הערכת מספר המינים המוגנים הנלכדים בדיג מכמורת בישראל

ניתוח על בסיס נתוני גרירות הניטור הלאומי

דצמבר 2025



עיבוד נתונים: דנה קרוגר

כתיבה: עתרת שבתאי[1], ארז ירוחם, אלון רוטשילד[1]

תמונת השער: כריש שנלכד בדיג מכמורת מסחרי "משוחרר" למים. צילום: גיא לוויאן, רט"ג

[1] החצי הכחול, החברה להגנת הטבע (ע"ר) www.mafish.org.il

תקציר

דיג מכמורת קרקעית (Bottom trawling) הוא שיטת דיג במסגרתה נגררת רשת על קרקעית הים. זוהי שיטה הנחשבת כבעלת סלקטיביות נמוכה, הלוכדת טווח רחב של אורגניזמים ימיים שאינם מיני המטרה של הדיג.

ההשפעות ההרסניות של דיג מכמורת על הסביבה הימית מתועדות באופן נרחב בעולם מזה עשורים, וכוללות פגיעה בבתי גידול, במינים רגישים ומוגנים ובתפקוד המערכת האקולוגית, כמו גם פגיעה אקלימית בעקבות שחרור גזי חממה מהסדימנט.

גם בישראל, תועדו לאורך השנים השפעות שליליות של דיג המכמורת על הסביבה הימית, אולם לא נותחו באופן שיטתי המשמעויות של פגיעת שיטת דיג זו במינים מוגנים הנלכדים כשלל לוואי בדיג המכמורת.

בשנים 2017-2018 חל מפנה ברגולציה על דיג המכמורת: בשנת 2017 נכנסו לתוקף תקנות שהגבילו את דיג המכמורת באזור המים הרדודים, שטחים סלעיים ובצפון המרחב הימי של ישראל, וכן השביתו את הדיג בעונת הקיץ. במסגרת זו צומצם מספר רישיונות הדיג מ-27 ל-16 ספינות, מתוכן פעילות כיום כ-12-10 ספינות. בשנת 2018 החלה אכיפה יעילה של התקנות על ידי היחידה הימית של רט"ג.

עבודה זו עושה שימוש בנתונים שנאספו באמצעות גרירת רשתות דיג מכמורת במסגרת תכנית הניטור הלאומית של הים התיכון בין השנים 2014-2023, ומטרתה להעריך מתוך נתונים אלה את **היקף הפגיעה של צי המכמורת המסחרי בישראל במינים מוגנים**, תוך בחינת מגמות רב-שנתיות בהרכב השלל.

בגרירות הניטור הלאומי בין השנים 2014-2023 נלכדו ב-436.5 שעות סקר 15,390 פרטים מ-56 מינים מוגנים כאשר מספר **הפרטים** הגבוה ביותר של מינים מוגנים היה מהמין *Pennatula rubra* (נוצת ים) ממנו נלכדו 9,933 פרטים לאורך השנים. כמו כן, לאורך השנים נלכדו בגרירות הניטור מעל 1,200 פרטים של דגי סחוס מלפחות 12 מינים מוגנים.

ניתחנו נתונים שנאספו באמצעות ספינת מכמורת במסגרת הניטור הלאומי, בעומקים 20, 40, 60 ו-80 מ', מהם חישבנו את שיעור הלכידה של מינים מוגנים ממוצא ים תיכוני (מינים מקומיים, שאינם מינים פולשים) לשעת גרירה, בכל רצועת עומק.

ניתוח של נתוני הניטור הלאומי לאורך השנים מצביע על מספר מאפיינים בולטים:

א. <u>פגיעה בצורבים בעומק 80 מ'</u>

פגיעה של דיג המכמורת במינים מוגנים מקבוצת הצורבים, ובמיוחד בנוצת הים *Pennatula rubra*, המוגדרת על ידי ארגון שמירת הטבע העולמי (IUCN) כמין פגיע (VU) בים התיכון. נוכחותה הגבוהה במיוחד בשלל הגרירות שבוצעו בעומק 80 מ', מהווה עדות מקומית להיותו של דיג המכמורת אחד הגורמים המרכזיים להדלדלות האוכלוסיה של מין זה בים התיכון. עומק זה מתאפיין גם בשיעור הגבוה ביותר של לכידת מינים מוגנים בכלל, כאשר ערך החציון לשעת גרירה הוא 88 פרטים מ-5.5 מינים מוגנים.

ב. <u>מגמות לכידת מינים מוגנים בעומק 20 מ'</u>

בחינה של מגמות בשיעור המינים המוגנים הנלכדים בעומק 20 מ', שנאסר לדיג מכמורת בתקנות הדיג בשנת 2016, לפני ואחרי שנת 2018, מצביעה באופן זהיר על התאוששות מסוימת של אוכלוסיות דגי הסחוס. השוואה בין המגמות של המדדים השונים לפני ואחרי שנת

2018 הראתה כי שנת 2018, בה החלה האכיפה היעילה של תקנות הדיג החדשות, היא השנה בה החלה עלייה **במספר הפרטים המוגנים** ובאחוז הביומסה שלהם מכלל השלל בעומק הרדוד.

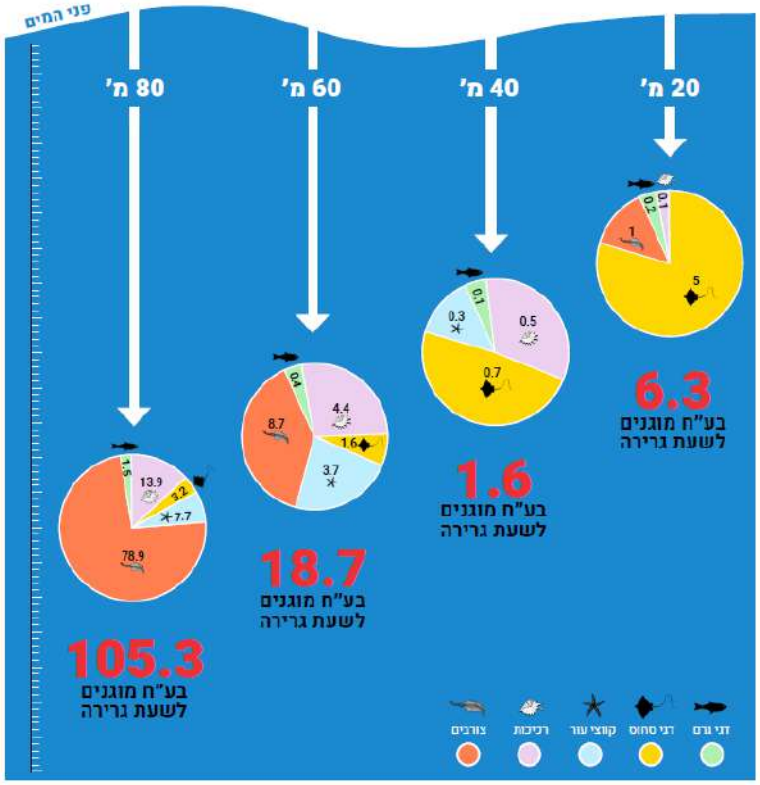
ג. <u>חוסר היעילות וחוסר הסלקטיביות של שיטת המכמורת</u>

44.8% מהפרטים שנלכדים בשעת גרירה הם מינים <u>שאינם מסחריים</u> (כולל מינים מוגנים). זאת, עוד מבלי שחושב אחוז הפרטים <u>המסחריים</u>, הקטנים מגודל המינימום המותר לדיג - מה שצפוי להגדיל עוד יותר את אחוז הפרטים שנחשבים <u>כשלל לוואי</u> בשעת גרירה אחת. יצוין כי חלק ניכר מאוד משלל הלוואי מורכב ממינים פולשים.

בכדי להעריך את מספר הפרטים המוגנים הנלכדים בדיג המכמורת **<u>המסחרי</u>** כל שנה, השתמשנו בנתוני הניטור הלאומי שנאספו החל משנת 2018 ברצועות העומקים 40 מ', 60 מ' ו-80 מ'. הנחנו כי נתונים אלו מייצגים באופן הדומה ביותר את השלל הנלכד **כיום** בדיג מכמורת מסחרי, מכיוון שמאז 2018 מבוצעת אכיפה על תקנות הדיג, האוסרת על גרירת רשתות בעומק 20 מ'. מהנתונים חישבנו את מספר הפרטים המוגנים הנלכדים בשעת גרירה בממוצע (גרירת הרשת לצרכי ניטור מתבצעת באופן דומה אך למשך זמן קצר יותר מגרירה לצרכים מסחריים, לא מצאנו בסיס להניח שמספר הפרטים המוגנים הנלכדים בשעת גרירה יהיה שונה באופן <u>משמעותי</u> בין גרירה של 1.5 שעות לבין 4 שעות). את הערך שחושב הכפלנו בשעות הגרירה המתבצעות כל שנה בישראל, על פי הערכה שמרנית (11 ספינות הפעילות 170 יום בשנה למשך 4 שעות בכל יום פעילות). הערכה שמרנית זו, נועדה לפצות על הטיה אפשרית של התוצאה שעלולה להגרם מההבדלים שבין הגרירות לצרכי הניטור לבין גרירות מסחריות, כמו למשל דיג שמתבצע במגוון רצועות עומק לעומת הגרירה ברצועות עומק קבועות בניטור.

ממצאי האקסטרפולציה להשפעת צי המכמורת המסחרי, מצביעים על כך שבהערכה שמרנית מאוד, בשעת גרירה ממוצעת, נלכדים **למעלה מ-53 פרטים של מינים מוגנים. בשנה נלכדים בדיג המכמורת המסחרי בישראל לפחות 400 אלף פרטים של מינים מוגנים** – היקף שאין כדוגמתו בפעילות אנושית אחרת בים בישראל.

הממצאים מדגישים את חוסר הסלקטיביות של שיטת דיג המכמורת ואת הפגיעה האגבית והלא מכוונת של שיטת דיג זו באוכלוסיות שאינן אוכלוסיות המטרה של הדיג. בכך, גורמת שיטת דיג זו נזק סביבתי שהוא, בסבירות גבוהה, הפעילות האנושית עם הנזק הגבוה ביותר למינים מוגנים בים הישראלי. הממצאים מחזקים את ההבנה כי בהיעדר יכולת לשפר את סלקטיביות השיטה ואת ההשפעות שלה על מינים ימיים ועל בית הגידול של הקרקעית, ובהעדר תמריץ של הדייגים להמנע מפגיעה במינים מוגנים (שכן לא מתבצעת אכיפה נגד דיג אגבי של מינים מוגנים), הדרך למנוע את הנזקים הנגרמים היא סגירת כלל המרחב הימי לשיטה זו, תוך פיצוי הולם לדייגים, בכדי לטפח מערכת אקולוגית ימית משגשגת ובריאה, המעניקה תועלות סביבתיות משמעותיות לכלל הציבור הישראלי.



מספר ממוצע של פרטים ממינים מוגנים מקבוצות שונות הנלכדים בשעת גרירה בעומקים השונים, על פי ניתוח נתונים שנאספו באמצעות גרירת רשת מכמורת במסגרת הניטור הלאומי



צבי ים שנלכדו בגרירת רשת מכמורת. צילום: איליה בסקין, רט"ג

1. מבוא

מספר חודשים לפני כנס האוקיינוסים של האו"ם שנערך ביוני 2025, התגבשה קבוצת מומחים שכללה אקולוגים, חוקרי דיג, אנשי שמירת טבע, מדענים חברתיים, אתיקנים, כלכלנים ומומחי מערכות מזון בכדי להגדיר מחדש מהו דיג בר קיימה, לאור ההידרדרות המתמשכת של מצב האוקיינוסים בעולם (Roberts et al. 2024). הקבוצה הגדירה שני עקרונות מרכזיים המתייחסים למזעור ההשפעה הסביבתית של הדיג[2] ומקסום הערך החברתי-כלכלי שלו. על פי המומחים, שתי הפעולות הראשונות הנדרשות הן: 1. לדוג פחות ולנהל את הדיג באופן שימזער את השפעתו הסביבתית, 2. לבטל ציוד ושיטות דיג הגורמות לנזק אגבי.

דיג מכמורת נחשב לאחת משיטות הדיג הפוגעניות ביותר לסביבה הימית והשפעותיו תועדו באופן עקבי במחקרים מרחבי העולם. בשיטה זו, ספינה גוררת רשתות כבדות על קרקעית הים, דבר שגורם לפגיעה פיסית בקרקעית, משנה את מבנה הקרקעית, מפחית את המורכבות המבנית ומוביל לאובדן של מגוון ביולוגי מקומי (Thrush and Dayton 2002, Coll et al. 2012, Hiddink et al. 2017, McLaverty et al. 2020, Steadman et al. 2021, Agnetta et al. 2025). בנוסף, דיג מכמורת מוביל לשיעור גבוה במיוחד של שלל לוואי הכולל דגים צעירים, מינים שאינם מסחריים ומינים מוגנים (Tsagarakis et al. 2014, Lucchetti et al. 2021). השפעות אלו אינן נקודתיות רק לאזורים בהם מתבצעת גרירת הרשתות, אלא ניכרות גם בתהליכים אקולוגים רחבי היקף אותם הן משבשות, כמו - התחדשות אוכלוסיות, תפקוד בתי גידול ותהליכי סחף ופיזור סדימנטים משקעים (Hiddink et al. 2011, Oberle et al. 2016, Bruns et al. 2023). מחקרים עדכניים אף מצביעים על כך שגרירת רשתות מכמורת באזורים בהם הקרקעית עשירה בפחמן עלולה לשחרר כמויות גדולות של פחמן אל תוך עמודת המים והאטמוספירה ולפגוע בתפקידם של בתי הגידול הימיים כמאגרי פחמן טבעיים, תוך החרפת שינויי האקלים (Sala et al. 2021, Atwood et al. 2024).

הערכות כלכליות ברחבי העולם מצאו כי דיג המכמורת גורם לנזקים כלכליים משמעותיים, הן בהסתכלות ממוקדת על ההיקף העצום של שלל הלוואי (Cashion et al. 2018) והן בניתוח עלות-תועלת רחב. כך לדוגמה, Millage et al. (2025) מצאו כי דיג המכמורת באירופה משיא תועלת כלכלית שלילית של עד 10 מיליארד יורו בשנה. על כן, הפסקה, או צמצום משמעותי במרחב של דיג המכמורת, היא צעד נדרש כחלק מהמאמצים להגן על הדגה, המגוון הביולוגי ושיקום תפקוד המערכת האקולוגית.

מדינות רבות בעולם כבר עשו בשנים האחרונות צעדים משמעותיים לצמצום השפעת דיג המכמורת והצהירו על כוונתן לנקוט באמצעים נוספים בשנים הבאות. נציבות הדיג הים תיכונית אסרה על דיג מכמורת מעומק 1,000 מ' ומעלה כבר משנת 2005 ובשנים האחרונות בוחנת החלה של האיסור מעומק 600 מ' (FAO 2005, 2024). כמו כן, הנציבות פועלת כבר שני עשורים לאיתור והכרזה של אזורים רדודים יותר כאזורים אסורים לדיג מכמורת מפאת נוכחות בתי גידול רגישים בהם (FAO 2021, 2023). במדינות נוספות ברחבי העולם כמו ניו זילנד, ארצות הברית, בריטניה, צ'ילה ואיסלנד נעשים מאמצים לצמצם את השפעת הדיג דרך סגירה מרחבית של שטחים גדולים, ו/או סגירה עונתית של אזורים בהם מתקיימים תהליכים אקולוגים חשובים, שימוש בציוד המפחית באופן משמעותי את שלל הלוואי, וניטור קפדני של מצב האוכלוסיות ובתי הגידול - כל זאת על פי סטנדרטים סביבתיים מתקדמים יחסית (Marine Stewardship Council 2023). בנוסף, במספר מדינות חוף קטנות יחסית, שלחלקן

[2] "Fisheries must minimise environmental harm, allow for the regeneration of marine life and habitats, and adapt to climate change" (Roberts et al. 2024)

שטח ימי גדול למדי, כמו פלאו, סרי לנקה, בליז והונג קונג, דיג מכמורת נאסר, או צומצם בשטחים נרחבים מהמרחב הימי כמו במלזיה ואינדונזיה (OCEANA 2010, Loh and Jaafar 2015, Department of Fisheries and Aquatic Resources 2020, Wang et al. 2021).

גם מדינת ישראל מחויבת לניהול בר קיימה של הדיג, משאב הדגה והים בהתאם לחברותה באמנות וגופים גלובליים ואזוריים - למשל, אמנת המגוון הביולוגי של האו"ם[3], יעדי הפיתוח המקיים (SDG's) של האו"ם[4], נציבות הדיג הים תיכונית[5] (כולל גם הסכמות עם אמנות נוספות כמו אמנת ברצלונה[6]) ואימוץ מדיניות של הארגון לשיתוף פעולה ופיתוח (OECD)[7]. מחויבות זו הופכת מאתגרת במיוחד לאור כך שלפני כעשור, החלו להצטבר ממצאים המעידים על חוסר הסלקטיביות של שיטת דיג המכמורת בישראל העלולה לפגוע הן בדגה המסחרית[8] והן במינם מוגנים כמו צבי ים (שפניר et al. 2013, Levy et al. 2015).

כחלק מהמחויבות הבינלאומית והמאמצים לקידום דיג בר קיימה, צומצם בישראל דיג המכמורת באופן משמעותי כחלק מהרפורמה בענף הדיג וכניסתן לתוקף של תקנות דיג חדשות בשנת 2016. במסגרת הרפורמה, הוטל איסור על דיג מכמורת ב-40% מהמרחב הימי, ובמסגרת זו נאסרה לחלוטין גרירת רשתות מכמורת מקו חוף דור וצפונה וכן באזורים רדודים ואזורים סלעיים בכלל המים הריבוניים. בנוסף, התקנות החדשות קבעו איסור דיג למשך עד 90 יום בעונת הגיוס של הדגיגים הצעירים לאוכלוסיות הדגים הבוגרים. הצי עצמו הצטמצם אף הוא כחלק מתהליך הרפורמה כאשר שליש מספינות המכמורת הוצאו משימוש בתהליך buy-back שבו הדייגים קיבלו פיצויים. על אף הצמצום המשמעותי, דיג המכמורת בישראל ממשיך להתקיים באמצעות 16 ספינות בעלות רישיון (כאשר ההערכה היא שמתוכן פעילות כיום בין 10 ל-12 ספינות) הלוכדות כ-60% משלל הדיג השנתי בים התיכון. אולם, שלל זה מהווה פחות מ-1% מסך צריכת הדגים בישראל (בר-נחום 2022) בעוד ההערכה היא שהנזק הסביבתי שנגרם כתוצאה משיטת דיג זו, אינו פרופורציונלי לחשיבותו הזניחה של הענף למשק הישראלי (רוטשילד 2019).

את מידת ההשפעה של הענף על אוכלוסיות הדגה ועל הסביבה הימית המקומית, לרבות מינים מוגנים ומינים שאינם מסחריים, קשה להעריך באופן כמותי מכיוון שניטור הדיג המסחרי בישראל לא התבצע באופן שיטתי, רציף ועקבי, באופן המאפשר שימוש מדעי בנתונים. יחד עם זאת, סקרים שהתבצעו בין השנים 2017-2020 באגף הדיג של משרד החקלאות, מצביעים על כך שמאז כניסתן לתוקף של התקנות החדשות (2016), ישנה מגמת ירידה בשיעור ערכי הטבע המוגנים הנלכדים בדיג מכמורת, ככל הנראה כתוצאה מהפסקת הדיג באזורים הרדודים והשבתת הדיג בחודשי הקיץ (אדליסט 2021).

לצורך בחינת הקיימות של שיטת המכמורת בישראל, חשוב לענות על שאלות שונות הקשורות בהשפעה הסביבתית והכלכלית של דיג זה. בין השאר, מידת הפגיעה באוכלוסיות שאינן אוכלוסיות המטרה לפני ואחרי כניסת התקנות לתוקף, השפעת הפסקת דיג המכמורת על אוכלוסיות במדף היבשת הישראלי, השפעת תקנות הדיג על מבנה החברות בבתי הגידול השונים, מדדים פיזיים של

[3] Target 10 in the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework 2022

[4] Goal 14- https://sdgs.un.org/goals

[5] https://www.fao.org/gfcm/2030strategy/en/

[6] https://sdgs.un.org/partnerships/memorandum-understanding-between-united-nations-environment-programme-mediterranean

[7] https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/fisheries-and-aquaculture/OECD%20Review%20of%20Fisheries%202025%20Summary%20-%20web.pdf

[8] מתוך שפינר וחוב' 2013: "כ-***80%*** *מהפרטים הנידוגים הינם* ***צעירים*** *שטרם הגיעו לבגרות מינית, וכ-****65%*** *מהפרטים* ***מושלכים*** *עקב גודלם הקטן, מספרים המעידים על* ***דיג יתר חמור של גודל"***

בתי הגידול והשפעות סוציואקונומיות של ניהול הדיג ברמת המשק וכן היבטים של רווחת הדייגים התלויים בדיג לפרנסתם.

עבודה זו מתמקדת בהיבט יחיד של השפעות סביבתיות של דיג המכמורת בישראל – בלכידה הלא מכוונת של מינים שאינם מהווים מיני מטרה לדיג זה מעצם היותם מוגדרים כמינים מוגנים בישראל, תוך מתן דגש לסטטוס הסיכון של המינים השונים לפי הגדרות ארגון IUCN.

בהיעדר מידע כמותי, רציף ומהימן של שלל הדיג ושלל הלוואי הנלכד בדיג המסחרי לאורך השנים ובטווחי עומקים שונים, עבודה זו בוחנת את המגמות שעולות מתוך נתוני הניטור הלאומי הפתוחים לציבור, אשר חלק מסקריו מתבצעים על ידי גרירת רשתות מכמורת בזמנים ומקומות קבועים וידועים, במשך יותר מעשור. כמו כן, נתונים אלו כוללים מידע רב לגבי השלל כמו מספר ומשקל פרטים והגדרה טקסונומית לרמה המדויקת ביותר האפשרית. נתונים אלו מהווים כיום את מקור המידע המקיף והמדויק ביותר לגבי שלל דיג המכמורת – על אף שמטרתם היא ניטור החי על המצע הרך .

מטרת עבודה זו היא להעריך את היקף המינים המוגנים ממוצא מקומי (ים תיכוני) הנלכדים בדיג המכמורת, הן בפילוח לעומקים שונים והן בהיקף שנתי כולל, ולעמוד על מגמות העולות מניתוח נתוני הניטור הלאומי בראייה רב שנתית.

2. שיטות

בסיס הנתונים בו נעשה שימוש בעבודה זו הוא נתוני הניטור הלאומי של סקרי חי על המצע הרך, אשר נאספו בסקרי הניטור משנת 2014 ועד שנת 2023. נתונים אלו פתוחים לציבור במאגר המידע של חקר ימים ואגמים לישראל[9] בצורתם הגולמית וכל הניתוח של הנתונים נעשה כחלק מהעבודה המפורטת בדו"ח זה ולא כחלק מפעילות הניטור. הסקרים נערכו בדרום הארץ מול חופי אשדוד והתבצעו באמצעות ספינת מכמורת מסחרית פעמיים בכל שנה, באביב ובסתיו, כאשר בכל סקר נעשו מספר גרירות רשת מכמורת למשך שעה וחצי, כל אחת. הסקרים נעשו בכל שנה בחתכים קבועים ברצועות העומקים 20, 40, 60 ו-80 מ', גם במהלך היום וגם במהלך הלילה. הפרטים שהועלו לסיפון זוהו לרמה הטקסונומית המדויקת ביותר, נשקלו ונספרו.

א. ניתוח הנתונים

א. ניתוח נתוני הניטור הלאומי
הערכת הרכב המינים התבססה על סיווג מקדים לקטגוריות: מוגנים/לא מוגנים, מסחריים/לא מסחריים, ופולשים/מקומיים:

- הסיווג למינים מוגנים נעשה על פי הרשומות בקובץ תקנות לחוק אכרזת גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה (ערכי טבע מוגנים) על עדכוניו העיתיים[10].

[9] IsramarBio: https://www.ocean.org.il/isramarbio-%D7%9E%D7%90%D7%92%D7%A8-%D7%94%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%A2-%D7%94%D7%91%D7%99%D7%95%D7%98%D7%99/

[10] https://main.knesset.gov.il/activity/legislation/laws/pages/LawPrimary.aspx?t=lawlaws&st=lawlaws&lawitemid=2000156

- הסיווג למינים פולשים ומקומיים למזרח הים התיכון נעשה על פי CIESM (כאשר iNaturalist ו GBIF שימשו כגיבוי) ועל פי Edelist et al. (2013). מינים פולשים, גם אלו המשתייכים לקבוצות טקסונומיות מוגנות, סווגו כמינים לא מוגנים (בסך הכל הנתונים כללו 7 מינים פולשים המשתייכים לקבוצות טקסונומיות מוגנות).
- הסיווג למינים מסחריים נעשה על פי שטרן (2016) ושפניר et al. (2013).

מהנתונים הוחרגו:

- **מינים פולשים השייכים לקבוצה טקסונומית מוגנת בים התיכון** - הוחרגו מניתוח לכידת מינים מוגנים.
- פרטים מקבוצות טקסונומיות מוגנות הכוללות מינים מקומיים ופולשים, שלא זוהו לרמת המין ועל כן המקור הביו-גיאוגרפי שלהם אינו ודאי - הוחרגו מניתוח לכידת מינים מוגנים וכן מניתוח מגמות הקשורות במינים פולשים.
- בבחינת הביומסה של מינים מוגנים (בסקרים בעומק 20 מטר, ראו בהמשך תת פרק זה), הוסרו כלל הנתונים מ-8 מתוך 60 רשתות שבהן היו מינים שלא צוין משקלם.

לאחר הסיווג, חושב מספר המינים ומספר הפרטים מכל מין בקטגוריות השונות בפילוח לפי המשתנים שנה, עומק, יום/לילה.

בכדי להשוות את הרכב השלל לפני ואחרי יישום תקנות הדיג משנת 2016, נעשתה השוואה של עושר מינים, ביומסה ושיעור מינים מוגנים בעומק 20 מ' שנאסר לדיג מכמורת, לפני ואחרי שנת 2018 – השנה שבה בפועל החלה האכיפה של תקנות הדיג (שנחתמו בשנת 2016). ההשוואה נעשתה על ערכים ממוצעים של שעת גרירה, ללא הערכים שהוחרגו.

ב. חיוץ נתונים (אקסטרפולציה) להערכת ההשפעה של צי המכמורת המסחרי

הערכת השפעת צי המכמורת בישראל על החי הימי חושבה באמצעות אקסטרפולציה של נתוני הניטור. ערכי ממוצע של מספר פרטים הנלכדים בשעת גרירה שחושבו מנתוני גרירות הניטור, הוכפלו במספר הספינות הפעילות ובשעות הגרירה השנתיות (הערכת מספר מינים הנלכדים בשנה נעשתה באמצעות Species Accumulation Curve, נספחים 3 ו-4). בכדי להקפיד על הערכה שמרנית ותואמת את המצב הנוכחי של כושר הדיג של הצי והרגולציה החלה עליו, חישוב מספר הפרטים המוגנים הנלכדים בשעת גרירה נעשה על בסיס נתונים שנאספו החל משנת 2018 ורק בעומקים 40, 60 ו-80 מ' כדי לשקף את פעילות הצי תחת תקנות הדיג החדשות (התקנות החל משנת 2017 אוסרות על דיג מתחת לעומק 40 מ' בין דור לבת ים, ומתחת ל-30 מ' מדרום לבת ים, כך שרצועת העומק 20 מ' אסורה בדיג מכמורת).

הערכה של מספר שעות הגרירה המסחריות בישראל, נעשתה באופן שמרני ביותר והניחה כי בכל שנה פועלות 11 ספינות מכמורת (מתוך 16 בעלות רישיון דיג) וכי כל ספינה גוררת ביום 4 שעות בלבד (, במשך 170 יום בשנה (על פי הערכה של מספר ימי ים בהם ספינות המכמורת פעילות, מתוך דו"חות ניטור אגף הדיג בשנים 2017-2020)[11].

[11] יודגש כי זו הערכה מאוד שמרנית, שכן הערכה ריאלית היא שמכמורתנים יוצאים למסעות דיג רצופים בים, במסגרתם הם מבצעים מספר גרירות רשת בכל יממה, ולא רק גרירה אחת או שתיים של 4 שעות כל אחת.

ב. סטטיסטיקה

טיפול בהתפלגויות בלתי-נורמליות

בוצע מבחן Shapiro-Wilk לבדיקת התפלגות נורמלית של נתוני מספר הפרטים לגרירה, אחוז מספר פרטים מוגנים, ומספר פרטים מוגנים לגרירה לפני טרנספורמציה, ואחרי טרנספורמציית לוג. בשני המקרים נמצא כי הנתונים אינם מתפלגים נורמלית (p-value < 0.05), ולכן נעשה שימוש במבחני פרמוטציה א-פרמטריים ובמודלים סטטיסטיים המותאמים להתפלגויות שאינן נורמליות.

עבור כל משתנה תלוי, נבחנו מודלים שכללו את המשתנים המסבירים הבאים: זמן הגרירה (יום/לילה), עונת הגרירה, תאריך, ועומק הגרירה. עבור משתנים בדידים (כגון מספר פרטים ומספר מינים) נעשה שימוש במודלים מסוג GLM (Negative Binominal – BM), ועבור משתנים באחוזים נעשה שימוש במודלים ליניאריים (LM). לא נמצאו אסוציאציות מובהקות בין כלל המשתנים המסבירים. לשם בחירת המודל המתאים ביותר, נעשה שימוש במדדים AIC ו-BIC, אשר בוחנים את איכות ההתאמה של המודל לנתונים תוך שמירה על פשטות. ככל שערכים אלו נמוכים יותר, המודל נחשב טוב יותר. כאשר ההבדל בין שני מודלים בערכי ה-BIC היה גדול מ-2, העדפנו את המודל עם ה-BIC הנמוך יותר כדי לזהות את המגמות הברורות ביותר. במקרה של ניתוח מספר הפרטים המוגנים, בחרנו במודל שבו ערך ה-BIC היה השני הנמוך ביותר, למרות שערך ה-AIC היה גבוה יותר, על מנת להבטיח שקלול של משתנה התאריך (השנה) במודל. לאחר בחירת המודל, נבדקו הקשרים בין המשתנים המסבירים למשתנה התלוי באמצעות מבחני פרמוטציה בשיטת Freedman-Lane (עם 20,000 איטרציות). בנוסף, בוצע תהליך הפרדה (residualization) שמאפשר לבחון את ההשפעה של כל משתנה בנפרד על מדדי כמות, עושר וביומסה.

חישוב מספר מינים לגרירה

גרירות סקר הניטור ארכו שעה וחצי כל אחת. כדי לתקן את מספר המינים לשעת גרירה נעשה שימוש בעקומת הצטברות מינים (Species Accumulation Curve, נספחים 3 ו-4). לפי אקסטרפולציה של העקומה, מספר המינים שנספר בסקר הוכפל ב-0.668, כהערכה למספר המינים הצפוי בשעת גרירה אחת.

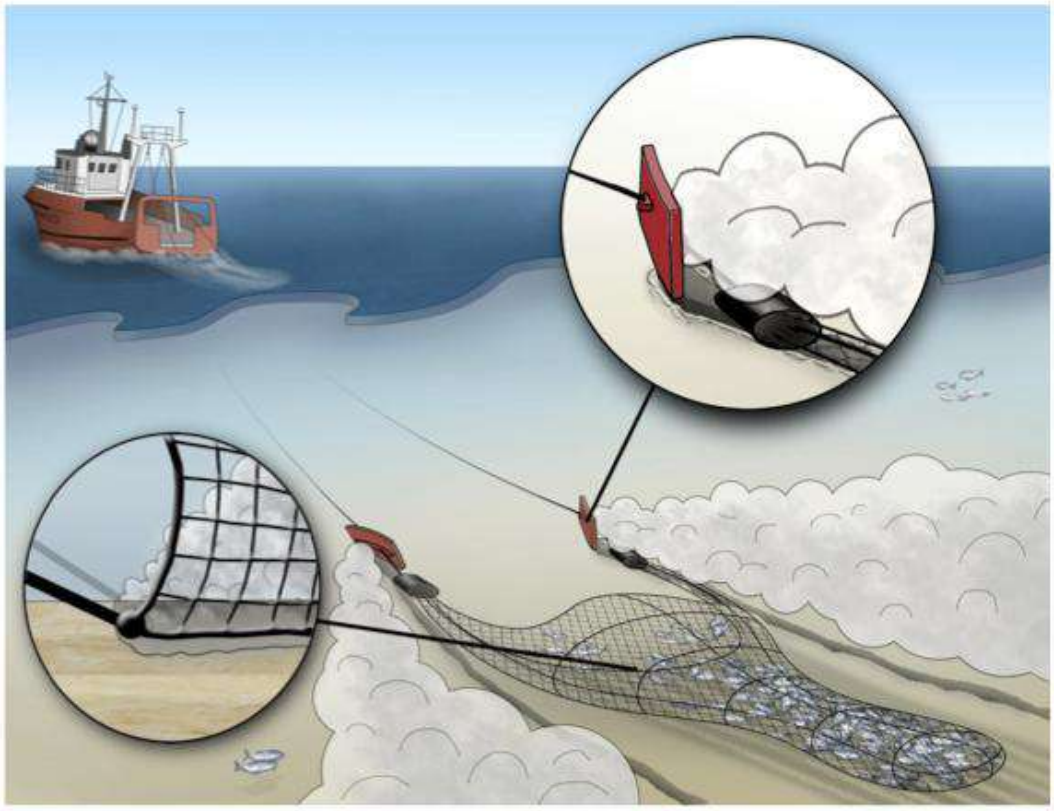
*כתמיות הנתונים ו**Outliers**:*

התפלגות מספר הפרטים ממין מסוים בגרירות נמצאה כבעלת הטיה חיובית (הטייה ימינה עם זנב לכיוון הערכים הגבוהים), כאשר מעל 7% מהנתונים הוגדרו כערכים חריגים מאוד (Extreme outliers, ערכים הגבוהים מהגבול העליון שהוגדר כ: Q3 + 3×IQR בשעת גרירה עבור כל מין). התפלגות זו אופיינית לבית גידול עם תפוצה כתמית, בו יש התקבצויות מרחביות צפופות מאוד של מינים ופרטים בנקודות מסוימות ופיזור דליל בשאר המרחב. לאחר בחינת מספר גישות למניעת הטיה אפשרית של הנתונים עקב חריגים (ראה נספח 1), הוחלט להשתמש בכלל הנתונים ללא הסרת הערכים החריגים, כיוון שהופעת "ערכים חריגים מאוד" ביותר משלושה רבעים מהרשתות, הצביעה על כך שהכתמיות העולה מהנתונים משקפת את

המציאות ואינה נובעת משגיאות מדידה או מתופעות חריגות (נתונים "חריגים מאוד" הופיעו ב-78% מהרשתות. לכן ניתן להניח כי הם משקפים וריאציה טבעית ולא טעויות מדידה).

נקודת מפנה (Breaking points)

בגרירות בעומק 20 מטר, נבחנה השפעת תקנות הדיג החדשות שנכנסו לתוקף בשנת 2016 והחלו להיאכף בפועל באמצע שנת 2018. לצורך כך השתמשנו במודלים רגרסיביים המותאמים לסוג המשתנה התלוי בשילוב רגרסיה מקוטעת (segmented regression), כדי לבדוק האם חל שינוי מובהק בשיפוע הקשר בין הזמן (תאריך) לבין מדדי עושר המינים, כמות הפרטים והביומסה של השלל בין התקופות שלפני כניסת התקנות לתוקף, **ב-2014-2017** ואחרי- ב-**2019-2023.** עבור משתנים בדידים נעשה שימוש במודלי NB ועבור מדדי אחוזים נעשה שימוש במודלים ליניאריים. נעשה שימוש במבחן פרמוטציה על פי Freedman–Lane, המאפשר לזהות אם קיימת מגמת עלייה או ירידה במדדים לאחר תחילת אכיפת התקנות, תוך בקרה על משתני הזמן ביממה ועונה. יתרונה של שיטה זו בכך שהיא אינה דורשת הנחה מוקדמת שהנתונים או השאריות מתפלגים בצורה נורמלית, ולכן מתאימה גם לנתונים בעלי התפלגויות לא סימטריות או בעלי ערכים קיצוניים.



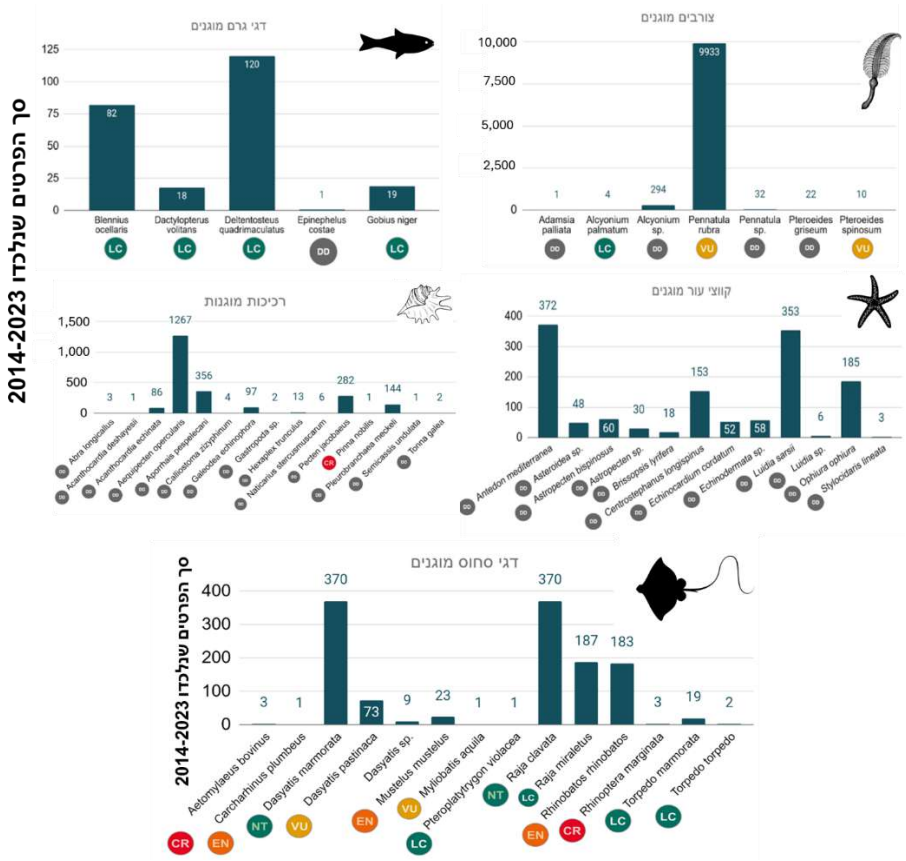
המחשה של גרירת רשת המכמורת ו"חריש" הקרקעית ע"י "דלתות" הרשת.
איור: Ferdinand Oberle

3. תוצאות

לאורך עשר שנות הסקר במסד הנתונים שניתחנו, נדגמו בגרירות הניטור הלאומי 977,201 פרטים מ-294 מינים שונים, ש-56 מהם הם מינים מוגנים, 49 מינים מסחריים מקומיים, 20 מינים מסחריים פולשים, 69 מינים מקומיים שאינם מסחריים, 52 מינים פולשים שאינם מסחריים ו- 48 מינים שלא זוהו לרמת המין ולכן המקור הביו-גיאוגרפי שלהם אינו ידוע.

<u>א. לכידת מינים מוגנים בגרירות הניטור</u>

בין השנים 2014-2023 נלכדו ב-436.5 שעות סקר 15,390 פרטים מ-56 מינים מוגנים כאשר מספר **הפרטים** הגבוה ביותר היה מהמין *Pennatula rubra* (נוצת ים), ממנו נלכדו 9,933 פרטים לאורך השנים. מספר **המינים** המוגנים הגבוה ביותר היה מקבוצת הרכיכות, שממנה נלכדו 2,265 פרטים מ-15 מינים מוגנים שונים. כמו כן, לאורך השנים נלכדו מעל 1,200 פרטים של דגי סחוס, מלפחות 12 מינים מוגנים. קבוצות המינים המוגנים שנלכדו הכי מעט היו מתת מערכת הסרטנאים ומערכת הספוגים (מ- 8 מיני הסרטנים הים תיכוניים המוגנים בחוק הישראלי, נלכדו רק 2 פרטים מהמין *Scyllarus pygmaeus* בכלל הגרירות וממערכת הספוגים, תועדו רק 4 פרטים מ-2 מינים שונים סך הכל). כמו כן תועדו מעל 200 פרטים מחמישה מינים של דגי גרם מוגנים (איור 1).



איור 1. מינים מוגנים שנלכדו בגרירות מכמורת בסקרי הניטור הלאומי. ציר ה-X מפרט את שם המין וציר ה-Y את מספר הפרטים הכולל שנלכד במהלך תקופת הדיגום (ערך ציר ה-Y מצוין גם מעל העמודות). סטטוס הסיכון של כל מין ע"פ הרשימה האדומה של IUCN מוצג בעיגול מתחת לשם המין.

ב. שיעור המינים המוגנים שנלכדו בגרירות הניטור לאורך השנים וביחס למשתנים נוספים

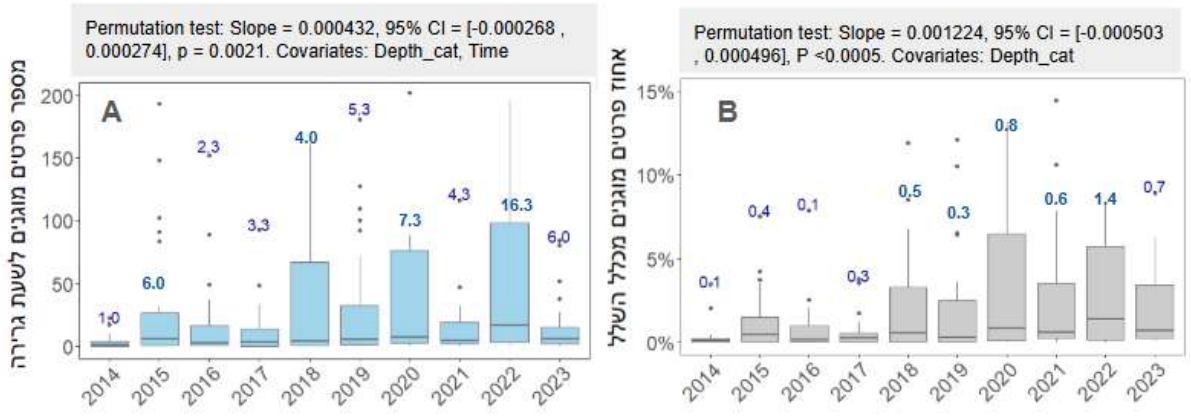
מספר המינים, ומספר הפרטים ממינים מוגנים, שנלכדו כחלק משלל סקרי הניטור, הראו באופן כללי עלייה עם השנים. נראה כי במידה רבה לעומק יש השפעה על דפוס לכידת המינים המוגנים (שיעור הפרטים והמינים המוגנים מוסבר באופן מיטבי על ידי משתנים אלו ברוב הניתוחים). תת הפרקים הבאים מתארים את המגמות של לכידת פרטים ומינים מוגנים לשעת גרירה בכדי לאפשר השוואה נוחה בין התוצאות, אך התרשימים מציגים הן את התוצאות לשעת גרירה והן את המגמות ביחס לשיעור המינים המוגנים שנלכדו **בכל גרירה** (אחוז מסך השלל של גרירה בודדת).

ג. מספר פרטים מוגנים לשעת גרירה

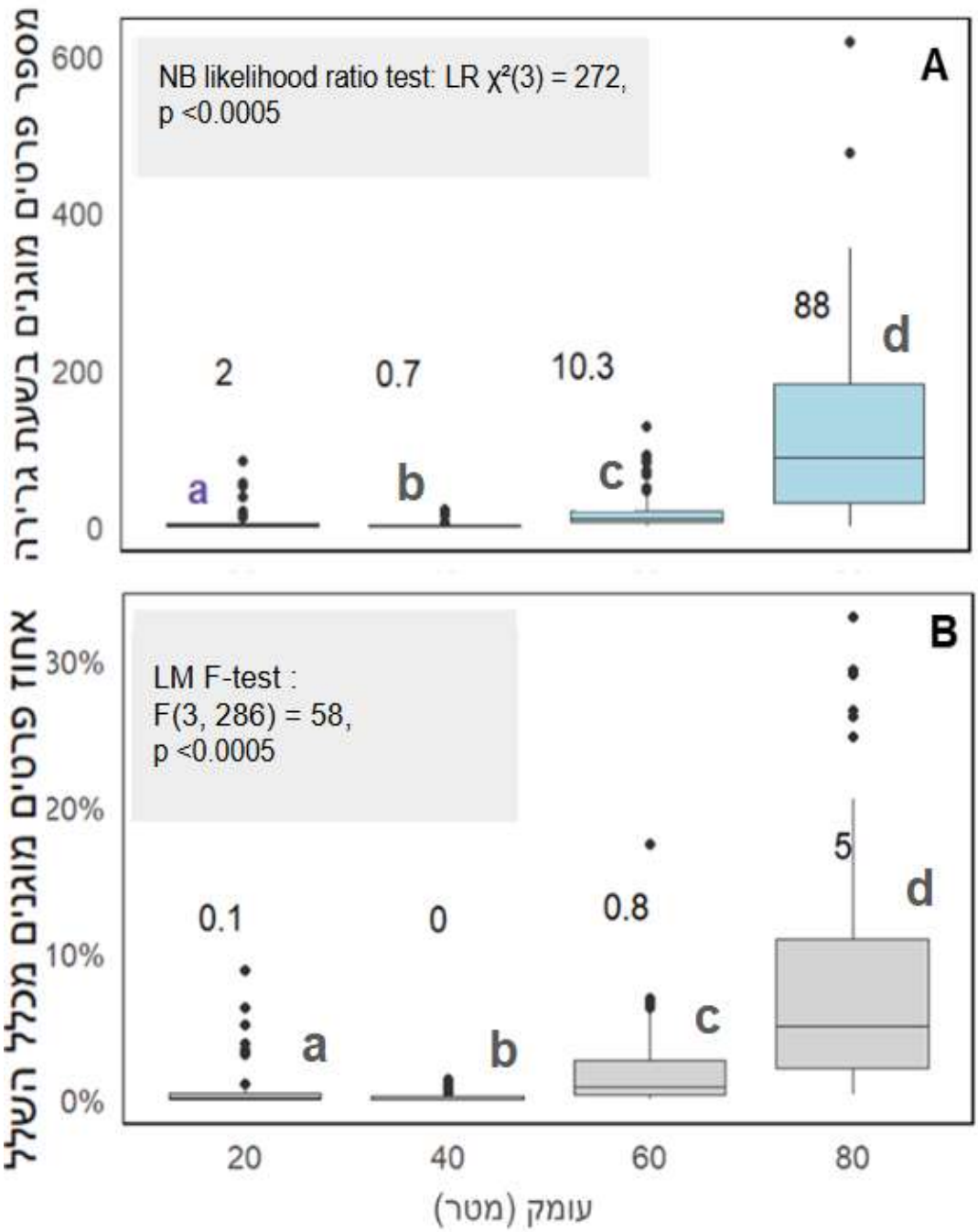
מספר הפרטים המוגנים לשעת גרירה מוסבר באופן המיטבי על ידי העומק, הזמן ביממה והשנה (משתנה רציף הכולל גם את התאריך וגם את השנה, אך יקרא שנה מעכשיו לשם הפשטות).

השפעת שנת הגרירה הייתה מובהקת וחיובית (איור 2), **מה שמעיד על מגמת עלייה ברורה במספר הפרטים המוגנים שעלו בשעת גרירה לאורך השנים** 2014-2023. החציון עלה מפרט בודד לשעה בשנת 2014 , ל-16.3 פרטים מוגנים לשעה בשנת 2022. בשנת 2023 הייתה ירידה לחציון של 6 פרטים לשעה.

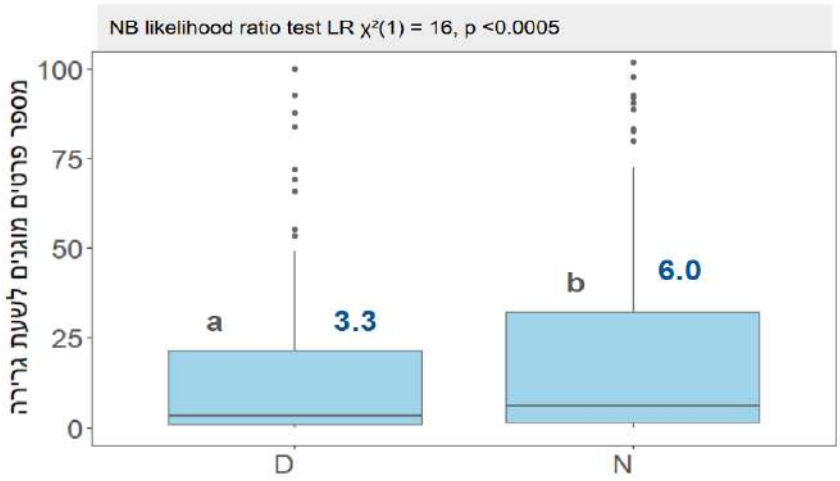
מספר הפרטים המוגנים לשעת גרירה השתנה משמעותית בין עומקי הגרירה, **כאשר המספר הגבוה ביותר של פרטים מוגנים נלכד בגרירות בעומק 80 מטר עם חציון של 88 פרטים לשעה,** והנמוך ביותר בעומק 40 עם חציון של פחות מפרט אחד לשעה- 0.67 (איור 3) .מספר הפרטים לשעת גרירה נבדל משמעותית בין היום ללילה. המספר גבוה יותר בלילה, עם חציון של 6 פרטים מוגנים לשעה, לעומת 3.3 פרטים לשעה ביום (איור 4).



איור 2: מספר הפרטים המוגנים שנלכדו בשעת גרירה (A) וכאחוז מכלל הפרטים בשלל **כל גרירה** (B) לאורך השנים. התפלגות שיעור הפרטים המוגנים שנלכדו מוצגת בדיאגרמות הקופסא, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון השנתי. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. קיימת מגמת עליה מובהקת במספר הפרטים המוגנים לשעת הגרירה לאורך השנים. *13 ערכים חריגים עם ערך מעל 200 נחתכו מתרשים 2A ו-14 ערכים חריגים עם ערך שמעל 15% נחתכו מתרשים 2B עבור הצגה ברורה של הנתונים.



איור 3 : מספר הפרטים המוגנים שנלכדו בשעת גרירה (A) וכאחוז מכלל הפרטים שנלכדו בכל גרירה (B) בעומקים השונים. התפלגות שיעור הפרטים המוגנים שנלכדו מוצגת בדיאגרמות הקופסא, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים . האותיות a,b,c,d מייצגות הבדלים משמעותיים בין הקבוצות, כאשר קבוצות שאינן נבדלות משמעותית זו מזו חולקות את אותה האות (Pairwise permutation, $p < 0.05$).



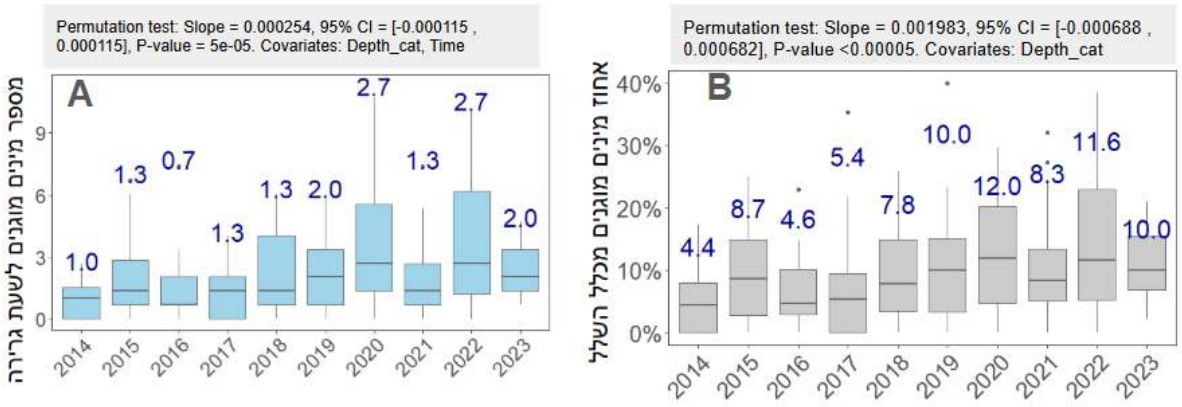
איור 4: מספר הפרטים המוגנים לשעת גרירה בגרירות היום וגרירות הלילה נבדל משמעותית עם מספר גבוהה יותר של פרטים מוגנים שנלכדים בגרירות הלילה. התפלגות שיעור הפרטים המוגנים מוצגת בדיאגרמות הקופסא הכחולות, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 47 נקודות בהן מספר הפרטים גבוה מ-100 נחתכו כדי לקבל הצגה ברורה של הנתונים. האותיות מעל הגרפים מייצגות הבדלים משמעותיים, כאשר קבוצות שאינן נבדלות משמעותית זו מזו חולקות את אותה האות (Pairwise permutation, $p < 0.05$).

ד. מספר מינים מוגנים לשעת גרירה

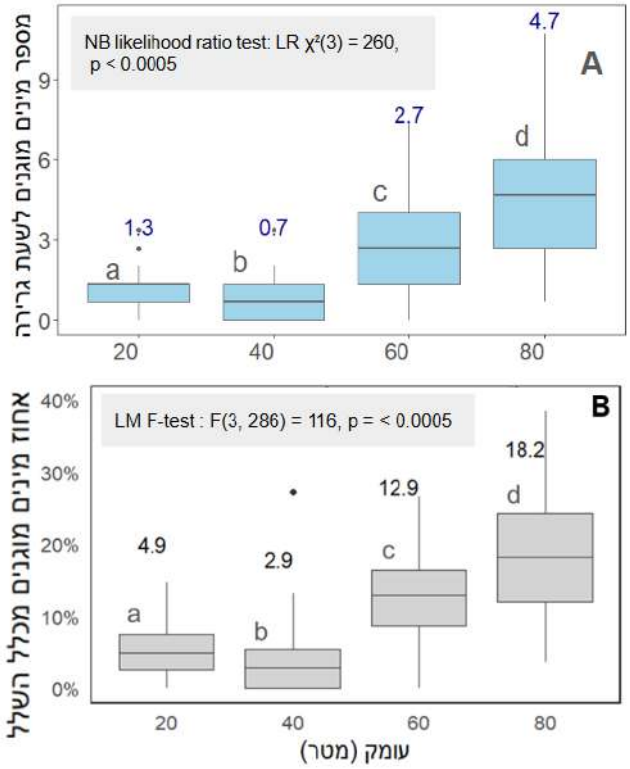
מספר **המינים** המוגנים לשעת גרירה מוסבר באופן המיטבי על ידי העומק, השנה והזמן ביממה (יום/לילה). השפעת השנה הייתה מובהקת וחיובית, מה שמעיד על מגמת עלייה במספר המינים המוגנים שעלו בשעת גרירה לאורך השנים 2014-2023. החציון עלה ממין מוגן אחד בשעת גרירה ל-2.7 מינים מוגנים לשעת גרירה בשנת 2022. בשנת 2023 הייתה ירידה לחציון של 2.0 מינים מוגנים לשעת גרירה (איור 5).

מספר המינים המוגנים לשעת גרירה משתנה משמעותית בין עומקי הגרירה , כאשר **המספר הגבוה ביותר של מינים מוגנים נלכד בגרירות בעומק 80 מטר עם חציון של 4.7 מינים מוגנים לשעת גרירה**, והנמוך ביותר בעומק 40 מטר עם חציון של פחות ממין אחד –0.7 לשעת גרירה (איור 6).

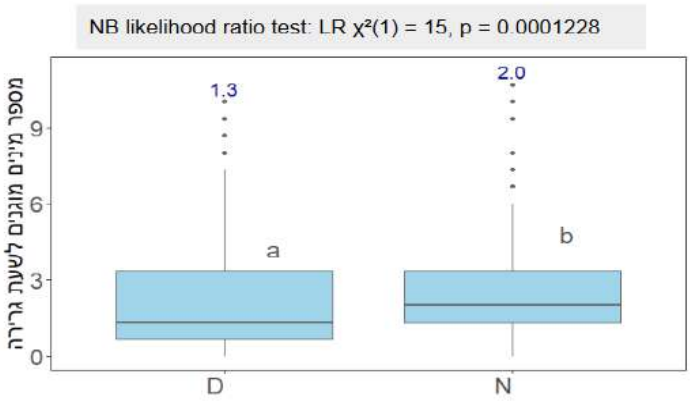
מספר המינים המוגנים לשעת גרירה נמצא בשיאו בלילה עם חציון של 2.0 מינים מוגנים לשעת גרירה , לעומת 1.3 מינים מוגנים לשעת גרירה במהלך היום (איור 7).



איור 5 : מספר המינים המוגנים שנלכדו בשעת גרירה (A) וכאחוז מכלל המינים שנלכדו בכל גרירה (B) לאורך השנים. התפלגות שיעור המינים המוגנים מוצגת בדיאגרמות הקופסא, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון השנתי. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים . **קיימת מגמת עליה במספר המינים המוגנים לשעת גרירה לאורך השנים.**



איור 6: מספר המינים המוגנים לשעת גרירה (A) וכאחוז מכלל המינים שנלכדו בכל גרירה (B) בעומקים השונים. **מספר המינים המוגנים לשעת גרירה משתנה משמעותית בין עומקי הגרירה , כאשר המספר הגבוה ביותר של מינים מוגנים נלכד בעומק 80 מ' והמספר הנמוך ביותר נלכד בעומק 40 מ'**. התפלגות שיעור המינים המוגנים מוצגת בדיאגרמות הקופסא, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון השנתי. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. האותיות מעל הגרפים מייצגות הבדלים משמעותיים, כאשר קבוצות שאינן נבדלות משמעותית זו מזו חולקים את אותה האות (Pairwise permutation, $p < 0.05$).



איור 7: מספר המינים המוגנים לשעת גרירה בשלל גרירות היום וגרירות הלילה. **מספר המינים המוגנים לשעת גרירה נמצא בשיאו בלילה**. התפלגות שיעור המינים המוגנים מוצגת בדיאגרמות הקופסא הכחולות, כאשר המספרים מעליהן מייצגים את החציון השנתי. הנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים .האותיות מעל הגרפים מייצגות הבדלים משמעותיים, כאשר קבוצות שאינן נבדלות משמעותית זו מזו חולקים את אותה האות (Pairwise permutation, $p < 0.05$).

טבלה 1: מספר הפרטים המוגנים הממוצע מכל קבוצה טקסונומית **לשעת גרירה בניטור הלאומי**, בחלוקה על פי עומק ושנה.

עומק (מ')	Group	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ממוצע רב שנתי
20	**Actinopterygii**	0.33	1.83	0	0	0.3	0	0	0	0	0	**0.2**
	Cnidaria	0	0	0	3	0	0	6	1	0	0	**1.0**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	0	0	0	0.08	0	0	0	0.1	0	0	**0**
	Elasmobranchii	1	0.5	0.33	0.92	0.67	1.17	3.67	1.92	14.08	26	**5.0**
	Mollusca	0	0.17	0	0.08	0.08	0.08	0.08	0	0.5	0	**0.1**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	**0**
40	**Actinopterygii**	0	0.2	0.2	0	0.08	0	0	0	0	0.08	**0.1**
	Cnidaria	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	**0.0**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0.0**
	Echinodermata	0	0	0.13	1.75	0.08	0	0	0.5	0.5	0.3	**0.3**
	Elasmobranchii	0	0.33	0.60	0.42	0.25	0.33	0.50	2.92	0.4	1.4	**0.7**
	Mollusca	0	0	0.07	2.67	0.08	0.75	0.58	0.42	0.5	0	**0.5**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0.08	0.08	0	0	**0.0**
60	**Actinopterygii**	0.17	1.17	0.50	0.33	0	1.00	0.25	0.08	0	0	**0.4**
	Cnidaria	1.33	6.75	15.75	32.67	3.33	6.50	8.50	1.67	9.33	1.25	**8.7**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	0.67	0.92	4.17	3.42	0.75	0.83	8.33	2.67	12.42	2.42	**3.7**
	Elasmobranchii	0.83	1.75	0.67	0.25	0.25	2.50	1.33	0.25	5.08	2.92	**1.6**
	Mollusca	0.17	3.58	5.75	4.25	3.5	1.67	17.92	3.25	3.17	0.58	**4.4**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
80	**Actinopterygii**	0.17	1.42	0.83	0.92	1.25	2.17	1.58	0.08	6.67	0.08	**1.5**
	Cnidaria	11.67	76.58	41.83	62.25	91.83	69.08	236.17	27.75	159.08	12.50	**78.9**
	Crustacea	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	0	1.25	10.83	2.08	6.08	4.17	32.92	3.33	14.75	1.75	**7.7**
	Elasmobranchii	0.83	1.92	0.17	1.25	1.92	3.08	9.67	3.67	5.83	3.83	**3.2**
	Mollusca	0	5	0.17	2.17	76.83	22	13	4.25	14.9	0.75	**13.9**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	**0**

טבלה 2: מספר הפרטים המוגנים הממוצע לשעת גרירה , בחלוקה על פי עומק ושנה

עומק (מ')	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ממוצע רב שנתי
20	1.3	2.5	0.3	3.7	1.0	1.3	9.8	2.8	14.6	26.1	**6.3**
40	0	0.5	1.1	4.8	0.5	1.1	1.2	3.9	1.4	1.8	**1.6**
60	3.2	14.2	26.8	40.9	7.8	12.5	36.3	7.9	30	7.2	**18.7**
80	12.7	86.3	53.8	68.7	177.9	100.5	293.4	39.1	201.3	18.9	**105.3**

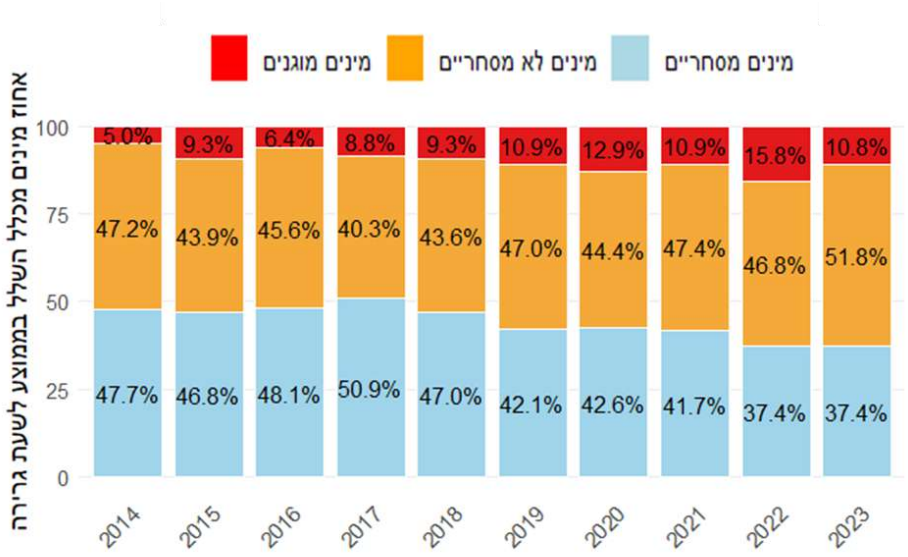
טבלה 3: סכום הפרטים המוגנים מהקבוצות הטקסונומיות השונות שנלכדו בגרירות הניטור בחלוקה על פי עומק ושנה

עומק (מ')	Group	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	סכום רב שנתי
20	**Actinopterygii**	2	11	0	0	3	0	0	0	0	0	**16**
	Cnidaria	0	0	0	31	0	0	73	10	0	0	**114**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	**2**
	Elasmobranchii	6	3	2	11	8	14	44	23	169	312	**592**
	Mollusca	0	1	0	1	1	1	1	0	6	0	**11**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	**1**
40	**Actinopterygii**	0	2	3	0	1	0	0	0	0	1	**7**
	Cnidaria	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	0	0	2	21	1	0	0	6	6	4	**40**
	Elasmobranchii	0	4	9	5	3	4	6	35	5	17	**88**
	Mollusca	0	0	1	32	1	9	7	5	6	0	**61**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	**2**
60	**Actinopterygii**	1	14	6	4	0	12	3	1	0	0	**41**
	Cnidaria	8	81	189	392	40	78	102	20	112	15	**1037**
	Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Echinodermata	4	11	50	41	9	10	100	32	149	29	**435**
	Elasmobranchii	5	21	8	3	3	30	16	3	61	35	**185**
	Mollusca	1	43	69	51	42	20	215	39	38	7	**525**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

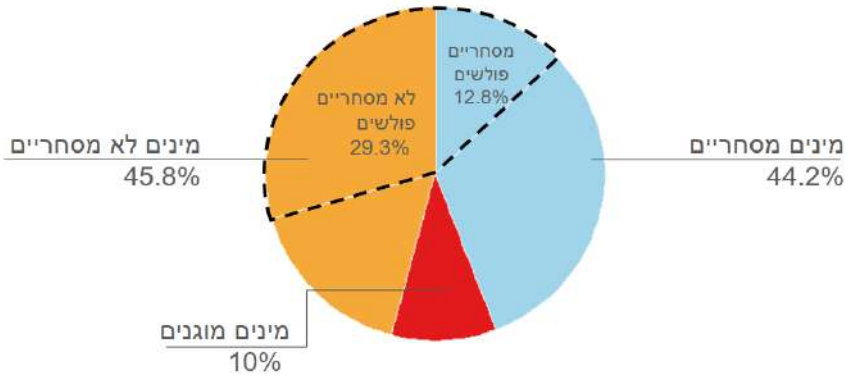
	Actinopterygii	1	17	5	11	15	26	19	1	80	1	**176**
	Cnidaria	70	919	251	747	1102	829	2834	333	1909	150	**9144**
	Crustacea	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**
80	**Echinodermata**	0	15	65	25	73	50	395	40	177	21	**861**
	Elasmobranchii	5	23	1	15	23	37	116	44	70	46	**380**
	Mollusca	0	60	1	26	922	264	156	51	179	9	**1668**
	Porifera	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	**1**
	סך הפרטים המוגנים שנתפסו בשנה	103	1227	663	1417	2247	1384	4089	645	2967	648	**15390**

ה. התפלגות כלל המינים שנלכדו בגרירות הניטור

בין השנים 2014-2023, נלכדו בסקרי הניטור הלאומי **977,201** פרטים מ- 294 מינים שונים של דגים וחסרי חוליות. הרכב השלל בסקר כלל בממוצע רב שנתי לשעת גרירה 10% מינים מוגנים, 45.8% מינים שאינם מסחריים ו-44.2% מינים מסחריים (איורים 8-9).



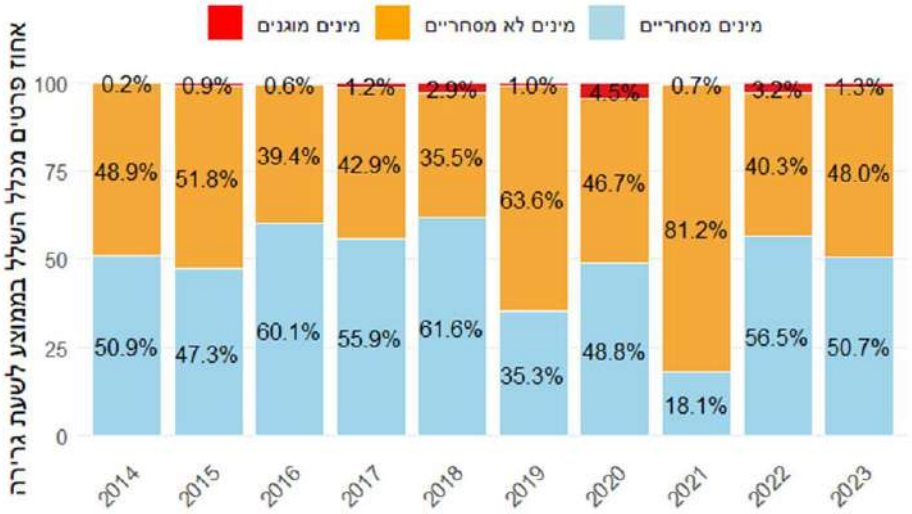
איור 8: אחוז המינים המסחריים, המינים המוגנים והמינים שאינם מסחריים בממוצע שנתי לשעת גרירה. *פרטים שלא זוהו לרמת המין היוו בממוצע 2% ממספר המינים לגרירה והוחרגו מהחישוב.



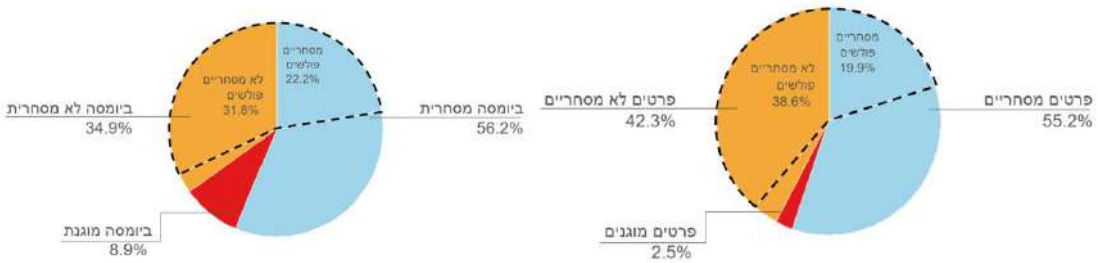
איור 9: התפלגות מספר המינים בממוצע לשעת גרירה בממוצע רב שנתי לשנים 2014-2023. במקווקו – שיעור המינים הפולשים מכל קטגוריה. סה"כ היוו המינים הפולשים 42.1% מסך המינים שנלכדו. פרטים שלא זוהו לרמת המין הוחרגו מהחישוב.

ו. התפלגות הפרטים שנלכדו בגרירות הניטור לפי מינים מוגנים, מסחריים ולא מסחריים

התפלגות הפרטים שנלכדו מראה כי בממוצע רב שנתי, כלל הרכב השלל של כל גרירה 2.5% פרטים ממינים מוגנים, 42.3% פרטים ממינים שאינם מסחריים ו-55.2% פרטים ממינים מסחריים (איורים 10-11). יודגש כי לא חושב אחוז הפרטים ממינים המסחריים שנלכד באורך קטן מאורך המינימום הקבוע בתקנות הדיג.



איור 10: אחוז הפרטים המסחריים, הפרטים המוגנים והפרטים שאינם מסחריים בממוצע שנתי לשעת גרירה. פרטים שלא זוהו לרמת המין הוחרגו מהחישוב.

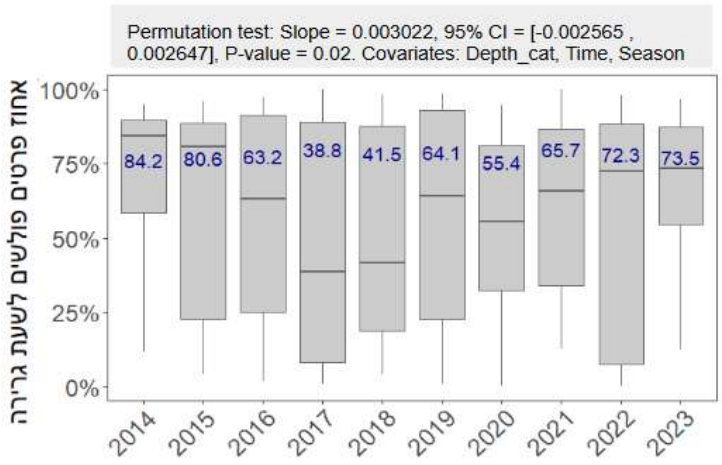


איור 11 :התפלגות הפרטים (ימין) והביומסה (שמאל) בממוצע לשעת גרירה בממוצע רב שנתי לשנים 2014-2023. במקווקו – שיעור המינים הפולשים מכל קטגוריה. *פרטים שלא זוהו לרמת המין הוחרגו מהחישוב. 60 גרירות הכילו פרטים שלא נשקלו ולכן הוחרגו גם כן מחישוב התפלגות הביומסה.

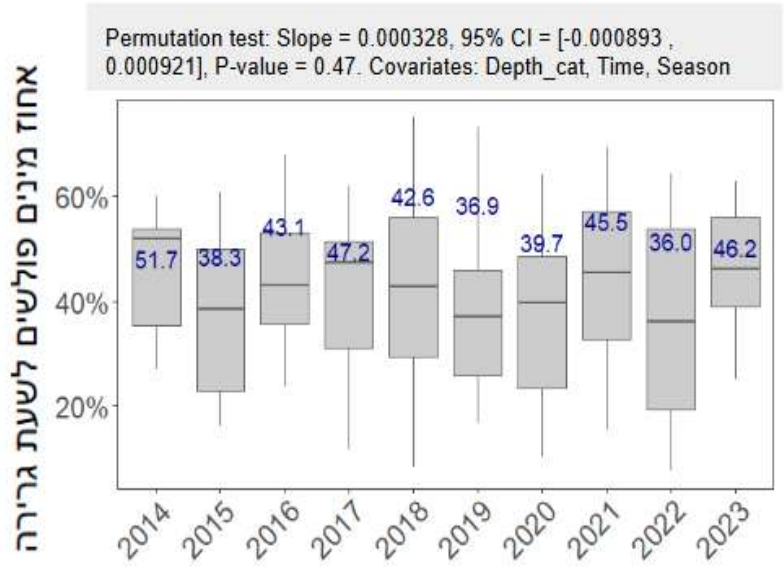
ז. מינים פולשים

השפעת השנה על **אחוז הפרטים ממינים פולשים** הינה מובהקת כאשר לאורך העשור 2014-2023 ישנה עליה מובהקת באחוז הפרטים הפולשים שעלו בשעת גרירה לאורך השנים 2014-2023 (איור 12). זאת על אף הירידה הניכרת באחוז הפרטים הפולשים בין השנים 2014-2017.

לעומת זאת, **אחוז המינים הפולשים** מכלל המינים שנלכדו אינו משתנה באופן מובהק עם השנים, ולא נצפתה מגמה רב שנתית עקבית באחוז המינים הפולשים (איור 13).



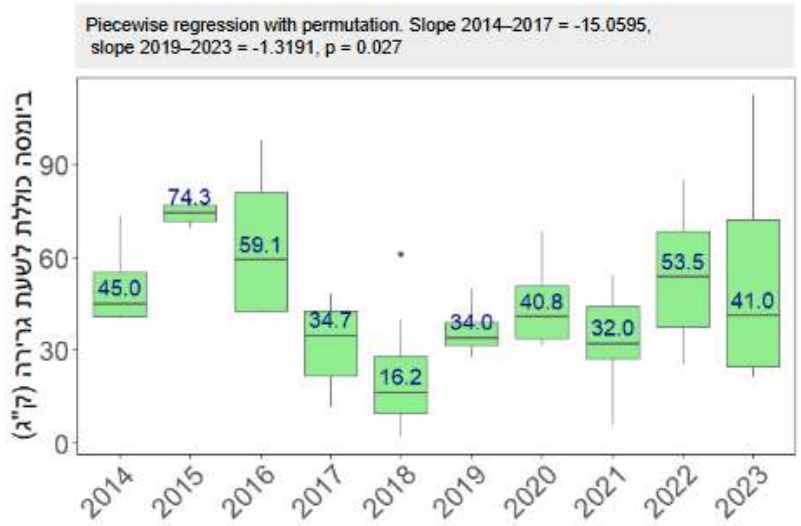
איור 12: אחוז הפרטים ממינים פולשים מכלל הפרטים שנלכדו, בממוצע שנתי לגרירה. התפלגות שיעור הפרטים הפולשים בכל גרירה בהתפלגות שנתית מוצגת בדיאגרמות הקופסא הכחולות, כאשר המספרים הכחולים מייצגים את החציון השנתי. לא נצפתה מגמה מובהקת של עליה או ירידה באחוז הפרטים הפולשים בשלל לאורך השנים.



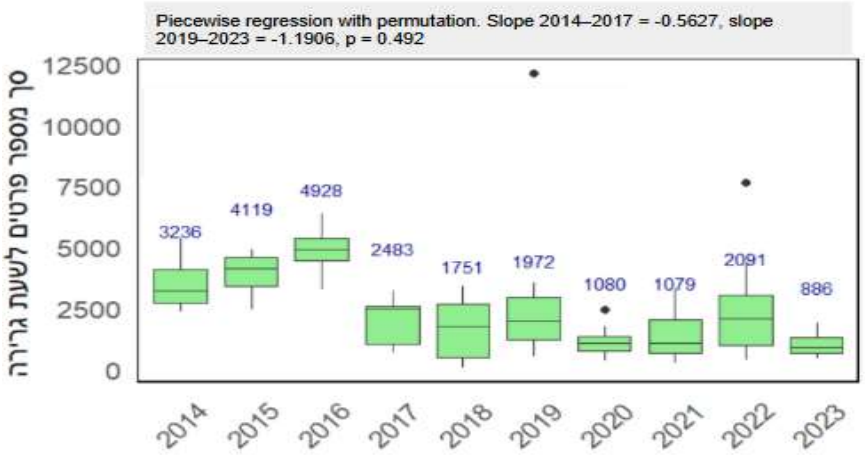
איור 13: אחוז המינים הפולשים מכלל המינים שנלכדו, בממוצע שנתי לגרירה. התפלגות שיעור המינים הפולשים בכל גרירה בהתפלגות שנתית מוצגת בדיאגרמות הקופסא הכחולות, כאשר המספרים הכחולים מייצגים את החציון השנתי. לא נצפתה מגמה מובהקת של עליה או ירידה באחוז המינים הפולשים בשלל לאורך השנים.

ח. הרכב המינים והפרטים שנלכדו במים רדודים לפני ואחרי התחלת אכיפה של תקנות הדיג החדשות באמצע שנת 2018

ברצועת עומק 20 מטר שנת 2018 היוותה נקודת מפנה בביומסה הכוללת, כאשר בין 2014-2017 (טרם יישום תקנות הדיג החדשות) ניכרת מגמת ירידה בביומסה, שמתמתנת בין 2019-2023 (איור 14). יחד עם זאת, מספר הפרטים הכולל לא הראה מגמה שונה לפני ואחרי שנת 2018 (איור 15).



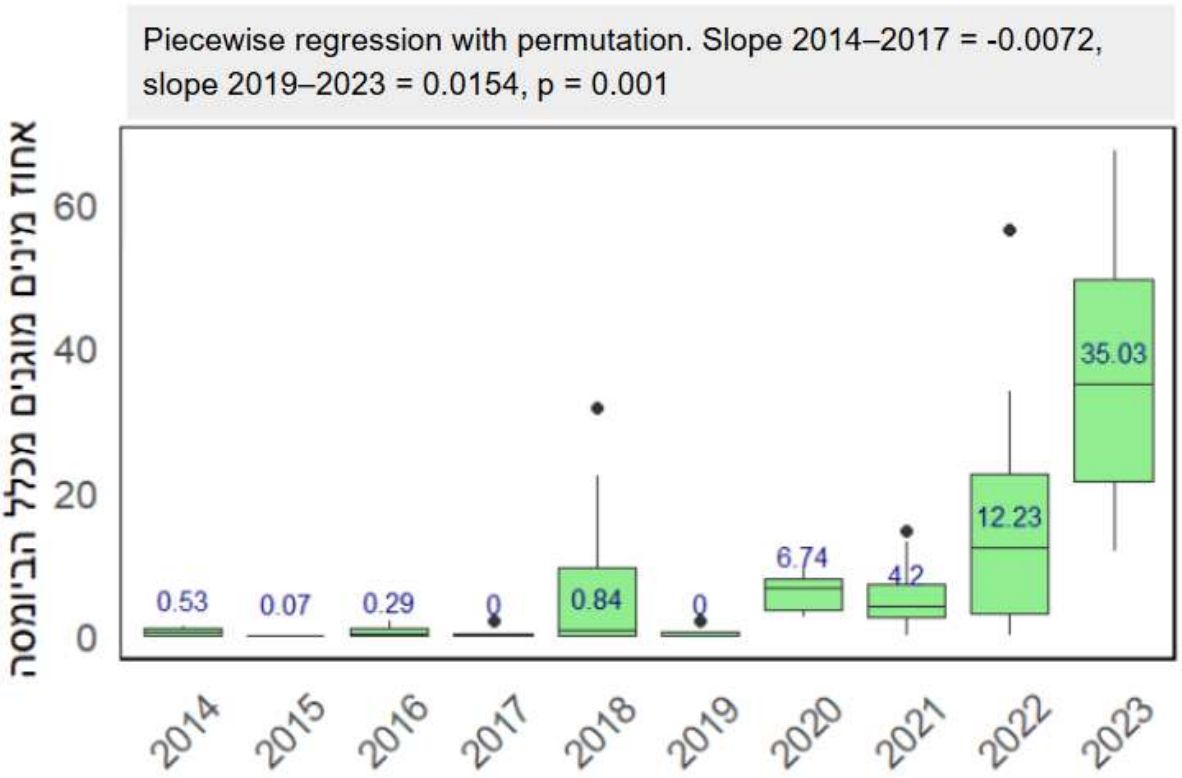
איור 14: הביומסה הכוללת שנלכדה בשעת גרירה בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות הביומסה בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הירוקות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. הביומסה הכוללת שנלכדה בשעת גרירה ירדה בין השנים 2014-2017 ולאחר מכן בין 2019-2023 מגמת הירידה התמתנה. הוסרו 8 מתוך 60 רשתות שבהן היו מינים שלא צוין משקלם. *לאחר שנת 2018 מגמת הירידה לא מתהפכת אלא מתמתנת, זאת ככל הנראה בגלל הירידות שנצפו בין השנים 2020-2021 ו-2022-2023).



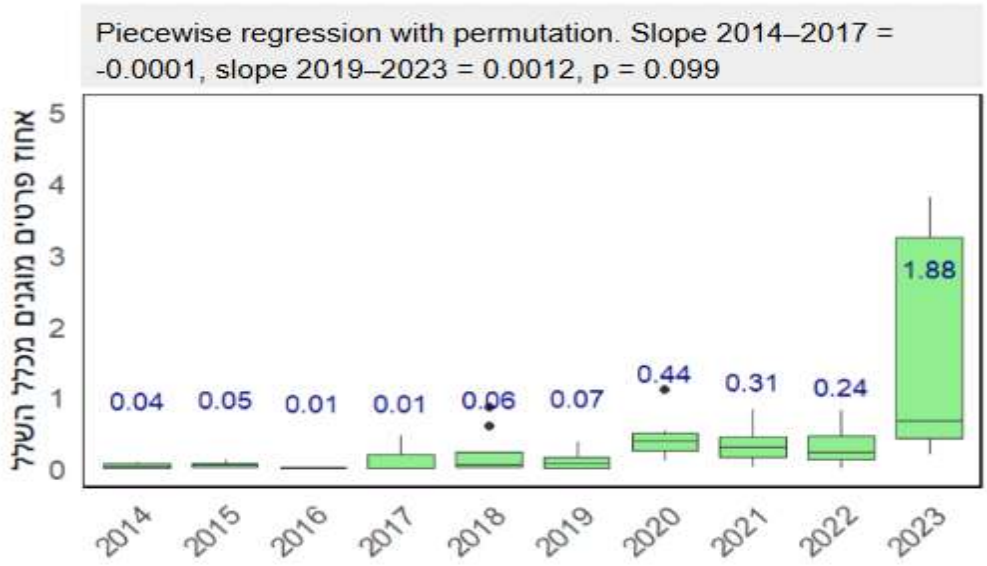
איור 15: מספר הפרטים הכולל של שעת גרירה בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות מספר הפרטים בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הירוקות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 2018 אינה מהווה נקודת מפנה למגמת השינוי במספר הפרטים המוגנים לשעת גרירה.

מבחינת הרכב השלל והמינים המוגנים בו, **שנת 2018 היוותה נקודת מפנה באחוז הביומסה של המינים המוגנים מכלל הביומסה, כאשר לאחר שנה זו חלה עלייה בביומסה של המינים המוגנים** (איור 16). זאת, בעוד אחוז הפרטים המוגנים בשלל ואחוז המינים המוגנים בשלל לא הראה את אותו הדפוס (איורים 18-17). עליה זו מושפעת ככל הנראה בעיקר מנוכחות יותר פרטים של דגי הסחוס בשלל הגרירות. כלומר, מגמת הירידה של הביומסה של השלל המוגן לפני 2018 והעלייה שאחריה מושפעת כפי הנראה מהדפוס הזהה שנצפה בביומסה של דגי הסחוס בשלל (איור 19), וכן לדפוס העלייה של מספר פרטי דגי הסחוס לשעת גרירה (איור 20). ניתוח המשקל הממוצע של פרטי דגי סחוס לא הראה עליה במשקל הפרטים של דגי הסחוס אחרי שנת 2018 (איור 21).

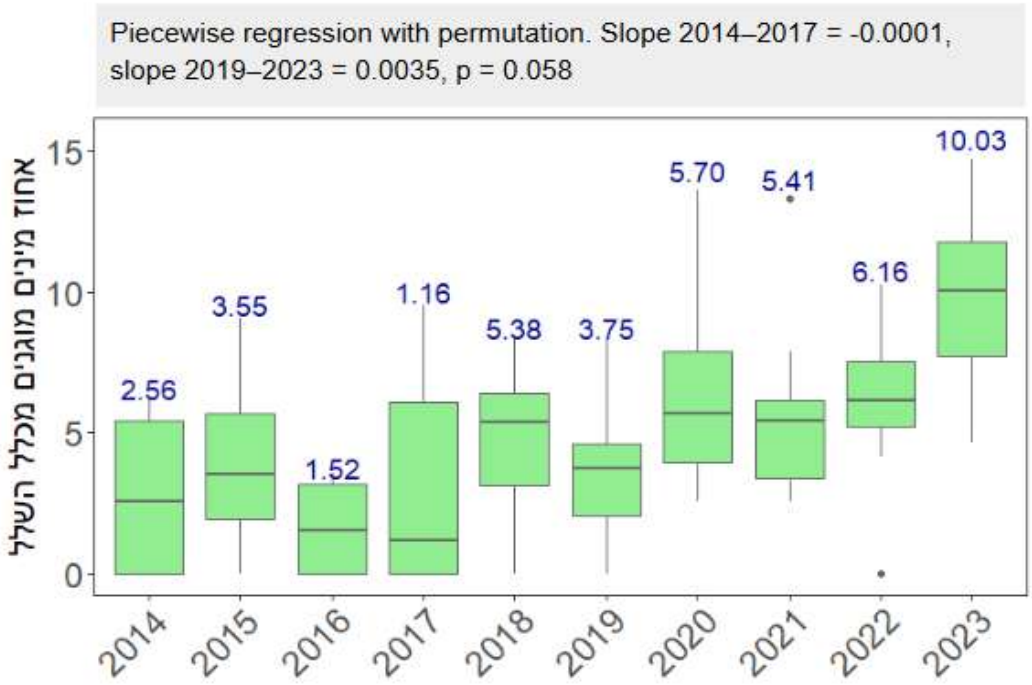
חשוב לציין כי **דגי הסחוס היוו את רוב הביומסה של המינים המוגנים שנלכדו בעומק 20 מטר לכל אורך שנות הניטור**. דגי סחוס הופיעו ב 48 מתוך 68 הגרירות בעומק זה, וב 43 מתוכם הם היוו מעל 90% מהביומסה הכוללת של המינים המוגנים. פרטים מוגנים משאר הקבוצות הטקסונומיות הופיעו לכל היותר ב-7 גרירות מכלל הגרירות בעומק 20 מטר.



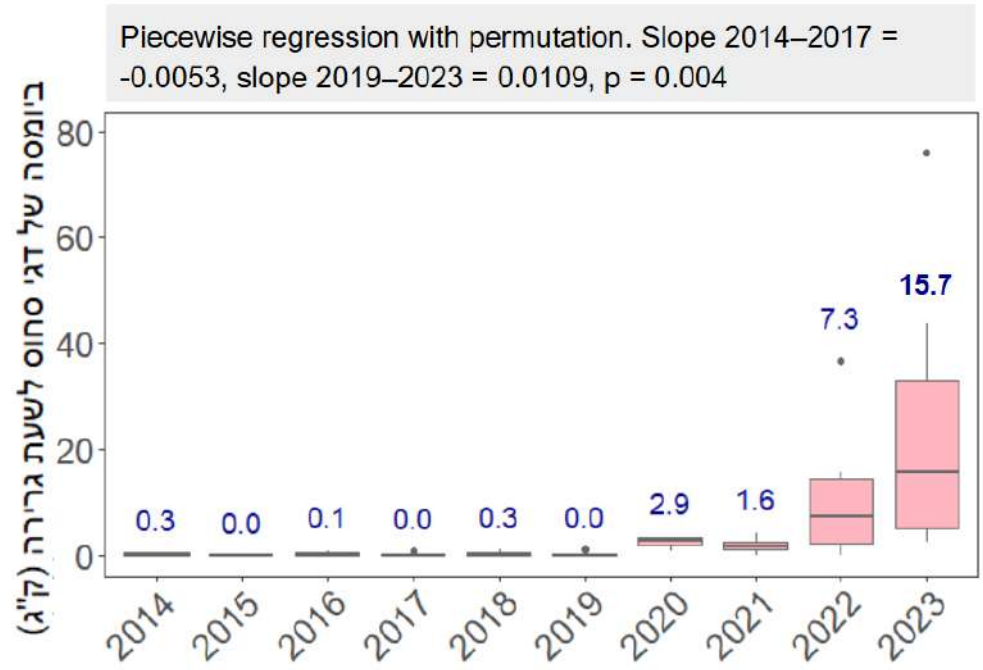
איור 16: אחוז הביומסה של המינים המוגנים מכלל הביומסה שנלכדה בשעת גרירה בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות אחוז הביומסה בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הירוקות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. הוסרו 8 מתוך 60 רשתות שבהן היו מינים שלא צויין משקלם. 2018 מהווה נקודת מפנה, מירידה באחוז הביומסה של המינים המוגנים לפני שנה זאת, לעליה אחריה.



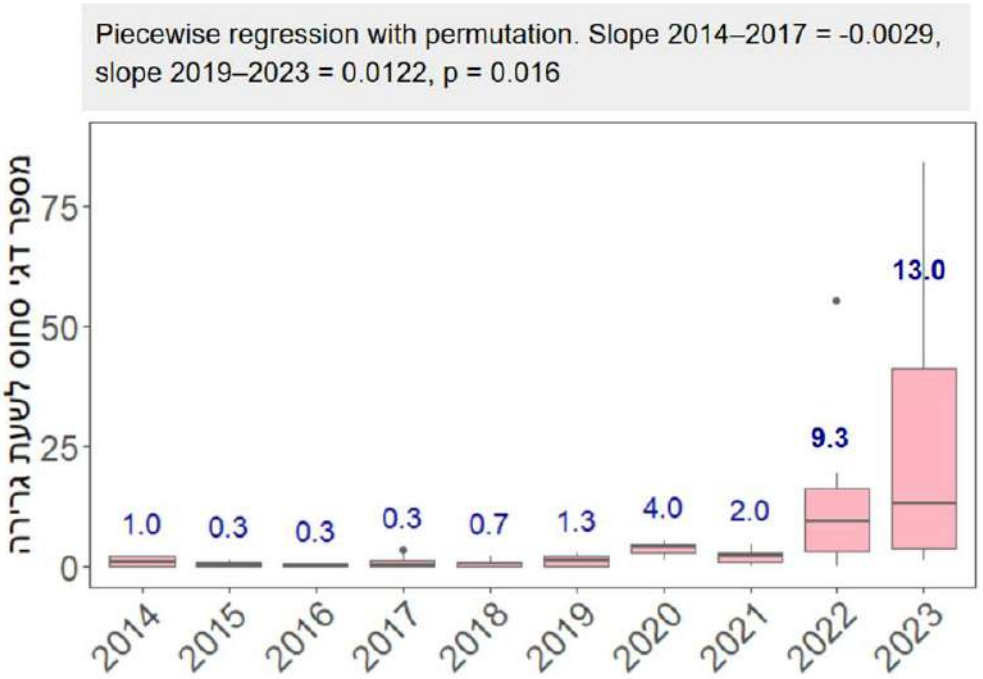
איור 17: אחוז הפרטים המוגנים מכלל הפרטים שנלכדו בגרירות בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות שיעור הפרטים המוגנים בכל גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הירוקות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 3 נקודות של ערכים חריגים מעל 5% נחתכו על מנת לאפשר הצגה ברורה של הנתונים. 2018 אינה מהווה נקודת מפנה למגמת השינוי באחוז הפרטים המוגנים.



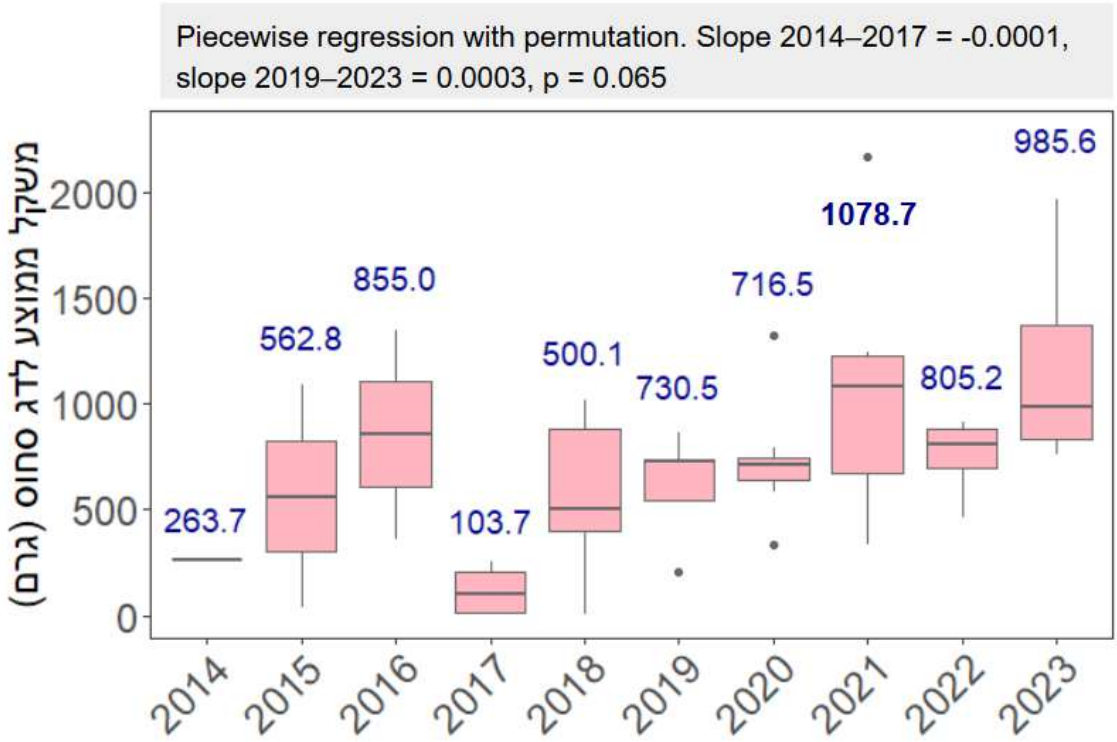
איור 18 : אחוז המינים המוגנים מכלל המינים שנלכדו בשעת גרירה בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות אחוז המינים המוגנים בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הירוקות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. נראית מגמת עליה באחוז המינים המוגנים לאחר 2018, אך היא אינה משמעותית.



איור 19: הביומסה של דגי הסחוס שנלכדו בגרירות בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות הביומסה בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הורודות. המספר מציג ערכי חציון של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 2018 מהווה נקודת מפנה, מירידה לעליה, בביומסה של דגי הסחוס.



איור 20: מספר הפרטים של דגי סחוס שנלכדו בכל הגרירות בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות מספר דגי הסחוס בכל שעת גרירה על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הורודות. המספר מציג ערכי חציון של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 2018 מהווה נקודת מפנה מירידה לעליה במספר של דגי הסחוס בשעת גרירה.



איור 21: המשקל הממוצע של דג סחוס בודד ב48 הגרירות בהן הופיעו דגי הסחוס בעומק 20 מטר לאורך השנים. התפלגות המשקל בגרם של כל דג על פי שנה מוצגת בדיאגרמות הקופסא הורודות. המספר מציג חציונים שנתיים של כלל הסקרים שבוצעו באותה השנה, והנקודות השחורות מציגות ערכים חריגים. 2018 איננה מהווה נקודת מפנה במשקל הממוצע של דג סחוס.

<u>ט. חיוץ - הערכת שיעור לכידת המינים המוגנים בדיג המכמורת המסחרי בישראל</u>

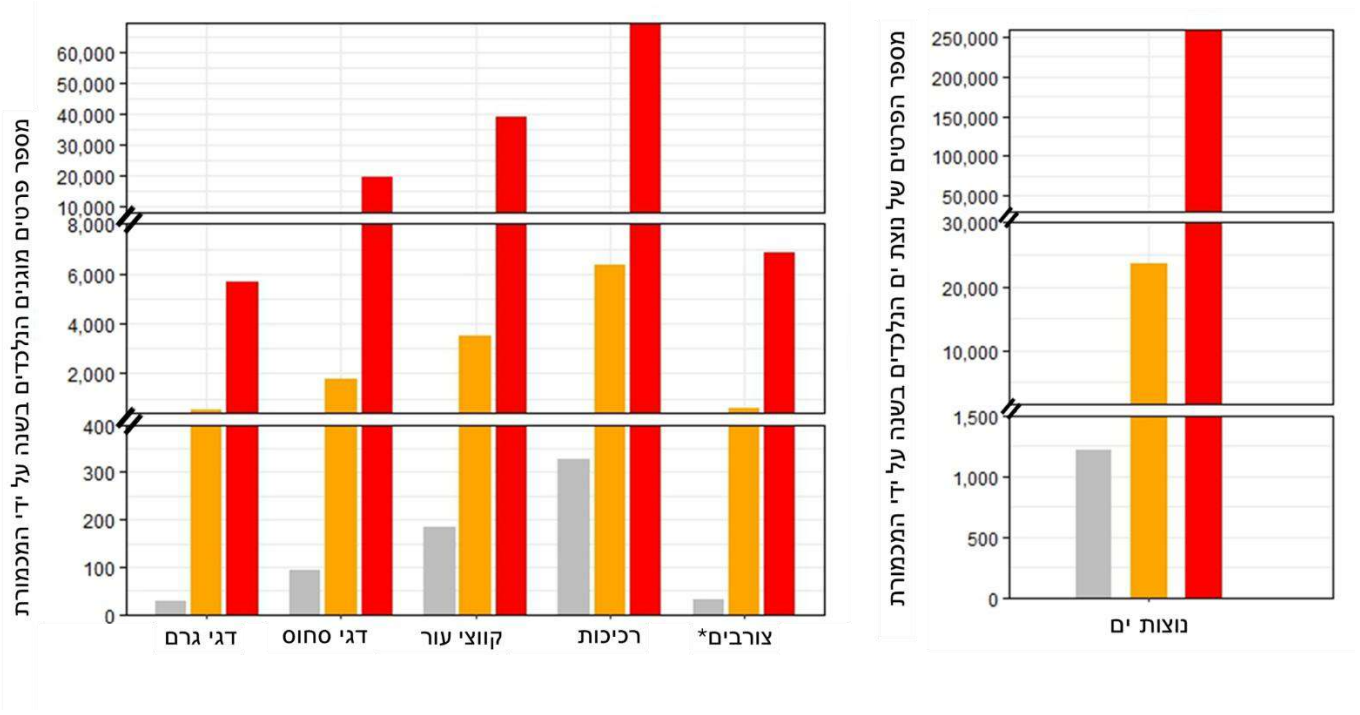
על פי הערכים שחושבו מנתוני גרירות הניטור הלאומי לשיעור לכידת מינים מוגנים בשעת גרירה בעומקים השונים, בוצע חיוץ (אקסטרפולציה) להיקף לכידת מינים מוגנים בצי המכמורת המסחרי בישראל.

בהנחה שמרנית מאוד כי בישראל פועלות מדי שנה 11 ספינות מכמורת במשך 4 שעות ביום, במהלך 170 יום בשנה, עולה כי **בכל** שנה נלכדים מעל 400 אלף פרטים מ-135 מינים מוגנים[12] במשקל כולל של 23 טון בדיג המכמורת המסחרי בישראל.

בחישוב לפי שעה, ניתן להעריך כי בישראל, נלכדים בכל שעת גרירה של סירת מכמורת מסחרית 53.5 פרטים מוגנים בממוצע.

[12] על פי Species accumulation curve, ראה נספחים 3 ו-4





איור 22. מספר הפרטים המוגנים מקבוצות טקסונומיות שונות הנלכדים בשנה בממוצע על ידי סקרי הניטור (אפור) ובדיג **מכמורת מסחרי** <u>על ידי סירה בודדת (כתום) וכלל צי המכמורת (אדום)</u> <u>באקסטרפולציה שמרנית</u> (בהערכה על פי 170 ימי גרירה שנתיים ו4 שעות גרירה ביום. הנתונים ששימושו לאקסטרפולציה הם אלו שנאספו משנת 2018 ואילך, ללא עומק 20 מ') מעל העמודות מוצגים מספר הפרטים השנתי שנתפסים על ידי סקרי הניטור (בממוצע) ועל ידי צי המכמורת באקסטרפולציה שמרנית. *כלל הצורבים מלבד נוצות ים, שהוסרו מהנתונים על מנת לאפשר את הצגה ברורה. הנתונים עבור נוצות הים בנפרד מוצגים בתרשים הימני

דיון

דיג מכמורת קרקעית מוכר בספרות המדעית כאחת משיטות הדיג בעלות ההשפעה השלילית המשמעותית ביותר על בתי גידול בקרקעית, בין היתר בשל הפגיעה בקרקעית וההיקף הגבוה של שלל הלוואי הנלכד בשיטה זו. פעילות זו מתוארת כהפרעה אנושית רחבת היקף ולעיתים אף נמנית בין הגורמים הדומיננטיים ביותר המשפיעים על מערכות אקולוגיות ימיות (Steadman et al. 2021) ממצאי עבודה זו, המתמקדים בניתוח היבט מרכזי אחד של ההשפעה הסביבתית של דיג המכמורת בישראל – חוסר הסלקטיביות של השיטה ושיעורי הלכידה של מינים מוגנים, מצביעים על פוטנציאל לפגיעה סביבתית משמעותית הנלווית לשיטת דיג זו.

<u>פגיעת דיג המכמורת במינים מוגנים</u>

על פי ניתוח המידע מסקרי הניטור הלאומי, ניתן להעריך כי **בכל שעת גרירה של ספינת מכמורת מסחרית נלכדים בממוצע כ-53 פרטים ממינים מוגנים - שניים מהם בטאים**[13].

באמצעות אקסטרפולציה שמרנית מאוד ביחס להיקפי גרירות המכמורת המסחריות בישראל, הערכנו כי **למעלה מ- 400,000 פרטים של מינים מוגנים, מ- 135 מינים בהיקף של כ-23 טון, נפגעים מדיג המכמורת המסחרי כל שנה**. בעלי החיים הנלכדים כוללים צורבים, רכיכות, דגי סחוס, וחיות מוגנות אחרות, הנלכדות ברשתות המכמורת. משמעות התוצאות היא כי דיג מכמורת הוא, כמסתמן, פעילות האדם שפוגעת במספר הגדול ביותר של מינים ופרטים מוגנים בים הישראלי כחלק מהפעילות השגרתית של הענף, המבוצעת ברישיון[14].

זאת, מבלי ששוקללה הפגיעה במינים מוגנים נוספים, כמו צבי ים ויונקים ימיים, שתועדה במספר מחקרים בעבר (Scheinin et al. 2014, Levy et al. 2015) אך מכיוון שאלו לא תועדו בנתוני סקרי הניטור, הניתוח לא כלל את שיעור הלכידה של מינים אלו.

מבין בעלי החיים הנלכדים, יש לציין במיוחד את הפגיעה המשמעותית של גרירת רשתות המכמורת במינים המוגדרים בסיכון על ידי ארגון שמירת הטבע העולמי (IUCN). למשל, השיעור הגבוה במיוחד של נוצת הים *P. rubra*, המוגדרת כמין פגיע (VU) בים התיכון, בשלל הגרירות שנעשו בעומק 80 מ', מהווה עדות מקומית להיותו של דיג המכמורת אחד הגורמים המרכזיים להדלדלות האוכלוסייה בים התיכון (Cerrano et al. 2015). לנוצות הים תפקיד אקולוגי חשוב בהגדלת מורכבות בית הגידול של המצע הרך, כבית גידול לשלבי החיים המוקדמים של מינים שונים וכן תפקיד בהעשרת הקרקעית בחומרי הזנה בסביבתן הקרובה (Buhl-Mortensen et al. 2010, De Clippele et al. 2015, Bastari et al. 2018, Palummo et al. 2025). לכן, בתי גידול וריכוזים של נוצות ים מוכרים כמערכות אקולוגיות רגישות (Vulnerable marine ecosystems) על ידי מספר גופים בעולם, שגם מקדמים איסור דיג בהם. לדוגמה, ארגון המזון העולמי ונציבות הדיג הים תיכונית (FAO 2016, 2018).

[13] שיעור לכידת הבטאים לשעת גרירה שחושב על פי ממוצע רב שנתי של נתוני הניטור תואם גם לתוצאות הניטור של שנת 2024 המצביעים על לכידה של שני פרטים של דגי סחוס בשעת גרירה בממוצע

[14] לשם השוואה, בפעילויות יבשתיות שבהן יש כימות של פגיעה בבעלי חיים מוגנים, מספר הפרטים המדווח קטן בלפחות שני סדרי גודל. לדוגמה, בפעילות צייד בהיתר מרשות הטבע והגנים (לצרכים שונים, כולל מהלכים יזומים של דילול של מינים פולשים ומינים מתפרצים), ניצודו בשנת 2023 כ-100,000 פרטים של בעלי חיים מוגנים, (רשות הטבע והגנים 2023) שמרביתם כאמור פולשים ומתפרצים ואינם נחשבים יעד הגנה מבחינת שמירת הטבע. כמו כן, בתכנית חוות טורבינות הרוח "בראשית" ברמת הגולן (תת"ל 78), נקבע כי ההיקף המקסימלי המותר לפגיעה בעופות לכל טורבינת רוח יהיה עד 14 פרטים לשנה, לא כולל עופות מתפרצים, פולשים או מזיקים (רשות הטבע והגנים 2019).

גם השיעור הגבוה של לכידות מיני דגי סחוס כמו גיטרן מובהק, המוגדר בסכנת הכחדה בים התיכון (EN) וטריגונים (טריגון חד-אף בסטטוס VU), מאששים כי הסיכון המרכזי לאוכלוסיות דגי הסחוס בים התיכון הוא דיג הכולל מגע עם הקרקעית ובמיוחד דיג מכמורת (Bradai and Soldo 2016, Ellis et al. 2016, Serena et al. 2016).

על אף שרוב פרטים אלו מושלכים, כפי הנראה, בחזרה לים לאחר לכידה שלהם, לא קיים כיום בישראל תיעוד שיטתי של שיעור שחרור בטאים שנלכדו ושל שיעור השרידות שלהם לאחר השחרור בתנאים ומשתנים שונים כמו עומק ומשך הגרירה, כמות השלל ברשת, משך זמן על הסיפון, גודל/גיל הפרטים, טמפרטורת הסביבה, ועוד גורמים שעלולים להשפיע על שיעור השרידות (Saygu and Deval 2014, Ellis et al. 2017, Pytka et al. 2025). שיעור שרידות מינים מוגנים כמו נוצות ים וקווצי עור לאחר שחרור גם כן לא תועד בארץ, אך מחקרים מהעולם מצביעים על מורכבות הפגיעה והשלכות שליליות בטווח המיידי והטווח הקצר שלאחר הלכידה, כאשר פגיעות מוגברת לטריפה מהווה גורם תמותה משמעותית, שמורכב למדוד ולהעריך (Veale et al. 2000, Bergmann and Moore 2001, Malecha and Stone 2009). לכן, בהעדר נתונים התומכים בכך שפרטים מוגנים שמשוחררים לאחר לכידה, אכן שורדים וממשיכים להתקיים במערכת האקולוגית, נדרש לנקוט בגישה זהירה המניחה פגיעה משמעותית במינים אלו.

בכל שנות סקרי הניטור, האחוז שהיוו הפרטים מהמינים המוגנים מכלל השלל היה קטן יחסית למינים לא מוגנים, והגיע במקסימום ל-4.5% מסך הפרטים בשלל בשנת 2020. אולם, אחוזים אלו, כשמתורגמים למספר פרטים וביומסה שנתית של פרטים מוגנים שנלכדים, מצביעים על כך שבכל שעת גרירה של ספינת מכמורת נלכדים בממוצע כ-53 פרטים ממינים מוגנים ושבכל שנה נלכדים בישראל לכל הפחות מאות אלפי פרטים (מעל 400 אלף) מיותר מ-100 מינים מוגנים ובמשקל של עשרות טונות (כ-23 טון). זאת בעוד ההערכה שנעשתה בעבודה זו היא שמרנית ומניחה כי בישראל מתבצעות רק 7,480 שעות גרירה מסחרית בשנה, בעוד בעבודות אחרות ההנחה היא שבכל יום דיג מתקיימות מספר כפול או משולש של שעות גרירה (למשל, Scheinin et al. 2014).

בחינה של מגמות בשיעור המינים המוגנים הנלכדים בעומק 20 מ' שנאסר לדיג מכמורת, לפני ואחרי שנת 2018, מאפשרת לבחון את השפעת האיסור שנקבע בתקנות הדיג (2016) על דיג המכמורת בעומק הרדוד, על אוכלוסיית המינים המוגנים. בחינה של שיעור המינים המוגנים הנלכדים בעומק 20 מ', מצביעה באופן זהיר על התאוששות מסויימת, במיוחד של אוכלוסיות הבטאים: השוואה בין המגמות של המדדים השונים לפני ואחרי שנת 2018 הראתה כי שנת 2018, בה החלה האכיפה היעילה של תקנות הדיג החדשות, מהווה נקודת שינוי שלאחריה החלה עלייה **בביומסה של המינים המוגנים** מכלל השלל בעומק הרדוד. מגמות אלו הן כפי הנראה תוצאה כמעט בלעדית של **התאוששות אוכלוסיות בטאים** בעומק זה כפי שעולה מהתוצאות. המגמות של הביומסה (של כלל המינים, של המינים המוגנים ושל הבטאים), לא באו לידי ביטוי בהכרח בערכי העושר והמגוון (מספר המינים ומספר הפרטים). אנו משערים כי תוצאות אלו נובעות מהעובדה שבטאים הם גדולי גוף יחסית למינים מוגנים אחרים שנלכדו ולכן עלייה במספר הפרטים שלהם משפיעה באופן ניכר על הביומסה אך חלקם היחסי במספר הפרטים הכולל הוא עדיין קטן מכדי לראות מגמה דומה גם במדדי העושר והמגוון. עלייה של עשרות אחוזים במספר הפרטים לאחר תחילת האכיפה על איסור הדיג בעומק הרדוד ניכרת במינים טריגון חד אף, גיטרן מובהק וטריגון אטלנטי[15]. ניהול הדיג אחרי שנת 2018 הוא

[15] אוכלוסיית הטריגון האטלנטי עלתה לאורך השנים גם בעומקים בהם אין איסור על די מכמורת ולכן יתכן ושינויים אחרים בתפוצת האוכלוסייה ו/או זיהוי טקסונומי שגוי של המין תרמו לעלייה במספר הפרטים שנצפו.

השינוי המשמעותי ביותר שחל בשטח[16]. לכן סביר כי השפעתו תהיה ניכרת יותר משינויים גלובליים ומקומיים אחרים שיתכן והשפיעו על המערכת האקולוגית באזור הרדוד ו/או באזורים עמוקים יותר (לדוגמה, שינויי אקלים, פלישת מינים וכדומה). התאוששות אוכלוסיות הבטאים לאורך החוף באזורים רדודים מתועדת גם בעבודות אחרות (לדוגמה, Chaikin et al. 2020, Chaikin 2023) ומצטרפת למספר מחקרים שהדגימו בשנים האחרונות את החשיבות שבהגנה על אזורי החוף הרדודים בהם מתקיימים בתי גידול ומינים המהווים מטרות לשימור (Chaikin 2023, ששון and לוי 2023, Hepner Ucko et al. 2024). לפיכך, על אף כי התאוששות של מערכות אקולוגיות בעקבות רפורמות דיג אורכות לרוב עשור לפחות (Khwaja and Cox 2010), ניתן לומר כי תוצאות עבודה זו מחזקות את העדות לאפקטיביות של הפסקת דיג המכמורת לשיקום אוכלוסיות של מינים מוגנים (במקרה זה במיוחד הבטאים) - טענה שכבר הוכחה באופן רחב ברחבי העולם בהשוואות שנעשו בין אזורים בהם פועל דיג המכמורת ואזורים בהם הוא נאסר (Hiddink et al. 2017, Steadman et al. 2021). תוצאות אלו יכולות לשמש קובעי מדיניות, המבקשים לבחון את היעילות של סגירת אזורים לדיג מכמורת.

<u>מגמות רב שנתיות בלכידת מינים מוגנים בגרירות הניטור</u>

מנתוני הניטור הלאומי שנאספו על פני אותם חתכים בעונות קבועות לאורך שנים, ניתן לראות עלייה במספר הפרטים המוגנים שנלכדים בשעת גרירה לאורך השנים, וכן עלייה מובהקת של חלקם היחסי של מינים מוגנים בשלל כל גרירה לאורך השנים. מגמה זו תואמת במידה מסוימת סימנים ראשוניים אפשריים להתאוששות אוכלוסיות מינים מוגנים אחרים לאורך החוף כתוצאה ממאמצי השימור (לדוגמה, לזרוס and יהל 2020, לוי and ריבק 2021, Miller et al. 2023). אולם, מניטור שביצע אגף הדיג עולה דווקא מגמה של ירידה בשיעור לכידת המינים המוגנים בדיג המכמורת המסחרי, אותה הם מייחסים להפסקת גרירות המכמורת באזורים הרדודים ולהשבתת הצי בחודשי הקיץ (אדליסט 2021). בניגוד לסקרי אגף הדיג, סקרי הניטור הלאומי המשיכו לבצע את הסקרים גם בעומקים הרדודים (ברצועת עומק 20 מ', בה נאסר דיג המכמורת משנת 2016) ולכן יתכן שהעלייה הנצפית מנתוני הניטור הלאומי היא כתוצאה מהתאוששות האוכלוסיות רק באזורים הרדודים כתוצאה מהפסקת דיג המכמורת בהם. בביצוע בחינה נוספת כדי לבדוק השערה זו, מצאנו כי בהחרגת עומק 20 מ', עדיין מתקבלת מגמת עלייה מובהקת אך מתונה מאוד באחוז המינים והפרטים המוגנים בגרירה וכן במספר המינים המוגנים בשעת גרירה לאורך השנים (מספר הפרטים המוגנים לשעת גרירה לא השתנה באופן מובהק עם השנים בהחרגת נתונים מעומק 20 מ', לתוצאות ראה נספח 4). כלומר, סביר כי העליה המתונה במספר הפרטים המוגנים ובחלקם היחסי בשלל לאורך השנים בעומקים הגדולים מ-20 מ' נובעת מגורמים כמו שיפור בזיהוי טקסונומי של מינים ותיקונים בהגדרות הטקסונומיות (לדוגמה, Rahav et al. 2023, 2024). יתכן גם שהעליה בשיעור הפרטים המוגנים היא תוצאה של שינויים שחלו בצי המכמורת עצמו כמו החלפת ציוד הדיג, שיפור כושר דיג של ספינות מסוימות וכדומה, אך אין בידינו מידע מבוסס על גורמים אלו.

<u>שלל לוואי בדיג המכמורת</u>

[16] שמורות הטבע הגדולות שקודמו בשנים האחרונות, החלו להיאכף נגד דיג ממש לאחרונה, למשל שמורת ראש כרמל רק בשנת 2023, שמורת ים אבטח תתחיל להיות תחת משטר אכיפה רק ב2026 וכד'.

מבחינת הרכב המינים בשלל, ניתן לראות כי בהתאם לידוע בספרות מניטור דיג ומחקרים שונים בעולם ובים התיכון - דיג מכמורת היא שיטת דיג הגורמת לאחוז גבוה במיוחד של שלל לוואי (לדוגמה, Tsagarakis et al. (2013) שהעריכו כי מעל 30% משלל המכמורת בים התיכון הוא שלל לוואי ו-Edelist (2013) העריך כי 45-50% משלל המכמורת בישראל (טרם הרפורמה בדיג) הוא שלל לוואי ומפיילוט חד-פעמי של ניטור שנערך באזור החוף הצפוני של ישראל הסגור לדיג, התקבל כי שלל הלוואי היווה בין 49-75% מהביומסה הכללית שנלכדה (שטרן 2025). מהתוצאות של העבודה הנוכחית עולה כי **בממוצע רב שנתי, 57% מהמינים ו- 44.5% מהפרטים שנלכדים בשעת גרירה הם מינים שאינם מסחריים (כולל מינים מוגנים),** כלומר – כחצי משלל המכמורת הוא שלל לוואי. זאת מבלי שחושב אחוז הפרטים המסחריים הקטן מגודל המינימום המותר לדיג – מה שצפוי להגדיל עוד יותר את אחוז הפרטים שנחשבים כשלל לוואי בשעת גרירה אחת. נתונים אלו תואמים את הידוע בעולם לגבי שיעור שלל הלוואי הגבוה של שיטת דיג זו ומחזקים את הטענה כי הנזק שגורם דיג המכמורת למערכת האקולוגית הוא אינו פרופורציונלי לתועלת הכלכלית שלו (Cashion et al. 2018, Gilman et al. 2020, Sala et al. 2021, Millage et al. 2025). יחד עם זאת, כחצי מהמינים ו-כ90% מהפרטים של המינים שאינם מסחריים הם ממינים פולשים. זאת בעוד שיעור המינים הפולשים מסך המינים והפרטים המסחריים הוא קטן יותר. כלומר, מינים פולשים מהווים חלק יחסי גבוה במיוחד משלל הלוואי של דיג המכמורת בחוף הישראלי. נדרשת בחינה מעמיקה יותר של הנתונים בכדי לבחון האם השיעור הגבוה של מינים פולשים בשלל הלוואי משקף תגובה להפרעה בבית הגידול ומה חלקו של דיג המכמורת בדינמיקה של אוכלוסיות בבית הגידול של המצע הרך לאורך החוף (Agnetta et al. 2025).

<u>השימוש במינים מוגנים כאינדיקציה להשפעה סביבתית של דיג המכמורת</u>

התמקדות עבודה זו במינים מוגנים נועדה בראש ובראשונה לשמש אינדיקציה להיקף ולמגוון הפגיעה של דיג המכמורת במינים שאינם מיני המטרה, מבלי לבחון את הקריטריונים למעמדם של מינים אלו כמינים מוגנים. כלומר, ההנחה היא שמינים מוגנים הם מינים שלא נלכדים באופן מכוון ולכן לכידה שלהם מהווה אינדיקציה לחוסר הסלקטיביות של דיג המכמורת.

חשוב מכך, חלק ממינים אלו מהווים מינים המוגדרים בסיכון ברמה האזורית והגלובלית על ידי הרשימות האדומות של ארגון IUCN, ולכן לכידה אגבית שלהם בדיג המכמורת, מהווה אינדיקציה נוספת לפגיעה של דיג המכמורת במערכת האקולוגית הימית.

<u>השימוש בנתוני גרירות הניטור הלאומי לצורך חיוץ להערכת היקף השפעת צי המכמורת המסחרי</u>

בהעדר נתוני ניטור דיג (המבוצעים ישירות על גרירות המכמורת המסחריות) רציפים, אמינים ועדכניים, עבודה זו עושה שימוש בנתונים שנאספו כחלק מסקרי ניטור המתבצעים באמצעות גרירת רשת מכמורת מסחרית בכדי להעריך את שיעור הפגיעה הנגרמת מפעילות כלל צי המכמורת בישראל.

גרירות הניטור מבוצעות באמצעות ספינת מכמורת תוך שימוש בציוד זהה לזה המשמש לדיג מסחרי. לפיכך, מבחינת אופן הלכידה והמינים הנלכדים, נתוני הניטור מספקים בסיס רלוונטי להערכת שלל בדיג המכמורת. עם זאת, יש להכיר בכך שקיימים הבדלים בין אופי גרירות הניטור לבין גרירות מסחריות, בעיקר במאפייני הפיזור המרחבי, משך הגרירה והעיתוי ביום ובשנה. לדוגמה, צי הדיג

המסחרי לא גורר באופן אחיד בעומקים שבהם גורר הניטור הלאומי. כמו כן, סקרי הניטור מתבצעים רק בדרום הארץ בעוד דיג המכמורת מתבצע גם באזורים צפוניים יותר, עד קו חוף דור.

מכיוון שהמידע הזמין אינו מאפשר אפיון מרחבי ועתי של מאמץ הדיג המסחרי, מתודולוגיית החיוץ התבססה על גישה שמרנית שנועדה לצמצם הטיות אפשריות. ההערכה בוצעה על בסיס ממוצעים שנגזרו מנתוני הניטור ושימוש במידע מהגרירות שנמצאו הדומות ביותר לגרירות המסחריות כיום[17], קרי ללא נתונים מעומק 20 מ' ורק נתונים שנאספו החל משנת 2018. בנוסף, היקף מאמץ הדיג המסחרי הוערך באופן שמרני במיוחד תוך הנחות מצמצמות לגבי מספר כלי השיט הפעילים, מספר ימי הדיג השנתיים והיקף שעות הגרירה ביום דיג (7,480 שעות – 11 ספינות הפעילות 170 יום בשנה למשך 4 שעות בכל יום). בנוסף, לא נלקחו בחשבון ההשפעות האפשריות של פרקטיקות גרירה שונות (כמו גרירה של רשת על ידי שתי סירות במקביל – Pair trawl) ו/או שינויים בצי (כמו הכנסה לשימוש של ספינות חדשות יותר, בעלות כושר גרירה משופר לעומת הספינה המשמשת לסקרי הניטור הלאומי), כלומר גם בהיבט זה, הערכת היקף מאמץ דיג המכמורת היתה שמרנית ביותר. לפיכך, השמרנות בה נקטנו בהיקף שעות הגרירה השנתי של צי המכמורת המסחרי, יכולה לאזן את ההטיות הנובעות מפערי המידע בנוגע לפריסה המרחבית של גרירות המכמורת המסחריות בעומקים השונים (שכן צי המכמורת המסחרי לא פועל רק בעומקים בהם בוצעו גרירות הניטור, והגרירות לא מתפלגות באופן אחיד בין העומקים השונים).

כדי לבחון את סבירות ההערכות ולזהות הטיות פוטנציאליות הנובעות מהבדלים בין גרירות הניטור לגרירות המסחריות, ערכנו השוואה בין הנתונים שחושבו מנתוני הגרירות של הניטור הלאומי[18] לבין ממצאים של ניטור אגף הדיג, שהתבצע על הדיג המסחרי, בין השנים 2017-2020. ההשוואה נעשתה על היחס בין השלל המסחרי (פרטים ממינים מסחריים מעל גודל המינימום המותר לדיג) לבין שלל לוואי (פרטים ממינים לא מסחריים או פרטים ממינים מסחריים מתחת לגודל המינימום המותר לדיג). תוצאות המבחנים הראו כי היחס בין השלל המסחרי לשלל הלוואי היה דומה מאוד בין שני סוגי הגרירות (הניטור הלאומי וגרירות מסחריות) ללא הבדל מובהק (הפרש ממוצע ≈ 0.006 ק"ג/שעה, מבחן t מזווג דו-צדדי, $t(5) = 0.03$, $p = 0.978$).

חשוב לציין כי נמצא גם שביומסת השלל הכולל לשעת גרירה היה גבוה בכ-79% בגרירות המסחריות לעומת גרירות הניטור (הפרש ממוצע ≈ 7.7 ק"ג/שעה; מבחן t חד-צדדי מזווג, $t(5) = 3.01$, $p = 0.0148$), וכי משקל שלל הלוואי לשעה היה גבוה בכ־76% בגרירות המסחריות לעומת גרירות הניטור (הפרש ממוצע ≈ 9.7 ק"ג/שעה; מבחן t חד-צדדי מזווג, $t(5) = 5.11$, $p = 0.0019$). כלומר, **סביר שההערכה שבוצעה בעבודה הנוכחית, המבוססת על גרירות הניטור הלאומי, מייצגת <u>בחסר משמעותי</u> את המצב בפועל בגרירות המסחריות**.

<u>שימוש בגרירות מכמורת לצרכי הניטור הלאומי</u>

נתוני הניטור הלאומי שנאספו בעשור האחרון באמצעות ספינת מכמורת, מבוצעים לצורך ניטור חברת החי על המצע הרך, ומהווים כיום את מקור המידע הרציף, ארוך הטווח והאמין ביותר לגבי שלל דיג המכמורת בחוף הישראלי בעשור האחרון. אולם על אף החשיבות והתרומה הרבה של סט נתונים זה

[17] חשוב לציין כי בצי המכמורת הישראלי יש ספינות בעלות כושר דיג שונה (למשל, הבדלים בכח המנוע) ושבסקרי הניטור נעשה שימוש בספינת מכמורת מסחרית שלהערכתנו מהווה "ספינת מכמורת ממוצעת" מבחינת כושר הדיג שלה וגודלה מצוי ברף התחתון של ספינות הצי הישראל.

[18] לצורך ההשוואה נעשה שימוש בנתוני הניטור שנאספו בעומקים 80-40 מ' בין השנים 2017-2020, כאשר פרטים מתחת לגודל מינימום המותר לדיג הוגדרו כשלל לוואי.

(גם לניטור מדדים שונים כמו ריכוזי מזהמים ופסולת, מבנה חברות, טפילות, בדיקות גנטיות ועוד), לא ניתן להתעלם מהעובדה שהניטור עצמו היה אחראי ללכידה של מעל 15,000 פרטים של מינים מוגנים בעשור האחרון. לכידה של מספר כה גבוה של מינים מוגנים (ובמיוחד ברצועת העומק של 80 מ') מדגישה את הצורך במעבר לשיטות ניטור פחות הרסניות. הקריאה למעבר לשיטות שאינן הרסניות הולכת וגוברת עם השנים, עקב הטענה על ההשפעה הלא-מידתית שלהן על בתי הגידול וטענות כי תכניות ניטור שעושות שימוש במכמורת אינן מסוגלות לזהות את ההשפעות של דיג המכמורת ולאפיין באופן מיטבי את המגוון הביולוגי בקרקעית (Trenkel et al. 2019, McLaverty et al. 2023, Hammerl et al. 2024). קריאה זו גם מכירה בקושי שבמעבר לשיטות דיגום אחרות ולחסרונות המדעיים שיכולים להיות להפסקת הניטור באמצעות המכמורות (לדוגמה, Le Joncour et al. 2024). בכל זאת, ועל אף המאמצים הרבים והחשובים שנעשים בשנתיים האחרונות בכדי לצמצם את השפעת סקרי הניטור עצמם על הסביבה, אנו גורסים כי תוצאות עבודה זו, המדגימות את היקף הפגיעה של השימוש במכמורת לצרכי ניטור, מחייבות גיבוש תכנית חלופית לדיגום החי על המצע ומעבר לדיגום בשיטות אחרות בהקדם האפשרי.

נקודה נוספת אותה אנו מציעים לבחון במסגרת ניתוח הנתונים, היא הפיזור המרחבי של תוצאות הדיגום לאורך השנים. בבואנו לבחון את המגמות השונות בנתונים באמצעות מבחנים סטטיסטים, נוכחנו כי התפלגות הנתונים אינה התפלגות נורמלית (גם לא לאחר טרנספורמציות) ולכן נבחרו שיטות הניתוח והצגת הנתונים באופן המתאים ביותר (לדוגמה, שימוש במבחנים א-פרמטרים, הצגת ערכי החציון במקום ערכי הממוצע וכדומה). אולם, המשמעות העמוקה יותר של צורת התפלגות הנתונים, היא העובדה שהיא משקפת פיזור מאוד כתמי במרחב ובזמן, כפי שגם עולה מדו"חות הניטור הלאומי (לדוגמה, Rahav et al. 2023, 2024). לכן, אנו מציעים לכלול בדו"חות הניטור גם אנליזה מרחבית של השתנות כלל המדדים בכדי לבחון כיצד בית הגידול השתנה לאורך השנים. מפות שידגימו את פיזור הביומסה של המינים השונים לאורך זמן, יכולות להוות בסיס מידע חשוב ביותר לאפיון בית הגידול של המצע הרך שכיום נמצא בתת ייצוג בשטחים מוגנים ושחשוף ללחצי פיתוח לא מבוטלים (רוטשילד et al. 2024).

<u>מסקנות</u>

עבודה זו נשענת על בסיס הנתונים המהימן ביותר שקיים כיום בישראל לגבי היקף הלכידה מינים מוגנים על ידי גרירות מכמורת, ומדגימה את חוסר הסלקטיביות ואת הפגיעה הלא-מידתית של פעילות זו במינים מוגנים. בהעדר נתונים מבוססים המעידים כי פעילות זו יכולה להתבצע ללא פגיעה מהותית במינים מוגנים, במינים שאינם מיני המטרה ובבתי גידול, יש לראות בדיג המכמורת פעילות בעלת פגיעה חמורה המחייבת נקיטת גישה זהירה והמנעות מהמשך ביצועה. ההשפעה המשמעותית של דיג המכמורת בעומקים 80 מ' על מיני צורבים מוגנים המצויים בסיכון עולמי, ובעומקים הרדודים על מיני בטאים מוגנים המסווגים גם הם בסיכון בים התיכון, מתקפת את החשיבות של איסור דיג המכמורת במים הרדודים ומדגישה את הצורך בהרחבת האיסור על דיג מכמורת לכלל המרחב הימי של ישראל ובפרט ברצועת העומק המזופוטי. זאת בנוסף לנתוני עבר, שהעריכו השפעה קשה של דיג המכמורת על צבי ים (כ-1,300 צבי ים נפגעים בשנה, Levy et al 2015), השפעה שלילית על דגיגים צעירים של מיני מטרה של הדיג הספורטיבי והחופי (ירוחם וחוב' 2021) ועוד.

בניתוח זה <u>לֹא</u> נלקחו בחשבון ההשפעות הרחבות יותר של דיג המכמורת על המערכת האקולוגית הימית כמו למשל פגיעה פיזית בבית הגידול ושינוי הרכב של חברות. השפעות אלו מתועדת היטב

בספרות המדעית מרחבי העולם שכבר במשך עשורים מדגימה כיצד דיג המכמורת משפיע באופן ישיר ועקיף, ברמה המקומית והגלובלית, על המערכת האקולוגית הימית (Thrush and Dayton 2002, Collie et al. 2017, Sciberras et al. 2018, Sala et al. 2021, Agnetta et al. 2025).

מכאן, שהנזק הסביבתי עליו אחראי ענף דיג המכמורת בישראל, אפילו לאחר צמצומו במסגרת רפורמת שנת 2016, אינו מידתי לתועלות המזעריות של ענף זה למשק, ותרומה של פחות מ-1% מאספקת הדגה בישראל (בר-נחום 2022) . נזק זה פוגע במאמצים הרבים המושקעים בהגנה על הסביבה הימית הטבעית, מאמצים אליהם מחויבת מדינת ישראל ושמטרתם בין השאר להבטיח תועלות סוציו-אקונומיות משמעותיות הנובעות ממערכת אקולוגית בריאה ומתפקדת (תיירות, דגה, ויסות מזהמים, ויסות אקלימי, ועוד).

ראוי כי קובעי המדיניות בישראל, ובראשם משרד החקלאות וביטחון המזון, בשיתוף המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר ורשות הטבע והגנים, יקדמו **מהלך מיידי להשבתת צי דיג המכמורת במדינת ישראל, תוך מתן פיצוי הולם לדייגים.** מהלך זה ייטיב עם שאר משתמשי הים, לרבות הנופשים, הספורטאים הימיים, הדייגים החופיים ודייגי הפנאי, ובמיוחד יאפשר השתקמות ושימור של מערכת אקולוגית ימית משגשגת ובריאה. **עד למימוש מתווה זה, על פקיד הדיג הראשי במשרד החקלאות לסגור מיידית את רצועת העומק המזופוטי לדיג מכמורת ולהסדיר את פעילות שיטת דיג זו במסגרת היתרי פגיעה בערכי טבע מוגנים מרשות הטבע והגנים[19].**

תודות

אנו מודים לחקר ימים ואגמים לישראל על הנתונים שהיוו את הבסיס לעבודה זו. אנו מודים גם לחן רבי על תרומתה לעבודת איסוף ועיבוד הנתונים. כמו כן, אנו מודים מקרב לב לחוקרים ואנשי המקצוע הרבים שהעבירו הערות מועילות לגרסה המוקדמת של דו"ח זה.

רשימת ספרות

[19] על פי חוק גנים לאומיים ושמורות טבע 1998, פגיעה במינים אלו מוגדרת כ"השמדה, הריסה, שבירה, חבלה, קטיפה, נטילה, שינויה של צורה או של תנוחה טבעית, והפרעה מלאכותית למהלך התפתחות טבעית". כלומר, לכידה שלהם ברשתות המכמורת בהכרח מוגדרת כפגיעה בהם.

Agnetta, D., I. Vascotto, D. Panzeri, I. Celić, C. Solidoro, T. Fortibuoni, S. Raicevich, and S. Libralato. 2025. Bottom trawling and environmental variables drive the biodiversity of Mediterranean demersal assemblages. Scientific reports .**15**:27188

T. B., A. Romanou, T. DeVries, P. E. Lerner, J. S. Mayorga, D. Bradley, R. B. ,Atwood Cabral, G. A. Schmidt, and E. Sala. 2024. Atmospheric CO2 emissions and ocean acidification from bottom-trawling. Frontiers in Marine Science .**10**:1125137

F. Ferretti, F. Micheli, and C. Cerrano. 2018. Sea pens in the ,Bastari, A., D. Pica Mediterranean Sea: habitat suitability and opportunities for ecosystem recovery. .ICES Journal of Marine Science **75**:1722-1732

and Ophiura ophiura Bergmann, M., and P. G. Moore. 2001. Mortality of Asterias rubens discarded in the Nephrops fishery of the Clyde Sea area, Scotland. ICES Journal .of Marine Science **58**:531-542

Bradai, M., and A. Soldo. 2016. Rhinobatos rhinobatos. The IUCN Red List of .Threatened Species. E. T63131A16527789

A. Bartholomä, F. Menjua, and A. Kopf. 2023. Physical impact of bottom ,.Bruns, I trawling on seafloor sediments in the German North Sea. Frontiers in Earth .Science **11**:1233163

Buhl-Mortensen, L., A. Vanreusel, A. J. Gooday, L. A. Levin, I. G. Priede, P. Buhl-Mortensen, H. Gheerardyn, N. J. King, and M. Raes. 2010. Biological structures as a source of habitat heterogeneity and biodiversity on the deep ocean margins. .Marine Ecology **31**:21-50

K. Moutopoulos, .Cashion, T., D. Al-Abdulrazzak, D. Belhabib, B. Derrick, E. Divovich, D S.-L. Noël, M. L. D. Palomares, L. C. Teh, and D. Zeller. 2018. Reconstructing global marine fishing gear use: Catches and landed values by gear type and .sector. Fisheries Research **206**:57-64

Cerrano, C., S. Garcia, M. Bo, C. Antoniadou, and C. Orejas. 2015. Pennatula rubra .(Mediterranean assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2015

Chaikin, S. 2023. Batoid monitor program: Practical tools for conservation. Sharks in .Israel

Chaikin, S., J. Belmaker, and A. Barash. 2020. Coastal breeding aggregations of threatened stingrays and guitarfish in the Levant. Aquatic Conservation: Marine .and Freshwater Ecosystems **30**:1160-1171

Coll, M., C. Piroddi, C. Albouy, F. Ben Rais Lasram, W. W. Cheung, V. Christensen, V. S. Karpouzi, F. Guilhaumon, D. Mouillot, and M. Paleczny. 2012. The Mediterranean Sea under siege: spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats .and marine reserves. Global Ecology and Biogeography **21**:465-480

Rijnsdorp, M. J. Kaiser, S. Jennings, and R. .Collie, J., J. G. Hiddink, T. van Kooten, A. D Hilborn. 2017. Indirect effects of bottom fishing on the productivity of marine .fish. Fish and Fisheries **18**:619-637

De Clippele, L., P. Buhl-Mortensen, and L. Buhl-Mortensen. 2015. Fauna associated .water gorgonians and sea pens. Continental Shelf Research **105**:67-78 with cold

Department of Fisheries and Aquatic Resources. 2020. Sri Lanka National Plan of Action to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated of Fisheries and Aquatic Resources, editor., Fishing 2025-2030.*in* Department .Colombo,Sri Lanka

Edelist, D. 2013. Fishery management and marine invasion in Israel. University of Haifa .(Israel)
:Edelist, D., G. Rilov, D. Golani, J. T. Carlton, and E. Spanier. 2013. Restructuring the Sea profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem. Diversity and .distributions **19**:69-77
Ellis, J. R., N. K. Dulvy, and F. Serena. 2016. Raja clavata (Mediterranean assessment). .The IUCN Red List of Threatened Species 2016
McCully Phillips, and F. Poisson. 2017. A review of capture and post- .Ellis, J. R., S. R .release mortality of elasmobranchs. Journal of fish biology **90**:653-722
FAO. 2005. General Fisheries Commission for the Mediterranean. 2005. Recommendation GFCM/29/2005/1 on the management of certain fisheries in the GFCM area. Adopted at the 29th Session of the GFCM, Rome, 21–25 .February 2005. FAO Fisheries and Aquaculture Rome
FAO. 2016. Vulnerable marine ecosystems Processes and practices in the high seas. .Rome, Italy
FAO. 2018. Technical elements for the protection of VMEs in the GFCM area of application Mediterranean. VME indicator features, habitats and taxa. FAO, .Rome, Italy
FAO. 2021. General Fisheries Commission for the Mediterranean Recommendation GFCM/44/2021/2 on the establishment of a fisheries restricted area in the Jabuka/Pomo Pit in the Adriatic Sea (geographical subarea 17), amending .Recommendation GFCM/41/2017/3F
FAO. 2023. General Fisheries Commission for the Mediterranean – Report of the sixth meeting of the Subregional Committee for the Western Mediterranean. Malaga, .Spain, 12–14 April 2023
FAO. 2024. General Fisheries Commission for the Mediterranean Report of the twenty-fourth session of the Scientific Advisory Committee on Fisheries. FAO .Italy, 20–23 June 2023. Rome ,headquarters, Rome
Gilman, E., A. Perez Roda, T. Huntington, S. Kennelly, P. Suuronen, M. Chaloupka, and .P. Medley. 2020. Benchmarking global fisheries discards. Sci Rep 10: 14017
fit-for purpose Hammerl, C., C. Möllmann, and D. Oesterwind. 2024. Identifying methods for monitoring fish communities. Frontiers in Marine Science .**10**:1322367
Hepner Ucko, o., E. Arlé, S. Malamud, G. Winters, and J. Belmaker. 2024. Surprising widespread Cymodocea nodosa occurrence along Israel’s Mediterranean coast and Implications for Seagrass Conservation in a hotspot of climate change. .Mediterranean Marine Science **25**:500-510
Hiddink, J. G., S. Jennings, M. Sciberras, C. L. Szostek, K. M. Hughes, N. Ellis, A. D. Rijnsdorp, R. A. McConnaughey, T. Mazor, R. Hilborn, J. S. Collie, C. R. Pitcher, R. O. Amoroso, A. M. Parma, P. Suuronen, and M. J. Kaiser. 2017. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. .Proceedings of the National Academy of Sciences **114**:8301-8306
Hiddink, J. G., A. F. Johnson, R. Kingham, and H. Hinz. 2011. Could our fisheries be more productive? Indirect negative effects of bottom trawl fisheries on fish .condition. Journal of Applied Ecology **48**:1441-1449
Khwaja, S., and A. Cox. 2010. Rebuilding fisheries: An overview of issues and policy .approaches in the OECD

Le Joncour, A., M. Mouchet, G. Boussarie, G. Lavialle, L. Pennors, L. Bouche, P. Le Bourdonnec, F. Morandeau, and D. Kopp. 2024. Is it worthy to use environmental trawling or video survey to monitor taxa in soft-bottom DNA instead of scientific habitats? Marine Environmental Research **200**:106667.

Levy, Y., O. Frid, A. Weinberger, R. Sade, Y. Adam, U. Kandanyan, V. Berkun, N. Perry, D. Edelist, M. Goren, S. Bat-Sheva Rothman, N. Stern, D. Tchernov, and G. Rilov. 2015. A small fishery with a high impact on sea turtle populations in the eastern Mediterranean. Zoology in the Middle East **61**:300-317.

Loh, T.-L., and Z. Jaafar. 2015. Turning the tide on bottom trawling. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **24**:581-583.

Lucchetti, A., M. Virgili, C. Vasapollo, A. Petetta, G. Bargione, D. L. VELI, J. Brĉic, and A. Sala. 2021. An overview of bottom trawl selectivity in the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science **22**:566-585.

Malecha, P. W., and R. P. Stone. 2009. Response of the sea whip Halipteris willemoesi to simulated trawl disturbance and its vulnerability to subsequent predation. Marine Ecology Progress Series **388**:197-206.

Marine Stewardship Council. 2023. https://www.msc.org/en-us/standards-and-certification/fisheries-standard.

McLaverty, C., O. R. Eigaard, H. Gislason, F. Bastardie, M. E. Brooks, P. Jonsson, A. Lehmann, and G. E. Dinesen. 2020. Using large benthic macrofauna to refine and improve ecological indicators of bottom trawling disturbance. Ecological Indicators **110**:105811.

McLaverty, C., O. R. Eigaard, J. Olsen, M. E. Brooks, J. K. Petersen, A. C. Erichsen, K. van der Reijden, and G. E. Dinesen. 2023. European coastal monitoring programmes may fail to identify impacts on benthic macrofauna caused by bottom trawling. Journal of Environmental Management **334**:117510.

Millage, K. D., J. Mayorga, S. Orofino, T. B. Atwood, A. M. Friedlander, L. S. L. Teh, M. L. D. Palomares, U. R. Sumaila, and E. Sala. 2025. The value of bottom trawling in Europe. The Nature Conservancy, Sacramento, USA.

Miller, E., E. Spanier, R. Diamant, and R. Yahel. 2023. Nature reserves facilitate conservation of the Mediterranean slipper lobster Scyllarides latus. Marine Ecology Progress Series 714:57-69.

Oberle, F. K., C. D. Storlazzi, and T. J. Hanebuth. 2016. What a drag: Quantifying the global impact of chronic bottom trawling on continental shelf sediment. Journal of Marine Systems **159**:109-119.

OCEANA. 2010. Belize Bans Bottom Trawling in Exclusive Economic Zone. Belize City, Belize.

Palummo, V., G. Milisenda, D. Pica, S. Canese, E. Salvati, L. De Vincenzis, P. Battaglia, N. Spanò, T. Romeo, and S. Greco. 2025. Ecological role of benthic Vulnerable Marine Ecosystems (VMEs) indicator taxa on soft bottoms. Scientific reports **15**:26654.

Pytka, J. M., G. Bressan, C. Antonini, A. Barausse, M. Barbato, M. Dara, L. J. De Santis, L. Finotto, F. Garibaldi, M. L. Geraci, V. M. Giacalone, M. Gristina, L. Lanteri, G. Roppo Valente, F. Serena, S. Vitale, C. Zampieri, S. Raicevich, and C. Mazzoldi. 2025. Survival rates of commercial elasmobranch species: exploring post-capture release at early life stages as a fishery management measure. Journal of Environmental Management **392**:126722.

and I. group. 2023. The National Monitoring Program of Israel's ,Rahav, E., B. Herut
Mediterranean waters – Scientific Report on Biodiversity for 2022 [in Hebrew].
.Israel Oceanographic and Limnological Research
Rahav, E., B. Herut, and I. group. 2024. The National Monitoring Program of Israel's
Mediterranean waters – Scientific Report on Biodiversity for 2023 [in Hebrew].
.Israel Oceanographic and Limnological Research
Roberts, C., C. Béné, N. Bennett, J. S. Boon, W. W. L. Cheung, P. Cury, O. Defeo, G. De
Froese, D. Gascuel, C. D. Golden, J. Hawkins, A. J. Hobday, J. .Jong Cleyndert, R
Jacquet, P. Kemp, M. E. Lam, F. Le Manach, J. J. Meeuwig, F. Micheli, T. Morato,
C. Norris, C. Nouvian, D. Pauly, E. Pikitch, F. P. Amargos, A. Saenz-Arroyo, U. R.
Sumaila, L. Teh, L. Watling, and B. C. O'Leary. 2024. Rethinking sustainability of
.marine fisheries for a fast-changing planet. npj Ocean Sustainability **3**:41
Sala, E., J. Mayorga, D. Bradley, R. B. Cabral, T. B. Atwood, A. Auber, W. Cheung, C.
Costello, F. Ferretti, and A. M. Friedlander. 2021. Protecting the global ocean for
.biodiversity, food and climate. Nature **592**:397-402
Saygu, I., and M. C. Deval. 2014. The Post-Release Survival of Two Skate Species
.Discarded by Bottom Trawl Fisheries in Antalya Bay, Eastern Mediterranean
.Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **14**:947-953
Scheinin, A. P., D. Kerem, S. Lojen, J. Liberzon, and E. Spanier. 2014. Resource
partitioning between common bottlenose dolphin (Tursiops truncatus) and the
Israeli bottom trawl fishery? Assessment by stomach contents and tissue stable
isotopes analysis. Journal of the Marine Biological Association of the United
.Kingdom **94**:1203-1220
Sciberras, M., J. G. Hiddink, S. Jennings, C. L. Szostek, K. M. Hughes, B. Kneafsey, L. J.
D. Rijnsdorp, and R. A. McConnaughey. 2018. Response of .Clarke, N. Ellis, A
benthic fauna to experimental bottom fishing: A global meta-analysis. Fish and
.Fisheries **19**:698-715
Serena, F., C. Mancusi, G. Morey, and J. Ellis. 2016. Dasyatis pastinaca. The IUCN red
.list of threatened species
Steadman, D., J. B. Thomas, V. R. Villanueva, F. Lewis, D. Pauly, M. Palomares, N.
Bailly, M. Levine, J. Virdin, and S. Rocliffe. 2021. New perspectives on an old
fishing practice: Scale, context and impacts of bottom trawling. Our Shared
.Seas, Report **44**
Thrush, S. F., and P. K. Dayton. 2002. Disturbance to Marine Benthic Habitats by
Trawling and Dredging: Implications for Marine Biodiversity. Annual Review of
.Ecology and Systematics **33**:449-473
Albouy, A. Brind'Amour, E. Duhamel, J. B. .Trenkel, V. M., P. Laffargue, S. Vaz, C
Romagnan, J. Simon, and P. Lorance. 2019. We can reduce the impact of
scientific trawling on marine ecosystems. Marine Ecology Progress Series
.**609**:277-282
Mediterranean fishery .Tsagarakis, K., A. Palialexis, and V. Vassilopoulou. 2014
discards: review of the existing knowledge. ICES Journal of Marine Science
.**71**:1219-1234
Veale, L. O., A. S. Hill, and A. R. Brand. 2000. An in situ study of predator aggregations
on scallop (Pecten maximus (L.)) dredge discards using a static time-lapse
camera system. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **255**:111-
.129

Wang, Z., K. M. Leung, Y.-H. Sung, D. Dudgeon, and J.-W. Qiu. 2021. Recovery of tropical marine benthos after a trawl ban demonstrates linkage between abiotic and biotic changes. Communications biology **4**:212.
אדליסט, ד. 2021. ניטור הדיג בים התיכון בישראל לשנת 2020. דו"ח שנתי המוגש למשרד החקלאות.
בר-נחום, ז. 2022. ענף המדגה בישראל – ייצור מקומי וייבוא של דגי מאכל. *in* תהליך שיתוף ציבור בענף המדגה. משרד החקלאות וביטחון המזון.
לוי, י., and א. ריבק. 2021. סיכום עונת הרבייה של צבי הים 2021. רשות הטבע והגנים.
לזרוס, מ., and ר. יהל. 2020. סקר שמורות הטבע הימיות בים התיכון הישראלי. דו"ח מסכם לסקרים שנערכו בשנים 2015 2017 2019. רשות הטבע והגנים.
רוטשילד, א. 2019. הפסקת דיג המכמורת בישראל- צעד חיוני לתכנון ימי מושכל ולשמירת משאב הדגה והסביבה הימית. החברה להגנת הטבע. החברה להגנת הטבע.
רוטשילד, א., ע. שבתאי, ד. אורן, ע. סלע, נ. אנגרט, א. פריד, ע. גוק, and ר. יהל. 2024. מידת הייצוג של יחידות אקולוגיות של קרקעית הים התיכון בשטחים מוגנים (מים ריבוניים) – מצב קיים והמלצות לעדכון מסמך המדיניות למרחב הימי. אקולוגיה וסביבה 14.
רשות הטבע והגנים. 2019. הנחיות לערכי סף לפגיעה משמעותית בבעלי-כנף עבור מיזמי טורבינות בישראל. https://static.parks.org.il/wp-content/uploads/2020/09/canaf.pdf.
רשות הטבע והגנים. 2023. מענה לבקשת חופש מידע שהוגש על ידי עמותת תנו לחיות לחיות.
שטרן, נ. 2016. עונתיות הרבייה של הדגה בחופי ישראל ובחינת פיזור הפאונה במרחב ובזמן: המלצות לממשק דיג לשמירה מיטבית על הדגה ועל הטבע הימי בחופי ישראל
שטרן, נ. 2025. ניטור חברת הדגים במצע הרך של המרחב הצפוני האסור לדיג מכמורת - פיילוט ראשוני חקר ימים ואגמים לישראל.
שפניר, א., ד. אדליסט, and ד. גולני. 2013. אינדיקטורים אקולוגיים לדיג יתר בדיג המכמורת בישראל. המכון ללימודי ים באוניברסיטת חיפה, המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה.
ששון, ש., and י. לוי. 2023. תוצאות ראשוניות על פעילות צבים ב-EEZ של ישראל.

נספחים

נספח 1 – בחינת גישות למניעת הטייה אפשרית של הנתונים עקב חריגים

כדי למנוע הטיה אפשרית של הנתונים עקב חריגים, נבחנו הגישות הבאות:

1. הסרת כל הנתונים מגרירות בהן הופיעה כמות חריגה של פרטים ממין מסוים:

* יתרונות: מונע הטיה באופן מוחלט, תוך התחשבות בהתפלגות השונה של כל מין.

* חסרונות: גורם לאובדן ניכר של נתונים (מעל 78%), ואינו משקף נאמנה את תופעת הכתמיות של בית הגידול הימי.

2. הסרת גרירות בעלות כמות חריגה של פרטים, ללא קשר למינים מהם הגיעו הפרטים:

* יתרונות: פתרון יעיל יותר לבעיית הכתמיות עם אובדן נתונים מתון יותר.

* חסרונות: מתעלם מההבדלים בהתפלגות מספר הפרטים בין מינים שונים, ואינו משקף את האופן בו מינים שונים נוטים להתפזר או להתקבץ בסביבה הימית.

3. הסרת נתונים חריגים ספציפיים של מינים מתוך הגרירות, תוך שמירה על שאר הנתונים מהגרירה:

* יתרונות: שמירה חלקית של נתונים נוספים.

* חסרונות: עדיין אובדן משמעותי של נתונים (מעל 60%), ועיוות מספר המינים הממוצע לרשת.

4. שמירה על הנתונים החריגים:

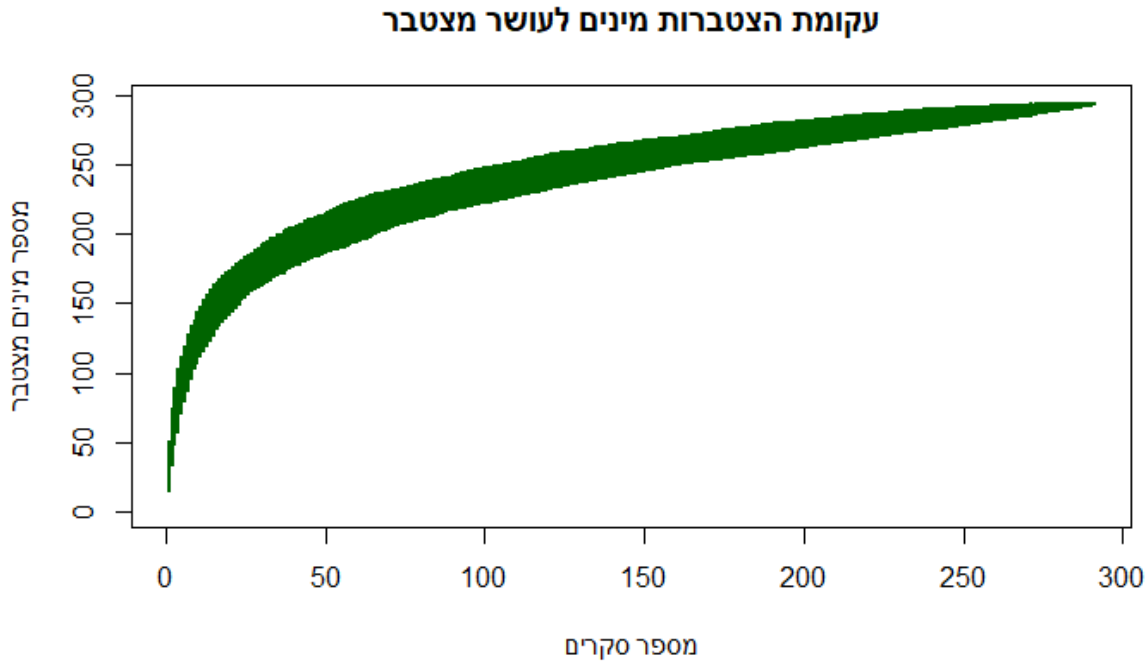
* יתרונות: הצגת המגוון והפיזור האמיתי של המינים והפרטים בשטח

* חסרונות: עלול לכלול טעויות שנגרמו מאירועים חד פעמיים חריגים או רישום מוטעה של המצאי

מאחר שנתונים "חריגים מאוד" הופיעו ב-78% מהרשתות, ניתן להניח כי הם משקפים וריאציה טבעית ולא טעויות מדידה. לכן, הוחלט להשתמש בכלל הנתונים (גישה מספר 4) ללא הסרת הערכים החריגים, כיוון שהופעת ערכים חריגים מאוד במעל שלושה רבעים מהרשתות מצביעה על כך שהכתמיות העולה מהנתונים משקפת את המציאות ואינה נובעת משגיאות מדידה או מתופעות חריגות.

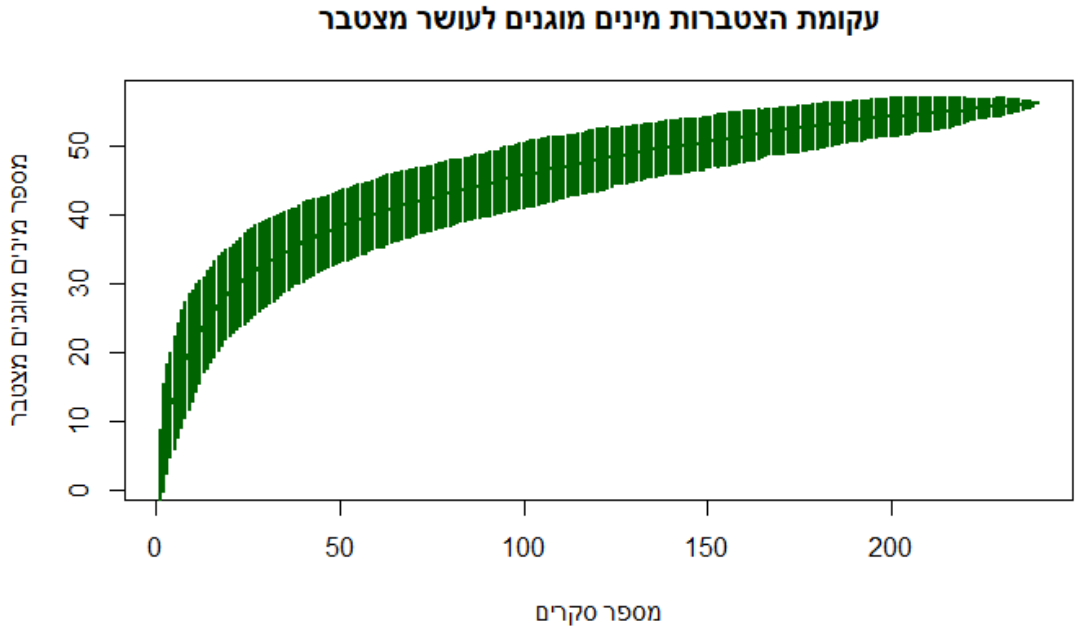
נספח 2 -עקומת הצטברות מינים (*Species Accumulation Curve*) , להערכת עושר המינים המצטבר ביחס לרמת מאמץ דיגום, למינים באופן כללי.

יחידת מאמץ הדיגום הינה מספר הסקרים, שהיא שעה וחצי גרירה.



נספח 3 -עקומת הצטברות מינים *(Species Accumulation Curve)*, להערכת עושר המינים המצטבר ביחס לרמת מאמץ דיגום, למינים מוגנים.

יחידת מאמץ הדיגום הינה מספר הסקרים, שהיא שעה וחצי גרירה.



נספח 4 – בחינת מגמות שינוי במספר הפרטים והמינים בשלל בהחרגת עומק 20 מ'

משתנה תלוי	שיפוע	Permutation p-value	95% CI Lower	95% CI Upper
מספר מינים מוגנים לשעה	0.0008782617	0.00015	-0.0004713908	0.0004802286
מספר פרטים מוגנים לשעה	0.01312465	0.1321	-0.01711342	0.0169737
אחוז מינים מוגנים משלל הגרירה	0.00192551	0.00115	-0.001164867	0.001194489
אחוז הפרטים המוגנים משלל הגרירה	0.001380402	0.00025	-0.0007790114	0.0007851024