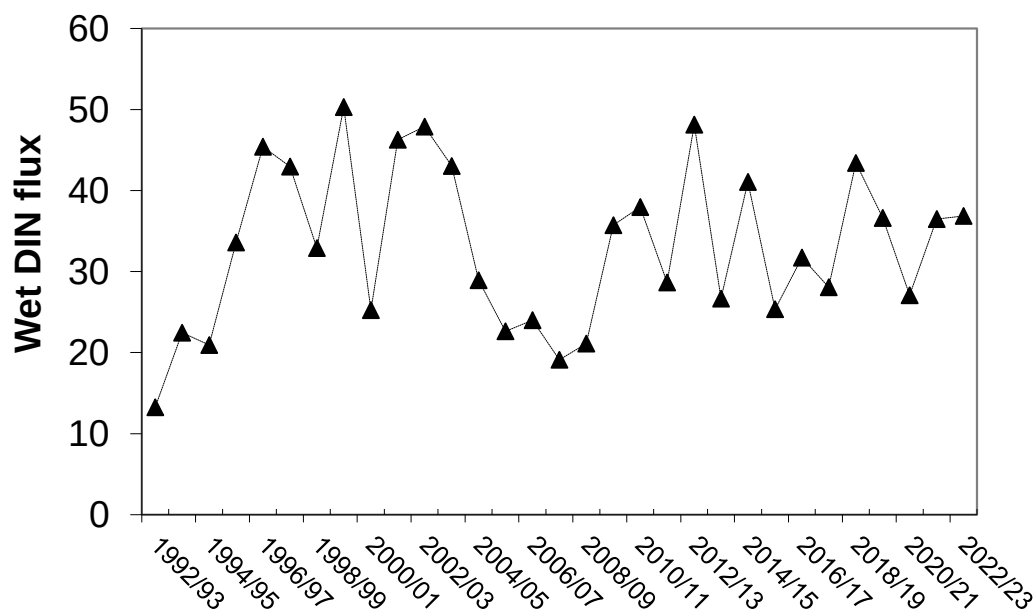
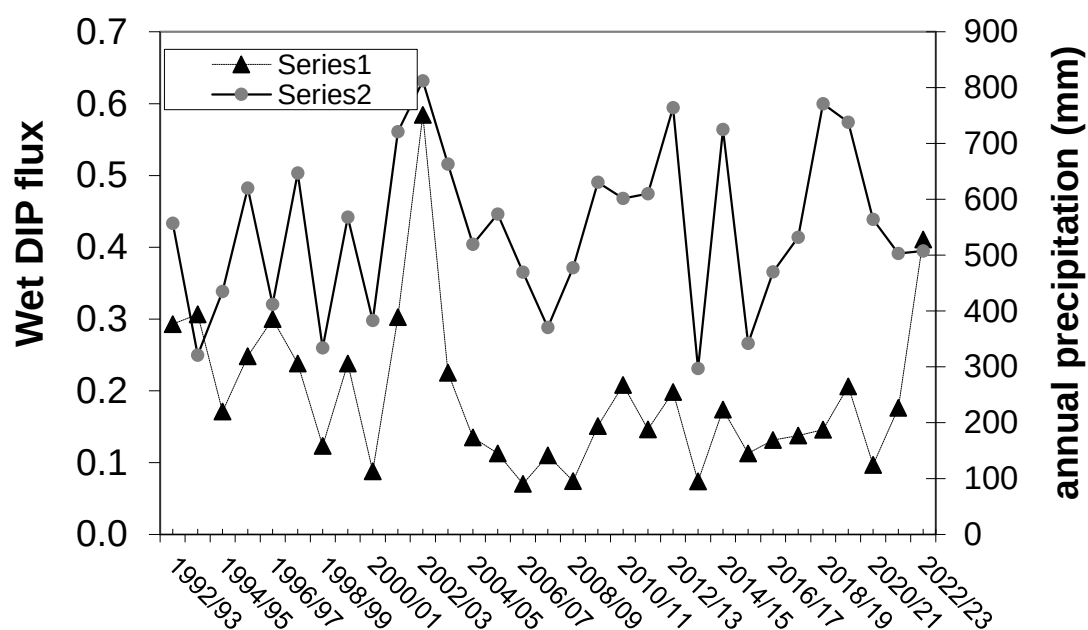
ממצאים עיקריים

- שטפי החנקן והזרחן במי הגשם מראים שינויים רב-שנתיים חדים ומוכתבים מפליטות לאטמוספירה ושינויים בכמות המשקעים השנתית (איורים 4.1 ו-4.2). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו עבור אזורים נקיים יחסית ברחבי העולם וקטנים משטפי החנקן שחושבו עבור אזורים באירופה, כמו הים הבלטי והים הצפוני.
- נצפה קשר משמעותי בין כמות המשקעים למליחות המים העליונים במדף הרדוד (Ozer et al., 2022).
- בהתאם לדיווח הקודם נצפה קשר חיובי משמעותי בין שטפי החנקן (ניטראט) מגשמים לבין ריכוזי הכלורופיל (24-48 שעות לאחר אירוע הגשם) במי השטח במדף הרדוד. שטפי הפוספט מראים תגובה חיובית עד ערך סף של כ- $1 \mu\text{mol P m}^{-2} \text{ event}^{-1}$, ללא שינוי בשטפים גבוהים יותר. (Rahav et al., 2021).
- המקור העיקרי של ניטראט קשור, ככל הנראה, לשריפת דלקים ויצירת תחמוצות חנקן. מקור האמוניום במי הגשם ככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים, ובד"כ קשור למקורות מקומיים בגלל סילוק מהיר יחסית מהאוויר. יחד עם זאת, קיימת גם אפשרות לריאקציה בין חומצה חנקתית לאמוניה היוצרת איזונטרים של NH_4NO_3 .
- בדומה לשנים קודמות, מהשוואת הרכב המתכות באבק שנדגם במסגרת הניטור להרכב באבק מדברי טבעי עולה, שהמקור של ברזל, אלומיניום, מנגן וכרום (במידה רבה) באוויר לאורך החוף הישראלי הוא קרקעות ואבק מדברי טבעי. המקור העיקרי של העופרת, הקדמיום, הנחושת והאבץ הוא אנתרופוגני.
- השטפים האטמוספיריים של המתכות (כמויות המתכות השוקעות על פני יחידת שטח של הים ביחידת זמן) חושבו ע"י מכפלה של ריכוזי המתכות באבק מרחף (הממוצע הגיאומטרי או החציון של הריכוזים של מתכת חלקיקית) בהערכה של מהירות שקיעת האבק. במהלך 21 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 4.4). בדומה לאוויר, גם בסדימנטים לאורך החוף נמצאה מגמת הפחתה רב-שנתית של ריכוזי העופרת (עם עלייה מסוימת בשנים האחרונות).
- שטפי הנחושת והקדמיום מראים ירידה מתונה בעשור האחרון בבתל שקמונה (איור 4.4). השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך ייתכן שהם מושפעים ממקורות דומים, חיצוניים.

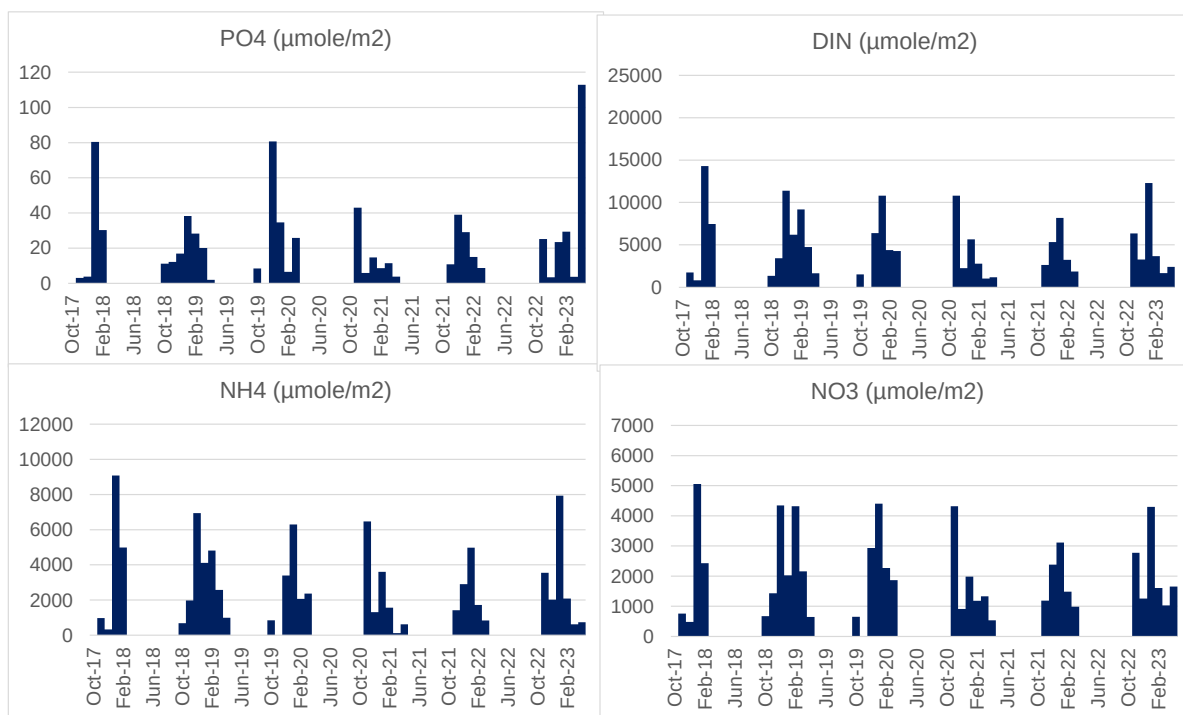
- התרומה האטמוספירית לכמויות הכוללות של עופרת ואבץ המוחדרות למימי החופין (כל אזור מדף היבשת) משמעותית ביחס לתרומה הידועה של המקורות האחרים (הזרמת שפכים לים).
- השטפים האטמוספיריים של חנקן וזרחן זמינים ביולוגית (מחלקיקים וגשם, איור 4.2) יכולים פוטנציאלית לתרום משמעותית ליצרנות הראשונית (חישוב קיבוע הפחמן על בסיס שטף החנקן, בהנחת יחסי רדפילד בין חנקן לפחמן אורגני).

מאמרים שהתפרסמו במהלך 2022 הקשורים לפעילות הניטור:

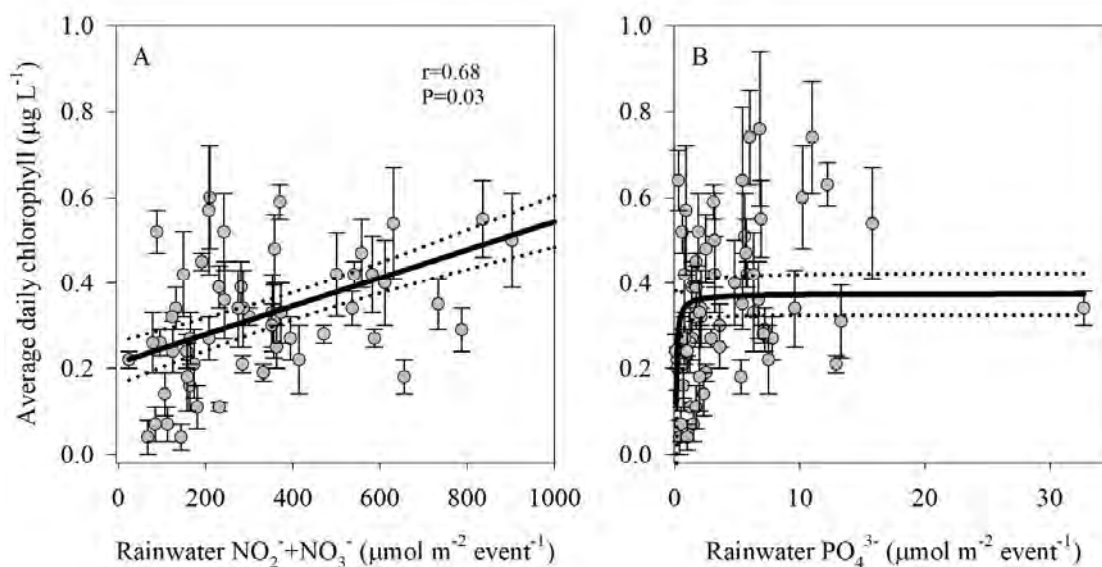
Rahav E., Paytan A, Herut B. (2022). Relative viability proxy of airborne prokaryotic microorganisms at the Southeastern Mediterranean coastal Sea. *Front. Environ. Sci.*, 10:900977.



איור 4.1: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם ($\text{mmol m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) בתל שקמונה בשנים 1992 – 2022. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי, תחנת נמל חיפה).

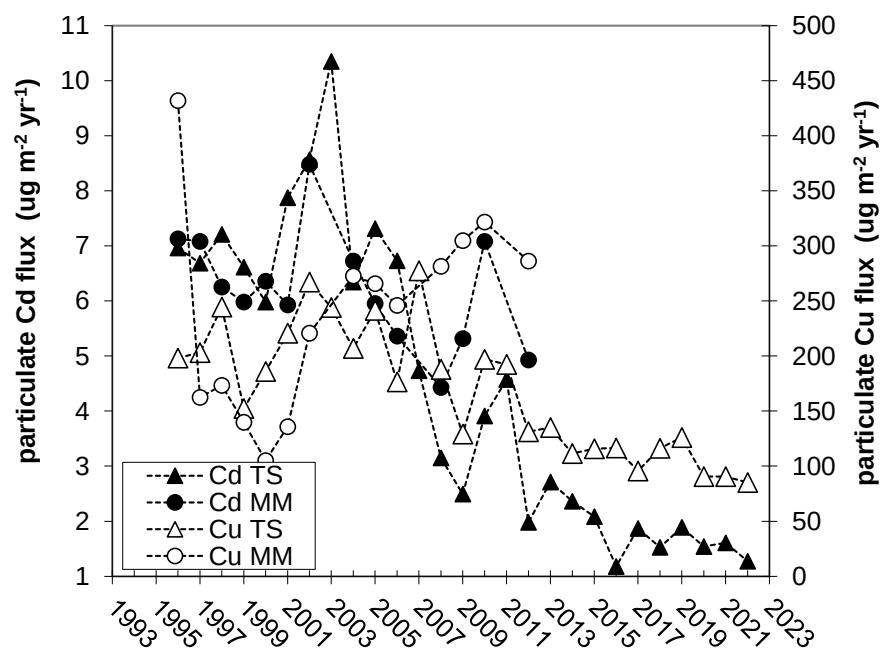
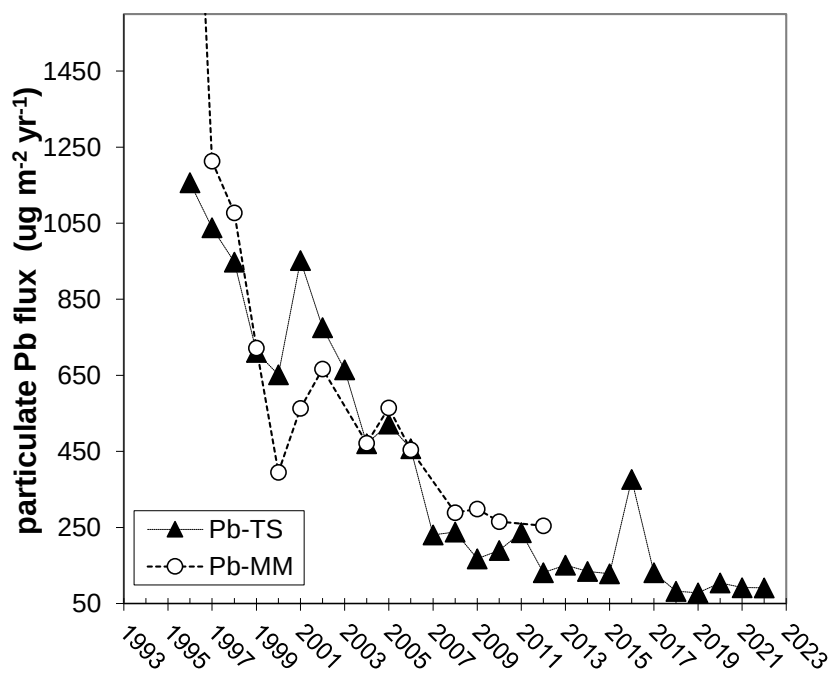


איור 4.2: שטפים חודשיים של פוספאט וצורוני חנקן אי אורגני מומסים במי גשם בתל שקמונה בשנים 2017 – 2023.



איור 4.3: יחסי גומלין בין שטפי גשמים של ניטראט ופוספאט לבין ריכוזי כלורופיל במי שטח במדף הרדוד 24-48 שעות לאחר אירוע הגשם (Rahav et al., 2021).

Rahav, E., Gertner, Y. and Herut, B., (2021). Response of bacterial communities to rainwater additions in the oligotrophic SE Mediterranean coast; Experimental and in-situ observations. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. <http://doi/10.1029/2020JG006143>.



איור 4.4: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום ונחושת בתל שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 – 2022; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.

פרק 5 - נוטריינטים וכלורופיל בנחלי החוף ובמדף הרדוד

ממצאים עיקריים

- שפכי נחלי החוף מזוהמים בנוטריינטים (איור 5.1). ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריינטים בשנת 2022 כלהלן (התוצאות מתייחסות לנתוני דיגום מרץ בתחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול לליטר):

פוספט

לכיש (55) < שורק (52) < קישון (45) < ירקון (32) < אלכסנדר (23) < חדרה (6.6) < נעמן (1.6) < פולג (1.3) < תנינים (1.0)

סך זרחן מומס

שורק (69.1) < לכיש (59.5) < קישון (45.6) < ירקון (36.6) < אלכסנדר (23.7) < חדרה (6.7) < נעמן (2.0) < פולג (1.7) < תנינים (0.2)

אמוניום

קישון (279) < אלכסנדר (229) < שורק (197) < ירקון (183) < לכיש (141) < פולג (38) < נעמן (37) < חדרה (32) < תנינים (14)

ניטריט+ניטראט

שורק (1011) < קישון (670) < חדרה (429) < ירקון (300) < תנינים (297) < אלכסנדר (288) < נעמן (245) < לכיש (232) < פולג (44)

סך חנקן מומס

שורק (1746) < קישון (1377) < אלכסנדר (833) < לכיש (714) < ירקון (692) < חדרה (485) < תנינים (339) < נעמן (321) < פולג (118)

חומצה סיצילית

תנינים (262) < קישון (248) < חדרה (209) < שורק (208) < אלכסנדר (196) < נעמן (163) < ירקון (156) < לכיש (145) < פולג (94)

- נצפית מגמת עליה בריכוזי הניטראט בסוף החורף בנחלים: ירקון (2011 – 2022); תנינים (2000 – 2022) ונעמן (2017 – 2022) ובמידה מסוימת גם בשפך נחל אלכסנדר.

- נצפית עליה בריכוזי אמוניום בסוף החורף בנחלים אלכסנדר (2012 – 2022) וקישון (2019 – 2022), ככל הנראה מהגברת הזרמות קולחים/ביוב. ייתכן שהעליה בקישון קשורה גם לשינויים הידרולוגיים כתוצאה מבניית נמל המפרץ. בהתאם נצפית בנחל אלכסנדר גם עליה מסוימת בריכוזי הפוספט.

- ערכי המליחות, ה-pH, ריכוזי החמצן המומס, העכירות והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) שנמדדו בשנת 2022 מוצגים בטבלה 5.1. ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, ובד"כ יורדים ככל שמעמיקים, לעיתים לערכים של עקה ביולוגית (ריכוזים קטנים מ-5 מ"ג/ל) או אנוקסיה (איור 5.2, נחל אלכסנדר בספטמבר 2022). ריכוזי הכלורופיל בחלק גדול מהנחלים (טבלה 5.1) מראים רמת זיהום בינונית עד גבוהה (נחלים אלכסנדר, שורק, קישון בספטמבר 2022) על סמך הקריטריונים של NOAA לאיכות מים בשפכי נחלים (נמוכה: 0-5; בינונית 20-60; גבוהה >60 ug/l).

- מגמות בזמן (20~ שנה) של איכות מים (נוטריונטים, חמצן ואצות (כולל רעילות)) בשפך נחל הקישון, כמייצג אסוטארים קטנים ומשוכבים לאורך החוף, הוצגו במאמר שיצא לאור לאחרונה (Herut et al., 2023). המאמר מציג את הסטטוס האקולוגי על בסיס קריטריונים שאומצו על ידי מדינות אירופיות שונות (במסגרת Water Framework Directive) (איור 5.3), והמגמות בזמן של ריכוז ועומסי הנוטריונטים (שחושבו על בסיס משוואות ערבוב) (איור 5.4).

- לאחר מגמת שיפור רב-שנתית, נראה שבשנים האחרונות (מאז 2019) חלה החמרה בסטטוס האקולוגי של שפך נחל הקישון (ובכלל זה בריכוזי תאי הפיטופלנקטון בעלי פוטנציאל רעילות, ראה כרך מגוון ביולוגי), שקשורה ככל הנראה להאטת תחלופת המים (הגדלת זמן ההשות) בגלל בניית נמל המפרץ, אולם יש צורך לאשש מסקנה זו. לחילופין אולי חל שינוי בהזרמות/מקורות.

- הטבלה להלן מציגה הצעה ראשונית של ערכי סף אקולוגיים לאיכות מי שפכי הנחלים, המתבססת על הצעות לערכי סף של גורמים שונים כמפורט ב- Herut et al. (2023).

Criteria	Reference	PO_4^{3-} (μM)	NO_3 (μM)	NH_4^+ (μM)	Chl-a ($\mu g L^{-1}$)	DO ($mg L^{-1}$)
Bad	Herut et al 2023	>10	>400	>110	>60	≤ 2
Moderate		2.2–10	71–400	28–110	5–60	2–5
Good		<2.2	<71	<28	<5	≥ 5

- ריכוזי הנוטריונטים (NH_4 ; PO_4 ; NO_3+NO_2) ויחסי NO_x/PO_4 במי טבלאות הגידוד (קו החוף) מראים הבדלים משמעותיים בין אכזיב (ACH) בצפון לבין התחנה בפלמחים (PAL) בדרום, בשנים 2010 – 2022 (איור 5.5). קיימת העשרה של ריכוזי הניטרט באכזיב ביחס לפלמחים, ככל הנראה בגלל השפעה של זליגת מי תהום מועשרים בתחמוצות חנקן אל הים. ריכוזי הפוספט מועשרים בפלמחים לעומת אכזיב, מומלץ לברר את הסיבה לכך. בהתאם היחס בין ריכוזי הניטרט לפוספט גבוה באופן משמעותי (בד"כ מעל סדר גודל) באכזיב לעומת פלמחים (איור 5.5). ריכוזי האמוניום מראים ערכים והתנהגות דומה בשתי התחנות. נצפים שינויים רב-שנתיים המראים עליה בשנים 2019 – 2022 לעומת בשנים 2016 – 2018. לעומת הפוספט והניטרט שכל הנראה מועשרים ממקור נקודתי, נראה כי האמוניום המשפיע על המים הרדודים לא מגיע ממקור נקודתי בודד מאחר והשפעתו נכרת לאורך החוף מפלמחים ועד אכזיב.

- תפוצת ריכוזי הנוטריונטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) מוצגת באיור 5.5. בד"כ ריכוזי הנוטריונטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספט והניטראט מוכתבת, לפיכך, בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני. ב- 2021 נראית העשרה של פוספט וניטראט מול נחל הירקון ובדרום מפרץ חיפה. העשרה של סיליקה נצפית באזור הדרומי של החוף, בדומה לשנת 2020.

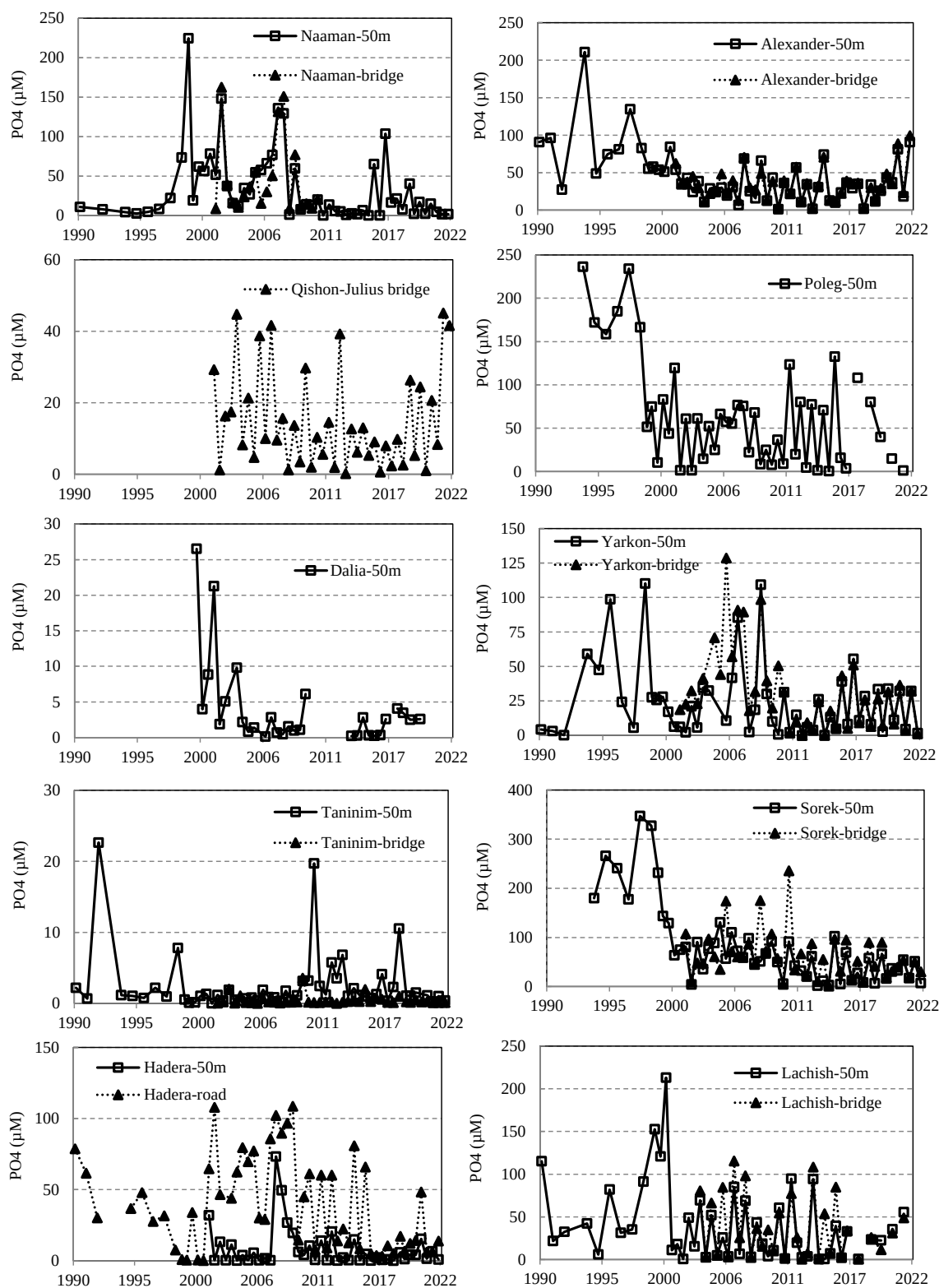
- התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (איורים 5.7 ו- 5.8). הגרדיאנט של הירידה בריכוזי הכלורופיל

עם הריכוז מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאוטורפיים, הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם. ב- 2022 נצפית העשרה מסוימת של ריכוזי כלורופיל בדרום מפרץ חיפה ומול אשקלון.

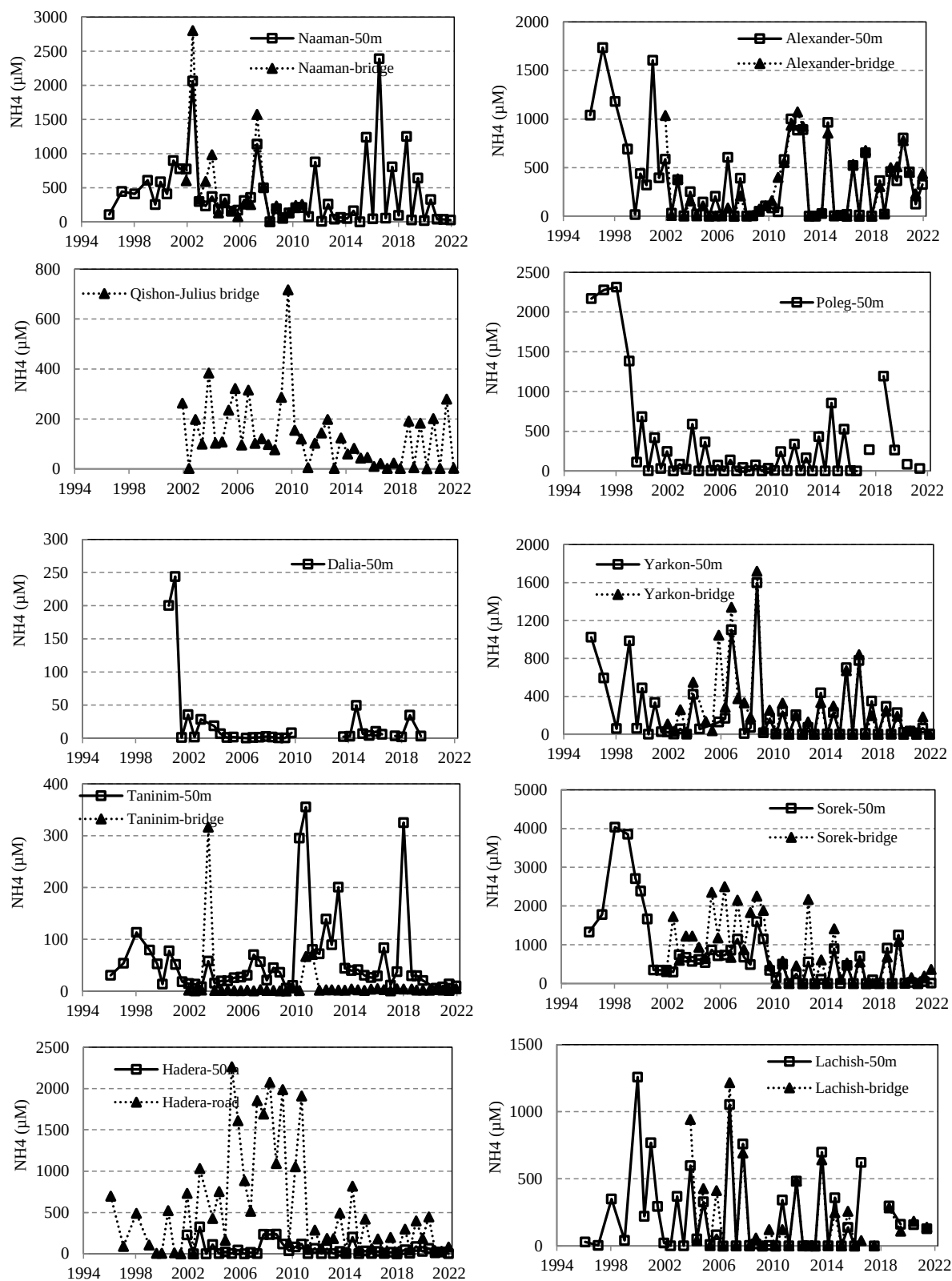
- מעקב אחר ריכוזי הכלורופיל באמצעות צילומי לוויין (איור 5.8) מראה השפעה אפשרית של הדלתא של הנילוס, ובנוסף הזרמת ביוב מעזה על החופים הדרומיים, ובכלל זה באזור היניקה של מתקן ההתפלה באשקלון. סביר להניח שהזרמת ביוב גולמי לים ברצועת עזה גורם לפגיעה אקולוגית ולירידה באיכות מי הגלם לצרכי התפלה, כפי שהוצג כדוגמה בדוח משנת 2021 (דו"ח חיא"ל H22/2021).
- ריכוזי הכלורופיל במפרץ חיפה גבוהים מהערכים לאורך החוף (איור 5.8, ריכוזי כלורופיל (לא מכילים) על סמך אנליזות של צילומי לוויין) וקשורים בעיקר להזרמות נוטריינטים משפכי נחלי הקישון והנעמן, לזמן השהות ומידת השיכוב של המים. בחודש אפריל 2022 נצפו במפרץ חיפה ערכים גבוהים יחסית לשאר חודשי השנה ויחסית לתפוצה לאורך החוף (איור 5.6), ככל הנראה כתוצאה משהפעה של העשרת נוטריינטים בדרום המפרץ. נראה שבניית הנמל החדש והגדלת זמן השהות של המים במרחבו מגבירים את ריכוזי הכלורופיל והחומר המרחף באזור הדרומי (בהמשך ייעשה ניתוח כמותי). בניית הנמל כללה גם חפירת חול במפרץ ושינוי התכסית/המצע באזור הכרייה. ייתכן שפעולות אלה השפיעו על התפלגות החומר המרחף במפרץ והדבר יבחן בהמשך הניטור. נתוני SISCAL מוצגים באפליקציה ייעודית כמוצג באיור 5.9.

מאמרים שהתפרסמו במהלך 2022/3 הקשורים לפעילות הניטור:

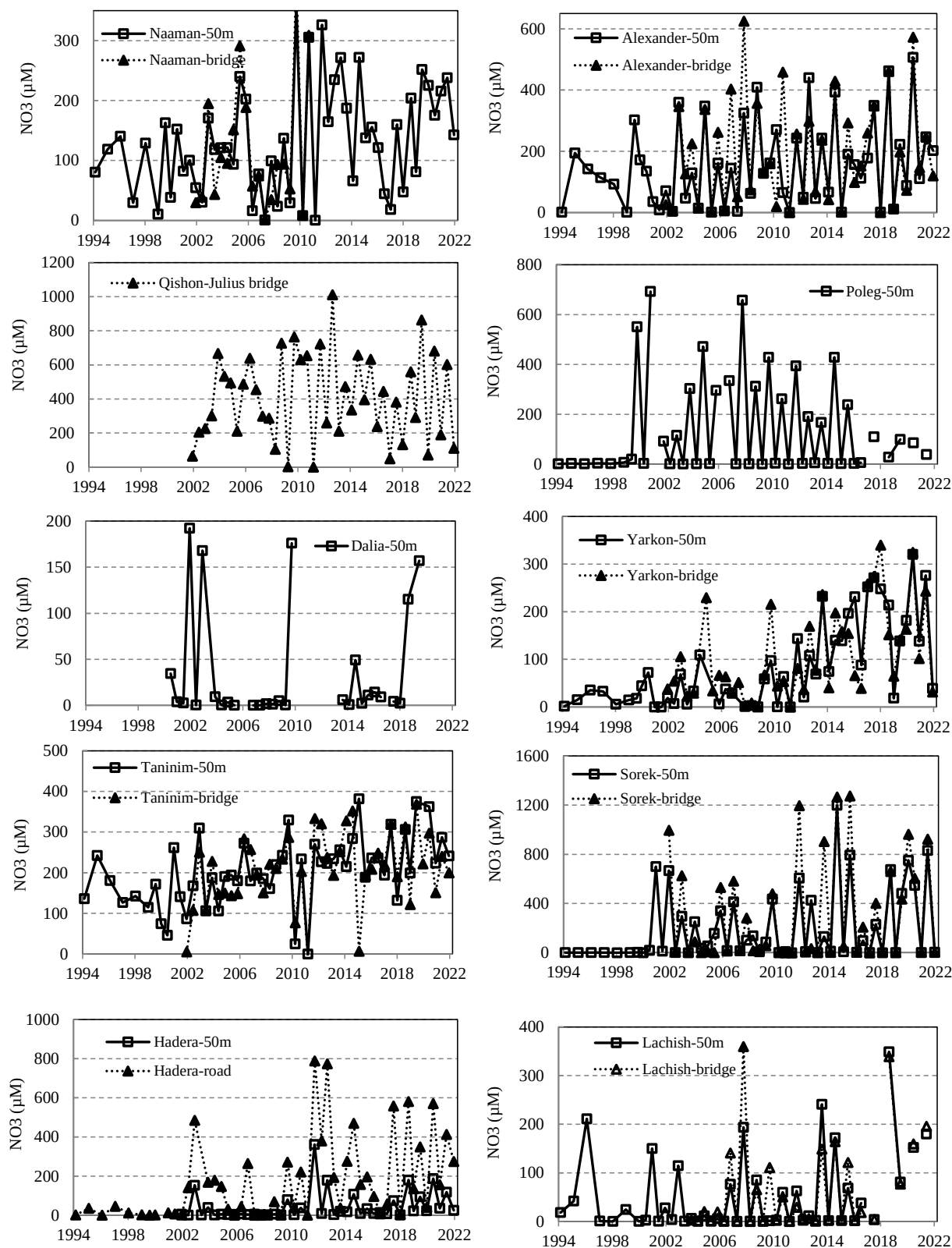
Herut B, Gertner Y, Segal Y, Sisma-Ventura G, Gordon N, Belkin N, Rahav E. (2023). Long-Term (2002–2021) trend in Nutrient-Related Pollution at Small Stratified Inland Estuaries, the Kishon SE Mediterranean Case. *Water*. 15(3):484.



איור 5.1: ריכוזי פוספט (A) אמוניום (B) וניטראט (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2022 (מרץ וספטמבר).



איור 5.1 המשך

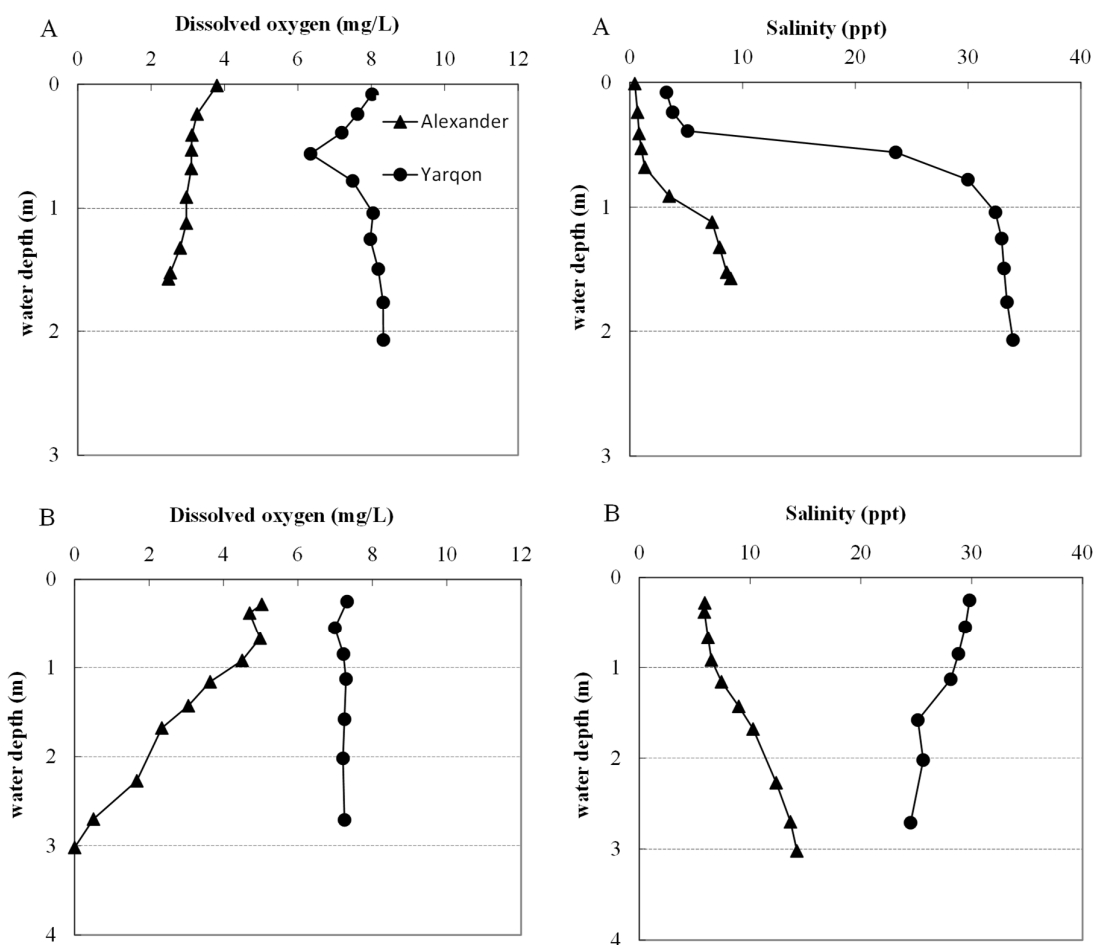


איור 5.1 המשך

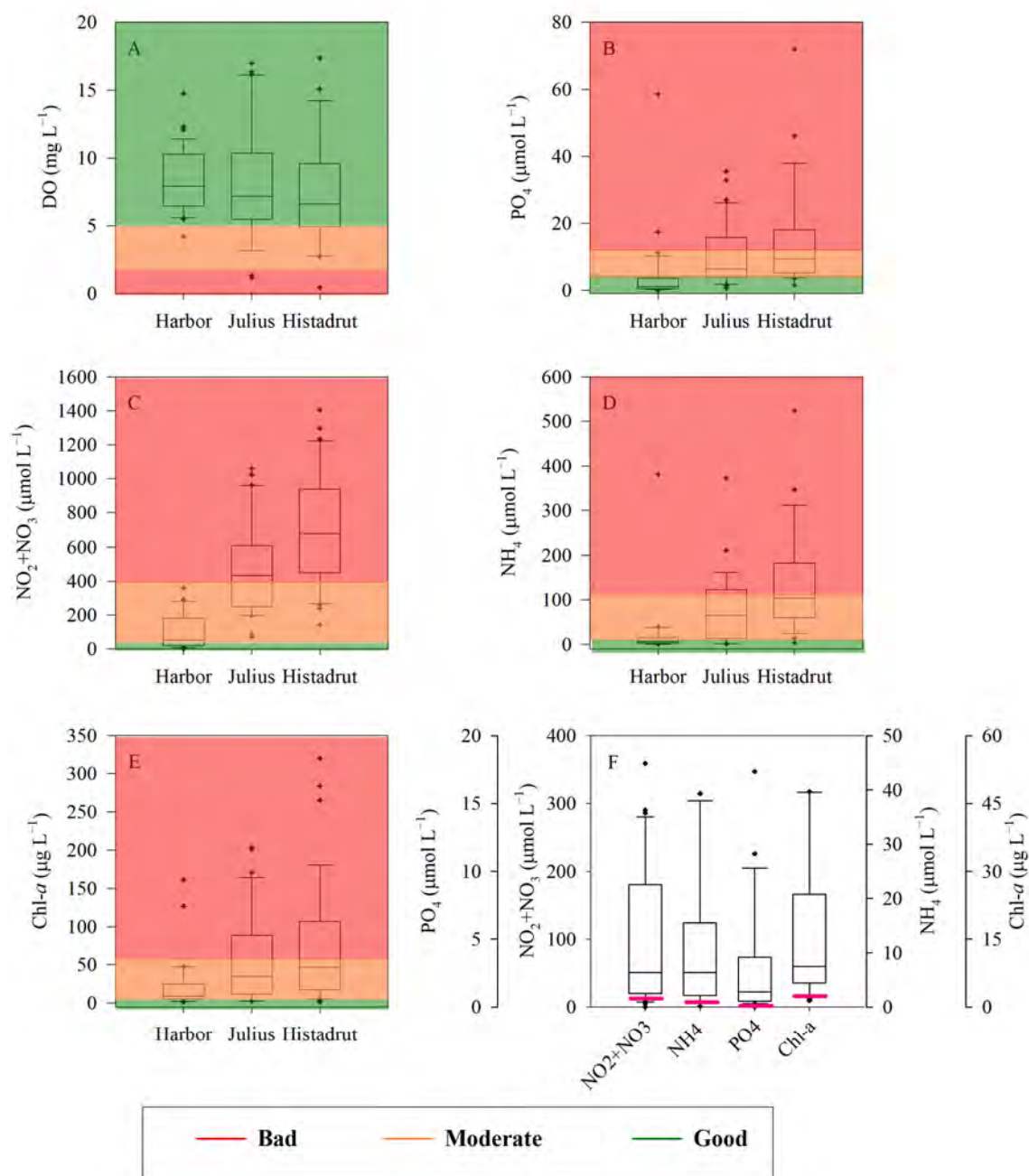
טבלה 5.1: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2202.

		March 2022									September 2022								
Station	River	Temp C	Salinity ppt	DO Conc mg/L	DO %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/L	Chl µg/L	BOD mg/L	Temp C	Salinity ppt	DO Conc mg/L	DO %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/L	Chl µg/L	BOD mg/L
R1b R1c	בצת																		
R4a R4b	נעמן	14.75 15.24	6.37 2.78	8.55 7.17	88.3 73.2	7.88 7.83	29.4 32.7		23.57 22.81		27.99 27.23	10.04 7.11	5.89 5.84	79.5 76.6	7.87 7.88	9.1 7.7		19.23 15.35	
R5a R5c	קישון	13.93 13.21	8.56 6.66	8.65 9.19	89.0 91.9	7.99 7.92	15.4 17.8	19.44 15.40	8.65 11.01	3.47 4.80	28.54 28.97	30.86 25.82	10.26 14.70	157.0 220.3	8.38 8.54	11.2 13.3	12.15 26.60	45.96 72.07	6.52 10.19
R5.5a R5.5b	דליה																		
R6a R6b R6c	תנינים	22.13 22.06 23.05	3.23 2.86 3.56	8.44 7.54 6.57	99.2 88.4 78.8	7.67 7.51 7.40	15.9 16.2 5.9		2.70 1.34 0.72		28.72 28.92 27.55	4.16 4.11 4.23	7.21 6.80 6.25	95.5 90.3 81.2	7.54 7.53 7.34	10.0 11.9 6.3		2.91 2.30 0.85	
R7a R7b R7c	חדרה	19.08 17.85 19.22	26.44 20.80 0.60	7.84 7.72 7.56	99.7 92.7 82.7	8.01 7.78 7.68	16.5 27.2 21.0		2.17 2.05 2.88		34.28 34.21 30.18	27.28 32.82 3.04	7.00 7.43 5.10	115.2 125.8 68.9	8.10 8.08 8.13	1.1 2.6 6.3		7.66 13.88 19.49	
R8a R8b R8c	אלכסנדר	18.07 17.75 16.38	1.88 1.01 0.43	6.24 5.59 3.79	67.3 59.5 39.1	7.73 7.75 8.03	26.8 31.5 28.4		48.53 51.08 47.74		29.47 33.04 28.49	7.59 6.69 5.92	8.37 13.17 5.03	114.4 190.2 67.0	8.03 8.45 7.88	9.4 33.5 6.9		83.00 76.54 64.50	
R9a R9b	פולג	13.75 13.54	8.38 0.35	8.37 5.85	85.6 56.7	7.55 7.29	31.4 66.3		2.74 2.81										
R10b R10c	ירקון	21.66 19.24	5.58 3.23	9.05 8.02	107.0 89.2	8.05 7.86	8.5 9.5	9.74 12.70	3.30 1.70	1.77 3.28	34.23 34.72	26.33 29.81	8.44 7.32	138.0 122.9	8.25 8.03	2.0 0.2	4.85 2.28	9.07 4.83	1.47 1.47
R11a R11b R11c	שורק	15.49 16.17 15.21	0.86 0.82 0.78	7.59 7.30 7.82	77.0 75.1 78.8	7.88 7.87 7.91	22.6 17.1 14.5		3.06 1.76 2.43		30.26 29.84	7.72 4.58	9.44 5.74	130.9 77.6	8.64 8.19	6.3 5.7	6.98 7.38	39.30 64.32	5.59 4.74
R12a R12b R12c	לכיש	16.44 17.39 18.80	1.17 0.96 0.93	6.98 6.34 5.59	72.4 67.0 60.7	7.61 7.36 7.63	33.9 35.7 26.8		38.21 36.99 30.49										

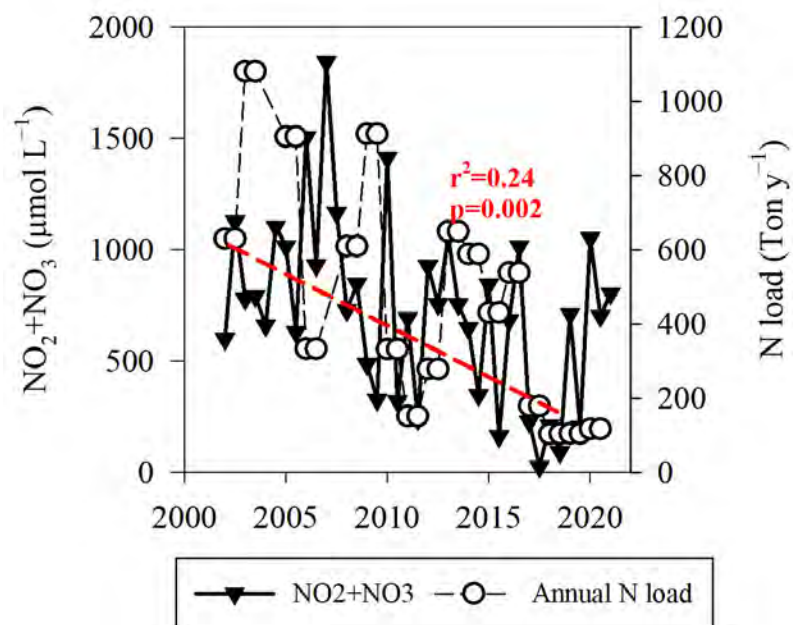
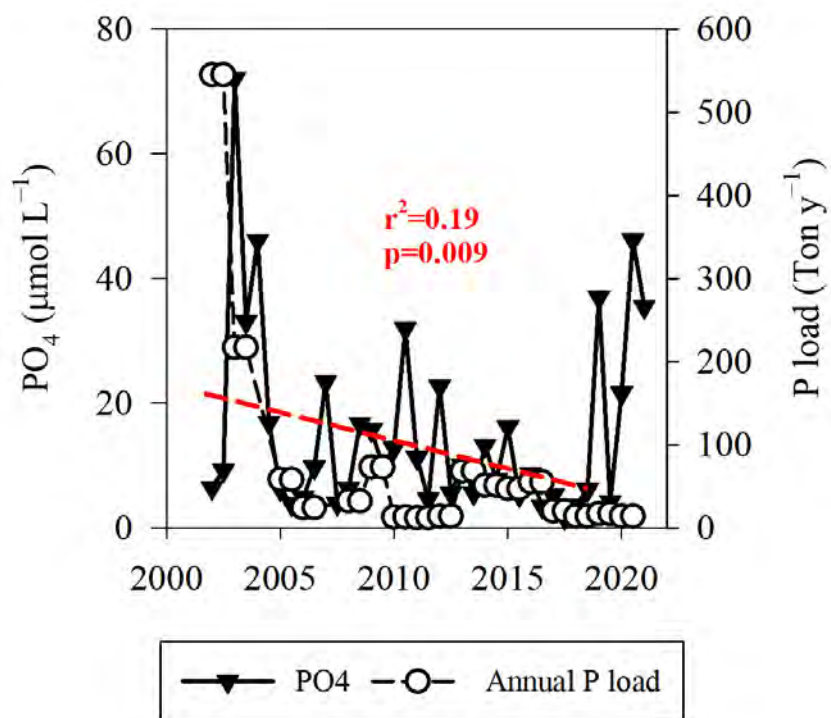
* A=river outlet, B=50m from outlet upstream, C=nearest highway bridge



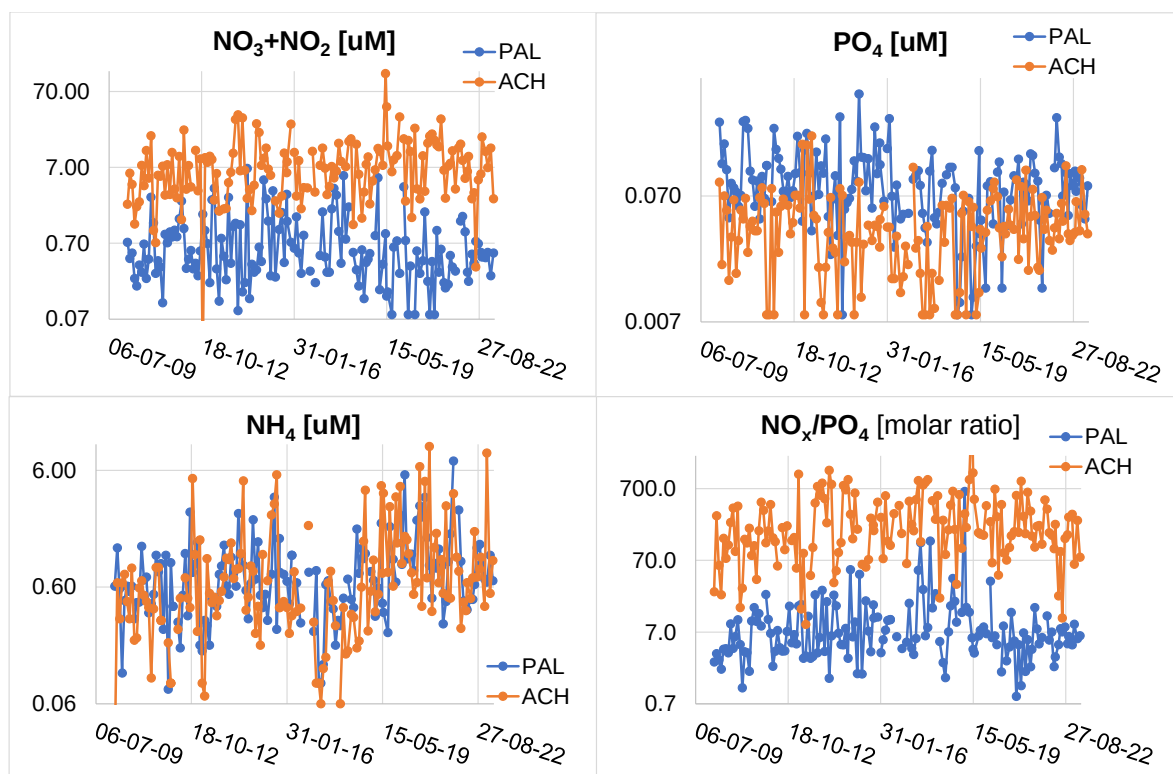
איור 5.2: פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים קישון, אלכסנדר וירקון במרץ (A) וספטמבר (B) 2022.



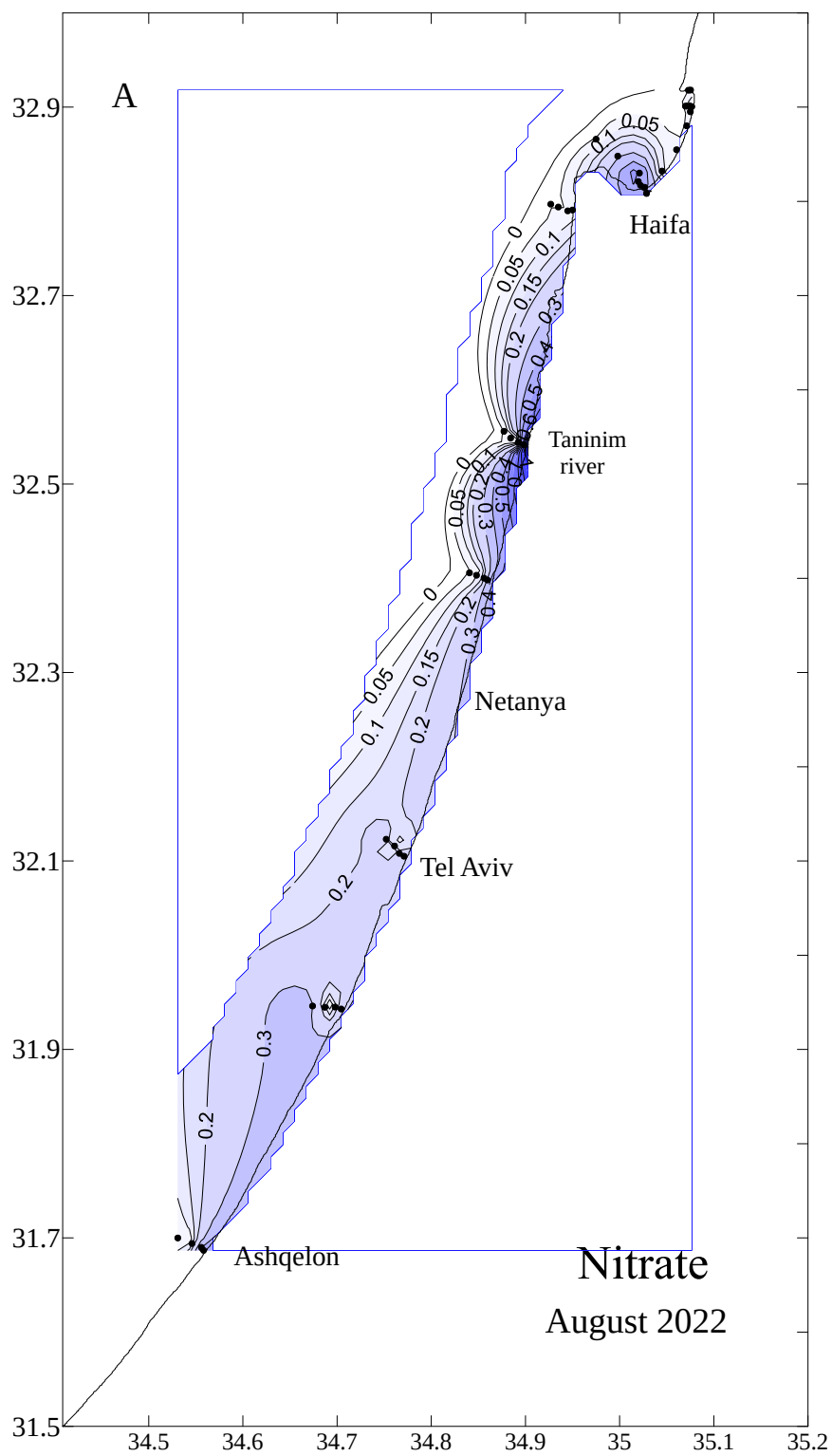
איור 5.3: התפלגות (Whisker box plots) של ריכוזי החמצן (A), הפוספאט (B), הניטרט+ניטריט (C), האמוניום (D) והכלורופיל (E) במי השטח בשפך נחל הקישון בשנים 2002–2021 (נלקח מ- Herut et al 2023). צבעי הרקע מייצגים את ערכי הסף של איכות מים המוצעים כאן לשפכי נחלים קטנים (טבלה 5.2). הצבע האדום מייצג מצב אקולוגי רע, הכתום בינוני והירוק מצב טוב. פנל F מייצג התפלגות הריכוזים במי שטח בתחנת נמל הקישון. הקווים האופקיים בוורוד מייצגים ערכי סף ימיים כפי שמוצעים במאמר Kress et al 2019.



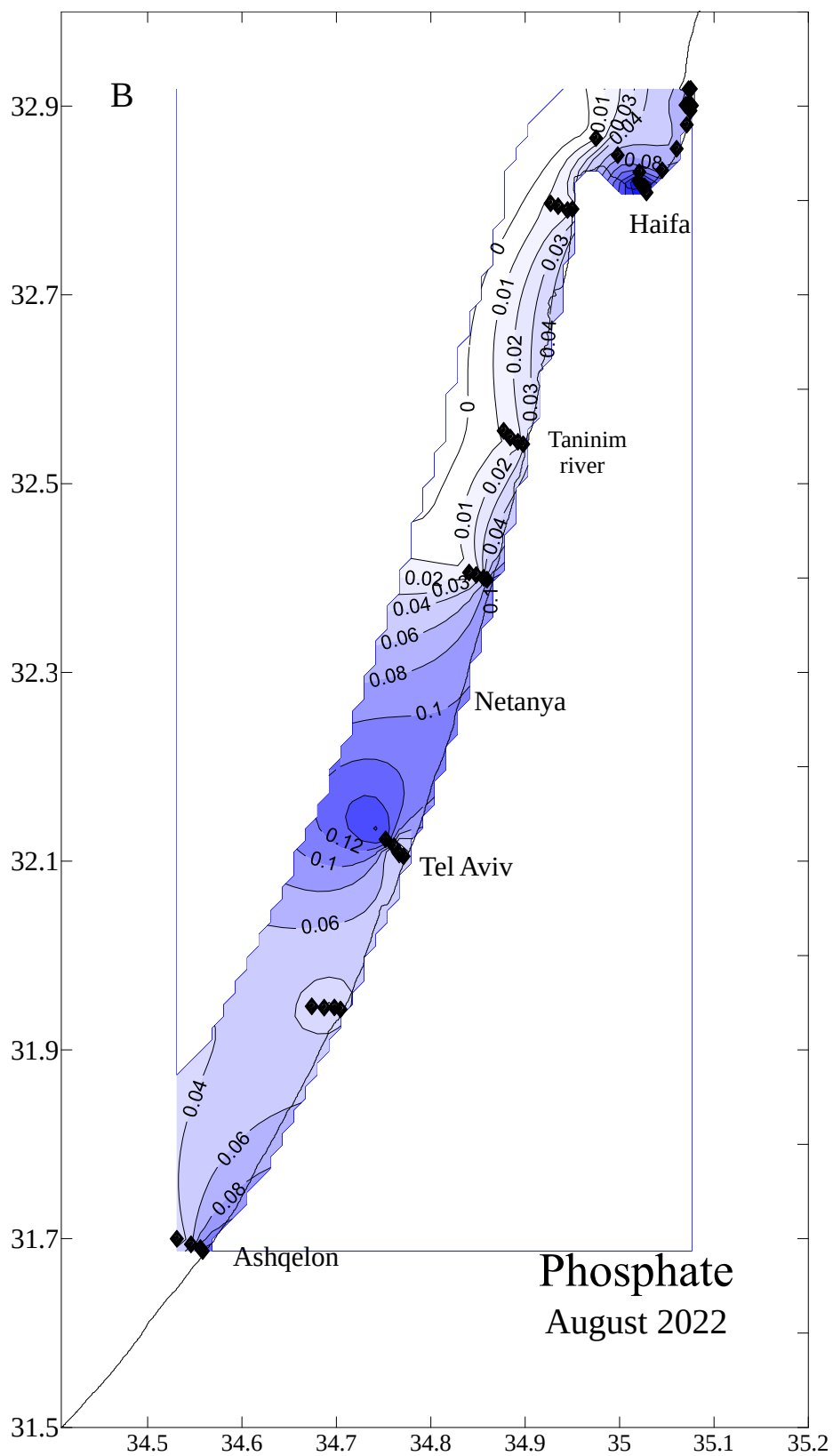
איור 5.4: מגמות רב-שנתיות של ריכוזי פוספט וניטרט במי שטח בתחנת גשר ההסתדרות בחלק המלוח של נחל הקישון. כמו כן מוצגים שינויים רב-שנתיים בעומס הנוטריינטים (נלקח מדיווחי המשרד להגנת הסביבה). קו הרגרסיה (באדום) מתייחס לשנים 2002-2018.



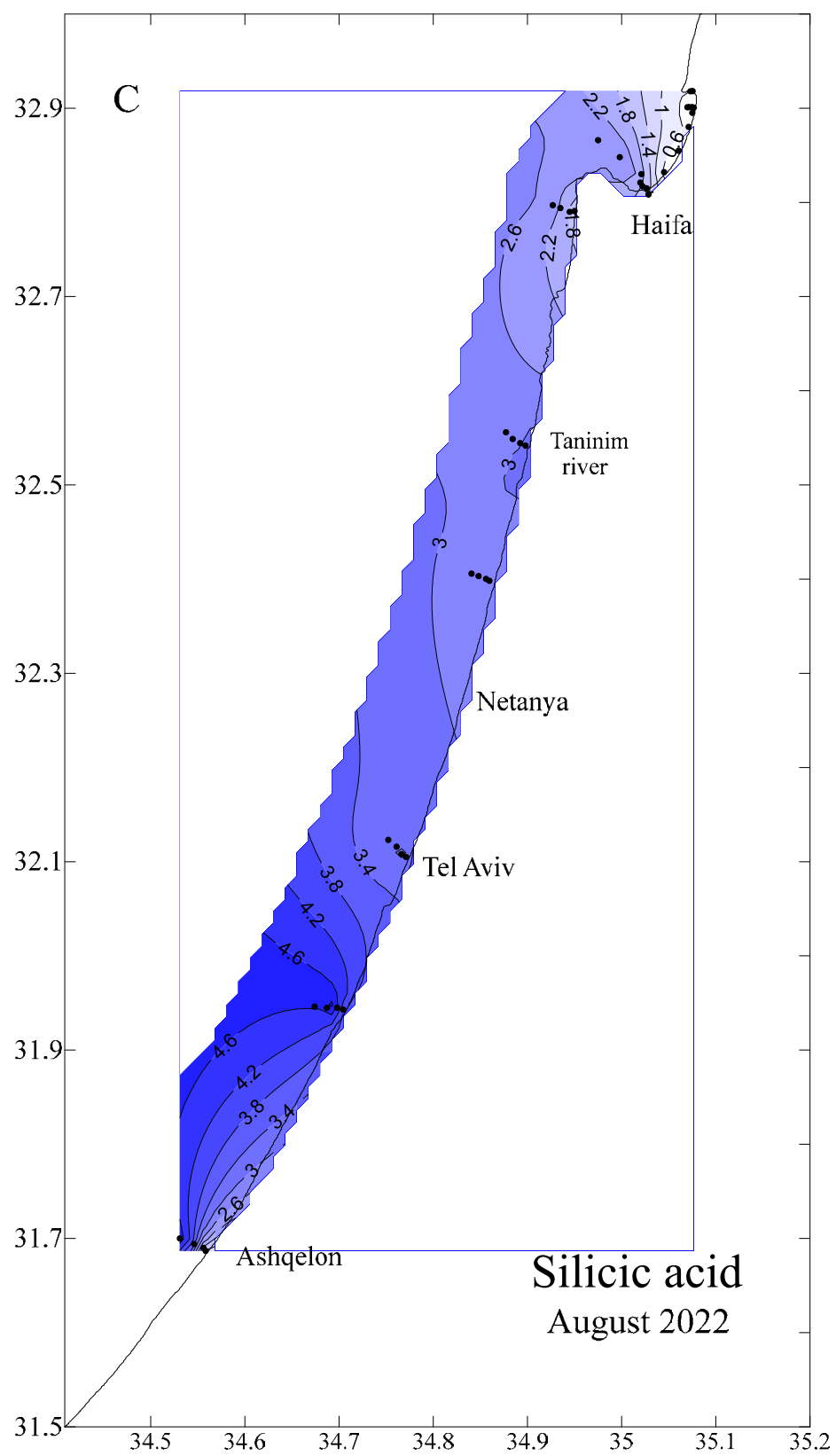
איור 5.5: שינויים בריכוזי הנוטריינטים ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$; PO_4 ; NH_4) ויחסי NO_x/PO_4 במים הרדודים (טבלאות הגידוד) באכזיב (ACH) ובפלמחים (PAL) בשנים 2010 – 2022. קיימת העשרה של ריכוזי הניטרט באכזיב ביחס לפלמחים, ככל הנראה בגלל השפעה של זליגת מי תהום מועשרים בתחמוצות חנקן. ריכוזי הפוספט מועשרים בפלמחים לעומת אכזיב מסיבה לא ברורה. בהתאם היחס בין ריכוזי הניטרט לפוספט גבוה באופן משמעותי (בד"כ מעל סדר גודל) באכזיב לעומת פלמחים. ריכוזי האמוניום דומים בשתי התחנות ומראים שינויים רב-שנתיים דומים, ועליה בשנים 2019 – 2022 לעומת 2016 – 2018.



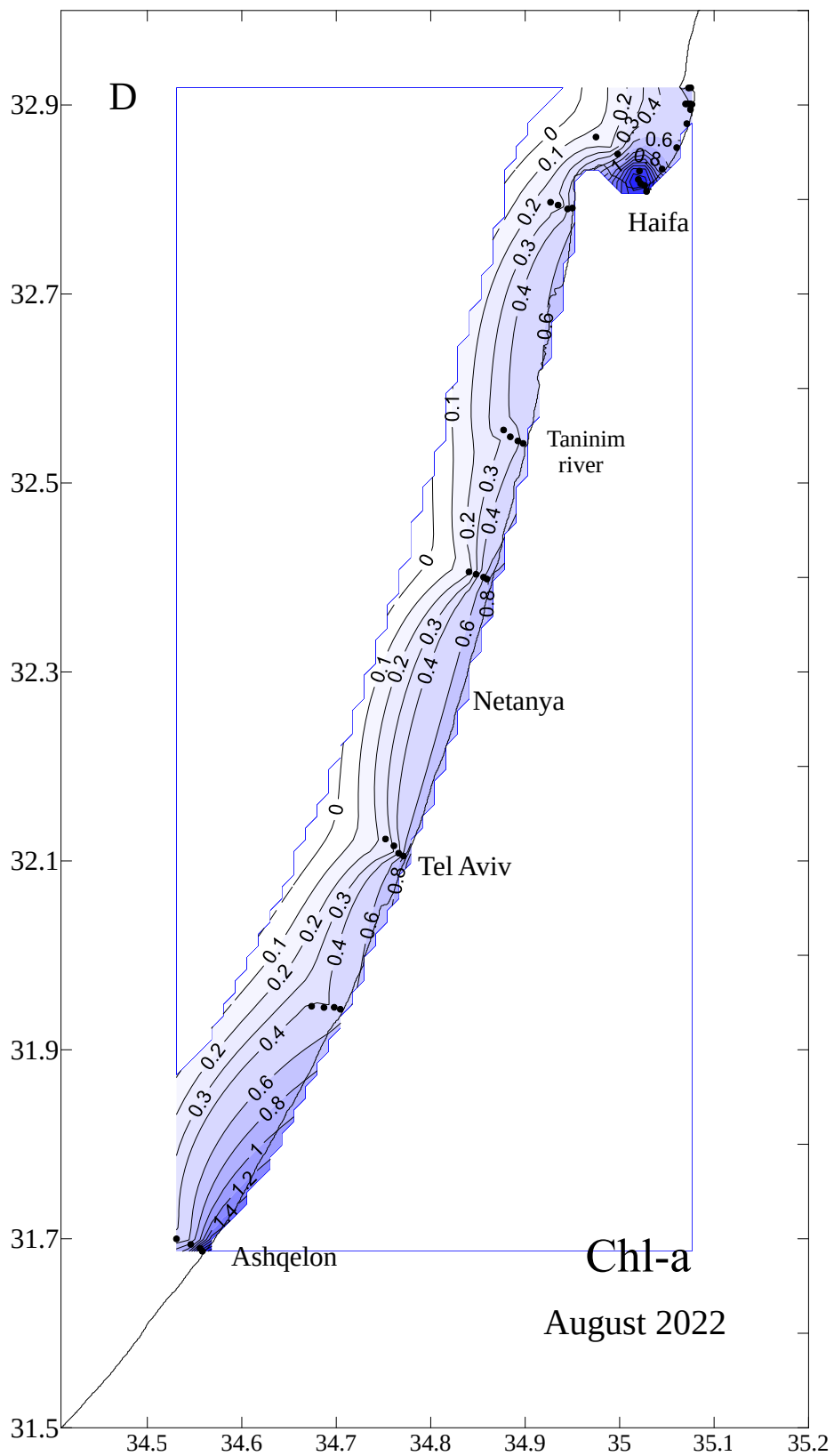
איור 5.6: ריכוזי נטרייטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליציית (C) וכלורופיל a (D) $\mu\text{g/l}$ במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין באוגוסט 2022.



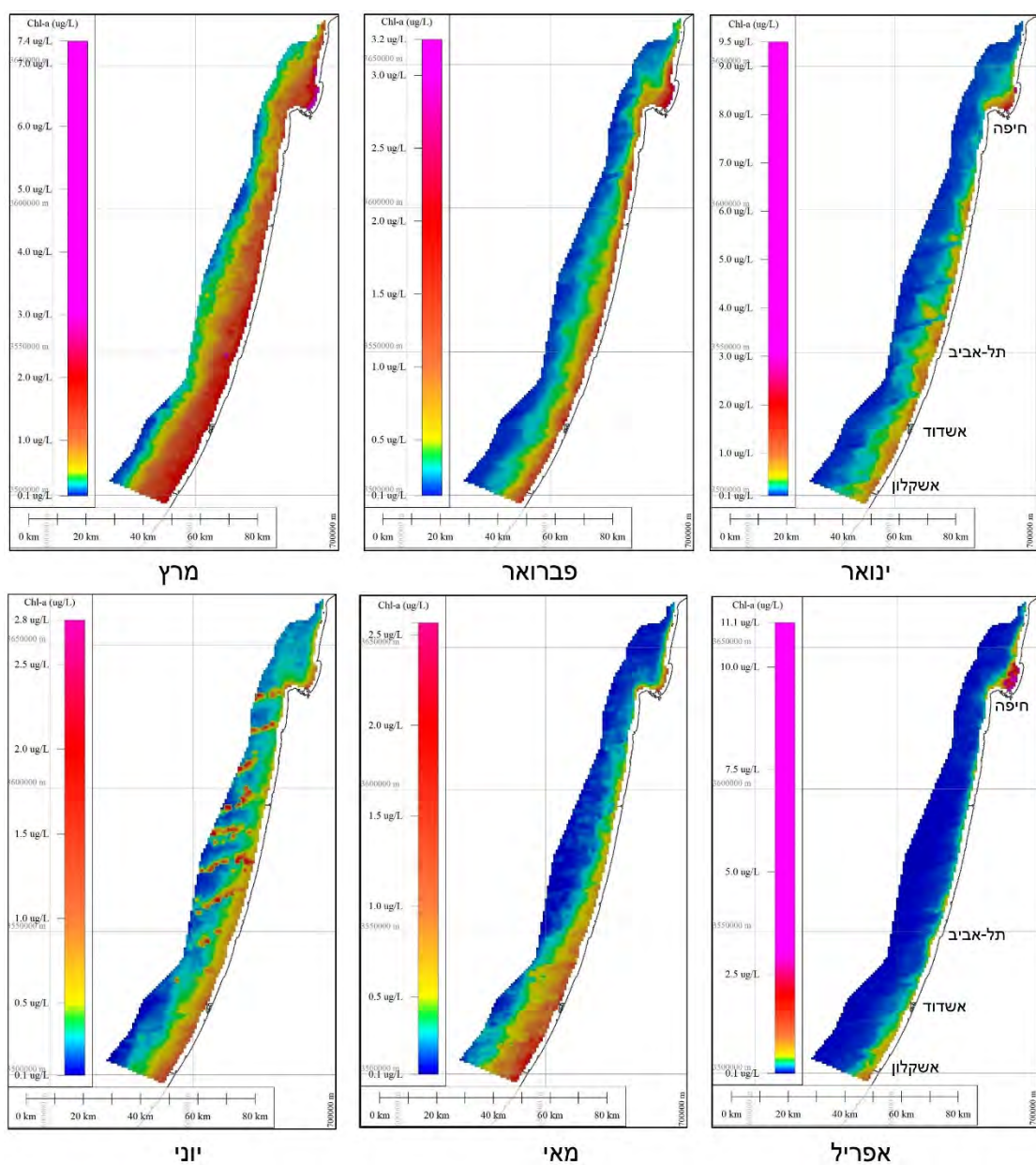
איור 5.6 המשך



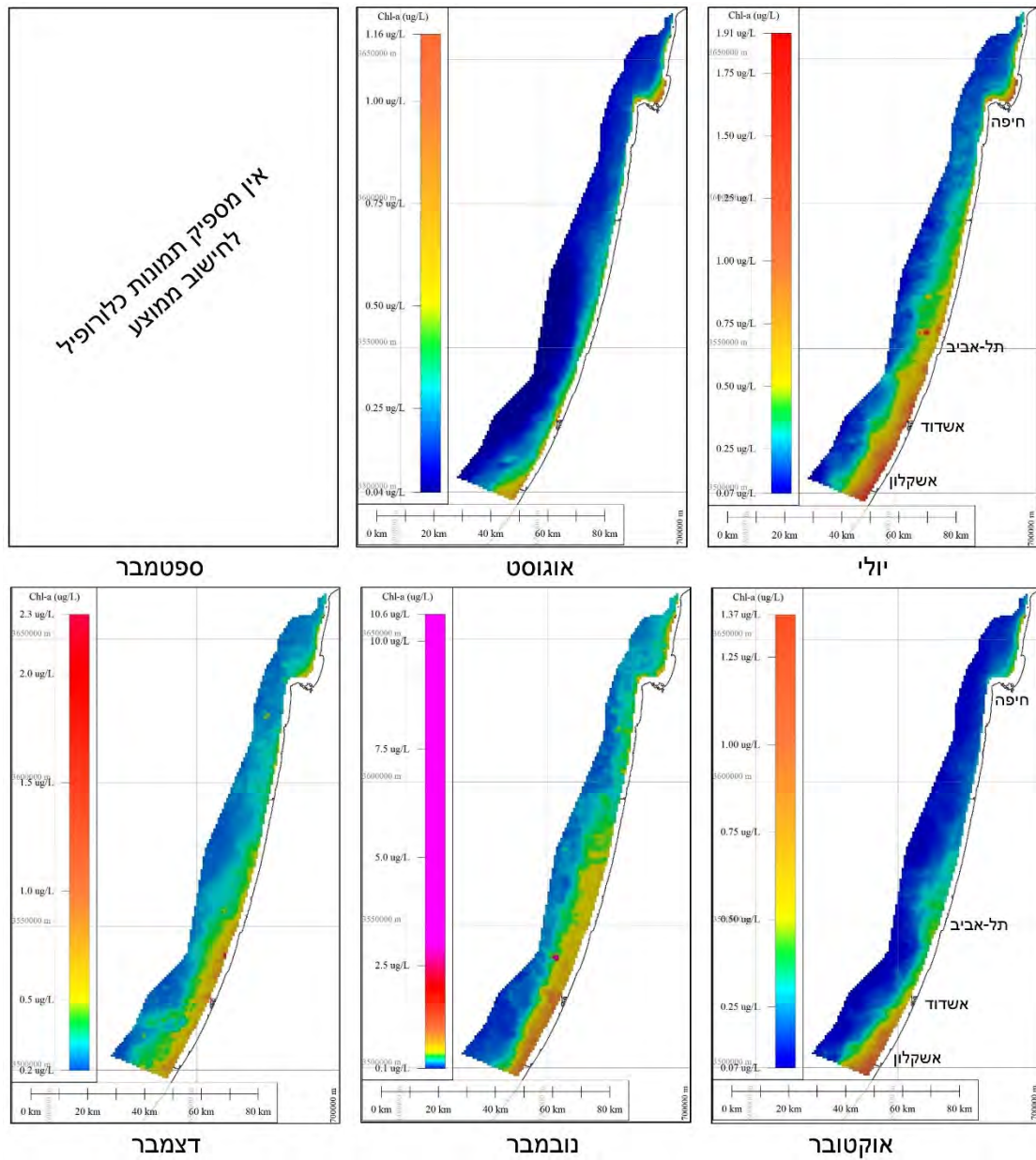
איור 5.6 המשך



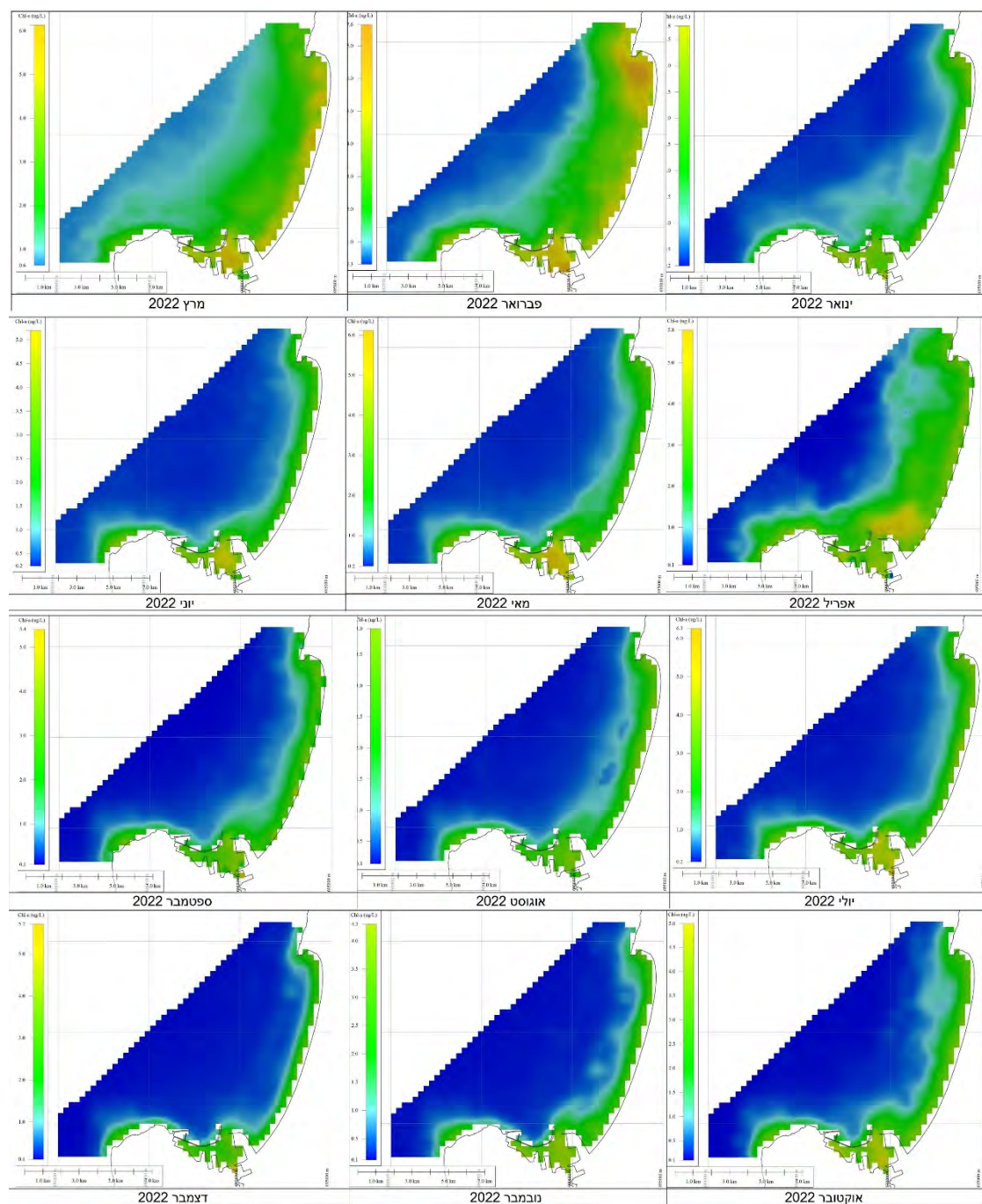
איור 5.6 המשך



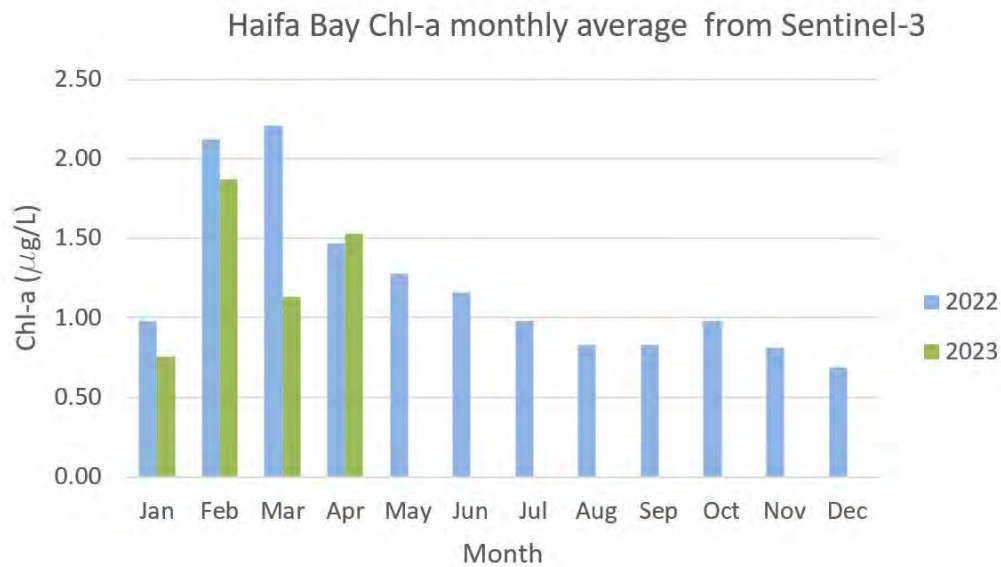
איור 5.7: תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים ב- $\mu\text{g/L}$ (לא מכויל) במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף~ עומק מים של 200 מטר), כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג VIIRS (רזולוציה 750X750 מטר) במהלך ינואר 2022 עד דצמבר 2022.



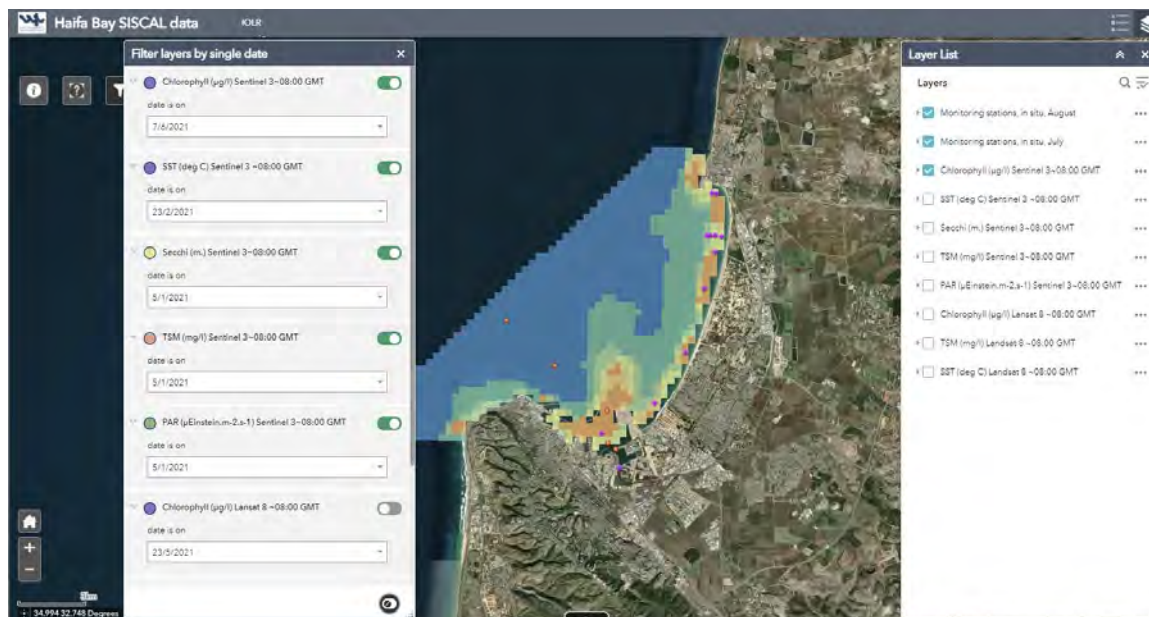
איור 5.7 - המשך



איור 5.8: תפוצת ריכוזי כלורופיל (ממוצעים חודשיים) ב- $\mu\text{g/L}$ (לא מכוויל) במפרץ חיפה בשנת 2022 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג Sentinel-3 (רזולוציה 300X300 מטר) (א) וערכים חודשיים ממוצעים (ב), בחודשים ינואר-דצמבר 2022.



איור 5.8: המשך (ב)



איור 5.9: אפליקציית הניטור של מפרץ חיפה בזמן אמת המבוססת על אנליזות של צילומי לוויין מסוג Landsat 8 עם רזולוציה של 30 מטר ולוויין Sentinel-3 (כיסוי יומי) עם רזולוציה של 300 מטר. הפרמטרים שממופים כוללים: Chl-a, TSM, SEC, PAR, SST.