רשות
הטבע
והגנים

סקר ביולוגי
MARINE BIOBLITZ
בשמורות טבע ימיות
בים התיכון הישראלי

דו"ח מסכם - אביב וסתיו 2015

המארג
העדכת
מצב הטבע

חקר ימים ואגמים לישראל
Israel Oceanographic & Limnological Research

אוניברסיטת חיפה

מוזיאון הטבע
פשטיינהרדט

אוניברסיטת תל אביב

סקר ביולוגי - MARINE BIOBLITZ
בשמורות טבע ימיות
בים התיכון הישראלי

דו"ח מסכם - אביב וסתיו 2015

עיבוד נתונים וכתיבה:
אורי פריד, המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת ת"א
רותי יהל, חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים

יוני 2018

דברי פתיחה

רשות הטבע והגנים משקיעה מאמץ רב בשנים האחרונות כדי להכיר טוב יותר את הים התיכון בכלל ואת שמורות הטבע הימיות בפרט. הידע הזה חסר ביותר, ובולט אל מול כמות המידע הגדולה יחסית במערכות האקולוגיות היבשתיות. כמות הידע שנאספה בסקר המתואר בדו"ח זה היא גדולה מאוד, והיום אנחנו מצליחים להבין טוב יותר את התרומה של שמורות הטבע למערך שמירת הטבע בים התיכון. העובדה הבולטת היא ששמורת ראש הנקרה, השמורה הימית היחידה בישראל שאפשר להגדירה שמורה גדולה, מתפקדת באופן טוב יותר מכל השמורות האחרות הקטנות ממנה באופן ניכר, ובוודאי מאזורים שאינם מוגנים. חלק ניכר מההצלחה בשמורה אפשר לזקוף לזכות פיקוח יעיל וארוך שנים בה.

הנתונים המוצגים כאן מהווים נקודת התייחסות למצב שמורות הטבע בים התיכון, והשינויים במצב הטבע בים יושוו מעתה לסטנדרט החדש שנקבע. הסטנדרט החדש אינו משקף בהכרח מצב טוב של המערכת האקולוגית, אבל הוא מהווה בסיס טוב להשוואה. התקווה היא שמצב הטבע ישתפר בהתמדה עם הכרזה של יותר שמורות גדולות לאורך חופי הים התיכון. תהליך ההכרזה הוא ארוך וקשה, אבל אני בטוח שיסתיים עם הצלחות של ממש.

היכרות עם המערכת הימית דורשת מומחיות רבה, שלא תמיד מצויה ברשות הטבע והגנים. לכן גייסנו מומחים ומתנדבים רבים להם הידע המתאים והיכולת לבצע את הסקרים. בביקור שלי במהלך הסקר ובהשתתפות פעילה בדיונים בהם הוצגו ונותחו הנתונים, בלטה מאוד המחויבות של כולם, עד אחד, לשמירת טבע בים התיכון ולחתירה ליצירת בסיס מדעי איתן שעל פיו אפשר לקבל החלטות.

כ-80 אנשים השתתפו בסקר ואני מבקש להודות לכל אחד אישית. התרומה של כל אחת ואחד היתה קריטית. רוב המשתתפים היו מהמחלקה לזואולוגיה אוניברסיטת תל אביב, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט אוניברסיטת תל אביב, המארג, בית הספר למדעי הים אוניברסיטת חיפה, חקר ימים ואגמים ורשות הטבע והגנים. תודה מיוחדת לד"ר רות יהל שניצחה על המבצע המורכב.

ד"ר יהושע שקדי
מדען ראשי, רט"ג


צילום: ניר מרום

תקציר

חברת הבנטוס | צילום: חגי נתיב

עם הגברת הלחצים האנושיים על מערכות טבעיות בכלל וימיות בפרט, הולכת וגוברת החשיבות והנחיצות של שמורות טבע ימיות ברחבי העולם. תפקידן המרכזי של שמורות טבע ימיות הוא לשמר ולשקם מערכות אקולוגיות. מעבר לכך, הן גם משמשות לאישוש אוכלוסיות דגים, עליהן מתבססות חברות אנושיות רבות, כמקור פרנסה ומזון. חופיה הים תיכוניים של ישראל ממוקמים בחלקו המזרחי ביותר של הלבנט, המאופיין כאגן חם, מלוח ודל בנוטריינטים. תנאים אלו מובילים ליצרנות ראשונית[1] מועטה וביומסה[2] נמוכה באגן, ונחשבים לסיבה העיקרית לכך שבעלי החיים באזור מאופיינים בגודל גוף קטן (ננסות לבנטינית). בנוסף, קיימת פלישה מסיבית של מינים ממוצא ים סופי המשנים ללא היכר את אסופת המינים באזור והופכים את שמירת הטבע למאתגרת במיוחד. הסקר הנוכחי בחן ארבע שמורות טבע מוכרזות בחופי הים התיכון: ראש הנקרה-אכזיב, שקמונה, דור-הבונים וגדור. בתחומי שמורות אלו מצע סלעי קשה המאפשר ביצוע סקר ויזואלי של חברת הבנטוס[3] וחברת הדגים[4], הן בגבולות השמורות והן מחוץ להן באזורי ביקורת הדומים לשטחי השמורות. תוצאות הסקר מעידות על הבדל גיאוגרפי מרחבי לאורך ציר צפון-דרום בחברת הדגים והבנטוס בין האתרים שנבחנו במחקר. שמורת ראש הנקרה-אכזיב הינה השמורה הוותיקה, הגדולה, הנאכפת והמגוונת ביותר מבחינת בתי הגידול שבה. שמורה זו היא גם האפקטיבית ביותר בשמירה על ביומסה גבוהה של דגים בכלל ומינים מסחריים בפרט, כמו גם על עושר גבוה של מיני אצות וספוגים. כמו כן, נמצא כי שמורת ראש הנקרה-אכזיב תומכת במגוון תפקודי גדול יותר של מיני דגים, וכי מבנה חברת הדגים והאצות שונה במובהק בין השמורה והשטח שמחוץ לה. בנוסף, הסקר יצר לראשונה רשימת מצאי של בעלי חיים ואצות בבית הגידול הסלעי, לאורך ציר גיאוגרפי מול חופיה הצפוניים של ישראל. בסקר נמצא כי חברת הצדפות בים התיכון הישראלי התחלפה מחברה של צדפות מקומיות, שהיו מצויות כאן בעבר, לחברה המורכבת כמעט כולה מצדפות פולשות ממקור ים סופי. לעומת זאת, כל מיני הספוגים הם מינים מקומיים. סקר זה הוא הראשון לבחון את השפעתן של כל שמורות הטבע הימיות בצפון הארץ על הפאונה והפלורה[5] הימית במערכת הים תיכונית הישראלית. בעתיד, עם הרחבת השמורות הימיות הקיימות לעומק הים והגברת האכיפה, אנו מצפים להשפעה חיובית של שמורות טבע ימיות על חברות החי והצומח הימי, כפי שנמצאה בשמורת ראש הנקרה-אכזיב, גם בשאר השמורות.

1 יצרנות ראשונית – קצב הפיכת פחמן דו-חמצני לחומר אורגני בעזרת אור השמש בתהליך הפוטוסינתזה
2 ביומסה – כמות (משקל) חומר חי ליחידת שטח
3 חברת הבנטוס - מאסף מיני החי והצומח החיים על או בתוך קרקעית הים באתר מסוים
4 חברת הדגים - מאסף מיני הדגים החיים יחד באתר מסוים ומקיימים ביניהם יחסי גומלין
5 פאונה ופלורה - חי וצומח (בהתאמה)

ABSTRACT

צילום: אסף זבולוני

חמת ים סופי *Torquigener flavimaculosus* ושפמית ארסית *Plotosus lineatus* | צילום: שבי רוטמן

Due to the growing anthropogenic pressure on natural ecosystems and resources, the significance of marine reserves as a conservation tool is growing throughout the world. The primary goal of marine reserves is to rehabilitate and conserve the entire ecological system. Furthermore, marine reserves are considered an effective management tool in order to support sustainable fisheries. Israel is located at the eastern side of the Mediterranean Sea, along the coastline of the Levantine basin. This basin is characterized by high water temperature and salinity and very low nutrient concentrations. These extreme conditions lead to low values of primary production and biomass throughout the basin, and to relatively small body size of marine organisms (known as "Levantine Nanism"). Moreover, the Levant is exposed to a massive biological invasion via the Suez Canal altering the species composition and making it a unique blend of indigenous and non-indigenous species. The current survey examined the four northern marine reserves along the Israeli coastline, together with adjacent control sites. These reserves are characterized by having a rocky bottom, enabling a visual survey of fish and benthos community to be conducted. The results illustrate a geographical discrimination between communities along the Israeli coastline. Rosh Hanikra-Achziv reserve, the largest, oldest and most effectively enforced reserve, was found to be the most effective in maintaining high biomass of fish – both commercial and non–commercial species. We further found that the reserve maintains high species richness of sponges and algae communities. The functional diversity of fish within the reserve was also found to be the highest among the studied sites. Fish and algae exhibit a unique structure within the Rosh Hanikra-Achziv Nature Reserve. During the survey, we created a species inventory of the shallow rocky habitats along the coast. We found that the indigenous bivalve community was replaced by non–indigenous bivalve species, originated from the Red Sea. This is the first survey to examine four marine reserves along the north part of the Israeli coastline, and their effect on the fauna and flora within their boundaries. In the future, together with declaration of larger marine reserves and the enhancement of enforcement, we expect more marine reserves to be as effective as Rosh Hanikra-Achziv is.

תוכן העניינים

מבוא

שמורות טבע בעולם, ובתוכן שמורות טבע ימיות, ידועות ככלי אפקטיבי וחשוב לשמירת טבע המאפשר לשחזר ולשמר ביומסה, עושר[6] ומגוון מינים[7] שנפגעו כתוצאה מלחצים שונים שמקורם בפעילות אנושית (Guidetti et al., 2014, Edgar et al., 2014).

אגן הלבנט, שבצדו המזרחי שוכנת ישראל, מאופיין כאגן חם, מלוח ודל בנוטריינטים (Somarakis et al, 2002 ,Herut et al., 2000). אסופה זו של תנאים נחשבת כסיבה העיקרית לתופעת הננסות הלבנטינית המאופיינת בבעלי חיים בעלי גודל גוף קטן בהשוואה לאזורים אחרים בים התיכון (Edelist, 2012, Sonin et al., 2007). מעבר לכך, חשוף הלבנט לפלישה מסיבית של מינים אקזוטיים ממוצא ים סופי המתרחשת דרך תעלת סואץ. נוכחות מינים אלו משנה ללא היכר את חברות בעלי החיים והצמחים לאורך חופינו ויוצרת חברה דינמית המורכבת מתערובת מגוונת של מינים פולשים ומקומיים (Galil, 2007, Spanier and Galil, 1991). לחצים טבעיים ואנושיים אלו הופכים את שמירת הטבע באזור למאתגרת במיוחד.

ניתוח מקיף של נתוני 124 שמורות טבע ימיות ברחבי העולם (אזורי "אל געת" בהם אסור להוציא או לפגוע בבעלי החיים והצמחים בכל צורה שהיא) מצביע על שינויים רבים המתרחשים בגבולות השמורה. שינויים אלו ניכרים בהבדלים ברורים בצפיפות, גודל וביומסת חברות מיני דגים, חסרי חוליות ואצות. להבדלים כאלו ישנה השפעה ניכרת גם על עושר ומגוון המינים (Lester et al., 2009).

דגים בשמורות טבע ימיות מוגנים מפעילות דיג, הידועה כאחד הגורמים העיקריים להרס בתי גידול ימיים ולהפחתה משמעותית בשכיחות אוכלוסיות דגים רבות בכל העולם (Pauly et al., 2003, Worm et al., 2006, Swartz et al., 2010). הגנה מדיג מאפשרת לאוכלוסיות המינים הנידוגים לגדול ולהגיע לשכיחויות גבוהות מאלו המצויות מחוץ לשמורות. פרטים שאינם נידוגים מגיעים לבגרות מינית ולמימדים גדולים המאפשרים העמדת צאצאים רבים יותר מאשר באזורים נידוגים. כך, למעשה, הופכות שמורות הטבע הימיות למקור הפצה של לארוות[8] לסביבה הימית מחוץ לשמורות.

מעבר לכך, אוכלוסיות דגים בשטח נתון יכולות לגדול מעבר לכושר הנשיאה של השטח. במקרה כזה קיימת זליגה (spillover) של פרטים גדולים מהשמורה כשהם נדחקים אל מחוץ לגבולותיה כתוצאה מתחרות על משאבים. מכאן שמעבר לשמירת מגוון בעלי החיים והמערכת האקולוגית לכשעצמה, שמורות הטבע הימיות מגדילות את שלל הדיג מעבר לגבולותיהן (Lester et al., 2009) ואף יכולות למנוע קריסה של אוכלוסיות כתוצאה מדיג יתר (Goñi et al., 2008 Roberts et al., 2001).

בכדי לבחון האם שמורה מצליחה למלא את מטרותיה ובאיזו מידה, ניתן להיעזר במספר מדדים. מבין מדדי ההצלחה המקובלים בעולם, עלייה בביומסה הכללית של דגים בשמורה וכן עלייה בשכיחות מינים מסחריים הנתונים ללחצי דיג משמעותיים (במיוחד מינים טורפים בעלי ערך מסחרי גבוה), נחשבים לסמנים עיקריים להצלחה (Edgar et al., 2014). מינים טורפים מסחריים מהווים מרכיב חשוב בשמירה על מארג מזון שלם ויציב (Villamor and Becerro, 2012). בשמורות בהן לא נאכף האיסור על הדיג, לא נצפה למצוא הבדל עקבי בביומסה הכוללת ובצפיפות

6 עושר מינים - מספר המינים שניתן למצוא בשטח מסוים
7 מגוון מינים - הקשר שבין עושר המינים ושכיחותם
8 לארווה - שלב חיים מוקדם של בעלי חיים לפני השינוי לשלב הבוגר (בבעלי חיים ימיים לרוב נסחפות בגוף המים)

מחבטן אפור *Taeniurops grabatus* | צילום: שבי רוטמן

הפרטים המסחריים המצויים בתוך שמורות לעומת אלה המצויים מחוץ להן. מסיבה זו, הרכב חברות בעלי החיים המצויות בשמורות שונה מהרכב החברות המצויות מחוץ לשמורות.

מינים הנידוגים בצורה אינטנסיבית יגיבו בצורה חיובית לשמורה שבה נאכף ממשק האוסר על הדיג (כלומר, נצפה לעלייה בשכיחות ובביומסה של פרטים ממינים אלו). לעומת זאת, השפעת השמורה על מינים שאינם נידוגים אינה ישירה ויכולה להיות מגוונת: בעוד שבחלק מהמינים תהיה עלייה, בחלק אחר נצפה בירידה כתוצאה מהגברה של טריפה, או אפילו בהיעדר שינוי בצפיפות ובביומסה. מסיבה זו לא תמיד נצפה לעלייה במדדי העושר והמגוון של כלל המינים בתוך שמורה (Lester et al., 2009).

כך למשל, היעדרות טורפים יוצרת עלייה משמעותית בשכיחות מיני דגים צמחוניים (Prado et al., 2008). נוכחות של מינים צמחוניים משנה את הרכב חברת האצות המספקת אתרי אומנה, כמו גם מקור מזון ומסתור למיני דגים וחסרי חוליות רבים. מכאן שהגנה על מינים המהווים מטרה לדיג חשובה גם לקיומם של מינים אחרים. מעבר לכך, הגברת לחץ הטריפה בשמורה משפיע גם על נוכחות של מינים נוספים במארג המזון ולעלייה במגוון סוגי התזונה השונים (המגוון הפונקציונלי) של חברת בעלי החיים בשמורות (Mouillot et al., 2008). מגוון פונקציונלי גבוה חשוב לתפקוד המערכת בכך שהוא הופך אותה ליציבה ועמידה יותר בפני הפרעות חיצוניות. עם זאת, חסר מידע בנוגע לעמידותן של שמורות בפני התבססות מינים פולשים בשטחן (Guidetti et al., 2014). בכדי להבין את השפעת ההגנה על המערכת יש לבחון את כלל המינים המרכיבים אותה.

מחקרים רבים בחנו את הצלחתן של שמורות ימיות, אולם ברוב המקרים חסר בהם מידע הנוגע למצב השמורות טרם הכרזתן (Claudet et al., 2006). רוב המחקרים הבוחנים את הצלחתן של שמורות טבע מתבצעים רק שנים לאחר שהוכרזו והחלה בהן פעילות של הגנה על כלל מרכיבי המערכת. במצב כזה קשה לבחון האם ההגנה הניתנת לשטח השמורה אכן מביאה לשיקום ושימור חברות בעלי החיים והצמחים המצויות בו. השוני בין אזור מוגן וכזה שאינו מוגן יכול להיות תוצאה של הבדלים בסיסיים בתנאים בבית הגידול כמו תוואי הקרקעית ומידת המורכבות שלה, קיומו של מצע קשה, משטר הזרמים והגלים, עומק הקרקעית, המרחק מהחוף, מידת הקירבה לגורמים מזהמים (שפכים וזיהום כימי מהיבשה, זיהום תרמי, מקורות רעש ואור, לחצי שיט, דיג ומתרחצים מחוץ לגבולות השמורה) ועוד.

הסקר הנוכחי נערך בארבע שמורות טבע ימיות מוכרזות לאורך חופי הים התיכון של ישראל שבתחומן קיים מצע סלעי קשה המאפשר קיום סקר ויזואלי מסוג זה. דרגת הפיקוח והאכיפה בשמורות משתנה מפיקוח מקסימלי ועד היעדר פיקוח ייעודי בתקופת הסקר. בעתיד, עם הגברת האכיפה בשמורות הטבע (למשל של איסור הדיג בשטח השמורות), ניתן יהיה לבחון את השפעת ההגנה בשטחי השמורות על חברות בעלי החיים והצמחים לאורך זמן.

השמורות בהן נערך הסקר (תמונה 1):

ראש הנקרה-אכזיב - משתרעת מגבול ישראל-לבנון ועד לחורבות נמל אכזיב, מקו החוף ועד למרחק של 2 ק"מ מערבה ממנו, וכוללת רצועת חוף מפורץ של כ-5 ק"מ. שמורה זו היא הגדולה בשטחה

תמונה 1. אתרי הדיגום לאורך חופיו הצפוניים של הים התיכון. נקודות צהובות מייצגות את דיגום האביב ואדומות את דיגום הסתיו.

והמגוונת ביותר בישראל מבחינת בתי הגידול וערכי הטבע שהיא כוללת. ניתן למצוא בה טבלאות גידוד[9], חופים חוליים, מערות ומחילות בסלעי החוף ובים, רכס כורכר תת ימי, איים סלעיים ו"קניון" תת ימי (שאמנם נקרא כך, אך למעשה הינו קיר תלול של רכס הכורכר). בשמורה קיימים פיקוח ואכיפה ייעודיים של פקחי רשות הטבע והגנים החל משנות ה-90 של המאה ה–20. הסקר המתואר נערך בשטח זה, אך יש לציין כי לאחרונה אושרה הרחבתה

9 טבלאות גידוד - משטחי סלע בגובה פני הים החשופים לשינויי גאות ושפל ועוברים בלייה על ידי הגלים

של השמורה עד למרחק של 15 ק"מ מערבה מקו החוף (וכן 1.8 ק"מ נוספים דרומה). השטח המערבי של השמורה הוא ברובו קניון תת ימי עמוק וקרוב יחסית לחוף. באזור זה ניתן לפגוש מיני בעלי חיים השוכנים בדרך כלל במעמקי הים הפתוח, ואילו באזור זה מצויים בעומק של 50 מ' בלבד.

שקמונה - שמורה הנמצאת בחלקה הדרומי של העיר חיפה מהמכון לחקר ימים ואגמים בצפון ועד לשפך נחל לוטם בדרום. השמורה הימית משתרעת מקו החוף ועד ק"מ אחד מערבה ממנו. בשקמונה שונית ייחודית הנבנית על ידי חלזונות ממשפחת הצינורנים (חלזונות ישיבים היוצרים בית גידול מורכב בצורת כרכוב). בשמורה שני מינים עיקריים: צינוריר בונה (שבעשורים האחרונים אוכלוסיותיו הצטמצמו מאוד עד כדי היעלמות כמעט מוחלטת) ושילשולן משולש, וכן מיני חסרי חוליות ודגים רבים המלווים אותם. בית גידול זה ייחודי לחופי מזרח הים התיכון. בעת ביצוע הסקר לא היה עדיין פיקוח ייעודי בשטח השמורה.

דור-הבונים - השמורה משתרעת לאורך קו חוף של 3.5 ק"מ בין הישובים נחשולים והבונים ועד למרחק של 2 ק"מ מקו החוף. קו החוף מפותל, מפורץ ועשיר בגומחות ייחודיות, ולאורכו משתרעות טבלאות גידוד רחבות ומפותחות. השמורה מגינה על חתך מייצג של אזור הגאות והשפל, ובמקום מתקיים בית גידול עשיר באצות ובחסרי חוליות. בית גידול זה כולל מינים המאפיינים את הכרכוב המפותח של הטבלאות, שבעבר הלא רחוק היווה שונית צינורנים חיה ומפותחת. בית הגידול של המצע הסלעי בשמורה משתרע מטבלאות הגידוד ועד לעומק מירבי של 6 מ', וממערב לו מצוי בית גידול של קרקעית רכה (חול וטין) עד לעומק של 21 מ'. בעת ביצוע הסקר לא היה עדיין פיקוח ייעודי בשטח השמורה.

גדור - משתרעת מדרום גבעת אולגה ועד מכמורת, מקו החוף ועד 300 מ' מערבה ממנו. אירועי התמוטטות של מצוק הכורכר ברצועת חוף זו יצרו בתי גידול ימיים-חופיים בקו המגע של הסלע עם המים. בשטח השמורה ניתן למצוא טבלאות גידוד וסלעי חוף, לגונות רדודות ומפרצי חוף חוליים המשמשים להטלת צבי ים. הפיקוח והאכיפה על שמורת טבע ימית זו מתבצעים בעיקרם מהחוף.

ישנן שלוש שמורות טבע ימיות נוספות אשר לא ניתן למצוא בהן קרקעית סלעית ולכן לא נערך בהן סקר: איי חוף דור ומעגן מיכאל, שמורת ים אבטח ושמורת ים שקמה.

בעת ביצוע הסקר השמורה היחידה שהתקיימה בה מסורת רבת שנים של פעילות פיקוח ומניעת פגיעה בערכי טבע על ידי פקחי ים ייעודיים היא שמורת ראש הנקרה-אכזיב. פעילות הפיקוח החלה בשנות ה-90 של המאה הקודמת. עד שנת 2006 נאכף איסור הדיג מקו החוף עד למרחק של ק"מ אחד מערבה ממנו ומשנת 2006 הורחב שטח זה וכלל את כל שטח השמורה (עד למרחק של 2 ק"מ מערבית לקו החוף). סוג הדיג היחיד שאיסורו לא נאכף בשמורה עד לאחרונה היה דיג חכות מהחוף. גם עבור שמורה זו אין נתונים המאפשרים לבחון את ההשפעה של איסור הדיג על הרכב החברה, אולם ניתן לצפות שהמדדים שנבחנו יעידו על השפעת איסור הדיג על החברה הטבעית לעומת שטחי ביקורת הדומים לה במאפיינים הפיזיים שאינם מוגנים. בשנים האחרונות הוגברו מאמצי הפיקוח בשמורה הימית גדור וצומצמה בה פעילות הדיג. אכיפה שיטתית של איסור פעילות הדיג החלה בשמורת הטבע הימית שקמונה בשנת 2016. סקרים עתידיים יאפשרו מעקב אחר האפקטיביות של ההגנה בתוך שטח השמורות והשפעתן על הסביבה הקרובה אליהן.

מטרות הסקר

מטרת הסקר היא לבחון האם השמורות המוכרזות כיום מגינות על חברת החי והצומח בשטחן. בהתאם לכך, הסקר נערך בארבע שמורות טבע ימיות בעלות קרקעית סלעית לאורך חופיה הים תיכוניים של ישראל במרכז ובצפון, וכן באתרי ביקורת הסמוכים לשמורות שהינם בעלי מאפיינים פיזיים דומים.

לסקר הוגדרו ארבע מטרות ספציפיות:

- להשוות בין חברות החי והצומח בתוך שמורות הטבע בים התיכון לשטחי ביקורת סמוכים הדומים להן באופי הקרקעית.
- ליצור רשימות מצאי כמותיות למינים המצויים בשמורות טבע ומחוץ להן.
- לתאר את הדגמים המרחביים של חברות החי והצומח הימיים בעומק של עד כ-30 מ' לאורך קו החוף הישראלי.
- ליצור בסיס נתונים כמותי של החי והצומח המצוי כיום בשמורות הטבע לצורך השוואה עתידית.

משתתפי הסקר

הדיגום, התיעוד, הגדרת המינים ובניית בסיס הנתונים של הסקר נעשו על ידי חוקרים וסטודנטים ממספר מוסדות וגופים תוך שיתוף פעולה ביניהם: המחלקה לזואולוגיה - אוניברסיטת תל אביב, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט - אוניברסיטת תל אביב, המארג - תכנית הניטור הלאומית, בית הספר למדעי הים - אוניברסיטת חיפה, חקר ימים ואגמים ורשות הטבע והגנים.

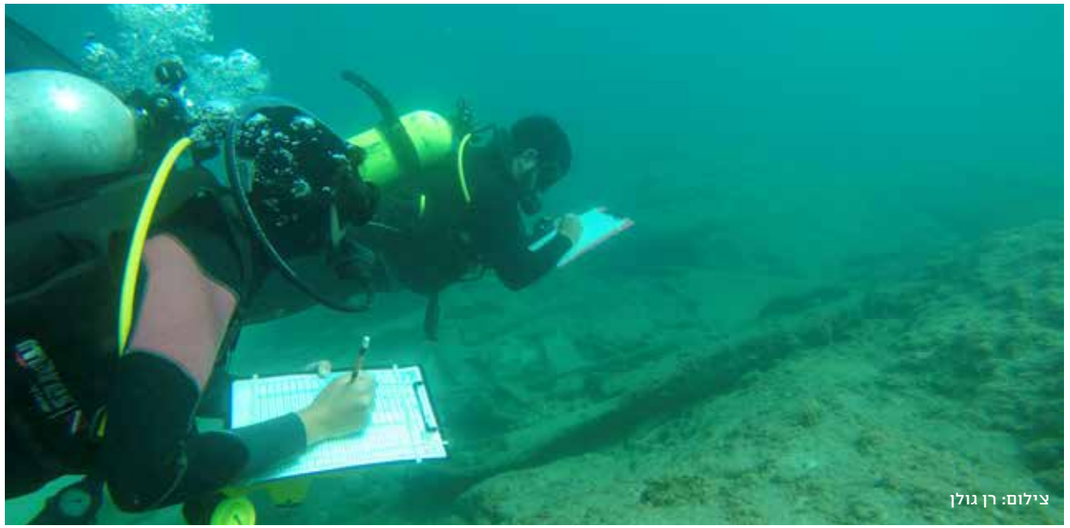
שיטות העבודה

הסקרים התבצעו בשנת 2015 בשתי עונות: אביב (אפריל 2015) וסתיו (נובמבר 2015), ונערכו בגישת ה-BioBlitz (טבלה 1): תיעוד ודיגום אינטנסיביים ובו זמניים של קבוצות טקסונומיות שונות (דגים וכן חסרי חוליות ואצות בבנטוס) בתוך השמורות ובשטחי ביקורת בעלי מאפיינים דומים מחוץ להן. לכל שמורה ימית (כולל אתרי הביקורת שלה) הוקצה יום עבודה אחד בכל עונה. הדיגום נערך, ככל הניתן, בימים עוקבים. בכל יום נדגמה אחת מהשמורות הימיות ואתרי הביקורת המתאימים לה. תכנית הדיגום הותאמה לתנאי השטח ומצב הים.

טבלה 1. תאריכי הדיגום בשנת 2015 בכל אחת מהעונות והאתרים

אתר	אביב	סתיו
דור-הבונים	27 באפריל	2 בנובמבר
שקמונה	28 באפריל	3 בנובמבר
ראש הנקרה-אכזיב	29 באפריל	5 בנובמבר
גדור	30 באפריל	12 בנובמבר


צילום: רן גולן


צילום: רן גולן

סקר הדגים נערך באמצעות דיגום ויזואלי (תצפיות ורישום בלבד) ב"חתכי חגורה" (belt transect). בכל שמורה החתכים נעשו בשלוש תחנות דיגום בתוך השמורה ושתי תחנות דיגום בשטח הביקורת, וככל הניתן בשלושה עומקים שונים.

מיקום התחנות

מיקום התחנות נקבע על פי תכנון מוקדם (דיגום מכוון) בשאיפה לדגום בצורה מייצגת את השטח הסלעי בתוך השמורות ובאתרי הביקורת. החתכים התבצעו במקביל לחוף (בכדי לשמור על עומק קבוע לאורך החתך) וכמות החתכים בכל תחנה הוגבלה על פי זמני הצלילה של הסוקרים (בין 2 ל-4 חתכים בכל תחנה). בדיגום האביב בשמורת ראש הנקרה-אכזיב הייתה טעות במיקום החתכים בפועל והחתכים מוקמו בקרבה גדולה אחד לשני בתוך השמורה. בנוסף, חתכי הביקורת מוקמו בקרבה רבה לגבול השמורה. טעויות אלו תוקנו בדיגום הסתיו: תחנות הדיגום בתוך השמורה מוקמו במרחק גדול יותר זו מזו ותחנות הביקורת הורחקו מחוץ לגבולות השמורה (תמונה 1).

עומקי תחנות הדיגום

הדיגום נערך, ככל הניתן, בשלושה עומקי קרקעית: 6 מ', 12 מ' ו-22 מ', זאת במידה והקרקעית בשמורה הייתה עמוקה מספיק. כך התבצע הדיגום בשלושה עומקי הקרקעית בשמורת ראש הנקרה-אכזיב, בשני עומקי קרקעית (6 מ' ו-12 מ') בשמורת שקמונה, ובעומק הרדוד בלבד בשמורות גדור (שזהו העומק המירבי בה) ודור-הבונים (שלא ניתן למצוא בה קרקעית סלעית בעומק של יותר מ-6 מ').

שיטת הדיגום

ביצוע החתכים

הצוללים ירדו למים עם משקולת ומצוף סימון. עם ירידתם למים נמדד כיוון באמצעות מצפן (לרוב לכיוון צפון או דרום) והרולטקה (סרט מידה) נפרשה תוך כדי תנועה בכיוון שנמדד. רישום מיני הדגים התבצע בזמן פרישת הרולטקה. תועדו פרטים הנמצאים במרחק של עד 3 מ' מימין ומשמאל למרכז החתך תוך הערכת גודל הדג ומרחקו ממרכז החתך. הרישום התבצע על גבי טפסים עמידים למים במידה

טבלה 2. מאמץ דיגום הדגים בעונות, האתרים והעומקים השונים (מספר חתכים).

אתר		אביב	אביב	סתיו	סתיו
	עומק	בתוך השמורה	מחוץ לשמורה	בתוך השמורה	מחוץ לשמורה
ראש הנקרה-אכזיב	רדוד	6	5	4	8
	בינוני	3	4	10	13
	עמוק	3	4	11	2
	סה"כ	12	13	25	25
שקמונה	רדוד	10	6	8	14
	בינוני	4	4	3	13
	עמוק	0	0	0	0
	סה"כ	14	10	13	27
דור-הבונים	רדוד	12	8	16	8
	בינוני	0	0	1	0
	עמוק	0	0	0	0
	סה"כ	12	9	17	18
גדור	רדוד	8	9	9	22
	בינוני	0	2	4	0
	עמוק	0	0	0	0
	סה"כ	8	11	13	22

והסקירה התבצעה על ידי סוקרים מיומנים התקבלו שתי חזרות לאותו החתך. הרישום שבו תועד מספר המינים הגדול ביותר שימש לניתוח הנתונים. כשסיימו הסוקרים את הרישום לאורך החתך הראשון המשיכו לביצוע חתך נוסף בכיוון ההפוך (צפון או דרום). במידה ונשאר לסוקרים מספיק זמן צלילה, המשיכו לביצוע שני חתכים נוספים ממזרח או ממערב למיקום הנקודה כך שלא הייתה חזרה על אותו שטח חתך.

הראות במים

בחינת הראות במים התבצעה על ידי שני הסוקרים כאשר אחד מחזיק דף המציג שלושה מלבנים שחורים. הסוקר השני התרחק מהסוקר הראשון בשחייה תוך פרישת רולטקה. כאשר למראית עין התחברו המלבנים למלבן אחד, עצר הסוקר המתרחק ורשם את המרחק שעבר. מרחק זה הוגדר כמדד לראות המים. המרחק המינימלי שנמדד היה 5.3 מ', דבר שאיפשר זיהוי ודאי של דגים במרחק של 3 מ' בכל ימי הסקר.

כל האנליזות התבצעו באמצעות התוכנה "R" המשמשת כשפת תכנות וסביבת עבודה לאנליזות סטטיסטיות וגרפיקה.

שכיחות וביומסת דגים של כלל המינים

ניתוח נתונים

המדדים העיקריים להצלחה של שמורת טבע ימית בהגנה על המינים המצויים בה על פי (Edgar et al., 2014, Lester et al., 2009) הם:

- שינוי בערכי הביומסה המצטברת כתוצאה מהגנה מדיג.
- שכיחות של פרטים גדולים החשופים ביותר לדיג.
- שכיחות של מינים טורפים שהם בעלי הערך המסחרי הגבוה ביותר.
- מגוון מינים מקבוצות פונקציונליות שונות (למשל בעלי תזונה שונה).
- הבדל בשכיחות היחסית של כלל המינים בשטחים מוגנים.

בסקר הנוכחי נעשתה בחינה של ביומסת מינים פולשים הייחודית לאזור המזרחי של הים התיכון. מאחר ואצל דגים נשמר יחס קבוע בין אורך למשקל עבור פרטים מאותו המין, ניתן על סמך מין הדג להמיר את אורכו למשקלו באמצעות הנוסחה הבאה:

$$W = aL^b$$

כאשר **W** שווה למשקל הדג, **L** שווה לאורך הדג, והפרמטרים **a** ו-**b** הינם קבועים למין. עבור הסקר הנוכחי נעשה שימוש בערכי **a** ו-**b** ממאגר הנתונים של האתר (R. Froese and D. Pauly fishbase).

עבור האתרים: ראש הנקרה-אכזיב, שקמונה, דור-הבונים וגדור נעשה שימוש ב-Generalized linear models (GLMs) לשם הערכת ההבדלים ביחס שבין מינים פולשים למקומיים בעונות שונות, באתרים שונים ובין תוך השמורה ומחוץ לה. נתונים של יחסים אינם מתפלגים נורמלית ולכן עברו הנתונים טרנספורמציית logit שהופכת את ההתפלגות לנורמלית.

תוצאות

בחינה של הביומסה הכללית של דגים בשמורות ומחוץ להן התבצעה באמצעות הערכות הגודל של הסוקרים והמרה מאורך למשקל. מאחר ומספר הסוקרים היה גדול (15) אין סיבה לחשוש מהטייה קבועה של הערכת גודל הדגים. התוצאות הראו כי ביומסת הדגים באזור אכזיב, הן מחוץ לשמורה והן בתוכה, גבוהה יותר לעומת אזורים אחרים לאורך החוף. באזור זה שמורת ראש הנקרה-אכזיב הציגה באופן עקבי (אביב וסתיו) את ערכי הביומסה הכללית הגבוהים ביותר לחתך (איור 1, א-ח). הביומסה בתוך השמורה הייתה גבוהה בממוצע פי 42.5 באביב ופי 27 בסתיו לעומת שטח הביקורת.

דגים בוגרים הם גדולים יותר ובעלי ביומסה גבוהה. בשטחים נידוגים הפרטים הבוגרים והגדולים הינם דגי המטרה המבוקשים ביותר עבור הדייגים. חשיבותם האקולוגית במערכת היא קריטית משום שהם הפרטים המתרבים באוכלוסיה. ככל שדג הוא בעל גודל גוף גדול יותר, כך כמות הצאצאים שהוא מוסיף למערכת בכל מחזור רבייה גדולה יותר. בשמורת ראש הנקרה-אכזיב מספר הפרטים הגדולים (מעל 20 ס"מ) הממוצע לחתך היה גבוה יותר בתוך השמורה מאשר מחוץ לה בשתי עונות הדיגום (איור 2, א-ב).

מינים טורפים הם פעמים רבות המינים המבוקשים ביותר לדיג. לכן באזור מוגן מדיג נצפה לעלייה בשכיחות המינים האלו. שמורת ראש הנקרה-אכזיב מציגה את השכיחות הגבוהה ביותר של מיני הדקרים: דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*), הנמצא בסכנת הכחדה עולמית (IUCN – Red list 2002), ודקרנית אדומה (*Mycteroperca rubra*) (איור 3, א-ב, תמונה 2, א-ב). שני מינים אלו הם טריטוריאליים מקומיים (כלומר קבועי מקום ואינם

צנינית שיננית *Pseudocaranx dentex* | צילום: אנדרי אהרונוב

גרזינון הכוכים *Pempheris rhomboidea* צילום: טל שמע

נודדים כמו טורפים אחרים) ונחשבים לטורפים עיקריים במערכות אקולוגיות ים תיכוניות (Renones et al., 2002) ולבעלי ערך מסחרי גבוה.

במערכות אקולוגיות ימיות קיימת מורכבות גדולה בהרכב חברת המינים. באזורים המוגנים מדיג נצפה לראות מגוון גדול יותר של מינים בעלי תפקידים שונים במערכת. למעשה לכל קבוצה של מינים יש נישה או תפקיד פונקציונלי אותו היא ממלאת. אחד הסמנים לנישה שכל אחד מהמינים תופס הינו סוג התזונה שלו. בשטח שמורה מתפקדת נצפה למצוא מגוון פונקציונלי גבוה יותר לעומת אזורים החשופים לדיג (Mouillot et al., 2008). כדי לבחון האם השמורות מציגות מגוון פונקציונלי גבוה יותר, נבחן בסקר הנוכחי ההבדל בין השכיחויות של מינים בעלי תזונה שונה. בשמורת ראש הנקרה-אכזיב, נוסף על כך שהביומסה של המינים הטורפים גבוהה יותר לעומת שטח הביקורת שמחוץ לשמורה, גם הביומסה של מינים בעלי סוגי תזונה שונים (מגוון פונקציונלי) גבוהה יותר (איור 4, א-ח).

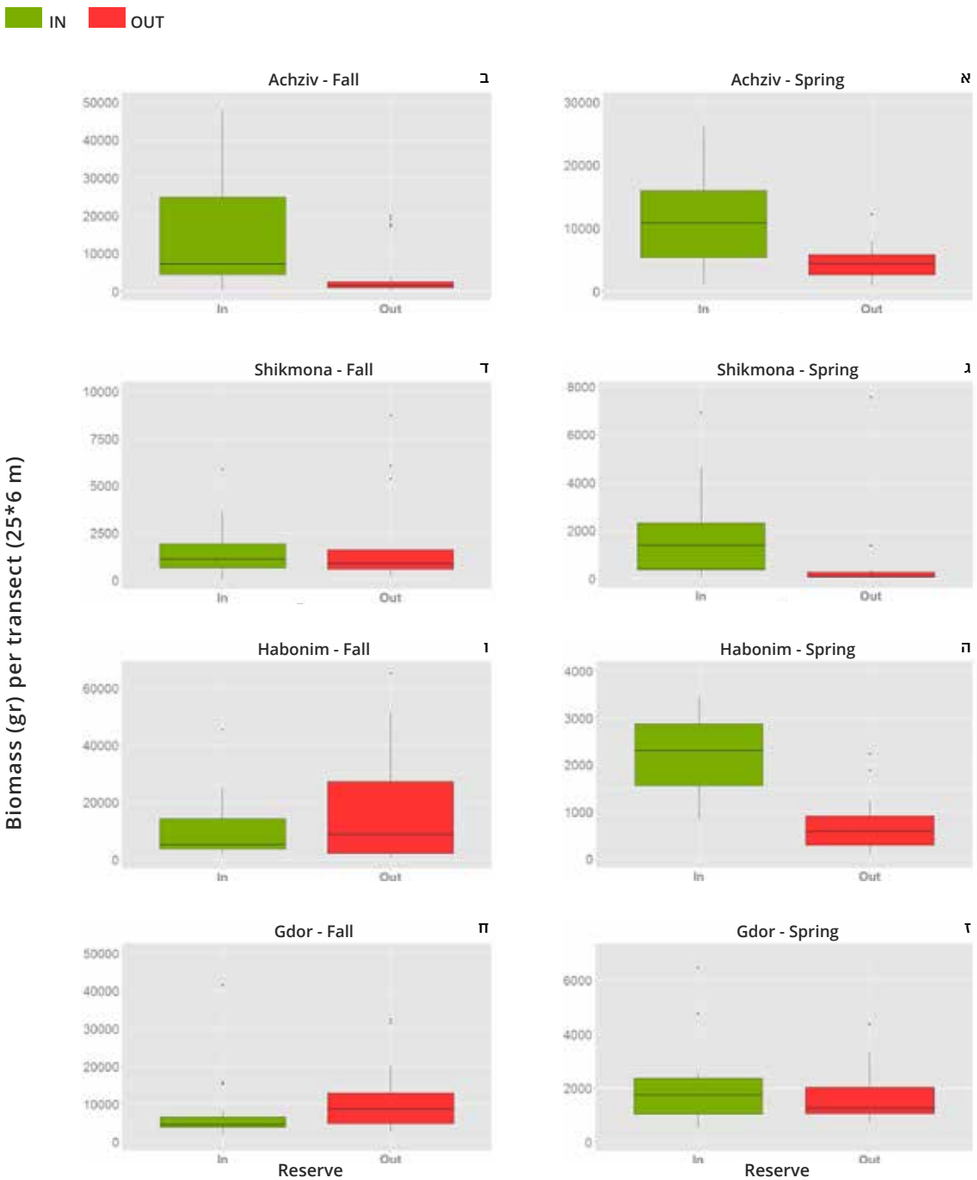
תוצאות הסקר הנוכחי מעידות על כך שהגנה מדיג בשמורות משנה את הרכב החברה במערכת כך ששכיחות הדגים משתנה בצורה משמעותית בהשוואה בין שטח השמורה ואתר הביקורת. כדי לבחון לעומק את השינוי באסופת המינים בתוך השמורה ומחוץ לה נבחרו מינים שהופיעו חמש פעמים לפחות בתוך או מחוץ לשמורה. איורים 5 ו-6 מציגים מינים מסחריים ולא מסחריים המגיבים בצורה שונה להגנה מדיג. בעוד שעבור חלק מהמינים נצפית עלייה במספר הפרטים לחתך, עבור אחרים נצפית ירידה או שכלל לא נצפה שינוי בשכיחותם. לדוגמא, המין כרומית ים תיכונית (*Chromis chromis*) אינו מין מסחרי ולא נצפה בהכרח למצוא הבדל משמעותי בשכיחותו בתוך השמורה ומחוץ לה. בנוסף אנו עדים לשכיחות גבוהה של המינים אוכלי האצות ממשפחת התוכינוניים תוכידג כרתי (*Sparisoma cretense*) ותוכינון האוכפים (*Scarus ghobban*) - הראשון מין מקומי והשני מין פולש מים סוף - בתוך השמורה באביב (איורים 5 ו-6).

ביומסת מינים פולשים

בחינה של היחס בין המינים המקומיים לפולשים לא הראתה הבדל מובהק בין שטחי השמורות לאזורי הביקורת, פרט לשמורות דור-הבונים וגדור בסתיו, שבהן נמצא יחס מינים מקומיים גבוה יותר בתוך גבולות השמורה. עם זאת, נמצא הבדל מובהק ביחס המינים הפולשים בין שתי העונות בכל אתרי הדיגום, פרט לראש הנקרה-אכזיב, כאשר ביומסת המינים הפולשים גבוהה יותר בסתיו (איור 7).

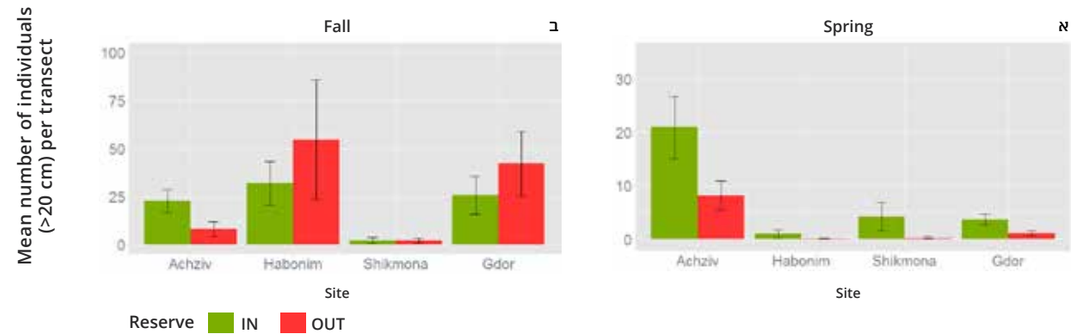
איור 1 (א-ח). ביומסת דגים בתוך ומחוץ לשמורות.

ציר ה-Y מציג את ערכי הביומסה (בגרמים) של כלל הדגים שנצפו בכל חתך שנדגם. דיאגרמות הקופסא מציגות חציון ואת הרבעונים 25% ו-75%. ציר ה-X מציין אם הדיגום נערך בתוך השמורה או מחוץ לה. צבע ירוק מציין חתכים שהתבצעו בתוך השמורה ואדום חתכים מחוץ לשמורה. יש לשים לב לסקאלות המשתנות של הביומסה בין האתרים והעונות. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



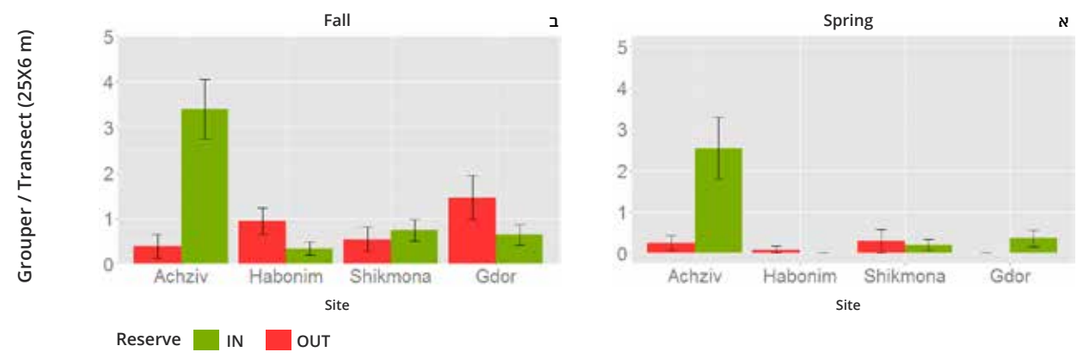
איור 2 (א-ב). שכיחות פרטים של דגים מעל גודל 20 ס"מ בתוך ומחוץ לשמורות.

ציר ה-Y מציג את שכיחות הדגים (מספר פרטים ממוצע לחתך בגודל 25x6 מטר, יש לשים לב לסקאלה המשתנה בין שני הגרפים) וציר ה-X את האתרים השונים באביב (א) ובסתיו (ב). עמודות ירוקות מציגות חתכים שהתבצעו בתוך השמורה ואדומות מחוץ לה. שגיאות תקן מוצגות על גבי העמודות.



איור 3 (א-ב). שכיחות פרטים של דקרים (טורפים אופיניים) בתוך ומחוץ לשמורות.

ציר ה-Y מציג את המספר הממוצע לחתך (25x6 מטר) של פרטי דקרים מהמינים דקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) ודקרנית אדומה (*Mycteroperca rubra*) באתרים השונים באביב (א) ובסתיו (ב). עמודות ירוקות מציגות חתכים מתוך השמורה והאדומות מחוץ אליה. שגיאות תקן מוצגות על גבי העמודות.

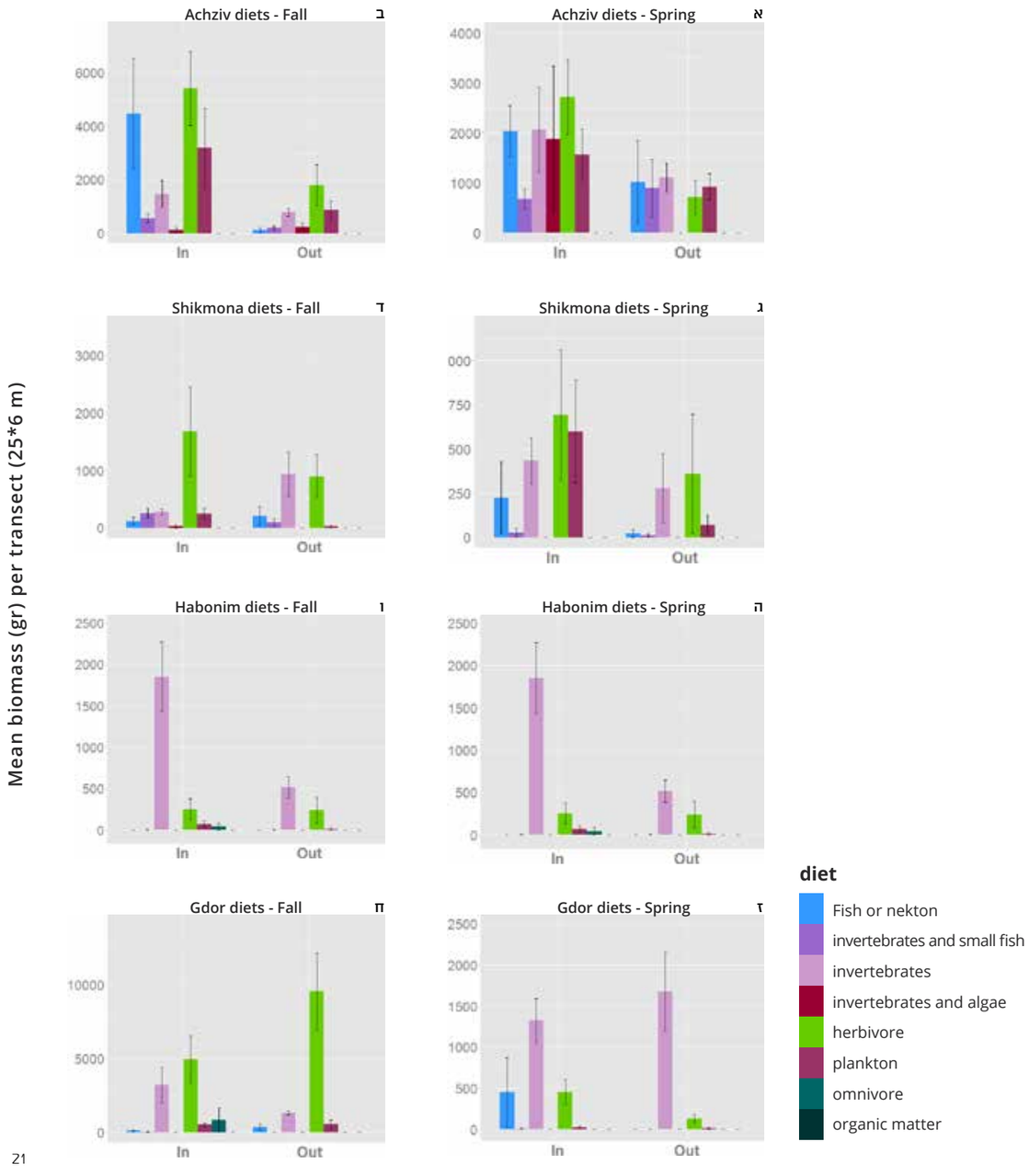



דקר הסלעים *Epinephelus marginatus* | צילום: שבי רוטמן


דקרנית אדומה *Mycteroperca rubra* | צילום: שבי רוטמן

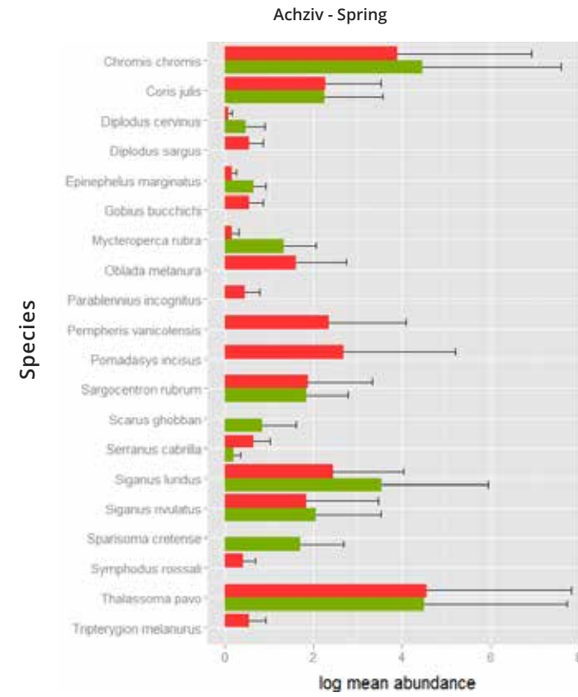
איור 4 (א-ח). שכיחות פרטים של דגים בחלוקה על פי סוג תזונה.

ציר ה-Y מציין ביומסה (בגרמים) ממוצעת לחתך עבור כלל הפרטים מהמינים שהינם בעלי תזונה מסוג מסוים (יש לשים לב כי הסקאלה משתנה בין האתרים והעונות), בכל אחד מאתרי הדיגום. שגיאות תקן מוצגות ע"ג העמודות. ציר ה-X מציין אם הפרטים נצפו בתוך השמורה או מחוץ לה. מימין למטה מקרא הצבעים המייצגים את סוגי התזונה השונים. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



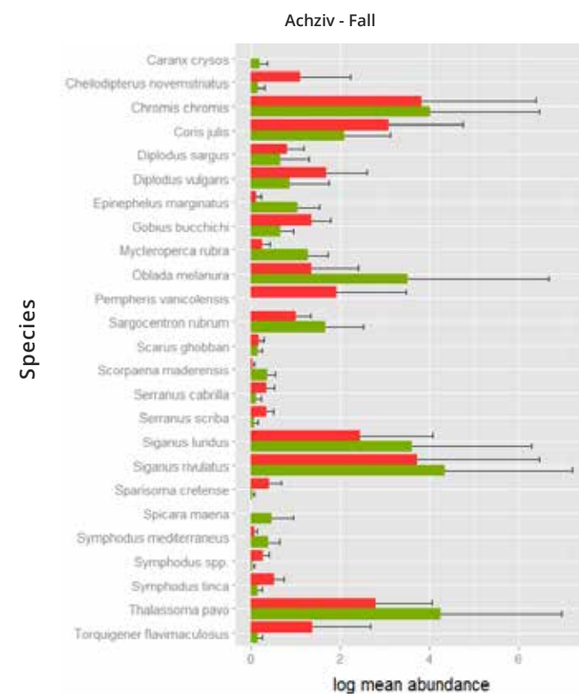
איור 5. שכיחות פרטים של דגים ממינים שנצפו יותר מ-5 פעמים בתוך שמורת ראש הנקרה-אכזיב או מחוץ לה באביב.

ציר ה-X מציג שכיחויות ממוצעות (בסקאלה לוגריתמית) של פרטים ממינים אשר הופיעו יותר מ-5 פעמים בתוך או מחוץ לשמורה באביב. ציר ה-Y מציג את שמות המינים. עמודות ירוקות מייצגות את תוך השמורה והאדומות מחוץ לה. שגיאות תקן מוצגות מימין לעמודות. ניתן לראות כי המינים הנידוגים תוכידג כרתי (*Sparisoma cretense*), דקרנית אדומה (*Mycteroperca rubra*) ודקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) מופיעים בשכיחות גבוהה יותר בתוך השמורה. עם זאת המין כרומית ים תיכונית (*Chromis chromis*) שאינו נידוג נמצא בשכיחות דומה בתוך ומחוץ לשמורה.



איור 6. שכיחות פרטים של דגים שנצפו יותר מ-5 פעמים בתוך שמורת ראש הנקרה-אכזיב או מחוץ לה בסתיו.

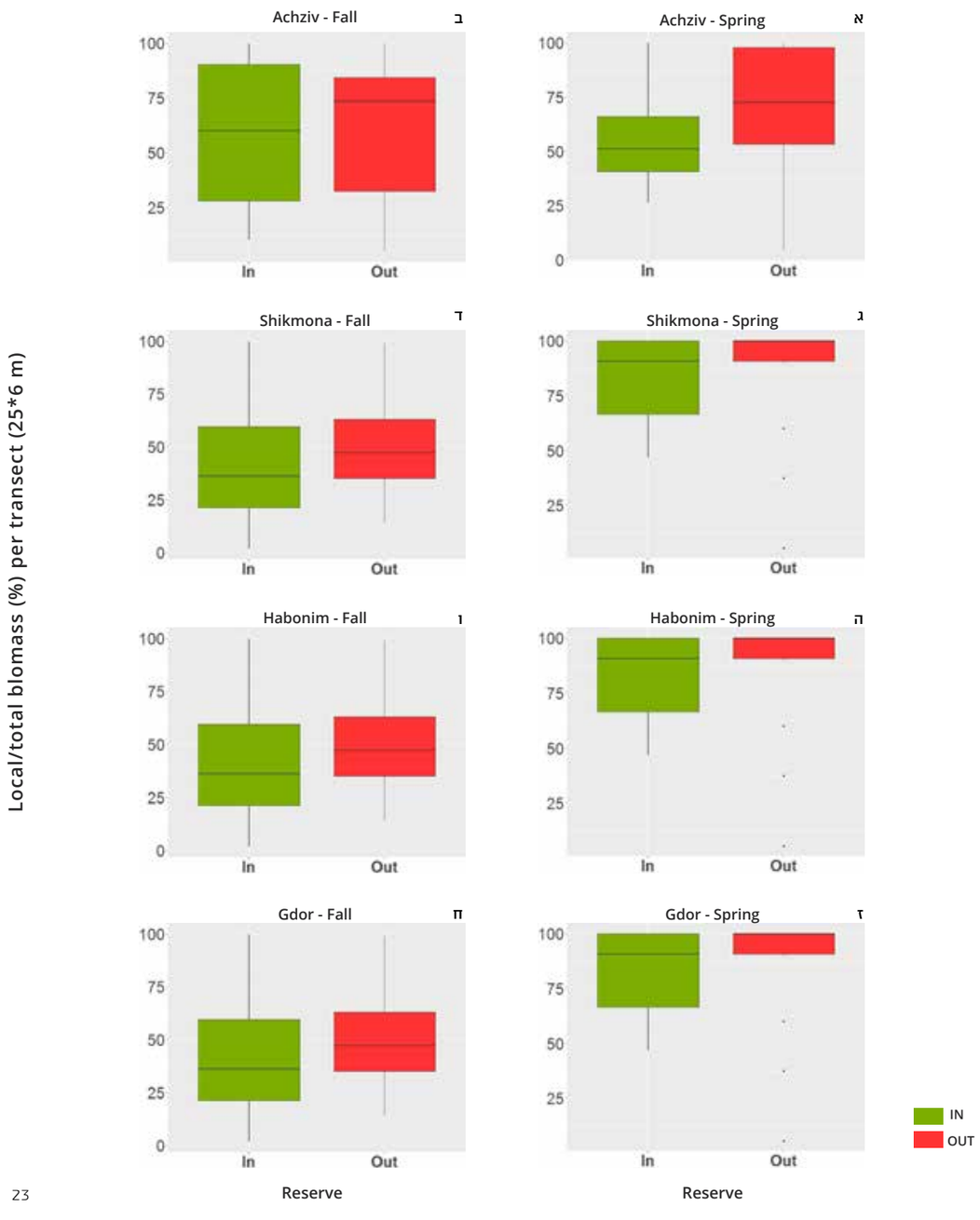
ציר ה-X מציג שכיחויות ממוצעות (בסקאלה לוגריתמית) של פרטים ממינים אשר הופיעו יותר מ-5 פעמים בתוך או מחוץ לשמורה בסתיו. ציר ה-Y מציג את שמות המינים. עמודות ירוקות מייצגות את תוך השמורה והאדומות מחוץ לה. שגיאות תקן מוצגות מימין לעמודות. גם בסתיו אנו עדים לנוכחות המינים הנידוגים דקרנית אדומה (*Mycteroperca rubra*) ודקר הסלעים (*Epinephelus marginatus*) המופיעים בשכיחות גבוהה יותר בתוך השמורה. עם זאת המין כרומית ים תיכונית (*Chromis chromis*) שאינו נידוג, נמצא בשכיחות דומה בתוך ומחוץ לשמורה.



Reserve IN OUT

איור 7 (א-ח). אחוז הביומסה של מיני דגים מקומיים מהביומסה הכללית בתוך ומחוץ לשמורות.

ציר ה-Y מציג את אחוז הביומסה של המינים המקומיים מהביומסה הכללית שנדגמה בכל חתך בתוך השמורות ומחוץ להן. ציר ה-X מציין אם הדיגום נערך בתוך השמורה (ירוק) או מחוץ לה (אדום). דיאגרמות הקופסא מציגות חציון ואת הרבעונים 25% ו-75%. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



דגים בשמורות ומחוץ להן:

- הסמנים הראשונים להצלחתה של שמורה הם שכיחות גבוהה של פרטים גדולים וביומסה גבוהה של דגים בשטחי שמורה לעומת שטחים דומים מחוץ לה, במיוחד כשמדובר במינים טורפים הנתונים ללחצי הדיג הגבוהים ביותר.
- בשמורת ראש הנקרה-אכזיב קיימת באופן עקבי (באביב ובסתיו) שכיחות גבוהה יותר של דגים גדולים וביומסה כללית גבוהה יותר של דגים לעומת שטחי הביקורת שמחוץ לשמורה.
- בתוך השמורה נצפו מינים טורפים קבועי מקום (דקרים) בשכיחות גבוהה יותר.
- בתוך השמורה קיים מגוון תפקודי (פונקציונלי - מינים בעלי תזונה שונה) גדול יותר של דגים.

בהתאם למדדים שנבחנו ניכר כי שמורת ראש הנקרה-אכזיב מתפקדת בהצלחה כשמורת טבע ימית.

שמורת ראש הנקרה-אכזיב היא הגדולה והמגוונת מבין שמורות הטבע הימיות בישראל. בשמורה מתבצעים פיקוח ואכיפה באופן עקבי ולאורך זמן (החל משנות ה-90). בעת ביצוע הסקר הפיקוח והאכיפה בשאר השמורות היו חלקיים, או שהחלו להתבצע בהיקף נרחב שנים מועטות לפני ביצוע הסקר. תוצאות הסקר מצביעות על חשיבות הפיקוח והאכיפה לאורך שנים בשמורות ימיות הנתונות ללחצי דיג משמעותיים. כמו כן, יש לציין מאפיינים חשובים נוספים להצלחת שמורה: גודל השמורה, עומק הקרקעית והמרחק שלה מקו החוף, מגוון בתי הגידול המצוי בה והממשק המתקיים בה.

עם הגברת הפיקוח והאכיפה בשמורות הטבע הימיות, התאמת הממשקים לתנאים המשתנים בהן והכרזתן של שמורות גדולות, נצפה לעלייה בשכיחות הדגים (במיוחד מינים טורפים) ובביומסה הכללית של פרטים בשמורה, בהתאם למצאי בתי הגידול בשמורה ולכושר הנשיאה שלהם.

סלפית צהובת פסים *Sarpa salpa* | צילום: אנדרי ארונוב

מבנה חברת הדגים לאורך חופי ישראל

חברת הדגים היא מאסף של מינים החיים יחד באתר ומקיימים ביניהם יחסי גומלין. מבנה החברה יכול להשתנות במרחב (עם השינוי באופי בית הגידול) ובזמן (בהתאם לעונות השנה). קיימים מינים נודדים המהווים חלק מהחברה רק בעונות מסוימות ולעומתם מינים מקומיים שאינם משנים את תפוצתם. אסופת המינים באתר יכולה להשתנות בצורה משמעותית כתוצאה מהגנה מדיג. מאחר ודיג הוא פעילות שמוציאה מינים מהמערכת באופן שיטתי, הדיג משנה באופן מהותי את הרכב החברה. במטרה לבחון האם הרכב חברת הדגים שונה מאתר לאתר ובין אזור מוגן לאזור בו מתקיים דיג, בוצעו מספר אנליזות הבוחנות את המינים בחברה ואת השכיחות היחסית שלהם. בצורה זו ניתן לבחון האם היה שינוי בהרכב המינים כמו גם בשכיחות שלהם בין אתרים שונים.

ניתוח נתונים

מבנה החברות נלמד על ידי שימוש באנליזות רבות משתנים, המתבססות על מבחן ADONIS (Oksanen et al., 2008) מבחן זה משווה בין קבוצות שונות ובוחן את הדמיון בין שכיחות המינים בהן, במקרה זה בין החתכים השונים. המבחן משתמש במדד Bray-Curtis dissimilarity (Faith, 1987) והאנליזה יוצרת התפלגות ממספר רב של ערבובים אקראיים של הנתונים. כל ערבוב בוחן את ההבדל בהרכב חברת הדגים בין החתכים. בצורה הזו ניתן לבחון האם ההבדלים האמיתיים בין הדגימות שונים במובהק ממה שהיינו מצפים לקבל באקראי (לביצוע אנליזה זו הנתונים עברו טרנספורמציית log). nMDS היא אורדינציה א-פרמטרית המשמשת להמחשה ויזואלית של תוצאות מדדי הדמיון (Kruskal, 1964). גם אנליזה זו משתמשת במדד אי הדמיון של Bray-Curtis dissimilarity (Faith, 1987) כדי להראות את פיזור הנתונים במרחב. באמצעות האורדינציה הזו ניתן לראות בצורה מוחשית אילו אתרים דומים יותר אחד לשני מאחרים. ככל שהאתרים שונים יותר, כך המרחק שלהם אחד מהשני במרחב האורדינציה יהיה גדול יותר. בכדי להבין באיזו מידה האיור הגרפי של תוצאות האנליזה מעיד על ההפרדה בין החברות השונות במציאות, ניתן הערך stress. ככל שערך ה-stress קטן יותר, כך ההפרדה טובה יותר. ערכים בין 0.05-0.1 הם ערכים מצוינים, ערכים בין 0.1-0.2 מעידים על הפרדה טובה מאוד, בין 0.2-0.3 מעידים על הפרדה טובה וערכים הגבוהים מ-0.3 מעידים על הפרדה לא טובה (לביצוע אנליזה זו הנתונים עברו טרנספורמציית log).

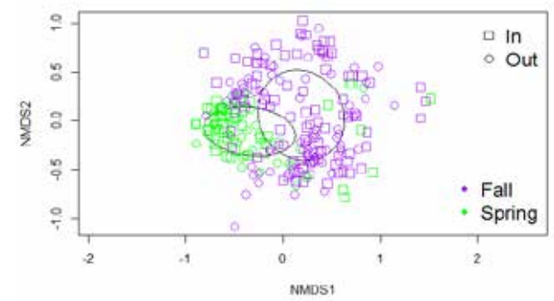
תוצאות

חברת הדגים מגוונת מאוד בזמן ובמרחב. ניכרים הבדלים בין האביב לסתיו (איור 8: stress=0.181,Adonis p-value < 0.0009), בין האתרים השונים (איור 9 א: stress=0.211; איור 9 ב: stress=0.146; Adonis p-value < 0.0009 בשתי העונות). בשמורת ראש הנקרה-אכזיב נמצאו הבדלים בין חברות הדגים בתוך השמורה ומחוץ לה, בשתי עונות הדיגום (איור 10 א: stress=0.160, Adonis p-value=0.0029; איור 10 ב: stress=0.139, Adonis p-value=0.0009) ובין העומקים השונים (איור 11 א: stress=0.159; איור 11 ב: stress=0.143 Adonis p-value<0.0009 בשתי העונות). הבדל נוסף נוגע לשני המינים הפולשים סיכן משויש (*Siganus rivulatus*) וסיכן הודי (*Siganus luridus*). השוואה בין שכיחות שני המיני הפולשים הללו, מציגה יחס שונה בשמורת ראש הנקרה-אכזיב לעומת האתרים האחרים, כאשר שכיחות המין *Siganus luridus* גדולה באופן ניכר משל *Siganus rivulatus* (איור 12, א-ב), אם כי משמעות השוני לא ברורה די הצורך.

סרדיונית נקודה *Herklotsichthys punctatus* ורקרנית אדומה *Mycteroperca rubra* | צילום: שבי רוטמן

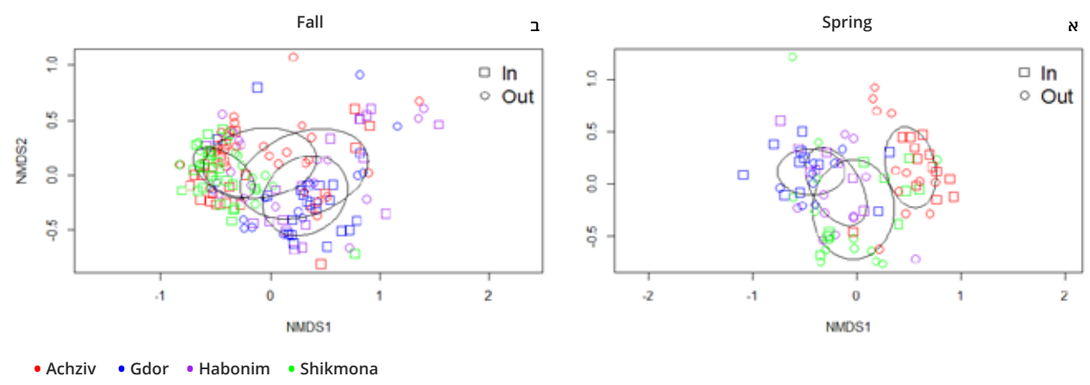
איור 8. ההבדל במבנה חברת הדגים בין האביב לסתיו.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הדגים בעונות השונות (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis, n=243) הצבעים מציינים את העונות השונות. ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות הדגים בכל עונה.



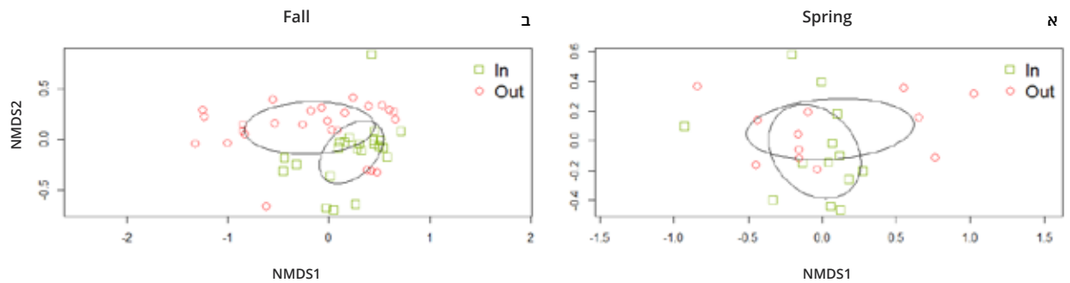
איור 9 (א-ב). ההבדל במבנה חברת הדגים בין האביב לסתיו.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הדגים באתרים השונים (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis, n=243) הצבעים מציינים את האתרים השונים. ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות הדגים בכל אתר.



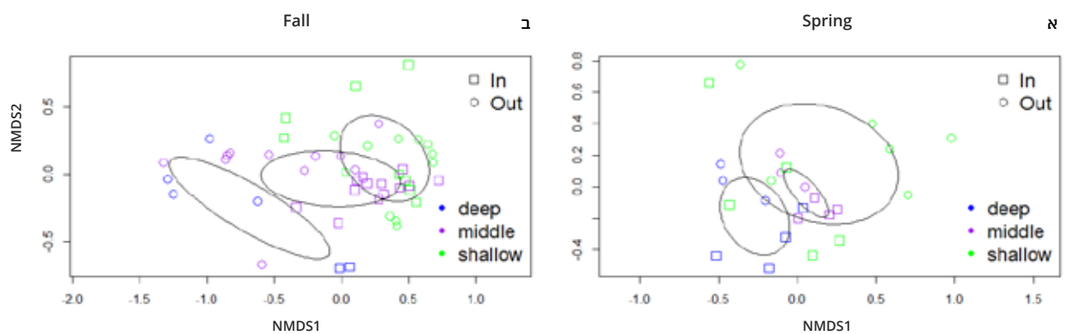
איור 10 (א-ב). ההבדל במבנה חברת הדגים בין שמורת ראש הנקרה- אכזיב ומחוץ לה.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הדגים בתוך ומחוץ לשמורה (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis) באביב (א, n=25) ובסתיו (ב, n=49). צבע ירוק מציין חתכים בתוך השמורה ואדום מחוץ לשמורה. ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות הדגים בתוך ומחוץ לשמורה.



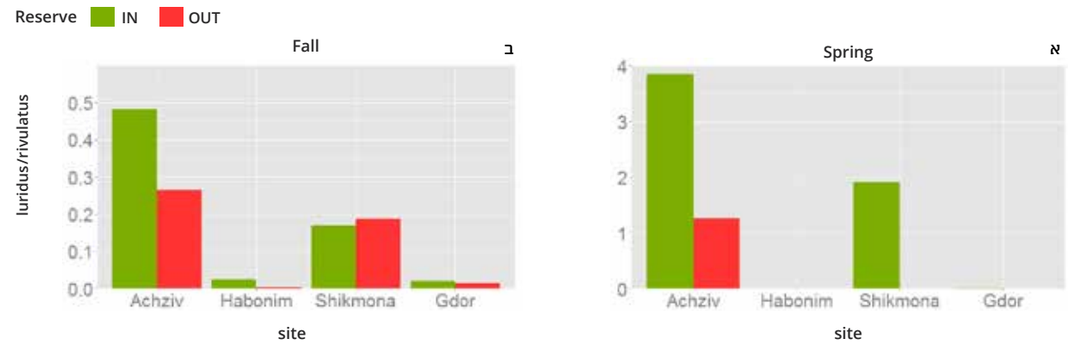
איור 11 (א-ב). ההבדל במבנה חברת הדגים בין העומקים השונים.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הדגים בראש הנקרה-אכזיב לפי העומקים השונים (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis) באביב (א, n=25) ובסתיו (ב, n=49). הצבעים מציינים את העומקים השונים. ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות הדגים בכל עומק (רדוד=0-10 מטר, עומק ביניים=10-20 מטר, עמוק=20-30 מטר).



איור 12 (א-ב). היחס שבין שני מיני הסיכנים הפולשים בתוך ומחוץ לשמורות.

ציר ה-x מציג את האתרים השונים וציר ה-y את היחס שבין המין סיכן הודי (*Siganus luridus*) וסיכן משויש (*Siganus rivulatus*) באביב (א) ובסתיו (ב). עמודות ירוקות מציגות חתכים שנדגמו בתוך השמורה ואדומות מחוץ לה (יש לשים לב לסקאלה השונה בין שני הגרפים).



סיכן הודי *Siganus luridus* ודקרנית אדומה *Mycteroperca rubra* | צילום: אנדרי אהרונוב

מבנה חברת הדגים לאורך חופי ישראל:

- בסקר נמצאו חברות דגים שונות באתרים, בעומקים ובעונות השנה השונות. עובדה זו מחייבת ריבוי שמורות טבע (אתרים מוגנים) לאורך החוף הישראלי ובעומק הים במטרה להגן על חברות הדגים השונות המאפיינות את המרחב.

- הרכב חברות הדגים בתוך שמורת ראש הנקרה-אכזיב שונה מהרכב החברה בשטח שמחוץ לה, בעיקר עקב נוכחות מוגברת של מינים טורפים המעידה על בריאות המערכת. הבדל זה נובע כנראה כתוצאה מתנאיה הפיזיים של השמורה, הפיקוח עליה ואכיפת איסור הדיג המתבצעת בשמורה בצורה עקבית לאורך שנים.

עושר ומגוון דגים

- באתר הצפוני ביותר (אזור אכזיב) קיים עושר מינים גבוה מבשאר האתרים שנסקרו באביב ובסתיו.

- מגוון המינים באתר הצפוני ביותר נמצא גבוה יותר בסתיו לעומת אתרים אחרים, אך לא באביב.

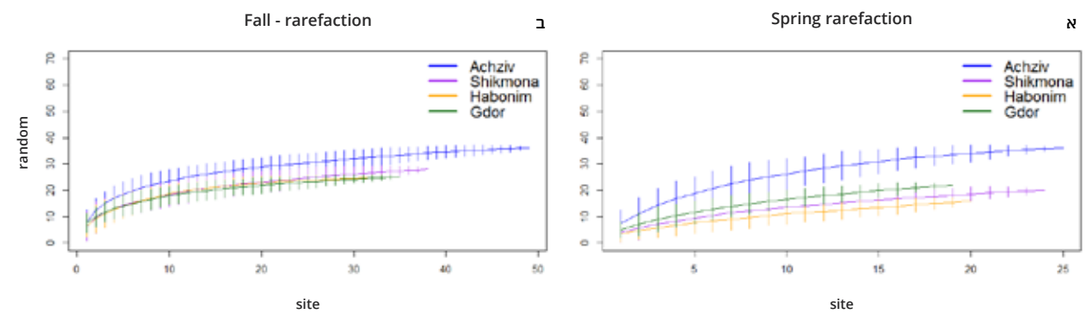
- עושר המינים והמגוון שלהם בתוך השמורות לא היו גבוהים באופן עקבי לעומת שטחים לא מוגנים.

סרדינית נקודה *Herklotsichthys punctatus* | צילום: שבי רוטמן

ברקן אדום *Sargocentron rubrum* | צילום: חגי נתיב

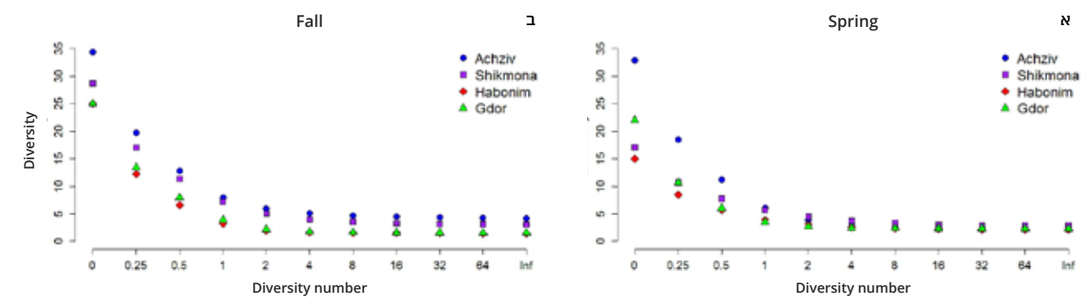
איור 13 (א-ב). עושר מינים מצטבר עבור חברת הדגים באתרי הדיגום השונים.

עקומות ררפקציה עבור חברת הדגים באתרי הדיגום השונים בשתי העונות – אביב (א) וסתיו (ב). ציר ה-x מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ הדיגום בין שתי העונות) וציר ה-y את עושר המינים המצטבר. הצבעים מייצגים את האתרים השונים.



איור 14 (א-ב). המגוון מינים עבור חברת הדגים באתרי הדיגום השונים.

פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל עבור חברת הדגים בשתי עונות הדיגום אביב (א) וסתיו (ב). ציר ה-x מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-x מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון סימפסון. עיגול כחול מציג את האתר ראש הנקרה-אכזיב, מרובע סגול את האתר שקמונה, מעוין אדום את האתר דור-הבונים ומשולש ירוק את האתר גדור.



נצרן ים תיכוני *Balistes capriscus* | צילום: שבי רוטמן

מחבטן אפור *Taeniurops grabatus* | צילום: שבי רוטמן

עושר ומגוון דגים

ניתוח נתונים

מבנה החברה סוכם גם במדדים בעלי ערך יחיד כגון עושר (מספר המינים השונים המצויים ביחידת שטח) ומגוון (המתאר את הקשר בין עושר המינים והשכיחות שלהם בחברה).

עושר מינים הוא מדד רגיש במיוחד למאמץ דיגום - ככל שנדגום יותר באתר מסוים יש סבירות גבוהה שעושר המינים יעלה. ררפקציה היא שיטת ניתוח נתונים המאפשרת לבחון את עושר החברה באתר מסוים בלי שמאמץ הדיגום יטה את התוצאה (Gotelli and Colwell, 2001). בפועל, השיטה דוגמת באופן אקראי חתכים כדי ליצור עקומת עושר מינים מצטברת. אתר שעושר המינים בו גבוה יגיע לערך גבוה יותר על סמך אותו מספר חתכים. מדדי עושר יכולים להשתנות בהתאם לסקאלה המרחבית אותה אנחנו בוחנים. באופן טבעי, כשאנחנו בוחנים אתר גדול יותר נצפה לעושר מינים גבוה יותר באותו אתר, רק מעצם העובדה שתא השטח שבחנו מכיל יותר פרטים. לכן הבדלנו בין עושר המינים בין החתכים, בתוך ומחוץ לשמורה ובין האתרים המייצגים בתי גידול שונים.

מגוון מינים הינו ערך שניתן למדוד במספר דרכים שונות. מאחר וקיימים מדדי מגוון שונים, שכל אחד מהם נותן משקל שונה למינים הנדירים בחברה, הצגנו את פרופיל מגוון רני המייצג מספר מדדי מגוון. ההבדל בין המדדים יינתן על ידי שינוי הערך α במשוואה:

$$H_\alpha = \frac{\left(log \sum_{i=l}^{S} P_i^\alpha\right)}{(1-\alpha)}$$

(לפרטי המשוואה ראה - Tothmeresz, 1995). כאשר α=0 הערך שיתקבל הוא עושר המינים הכולל באתר. ככל שערך ה-α עולה, כך יורד המשקל הניתן למינים הנדירים בחברה. ערך α=1 מקביל למגוון שנון (Shannon and Weaver, 1949), ערך α=2 מקביל למגוון סימפסון (Simpson, 1949). ערך ה-α המקסימלי (אינסוף) מייצג את המשקל של המינים העיקריים במערכת. אתר יחשב כאתר מגוון יותר רק כאשר מגוון המינים נשאר גבוה עבור כל אחד מערכי ה-α שנבחנו (Tothmeresz, 1995).

תוצאות

מבין ארבעת האתרים שנבחנו, עושר המינים הגבוה ביותר נמצא באתר ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו (איור 13, א-ב). השוואה של עושר המינים בתוך השמורה לעומת אתר הביקורת מחוץ לשמורה הראה כי בשמורת ראש הנקרה-אכזיב באביב עושר המינים גבוה יותר מחוץ לשמורה בעוד שבסתיו לא נמצא הבדל משמעותי בין האתרים. שמורת שקמונה הציגה עושר מינים דומה בתוך השמורה ומחוץ לה בשתי העונות. השמורות דור-הבונים וגדור הציגו עושר מינים גבוה יותר בתוך השמורה בשתי עונות הדיגום (נספח 2).

באביב האתרים ראש הנקרה-אכזיב ושקמונה נמצאו המגוונים ביותר ע"פ מדדי שנון וסימפסון. עם זאת, לאורך כל פרופיל המגוון נראה כי לא נמצא אתר אחד המגוון יותר מאחרים בעונה זו, ככל הנראה עקב נוכחות גבוהה של המינים העיקריים בחברה בכל האתרים (*Siganus rivulatus, Diplodus sargus, Thalasoma pavo*). בעונת הסתיו ראש הנקרה-אכזיב הוא האתר המגוון ביותר בכל המדדים, בעוד ששקמונה, דור-הבונים וגדור מציגות מגוון נמוך יותר עבור כל מדדי המגוון (איור 14, א-ב). לאורך פרופיל המגוון באתרים ראש הנקרה-אכזיב וגדור לא נמצא הבדל בין מגוון המינים בתוך השמורה ומחוץ לה. עם זאת, המדדים שנון וסימפסון הראו מגוון מינים גדול יותר מחוץ לשמורה בראש הנקרה-אכזיב ובתוך השמורה בגדור. באתר שקמונה נמצאו ערכי מגוון גבוהים יותר מחוץ לשמורה לאורך כל פרופיל המגוון ובאתר דור-הבונים התקבלה התמונה ההפוכה (נספח 4, א-ח).

חברת הבנטוס היא מאסף של המינים החיים על או בקרקעית הים באתר ומקיימים יחסי גומלין. מבנה החברה יכול להשתנות במרחב (עם השינוי באופי בית הגידול) ובזמן (בהתאם לעונות השנה). גם בחברת הבנטוס קיימים מינים עונתיים המהווים חלק מהחברה רק בעונות מסוימות (למשל אצות) ומינים מקומיים קבועים שאינם משנים את תפוצתם. השפעת השמורה על חברת הבנטוס אינה ישירה משום שרובה המוחלט של החברה אינו משמש מטרה לדיג, שהגבלתו בתחומי שמורות טבע הוא הפעילות המרכזית הנאכפת בהן כיום. עם זאת, אנו יכולים לצפות לשינויים שיתרחשו בחברת הבנטוס כתוצאה משינוי בהרכב חברת הדגים באזורים שאינם נידוגים. למשל, נוכחות מוגברת של טורפים כמו דקרים מגבירה את לחץ הטריפה על חברת הדגים ויכולה לשנות את השכיחות היחסית ודפוסי ההתנהגות במרחב של מינים צמחוניים ומינים הניזונים מחסרי חוליות בקרקעית כגון סיכנים, תוכים וסרגוסים. שינוי בהתנהגות מינים אלו גוררת השפעה ישירה על תפוצה ושכיחות של מיני אצות וחסרי חוליות. כתוצאה מכך ניתן לצפות לתגובת שרשרת המשפיעה על קבוצות טקסונומיות נוספות כמו ספוגים, צדפות ואיצטלנים. במטרה לבחון האם הרכב חברת המינים שונה מאתר לאתר לאורך חופיו הצפוניים של הים התיכון הישראלי ובין שטח שמורה לשטח ביקורת, ביצענו מספר אנליזות הבודקות את הרכב החברה. בצורה זו ניתן לבחון האם היה שינוי בהרכב המינים, כמו גם בשכיחות שלהם בין אתרים שונים.

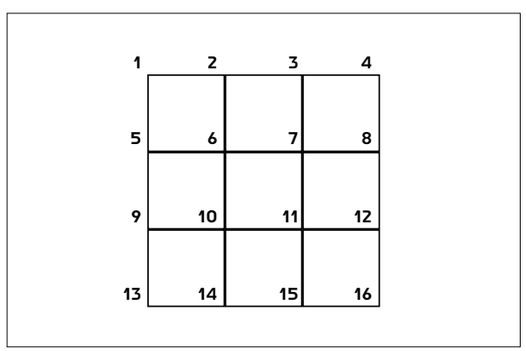
שיטות דיגום

סקר חברת הבנטוס התבצע בעומקים הרדודים בלבד (עד 5 מ') בתוך השמורות ומחוץ להן. מיקומם של החתכים נקבע על סמך אזורים בהם מתקיים רצף של בית הגידול הסלעי המאפשר את ביצוע החתך ותוואי השטח נראה המגוון ביותר. סקר חברת הבנטוס כלל שלושה חתכים בתוך השמורה ושני חתכים מחוץ לשמורה. החתכים התבצעו במרחק רב ככל הניתן זה מזה כדי לדגום כמה שיותר משטח השמורה. באתר גדור באביב התבצעו חתכים בתוך השמורה בלבד.

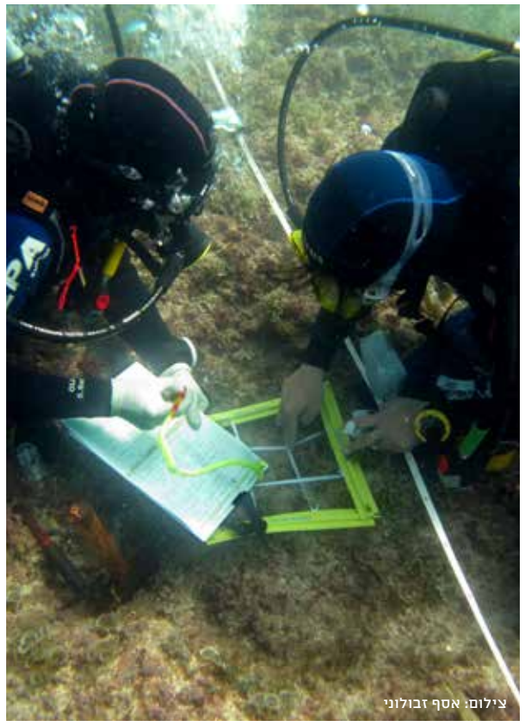
החתכים בוצעו על מצע סלעי, שכלל בדרך כלל משטח אופקי, משטח אנכי וכוכים, בכדי לייצג נכון יותר את צורות הנוף. במידה ואין כוכים וקירות נסקרו רק מצעים אופקיים. אורך כל חתך היה 10 מ' ולאורכו הונחו 10 ריבועי דיגום בגודל 30*30 ס"מ במרחק של 1 מ' זה מזה. ריבועי הדיגום הונחו בצמוד לסרט המידה על המצע הסלעי הקרוב ביותר. בכדי להתאים לכל צורות המסלע, ריבועי הדיגום נבנו מסרגלים גמישים עליהם נמתח חבל כל 10 ס"מ ליצירת רשת פנימית. בצורה זו נוצרות 16 נקודות לסקר (כולל על המסגרת, תמונה 3). בכל נקודת הצטלבות של הרשת נרשם האורגניזם שהופיע מתחתיה, במידה והיה כזה, לרמה הטקסונומית הטובה ביותר האפשרית בטבלת הסקר. באמצעות שיטת דיגום זו ניתן לבחון מהו אחוז הכיסוי של השטח עבור כל קבוצה טקסונומית בנפרד.

במידה והסוקר לא זיהה בוודאות את הפרט לרמת המין, הפרט צולם ונאסף לתוך שקית מסומנת

תמונה 3. ריבוע לדיגום חברת הבנטוס (קוודראט).



מראש (על השקית נרשמו: תאריך, מספר ריבוע ומספר נקודה). לאחר הצלילה ולפני השימור צולמו כל הדגימות שנאספו. הדגימות שומרו לפי פרוטוקולים שהוגדרו על ידי מנהלי האוספים לקבוצות הטקסונומיות השונות. במוזיאון הטבע על שם שטיינהרדט הוגדרו הפרטים לרמה הטקסונומית האפשרית (ראה נספח מספר 2 - טיפול בחברת הבנטוס לפי הקבוצות הטקסונומיות). בפועל, רבים מהפרטים שתועדו במהלך הסקר לא תועדו לרמת המין והיה צורך לבצע את האנליזות על פי הקבוצות הטקסונומיות השונות. הקבוצות הטקסונומיות שנכללו באנליזה היו: Algae, Bivalvia, Bryozoa, Cnidaria, Crustacea, Gastropoda, Platyhelminthes, Polychaete, Polyplacophora, Porifera, Sipuncula, Hydrozoa, Tunicata.


צילום: אסף זבולוני

מבנה חברת הבנטוס

ניתוח נתונים

בדומה לאנליזות של חברת הדגים, גם כאן נעשה שימוש באנליזות רבות משתנים, כמו למשל מבחן ADONIS (Oksanen et al., 2008) המשווה בין קבוצות שונות ובוחן את הדמיון בין שכיחות המינים המופיעים בהן, במקרה זה בחתכים השונים. במקרה זה נעשה שימוש במדד Bray-Curtis dissimilarity (Faith, 1987). האנליזה יוצרת התפלגות מאלף ערבובים אקראיים של הנתונים כאשר כל ערבוב בוחן את המרחקים בין החתכים. בצורה זו ניתן לבחון האם המרחקים האמיתיים בין הדגימות שונים במובהק ממה שהיינו מצפים לקבל באקראי (לביצוע אנליזה זו הנתונים עברו טרנספורמציית log). nMDS היא אורדינציה א-פרמטרית המשמשת להמחשה ויזואלית של תוצאות מדדי הדמיון (Kruskal, 1964). גם אנליזה זו משתמשת במדד אי הדמיון של Bray-Curtis dissimilarity (Faith, 1987) כדי להראות את פיזור הנתונים במרחב. באמצעות האורדינציה הזו ניתן לראות בצורה מוחשית אילו אתרים דומים יותר אחד לשני מאחרים. ככל שהאתרים שונים יותר, כך המרחק שלהם אחד מהשני במרחב האורדינציה יהיה גדול יותר. באנליזת nMDS שהתבצעה עבור חברת הבנטוס, התבצעה חלוקה לפי קבוצות טקסונומיות משום שלא ניתן היה לזהות את כל הפרטים עד לרמת המין. בכדי להבין באיזו מידה האיור הגרפי של תוצאות האנליזה מעיד על ההפרדה בין החברות השונות במציאות, ניתן הערך stress. ככל שערך ה-stress קטן יותר, כך ההפרדה טובה יותר. ערכים בין 0.05-0.1 הם ערכים מצוינים, ערכים בין 0.1-0.2 מעידים על הפרדה טובה מאוד, בין 0.2-0.3 מעידים על הפרדה טובה וערכים הגבוהים מ-0.3 מעידים על הפרדה לא טובה. באנליזת חברת הבנטוס לא נכללו הקבוצות הטקסונומיות Sipuncula ו-Hydrozoa משום שמספר הפרטים היה נמוך מידי לביצוע האנליזה (לביצוע אנליזה זו הנתונים עברו טרנספורמציית log).

טבלה 3. מאמץ דיגום הבנטוס בעונות השונות ובאתרים השונים (מספר ריבועי דיגום).

אתר		אביב	אביב	סתיו	סתיו
	עומק	בתוך השמורה	מחוץ לשמורה	בתוך השמורה	מחוץ לשמורה
ראש הנקרה-אכזיב	רדוד	29	19	40	30
שקמונה	רדוד	30	20	40	10
דור-הבונים	רדוד	28	20	40	20
גדור	רדוד	30	0	40	40
סה"כ		117	59	160	100

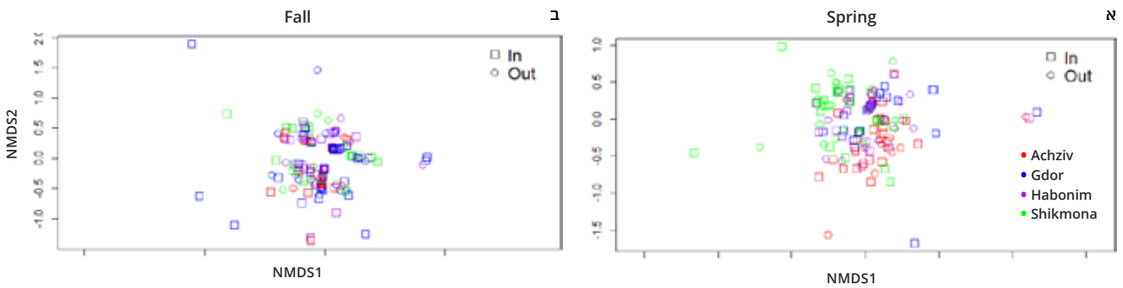
תוצאות

הבדלים מובהקים נמצאו בין חברות הבנטוס באתרים השונים הן באביב והן בסתיו (איור 15 א: stress=0.21, Adonis p-value<0.0009; איור 15 ב: stress=0.149, Adonis p-value<0.0009). באתר אכזיב נמצאו הבדלים מובהקים בין חברות הבנטוס בתוך השמורה ומחוץ לה בסתיו אך לא באביב (איור 16 א: stress=0.1543, Adonis p-value=0.255; איור 16 ב: stress=0.170, Adonis p-value=0.0039). בשמורות טבע מתפקדות אצות יכולות להעיד על שינוי רחב ומקיף יותר במבנה החברה. נוכחות או היעדר של מיני דגים צמחוניים משפיעה על חברת האצות, המשפיעה בתורה גם על שכיחות מינים הממוקמים גבוה יותר במארג המזון (משום שנדגמו קבוצות טקסונומיות רבות, נמצאו מספיק נתונים לביצוע האנליזה בשתי העונות עבור השמורות ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים בלבד). בשמורת ראש הנקרה-אכזיב נמצא הבדל מובהק בין חברות האצות בתוך השמורה ומחוץ לה באביב ובסתיו (איור 17 א: stress=0.148, p-value<0.0009; איור 17 ב: ADONIS p-value=0.0029, stress=0.149).

החשופית *Flabelina affinis* | צילום: שבי רוטמן

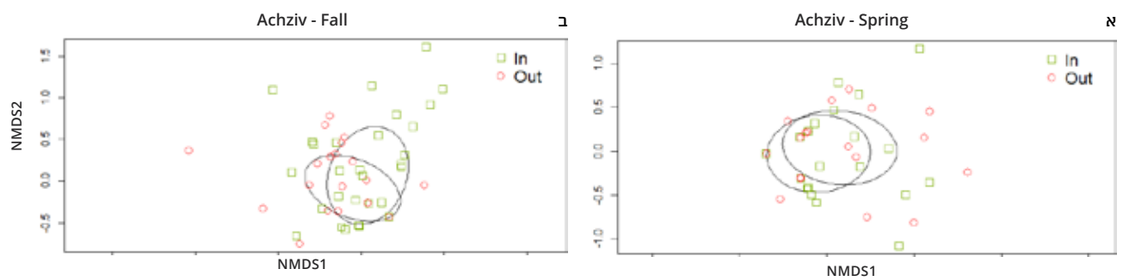
איור 15 (א-ב). ההבדל במבנה חברת הבנטוס באתרים השונים.

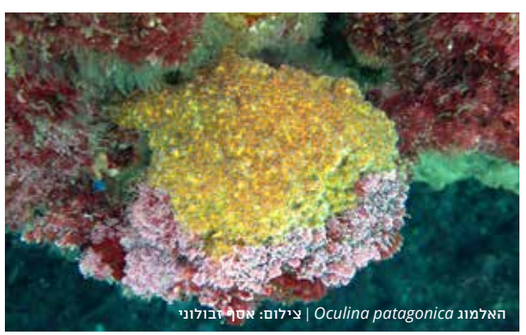
אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הבנטוס באתרים השונים (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis) באביב (א, n=48) ובסתיו (ב, n=71). הצבעים השונים מייצגים את האתרים השונים. ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה.



איור 16 (א-ב). ההבדל בין חברת הבנטוס בתוך ומחוץ לשמורה בראש הנקרה-אכזיב בשתי עונות הדיגום.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות הבנטוס בתוך ומחוץ לשמורה (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis) באביב (א, n=48) ובסתיו (ב, n=71).צבע ירוק מציג דיגום בתוך השמורה ואדום מחוץ לה, ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות הבנטוס בתוך ומחוץ לשמורה.



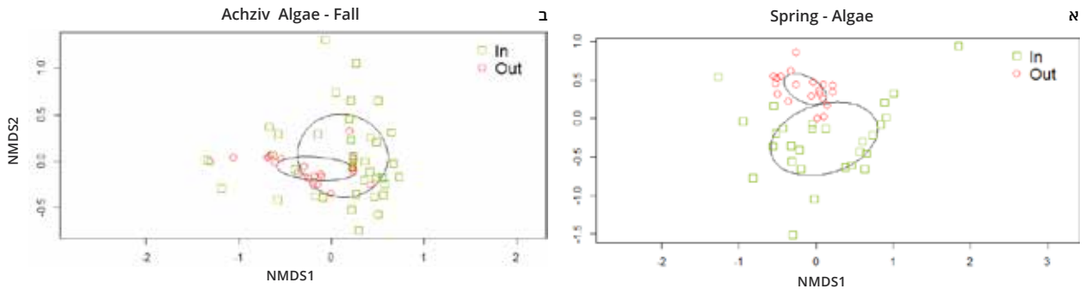


האלמוג *Oculina patagonica* | צילום: אסף זבולוני

האצטלן המושבתי *Botrylloides* | צילום: טל שמע

איור 17 (א-ב). ההבדל במבנה חברת האצות בתוך ומחוץ לשמורת ראש הנקרה-אכזיב בשתי עונות הדיגום.

אורדינציית nMDS המציגה את המרחקים בין חברות האצות בתוך ומחוץ לשמורה (בהתבסס על האינדקס Bray-Curtis) באביב (א, n=48) ובסתיו (ב, n=71).צבע ירוק מציג דיגום בתוך השמורה ואדום מחוץ לה, ריבועים מייצגים חתכים שנדגמו בתוך השמורה ועיגולים מחוץ לשמורה. אליפסות מייצגות את ההפרדה בין חברות האצות בתוך ומחוץ לשמורה.



מבנה חברת הבנטוס

- נמצא הבדל מובהק בין חברות הבנטוס באתרים השונים לאורך חופי ישראל.
- נמצא הבדל מובהק במבנה חברת הבנטוס בשמורת ראש הנקרה-אכזיב לשטחי הביקורת שמחוץ לה בסתיו, אך לא באביב.
- כמו כן, נמצא הבדל בין חברת האצות בתוך השמורה ומחוץ לה.

חברת הבנטוס | צילום: חגי נתיב

עושר ומגוון חברת הבנטוס

ניתוח נתונים

מבנה החברה סוכם גם במדדים בעלי ערך יחיד כגון עושר (מספר המינים השונים המצויים ביחידת שטח) ומגוון (המתאר את הקשר בין עושר המינים והשכיחות שלהם בחברה).

עושר מינים הוא מדד רגיש במיוחד למאמץ דיגום - ככל שנדגום יותר באתר מסוים יש סבירות גבוהה שעושר המינים יעלה. ררפקציה היא שיטת ניתוח נתונים המאפשרת לבחון את עושר החברה באתר מסוים בלי שמאמץ הדיגום יטה את התוצאה (Gotelli and Colwell, 2001). בפועל, השיטה דוגמת באופן אקראי חתכים כדי ליצור עקומת עושר מינים מצטברת. אתר שעושר המינים בו גבוה יגיע לערך גבוה יותר על סמך אותו מספר חתכים. מדדי עושר יכולים להשתנות בהתאם לסקאלה המרחבית אותה אנחנו בוחנים. באופן טבעי, כשאנחנו בוחנים אתר גדול יותר נצפה לעושר מינים גבוה יותר באותו אתר, רק מעצם העובדה שתא השטח שבחנו מכיל יותר פרטים. לכן הבדלנו בין עושר המינים בין החתכים, בתוך ומחוץ לשמורה ובין האתרים המייצגים בתי גידול שונים.

מגוון מינים הינו ערך שניתן למדוד במספר דרכים שונות. מאחר וקיימים מדדי מגוון שונים, שכל אחד מהם נותן משקל שונה למינים הנדירים בחברה, הצגנו את פרופיל מגוון רני המייצג מספר מדדי מגוון. ההבדל בין המדדים יינתן על ידי שינוי הערך α במשוואה:

$$H_\alpha = \frac{\left(log \sum_{i=l}^{S} P_i^\alpha\right)}{(1-\alpha)}$$

(לפרטי המשוואה ראה - Tothmeresz, 1995). כאשר α=0 הערך שיתקבל הוא עושר המינים הכולל באתר. ככל שערך ה-α עולה, כך יורד המשקל הניתן למינים הנדירים בחברה. ערך α=1 מקביל למגוון שנון (Shannon and Weaver, 1949), ערך α=2 מקביל למגוון סימפסון (Simpson, 1949). ערך ה-α המקסימלי (אינסוף) מייצג את המשקל של המינים העיקריים במערכת. אתר יחשב כאתר מגוון יותר רק כאשר מגוון המינים נשאר גבוה עבור כל אחד מערכי ה-α שנבחנו (Tothmeresz, 1995).

תוצאות

לא נמצא הבדל משמעותי בעושר המינים בין אתרי הדיגום בסתיו. ראש הנקרה-אכזיב נמצא האתר העשיר ביותר באביב ואחריו האתרים דור-הבונים, שקמונה וגדור (איור 18, א-ב). לא נמצאה שמורה המציגה באופן עקבי עושר מינים גבוה יותר בתוך גבולותיה כאשר נלקחו בחשבון כל הקבוצות הטקסונומיות באנליזה (נספח 3). עם זאת, שמורת ראש הנקרה-אכזיב מציגה עושר מיני אצות (איור 19, א-ב) וספוגים (איור 20, א-ב) גבוה יותר בתוך גבולות השמורה בשתי עונות הדיגום לעומת שטח הביקורת שמחוץ לה. לא נמצא הבדל עקבי בין העונות בשמורת דור-הבונים (איור 19, ג-ד. 20, ג-ד).

מדד שנון עבור חברת הבנטוס באביב הראה מגוון מינים גבוה יותר באתר ראש הנקרה-אכזיב, אך לאורך פרופיל המגוון לא נצפה אתר אחד שהיה מגוון יותר מאחרים. בסתיו לא נמצא אף אתר מגוון יותר מהאחרים לאורך כל פרופיל המגוון (איור 21, א-ב). שטח השמורה בראש הנקרה-אכזיב נמצא מגוון יותר בשתי עונות הדיגום לאורך כל פרופיל המגוון, אך עבור הערכים הגבוהים ביותר לא נמצא הבדל משמעותי בין תוך השמורה ומחוץ לה (נספח 5, א-ב). באתר שקמונה נמצאה השמורה מגוונת יותר מאשר חוץ השמורה באביב, אך בסתיו לא נמצא הבדל

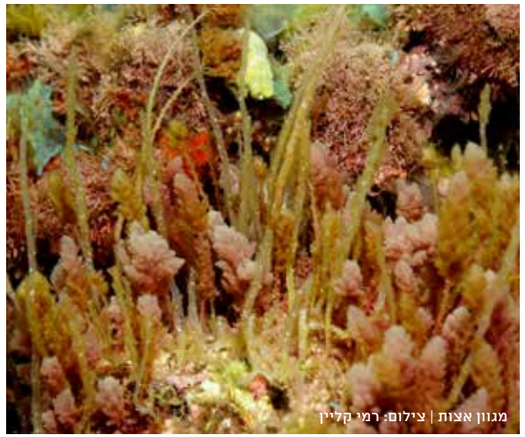
אליזיה הדורה *Elysia ornata* על מושבה של הידרתיים | צילום: חגי נתיב

(נספח 5, ג-ד). שמורת דור-הבונים הראתה מגוון גבוה יותר על פי מדדי המגוון שנון וסימפסון, אך עבור הערכים הגבוהים לא נמצא הבדל משמעותי בין תוך השמורה ומחוץ לה (נספח 5, ה-ו). שמורת גדור הראתה מגוון מינים גבוה בתוך גבולותיה לאורך כל פרופיל המגוון בסתיו. באביב לא התבצע הסקר מחוץ לגבולות השמורה (נספח 5, ז-ח). חברת האצות נמצאה מגוונת יותר בתוך גבולות השמורה לאורך כל פרופיל המגוון, אך בסתיו נמצאה מגוונת יותר רק עבור מדד שנון (איור 22, א-ב). לא נמצא הבדל עקבי במגוון מיני הספוגים בין תוך השמורה ומחוץ לה (איור 23, א-ב).

תמנון החוף *Octopus vulgaris* | צילום: חגי נתיב

רבים מהמינים שתועדו במהלך הסקר הם מינים פולשים. באביב 20% מהפרטים שתועדו הם מינים פולשים, כאשר הצדפה הפולשת בוצית מגוונת (*Brachidontes pharaonis*) מהווה 36% מכלל הפולשים. בסתיו 31% מהפרטים שתועדו לרמת המין הם מינים פולשים, כאשר בוצית מגוונת מהווה 61% מהם. בחינה של הרכב המינים בקבוצת הצדפות הראה כי מכל הצדפות שתועדו במהלך הסקר נצפתה צדפה מקומית אחת בלבד – סלעית ים קודחת (*Petricola lithophaga*) פעמיים בסתיו.

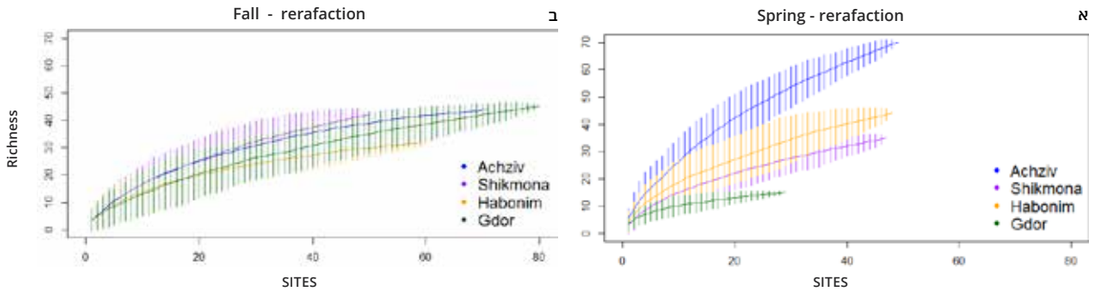
האצה אספרגון *Aspargopsis taxiformis* | צילום: טל שמע



מגוון אצות | צילום: רמי קליין

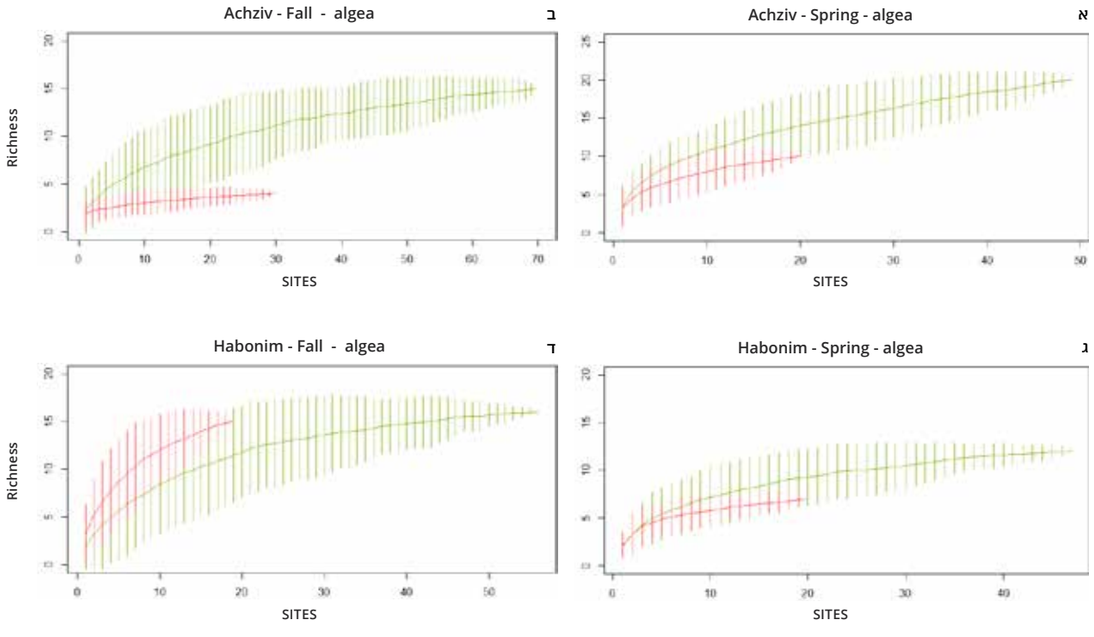
איור 18 (א-ב). עושר מינים מצטבר עבור חברת הבנטוס באתרים השונים בשתי עונות הדיגום.

עקומות ררפקציה עבור אתרי הדיגום השונים בשתי העונות - אביב (א) וסתיו (ב). ציר ה-x מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ הדיגום בין שתי העונות) וציר ה-y את עושר המינים המצטבר. הצבעים מייצגים את האתרים השונים.



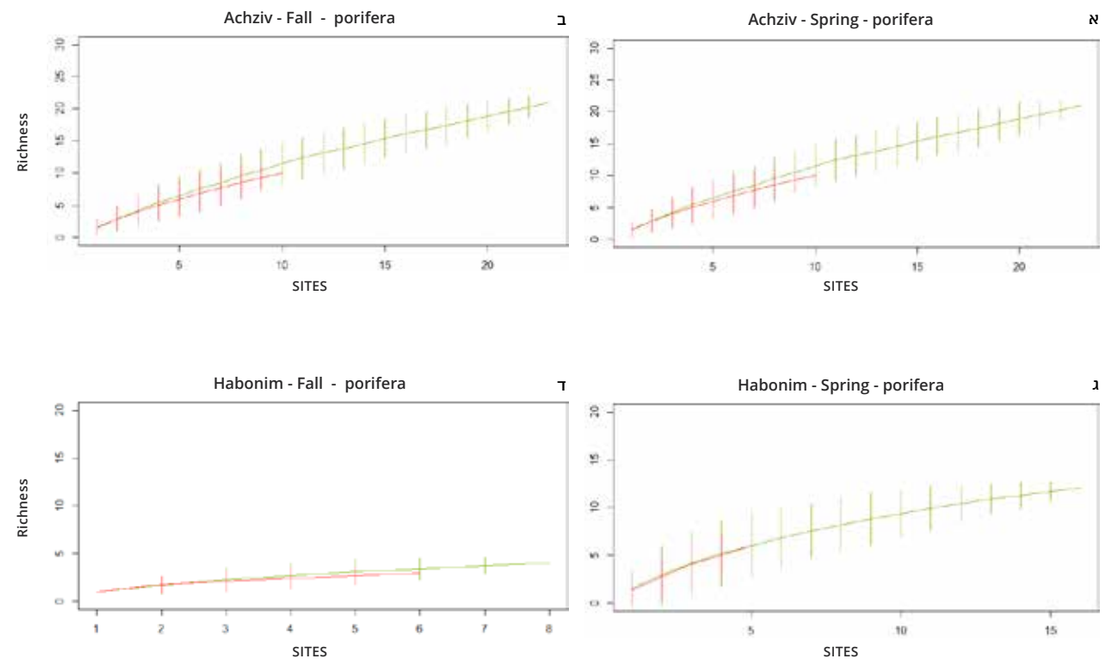
איור 19 (א-ד). עושר מינים מצטבר עבור חברת האצות באתרים ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים בתוך ומחוץ לשמורה.

עקומות ררפקציה עבור מיני אצות באתרים ראש הנקרה-אכזיב (א-ב) ודור-הבונים (ג-ד), באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה. ציר ה-x מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ הדיגום בכל אחד מהאתרים ובין העונות) וציר ה-y את עושר המינים המצטבר. העקומות הירוקות מציגות את תוך השמורה והאדומות את חוץ השמורה.



איור 20 (א-ד). עושר מינים מצטבר עבור חברת הספוגים באתרים ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים בתוך ומחוץ לשמורה.

עקומות ררפקציה עבור מיני ספוגים באתרים ראש הנקרה-אכזיב (א-ב) ודור-הבונים (ג-ד), באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה. ציר ה-X מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ הדיגום בכל אחד מהאתרים ובין העונות) וציר ה-Y את עושר המינים המצטבר. העקומות הירוקות מציגות את תוך השמורה והאדומות את חוץ השמורה.

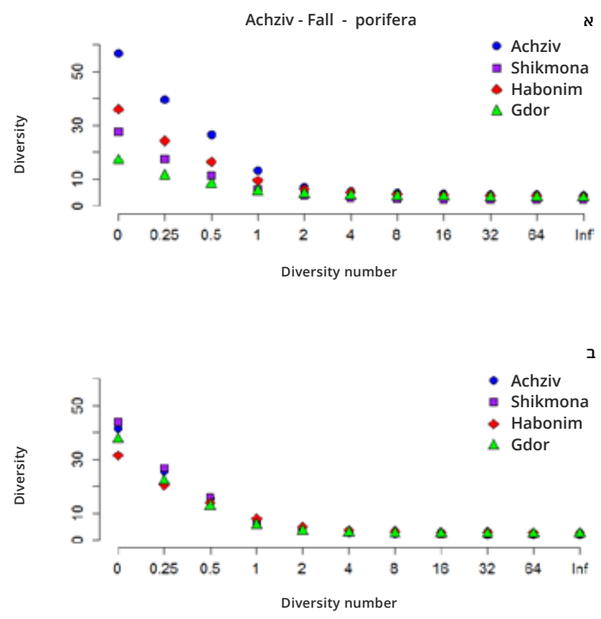



הספוג *Sarcotragus spinosulus* | צילום: חגי נתיב


הספוג *Crambe crambe* | צילום: שבי רוטמן

איור 21 (א-ב). פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל בשתי עונות הדיגום אביב (א) וסתיו (ב).

ציר ה-X מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-Y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-X מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-X מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-X מקבילים לערכי מגוון סימפסון. עיגול כחול מציג את האתר ראש הנקרה-אכזיב, מרובע סגול את האתר שקמונה, מעוין אדום את האתר דור-הבונים ומשולש ירוק את האתר גדור. יש לשים לב כי באתר גדור באביב התבצע דיגום בתוך השמורה בלבד.

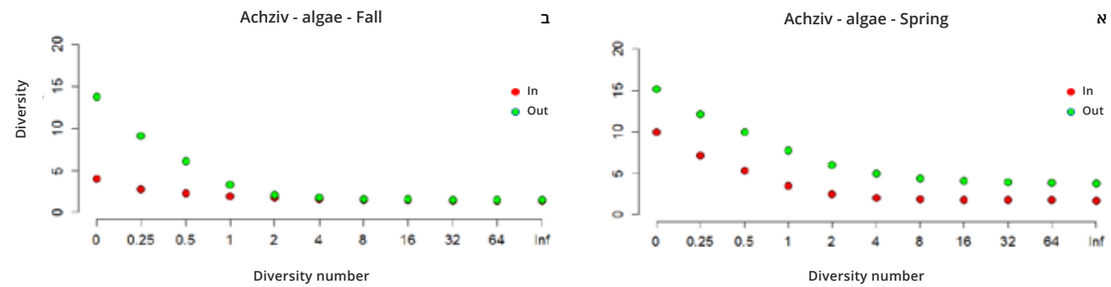



הספוג אקסינלה *Axinella polypoides* | צילום: גל אייל


כלייתן סחוסי *Chondrosia reniformis* | צילום: גל אייל

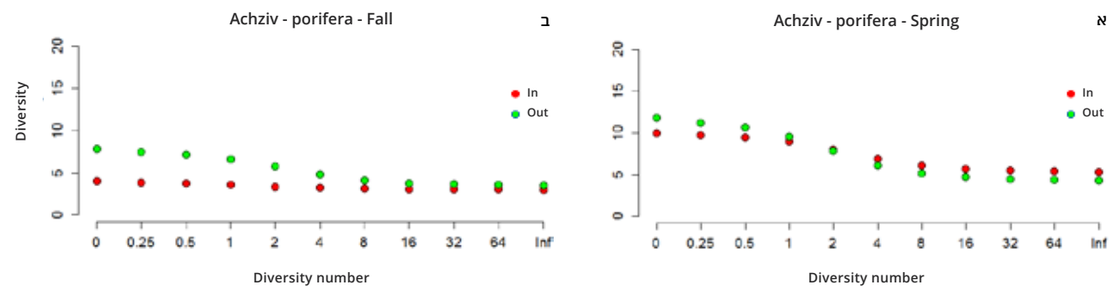
איור 22 (א-ב). פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל עבור חברת האצות באתר ראש הנקרה-אכזיב בשתי עונות הדיגום אביב (א) וסתיו (ב) בתוך ומחוץ לשמורה.

ציר ה-x מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-x מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון סימפסון. הצבע האדום מציג את הערכים מחוץ לשמורה והירוק בתוך השמורה.



איור 23 (א-ב). פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל עבור חברת הספוגים באתר ראש הנקרה-אכזיב בשתי עונות הדיגום אביב (א) וסתיו (ב) בתוך ומחוץ לשמורה.

ציר ה-x מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-x מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון סימפסון. הצבע האדום מציג את הערכים מחוץ לשמורה והירוק בתוך השמורה.



עושר ומגוון חברת הבנטוס

- אזור אכזיב הוא העשיר ביותר במינים באביב, אך לא בסתיו, בהשוואה לשאר האזורים שנדגמו.
- כשכל הקבוצות הטקסונומיות נכללו בניתוח הנתונים לא נמצאה שמורה המציגה באופן עקבי עושר גדול יותר לעומת אתרי הביקורת.
- מגוון הקבוצות הטקסונומיות בשמורת ראש הנקרה-אכזיב גבוה יותר באביב ובסתיו לעומת אתרי הביקורת מחוץ לשמורה.
- עושר המינים של אצות וספוגים גבוה יותר בשמורת ראש הנקרה-אכזיב לעומת חוץ השמורה.
- מגוון מיני האצות גבוה יותר בתוך גבולות השמורה רק באביב.
- 99.99% ממיני הצדפות שנצפו בסקר הם מינים פולשים ומרבית הפרטים שתועדו (כ-90%) היו מהמין בוצית מגוונת *Brachidontes pharaonis*.
- בניגוד לחברת הצדפות, כל מיני הספוגים שתועדו בסקר הם מינים מקומיים.

מחבטן אפור *Taeniurops grabatus* | צילום: חגי נתיב

אחוז הכיסוי של השטח

אחוז הכיסוי של פני השטח על ידי חברת הבנטוס עשוי להעיד על אופי המערכת ובריאותה. למשל, אחוז הכיסוי על ידי אצות מעיד על נוכחות או היעדר מיני דגים צמחוניים וטורפים. מעבר לכך, נוכחות או היעדר אצות יכולה להכתיב את אופן ההתיישבות של מינים נוספים בחברה, כמו למשל ספוגים.

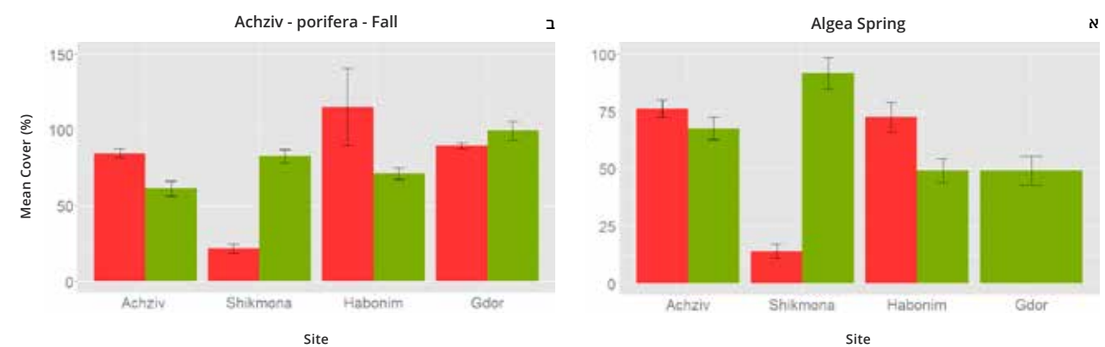
בשתי עונות הדיגום נמצא כי אחוז כיסוי האצות מחוץ לשמורת ראש הנקרה-אכזיב גדול מזה שבתוך השמורה (איור 24, א-ב). בנוסף, שמורות ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים מציגות אחוז כיסוי ספוגים גדול יותר בתוך השמורה מאשר מחוץ לה בשתי עונות הדיגום (נספח 6, א-ב, ה-ו). מעבר לכך לא נמצא דפוס תפוצה נוסף המאפיין הבדלים הנובעים כתוצאה מהגנה (נספח 6).

אחוז הכיסוי של השטח

- אחוז כיסוי השטח על ידי אצות נמוך יותר בשמורות ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים לעומת אתרי הביקורת בשתי עונות הדיגום. תמונה הפוכה התקבלה בשקמונה.
- אחוז כיסוי הספוגים גבוה יותר בשמורות ראש הנקרה-אכזיב ודור-הבונים לעומת אתרי הביקורת בשתי עונות הדיגום.
- לא היה הבדל עקבי נוסף באחוז הכיסוי של שאר הקבוצות הטקסונומיות בתוך או מחוץ לשמורה.

איור 24 (א-ב). אחוז כיסוי עבור חברת האצות בתוך ומחוץ לשמורת ראש הנקרה-אכזיב.

ציר ה-y מציג את אחוז כיסוי האצות הממוצע (יש לשים לב לשינוי בסקאלה בין שתי העונות) באביב (א) ובסתיו (ב). ציר ה-x מציג את האתרים השונים. צבע ירוק מציג דיגום בתוך השמורה ואדום מחוץ לה. שגיאות תקן מוצגות על גבי העמודות.



חברות החי והצומח בשמורות טבע ימיות ומחוץ להן

תוצאות הסקר מציגות הבדלים בין חברות הדגים באתרי הדיגום לאורך החוף ובין עונות השנה. נראה כי המעבר מצפון לדרום, הכולל גם שינוי באופי התשתית של בתי הגידול, משפיע בצורה ישירה על אסופת המינים באותו אתר. קיים שוני גדול בהרכב המינים בין עונות השנה וניתן למצוא מינים מקומיים הנוכחים לאורך כל השנה ומינים עונתיים הנוכחים באזורנו בעיקר בעונת הסתיו. הסקר הנוכחי מדגיש את החשיבות שבביצוע סקרים עונתיים במטרה לאפיין את בית הגידול. כמו כן מדגיש הסקר את ההבדלים בהרכבי החברות לאורך חופי הים התיכון ובמימיו ואת החשיבות שבהכרזת שמורות טבע שונות המייצגות את כל בתי הגידול הללו.

נמצאו עדויות חזקות לתפקודה של שמורת ראש הנקרה-אכזיב בהגנה על המערכת האקולוגית. חברות הדגים והבנטוס שנדגמו בתוך השמורה ומחוץ לה מציגים תוצאות חוזרות המעידות בשתי עונות הדיגום על מערכת אקולוגית בריאה ומתפקדת בשמורה. בין סמנים אלה ניתן למצוא ביומסת דגים כללית גבוהה יותר בתוך השמורה ושכיחות גבוהה יותר של פרטים גדולים. במיוחד ניתן להצביע על כך שבתוך גבולות השמורה מצויים בשכיחות גבוהה מינים טורפים בעלי ערך מסחרי גבוה, ביניהם דקר הסלעים (*Epinephalus marginatus*) הנמצא בסכנת הכחדה עולמית ודקרנית אדומה (*Mycteroperca rubra*). מעבר לכך, בגבולות השמורה נמצא מגוון גדול יותר של דגים בעלי סוגי תזונה שונים, מה שיכול להעיד על מגוון תפקודי (פונקציונלי) גבוה במערכת.

יחד עם העלייה בכלל הביומסה נראתה גם עלייה בביומסת הדגים הצימחוניים בשמורה. בחינה פרטנית של הרכב החברה הראתה שינוי בין היחסים של הסיכן המשויש והסיכן ההודי בשמורה בשתי עונות הדיגום. למרות שהנתונים שנאספו בסקר זה מעידים על שכיחות גבוהה של המינים אוכלי האצות ממשפחת התוכינוניים תוכידג כרתי (*Sparisoma cretense*) ותוכינון האוכפים (*Scarus ghobban*) - הראשון מין מקומי והשני מין פולש מים סוף - רק באביב. תצפיות רבות המתבצעות באופן שוטף בשמורה (מילר ואהרונוב, בע"פ) מעידות על נוכחות מוגברת של מינים אלו בגבולות השמורה, כמו גם על נוכחות המין הצמחוני המקומי סלפית צהובת פסים (*Sarpa salpa*) שכמעט ונעלם מחופינו אך לא תועד במהלך הסקר.

עלייה זו בעושר ושכיחות מיני הדגים הצמחוניים גרמה ככל הנראה לירידה באחוז כיסוי האצות בתוך השמורה. אחוז כיסוי נמוך של אצות מאפשר התיישבות של מיני חסרי חוליות כגון ספוגים, הידרוזואות, חי-טחבים ואלמוגים. יחד עם הירידה באחוז כיסוי האצות הבחנו גם בעלייה בעושר מיני הספוגים. לקבוצה זו חשיבות גדולה במערכות ימיות, ובמיוחד בים התיכון, כמהנדסי סביבה בעלי תפקיד משמעותי בתהליכים גיאוכימיים, ייצוב ובלייה של השטח, קישור בין האזור הפלאגי (גוף המים) והבנטי (אזור הקרקעית) במערכת, יצירת קשרים סימביונטיים רבים, הגברת המגוון הביולוגי ועוד (Bell, 2008). מעבר לכך, יחד עם הירידה באחוז הכיסוי של האצות בתוך השמורה, נצפתה גם עלייה בעושר ומגוון מיני האצות, וכן הבדל מובהק בין חברת האצות בתוך ומחוץ לשמורה. מגוון ועושר גבוהים יותר מאפשרים תשתית רחבה יותר להתבססות מיני בנטוס אחרים במערכת. ככל שעושר ומגוון מיני האצות גבוהים יותר, כך עולים גם עושר ומגוון שאר בעלי החיים הקשורים אליהן ונמצאים ביחסי גומלין איתן. לדוגמא, לאצות ישנה חשיבות כאזור אומנה לדגים צעירים וכן כבית גידול ומקור מזון למינים של קווצי עור כגון נחשונים וקיפודי ים. במחקר מקביל (Rilov, 2015)

תל דור ושמורת דור-הבונים ממעוף הרחפן | צילום: גיא ברטוב

התקבלו תוצאות דומות לאלו שהתקבלו בסקר הנוכחי המעידות על תפקודה של שמורת ראש הנקרה-אכזיב בהגנה על המערכת האקולוגית.

מינים פולשים

דגים

בתי גידול מופרעים מועדים יותר לפלישה והתיישבות של מינים זרים. אזורים הנידוגים בצורה אינטנסיבית הם אזורים בהם קיים שינוי תמידי במערכת כאשר מוצאת ממנה ביומסה רבה של שלל מינים. אזורים מוגנים בהם לא מתרחשות הפרעות על בסיס קבוע יכולים להגביל את נוכחותם של מינים פולשים כתוצאה מהגברת התחרות על ידי המינים המקומיים המשגשגים באזור (Guidetti et al., 2014). עם זאת, למיטב ידיעתנו, עד היום לא נמצאה עדות לכך ששמורות ימיות מתפקדות כגורם מונע להתיישבות והתבססות של מינים פולשים (Guidetti et al., 2014), וכך גם בסקר הנוכחי. עם זאת, נמצאו הבדלים מובהקים ביחס המינים הפולשים בין שתי עונות הדיגום בכל השמורות, פרט לשמורת ראש הנקרה-אכזיב, כאשר יחד עם הביומסה הכללית גם ביומסת המינים הפולשים הייתה גבוהה בסתיו לעומת האביב. בניגוד לשאר השמורות, בשמורת ראש הנקרה-אכזיב אחוז המינים הפולשים היה דומה בשתי עונות הדיגום ועמד על כ-50%. ייתכן והבדלים עונתיים אלו נובעים מנוכחות מוגברת של מינים פולשים תרמופיליים (משגשגים בטמפרטורות גבוהות) כמו סיכנים שמופיעים בשכיחות גבוהה יותר כשטמפרטורות המים גבוהות (Bariche et al., 2004).

החי והצומח על הקרקעית (חברת הבנטוס)

בחברת הבנטוס תועדה התפשטות והשתלטות של מיני צדפות פולשות לאורך החוף הצפוני של הים התיכון, בתוך שמורות הטבע ומחוץ להן. פרט לצדפה אחת קודחת – סלעית ים קודחת (*Petricola lithophaga*) - אשר תועדה פעמיים לאורך הסקר בסתיו, כל מיני הצדפות שתועדו היו מינים פולשים. סקר זה תיעד לראשונה החלפה של חברה שלמה שאינה מורכבת עוד ממינים מקומיים כמעט בכלל. בנוסף, במהלך הסקר תועדה לראשונה צדפה פולשת חדשה *Isognomon legumen* (Mienis et al., 2016).

סרגוס כתפי *Diplodus vulgaris* שמורת ראש הנקרה-אכזיב | צילום: אנדרי אהרונוב

סקר זה מציג תמונת מצב עדכנית של חברות החי והצומח באזור הסלעי של שמורות הטבע הימיות ומחוץ להן. הסקר מתאר לראשונה דגמים מרחביים של חברות החי והצומח הימיים בתוך ומחוץ לשמורות לאורך קו החוף הישראלי. בנוסף, נוצר בסיס נתונים כמותי של החי והצומח המצויים כיום בשמורות הטבע ומחוץ להן, כך שבעתיד ניתן יהיה לעקוב אחר השינויים החלים במערכת דינמית זו.

בהשוואה לבית הגידול הסלעי העשיר מאוד בחי וצומח ומאפשר מעקב ויזואלי בצורה פשוטה יחסית, בסקר הנוכחי לא ניתנה התייחסות לשמורות הטבע הימיות הדרומיות - שמורת ים אבטח ושמורת שקמה - המאופיינות בבית גידול חולי. בתי גידול חוליים יציבים פחות מבתי הגידול הסלעיים כתוצאה מתנועת החול. החי והצומח המסתתרים בהם לרוב אינם חשופים לעין בצורה ברורה ולכן לא ניתן היה לבצע סקר דומה בשמורות אלו. יש צורך, אם כך, לפתח שיטות המתאימות לתיאור ותיעוד מערכות אקולוגיות אלו בכדי לבצע מעקב דומה אחר שינויים לאורך זמן בתוך השמורות ומחוץ להן. נוסף לכך, בעוד שקו החוף של ישראל נמצא בחזית הפלישה של מינים אקזוטיים מהים האדום, עדיין חסר ידע בנוגע להשפעת שמורות הטבע על התבססות של מינים פולשים. הפיכתו של הסקר המתואר כאן לתכנית ניטור רב שנתית תאפשר מעקב גם אחר מינים פולשים, השפעתם על המערכת ובמקרה הצורך נקיטת פעולות ממשק מתאימות.

תוצאות הסקר מציגות בצורה ברורה את הצלחתה של שמורת ראש הנקרה-אכזיב, בה מתבצעת אכיפה מתמשכת בהגנה על חברות החי והצומח, והיא הגדולה, הוותיקה והמגוונת שבשמורות הימיות של ישראל. בשאר השמורות הציג הסקר תמונת מצב של חברת חי וצומח הנתונה להפרעות תדירות, אשר עם הגברת הפיקוח והאכיפה בהן יש לצפות לשיקומה. הנתונים שנאספו בסקר הנוכחי מתארים מצב בסיס ביולוגי מנחה לשנים הבאות. גודל השמורות, הממשקים המופעלים בהן, מידת האכיפה והוותק של השמורות מהווים מרכיבים מרכזיים התורמים להצלחתן (Edgar et al., 2014). בטווח הארוך סקרים דומים נוספים יאפשרו לבצע מעקב אחר השינויים המתרחשים בגבולות השמורות והשפעותיהם על הסביבה. שינויים כאלו צפויים להתרחש כתוצאה מהגברת הפיקוח והאכיפה בשמורות המוכרזות ומהגדלתן, וכן מהכרזה על שמורות טבע ימיות נוספות בהתאם לתכנית האב שהתוותה על ידי רשות הטבע והגנים (יהל ואנגרט, 2012).

רשימת המשתתפים בסקר:

הדיגום, התיעוד, הגדרת המינים ובניית בסיס הנתונים של הסקר נעשו על ידי חוקרים וסטודנטים ממספר מוסדות וגופים תוך שיתוף פעולה: המחלקה לזואולוגיה - אוניברסיטת תל אביב, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט - אוניברסיטת תל אביב, המארג - תכנית הניטור הלאומית, בית הספר למדעי הים - אוניברסיטת חיפה, חקר ימים ואגמים ורשות הטבע והגנים:

סיגל שפר, רויטל בן דוד-זסלו, נועה שנקר, תמר פלדשטיין, יובל יעקובי, תום שלזינגר, עומרי ברונשטיין, ליאון נובק, עדי וינברגר, מי-טל גבינג, נגה סוקולובר, הנק מינס, עוז ריטנר, רזי הופמן, עדי לביא, טל גורדון, רעי קרן, טל אידן, יערית לויט, לילך רייכמן, אדווה אשכנזי, הילה דרור, בר פלדמן, מילה גרינבלט, רוני צפרירי, שבי רוטמן, ניר שטרן, אור בן צבי, איציק בריקנר, מיכה אילן, יוסי לויה, עמית דולב, גיא אילון, בן רוזנברג, אסף זבולוני, אורי פרו, מחמוד נאסר, גיל בן נון, יניב לוי, אמיר שפיר, עידן חזקיהו הלוי, גיל רילוב, אוהד פלג, דר גולומב, דור אדליסט, פטריק שבל, דני צ'רנוב, סטפן מרטינז, יותם פופוביץ', שי אינבינדר, עדי ברש, מיכל גרוסוביץ, גל דישון, מיה בריטשטיין, אדם וייסמן, ענת צמל, חגי נתיב, אביעד שיינין, רמי צדוק, ערן רוזן, בועז מייזל, שחר מלמוד, איתי גרנות, איתי ואן-ריין, רננאל פיקהולץ, הגר ינקוביץ', חזי בובה, עידן דוייב, יגאל בן ארי, איל מילר, רותי יהל, אורי פריד ויונתן בלמקר.

תודות:

תודתנו נתונה לכל המשתתפים על תרומתם לסקר, לעבודה המדעית הרבה שליוותה אותו, לדיונים המדעיים, לכתיבת הדו"ח ולהערות עליו.
לד"ר יונתן בלמקר על ההנחיה והעזרה בניתוח הנתונים | **לד"ר יהושע שקדי** ולחטיבת המדע ברשות הטבע והגנים על התמיכה המקצועית והמנהלית | **לאיל מילר** על התכנון והארגון | **למשה הר-ציון ולאנשי יחידת דוד** ברשות הטבע והגנים על הסיוע הלוגיסטי הרב | **ליגאל בן ארי** שניצח על מנהלות הסקר | **לערן רוזן** קצין הצלילה של הסקר | **לאיתן מהר"ם** ממועדון הצלילה **"אקווה דורה"**, **ליאיר ים ולצוות מועדון הצלילה "פוצקר"** בנהריה, **למועדון הצלילה "פיטוסי"** **ולאנשי עמותת מועדון השיט במבואות ים-מכמורת** על הסיוע הרב בים וביבשה **לטל סטרוסטינצקי מלונק** על עבודת ההגהה | **לרוני בן ציוני** על העיצוב הגרפי

הסקר מומן על ידי רשות הטבע והגנים, 2015.

צילומים: ניר מרום, אסף זבולוני ומשתתפי הביובליץ

ביבליוגרפיה

Bariche, M., Letourneur, Y., and Harmelin-vivien, M. (2004). Temporal fiuctuations and settlement patterns of native and Lessepsian herbivorous fishes on the Lebanese coast (Eastern Mediterranean). Environmental Biology of Fishes, 70(1), 81-90.

Bell, J. J. (2008). The functional roles of marine sponges. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 79(3), 341-353. http://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.05.002

Claudet, J., Pelletier, D., Jouvenel, J. Y., Bachet, F., and Galzin, R. (2006). Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a Northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. Biological Conservation, 130(3), 349–369. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.12.030

Edelist, D. (2012). New length-weight relationships and Lmax values for fishes from the Southeastern Mediterranean Sea. Journal of Applied Ichthyology, 30(3), 521-526. http://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.02060.x

Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., Kininmonth, S., Baker, S. C., Banks, S., ... Thomson, R. J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. Nature, 506, 216–220. http://doi.org/10.1038/nature13022

Faith, D.P., Minchin, P.R. and Belbin, L. (1987). Compsitional dissimilarity as a robust measure of ecogical distance. Vegetatio, 69, 57–68.

Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2017.FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (02/2017)

Galil, B. S. (2007). Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin, 55(7–9), 314–22. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.11.008

Goñi, R., Adlerstein, S., Alvarez-Berastegui, D., Forcada, A., Reñones, O., Criquet, G., ... Planes, S. (2008). Spillover from six Western Mediterranean marine protected areas: Evidence from artisanal fisheries. Marine Ecology Progress Series, 366, 159–174. http://doi.org/10.3354/meps07532

Gotelli, N. J. and Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters, 4(4), 379–391. http://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x

Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., ... Sala, E. (2014). Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. PLOS ONE, 9(4), e91841. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0091841

Herut, B., Almogi-Labin, A., Jannink, N., and Gertman, I. (2000). The seasonal dynamics of nutrient and chlorophyll a concentrations on the SE Mediterranean shelf-slope. Oceanologica Acta, 23(7), 771–782. http://doi.org/10.1016/S0399-1784(00)01118-X

IUCN (2017). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1.

Kruskal, J. B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 29(1), 1–27. http://doi.org/10.1007/BF02289565

Lester, S. E., Halpern, B. S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., ... Warner, R. R. (2009). Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. Marine Ecology Progress Series, 384, 33–46. http://doi.org/10.3354/meps08029

Mienis, K. H., Ritter, O., Shefer, S., Feldstein, T., and Yahel, R. (2016). First record of indo-pacific *Isognomon legumen* from the Mediterranean coast of Israel (Mollusca, Bivalvia, Isognomonidae). Triton, 33, 7-10.

Mouillot, D., Culioli, J. M., Pelletier, D., and Tomasini, J. A. (2008). Do we protect biological originality in protected areas? A new index and an application to the Bonifacio Strait Natural Reserve. Biological Conservation, 141(6), 1569–1580. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.002

Renones, O., Polunin, N.V.C., and Goni, R. (2002). Size related dietary shifts of *Epinephelus marginatus* in a Western Mediterranean littoral ecosystem: An isotope and stomach content analysis. Journal of Fish Biology, 61(1), 122–137. http://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2024

Oksanen, J., Guillaume Blanchet F., Kindt R., ... (2016). Vegan: community Ecology Package. R packge version 2.3-3. http://CRAN.R-project.org/package=vegan

Pauly, D., Alder, J., Bennett, E., Christensen, V., Tyedmers, P., and Watson, R. (2003). The future for fisheries. Science, 302, 1359-1361. http://doi.org/10.1126/science.1088667

Prado, P., Farina, S., Tomas, F., Romero, J., and Alcoverro, T. (2008). Marine protection and meadow size alter fish herbivory in seagrass ecosystems. Marine Ecology, 371, 11–21. http://doi.org/10.3354/meps07662

Rilov, G. (2015). Test of marine reserves as a management tool for marine conservation on the Israeli Mediterranean coast (report submitted to the Ministry of National Infrastructures, Energy and Water Resources). Israel Oceanographic and Limnological Research (IOLR), Haifa, Israel.

Roberts, C. M., Bohnsack, J. A., Gell, F., Hawkins, J. P., and Goodridge, R. (2001). Effects of marine reserves on adjacent fisheries. Science, 294, 1920–1923. http://doi.org/10.1126/science.294.5548.1920

Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. Nature,163, 688.

Shannon, C.E. and Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press.

Somarakis, S., Drakopoulos, P., and Filippou, V. (2002). Distribution and abundance of larval fish in the northern Aegean Sea — Eastern Mediterranean — in relation to early summer oceanographic conditions. Journal of Plankton, 24(4), 339-358.

Sonin, O., Spanier, E., Levi, D., Patti, B., Rizzo, P., and Andreoli, M. (2007). Nanism (dwarfism) in fish: A comparison between red mullet *Mullus barbatus* from the Southeastern and the Central Mediterranean. Marine Ecology Progress Series, 343, 221–228. http://doi.org/10.3354/meps06917

Spanier, E., and Galil, B. S. (1991). Lessepsian migration: A continuous biogeographical process. Endwvour, 15, 102–106. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0160932791901522

Swartz, W., Sala, E., Tracey, S., Watson, R., and Pauly, D. (2010). The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). PLOS ONE, 5(12), e15143. http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2996307andtool=pmcentrezandre ndertype=abstract

Tothmeresz, B. (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. Journal of Vegetation Science, 6, 283–290.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. Science, 314, 787-790. http://doi.org/10.1126/science.1132294

Villamor, A., and Becerro, M. A. (2012). Species, trophic, and functional diversity in marine protected and non-protected areas. Journal of Sea Research, 73, 109–116. http://doi.org/10.1016/j.seares.2012.07.002

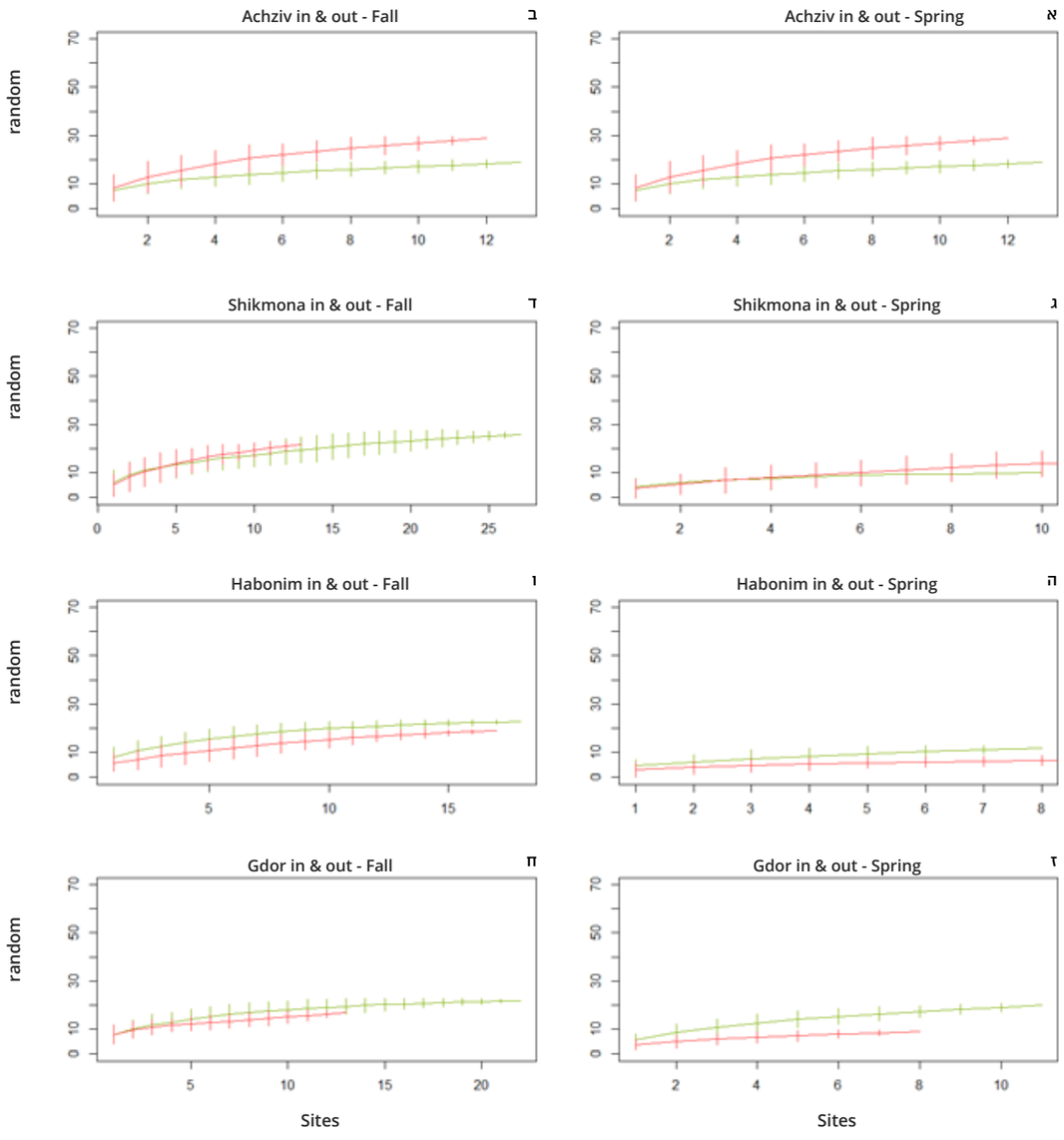
יהל, ר. ואנגרט, נ. (2012). מדיניות שמירת הטבע בים התיכון, רשות הטבע והגנים.

נספחים

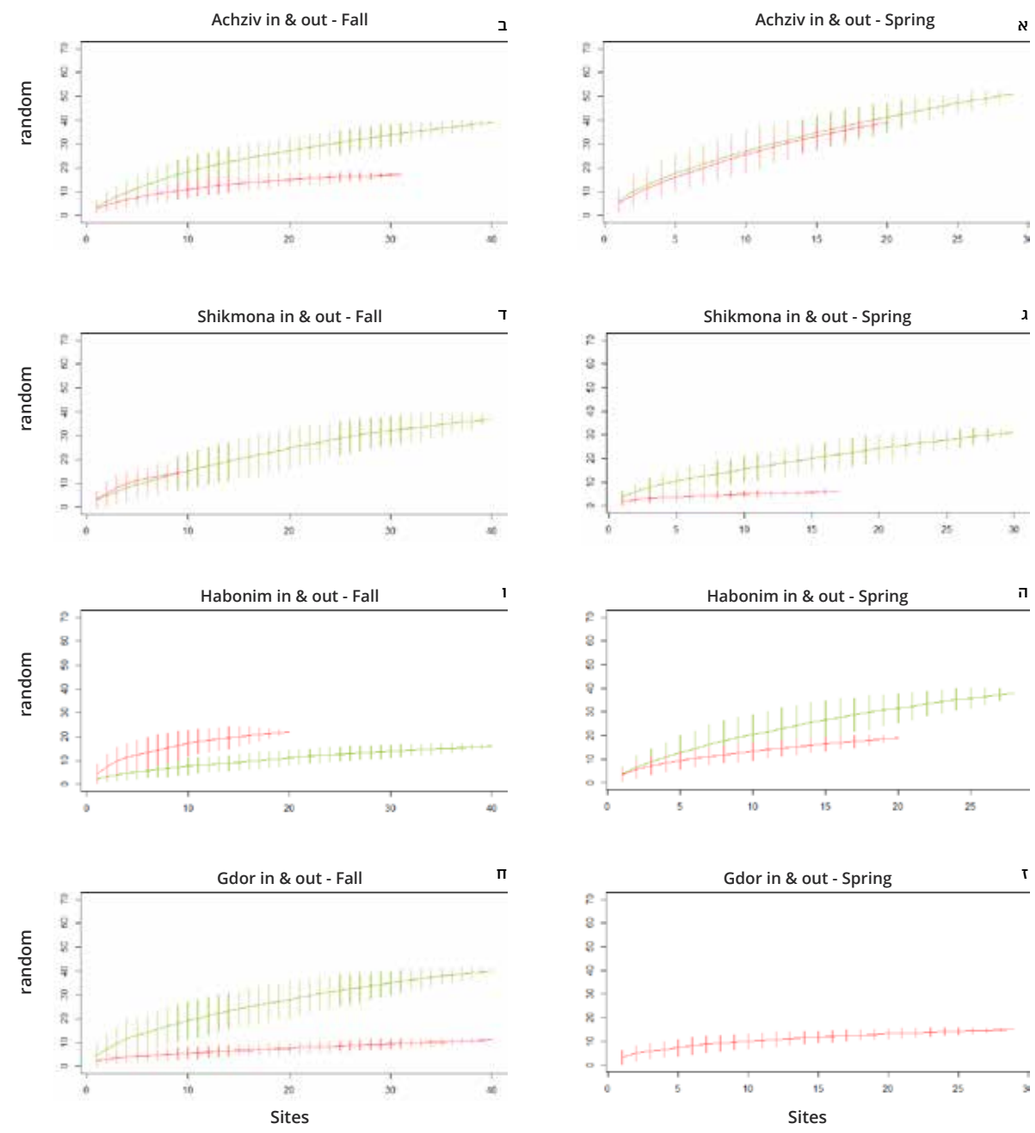
נספח 1. **P-values של מבחני GLM אשר בחנו את ההבדל ביחס שבין מינים פולשים למקומיים בכל אחד מהאתרים באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה.**
כמו כן מוצגות גם תוצאות המבחנים אשר בחנו את ההבדל ביחס שבין מינים פולשים למקומיים בכל אתר בנפרד בין האביב לסתיו. לביצוע האנליזה עברו הנתונים טרנספורמציית logit.

אתר	עונה	הבדל בין תוך השמורה ומחוץ אליה	הבדל בין העונות
ראש הנקרה-אכזיב	אביב	0.312	0.574
	סתיו	0.683	
שקמונה	אביב	0.568	1.8E-06
	סתיו	0.346	
דור-הבונים	אביב	0.839	2.97E-10
	סתיו	0.001	
גדור	אביב	0.403	1.56E-11
	סתיו	0.038	

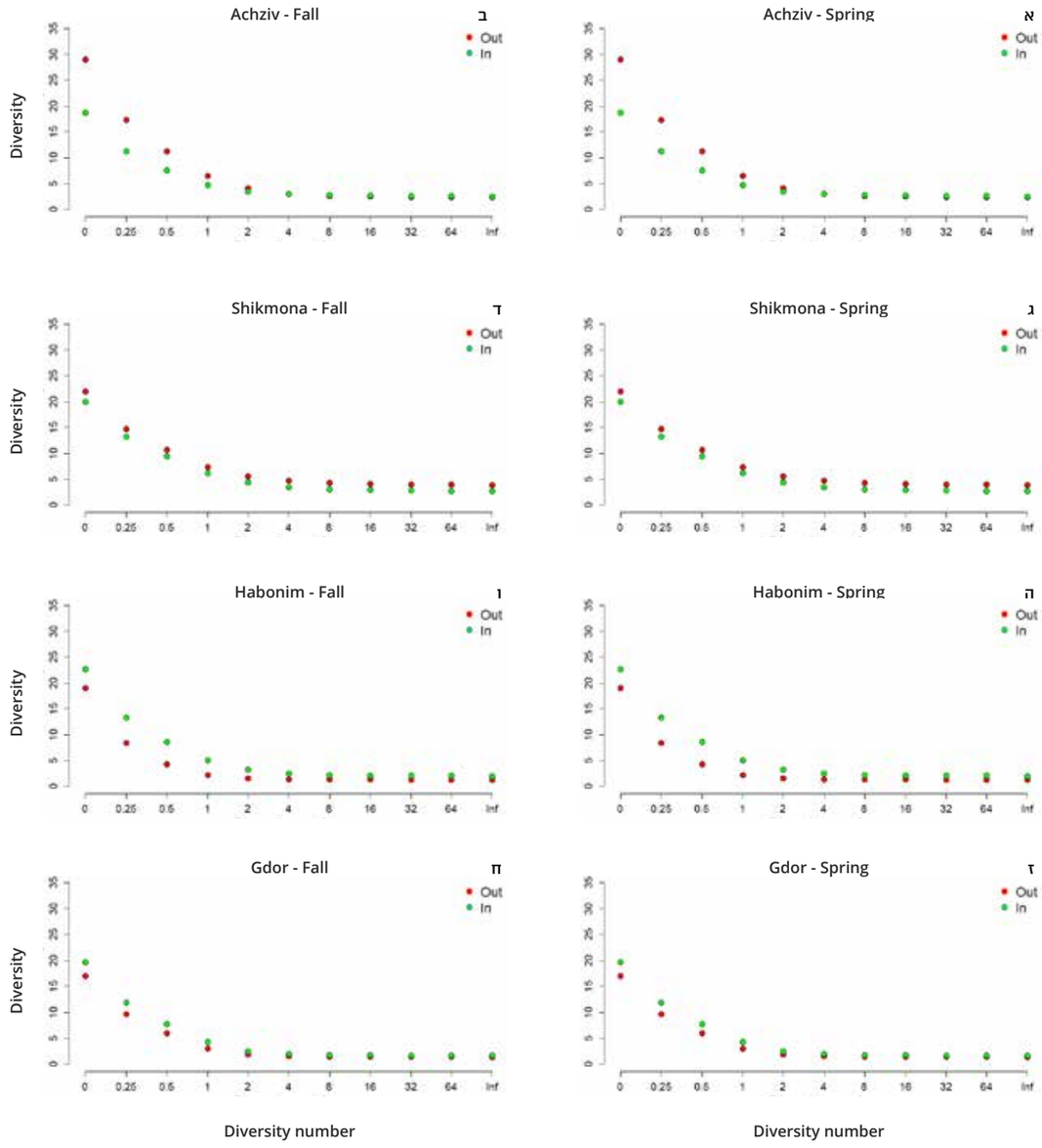
נספח 2 (א-ח). **עושר מינים מצטבר עבור חברת הדגים באתרי הדיגום השונים באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה.**
עקומות ררפקציה עבור מיני הדגים באתרים ראש הנקרה-אכזיב (א-ב), שקמונה (ג-ד), דור-הבונים (ה-ו) וגדור (ז-ח) באביב ובסתיו, בתוך ומחוץ לשמורה. ציר ה-x מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ בכל אחד מהאתרים) וציר ה-y את עושר המינים המצטבר. העקומות הירוקות מציגות את תוך השמורה והאדומות את חוץ השמורה.



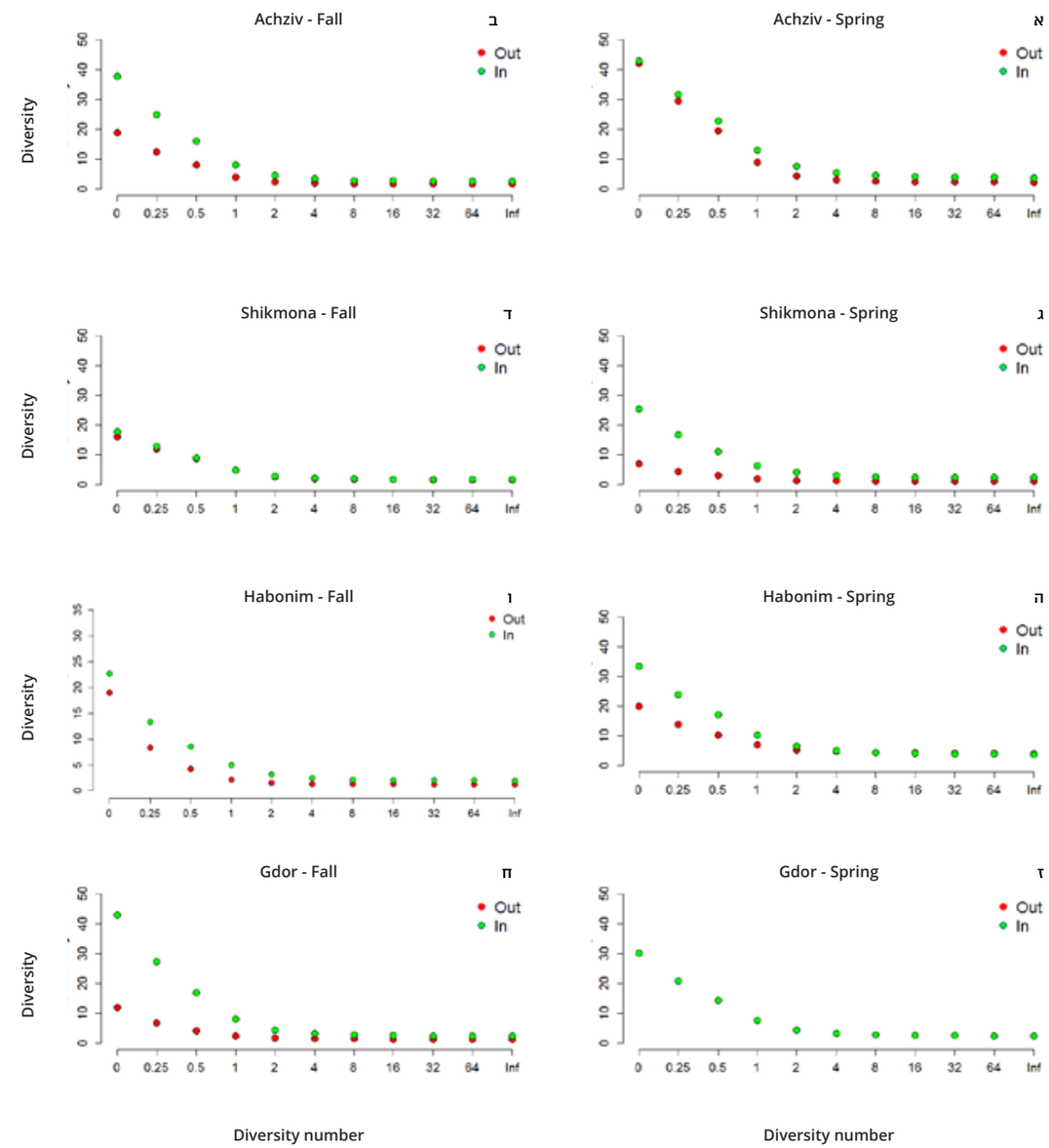
נספח 3 (א-ח). עושר מינים מצטבר עבור חברת הבנטוס באתרי הדיגום השונים באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה.
עקומות ררפקציה עבור חברת הבנטוס באתרים ראש הנקרה-אכזיב (א-ב), שקמונה (ג-ד), דור-הבונים (ה-ו) וגדור (ז-ח) באביב ובסתיו, בתוך ומחוץ לשמורה. ציר ה-x מציג את מאמץ הדיגום (יש לשים לב לשינוי במאמץ בכל אחד מהאתרים) וציר ה-y את עושר המינים המצטבר. העקומות הירוקות מציגות את תוך השמורה והאדומות את חוץ השמורה.



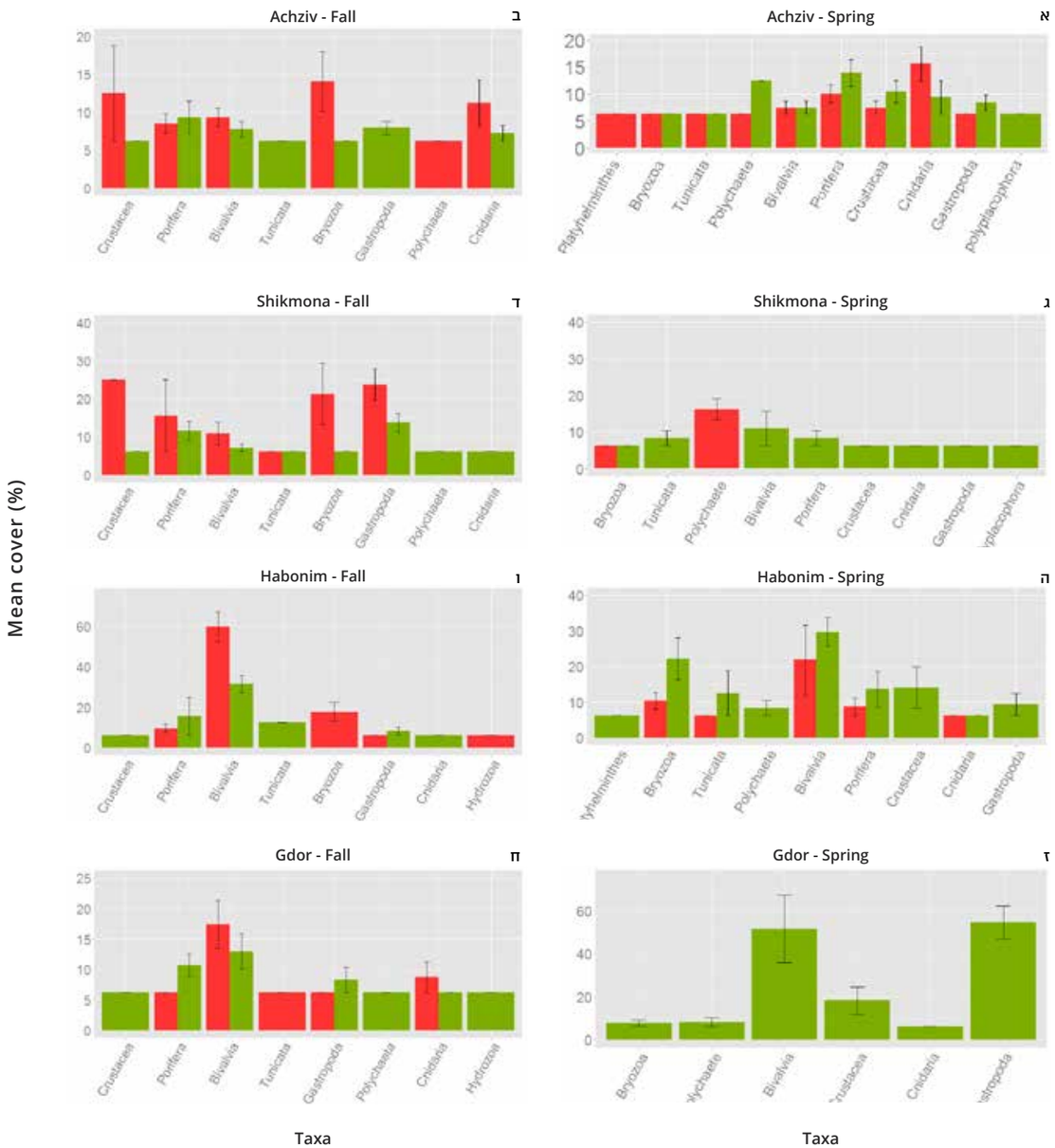
נספח 4 (א-ח). פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל עבור חברת הדגים באתרי הדיגום השונים באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה.
ציר ה-x מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-x מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון סימפסון. הצבע האדום מציג את הערכים מחוץ לשמורה והירוק בתוך השמורה. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



נספח 5 (א-ח). פרופיל מגוון רני כפי שהתקבל עבור חברת הבנטוס באתרי הדיגום השונים באביב ובסתיו, בתוך השמורה ומחוץ לה.
ציר ה-x מציג את ערכי ה-α המוצבים במשוואה וציר ה-y מציג את תוצאות ערכי המגוון. כאשר α=0 ערכי ה-x מציגים את עושר המינים הכולל באתר. כאשר α=1 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון שנון. כאשר α=2 ערכי ה-x מקבילים לערכי מגוון סימפסון. הצבע האדום מציג את הערכים מחוץ לשמורה והירוק בתוך השמורה. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



נספח 6. (א-ח) אחוז כיסוי עבור כל אחת מהקבוצות הטקסונומיות בחברת הבנטוס באתרים השונים בשתי עונות הדיגום, בתוך השמורה ומחוץ לה.
ציר ה-y מציג אחוז כיסוי ממוצע (יש לשים לב לשינוי בסקאלה בין העונות והאתרים השונים) וציר ה-x את הקבוצות הטקסונומיות השונות שנצפו בכל אחד מהאתרים באביב ובסתיו. צבע ירוק מציין דיגום בתוך השמורה ואדום מחוץ לשמורה, שגיאות תקן מוצגות על גבי העמודות. א-ב ראש הנקרה-אכזיב באביב ובסתיו, ג-ד שקמונה באביב ובסתיו, ה-ו דור-הבונים באביב ובסתיו, ז-ח גדור באביב ובסתיו.



רשות הטבע והגנים, יחד עם המחלקה לזואולוגיה ומוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט באוניברסיטת תל אביב, בית הספר למדעי הים באוניברסיטת חיפה, המכון לחקר ימים ואגמים ותכנית המארג משקיעים בשנים האחרונות מאמצים רבים במטרה להכיר טוב יותר את הים התיכון הישראלי על שמורות הטבע שבו. הידע שנאסף בסקר המתואר בדו"ח זה רב מאוד, והוא מסייע להבין טוב יותר את התרומה של שמורות הטבע הימיות לשמירת הטבע בים התיכון.

תמונת שער: חגי נתיב