שמורות טבע ימיות

עוגן בעידן דינמי ומשתנה

כתיבה: ד"ר גיל רילוב, המכון לחקר ימים ואגמים
עריכה: אלון רוטשילד, החברה להגנת הטבע

עיצוב: מיטל מנחם, we amor
תמונת השער: אנדרי אהרונוב, אבידג

החברה להגנת הטבע: ע"ר, הארגון הסביבתי הגדול והוותיק בישראל, עמית בישראל של הארגונים הבין-לאומיים IUCN ו- *Birdlife International*. החברה להגנת הטבע פועלת בכלים חינוכיים, תכנוניים, ציבוריים, מחקריים ומשפטיים לשמירה על המגוון הביולוגי של ישראל ועל נגישותו לציבור.

רשות הטבע והגנים (רט"ג): רשות ממשלתית הפועלת למימוש המטרות של החוקים שמכוננים אותה: חוק גנים לאומיים, שמורות טבע ואתרי הנצחה וחוק הגנת חיית הבר. מטרות הרשות מתחלקות למחויבויות לשמור על הטבע ועל אתרי המורשת, לטפח אותם לרווחת הציבור ולחנכו בהתאם למטרות אלה. כגוף ציבורי מחזיקה הרשות בנאמנות, בשם הציבור, חלק מנכסי הכלל: שמורות טבע וגנים לאומיים. נכסים אלו אינם שייכים רק לדור הנוכחי והרשות מחויבת אליהם כאל פיקדון עליו יש להגן לטווח הארוך, גם בעבור הדורות הבאים.

© כל הזכויות שמורות לחברה להגנת הטבע (ע"ר) ולרשות הטבע והגנים, 2018.

מסמך זה נכתב כחלק מקידום תכנית השמורות הימיות של רשות הטבע והגנים, כחומר רקע לאישורן והכרזתן.

תודות:
תודתנו לצלמים שתרמו מתמונותיהם המרהיבות לפרסום זה, ולחוקרים שחלקו ידע חיוני שבא לידי ביטוי במסמך.
עם זאת, כל טעות, אם נפלה בטקסט, היא באחריות עורכי המסמך בלבד.

www.mafish.org.il

רשות הטבע והגנים

החברה להגנת הטבע ע"ר
שומרים. מחנכים. אוהבים

שמורות ימיות

בעידן דינמי ומשתנה

שמורות ימיות מסייעות להגברת חוסנן של המערכות האקולוגיות

- ניתן לחלק את הלחצים על הסביבה הימית ל**מקומיים** (הרס בית גידול, דיג, זיהום) **וחיצוניים** (שינויי אקלים, פלישה מאסיבית של מינים זרים).
- המערכת האקולוגית של מזרח הים התיכון סובלת מאוד הן מלחצים מקומיים כמו **דיג יתר** והן מלחצים חיצוניים **בעקבות התחממות הים ופלישה של מינים**, בעיקר דרך תעלת סואץ.
- לחצים מקומיים מפחיתים את עמידות המערכת האקולוגית הימית ללחצים חיצוניים.
- **שמורות ימיות** שומרות על המערכת הימית מפני לחצים מקומיים, ולכן **משפרות את עמידותה בפני לחצים חיצוניים.**

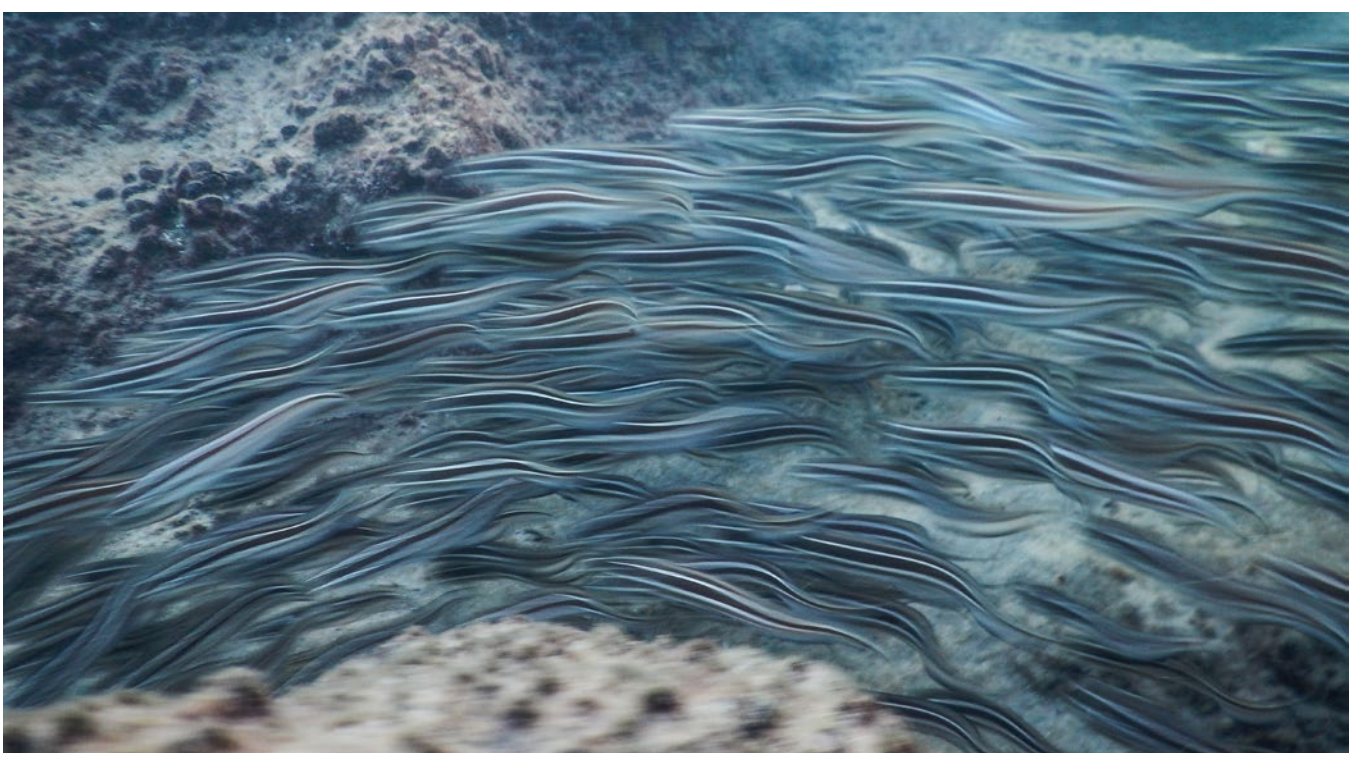
בתקופה זו, המכונה אנתרופוקן (Anthropocene), בה גורם האדם לשינויים מרחיקי לכת בכדור הארץ, נתונות המערכות האקולוגיות בכלל, והימיות בפרט, ללחצים ואיומים סביבתיים רבים בו זמנית. אלה משנים את הטבע באופן מהותי. חלק מן הלחצים הם **מקומיים**, ויש למדינת ישראל יכולת לצמצם אותם בצורה משמעותית (למשל, זיהום מן היבשה או ממפעלי שופכין, הרס בתי גידול ודיג יתר), וחלקם נובע משינויים **אזוריים או עולמיים**, אשר למדינת ישראל אין יכולת מעשית למנוע אותם (שינוי אקלים גלובלי, ובמידה רבה, פלישות מינים זרים הנובעת מפעילות האדם).

מחקרים רבים הראו כי חשיפה ללחץ מסוג אחד יכולה לפגוע בעמידות (resilience) המערכת האקולוגית בפני לחצים מסוגים אחרים (למשל, זיהום כימי יכול לפגוע בעמידות לעקת חום)[1]. כך, חשיפה רבה או ממושכת ללחצים מקומיים על מערכות אקולוגיות חופיות עלולה לפגוע בעמידותן ללחצים הקשורים להיבטים שונים של שינוי האקלים הגלובלי, כמו התחממות הים או התגברות אירועים קיצוניים כמו סופות[2,3]. לפיכך, **לשמורות ימיות יכולה להיות חשיבות עצומה בהגברת חוסנן של מערכות אקולוגיות ימיות ללחצים חיצוניים** הנובעים משינוי אקלים או פלישת מינים מזיקים, **על ידי כך שהן מפחיתות את הלחצים המקומיים [4].**

ואכן, בעשור האחרון לומדים המדענים ואנשי שמירת הטבע להכיר בחשיבות ההתייחסות לשינוי האקלים בתהליך התכנוני של שמורות טבע ימיות[5]. אמנם, אין ספק כי גם שמורות טבע יפגעו בשל שינוי האקלים[6], אך מידת הפגיעה יכולה להשתנות על פי מצב השמורות הבסיסי, כלומר עוצמת הלחצים המקומיים. מחקר זה הינו עוד בחיתוליו ונדרש עוד זמן עד שניתן יהיה לבחון בברור קשר זה במקומות רבים בעולם, אך התאוריה אומרת כי **מערכת אקולוגית, שבה מארג המזון שלם יותר** (וכולל בתוכו טורפים גדולים ודגים צמחוניים חשובים, שהם דגי המטרה העיקריים של הדייגים), **ושבה בית הגידול אינו פגוע, אמורה להיות יציבה יותר מול לחצים חיצוניים**, כפי שהראה מחקר מאוסטרליה[3].

מערכת יציבה תוכל גם לספק בצורה שלמה יותר שירותי מערכת אקולוגית חשובים לרווחת האדם (אספקת מזון, מחזור חנקות, אצירת פחמן דו-חמצני, הנאה מן הטבע ועוד). מחקר של השנים האחרונות, שסקר תוצאות של סקרים באתרים שונים סביב הגלובוס, הראה כי **שמורות ימיות בהן אסור לדוג ולפגוע בבית הגידול (Not-take Reserves) הינן האזורים הימים המוגנים האפקטיביים ביותר**[7].

בנוסף, מאמר דעה חדש מציע ששמורות טבע ימיות כאלה יכולות לסייע **בשיקום ובהתמודדות עם השפעות שינויי אקלים,** כיוון שהן מעודדות תהליכים ביולוגיים שמאפשרים הסתגלות, ומייצבים את המערכת האקולוגית[8]. מודלים שבחנו את העמידות העתידית של שוניות האלמוגים באזור הקריבי בעקבות שינוי אקלים, חוזים כי אחרי פגיעה (עקת חום או הוריקן), עמידות (למשל יכולת התאוששות) אלמוגים בתוך שמורות צפויה להיות גבוהה יותר לעומת אזורים מחוץ לשמורות בשל קיום מארג מזון יציב יותר בתוך השמורה[9].



שפמית ארסית - דג מהגר מים סוף שפלש במספרים גדולים לים התיכון | צילום: שחר מלמוד

האתגר בישראל

המערכות האקולוגיות של הים התיכון הישראלי נתונות זה שנים ללחצים סביבתיים רבים, הן מקומיים כמו זיהום ודיג יתר, והן עולמיים כמו התחממות מהירה של הים (בין שתיים לשלוש מעלות בשלושת העשורים האחרונים![10]). כמו כן הן חשופות לפלישה של מאות מינים זרים, בעיקר מינים חובבי חום מים סוף והאוקיאנוס ההודי והשקט, כאשר המוביל העיקרי של מינים אלה הוא תעלת סואץ[11,12]. חופי ישראל הינם בין האזורים בהם התחממות הים ופלישות המינים הם המהירים ביותר בעולם[10,13,14]. כתוצאה משילוב גורמים אלה, מינים מקומיים הולכים ונעלמים ומינים זרים הולכים ומשתלטים על המערכות האקולוגיות, בעיקר במים בעומקים רדודים[15-18]. בין השאר, נצפות התופעות:

- בשוניות הרדודות של הים התיכון קשה כבר למצוא מיני רכיכות (חלזונות וצדפות) מקומיות, כי בכיפה שולטים מינים ים-סופיים או אפילו מינים מהמפרץ הפרסי. גם בקרב חברת הדגים, חלקם של המינים הזרים גדול.

- פני השונית עצמה משתנים. יערות של אצות חומיות מעונפות (בעיקר מהסוג ציסטנית) שפעם כיסו כנראה את השוניות הרדודות, הפכו נדירים. הסיבה העיקרית היא שמיני דגים פולשים רעבתניים (סיכנים, או 'ארסים' בשפת הדייגים) שהגיעו לחופינו באמצע המאה העשרים דרך תעלת סואץ, הם דגים צמחוניים המחסלים את "יערות האצות" כמעט בכל מקום לאורך החוף, וכתוצאה - רבות מן השוניות נראות היום כמו שממה אפרורית[15]. יערות אצות אלה חשובים הן כבית גידול והן כמזון ליצורי שונית רבים, והם גם בעלי תפקיד חשוב לאדם, כיצרני חמצן וסופגי פחמן דו-חמצני. יערות האצות הולכים ונעלמים גם במקומות רבים אחרים בים התיכון, אם כי המצב בחופי ישראל הוא כנראה החמור ביותר.

- קיפודי הים, צמחוניים חשובים במערכת, נעלמו כמעט לחלוטין מחופינו, בשל שילוב של התחממות המים בקיץ, שפשוט הורגת אותם, ותחרות על האצות מול דגי הסיכן הפולשים.

- ניתוח נתוני שלל דיג המכמורת בהשוואה בין התקופה האחרונה לזו שלפני שני עשורים מראה כי יתכן שהתחממות הים היא גורם נוסף שהביא לשינויים משמעותיים במבנה ואופי אוכלוסיות הדגים באזור, יחד עם הדיג[19,20].

- התחממות הים מזרזת גם את התבססותם והתפשטותם של מינים זרים חובבי חום מהאוקיאנוס ההודי בים התיכון; כך, שני שינויים גלובליים אלה - ההתחממות והפלישה - כרוכים זה בזה.

לנוכח הלחצים הגלובליים על המערכת האקולוגית הימית, **יש צורך בהפחתה משמעותית של הלחצים המקומיים, כמו זיהום, דיג ובנייה חופית וימית, על מנת לשפר את חוסנה אל מול הלחצים החיצוניים.** אפילו אם, בשל התחממות הים, יתחלפו המינים המקומיים הרגישים במינים זרים עמידים יותר לחום, עדיין ישנה חשיבות רבה לשמירה על מארג מזון יציב בים ועל תהליכים בסיסיים של תפקוד המערכת. זאת ניתן להשיג רק על ידי **הגנה על בית הגידול ועל כלל מארג המזון בתוכו בעזרת איסור דיג ופגיעה בקרקעית הים, או מניעת זיהום ממקורות יבשתיים או ימיים (לדוגמא, אסדות קידוח).**

לומדים מהצלחות

עדות לחשיבות השמורות בישראל לשמירה על המערכת האקולוגית מפני לחצים גלובליים, ניתן אולי למצוא בשמורה היחידה המוגנת בחוף הישראלי כבר כמעט שני עשורים, שמורת איי חוף ראש-הנקרה.

בתוך השמורה באכזיב ניתן למצוא מרבדים חשובים של אצות חומיות מעונפות, שנעלמו בגלל השילוב של לחצים גלובליים: שינוי אקלים ופלישות ביולוגיות. מרבדי האצות המעונפות, החשובות לתפקוד המערכת האקולוגית, משגשגות בשמורה למרות שאוכלוסיית הסיכן ההודי, הדג הפולש המחסל את האצות, גדולה יותר בשמורה לעומת האזורים מחוץ לשמורה. יתכן שההסבר לכך נעוץ באיסור הדיג בשמורה, כלומר – בהגנה על השמורה מפני לחצים מקומיים:

בשוניות שסביב איי ראש הנקרה ניתן לראות בברור כי אוכלוסיות של מיני דגים טורפים כמו דקרים (לוקוסים) וסרגוסים הן גדולות יותר, והפרטים שלהם גדולים בהרבה בתוך השמורה, לעומת אוכלוסיות דגים אלה מחוץ לשמורה[15]. כמו כן, בתוך השמורה של איי ראש הנקרה ניתן לראות עדיין להקות גדולות של הדג הצמחוני המקומי, סלפית צהובת פסים (*Sarpa salpa*, או סולבי בפי הדייגים), שהיה פעם נפוץ ביותר בחופינו וכעת נעלם כמעט לחלוטין, כנראה גם כן בשל פעילות דיג.

נוכחות הדגים הטורפים (דקרים המאיימים על דגי הסיכן) והדגים המתחרים עם הסיכן על המזון, נוכחות המתאפשרת בגלל איסור הדיג בשמורה, יכולה אולי להסביר מדוע מתקיימים משטחי האצות בשמורה. אחת הסברות היא שנוכחות של טורפים (ואולי גם מתחרים), למרות שלא מפחיתה עדיין את כמות הסיכנים, כן מפחיתה את פעילות הרעייה שלהם על האצות (בגלל אפקט הפחד). כך יתכן שההגנה של השמורה מפני דיג מסייעת לכלל מארג המזון, מן הטורפים ועד לאצות.

לסיכום

גם בשל הלחצים הגלובליים על המערכת האקולוגית הימית, יש צורך דחוף בהקמת רשת של שמורות טבע ימיות לאורך חופי ישראל, אשר תיצור מערך הגנה על בתי גידול שונים - מהים הרדוד לעמוק, מקרקעיות חוליות לסלעיות - ותכלול גם הגנה על הים הפתוח, בו שוכנים מינים נודדים רבים (למשל, צבי ים וכרישים) החשובים מאוד לתפקוד המערכת האקולוגית, וחשופים גם הם לפגיעות רבות מעשה ידי אדם.

חשופית | צילום: שחר מלמוד

לחצים על הסביבה הימית

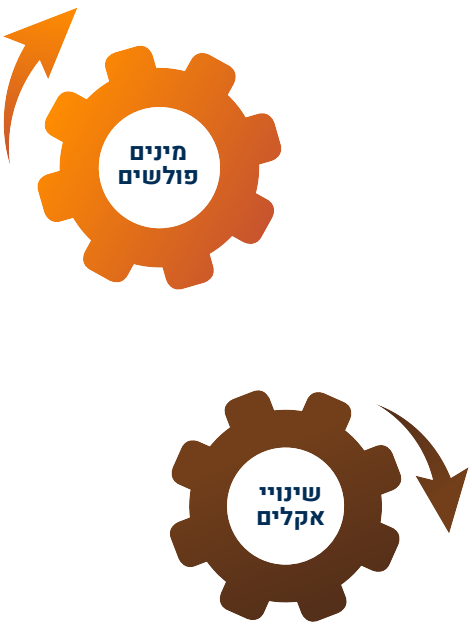
ניתן לחלק את הלחצים על הסביבה הימית **למקומיים** (הרס בית גידול, דיג, זיהום) **וחיצוניים** (שינויי אקלים, פלישה מאסיבית של מינים זרים).
שמורות טבע ימיות מונעות לחצים מקומיים, וכך מאפשרות למערכת האקולוגית להיות עמידה יותר בפני לחצים גלובליים, עליהם אין לנו שליטה.

ללא שמורה ימית

לחצים מקומיים וגלובליים פועלים בצורה סינרגית, ו**מגבירים את ההשפעה השלילית על המערכת האקולוגית.**

עם שמורה ימית

הפחתת לחצים מקומיים מסייעת להגברת העמידות של המערכת האקולוגית ללחצים גלובליים.

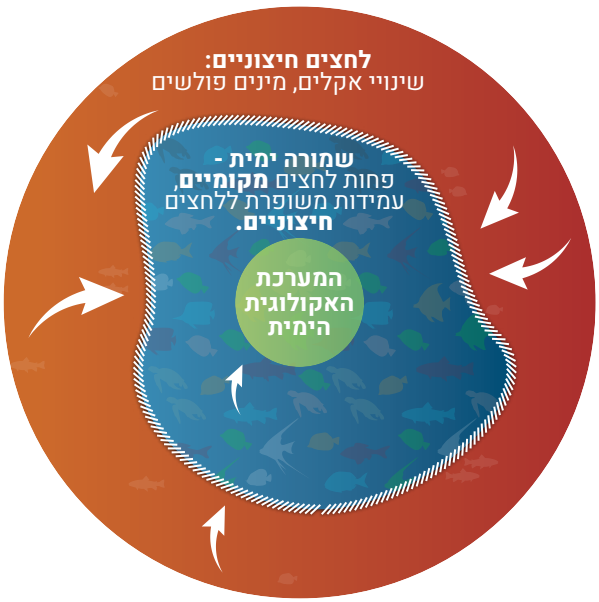


ללא שמורה ימית

לחצים מקומיים מפחיתים את עמידות המערכת האקולוגית הימית **ללחצים חיצוניים.**

עם שמורה ימית

שמורות ימיות שומרות על המערכת הימית מפני **לחצים מקומיים**, ולכן **משפרות את עמידותה בפני לחצים חיצוניים.**



קיפוד ים סגול - מין הנפגע מהתחממות הים | צילום: יוסף סגל

מקורות:

1. Crain, C.M., K. Kroeker, and B.S. Halpern (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. Ecology letters. 11(12): p. 1304-1315.

2. Hewitt, J.E., J.I. Ellis, and S.F. Thrush (2016). Multiple stressors, nonlinear effects and the implications of climate change impacts on marine coastal ecosystems. Global Change Biology. 22(8): p. 2665-2675.

3. Ling, S.D., C.R. Johnson, S.D. Frusher, et al. (2009). Overfishing reduces resilience of kelp beds to climate-driven catastrophic phase shift. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 106(52): p. 22341-22345.

4. Gallardo, B., D.C. Aldridge, P. González-Moreno, et al. (2017). Protected areas offer refuge from invasive species spreading under climate change. Global Change Biology. 23(12): p. 5331-5343.

5. McLeod, E., R. Salm, A. Green, et al. (2009). Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. Frontiers in Ecology and the Environment. 7(7): p. 362-370.

6. Bruno, J.F., A.E. Bates, C. Cacciapaglia, et al. (2018). Climate change threatens the world's marine protected areas. Nature Climate Change: p. 1.

7. Sala, E. and S. Giakoumi (2017). No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. ICES Journal of Marine Science: p. fsx059.

8. Roberts, C.M., B.C. O'Leary, D.J. McCauley, et al. (2017). Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences. 114(24): p. 6167-6175.

9. Mumby, P.J., N.H. Wolff, Y.M. Bozec, et al. (2014). Operationalizing the resilience of coral reefs in an era of climate change. Conservation Letters. 7(3): p. 176-187.

10. Ozer, T., I. Gertman, N. Kress, et al. (2016). Interannual thermohaline (1979–2014) and nutrient (2002–2014) dynamics in the Levantine surface and intermediate water masses, SE Mediterranean Sea. Global and Planetary Change.

11. רילוב, ג. (2014). תמורות אקולוגיות בים התיכון לחופי ישראל. אקולוגיה וסביבה. 1: p. 44-51.

12. Galil, B. (2009). Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean Sea. Biological Invasions. 11(2): p. 359-372.

13. Edelist, D., A. Scheinin, O. Sonin, et al. (2013). Israel: Reconstructed estimates of total fisheries removals in the Mediterranean, 1950-2010. Acta Adriatica. 54(2): p. 253-263.

14. Rilov, G. and B. Galil, Marine bioinvasions in the Mediterranean Sea - history, distribution and ecology, in Biological Invasions in Marine Ecosystems: Ecological, Management, and Geographic Perspectives, G. Rilov and J.A. Crooks, Editors. 2009, Springer-Verlag: Heidelberg, Germany. p. 549-575.

15. Rilov, G., O. Peleg, E. Yeruham, et al. (2017). Alien turf: overfishing, overgrazing and invader domination in southeastern Levant reef ecosystems. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.

16. Rilov, G. (2016). Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. Scientific Reports. 6.

17. Yeruham, E., G. Rilov, M. Shpigel, et al. (2015). Collapse of the echinoid Paracentrotus lividus populations in the Eastern Mediterranean - result of climate change? Scientific Reports. 5: p. 13479.

18. Edelist, D., G. Rilov, D. Golani, et al. (2013). Restructuring the Sea: profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem. Diversity and Distributions. 19: p. 69-77.

19. Givan, O., D. Edelist, O. Sonin, et al. (2017). Thermal affinity as the dominant factor changing Mediterranean fish abundances. Global change biology. 21.

20. Rijn, I., Y. Buba, J. DeLong, et al. (2017). Large but uneven reduction in fish size across species in relation to changing sea temperatures. Global change biology. 23(9): p. 3667-3674.

מחבקים את השינוי - גרסת התחממות הים

שימור תפקודים אקולוגיים ואימוץ מינים פולשים "חיוביים"

- מינים שונים מבצעים תפקודים אקולוגיים שונים, החשובים למערכת האקולוגית הימית ואף לאדם.
- בעידן של החלפת מינים מאסיבית בים התיכון, ממינים מקומיים למינים ים סופיים עמידים לחום, יש לנקוט בגישה חדשה לקביעת מדדי ההצלחה של שמורות ימיות.
- במקרים מסוימים, מינים פולשים החליפו (בצורה כזו או אחרת) מינים מקומיים בביצוע תפקוד אקולוגי חיוני, כמו יצירת מבנה תלת מימדי, דגה מסחרית, ועוד.
- שמורות ימיות הן רכיב קריטי בהגנה על המערכות האקולוגיות, וחשובות גם כאתר ייחוס לניטור.
- יש לעדכן את מדדי ההצלחה של השמורות גם במדדים תפקודיים, לרבות של מינים פולשים שהחליפו מינים מקומיים.

שתי מטרות חשובות ביותר של שמירת הטבע הן **שימור מגוון המינים** (כלומר, הגנה על מינים מקומיים), **ושימור התפקוד של המערכת האקולוגית.** חשיבות השמירה על מינים ידועה ומוכרת לכל והסיבות לה מגוונות; השמירה על התפקוד האקולוגי מוכרת קצת פחות לציבור הרחב. לתפקוד אקולוגי תקין היבטים רבים, ביניהם למשל:

- **לספק בית גידול מורכב** למינים אחרים על ידי מיני מהנדסי סביבה (כמו אלמוגים, ספוגים או אצות גדולות);
- **לקיים פעילות חשובה במארג המזון** (למשל - פעילות טורפים, המווסתים את כמות המינים הצמחוניים במערכת האקולוגית);
- **לייצר ביומסה** (חומר חי);
- **לשמר תפקודים מטבוליים חשובים** (למשל ייצור חמצן);
- **למחזר חומרי דשן** (למשל מיחזור חנקות – אחד מיעדי השימור החשובים);
- **לספוג פחמן דו-חמצני** (וויסות כמות הפחמן באטמוספרה מסייע בשליטה על יציבות האקלים).

מערכת אקולוגית שתפקודיה תקינים מספקת גם "שירותי מערכת" החיוניים לרווחתו של האדם (לדוגמה, לספק **מזון**). לפיכך, מטרה חשובה של שמירת הטבע הימי הינה לשמר את התפקוד האקולוגי של המערכת הימית – אתגר לא פשוט בעידן של שינוי גלובלי, בו מינים מקומיים הולכים ונעלמים בשל התחממות הים (בעיקר במים הרדודים), ובמקומם מופיעים מינים זרים, פולשים, שעמידים יותר לתנאים החדשים.

אתגר זה גדול במיוחד במזרח הים התיכון, בה שינויים גלובליים אלה מהירים מאוד (התחממות ים מהירה במיוחד וקירבה לתעלת סואץ המחברת בין ים סוף לים תיכון המעבירה מאות מינים בין ים טרופי חם לים סוב-טרופי מתחמם). ברמה המקומית, אין לנו בעצם יכולת לווסת את היעלמותם של מינים רגישים בגלל שינויי האקלים, או לשלוט בהתבססותם של מינים פולשים.

ברקן אדום - מין דג מהגר שפלש לים התיכון מים סוף | צילום: שחר מלמוד

שימור תפקודים אקולוגיים בעידן של החלפת מינים

כיצד אם כן ניתן לשמור לפחות על חלק מתפקודי המערכת האקולוגית, באזור בו השינויים הגלובליים מהירים ועוצמתיים כל כך? לשם כך, עלינו לשנות את כיוון דרך חשיבתנו לגבי בריאות המערכת האקולוגית. במקרים מסוימים (ובעיקר במים הרדודים, הסופגים את ההשפעה הרבה ביותר) אין לנו ברירה: עלינו "לחבק את השינוי" ולהכיר בכך שאי אפשר להילחם בו, אלא יש לשמור על מערכת אקולוגית מתפקדת, המכילה מינים הממלאים תפקודי מפתח – גם אם חלקם הם מינים זרים שהחליפו בתפקוד מסוים את המין המקומי שנעלם. כלומר – להגן על מיני מפתח חשובים הממלאים תפקוד חשוב במערכת האקולוגית, גם אם פרוש הדבר הוא "לאמץ" במקרים מסוימים גם מינים שהיו זרים לים התיכון עד לאחרונה[i].

מספר דוגמאות להחלפה של תפקודים אקולוגיים חשובים שממלא כיום מין פולש במקום מין מקומי:

א. תפקוד במארג המזון:

בעשור האחרון התחלפו שני מיני מאכל מסחריים בדיג המכמורת כמעט לחלוטין[1]: בזמן שהלך ונעלם המין המקומי וורדית שישנית (*Pagellus erythrinus*), הג'רבידה בשפת הדייגים, התפרץ במקביל המין הטרופי נימי דו-ימי (*Nemipterus randalli*) הדומה לו מבחינה אקולוגית (אותם עומקים ותזונה דומה, ולכן אותה השפעה על מארג המזון). יתכן שתחרות על משאבים בין הדג המהגר למקומי הביאה לתחלופה זו, או שאולי התחממות הים תרמה לירידת הדג המקומי בעוד שמין הטרופשי שגשג. בכל מקרה, תחלופה זו כנראה לא תשפיע באופן מהותי על תפקוד המערכת. אין זה אומר שלא הייתה השפעה של הדיג לאורך השנים – היתה גם היתה - כיוון שסך כל השלל ירד משמעותית[2] (מה שאומר שיש לרסן את שיטת דיג המכמורת, ללא קשר לשמורות), אולם הרכב מארג המזון לא השתנה מאוד, עד כה. מצד שני, פלישת המינים והתחממות הים כן מובילה עם הזמן לשינויים משמעותיים באופי חברת הדגים מבחינת מבנה גופם, גודל הדגים ובית הגידול המאפיין אותם[3-5]. כנראה שחלק מן המינים המקומיים, גם אלה החשובים מבחינה כלכלית, הוחלפו במינים פולשים בשל רגישותם הגבוהה של המקומיים לעליית טמפרטורת הים, ומינים אחרים הוחלפו בשל תחרות על משאבים. במקרים מסוימים, המינים הפולשים דומים למדי למין המקומי שנעלם מבחינת תפקידם האקולוגי ואף בערכם הכלכלי.

בניית מבנים סלעיים מורכבים:

בעבר אכלסה את השונית הים-תיכונית שלנו צדפה גדולה הצמודה לסלע ולה "קרניים" ארוכות בשם **שידרנית מצויה** (*Spondylus gaederopus*). כיום לא ניתן למצוא מין זה, אך במקומו נמצא בכמויות גדולות את המין הים-סופי המקביל, הדומה לו מאוד בצורתו וקרוב לוודאי שגם בתכונותיו ותפקודיו אקולוגיים, **שידרנית קוצנית** (*Spondylus spinous*)[6,7]. יש מקומות לאורך החוף, בהם מִקבצים של הצדפה הפולשת יוצרים מבנים תלת-ממדיים גדולים, **המעלים מאוד את מורכבות המצע הסלעי, ובכך מהווים בית גידול מגוון וגם מזון למינים רבים אחרים**, כדוגמת תמנונים. שמירה על שוניות ומבנים ביוגניים (כלומר, מבנים המורכבים מיצורים חיים) הינה אחד מיעדי השימור בתכנית רשת השמורות; השידרנית החדשה, הפולשת, ממלאת כנראה תפקיד חשוב במערכת האקולוגית – תפקיד שהצדפה המקומית שנעלמה אינה יכולה למלא יותר.

[i]. כיוון שהערכה מדעית של תפקודי המערכת של מינים הינה עניין מורכב, והידע שלנו על התפקוד של מינים מקומיים וזרים בחופי הים התיכון הוא בחיתוליו, אנו יכולים בשלב זה רק לשער את תפקודי המינים החשובים על פי הידע הכללי על יצורים אלה (למשל תפקידם במארג המזון או כמהנדסי בית גידול), או המידע שהצטבר מתצפיות בשטח על השפעותיהם האקולוגיות, או מניסויים ראשוניים בשדה ובמעבדה.

ג. "יערות" אצות המספקים מזון ומסתור:
את "יערות" האצות החומיות המעונפות, שבעבר כיסו את השונית בעונות החורף והאביב, והיום "מכוסחים" ברחבי הלבנט על ידי דגי הסיכן הפולשים[8,9], מחליפים בעשור האחרון מרבדי אצות ממינים טרופיים זרים, חלקם מעונפים. מינים מעונפים אלה (לדוגמא, *Galaxaura rugosa*, המין הנפוץ ביותר), **יוצרים מחדש בית גידול שהינו מורכב למדי** מבחינה מרחבית, ואולי **מפצה במידה מסוימת** על השממה שנוצרה בשל רעייתם האינטנסיבית של הסיכנים על האצות המקומיות (מסתבר כי רבות מן האצות החדשות, הפולשות, דווקא אינן חביבות על הדגים הפולשים, ולכן אינן נאכלות על ידם). חשוב לציין, כי מרבדים אלה של אצות טרופיות פולשות אינם מספקים בהכרח את אותם תפקודים אקולוגיים בדיוק שסיפקו האצות החומיות המקומיות (למשל, אותה מורכבות של בית גידול, אותו הרכב מזון או שיעור אספקת חמצן וספיגת פחמן)[ii].

תמנון מוצא מחסה בשונית של צדפה פולשת מהסוג שדרנית. השדרניות הפולשות מהוות מין בונה שונית, המחליף את המין המקומי של השדרנית שמתמעט בעקבות שינויי האקלים. | צילום: חגי נתיב

[ii]. היבטים אלה נבדקים בימים אלה על ידי חוקרים בעזרת מדידות בים וניסויי מעבדה, וממצאיהם יוכלו לסייע לקבל החלטות ניהוליות בעניינם.

מדדים חלופיים לבריאות המערכת האקולוגית בתנאים של חברה אקולוגית דינמית

אמנם, התאוריה אומרת כי חברות אקולוגיות עשירות במינים, מוגנות ויציבות, אמורות להיות עמידות יותר לפלישת מינים מאשר חברות פגועות (Biotic resistance hypothesis), וקיימות לכך עדויות ממחקרים שונים[10], אך המציאות מורכבת יותר, וכלל זה, מסתבר, לא תמיד עובד; ניתוח עולמי עדכני של השפעת שמורות ימיות על מינים פולשים הראה כי בחלק מהמקרים יש אכן פחות מינים פולשים בשמורות, ובמקרים אחרים, דווקא יותר[11]. אחת הסיבות לכך היא שהשמורות מגינות בעצם גם על מינים פולשים, כמו על יתר המינים בתחומן, ומאפשרות את שגשוגם[12]. ממצא זה הגיוני במיוחד במקומות בהם שינוי משמעותי בתנאי הסביבה מפחית את עמידות המינים המקומיים ומחזק את זו של הפולשים ולכן במקומות כאלה אין לצפות ששמורה ימית תגן מפני מינים פולשים.

נוכחותם של מינים פולשים, והשפעתם, מהווים את אחד הקריטריונים החשובים של הדירקטיבה האירופאית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD) לאפיון מצבה של מערכת אקולוגית ימית (Good Environmental Status). נוכחות גבוהה מצביעה, על פי הדירקטיבה, על מצב ירוד. אולם, לאור המציאות בשטח, יתכן שמדד זה אינו רלוונטי עבור החוף הישראלי, לאור השילוב של התחממות מהירה של הים, עם חדירה אדירה של מינים טרופיים המותאמים יותר לתנאים החדשים. ניסויי מעבדה של השנים האחרונות (רילוב, גיא-חיים ואחרים, מידע לא מפורסם) מראים כי במרבית המקרים למינים הזרים עמידות גבוהה באופן משמעותית להתחממות הים לעומת המינים המקומיים.

זו כנראה הסיבה לכך שכמות המינים הפולשים בשוניות שבתוך שמורת איי חוף ראש-הנקרה אינה פחותה מזו שבאזורים שמחוץ לשמורה – השמורה אינה יכולה להגן מפניהם[8]. לאור זאת, ברור כי הכמות האבסולוטית של מינים פולשים, או אחוז המינים הפולשים במערכת הימית בחופי ישראל, אינם יכולים לשמש בהכרח מדדים טובים להצלחה, או כישלון, של שמורה ימית. לעומת זאת, מדדים כמו כמות וגודל של מינים מסחריים (לרוב טורפים גדולים מקומיים כמו דקרים, סרגוסים), הם מדדים רלוונטיים, ואכן הראו התאוששות ניכרת בתוך השמורות – כפי שנמצא בשמורת איי חוף ראש-הנקרה[8].

לאור דברים אלה, יש לשקול שימוש במספר מדדים חדשים, רלוונטיים יותר לאזורנו, למדידת הצלחתן של שמורות ימיות – למשל, מדדים של המגוון התפקודי (Functional diversity – אינדקס של מגוון התפקודים שהמינים בבית הגידול יכולים להציע) של החברה האקולוגית ושל מבנה מארג המזון, וכאלה המודדים את התפקודים עצמם (למשל, אספקת חמצן ומצע תלת ממדי במקרה של חברות קרקעית).

דילמות בממשק וניהול השמורות בעידן של פלישות ביולוגיות

במקביל ל"אימוץ" של חלק מהמינים הפולשים המחליפים בתפקודם האקולוגי את המינים המקומיים, יש לשקול דרכים שיביאו לצמצום השפעתם של מינים פולשים מזיקים במיוחד כמו הסיכנים, ולאחרונה גם הדג **זהרון הדור**, דג אילתי יפיפה אך גם טורף אפקטיבי מאוד, המופיע במספרים גדלים והולכים בחופי הלבנט של טורקיה, לבנון[13], ולאחרונה גם ישראל.

אחת הדרכים יכולה להיות דיג מכוון של מינים בעייתיים כמו הסיכנים והזהרון (אם כי גם גישה זו מורכבת מאוד לביצוע כיוון שמבחינה לוגיסטית בים קשה מאוד לשלוט בגודל אוכלוסייה של מין מסוים שהוא נפוץ מאוד או שמפיץ את צאצאיו למרחקים). באיים הקאריביים, אליהם פלש הזהרון בהמוניו בעשור האחרון, הצביעו סקרים במספר מצומצם של איים על קשר שלילי בין כמות הדקרים הגדולים ואוכלוסיות הזהרון, שאולי מצביעה על יכולת השליטה של טורפים מקומיים על הפולש[14], אך סקר נרחב יותר הראה שאין קשר כזה, וטען שמיעוט זהרונים שנמצא בתוך שמורות ימיות באזור נובע ממדיניות של דיג ברובָּה של הזהרון בתוך השמורות[15]. מסתבר גם כי הזהרון הפך לחלק מהתפריט במסעדות רבות בקריביים (הוא אכן טעים) כך שיש תמריץ לדיג שלהם.

יתכן ששילוב של הגדלת אוכלוסיות טורפים, על ידי הגנתם בשמורות, וסיכול ממוקד של פולשים בעייתיים, יכול לעזור לשלוט באוכלוסיותיהם. לגבי מינים זרים אחרים, שנראה שאינם מזיקים (ואולי מחליפים תפקודים של מינים מקומיים שנעלמו בשל שינוי אקלים), מוצע להתייחס אליהם כאל חלק אינטגרלי מן המערכת, ולא כאל פולשים. במקביל, אפשר לשקול גם דרכים לפיתוח עמידות לעליה בטמפרטורת הים במינים מקומיים חשובים ורגישים (למשל, על ידי סלקציה גנטית לפרטים עמידים יותר).

בכל מקרה, לצורך הצלחת כל המדדים הסביבתיים, יש לשמור על בית גידול בריא, וחשוף כמה שפחות ללחצים מקומיים כמו דיג, פיתוח וזיהום – וזאת ניתן לעשות רק בעזרת ניהול כללי מושכל ושמורות ימיות אפקטיביות. יש לציין כי השמורות חשובות מאוד גם לצורך ניטור אפקטיבי ואמין של השינויים המתרחשים בחברות האקולוגיות לאורך זמן, מכיוון שהן מהוות אתרי ייחוס (רפרנס) שבעזרתם אפשר להבדיל בין שינויים המתרחשים בשל השפעות מקומיות (שלא קיימות בתוך שמורה יעילה) לאלה העולמיות.

סיכום

כדי שניתן יהיה להעריך באופן יעיל את מידת הצלחת רשת השמורות המתהווה של הים התיכון הישראלי, ואת יכולתן לעמוד ביעדי שמירת הטבע, באזור המשתנה במהירות בשל שינוי אקלים וחדירת מינים זרים, חשוב לאמץ מדדים וגישות המתאימים למצב ייחודי זה – השונים, בחלקם, מאלה המופיעים בדירקטיבות האירופאיות:

- מומלץ לבחון שימוש במדדי מגוון תפקודִי ותפקוד מערכת, וכן לשקול לכלול מינים זרים כחלק ממגוון ותפקוד אלה
- מוצע לבחון על פי ממצאים מדעיים האם יש לנסות לרסן פלישה מסוימת - או לאמץ אותה.
- יש לבחון את עמידותם של מיני מפתח לשינויי האקלים, על מנת שנוכל לחזות את הצפוי להם עם המשך התחממות הים בעשורים הקרובים.

מין פולש של מלפפון ים ניזון ממין פולש של אצה. חלק מהאצות המקומיות, שלהן תפקוד ביצירת נוף תלת מימדי ומורכבות מבנית, נעלמות בגלל שינויי האקלים, ואת מקום חלקן תופסות אצות פולשות, הממלאות חלק מהתפקודים האקולוגיים שלהן | צילום: חגי נתיב

מקורות:

1. Edelist, D., G. Rilov, D. Golani, et al. (2013). Restructuring the Sea: profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem. Diversity and Distributions. 19: p. 69-77.

2. Edelist, D., A. Scheinin, O. Sonin, et al. (2013). Israel: Reconstructed estimates of total fisheries removals in the Mediterranean, 1950-2010. Acta Adriatica. 54(2): p. 253-263.

3. Givan, O., D. Edelist, O. Sonin, et al. (2017). Thermal affinity as the dominant factor changing Mediterranean fish abundances. Global change biology. 21.

4. Rijn, I., Y. Buba, J. DeLong, et al. (2017). Large but uneven reduction in fish size across species in relation to changing sea temperatures. Global change biology. 23(9): p. 3667-3674.

5. Arndt, E., O. Givan, D. Edelist, et al. (2018). Shifts in Eastern Mediterranean fish communities: Abundance changes, trait overlap, and possible competition between native and non-native species. Fishes. 3(2): p. 19.

6. Shabtay, A., Y. Tikochinski, Y. Benayahu, et al. (2014). Preliminary data on the genetic structure of a highly successful invading population of oyster suggesting its establishment dynamics in the Levant. Marine Biology Research. 10(4): p. 407-415.

7. Rilov, G. (2016). Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. Scientific Reports. 6.

8. Rilov, G., O. Peleg, E. Yeruham, et al. (2017). Alien turf: overfishing, overgrazing and invader domination in southeastern Levant reef ecosystems. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.

9. Vergés, A., F. Tomas, E. Cebrian, et al. (2014). Tropical rabbitfish and the deforestation of a warming temperate sea. Journal of Ecology. 102(6): p. 1518-1527.

10. Byers, J.E. and E.G. Noonburg (2003). Scale dependent effects of biotic resistance to biological invasion. Ecology. 84(6): p. 1428-1433.

11. Giakoumi, S. and A. Pey (2017). Assessing the effects of marine protected areas on biological invasions: a global review. Frontiers in Marine Science. 4: p. 49.

12. Burfeind, D.D., K.A. Pitt, R.M. Connolly, et al. (2013). Performance of non-native species within marine reserves. Biological Invasions. 15(1): p. 17-28.

13. Azzurro, E., B. Stancanelli, V. Di Martino, et al. (2017). Range expansion of the common lionfish Pterois miles (Bennett, 1828) in the Mediterranean Sea: an unwanted new guest for Italian waters.

14. Mumby, P.J., A.R. Harborne, and D.R. Brumbaugh (2011). Grouper as a natural biocontrol of invasive lionfish. PloS one. 6(6): p. e21510.

15. Hackerott, S., A. Valdivia, S.J. Green, et al. (2013). Native predators do not influence invasion success of Pacific lionfish on Caribbean reefs. PLoS one. 8(7): p. e68259.