



כתב-עת
לניהול יערות
ושטחים פתוחים

יער

גיליון 27 | דצמבר 2024 | טבת תשפ"ה



גיליון מיוחד בנושא
המגוון הביולוגי





תוכן עניינים

55	שיקום אקו-הידרולוגי עתידי של מעיינות ביערות קק"ל וחשיבותו בעידן של שינויים גלובליים אורית סקוטלסקי, אלדד אלרון	3	בפתח הגיליון יפעת עובדיה-לוסקי
61	דורסי היום המקננים ביערות המחטניים בניהול קק"ל: תובנות מסבב ניטור ראשון 2015–2017 יהל פורת, שני גלייטמן, דותן רותם, ירון צ'רקה, גלעד פרידמן	4	משולחנו של מנהל אגף הייעור גלעד אוסטרובסקי
67	קצרצרים	7	מאמרי סקירה
71	מה המשותף לבריכות חורף, לעצי חורש ולחיות לילה? צוות המחלקה הפדגוגית	19	סיכום עשור ראשון לניטור המגוון הביולוגי בישראל: תמונת מצב ואיומים מרכזיים איתי רנן, נועם בן-משה, טליה גבאי, שירה גרוסברד, רון חן, איריס ירושלמי, עידו ליבנה, אלה פסטרנק, אור קומאי, מיכל קורן, תומר קרני
74	יער של ספרים	27	הגנה על ערכי טבע מוגנים בעת ביצוע פעולות ממשק ביער – מחזון לשגרת עבודה בקק"ל יהל פורת, עמרי שליו, דבורה לב רמתי, שני גלייטמן, דר בן נתן, אמיר פרלברג, דותן רותם
78	A Critique of Silviculture גלעד אוסטרובסקי	35	מאמרים
81	אז והיום	43	השפעת טיפולי דילול בחלקות יער אורנים על רמת פעילותו של הצבי הישראלי ועל רמת סימוני הטריטוריות עובד גור, יגיל אסם, רחל בן שלמה, אורי שיינס
III	תקצירים באנגלית	51	השפעת דילול עצי אורן ירושלים ביער הקדושים על מגוון הפטריות שוכנות הקרקע מבחינה טקסונומית ותפקודית סגולה מוצפי, נועם לוי, לימור צברי, עזרא אורלופסקי
		51	חברות דבורים ורשתות האבקה ביערות מחטניים נטועים בהשוואה לשטחי חורש סמוכים תמר שלום, יעל מנדליק
			מן השטח
			שימור אוכלוסיות צמחים נדירים של קרקעות כבדות וחוליות ביערות קק"ל: מסקר לתוכניות ממשק שני גלייטמן, יהל פורת



יער

כתב-עת
לניהול יערות
ושטחים פתוחים

גיליון 27 | דצמבר 2024 | טבת תשפ"ה

עורכת:

ד"ר ענת מדמוני

ועדת העורכים:

ד"ר גלעד אוסטרובסקי

ד"ר ענת מדמוני

ד"ר שני רוהטין-בליץ

חברי המערכת:

ד"ר גלעד אוסטרובסקי

ד"ר דניאל אורנשטיין

אביב אייזנבנד

ד"ר יגיל אסם

ד"ר ניב דה מלאך

ד"ר רקפת דוד-שוורץ

אביגיל הלר

פרופ' דן יקיר

ד"ר עודד כהן

פרופ' צביקה מנדל

ד"ר דורון מרקל

עדי נוי איזניר

ד"ר הילה סגרה

ד"ר מיכאל ספרינצין

ד"ר אורית סקוטלסקי

יהל פורת

ד"ר יקיר פרייזלר

ד"ר עידן קופלר

ד"ר תמיר קליין

אסף קרואני

ד"ר שני רוהטין-בליץ

אורי רמון

פרופ' אפרת שפר

עריכת לשון ותוכן:

ענבר קמחי-אנגרט

תרגום לאנגלית:

ד"ר אסתר לחמן

עיצוב גרפי:

אורית ישעיהו

כתובת המערכת:

"יער"

קרן קימת לישראל

Yaar.magazine@kkk.org.il

הוצאה לאור:

קרן קימת לישראל

מנהל פיתוח הקרקע

אגף הייעור

היחידה לפרסומים, קשרי ציבור

© כל הזכויות שמורות

ISSN

2957-7403 (בדפוס)

2957-739X (באינטרנט)

אתר כתב העת "יער באינטרנט"

www.kkl.org.il/forest-online-journal

אתר קק"ל באינטרנט

www.kkl.org.il

לפרטים ולהרשמה לאירועים ביערות ובאתרי קק"ל:

קו ליער: 1-800-350-550

תמונת כריכה:

ריריות (מיקטוזה, Mycetoza), שיש המכנים אותן בשמן העממי 'פטריריות', הן יצורים זעירים. במהלך התפתחותן הן מזכירות לעיתים פטריות, אך הן קרובות יותר לאמבות, ובחלק משלבי החיים יש להן יכולת תנועה. בתמונה רירית מהסוג כפולית (*Didymium*), שגודלה כ-2 מ"מ, ביער אילנות שבשרון. צילום: עומר משולם



בפתח הגיליון

אני מברכת את אנשי אגף הייעור וכלל העוסקים בניהול היער ובטיפוחו על הוצאת **גיליון מיוחד שמתמקד בנושא המגוון הביולוגי**.

ההכרה בחשיבות המגוון הביולוגי, בתרומתו המכרעת לחוסן של היערות ובתרומתם של היערות להתמודדות עם שינוי האקלים הובילה את האו"ם להכריז על העשור 2011–2020 כעשור המגוון הביולוגי ולקבוע יעדים שאפתניים במטרה לצמצם את אובדן המינים על פני כדור הארץ. גם בקק"ל משקיעים משאבים רבים כדי לשמור על המגוון הביולוגי ולטפח אותו. הגדרנו את טיפוח המגוון הביולוגי כמטרה חשובה ואנחנו מבצעים סקרים אקולוגיים לפני פעולות הממשק ביער, דילול, חידוש יער או נטיעת יער

חדש. אגף הייעור הקים מערך סקרים נרחב, ובמהלך השנים האחרונות נצבר ידע רב ונגלה לעינינו עושר המינים המצוי ביער, ובהם מינים בסכנת הכחדה ואף מינים חדשים שלא היו מוכרים בישראל קודם לכן. הסקרים האקולוגיים מאפשרים לנו לזהות את הערכים האקולוגיים, להימנע מפגיעה בהם, לכוון את פעולות הממשק וליצור יער מגוון ובר-קיימא.

לצד הטיפוח אנחנו משקיעים גם בשיקום שטחים שנפגעו, בעיקר משרפות, ופועלים לשקם את היער ולהחזיר את בית הגידול לתפקוד מלא.

אחתום בברכה ובתקווה שהיערות שלנו ישגשגו ויהיו מקום של הנאה, מזרז לנפש ובלוי לכל תושבי ישראל.

יפעת עובדיה-לוסקי
יושבת ראש קרן קימת לישראל

משולחנו של מנהל אגף הייעור

לעולם לא נבין אותן במלואן, ולא נוכל לעמוד על הסבך המפואר של קשרי הגומלין שיצר הטבע.

הסיפור של המגוון הביולוגי בקק"ל הוא סיפור מאלף. היערנות הארץ-ישראלית התפתחה על בסיס הידע ותפיסת העולם של עולם היערנות המסחרית באירופה, שנוצקה על בסיס הצורך לספק עצה לבנייה, לתעשייה ולהסקה. מטרתה המרכזית של תורת הייעור 'הקלאסית' היא להפיק את מרב כמות העצה ליחידת שטח. ההסתכלות הייתה ממוקדת בעצים בלבד, בראש ובראשונה כאורגניזם המיועד לחומר גלם לשימוש האדם. מתכליות אלה נגזרו שיטות העבודה: גידול העצים, סקרים ומדידה, דילול היער, כריתת העצים והובלתם. התואר 'מהנדס יער' מבטא גישה זו של יערנות מסחרית, והוא משלב ידע אקולוגי עם הנדסה ותהליכי עבודה יצרניים-תעשייתיים.

היער הנטוע בישראל הוקם ונוהל בשיטות של היערנות המסחרית, אך למעשה מעולם לא שימש יער ל'תפוקת עץ' (אף כי מושג זה עדיין רווח בקרב היערנים, משום שהעץ משמש גם לצורכי הסקה). אחת הדוגמאות להשתקפות התפיסה הזו בקק"ל היא עריכת סקרי מצאי ('אינוונטר') שבמהלכם היער ממופה והעצים נמדדים. התמונה הזו החלה להשתנות יחד עם התפתחות החשיבה הסביבתית בעולם, וכך גובשה בהדרגה התפיסה של ניהול יער בר-קיימא (sustainable forest management). תפיסה זו רואה ביער מערכת אקולוגית המכילה מרכיבים ביוטיים ואביוטיים, שחשיבותה גדולה הרבה מעבר לאספקת עץ בלבד. בקק"ל היו קשובים להתפתחויות הללו, והן קיבלו ביטוי בהחלטת הדירקטוריון על אימוץ של מדיניות פיתוח

'המגוון הביולוגי' הוא מושג שנעשה שגור בפי כל, והוא בסיס חיוני לקבלת החלטות בניהול ובממשק של שטחים פתוחים בארץ ובעולם. ארגון האומות המאוחדות הכריז על 'עשור המגוון הביולוגי' (2011–2020), ומדי שנה מתפרסמים דו"חות ומחקרים רבים המציגים, על פי רוב, תמונה עגומה של התדרדרות וצמצום של מספר המינים על פני כדור הארץ.

'המגוון הביולוגי' הוא מושג צעיר בשיח האקדמי והציבורי – טבע אותו החוקר אדוארד וילסון בשנות ה-80. הוא מתייחס לשלושה סוגים של מגוון (מגוון המינים, המגוון הגנטי והמגוון של המערכות האקולוגיות), וקשור בקשר הדוק להרחבת המאמצים לשמור על המערכות האקולוגיות. נראה שהמושג הזה הוא חוליה בהתפתחות של הבנת בעיות הסביבה בעידן הפיתוח המואץ שכרוך בהתמרת שטחים פתוחים ובהצטמצמותם, והוא חלק מניסיון לפתח הבנה וכלים להתמודדות עם משבר הסביבה והאקלים.

אף על פי שאנחנו מודעים למגבלות הידע האנושי ואנחנו יודעים שאיננו יודעים הרבה, התובנה המרכזית היא שמגוון הוא אבן יסוד בחוסן של מערכות הקיום, ובייחוד בתנאים של אי-ודאות. החוסן והעמידות מקבלים משנה תוקף בעידן של שינוי האקלים, ואנו בקק"ל נותנים לכך ביטוי במסמך המדיניות שלנו בנושא 'היערות היער לשינוי אקלים'. בשיחה המרתקת עם פרופ' אבי פרבולוצקי המובאת בגיליון הוא אומר שאסור לנו לשכוח גם את הקשיים והמגבלות הטמונים במושג זה. אבי מזכיר שההמשגה של 'הטבע' ושל 'המערכות האקולוגיות' נובעת מהסתכלות אנושית המחלקת את המערכת לקטגוריות וליחידות, ועם זאת –

ופוטנציאל ההתחדשות. נוסף על כך, הוקם מערך נרחב של ניטור וסקרים אקולוגיים, שבמסגרתו מבוצעים עשרות סקרים בהיקף של עשרות אלפי דונמים מדי שנה לקראת עבודות דילול, חידוש יער והקמת יער (ראו מאמרם של שני גלייטמן ויהל פורת). בהדרגה הצטברו אצלנו נתונים חדשים המלמדים אותנו על עושר המינים באופן ובהיקף שלא היינו ערים לקיומו. התגלו מינים של צמחים בסכנת הכחדה, מינים אנדמיים ליערות הארץ, ואף מספר תגליות מרגשות של מינים חדשים לישראל. הממצאים הללו מסייעים לנו לכוון את הממשק היערי, באופן שתימנע פגיעה בערכי טבע חשובים, וכן ליצור תוכניות ממשק שמטרתן לשמור על אתרים רגישים, כגון בתי גידול של קרקעות עמוקות ביער אילנות וביער חדרה (ועוד תוכניות נוספות בתכנון).

ערב צאת הגיליון המיוחד הזה לאור, אני מזמין את כולנו, אנשי מערך הייעור כולו, חוקרים וחברים לדרך, להתבונן בדרך היפה שעשינו, להוקיר את המלאכה הרבה שהושקעה, ולהתברך במעשה ידינו ובתוצאות ובהישגים הנאים. בטרם חתימה, אני רוצה להביע הוקרה והערכה ליהל פורת, שהעמיד את המסד ובנה את הטכחות בשקידה ובמסירות אין קץ, וכן לשני גלייטמן ולעומרי שליו – יחד נשאתם ופעלתם והותרתם חותם של ממש. עתה, כשכל אחד מכם פונה לדרך חדשה, אני מאחל לכם דרך צלחה, נחת רוח ומעשים טובים.

ובימים אלה ממש, ימי חשוון תשפ"ה, למעלה משנה חלפה מאז פרצה המלחמה בשבעה באוקטובר, נזכור את הנרצחים וההרוגים, ניחל לחזרתם של החטופים הביתה בחיים במהרה ונישא תפילה לשלום בתוכנו ועם שכנינו.

בר-קיימא (2004) ומדיניות של ייעור בר-קיימא (2007). בהדרגה הבשילה המגמה לכדי פרסומה של תורת ניהול היער בישראל (2014), המעמידה משנה סדורה לניהול יער בר-קיימא בישראל כבר למעלה מעשור.

בעשור החולף פיתחנו את התפיסה שהעמידה תורת ניהול היער ופירטנו אותה. תחילה, הרחבנו את ההתייחסות לכל שכבות הצומח (עשבוני, שיחים ועצים) ובכל הרמות המרחביות – מהרמה המקומית ועד לרמה הארצית. תפיסה זו מקבלת ביטוי בהגדרת מטרה ברורה של שימור המגוון הביולוגי על ידי חתירה להעלאת המורכבות המבנית של הצומח גם בראייה נופית רחבה יותר. חשוב להדגיש שהגיוון המקומי והמרחבי יוצא מתוך ההבנה שהמגוון הוא אבן יסוד בהשגת חוסן היער וביכולתו להתאושש ולהשתקם לאחר הפרעות (ועל כך במאמרם של איתי רנן ושות' בגיליון זה). המגוון, אם כן, מהווה ביטוי למורכבות המערכת, ודבר זה קיבל ביטוי בהרחבת מטרות ניהול היער. כיום המטרות שלנו כוללות הערכה תפקודית ובניית סדר עדיפות לממשק הנסמך על התחדשות טבעית של הצומח המקומי ומעניק משנה חשיבות לשיקום שטחים פגועים, לשימור בתי גידול ייחודיים ולפעילות ממשק ממוקדת ומדויקת באתרים קולטי קהל.

בהמשך לכך, היה צורך לבנות כלים חדשים ושיטות עבודה עדכניות של תהליך התכנון והממשק היערי. אחד המהלכים המרכזיים הוא יצירה של סקר מצב היער (סמ"י) החדש שיחליף את סקר האיננוטר הוותיק. בסמ"י נאסף מידע נרחב שכולל בין השאר התייחסות לערכי טבע, להימצאות שיחים ובני-שיח, למפגעים ביער וכן מדדים של בריאות היער



גלעד אוסטרובסקי
היערן הראשי ומנהל אגף הייעור



הפטרייה דיואית קורנת (*Coprinellus radians*), הכרמל
צילום: עומר משולם



סיכום עשור ראשון לניטור המגוון הביולוגי בישראל: תמונת מצב ואיומים מרכזיים

איתי רנן* | נועם בן-משה | טליה גבאי | שירה גרוסברד | רון חן | איריס ירושלמי
עידו ליבנה | אלה פסטרנק | אור קומאי | מיכל קורן | תומר קרני

המארג, התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב
* ittai.renan@hamaarag.org.il

תקציר

של 17.2% במספר הפרטים בתשע שנים, יחד עם עלייה קיצונית במספר הפרטים של המין הפולש מיינה מצויה וירידה במספר העופות מלווי האדם ובמספר העופות מאפייני הבתה. ממצאי דו"ח מצב הטבע 2023 – כך המגוון הביולוגי מצביעים גם על הצלחות בשמירת הטבע בישראל, כמו עלייה במספר הפרטים של פרסתנים וירידה בנוכחות תנים בכרמל בעקבות ממשק, שיפור במדדי המגוון הביולוגי בחלק מנחלי מישור החוף, ועלייה במספר הקינונים של שני מיני צבי ים. ההצלחות האלה מדגישות כי תכנון מושכל והקצאת משאבים למטרות שמירת טבע מוגדרות עשויים להביא להישגים משמעותיים. האיומים המרכזיים הם ברובם תלויי מדיניות, וניתנים להפחתה ולצמצום באופן שיאפשר שגשוג של המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי בישראל.

המגוון הביולוגי, הכולל את כלל היצורים החיים ואת יחסי הגומלין ביניהם, מהווה בסיס למערכות אקולוגיות יציבות וחסינות. הגנה על המגוון הביולוגי בישראל היא אתגר משמעותי הנובע מאיומים גלובליים ומשילוב מאפיינים הייחודיים לארץ. בין האיומים המרכזיים על המגוון הביולוגי בארץ: אובדן בתי גידול, הגורם לפגיעה ישירה ועקיפה במגוון הביולוגי; קיטוע שטחים טבעיים, שנגרם מפיתוח תשתיות וממשקים חקלאיים, ופוגע בעיקר בקישוריות בין אוכלוסיות; מינים פולשים, הפוגעים במינים מקומיים; זיהום אור, המשבש תכונות פיזיולוגיות והתנהגותיות בצמחים ובבעלי חיים; שינוי האקלים, הגורם לשינויים בדגמי פעילויות עונתיים ובתפוצה ולריבוי אירועי קיצון ובהם שרפות. המאמר מציג תמונת מצב מעודכנת של איומים מרכזיים על המגוון הביולוגי בישראל ושל קבוצות מינים מייצגות. עיקר הנתונים מקורם בשני דו"חות מצב הטבע האחרונים בעריכת המארג – התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. ממצאי תוכנית הניטור היבשתי הלאומי, המסכמים עשור, מציגים מגמת עלייה בעוצמות גורמי האיום ודעיכה במצב המגוון הביולוגי. נמצא כי משבר המגוון הביולוגי, המתועד בכל העולם, מתרחש גם בישראל, וככל הנראה בקצב גבוה בהרבה בהשוואה לאירופה. ב-13 שנים נמצאו ירידה של 34% במספר הפרטים של פרפרי היום והסטה במועד שיא הפעילות שלהם. בקרב העופות המקננים זוהתה ירידה

מילות מפתח

דו"ח מצב הטבע, המארג, יונקים, ירידה במספר הפרטים, מינים פולשים, עופות, פרפרים, שינוי האקלים

מבוא**המגוון הביולוגי**

מגוון ביולוגי מוגדר כמכלול היצורים החיים, ומתייחס למבחר ולשוני שבין פרטים בתוך המין ובין מינים שונים, וליחסי הגומלין שביניהם וכן בינם לבין סביבתם. מקובל להתייחס לשלוש רמות של המגוון הביולוגי: א. המגוון הגנטי – השוני הגנטי בין פרטים מאותו מין; ב. מגוון המינים – כלל המינים השונים; ג. מגוון המערכות האקולוגיות. בין מרכיבי רמות המגוון השונות קיימים קשרים מורכבים היוצרים מארג סבוך של תלות והשפעה. שינוי במצבו של מרכיב אחד בלבד במערכת עשוי להוביל לשינויים במרכיבים נוספים, וכך לגרום לשרשרת תגובות רחבות היקף. המגוון הביולוגי חיוני לקיומו של האדם, כיוון שהוא מהווה בסיס למערכות אקולוגיות בריאות ויציבות המשפקות את שירותי המערכת האקולוגית. כלל תחומי החיים מושפעים ממצב המגוון הביולוגי, החל מאקלים ומקורות מים, דרך חקלאות ומזון, ועד לבריאות, כלכלה, תירות, תרבות ואיכות החיים (ספריאל, 2010; Cardinale et al., 2012). לדוגמה, יערות בעלי מגוון ביולוגי גבוה של מיני צמחים מקומיים מספקים מגוון רחב של שירותים לאדם ולסביבה, כדוגמת יסות אקלים מקומי, שיפור לחול מי גשמים והפחתת סחף קרקע, תמיכה במארג מזון מורכב, הכולל מאבקים, אויבים טבעיים של מזיקים, ומגוון מיני צמחים ופטטריות המהווים בסיס פוטנציאלי לפיתוח מוצרי מזון ותרופות. נוסף על כך, היער מספק מרחב לנופש ולפנאי ומעניק השראה וערכי תרבות (כהן-שחם וגרוסברד, 2021) העולם ניצב כיום בפני משבר שהשלכותיו על האדם רק מתחילות להתגלות – משבר המגוון הביולוגי – המתבטא בהצטמצמות אוכלוסיות ובהכחדות של מיני פטריות, צמחים ובעלי חיים. לפי הערכות, מאות מינים כבר נכחדו, ויותר ממיליון מינים נמצאים בסכנת הכחדה. קצב ההכחדות המתרחש על פני כדור הארץ במאה השנים האחרונות, מהיר ורחב בהרבה מתהליכי הכחדה טבעיים (IPBES, 2019). הגורמים המרכזיים המאיימים על מגוון המינים ועל המערכות האקולוגיות המקיימות אותם, הם אובדן, קיטוע והפרה של בתי גידול, התפשטות של מינים פולשים, זיהומים ושינוי האקלים. התהליכים האלה מובילים לשיבוש עמוק במערכות האקולוגיות שמקיימות את החיים על פני כדור הארץ, ומאיימים על כלל שירותי המערכת האקולוגית לאדם (Singh, 2002; Cowie et al., 2022).

עמידות מערכות אקולוגיות

בהשוואה למערכות אקולוגיות מופרות, מערכות בעלות מגוון ביולוגי מקומי גבוה ומורכב מציגות חוסן גבוה לגורמי איום חיצוניים כמו התפרצות מזיקים, מינים פולשים ושינוי האקלים. נוסף על כך, הן נוטות להשתקם בצורה מהירה

יחסית לאחר אירועי קיצון, כמו גלי חום קיצוניים, שרפות ושיטפונות רבי עוצמה (Ives and Carpenter, 2007; Isbell et al., 2015; Oliver et al., 2015).

מערכות אקולוגיות עשירות ומגוונות ממתנות התפרצות מזיקים הודות לטפילים ולטורפים, שמגבילים את אוכלוסיות המזיקים (Altieri et al., 1984; Holling, 2022). הדוגמה המובהקת היא רגישותם הגבוהה יחסית של גידולים חקלאיים ויערות חד-גידוליים להתפרצות מזיקים בהשוואה לשטחי חקלאות ויערות מגוונים (Koricheva et al., 2006; Jactel et al., 2017; Klapwijk and Björkman, 2018). במערכות אקולוגיות מופרות מינים פולשים מתבססים ומתפשטים במהירות גבוהה. תכונות 'פולשניות' כמו טווח עמידות רחב לתנאים סביבתיים וקצב גידול וריבוי מהירים, מהוות יתרון למינים פולשים בסביבה המופרת. לעומת זאת, במערכות טבעיות המאופיינות במגוון ביולוגי גבוה, סיכויי ההתבססות וקצב ההתפשטות של מינים פולשים מוגבל, בייחוד בשל יחסי הגומלין הביולוגיים המורכבים במערכת, ובפרט תחרות וטריפה (Simberloff et al., 2013). לשינוי האקלים טווח השפעה נרחב על מרכיבי המערכות האקולוגיות. עם זאת, הנישות האקולוגיות והתפקודים הרבים במערכות מגוונות מצמצמים את הסיכוי לפגיעה רחבה ומאפשרים התאוששות באמצעות פיצוי תפקודי של מרכיבי המערכת, למשל לאחר שרפות (Bernhardt and Leslie, 2013; Isbell et al., 2015; Aurelle et al., 2022). בשל החשיבות העצומה של השמירה על המגוון הביולוגי הגדיר האו"ם חזון מקיף לטיפול במשבר העולמי. מתווה התוכנית כולל 21 יעדים עד לשנת 2030, שמטרתם לעצור את התדרדרות המגוון הביולוגי בעולם עד שנת 2050 (UN Convention on Biological Diversity, 2021). לאחרונה אימצו גם האיחוד האירופי ומדינות נוספות תוכניות אסטרטגיות חדשות לשמירה על המגוון הביולוגי (רביב וטרקטנברוט, 2022; UN environment programme, 2022).

אתגרי שמירת הטבע בישראל

ישראל התברכה במגוון ביולוגי עשיר וייחודי, ואף נכללת במפת האזורים החשובים ביותר לשמירת המגוון הביולוגי העולמי (Biodiversity Hotspots) (Myers et al., 2000). עם זאת, המשבר לא פסח על ישראל, וייתכן שהוא אף מתקיים בה ביתר שאת. במאה השנים האחרונות נכחדו בישראל 24 מיני צמחים, 25 מיני חולייתנים ושני מיני פרפרים, לצד מספר לא ידוע של חרקים אחרים (גרוסברד ורנן, 2024). שילוב של תנאים ביוגאוגרפיים, דמוגרפיים, פוליטיים, מדיניים, ביטחוניים ואקלימיים מציב אתגר ייחודי ומורכב בשמירה על המגוון הביולוגי בישראל: שטחה הקטן של המדינה, יחד עם קצב גידול האוכלוסייה המהיר, מובילים לפיתוח ולבינוי נרחבים, הכוללים הכשרת

מצב הטבע בישראל, ושל קבוצות מייצגות של מיני צמחים ובעלי חיים ברחבי הארץ.

שיטות

פרויקט הליבה שמוביל המארג הוא תוכנית הניטור הלאומית היבשתית של המגוון הביולוגי. מערך הניטור, שהחל ב-2012 וכולל תשע יחידות ניטור המייצגות מערכות אקולוגיות שונות בישראל, בוחן שינויים בהרכבי החברות ושינויים במצב האוכלוסיית של צומח, פרוקי רגליים, זוחלים, עופות ויונקים. במסגרת התוכנית נפרס מערך ניטור של כ-950 חלקות בקרבה ליישובים או לשטחים חקלאיים והרחק מהם. מדי מספר שנים מפרסם המארג את דו"ח מצב הטבע בדו"חות מוצגים ממצאי תוכנית הניטור הלאומית, ממצאי ספירות וסקרים שעורכת רט"ג, ונתוני מדע אזרחי הנאספים בהובלת התוכנית הלאומית לניטור פרפרים בישראל, לצד תמונת מצב של איומים מרכזיים המשפיעים על מצב הטבע בישראל. במאמר זה מוצגים ממצאים מדו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים (בן-משה ורנן, 2022) ומדו"ח מצב הטבע 2023 – כרך המגוון הביולוגי (גרסברד ורנן, 2024).

ממצאים ודיון

מגמות באיומים מרכזיים על המגוון הביולוגי בישראל
אפיון האיומים המרכזיים על המגוון הביולוגי בישראל, כימות שלהם וניטור מתמשך שלהם מאפשרים קבלת החלטות מושכלת ומבוססת ידע באשר לניהול השטחים הפתוחים ולשם הגנה על המגוון הביולוגי.

אובדן בתי גידול – אובדן בתי גידול הוא אחד האיומים המרכזיים על המגוון הביולוגי ברמה העולמית והמקומית. הוא מתרחש כאשר יכולת השטח לתמוך בחלק מהמינים הנמצאים בו נפגעת באופן ישיר או בהשפעות עקיפות (Ceballos et al., 2015; Caro et al., 2022). המארג עוקב אחר התמרות בשימושי הקרקע באמצעות מיפוי התכסית בישראל בהתבסס על שכבות מידע גאוגרפי ממקורות שונים. אובדן השטחים הפתוחים בישראל מתרחש ברובו במרכז הארץ ובצפונה, ובעיקר לצורכי בנייה. אף ששך השטחים החקלאיים נמצא במגמת צמצום, עדיין מתבצעת המרת שטחים טבעיים לחקלאות, בייחוד ברמת הגולן, בחולות הנגב המערבי ובערבה. קצב אובדן השטחים הטבעיים והמיוערים בישראל עומד במוצע על כ-18 קמ"ר בשנה לצורכי פיתוח – שטח הדומה בגודלו לעיר חדרה. מתוכם, כ-8 קמ"ר מותמרים לבינוי וכ-5.5 קמ"ר לחקלאות.

שטחים לחקלאות, לתשתיות וליישובים חדשים. התהליכים האלה מצמצמים וקוטעים את בתי הגידול הטבעיים, ויוצרים השפעות שוליים משמעותיות על המערכות האקולוגיות שבשטחים הפתוחים (בן-משה ורנן, 2022). לצד זאת, ישראל מתאפיינת במגוון רחב של יחידות אקולוגיות שמצויים בהן מאספי מינים ייחודיים, הדורשים ממשקים מגוונים לצורך שימורם (רותם ושות', 2016). יתרה מכך, בשל מיקומה בין שלוש יבשות ישראל מהווה גבול תפוצה עולמי למינים רבים. אוכלוסיות בגבול תפוצה נוטות להיות רגישות במיוחד לשינויים סביבתיים (Vilà-Cabrera et al., 2019). נוסף על כך, ישראל חשופה במיוחד לחדירה ולהתבססות של מינים פולשים בשל ההסתמכות הרחבה על יבוא של מזון ומוצרים, פיקוח בלתי מספק בנמלים וריבוי שטחים מופרים המהווים אזורי התבססות והתפשטות למינים פולשים (מבקר המדינה, 2022; גרוסברד ורנן, 2024).

במישור הציבורי והמדיני, נושאי סביבה ושמירת טבע נמצאים בסדר עדיפויות נמוך, כוחות השוק מעודדים פיתוח על חשבון הסביבה, והאכיפה של חוקים סביבתיים חלשה (פרז, 2018; מבקר המדינה, 2023). האחריות הניהולית של צה"ל על שטחים נרחבים, יחד עם פעילויות בינוי, פיתוח תשתיות, אימונים צבאיים ופעילות שגרה וחירום, מובילים לפגיעות ישירות ועקיפות בשטחים טבעיים (אורן, 2012; בן-משה ושות', 2022; שטייניץ ושות', 2024) במקביל לאיומים השונים שהוזכרו, שינוי האקלים בישראל מתרחש בקצב מהיר ובאופן קיצוני יותר מאשר ברוב אזורי העולם, מה שצפוי להוביל להשפעות נרחבות על המגוון הביולוגי המקומי (קומאי ושות', 2022; Cramer et al., 2018; 2020; Shaltout, 2019; Pastor et al., 2020).

לנוכח שלל האתגרים בשמירה על המגוון הביולוגי שישראל מתמודדת איתו, נדרשים תכנון מוקפד, ניהול אינטנסיבי וממשקי שמירת טבע פעילים, בייחוד בשטחים הפתוחים. חשוב שהפעולות האלה יבוצעו בהסתמך על מידע מקיף ומתעדכן תדיר על מצב הטבע.

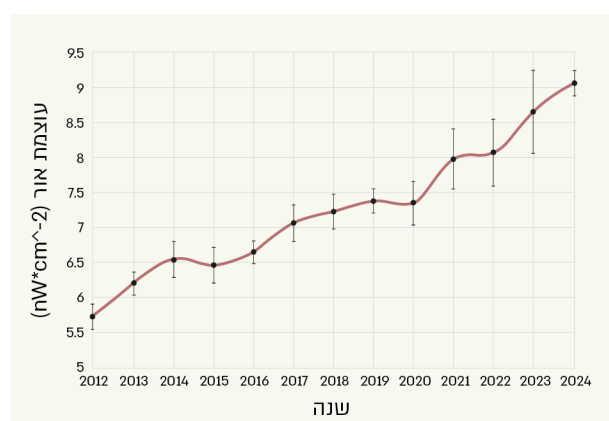
התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע

המארג, התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, היא שותפות של המשרד להגנת הסביבה, קק"ל, רט"ג ומוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט – המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי, באוניברסיטת תל אביב (hamaarag.org.il). משימתו המרכזית של המארג היא לזהות מגמות, תהליכים ושינויים במגוון הביולוגי ובמערכות האקולוגיות בישראל לצורך תכנון וניהול בני-קיימא המתבססים על ידע מהשטח. הערכת מצב הטבע שעורך המארג מבוססת על שני אדנים מרכזיים: ניטור האיומים וניטור המגוון הביולוגי. הניטורים האלה כוללים מעקב מרחבי ועיתי ארוך טווח של גורמים ותהליכים מרכזיים הקשורים לפעילות האדם ומשפיעים על

הוא מוערך בעשרות רבות. חופי הכינרת נשלטים לחלוטין על ידי מיני רכיכות פולשות, ובים התיכון זהו כ-450 מינים פולשים מקבוצות שונות (גרוסברד ורנן, 2024).

זיהום אור – זיהום אור הוא תאורה מלאכותית המשבשת את הדפוסים הטבעיים של אור וחושך. לזיהום אור השפעות שליליות מגוונות על תפקוד המערכות האקולוגיות, עם השפעות שונות על מינים שונים: שיבוש מקצבים ביולוגיים, שיבוש התנהגות, פגיעה בהתמצאות במרחב ועוד (לבין ושות', 2017; Škvareninová et al., 2010; Hölker et al., 2010; Adams et al., 2019). המארג מנטר את השינויים בהיקף ובעוצמות של זיהום האור באמצעות כלי חישה מרחוק. מניתוח דימותי הלווין עולה כי בהתחשב בשטחה, ישראל נמנית עם המדינות המוארות ביותר בעולם: כ-92% משטחה חשוף להשפעות תאורת לילה מלאכותית, וכ-25% מהשטח סובל מזיהום אור גבוה. נמצא כי היקף השטח המזההם ועוצמות הזיהום נמצאים במגמת עלייה: בין השנים 2012–2020 עלה הממוצע הארצי של ערכי עוצמות האור ב-30% (איור 1). בתקופה זו עלתה עוצמת הזיהום בשמורות הטבע שבניהול רט"ג ב-21% וביערות בניהול קק"ל ב-31% (בן-משה ושות', 2022ד).

שינוי האקלים – השפעות שינוי האקלים על המגוון הביולוגי מתבטאות בעיקר בשינויים בתפוצת מינים, בדגמי פעילות, במאפיינים פיזיולוגיים, בשיבוש פנולוגי ובעלייה בתדירות ובעוצמות של אירועי קיצון אקלימיים (Stern and Kaufman, 2014; Malhi et al., 2020; Weiskopf et al., 2020). החלק המזרחי של אגן הים התיכון הוא שחווה את שינוי האקלים באופן מהיר וקיצוני בהשוואה לרוב אזורי העולם. על פי נתוני השירות המטאורולוגי הישראלי,



איור 1

שינויים בעוצמת תאורת הלילה המלאכותית בישראל בין השנים 2002–2024 הנקודות מציינות ממוצע שנתי, וקווי השגיאה מציגים סטיית תקן.

נוסף על כך, כ-17 קמ"ר של שטחים חקלאיים מותמרים מדי שנה, 66% מהם לבינוי, והיתר בעיקר לשימושי תחבורה ולמתקנים סולריים. בחולות מישור החוף, יחידה אקולוגית הסובלת מתת-ייצוג במערך השטחים המוגנים בישראל, אובדן השטח הטבעי הוא הנרחב ביותר ביחס לגודל השטח (בן-משה ושות', 2022א).

קיטוע – קיטוע בתי גידול עקב פיתוח, בינוי או חקלאות גורם לניתוק בין אוכלוסיות, מצמצם את אזורי המחיה שלהן, ומגביר את השפעות השוליים על ה'איים' שנתרו. ככל שהכתם קטן וצר יותר, כך השפעות השוליים עליו גוברות (Ewers et al., 2007). אוכלוסיות המתקיימות בשטחים מצומצמים, ברמת קישוריות נמוכה לאוכלוסיות אחרות ובחשיפה מוגברת להשפעות שוליים, הן רגישות במיוחד וסיכוייהן להיכחד גדלים (Boukal and Berc, 2002; Reed, 2004; Duncan and Blackburn, 2007).

המארג עוקב אחר שינויים ברמות הקיטוע של שטחים מיוערים וטבעיים באמצעות 'מדד הרציפות' שפותח במכון דש"א (דמותה של ארץ) (Levin et al., 2007). מדד זה מכמת את המרחק בין השטחים הפתוחים לגורמי הפרעה כמו כבישים, יישובים וכדומה. מניתוח המדד עולה כי מרכז הארץ וצפונה מאופיינים במדדי קיטוע גבוהים במיוחד בשל ריבוי יישובים, כבישים ותשתיות: 83% מהשטח נמצאים במרחק קטן מקילומטר אל הכביש הקרוב ביותר. לעומת זאת, מדרום לבאר שבע רק 29% מהשטח נמצאים במרחק הקטן מקילומטר אל הכביש הקרוב ביותר. בחבל הים תיכוני רצף השטחים הפתוחים והטבעיים הגבוה ביותר נמצא ברמת הגולן. בדרום הארץ הרצף נמצא באזור הנחלים הגדולים. חולות מישור החוף הם היחידה האקולוגית בעלת מדד הרציפות הנמוך ביותר מבין יחידות הניטור של המארג (בן-משה ושות', 2022ב).

מינים פולשים – מינים פולשים הם אורגניזמים שחרגו מתחום תפוצתם הטבעי עקב פעילות אדם, אוכלוסיותיהם התפשטו והתבססו בסביבה החדשה, והם גורמים בה נזק למגוון הביולוגי המקומי, למערכות הטבעיות או לאדם. מינים פולשים נחשבים לגורם המאיים ביותר על המגוון הביולוגי בשטחים מוגנים: בעוד שאיומים כמו פיתוח, קיטוע וזיהום נמצאים במידה מסוימת של שליטה בידי מנהלי השטח, האפשרות להגביל את התפשטותם של מינים פולשים לאחר התבססותם מצומצמת, והשפעתם על המגוון הביולוגי עצומה.

בישראל יש אלפי מינים זרים ובהם מאות מינים פולשים – כטריות, צמחים ובעלי חיים שהתבססו ביבשה, במקווי מים מתוקים ובים התיכון. כיום ידועים בישראל 61 מיני צמחים פולשים, ארבעה מיני זוחלים, תשעה מיני עופות ושני מיני יונקים. מספר מיני פרוקי הרגליים הפולשים אינו ידוע, אולם

מגמות במגוון הביולוגי בישראל

ניטור מתמשך של שינויים במדדי מגוון בקבוצות מרכזיות של צמחים ובעלי חיים מאפשר זיהוי מגמות ומהווה בסיס מדעי לגיבוש תוכניות ממשק וניהול מבוססי ידע.

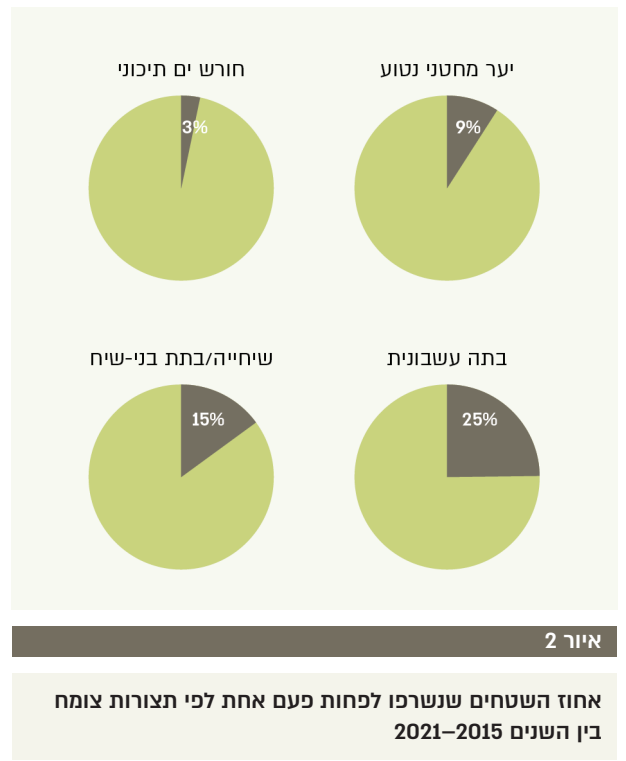
צומח – ניטור מצב הצומח חיוני לזיהוי שינויים במערכות אקולוגיות. הצמחים, כיצרנים ראשוניים במערכות היבשתיות, מהווים את הבסיס למארג המזון. מעבר לכך, הצמחים משפיעים על הרכב הקרקע ועל תפקודה, תורמים למחזורי המים והנוטריינטים, ומשמשים בית גידול למגוון עצום של בעלי חיים. בישראל כ-2,700 מיני צמחי בר (Ben-Natan et al., 2024), מתוכם 15% (405 מינים) נמצאים בסכנת הכחדה, ובהם 64 מינים בסכנת הכחדה חמורה (רשות הטבע והגנים, 2022). עיקר ניטור הצומח נערך במארג בקנה מידה ארצי באמצעות מדד הצומח (Normalized NDVI) (Difference Vegetation Index), בהתבסס על דימותי לוויין. מניתוח המדד עולה כי בארבעת העשורים האחרונים (1984–2022) חלה עלייה של 36% בצומח מעוצה בכל החבל הים תיכוני של ישראל. משמעות עליית המדד היא בעיקר התפשטות והצטופפות של הצומח בתקופה זו. הצטופפות הצומח מוסברת בצמצום משמעותי של רעייה, כריתה ובירוא, שמזה אלפי שנים דיכאו את יכולת התפתחות הצומח (גרוסברד ורנן, 2024). הצטופפות החורש מדגישה את הצורך בניהול ובממשק אקטיביים, שכן הצטופפות יתר צפויה להוביל לעלייה בעצמת השרפות ולצמצום המגוון הביולוגי עקב הומוגניות של השטח וחסרון של 'קרחות יער' – בתי גידול שכמות האור בהם גדולה יחסית, והם מקיימים מיני חי וצומח רבים (פרבולוצקי, 2013). דילול יערות וחורשים באמצעות רעייה, גיזום או כריתה נעשה כיום בעיקר כחלק מממשק למניעת שרפות. תוכניות נרחבות ליצירת שטחי חיץ ביערות ובחורשים הן הזדמנות להעשרת המגוון הביולוגי בהם.

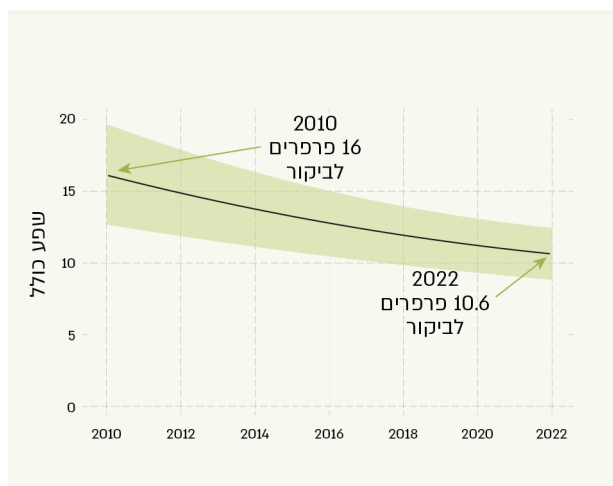
בתקופה 1984–2022 (מאז השנה הראשונה שניתן להפיק עבודה דימותי לוויין המתאימים לניתוח מסוג זה) התרחשה בחולות מישור החוף עלייה של 68% במדד הצומח (NDVI) עקב התפשטות מהירה של צומח מקומי, ובייחוד של המינים הפולשים שיטה כחלחלה (*Acacia saligna*) וטיונית חולות (*Heterotheca subaxillaris*) (איור 3). למעשה, מכלל השטח שאינו בנוי או חקלאי כיום בחולות מישור החוף, נותרו בסך הכול כ-4% של שטחי דיונות פעילות, הכוללים גם את שטח החוף החולי. אובדן בית הגידול הייחודי של החולות הפעילים, גורם לאובדן חברות מיני הצומח והחי הפסמופיליים, בהם של מינים אנדמיים לחולות מישור החוף (גרוסברד ורנן, 2024).

פרפרים – פרפרי יום הם סמן ביולוגי מקובל להערכת מצבן של מערכות אקולוגיות ולשינויים סביבתיים. בישראל ישנם

הטמפרטורה הממוצעת בישראל עלתה ב-1.4 מעלות ב-70 השנים האחרונות, וב-30 השנים האחרונות בקצב מהיר במיוחד של 0.55 מעלות בממוצע לעשור. התחזיות צופות המשך עלייה בעומסי החום בקיץ, ורצפים מתארכים של ימי שרב. נוסף על כך, צפויה עלייה ניכרת בתדירות ובעוצמה של אירועי הקיצון, בהן שרפות (יוסף ושות', 2019; יוסף ושות', 2024; Yosef et al., 2019).

שרפות – תקופות יובש ממושכות והצטברות צומח שזמין כחומר דלק, יוצרות תנאים אידיאליים להתפשטות מהירה של אש ולשרפות בעוצמה גבוהה. במקביל, הגידול במספר המבקרים בשטחים הפתוחים, ובייחוד ביערות, מעלה את הסיכויים לדלקה (לוי ושות', 2018). שרפות גורמות לפגיעה כמעט בכל רכיב במערכת האקולוגית, והשינויים בשטח שנכנע משרפה, ובייחוד מרצף שרפות חוזרות, עשויים להיות בלתי הפיכים (Malkinson et al., 2011). המארג מנטר את שטחי השרפות ואת תדירותן בישראל באמצעות כלי חישה מרחוק, ונמצא כי תדירות השרפות נמצאת במגמת עלייה. מניתוח דימותי הלוויין עולה כי גם גודל השטח שנשרף נמצא במגמת עלייה: בין השנים 2015–2021 נשרפו כ-500 קמ"ר, שהם כ-15% מהשטחים הטבעיים והמיוערים בישראל. כרבע משטח הבתה העשבונית בישראל נשרף לפחות פעם אחת במהלך תקופה זו של שבע שנים. כמו כן, נשרפו 15% משטח בתת בני-השיח, 9% משטחי היער המחטני הנטוע ו-3% משטחי החורש הים תיכוני (בן-משה ושות', 2022) (איור 2).





איור 4

שפע פרטים של הפרפרים בישראל בין השנים 2010–2022
 ירידה של 34% בשפע הפרטים הממוצע לביקור במסלולי הניטור (מודל GLMM, $p < 0.001$). מתוך: גרוסברד ורנן, 2024.

שמלבד פרפרים ישנן קבוצות חרקים נוספות שנמצאות במגמת דעיכה, אולם קבוצת הפרפרים היא הקבוצה היחידה שנוטרה בישראל באופן שיטתי (איור 5).

מהנתונים עלה ממצא משמעותי נוסף ומפתיע: זוהתה דחייה של 30 יום במועד השיא של שפע הפרפרים ביום (גרוסברד ורנן, 2024). הדחייה במועד שיא הפעילות בחודש שלם מעידה, ככל הנראה, על השפעות שינוי האקלים, עד כדי שינוי בדגמי הפעילות המחזורית השנתית. בעוד שעד לפני כעשור בלבד האביב בישראל היה העונה העשירה והשופעת ביותר בפרפרים, שיא הפעילות הוסט לתחילת הקיץ. ייתכן שחורפים שחונים וריבוי גלי חום פוגעים בצמחים הפונדקאים, ומגבילים את שפע הפרפרים באביב (גרוסברד ורנן, 2024).

עופות – קבוצת העופות היא כנראה קבוצת החולייתנים שנצבר עליה הידע הרב ביותר, וזאת בעיקר בזכות מספר רב של צפרים חובבים. זיהוי מגמות ארוכות טווח בקבוצה זו עשוי להיעד על מצב המערכות האקולוגיות. בישראל כ-550 מיני עופות, מהם 226 מינים מקננים בקביעות. 29% מתוכם (65 מינים) נמצאים בסכנת הכחדה, ובהם 21 מינים בסכנת הכחדה חמורה (מירוז ושות', 2017). מערך ניטור העופות של המארג מבוסס על ספירת עופות מקננים שהתבצעה אחת לשנתיים ביותר מ-300 חלקות בין השנים 2012–2021. ממצאי הניטור מתבססים על כ-37,000 פרטים מ-91 מינים. מנתוני הניטור עלו ממצאים דרמטיים: בתשע שנים בלבד חלה ירידה של 17.2% במספר הפרטים הכולל של העופות בישראל, (גרוסברד ורנן, 2024), קצב ירידה מהיר פי ארבעה בהשוואה לאירופה (Pan- Brlík et al., 2021; Uhl and Brühl, 2019; Hochkirch et al., 2023).



איור 3

טינית החולות
 צילום: עודד כהן.

133 מיני פרפרי יום, מתוכם 38% (51 מינים) בסכנת הכחדה, ובהם 11 מינים בסכנת הכחדה חמורה (רנן ושות', טרם פורסם). הממצאים מתבססים על נתונים שנאספו במהלך 13 שנים (2010–2022) במסגרת 'התוכנית הלאומית לניטור פרפרים בישראל' שהיא תוכנית מדע אזרחי. מערך הניטור מבוסס על קהילת מנטרים מתנדבים הפוקדים פעם בשבועיים מסלול דגימה קבוע, סופרים ומגדירים את כל הפרפרים הנצפים. מניתוח הנתונים עלה כי בתקופת הניטור חלה ירידה של 34% במספר הפרטים של הפרפרים, וקצב הירידה עומד על 3.4% בשנה (איור 4). באזורים רבים בעולם נצפית ירידה במספר הפרפרים, בעיקר עקב שימוש מוגבר בחומרי הדברה בחקלאות (Braak et al., 2018; Uhl and Brühl, 2019; Hochkirch et al., 2023). עם זאת, בישראל קצב הירידה גבוה באופן משמעותי בהשוואה לאירופה (Zittis et al., 2022), ככל הנראה עקב שימוש נרחב יותר ופיקוח חסר על סוגי הרעלים, הכמויות ושיטות השימוש הנהוגות בידי החקלאים. בארץ היחס בין משקל חומרי ההדברה בשימוש למשקל התפוקה הצמחית גבוה עד פי עשרה בהשוואה למדינות אירופה. זאת ועוד, 113 חומרי הדברה פעילים, שמאושרים לשימוש בישראל, אסורים באירופה (מבקר המדינה, 2023). ניתן להעריך



ב



א



ד



ג



ו



ה

איור 5

פרפרים נבחרים בישראל

א. קיסרית הקטלב (*Charaxes jasius*); ב. כתמית מדברית (*Melitaea deserticola*); ג. סנוניתן הוורדיים (*Iphiclides podalirius*); ד. קרקשי הסנה (*Iolana alferii*); ה. רשתן העוזרר (*Aporia crataegi*); ו. כתום כנף המצילתיים (*Anthocharis cardamines*). צילום: משה לאודון.

(*cristata*) ומינים אחרים מאפייני בתה (גרוסברד ורנן, 2024). השועלים, התנים והחזירים הם מינים סתגלניים שיודעים לנצל מקורות מזון הקשורים לאדם. המינים האלה משוטטים בתחום רחב, וניזונים גם מטריפה ומחמיסה של קיני עופות קרקע. ייתכן שהעלייה במספר היונקים הסתגלניים ובמספר המינות מהווה חלק מההסבר לירידה במספר העופות הכללי. גורמי איום מרכזיים נוספים לעופות בישראל הם פיתוח יישובים ותשתיות, הרחבת שטחי חקלאות, הדברה חקלאית, טריפה על ידי חתולי בית וכגיעה בקווי מתח (גרוסברד ורנן, 2024).

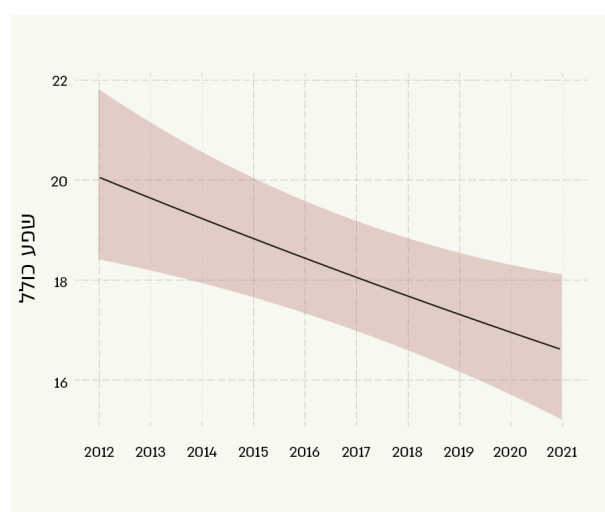
יונקים – יונקים רבים הם מיני דגל (בעלי חשיבות מבחינת תודעת הציבור) ולעיתים מיני מטרייה (מינים בעלי חשיבות לשמירת המערכת האקולוגית), וחלק מהם מהווים סמן ביולוגי לאיכות בתי הגידול בקנה מידה רחב בשל תחומי השוטטות והתפוצה הנרחבים שלהם. בישראל 98 מיני יונקים, מתוכם 62% (61 מינים) בסכנת הכחדה, בהם 15 מינים בסכנת הכחדה חמורה (שלמון, 2002). ניטור היונקים הבינוניים והגדולים של המארג נעשה באמצעות מצלמות שביל המוצבות למשך עשרה ימים, פעם בשנתיים, בכ- 90 חלקות קבועות ברחבי הארץ (מכרסמים ועטלפים אינם מנטרים במסגרת זו). הממצאים מבוססים על ניתוחי כ-3,000 תצפיות ב-14 מיני יונקים בינוניים וגדולים שנערכו בין השנים 2012–2022, ועל ניתוחים של סקרי שטח וספירות של רשות הטבע והגנים. מניתוח נתוני ניטור המארג עולה כי לא נמצא שינוי במספר הפרטים הכולל שנדגם במשך תקופת הניטור, אולם מינים שונים מציגים מגמות שונות. אחת המגמות המשמעותיות שזוהו היא עלייה במספר הפרטים של מיני כלביים ביחידות המדבריות: תן זהוב, זאב אפור (*Canis lupus*) ושועל מצוי (גרוסברד ורנן, 2024). המינים האלה הם מלווי אדם ומסוגלים לנצל באופן יעיל את המשאבים הנוצרים על ידו, כמו מים, מזון ומחסה. מגמת העלייה במספרם בנגב נובעת ככל הנראה מ'ההתפרצות' המאוחרת של המינים בדרום, בהשוואה לצפון הארץ. עשר שנות הניטור תיעדו ככל הנראה את שלב ההתפשטות והצטופפות האוכלוסיות בנגב, בעוד שבצפון הארץ התהליך כבר הושלם. ככל הנראה, שינויים באוכלוסיות בצפון נובעים בעיקר מדינמיקות בין מינים והשפעת ממשקים מקומיים (גרוסברד ורנן, 2024).

בסקרי רט"ג נמצאה עלייה במספר הפרטים בקרב הפרסתנים יעל נובי (*Capra nubiana*), צבי ישראלי (*Gazella gazella*), צבי הנגב (*Gazella dorcas*) וצבי השיטים (*Gazella arabica*) (איור 7).

העלייה מעידה על הצלחה בהגנה על המינים הגדולים בשטחים נרחבים, כנראה בזכות צמצום של תופעת הצייד, וייתכן שגם הודות לממשקי סניטציה באזורים מסוימים. עוד עולה מספירות רט"ג כי בין השנים 2002–2022 הצטמצם

(European Common Bird Monitoring Scheme, 2023 (איור 6). מספר הפרטים של מינים רבים נמצא בירידה, בהם גם מינים מלווי אדם, כמו ירגזי מצוי (*Parus major*), שחור הירידה החדה ביותר – 81.4% – נמצאה אצל התור המצוי (*Streptopelia turtur*). הגורמים לירידה הקיצונית של התור המצוי אינם ברורים, והיא מתרחשת בכלל אירופה מזה חמישה עשורים, שם הוא נחשב מאז שנות ה-90 למין בסכנת הכחדה (BirdLife International, 2019). בארץ נאסר ציד התור משנת 2020, ובעקבות ממצאי הדו"ח הוארך האיסור. רק מיני עופות מעטים הציגו עלייה במספר הפרטים ברמה הארצית לאורך תקופת הניטור, והבולט ביותר בהם הוא המין הפולש מיינה מצויה (*Acridotheres tristis*) עם עלייה של 585% (גרוסברד ורנן, 2024).

ייתכן ששני ממצאים מרכזיים מניטור המארג מספקים חלק מההסבר לירידה במספר העופות: א. עלייה דרמטית במספר הפרטים של המיינה, בד בבד עם ירידה במספר הפרטים במיני עופות מלווי אדם החיים לצידה, בעיקר ביישובים ובקרבתם. המיינה היא מין אגרסיבי הפוגע במיני עופות אחרים בטריפה, בחמיסת קינים ובתחרות על אתרי קינון ומזון (ברגר, 2017; Charter et al., 2016). ב. עלייה בשפע הפרטים של מיני היונקים המתפרצים שועל מצוי (*Vulpes vulpes*), תן זהוב (*Canis aureus*) וחזיר בר (*Sus scrofa*) בייחוד בקרבה ליישובים, ובעיקר בדרום הארץ. בו-בזמן זוהתה ירידה במספר הפרטים של מיני עופות מקנני קרקע בקרבה ליישובים, כדוגמת עפרוני מצויץ (*Galerida*)



איור 6

שינויים עיתיים בשפע הפרטים של העופות המקננים בישראל בין השנים 2012–2021

ירידה של 17.2% בשפע הפרטים הכולל בחלקת ניטור (מודל GLMM, $p=0.003$). מתוך: גרוסברד ורנן, 2024.

מים ואוויר נקיים, מזון והגנה מפני אסונות טבע. נוסף על כך, הן תורמות לעמידות הסביבה בפני שינוי האקלים, מחלות ומזיקים (IPBES, 2019). משבר המגוון הביולוגי העולמי מתרחש גם בישראל, ומתבטא במיוחד בעלייה במספר המינים בסכנת הכחדה ובירידות חדות במספר הפרפרים והעופות.

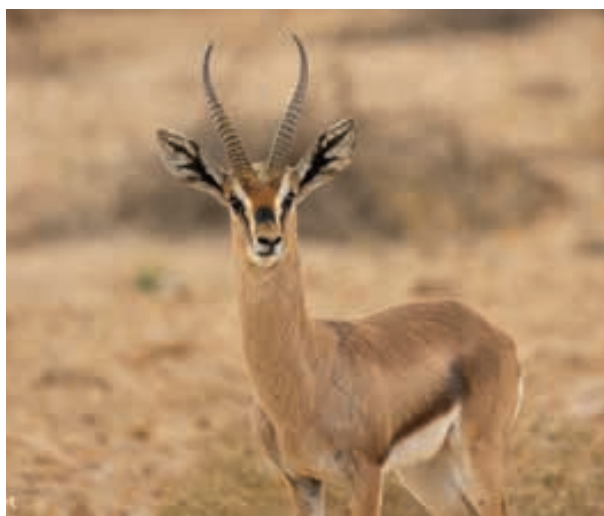
מניתוח של האיומים המרכזיים על המגוון הביולוגי בישראל עולה כי רבים מהם צפויים להתעצם. צמצום וקטוע של השטחים הפתוחים ובעקבותיהם הרחבת השפעות השוליים, שרפות, התפשטות מינים פולשים וההשפעות של שינוי האקלים צפויים להחריף. התגברות האיומים מציבה אתגר עצום בשמירה על המגוון הביולוגי בישראל. ועם זאת, מממצאי דו"חות מצב הטבע ניתן ללמוד גם על ההצלחות שנחלו מאמצי שמירת הטבע בישראל. באזור הכרמל בשטחי קק"ל ובשטחי רט"ג הוביל ממשק סניטציה – פינוי מסודר של פגרי חיות משק והטמנת פחי אשפה לשם צמצום זמינות המזון לטורפים – לירידה בנוכחות המינים המתפרצים באזור (דולב ושות', 2020). עלייה במספר הפרטים של הפרסתנים היא דוגמה מובהקת אחרת להצלחה בקנה מידה עולמי בהגנה על מינים שחלק מהם נכחדו בעבר מישראל (לידר ושות', 2022). דוגמאות נוספות הן השבת מים לנחלים בצפון הארץ ושיקום חלקי של נחלים במישור החוף, עלייה במספר הקינים של שני מיני צבי הים בחופי הים התיכון (לידר ושות', 2022) והתייצבות מצב שונית האלמוגים באילת (שקד וגנין, 2022, 2023). מאמץ שמירת טבע משמעותי נוסף הוא השינוי המהותי בממשק היערות המחטניים בעקבות אימוץ תורת ניהול היער החדשה, המעודדת החלפת יערות אורנים חד-מיניים בפסיפס נופי של מגוון תצורות צומח מקומי (אסם ושות', 2014).

סיכום

הדוגמאות שהבאנו במאמר מראות שבאמצעות הפניית תשומת לב, משאבים כספיים וכוח אדם לטובת מטרות מוגדרות, ניתן להגיע להישגים משמעותיים בהגנה על המגוון הביולוגי בישראל. רוב גורמי האיום אינם בלתי נמנעים, אלא תוצאה ישירה או עקיפה של מדיניות ותכנון. זו בשורה חיובית, שכן עתידו של המגוון הביולוגי הייחודי של ישראל תלוי ביכולת של מקבלי ההחלטות להוביל שינויים בתהליכי התכנון, לצמצם את סיכויי ההתבססות של מינים פולשים ולהתמודד עם מינים שכבר פלשו, להפחית את זיהום האור, הרעש וההדברות החקלאיות, להקטין את השפעות הגורמים לשינוי האקלים ולהיערך אליו. קיומו של המגוון הביולוגי הוא צורך הטבוע בכל אדם, ולשם הגנה עליו תכנון מושכל, ממשק ושיקום הם מחויבי המציאות.

תחום התפוצה של הלוטרה (*Lutra lutra*) (איור 8) (לידר ושות', 2022). הלוטרה היא מין בסכנת הכחדה חמורה בישראל, והמגמה השלילית המתרחשת למרות מאמצי שמירה על מקורות המים והתאמת מעברי כביש, מעידה על עוצמתם של איומי הפיתוח ועל הקושי בשמירה על בתי הגידול הלחים ועל הקישוריות ביניהם.

מבט כללי – המגוון הביולוגי הוא בסיס הכרחי לקיומן של מערכות אקולוגיות יציבות ובריאות, החיוניות לרווחת האדם. המערכות האקולוגיות האלה מספקות שירותים חיוניים, כמו



איור 7

צבי השיטים
צילום: ערן גיסים.



איור 8

לוטרה
צילום: אלון רייכמן.

מקורות

- אורן ע. 2012. התשתית והפריסה של צה"ל בנגב – השפעות סביבתיות. **אקולוגיה וסביבה**, 1(3), 54–60.
- אסם י, ברנד ד, טאבור, י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2014. תורת ניהול היער בישראל: מדיניות והנחיות לתכנון ולמשק יער. ירושלים: **אגף הייעור ויחידת הפרסומים**, קשרי ציבור, קק"ל.
- בן-משה נ, חן ר, ליבנה ע, סלינגר ש וקורן מ. 2022. שימושי קרקע (תכנית) בישראל. בתוך: בן-משה נ ורנן א (עורכים). **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. עמ' 25–34.
- בן-משה נ, חן ר, ליבנה ע, קורן מ וקומאי א. 2022. רציפות וקטוע בשטחים הפתוחים בישראל. בתוך: בן-משה נ ורנן א (עורכים). **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. עמ' 82–73.
- בן-משה נ, ליבנה ע, גוק ע, קומאי א, סלינגר ש ורנן א. 2022. שרפות בשטחים הטבעיים והמיוערים בישראל. בתוך: בן-משה נ ורנן א (עורכים). **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. עמ' 58–49.
- בן-משה נ, ליבנה ע, סלינגר ש ורנן א. 2022. זיהום אור בישראל – היבטים אקולוגיים ומרחביים. בתוך: בן-משה נ ורנן א (עורכים). **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב. עמ' 104–83.
- בן-משה נ ורנן א (עורכים). 2022. **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- ברגר א. 2017. הציפור שאוהבים לשנוא – המיניה המצויה כבר אחת משלנו. אתר הצפרות הישראלי, החברה להגנת הטבע. <https://tinyurl.com/y7htdkxz>
- גרוסברד ש ורנן א (עורכים). 2024. **דו"ח מצב הטבע 2023 – כרך המגוון הביולוגי**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- דולב ע, רוזנברג ב, כהן א ויידוב ש. 2020. השפעת פסולת שמשאירים מטיילים על חיות הבר בפארק הכרמל. **אקולוגיה וסביבה**, 1(4), 71–70.
- יוסף י, בהר"ד ע, אוזן א, אוסטינסקי-צדקי א, כרמונה י, חלפון נ ושות'. 2019. **שינוי האקלים בישראל – מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים**. דו"ח מחקר 4000-0804-2019-0000075. השירות המטאורולוגי הישראלי.
- יוסף י, צפורי א, אילוטוביץ א, כרמונה י, חלפון נ, אוזן ל ושות'. 2024. **ניתוח מגמות אקלימיות ואירועי קיצון בישראל לאורך המאה ה-21**. דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2024-0000015. השירות המטאורולוגי הישראלי.
- כהן-שחם ע' וגרוסברד ש' (כתיבה ועריכה). 2021. **שירותי מערכות אקולוגיות בישראל – מבט על**. המארג – התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- לבין צ, אבישר א, ברנד-קליבנסקי ש, ברנד ע, הצופה א, יידוב ש ושות'. 2017. **זיהום אור וצמצומו. רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות**. סיכום ותובנות של ועדת מומחים. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- לוי ש, דיסני ד, שכטר מ ונאמן ג. 2018. הגורמים לשרפות ביערות ובחורשים בישראל ועלות כיוון. **אקולוגיה וסביבה**, 2(9), 48–42.
- לידר נ, ארזי י, גולדשטיין ח, דולב ע, הצופה א, יידוב ש ושות'. 2022. **מצב חיות הבר בישראל: אומדן גודל אוכלוסיות נבחרות של מיני חולייתנים והערכת מגמותיהן, דוח העשור**. דוחות שמירת טבע: רשות הטבע והגנים.
- מבקר המדינה. 2022. **מניעת נזקי מינים פולשים ושמירה על המגוון הביולוגי**. המשרד להגנת הסביבה.
- מבקר המדינה. 2023. **השימוש בחומרי הדברה בירקות ובפירות – ביקורת מעקב**. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- מירזא א, וין ג, לבינגר ז, שטייניץ ע, הצופה א, חביב א ושות'. 2017. **הספר האדום של העופות בישראל**. החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים. <https://redlist.parks.org.il/aves>
- ספריאל א (עורך). 2010. **תכנית לאומית למגוון ביולוגי בישראל**. אשכול מדיניות ותכנון אגף שטחים פתוחים ומגוון ביולוגי, המשרד להגנת הסביבה.
- פרבולוצקי א. 2013. **משק ושימור האקוסיסטמה היס תיכונית: רמת הנדיב כמשל**. זכרון יעקב: רמת הנדיב.
- פרז א. 2018. אכיפה מנהלית ודה-רגולציה – נסיגת ערכי הקיימות מהמדיניות הסביבתית העכשווית של מדינת ישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 2(9), 49–51.
- קומאי א, בן-משה נ ורנן א. 2022. שינוי האקלים והשפעתו על המגוון הביולוגי. בתוך: בן-משה נ ורנן א (עורכים). **דו"ח מצב הטבע 2022 – כרך מגמות ואיומים**. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע. מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- רביב ת וטרנטנברוט א. 2022. רגע היסטורי בתולדות אמנת המגוון הביולוגי – אושרה תוכנית אסטרטגית גלובלית חדשה ושאפתנית. **אקולוגיה וסביבה**, 1(4), 13.
- רום ד, וייל ג, וולצ'אק מ ואמיר ש. 2016. מידת ייצוגן של יחידות אקולוגיות טבעיות בשטחים המוגנים בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 1(1), 16–23.
- רנן א, קומאי א, שגב א ובן-צבי ג (טרם פורסם). **הספר האדום של פרפרי היום בישראל**. רשות הטבע והגנים, קרן קימת לישראל, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
- רשות הטבע והגנים. 2022. פורטל הערכות הסיכון לטבע בישראל – צמחים בסכנת הכחדה. <https://redlist.parks.org.il/plants/>
- שטייניץ ע, אלבז ש ומסלטי א. 2024. מיפוי ראשוני של השפעות מלחמת שבעה באוקטובר על הטבע בנגב המערבי. **אקולוגיה וסביבה**, 1(1), 15.
- שלמון ב. 2002. מחלקת היונקים. בתוך: דולב ע, פרבולוצקי א (עורכים). **הספר האדום של החולייתנים בישראל**. רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
- שקד י וגנין א. 2022. **התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת – דו"ח מדעי לשנת 2021**. המכון הבין-אוניברסיטאי למדעי הים באילת.
- שקד י וגנין א. 2023. **התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת – דו"ח מדעי לשנת 2022**. המכון הבין-אוניברסיטאי למדעי הים באילת.
- Adams CA, Blumenthal A, Fernandez-Juricic E, Bayne E, and St Clair CC. 2019. Effect of anthropogenic light on bird movement, habitat selection, and distribution: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 8(S1), 13.
- Altieri MA, Letourneau DK, and Risch SJ. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2(2), 131–169.
- Aurette D, Thomas S, Albert C, Bally M, Bondeau A, Boudouresque CF, et al. 2022. Biodiversity, climate change, and adaptation in the Mediterranean. *Ecosphere*, 13(4), e3915.
- Ben-Natan D, Fragman-Sapir O, and Shemesh B. 2024. Contributions to the Flora Palaestina Region. *Flora Mediterranea*, 34, 73–94.
- Bernhardt JR and Leslie HM. 2013. Resilience to climate change in coastal marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 5(1), 371–392.
- BirdLife International. 2019. *Streptopelia turtur*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22690419A154373407. dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22690419A154373407.en.
- Boukal DS and Berec L. 2002. Single-species models of the Allee effect: Extinction boundaries, sex ratios and mate encounters. *Journal of Theoretical Biology*, 218(3), 375–394.
- Braak N, Neve R, Jones AK, Gibbs M, and Breuker CJ. 2018. The effects of insecticides on butterflies—A review. *Environmental Pollution*, 242, 507–518.
- Brlik V, Šilarová E, Škorpilová J, Alonso H, Anton M, Aunins A, et al. 2021. Long-term and large-scale multispecies dataset tracking population changes of common European breeding birds. *Scientific Data*, 8(1), 21.
- Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, Hooper DU, Perrings C, Venail P, et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67.
- Caro T, Rowe Z, Berger J, Wholey P, and Dobson A. 2022. An inconvenient misconception: Climate change is not the principal driver of biodiversity loss. *Conservation Letters*, 15(3), e12868.

- Malkinson D, Wittenberg L, Beeri O, and Barzilai R. 2011. Effects of repeated fires on the structure, composition, and dynamics of Mediterranean maquis: Short-and long-term perspectives. *Ecosystems*, 14(3), 478–488.
- Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, and Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- Oliver TH, Heard MS, Isaac NJ, Roy DB, Procter D, Eigenbrod F, et al. 2015. Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology and Evolution*, 30(11), 673–684.
- Pan-European Common Bird Monitoring Scheme. 2023. EBCC, BirdLife, RSPB, CSO. <https://pecbms.info/report-on-the-pan-european-common-bird-monitoring-scheme-february-2023/>
- Pastor F, Valiente JA, and Khodayar S. 2020. A warming Mediterranean: 38 years of increasing sea surface temperature. *Remote Sensing*, 12(17), 2687.
- Reed DH. 2004. Extinction risk in fragmented habitats. *Animal Conservation*, 7(2), 181–191.
- Shaltout M. 2019. Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Red Sea. *Oceanologia*, 61(4), 484–504.
- Simberloff D, Martin JL, Genovesi P, Maris V, Wardle DA, Aronson J, et al. 2013. Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(1), 58–66.
- Singh JS. 2002. The biodiversity crisis: A multifaceted review. *Current Science*, 82(6), 638–647.
- Škvareninová J, Tuhárska M, Škvarenina J, Babálová D, Slobodníková L, Slobodník B, et al. 2017. Effects of light pollution on tree phenology in the urban environment. *Moravian Geographical Reports*, 25(4), 282–290.
- Stern DI and Kaufmann RK. 2014. Anthropogenic and natural causes of climate change. *Climatic Change*, 122, 257–269.
- Uhl P and Brühl CA. 2019. The impact of pesticides on flower-visiting insects: A review with regard to European risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(11), 2355–2370.
- UN Convention on Biological Diversity. 2021. First Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. In: Ainsworth D and Hedlund J (Eds). Open ended working group on the post-2020 global biodiversity framework. Third meeting. UN Convention on Biological Diversity (CBD) Secretariat.
- UN environment programme. 2022. COP15 Ends with Landmark Biodiversity Agreement. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/cop15-ends-landmark-biodiversity-agreement>
- Vilà-Cabrera A, Premoli AC, and Jump AS. 2019. Refining predictions of population decline at species' rear edges. *Global Change Biology*, 25(5), 1549–1960.
- Weiskopf SR, Rubenstein MA, Crozier LG, Gaichas S, Griffis R, Halofsky JE, et al. 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*, 733, 137782.
- Yosef Y, Aguilar E, and Alpert P. 2019. Changes in extreme temperature and precipitation indices: Using an innovative daily homogenized database in Israel. *International Journal of Climatology*, 39(13), 5022–5045.
- Zittis G, Almazroui M, Alpert P, Ciais P, Cramer, W, Dahdal Y, et al. 2022. Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2021RG000762.
- Ceballos G, Ehrlich PR, Barnosky AD, Garcia A, Pringle RM, and Palmer TM. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253.
- Charter M, Izhaki I, Mocha YB, and Kark S. 2022. Nest-site competition between invasive and native cavity nesting birds and its implication for conservation. *Journal of Environmental Management*, 181, 129–134.
- Cowie RH, Bouchet P, and Fontaine B. 2022. The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97(2), 640–663.
- Cramer W, Guiot J, Fader M, Garrabou J, Gattuso JP, Iglesias A, et al. 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972–980.
- Duncan RP and Blackburn TM. 2007. Causes of extinction in island birds. *Animal Conservation*, 10(2), 149–150.
- Ewers RM, Thorpe S, and Didham RK. 2007. Synergistic interactions between edge and area effects in a heavily fragmented landscape. *Ecology*, 88(1), 96–106.
- Hochkirch A, Bilz M, Ferreira CC, Danielczak A, Allen D, Nieto A, et al. 2023. A multi-taxon analysis of European Red Lists reveals major threats to biodiversity. *PLoS One*, 18(11), e0293083.
- Hölker F, Wolter C, Perkin EK, and Tockner K. 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(12), 681–682.
- Holling CS. 2022. Resilience and stability of ecological systems. In: Burnside WR, Pulver S, Fiorella KJ, Avolio ML, and Alexander SM (Eds). *Foundations of Socio-Environmental Research*. Cambridge University Press. pp. 460–482.
- IPBES. 2019. IPBES: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Diaz S, Settele J, Brondizio ES, Ngo HT, Guèze M, Agard J, et al. (Eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. pp. 56.
- Isbell F, Craven D, Connolly J, Loreau M, Schmid B, Beierkuhnlein C, et al. 2015. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, 526(7574), 574–577.
- Ives AR and Carpenter SR. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science*, 317(5834), 58–62.
- Jactel H, Bauhus J, Boberg J, Bonal D, Castagneyrol B, Gardiner B, et al. 2017. Tree diversity drives forest stand resistance to natural disturbances. *Current Forestry Reports*, 3(3), 223–243.
- Klapwijk MJ and Björkman C. 2018. Mixed forests to mitigate risk of insect outbreaks. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(8), 772–780.
- Koricheva J, Vehviläinen H, Riihimäki J, Ruohomäki K, Kaitaniemi P, and Ranta H. 2006. Diversification of tree stands as a means to manage pests and diseases in boreal forests: myth or reality? *Canadian Journal of Forest Research*, 36(2), 24–36.
- Levin N, Lahav H, Ramon U, Heller A, Nizry G, Tsoar A, et al. 2007. Landscape continuity analysis: A new approach to conservation planning in Israel. *Landscape and Urban Planning*, 79(1), 53–64.
- Malhi Y, Franklin J, Seddon N, Solan M, Turner MG, Field CB, et al. 2020. Climate change and ecosystems: Threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190104.



הפטרייה חריפית (*Russula*), הכרמל
צילום: עומר משולם



הגנה על ערכי טבע מוגנים בעת ביצוע פעולות ממשק ביער – מחזון לשגרת עבודה בקק"ל

יהל פורת¹ | עמרי שליו¹ | דבורה לב רמתי² | שני גלייטמן¹ | דר בן נתן²
אמיר פרלברג² | דותן רותם³

- 1 אגף ייעור, קק"ל
- 2 יחידת הסקרים, מכון דש"א
- 3 חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים
- * yahelporat75@gmail.com

תקציר

בישראל, היות שהם מאפשרים, בין השאר, גילויים של מינים חדשים לישראל ואת הרחבת ההבנה לגבי תפוצתם של מינים אחרים. בד בבד עם יישום מסמך ההבנות, הוקמה באגף הייעור של קק"ל מחלקת אקולוגיה, ואנשיה מדריכים ומנחים את אנשי השטח בכל הקשור לשמירה על ערכי הטבע והמגוון הביולוגי המאפיין את היערות.

בשנת 2018 גיבשו הקרן הקיימת לישראל ורשות הטבע והגנים מסמך הבנות והגדרות מקצועיות שמטרתו למזער את הפגיעה בערכי הטבע המוגנים בחוק בעת ביצוע פעולות ממשק יער, וזאת באמצעות שימוש מצומצם בהיתרי פגיעה בערכי טבע מוגנים. במסגרת יישום המסמך פיתחו קק"ל ומכון דש"א בשנים שלאחר מכן שיטות סקר ומיפוי של ערכי הטבע המוגנים ביערות, ועל סמך הסקרים נבנה מסד נתונים בממ"ג. משנת 2019 סקרים של ערכי טבע מוגנים מבוצעים באופן שוטף במסגרת תוכנית העבודה היערינית השנתית של קק"ל. אקולוגים עובדי קק"ל מנחים ומלווים את עבודות הממשק ביער כדי למזער פגיעה בערכי הטבע. שש שנים מאז תחילת יישום מסמך ההבנות ניכר שהפעולות האלה תורמות להגנה על ערכי הטבע ביער, ואינן מעכבות עבודות חיוניות ורחבות היקף של דילול יערות וחידוש יערות או פוגעות בהן. כמו כן, לסקרים של ערכי הטבע ביערות יש תפקיד חשוב בהרחבת הידע המדעי על המגוון הביולוגי

מילות מפתח

דילול יערות, חידוש יערות, המגוון הביולוגי, סקר

מבוא

פעולות הממשק הנרחבות ביותר בהיקפן והחשובות ביותר לקיומם ולבריאותם של היערות המחטניים בישראל, אך מצד שני, במהלך ביצוען תיתכן פגיעה בערכי טבע מוגנים ביער (אסם וצורף, 2019).

דילול יער

דילול יער בוגר נעשה על ידי כריתת העצים במסור מכני, גרירתם או נשיאתם בטרקטור לרחבת עבודה ייעודית (איור 1) לשם חיתוך והעמסה למכולות המועברות במשאית. במהלך ביצוע הדילול והפעולות הנלוות לו תיתכן פגיעה (לרוב נקודתית וזמנית, אך לעיתים גם מהותית) במינים מסוימים חשובים לשימור (אבישר ופרומקין, 2015; אשכנזי ושות', 2017). למשל, שימוש ברחבות עבודה ובפסי גרירה (רצועת קרקע שגוררים עליה את העצים הכרותים אל רחבות העבודה) עשוי לגרום לרמיסה ולשבירה של צמחים במיקום זה, ואף לשנות את המבנה וההרכב של שכבת הקרקע העליונה ביער. נוסף על כך, כריתת עצים ונסיעת כלים כבדים ביער עשויות לפגוע באתרי רבייה של בעלי חיים שונים.

התפיסה העומדת בבסיס ההנחיות המקצועיות שגובשו היא שלשם המשך ניהולם המיטבי של יערות ישראל יש חשיבות גדולה לדילול יערות מחטניים לאורך כל השנה, גם בתקופות שמתרחשות בהן פריחה, רבייה או הפצה של צמחים ובעלי חיים מוגנים. עם זאת, כדי למזער פגיעה אפשרית בערכי הטבע בתקופת זמן זו יש לנקוט משנה זהירות. על כן, מתוך כלל שטחי היער שמתוכננים בהם דילולים, תסקור קק"ל ותמפה מדי שנה את השטחים שקיימים בהם ערכי הטבע המוגנים החשובים ביותר. בשטחים האלה הדילול יבוצע רק בעונה ובשיטות עבודה מתאימות שיבטיחו מזעור פגיעה בערכי הטבע החשובים. לפיכך, ההנחיות המקצועיות מגדירות את ערכי הטבע שחשוב ביותר להגן עליהם ביערות: צמחים בסכנת הכחדה (איור 2), ריכוזים משמעותיים של צמחים מוגנים מאבות צמחי התרבות או בעלי פריחה או מופע מרשימים במיוחד, שיחים ועצי תפארת, אתרי רבייה של דו-חיים, מושבות לינה וקינן של עופות, קינים של עופות דורסים, מאורות ואתרי רבייה של יונקים, אוכלוסיות צבאים וריכוזים משמעותיים של ערכי טבע דוממים.

ההנחיות מגדירות גם את הרדיוס שיש לסמן ביער סביב לערך הטבע המוגן, את אופי העבודה ואת עונת העבודה המתרת. למשל, בשטח יער שנמצאו בו צמחים בסכנת הכחדה, יבוצע הדילול רק לאחר סיום פיזור הזרעים (לרוב בקיץ), ובכל מקרה, אסור למקם בשטח זה פסי גרירה או רחבות עבודה. דוגמה נוספת: ברדיוס של כ-200 מטר סביב קינים של דורסי יום גדולים, כדוגמת חוויאי הנחשים

הגנה על ערכי הטבע בארץ מחויבת מתוקף "חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח-1998" (משרד המשפטים, 1998). כיוון שההגנה על הערכים האלה תורמת לשימור המגוון הביולוגי וערכי הנוף והמורשת שביערות, היא מהווה את אחד העקרונות המרכזיים של ניהול יער בר-קיימא בישראל על פי תורת ניהול היער (אסם ושות', 2014).

עד השנים האחרונות לא גובשו נהלים והנחיות אחידות לצורך איתור ושימור של הערכים האלה ביערות קק"ל. בעשורים הקודמים ביצע פעולות ממשק שונות ביערות גרם במקרים מסוימים לפגיעה בשוגג באוכלוסיות צמחים בסכנת הכחדה (למשל, רמיסת מקבצים של אירוס שחום [*Iris atrofusca*] ביער השגרירים בצפון הנגב ושל אירוס הארגמן [*I. atropurpurea*] ביער אילנות בשרון). האירועים הללו ספגו ביקורת ציבורית קשה (רוטשילד, 2012).

בשנת 2018 חתמו הקרן הקימת לישראל ורשות הטבע והגנים על מסמך הבנות (ברנד ושקדי, 2017) שמטרתו היו למזער את הפגיעה בערכי הטבע המוגנים על פי חוק בעת ביצוע פעולות ממשק ביער, ולהתיר פגיעה מסוימת מסוג זה באופן חוקי, בהיתר כללי שרט"ג תיתן לקק"ל מדי שנה. המסמך הגדיר את פעולות הממשק שיותר בהיתר הכללי ללא כל תנאים מגבילים (למשל: כיסוח, קלטור, גיזום, יצירת קווי חיץ, כריתות ודילולים הנובעים מצורך בטיחותי), את פעולות ממשק היער שיותר בהיתר הכללי ויחייבו ביצוע בהתאם להנחיות מקצועיות שיש לגבש (למשל: דילול, חידוש בנטיעה, ריסוס עשבייה, שרפות יזומות, הסדרת דרכים), וכן את פעולות הממשק שיותר אך ורק בהיתר פרטני (למשל: השבחת מרעה, פריצת דרכים, הסדרת ניקוז בנחלים, נטיעות חדשות שאושרו בוועדה המקצועית ליער). בהמשך לכך, אקולוגים משני הגופים גיבשו הנחיות מחייבות שמפרטות מה הם ערכי הטבע החשובים ביותר שיש להגן עליהם ביערות, ומנחות כיצד ניתן למזער את הפגיעה בהם (פורת ורותם, 2018). לאחר מכן, המדען הראשי של רט"ג הוציא ליערן הראשי של קק"ל היתר כללי שנתי לפגיעה בערכי טבע מוגנים ביערות בעת ביצוע פעולות ממשק יער (שקדי, 2019).

הנחיות להגנה על ערכי טבע מוגנים בעת ביצוע פעולות דילול וחידוש ביערות

ההנחיות המקצועיות שגובשו מפרטות את ערכי הטבע החשובים ביותר שיש להגן עליהם ביערות, ומנחות כיצד ניתן למזער את הפגיעה בהם, תוך התמקדות בפעולות של דילול וחידוש ביערות. שתי הפעולות האלה הן, מצד אחד,



איור 1

רחבת עבודה שהעצים הכרותים מרוכזים בה לצורך חיתוך והעמסה על משאיות
צולם בעת דילול לקראת חידוש יער חדרה (קייץ 2022) לאחר שרפה בשנת 2020. צילום: אניל זאהר.



איור 2

כניעה בערכי טבע מוגנים

מימין: דוגמה להכשרת שטח לנטיעה, שגרמה לפגיעה בשוגג במקבצי פריחה של אירוס הסרגל (*Iris vartanii*) וחלמונית גדולה (*Sternbergia clusiana*). קרחת היער לא ניטעה, ושוקמה לצורך שימור הגאופיטים, 2020. משמאל: אירוס הסרגל, מין מוגן, בעל פריחה מרהיבה, הנמצא בסכנת הכחדה ומאפיין גם את היערות הנטועים הפתוחים, בעיקר בצפון הארץ. צילום: יהל פורת.

במאגרי המידע של רט"ג וקק"ל מעשרים השנים האחרונות של צמחים בסכנת הכחדה או של אתרי רבייה של בעלי חיים ואת כל השטחים המתוכננים לחידוש יערות. בין השנים 2019–2024 בוצעו סקרים לאיתור ערכי טבע מוגנים בכ-80,000 דונם של יערות שיועדו לדילול ולחידוש. חלק מהשטחים נסקרו מספר פעמים בעונות שונות, מכיוון שהיה בהם או בקרבתם תיעוד מוקדם של מספר מיני צמחים חשובים לשימור, למשל – של מיני צמחים הפורחים באביב וגם של אלה הפורחים בסתיו או בתחילת החורף. הסקרים מבוצעים בצוותים הכוללים בוטנאים מומחים וסקרים בעלי ניסיון בזיהוי סימני פעילות של בעלי חיים, בשיטה של חתכי הליכה לאורך העומד (שליו ושות', 2023). במהלך הסקר ממופים, מצולמים ומתועדים כל ערכי הטבע המוגנים החשובים שנמצאו בשכבת ממ"ג ייעודית של ערכי טבע ביערות קק"ל, שנבנתה כחלק מפרויקט זה. שכבה זאת מהווה כיום את מסד הנתונים של קק"ל בנושא, והיא מכילה כבר עתה כ-4,000 תצפיות בערכי הטבע שהוגדרו כערכים שחשוב ביותר להגן עליהם ביערות קק"ל.

הגנה על ערכי הטבע שנמצאו בסקרים בעת ביצוע פעולות הממשק ביער

כל ממצאי הסקרים שמבוצעים בשטח יער המיועד לדילול או לחידוש, מועברים למהנדסי היער. הסקר מוגש כדו"ח בעל מבנה אחיד, שנכתב על ידי האקולוגים בקק"ל והסוקרים של מכון דש"א, והוא כולל מפה (איור 3) שמופיעים בה ערכי הטבע שחשוב ביותר להגן עליהם וטבלת הנחיות מפורטות כיצד לבצע את הפעולות היעדרניות המתוכננות תוך מזעור הפגיעה בהם (טבלה 1). בטבלה מופיעים רדיוס ההגנה הנדרש סביב ערכי הטבע, אופי העבודה ועונת העבודה המותרים ומפגעים שונים שנמצאו בשטח, כדוגמת מינים פולשים וריכוזי אשפה.

דו"חות מנחים לקראת חידוש יער כוללים גם התייחסות לתפקודם האקולוגי המרחבי של שטחי היער האלה. למשל, נבחן מיקום שטחי החידוש המתוכננים ביחס ליחידות אקולוגיות נדירות, ביחס ליחידות שאינן מיוצגות באופן מספק בשטחים מוגנים (רותם ושות', 2016), או ביחס למקומות הצרים ביותר של המסדרונות האקולוגיים ("צווארי בקבוק") ולתצורות צומח נדירות באזור (פורת, 2021; לב רמתי ושות', 2022). מהנדסי היער והאקולוגים של קק"ל מטמיעים את ההנחיות שבדו"חות במסמכים של מכרזי הדילול ומסיירים עם היערן, מדריכי היער וקבלן הביצוע להכרת הממצאים ולסימון מיקום אפשרי לרחבות העבודה, ובהתאם לצורך, אף את ערכי הטבע החשובים ביותר.

כדוגמה למכלול מורכב ומוצלח של פעולות הגנה על ערכי טבע מוגנים בעת ביצוע דילול ביער ניתן לציין את פרויקט דילול היער המחטני בהר יונה שבנצרת (שליו ושות', 2021).

לא יבוצע דילול היער בתקופת הקינון (מרץ עד ספטמבר אצל חוויאים, פברואר עד יולי אצל עקבים), וכמו כן, ברדיוס של 50 מטר סביב לעץ שהקן ממוקם עליו, לא יבוצע כלל דילול. ההנחיות האלה כוללות פירוט והרחבה להנחיות שניתנו על ידי רט"ג לממשק הצומח המעוצה בכרמל לאחר השרפה ב-2010 (אלבז ושות', 2014), והן מן הראשונות והמקיפות מסוגן שפותחו בארץ.

חידוש יער

חידוש יער מבוצע על ידי קק"ל על פני מאות עד אלפי דונמים בודדים ברחבי הארץ מדי שנה. ההנחיות שגובשו קובעות שבשטח שנמצא סביב ערכי טבע מוגנים שחשוב להגן עליהם, ברדיוס משתנה (בדרך כלל עשרות מטרים בודדים), לא יבוצעו נטיעות, חידוש יער או הקמת יער (איור 2). ההנחיות היוו בסיס לגיבוש תפיסה של שימור המגוון הביולוגי וערכי הטבע המוגנים בעת ביצוע חידוש והקמה של יער בנטיעה (פורת, 2021) כחלק ממסמך הקמת יערות וחידושם על פי עקרונות תורת ניהול היער (אסם וצורף, 2021). חידוש יערות הוא פעולת הממשק השנייה בחשיבותה ובהיקפה להמשך קיום היערות הנטועים בישראל. חידוש היער עשוי להתבסס על פוטנציאל ההתחדשות הטבעית של העצים שבו או על נטיעה, והוא מבוצע לאחר דילול או כריתה של יער מבוגר ומנוון יחסית או של יער צעיר שלא נקלט היטב בשטח. כאשר מידת ההתחדשות הטבעית של העצים אינה תואמת את מצב היער הרצוי, יבוצעו עבודות להכנת השטח ונטיעות כדי להגיע למצב היער הרצוי. הכנת השטח תיעשה באמצעות עבודות עפר שונות, כגון חידוש שיחים, יצירת תלמים וחפירת בורות נטיעה על ידי טרקטורים או מחפרונים, והנטיעות יבוצעו עם השקיה וכיסוח או ריסוס בקוטלי עשבים ברדיוס קטן סביבן בשנים הראשונות.

יישום ההנחיות

סקירת ערכי טבע מוגנים לפני דילול יער וחידוש יער

ערכי הטבע המוגנים ביערות קק"ל נסקרו באופן מוגבל ביותר בעבר, ולא פותחו שיטה ומבנה אחידים של סקר, מיפוי ומסד נתונים של הערכים האלה ביערות. בהתאם למסמך ההבנות ולהנחיות המקצועיות שגובשו, נבנית ומבוצעת מדי שנה, החל משנת 2019, תוכנית סקרים שנתית רחבת היקף בשטחי התוכנית השנתית לדילול ולחידוש ביערות, בשיתוף פעולה בין קק"ל למכון דש"א (גלייטמן ופורת, 2019; לב רמתי ושות', 2022). תוכנית הסקרים השנתית כוללת שטחים המיועדים לדילול שקיים בהם או בקרבתם תיעוד

הדרכות שנתיות מרוכזות בנושא זה, לצורך חיזוק ההיכרות של אנשי השטח בקק"ל עם החשיבות והצורך בהגנה על ערכי הטבע המוגנים ביערות. הודות לכך, מספר המקרים שתועדו בהם פגיעות בערכי טבע ביערות הולך ופוחת באופן משמעותי בשנים האחרונות.

חשיבותו של סקר ערכי הטבע המוגנים ביערות להבנת תפוצתם של מינים נדירים בישראל

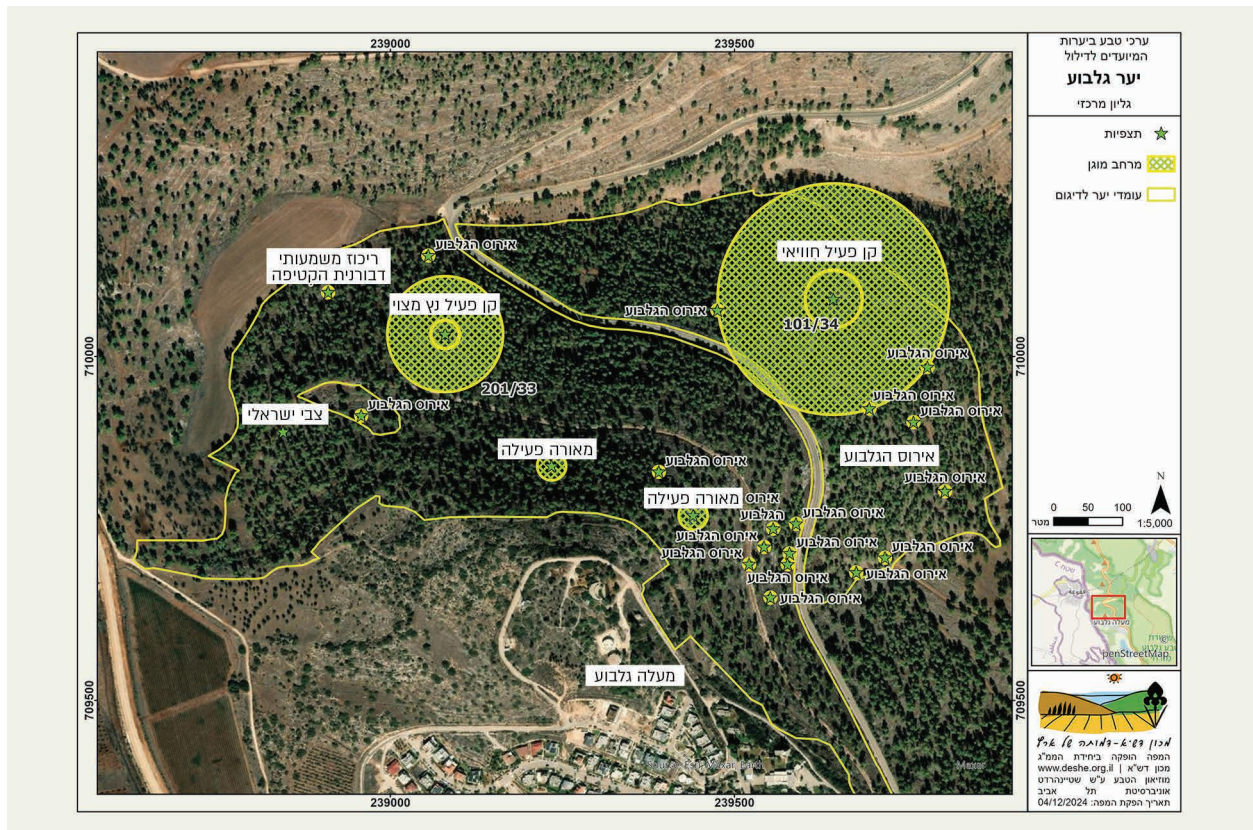
עד לתחילת ביצוע סקרי ערכי הטבע ביערות נסקרו בהם רק עצים, בעוד שתפוצת צמחים שאינם עצים וכן בעלי חיים כמעט ולא נסקרה. שש שנים לאחר תחילת ביצוע הסקרים ניכר באופן ברור שלממצאיהם חשיבות גבוהה ביותר לשמירת הטבע בישראל, והם שופכים אור חדש על תפוצתם של צמחים ובעלי חיים בישראל (גלייטמן ופורת, 2019; לב רמתי ושות', 2022; לב רמתי ושות', 2023).

צמחים חדשים לישראל ביערות קק"ל

במסגרת הסקרים התגלו עד כה חמישה מיני צמחים חדשים לישראל. זכריני הביצות (*Myosotis laxa*) נמצא במהלך

ביער אורנים מתבגר וצפוף התגלתה אוכלוסייה גדולה מאוד של אירוס נצרתי (*Iris bismarckiana*) (איור 4). הצורך בדילול היער נבע מהרצון לווסת את צפיפותו וכן לעצבו כיער פתוח עם תנאי אור משופרים עבור האירוסים. לשם כך, באביב 2019 בוצע סקר ערכי טבע מוגנים, שכלל מיפוי וסימון מדויק של מקבצי האירוסים, ונקבע שהדילול יבוצע במהלך הקיץ, לאחר פיזור הזרעים ולפני תחילת הגשמים והבלבוב של האירוסים. הדילול התבצע בשילוב בקרה בשטח, על ידי היערן ומדריך היער המלווה את הדילול, כדי לוודא שפסי הגרירה ורחבות העבודה לא ימוקמו בקרבת מקבצי האירוסים. בסיור שבוצע לאחר סיום הדילול לצורך התרשמות מהשפעותיו על מקבצי האירוסים, ניכר שהעבודות לא גרמו לפגיעה בקרקע היער או לחשיפת קני שורש, ולא נצפתה כל פגיעה בריכוזי האירוסים (אביב, 2021).

ריכוזים של ערכי טבע בשטחים לחידוש, שחשוב להגן עליהם, מסומנים בשטח על ידי היערן ומדריכי היער כדי שהנטיעה לא תתבצע בקרבתם. נוסף על הסקרים, על ההנחיות שניתנות בעקבותיהם ועל הבקרה על תכנון העבודות וביצוען בשטח, האקולוגים בקק"ל מבצעים



איור 3

מפת ממצאי סקר ערכי טבע מוגנים לפני דילול יער

דוגמה זו לקוחה מתוך הדו"ח המנחה של סקר שבוצע בגלבווע במרץ 2020. מיפוי: מכון דש"א.

מספר עומד	ממצאים	רדיוס שטח לסימון ולהגנה	הנחיות	עונת עבודה מותרת בשטח המסומן
107/13	1. שום הגלגל 2. זמזומית ורבורג	10 מטר מכתם התצפית	1. פסי גרירה ורחבות עבודה: ימוקמו מחוץ לשטח המסומן 2. עבודה בשטח המסומן תבוצע באופן ידני ככל הניתן 3. יש להימנע מפסי גרירה ומרחבות עבודה בעומד 120/13 הצמוד מדרום	יוני-נובמבר (מסיום פיזור הזרעים ועד תחילת ההצצה)
	3. מאורה פעילה	25 מטר		
201/33	1. אירוס הגלבווע 2. ריכוז משמעותי של דבורנית הקטיפה	10 מטר מכתם התצפית	1. פסי גרירה ורחבות עבודה: ימוקמו מחוץ לשטח המסומן 2. עבודה בשטח המסומן תבוצע באופן ידני ככל הניתן	יוני-נובמבר (מסיום פיזור הזרעים ועד תחילת ההצצה)
	3. מאורה פעילה	25 מטר		
	4. קן פעיל, נץ מצוי	25 מטר מעגל ראשון 100 מטר מעגל שני	במעגל ההגנה הראשון אין לדלל כלל כל השנה במעגל ההגנה השני מותר לדלל מחוץ לעונת הקינון	אין לעבוד בעונת הקינון מ-15/4 ועד 1/8
	5. פעילות צבאים		יש להתחיל את העבודות מכיוון היישוב מעלה גלבווע צפונה	
101/34	1. אירוס הגלבווע	10 מטר מכתם התצפית	1. פסי גרירה ורחבות עבודה: ימוקמו מחוץ לשטח המסומן 2. עבודה בשטח המסומן תבוצע באופן ידני ככל הניתן	יוני-נובמבר (מסיום פיזור הזרעים ועד תחילת ההצצה)
	2. קן פעיל, חוויאי	50 מטר מעגל ראשון 200 מטר מעגל שני	במעגל ההגנה הראשון אין לדלל כלל כל השנה במעגל ההגנה השני מותר לדלל מחוץ לעונת הקינון	אין לעבוד בעונת הקינון מ-1/3 ועד 15/9
209/39, 104/40, 105/40, 107/40, 108/40 ללא הנחיות מיוחדות				
הנחיות כלליות לכל העומדים שבמכרז: יש להטמיע את ההנחיות במכרז, בתיאום עם מחלקת אקולוגיה.				

טבלה 1

טבלת ממצאים וההנחיות להגנה על ערכי טבע מוגנים בעת דילול יער

דוגמה זו לקוחה מתוך הדו"ח המנחה המבוסס על סקר ערכי טבע, שבוצע בגלבווע במרץ 2020.

סקר לקראת חידוש ביער חדרה. מין זה צומח באזורים פתוחים ועמוקים יחסית בבריכת החורף ביער חדרה, וככל הידוע עד כה מדובר באתר היחיד שהוא גדל בו בישראל (איור 5). מין חדש לארץ של אספסת (*Medicago* sp.), הנמצא בתהליך הגדרה, נמצא בשני סקרים לקראת חידוש ביערות יתיר ודודאים, ומאז נמצא בשני אתרים נוספים (סמוך ליער יתיר וביער להב). דבקה נימית (*Galium tenuissimum*) נמצאה בסקר לפני חידוש ביער חרמונית על קרקע בזלתית כבדה, בשולי מטע חבושים (Ben-Natan et al., 2024). שתי אוכלוסיות גדולות של שני מיני עלקת שאינם מזוהים עדיין (*Orobanche* sp.) נמצאו בסקרים ביערות ביריה והרי נפתלי.



איור 4

מקבץ אירוס נצרותי בהר יונה ביער נצרת
2019. צילום: יהל פורת.

אוכלוסיות גדולות של צמחים בסכנת הכחדה ביערות

קק"ל

במהלך עריכת הסקרים התגלה שהאוכלוסיות הגדולות ביותר של חלק ממיני הצמחים בסכנת הכחדה בישראל נמצאות דווקא ביערות, וכך הסתבר שהערכיות הבוטנית

כבודות וקלות ובתי גידול לחים), ידועה מזה מספר שנים (פרגמן-ספיר ופורת, 2021). עם זאת, בסקרים שבוצעו עד כה התגלו יערות נוספים המשמשים מפלט חשוב ביותר לצמחים בסכנת הכחדה באזורים חקלאיים ומבוניים (לב רמתי ושות', 2022; לב רמתי ושות', 2023). למשל, נמצא שיער מבוא חמה משמש מקום מפלט לפחות לשמונה מיני צמחים בסכנת הכחדה. לאחר דילול שבוצע ביער אלוני הבשן בשנת 2021 התגלו עשרה מיני צמחים בסכנת הכחדה ומספר רב של מינים נדירים אחרים. עד לביצוע סקר לפני חידוש ביער חדרה בשנת 2022 היה קיים מידע מועט וחלקי בלבד על נוכחות מיני צמחים בסכנת הכחדה. בסקר הסתבר שהיער ושטחי הביצה שבו – מהגדולים ששרדו כיום במישור החוף – הם בעלי חשיבות רבה לשימור מגוון מיני הצמחים במישור החוף.

סיכום

קק"ל נמצאת בעיצומו של תהליך רחב היקף וסדור שמטרתו לפתח וליישם שיטות עבודה לצורך הגנה על ערכי טבע מוגנים בעת ביצוע פעולות ממשק ביער. כשש שנים מאז החלה קק"ל לסקור ולמפות באופן שוטף את ערכי הטבע המוגנים ביערות ולהגן עליהם, ניכר שהפעולות האלה תורמות להגנה על המינים והערכים המוגנים, מבלי לפגוע בתהליכים ההכרחיים של דילול היערות וחידוש היערות ומבלי לעכב אותם. נמצא שבמקרים רבים דילול יער שנעשה תוך הקפדה על הנחיות ההגנה, לא רק שאינו פוגע באוכלוסיות צמחים בסכנת הכחדה, אלא הוא אף תורם לשגשוגן הודות לפתיחת חופת היער ולשיפור תנאי האור עבורן (לב רמתי ושות', 2022). ממצאי הסקרים ביערות והדגש הניתן להגנה על ערכי הטבע שבהם, ממחישים ומשפרים את תפקודם החשוב של יערות קק"ל כעוגנים טבעיים במערך המסדרונות האקולוגיים בארץ (פורת ורותם, 2019). ממצאי הסקרים בשילוב המודעות הגבוהה יותר של אנשי קק"ל לערכי הטבע ביערות מאפשרים קידום פרויקטים נוספים לצורך שימור ושיקום של המגוון הביולוגי ביערות. למשל, מחלקת אקולוגיה באגף הייעור החלה לקדם בשלוש השנים האחרונות תוכניות ניטור ארוכות טווח של אוכלוסיות צמחים בסכנת הכחדה ביערות ולבנות תוכניות ממשק לשימור ושיקום של האוכלוסיות האלה ביערות המהווים מפלט חשוב במיוחד עבורם (ראו מאמרם של גליטמן ופורת בגיליון זה).

מחלקת אקולוגיה באגף הייעור מדריכה ומנחה באופן שוטף את מהנדסי היער, היערנים והמדריכים בקק"ל בכל הקשור להגנה על ערכי הטבע ביערות, וניכר שמשנה לשנה מתחזקת הכרתם בכך שהערכים האלה הם חלק בלתי

של יערות קק"ל גבוהה ממה שהוערך (לב רמתי ושות', 2022; לב רמתי ושות', 2023). למשל, האוכלוסייה הגדולה ביותר בארץ של ולריינית זעירה (*Valerianella pumila*), מין הנמצא בסכנת הכחדה חמורה בארץ, נמצאה בסקר לפני חידוש ביער נחל הבשור, בבתרונות שמורים של שטחי לס וחמרה מהודקת. מלבד אוכלוסייה זו ידועים רק שני אתרים נקודתיים וקטנים (כחות מדונם) נוספים בארץ. אשבל השדה (*Stachys arvensis*), מין נדיר של קרקעות חמרה במישור החוף, מוכר רק משלוש אוכלוסיות יציבות במישור החוף, ושתיים מהן נמצאות ביערות קק"ל. אוכלוסייה גדולה ומוכרת של מין זה נמצאה שוב בסקר ביערות אילנות מזרח ומערב, ואוכלוסייה חדשה שנמצאת צפונית לתחום התפוצה הידוע של המין בישראל, התגלתה בסקר לפני חידוש ביער חדרה. האקוטיפ השרוני של שיבולת שועל גדולה (*Avena longiglumis*) מאפיין אזורים חוליים לחים, ונמצא בסכנת הכחדה חמורה. ידועות רק ארבע אוכלוסיות שלו בארץ, ושלוש מהן נמצאו בסקרים ביערות קדימה, אילנות מזרח ובנימינה. שְׁחֵלִיִּים גבוהים (*Lepidium latifolium*) גם הוא מין הנמצא בסכנת הכחדה. הוא גדל בשולי נחלים ומעיינות, והאוכלוסייה הגדולה ביותר שלו בארץ נמצאה בסקר לפני דילול על קרקע כבדה בגדות נחל הקישון ביער אלונים.

יערות קק"ל כאתרי מפלט למינים המאפיינים בתי גידול נדירים

חשיבותם של יערות קק"ל כמפלט (לפעמים אחרון) למינים נדירים רבים, המאפיינים בתי גידול ייחודיים, שסובלים מהתמרה לחקלאות ולבנייה ואינם מיוצגים באופן מספק בשטחים מוגנים (כגון קרקעות עמוקות,



איור 5

זכריני הביצות, צמח חדש בארץ שהתגלה בשטחים ביצתיים
הצמח תועד לראשונה במסגרת סקר ערכי טבע מוגנים לפני חידוש ביער חדרה, באביב 2022. צילום: דר בן נתן.

תודות

לאילון כלב מקק"ל, על ניהול מסד נתוני הממ"ג של ערכי הטבע, ולעידן טלמון, לענבר שניצר ולכלל אנשי מכון דש"א, שהשתתפו בפרויקט רחב היקף זה לאורך השנים.

נפרד מזהותם ומבריאותם של היערות שהם מנהלים. יש לקוות שתהליך הפיתוח וההטמעה, שהוא מהראשונים והמקיפים שפותחו עד כה בארץ, יהווה דוגמה עבור גופים נוספים, המנהלים שטחים פתוחים בארץ, וידרבן אותם להגן על ערכי הטבע החשובים בשטחים שבניהולם.

מקורות

- פורת י. 2021. שיקולים אקולוגיים לצורך קבלת החלטה על נטיעה לחידוש והקמת יער. בתוך: אסם י, צורף ח (עורכים). **הקמה וחידוש יער, מדיניות והנחיות על פי תורת ניהול היער בישראל**. אגף הייעור, קק"ל.
- פורת י ורותם ד. 2018. **הגנה על ערכי טבע מוגנים בחוק תוך כדי פעולות דילול היער. הגדרות מקצועיות כחלק מתהליך רב שנתי לצורך קבלת היתר כללי לפגיעה בערכי טבע**. אגף הייעור, קק"ל וחטיבת המדע, רשות הטבע והגנים.
- פורת י ורותם ד. 2019. ניהול יערות קק"ל ותפקודם כעוגנים טבעיים ברצף השטחים הפתוחים והמסדרונות האקולוגיים. **אקולוגיה וסביבה**, 10(1), 8-10.
- פרגמן-ספיר א ופורת י. 2021. **ממשק יער ב"נקודות חמות" של צמחים בסכנת הכחדה 2018-2019 ותוספות 2019-2021**. דו"ח מחקר של הגן הבוטני האוניברסיטאי – ירושלים, עבור מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- רוטשילד א. 2012. **יעור בנגב הצפוני ובדרום הר חברון: השפעות אקולוגיות**. אגף שמירת טבע, החברה להגנת הטבע.
- רותם ד, וייל ג, ולצ'אק מ ואמיר ש. 2016. מידת ייצוגן של יחידות אקולוגיות טבעיות בשטחים המוגנים בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 7(1), 16-23.
- שליו ע, פרלברג א, לב רמתי ד, רותם, גלייטמן ש ופורת י. 2021. **דו"ח מדעי: פיתוח כלים ושיטות למיפוי, סקר וסימון ערכי טבע מוגנים ביערות קק"ל המיועדים לדילול וחידוש, סיכום שנת 2021**. דו"ח מחקר של יחידת סקרי טבע ונוף, מכון דש"א עבור מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- שליו ע, לב רמתי ד, טלמון ע ופורת י. 2023. **פרוטוקול לדיגום ערכי טבע ביערות מיועדים לדילול מדריך לסוקר**. יחידת הסקרים של מכון דש"א, עבור מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- שמידע א ופולק ג. 2007. **הספר האדום – צמחים בסכנת הכחדה בישראל** כרך א'. רשות הטבע והגנים.
- שמידע א, פולק ג ופרגמן-ספיר א. 2011. **הספר האדום – צמחים בסכנת הכחדה בישראל** כרך ב'. רשות הטבע והגנים.
- סקדי י. 2019. **היתר כללי לביצוע פעולות ולפגיעה בערכי טבע מוגנים בשטחי תמ"א 22**. חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.
- פורת י ופרומקין ר. 2015. **דו"ח מסכם: השפעת עבודה יערנית על צמחיית הבר בחורשת הסרג'נטים, נתניה, לאחר שרפה ודילול עצים**. עיריית נתניה.
- אלבז נ, חשמונאי ע, טסלר נ ורותם ד. 2014. **תכנית ממשק צומח מעוצה לכרמל 2014**. רשות הטבע והגנים.
- אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל. מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער**. אגף הייעור ויחידת הפרסומים, קשרי ציבור, קק"ל.
- אסם י וצורף ח. 2019. **תורת ניהול היער בישראל: דילול יער מחטני**. אגף הייעור, קק"ל.
- אסם י וצורף ח. 2021. **הקמה וחידוש יער, מדיניות והנחיות על פי תורת ניהול היער בישראל – מסמך הליבה**. אגף הייעור, קק"ל.
- אשכנזי מ, פורת י ואסם י. 2017. **דו"ח מסכם לסקר גאופיזיים: ניטור הטיפולים בנזקי השלגים ביערות ברייה, בעש"ט ומירון**. מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- ברנד ד וסקדי י. 2017. **מסמך הבנות בנושא היתרים לפגיעה בערכי טבע מוגנים לפעולות ממשק יערני שמבצעת קק"ל**. אגף הייעור, קק"ל, חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים.
- גלייטמן ש ופורת י. 2019. **סיכום פיילוט סקר צמחים בסכנת הכחדה בתוכנית דילול יער לשנת 2019, כחלק מתנאי ההיתר הכללי לפגיעה בערכי טבע מוגנים בפעולות ניהול היער**. מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- וולצ'ק מ, לבל מ, וין ג ופרגמן-ספיר א. 2024. **אתר הצמחים בסכנת הכחדה בישראל**. רשות הטבע והגנים. <https://redlist.parks.org.il>
- לב רמתי ד, בן-נתן ד, פרלברג א, רותם ד, שליו ע, טלמון ע ושות'. 2022. **סיכום שלוש שנות פיילוט 2020-2022: פיתוח כלים ושיטות למיפוי, סקר וסימון ערכי טבע מוגנים ביערות קק"ל המיועדים לדילול או לחידוש**. דו"ח מחקר של יחידת סקרי טבע ונוף, מכון דש"א עבור מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- לב רמתי ד, שניצר ע, שמש ב, בן נתן ד, פרלברג א, רותם ד ושות'. 2023. **מיפוי, סקר וסימון ערכי טבע מוגנים ביערות קק"ל המיועדים לדילול או לחידוש 2022-2023**. דו"ח מחקר של יחידת סקרי טבע ונוף, מכון דש"א עבור מחלקת אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.
- מבקר המדינה. 2014. **דוח שנתי 64: הרשות לשמירת הטבע והגנים הלאומיים**. משרד המשפטים. 1998. חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח-1998.

Ben-Natan D, Fragman-Sapir O, and Shemesh B. 2024. Contributions to the Flora Palaestina region. *Flora Mediterranea*, 34, 73-94.



השפעת טיפולי דילול בחלקות יער אורנים על רמת פעילותו של הצבי הישראלי ועל רמת סימוני הטריטוריות

עובד גור^{1,2*} | יגיל אסם³ | רחל בן שלמה^{4,1} | אורי שיינס^{4,1}

1 החוג לביוולוגיה אבולוציונית סביבתית, אוניברסיטת חיפה

2 אורנים – המכללה האקדמית לחינוך

3 המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני

4 החוג לביוולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה – אורנים

* ovedgur@gmail.com

תקציר

לאזורים מוצלים שהם גם מוגנים מטריפה, והצורך למצוא מזון הובילו להעדפת היער המדולל. ממצא נוסף שעלה במחקר הוא שבגבולות תחומי המחיה של זכרים טריטוריאליים היו באותן תחנות ריח סימונים משותפים של שני צבאים שונים. תוצאות המחקר מצביעות על שוני בהעדפות בית הגידול של הצבי הישראלי ביחס למה שהיה ידוע עד כה, והן משליכות על ממשק יערות האורנים נטע האדם ועל רמת הדילול הרצויה שתקל על שימור אוכלוסיית הצבאים. כמו כן, התוצאות מאירות את העובדה שבחירת מיקום תחנות הריח אינה אקראית, והיא עומדת בקשר הדוק לאופי יער האורנים.

הצבי הישראלי, מין דגל בסכנת הכחדה, נפוץ בארץ בשטחי בתה ושיחייה, אך בשנים האחרונות ישנן עדויות למשיכה שלו לבית גידול אחר – יערות אורנים נטע אדם. כדי לבדוק את צפיפות היער המועדפת על הצבי הישראלי בדקנו את פיזור ערמות הגללים ואת פיזור תחנות הריח בתחנות LTER ביער הקדושים, הממוקמת במורדות המערביים של הרי ירושלים. באתר המחקר נעשו טיפולי דילול של עצי אורן ירושלים לארבע רמות: כריתה מלאה, 10 עצים לדונם, כ-30 עצים לדונם, וקבוצת ביקורת של כ-60 עצים לדונם (צפיפות היער המקורית). רמת הפעילות של הצבאים נמדדה בעזרת ספירת כל ערמות הגללים בחלקות הטיפול השונות, וכן נסקרו תחנות הריח בטיפולים השונים תוך זיהוי הפרטים המסמנים בעזרת DNA שמוצה מהגללים בתחנות. ממצאי המחקר מראים שהצבאים מעדיפים את חלקות היער המדולל על פני השטח הפתוח (כריתה מלאה), ועל פני חלקות הביקורת (הצפיפות המקורית), ושרמת ההעדפה משתנה בעונות השונות. נוסף על כך, נמצאו באזורים המיוערים יותר תחנות ריח, ומספר הפרטים המסמנים בטיפולי הדילול היה גבוה יותר. נראה שההעדפה

מילות מפתח

ערמות גללים, תחנות ריח

מבוא

ובמרכזה, וכיום על סמך בדיקות גנטיות מגדירים אותו כמין אנדמי נפרד (Hadas et al., 2015). הגדרה זו כמין נפרד שינתה את מעמדו של הצבי ממין שעתידי בסכנה (VU), כלומר שמתרחשת ירידה בגודל אוכלוסייתו המקומית (דולב וכרבלוצקי, 2002), למין בסכנת הכחדה (EN). האוכלוסייה הייחודית בישראל עלולה לקטון ב-10 השנים הקרובות ב-50%, בעיקר עקב קיטוע של בתי הגידול וירידה בגודל השטח שבשימוש על ידי המין, ועל כן הוא מוגדר כשרוי בסכנת הכחדה (Yom-Tov et al., 2021).

הצבי הישראלי הוא בעל חיים חברתי, ולרוב חי בקבוצות של זכרים רווקים (בגיל חצי שנה עד שלוש), נקבות עם צאצאים וזכרים בודדים טריטוריאליים. הזכרים הטריטוריאליים מסמנים את הטריטוריה על ידי "תחנות ריח" שהם מטילים בהן גללים ושתן לאחר שחפרו גומה בקרקע (יום טוב, 2016; Baharav, 1974; Mendelsohn et al., 1995). תחנת ריח היא בעיקר סימון כימי, אך גם חזותי, והיא נראית למרחוק ובולטת בנף.

הצבאים נחשבים "מין דגל" (flagship species), כלומר מין בולט בעל חשיבות תרבותית, שמעורר אמפטיה רבה בקרב אנשים, ונחשב לחלק מהתרבות הטבעית של האזור. ולראיה, אחד מכינוייה של ארץ ישראל הוא "ארץ הצבי" (יום טוב, 2016). הגנה על אוכלוסיות הצבאים מביטיחה גם הגנה על מרכיבי חברה נוספים, ותגורר בעקבותיה הגנה על בתי הגידול של מינים אחרים. לכן ניתן להחשיב את הצבי הישראלי כמין מפתח (keystone species) המכתיב את תכונת החברה, ומהווה בכך מין בעל חשיבות לקיומו של מכלול מינים בקרבתו (יום טוב, 2016). אחד ההיבטים החשובים שסייעו להגנה על אוכלוסיית הצבאים הוא טיפוח ושמירה על בתי הגידול שלהם (Yom-Tov et al., 2021).

הצבי הישראלי מעדיף שטחים פתוחים עם צמחייה נמוכה (צמחייה עשבנית, שיחים ובני-שיח), ולמרות זאת בשנים האחרונות מתרבות העדויות לפעילותו ביערות נטע-אדם. המחקר עסק ביחסי הגומלין המתקיימים בין הצבי הישראלי לבין הצומח ביערות נטע-אדם בישראל. בסקירה זו יוצג חלק מהמחקר העוסק בשאלה כיצד ממשק היער משפיע על פעילות הצבאים. המחקר נערך באתר התחנה למחקר אקולוגי ארוך טווח (Long Term Ecological – LTER Research station) ביער הקדושים, שהוא יער מחטני בהרי ירושלים.

שיטות

באתר המחקר גדל יער אורן ירושלים בוגר וצפוף, שניטע בסוף שנות ה-60, ובסתיו 2009 בוצעו בו טיפולי דילול בעוצמות שונות. השטח חולק לחלקות ניסוי בגודל חמישה דונם, 70×70 מטר, וטיפולי הדילול בחלקות השונות פוזרו

מרבית יערות האורן בישראל ניטעו בשנות ה-50–70 של המאה הקודמת. מטרת הייעור העיקריות בשנים האלה היו יצירת מקור תעסוקה, הגנה על קרקעות מדינה ושיפור חזות הנוף. המטרות ההיסטוריות האלה והידע הקיים ביערנות הובילו לנטיעה של יערות אורנים צפופים, רובם חד-גיליים וחד-מיניים, והמין העיקרי שניטע בהם היה אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) המתאפיין בקצב גידול מהיר וביכולת להתקיים באקלים יובשני ולספק צל למטרות נופש (Osem et al., 2008, 2021; Perevolotsky and Sheffer, 2009). היערות האלה הוקמו ונהלו על פי עקרונות של יערנות מסחרית, והתאפיינו במגוון ביולוגי נמוך בהשוואה ליערות טבעיים ולתצורות צומח טבעיות אחרות (Hartley, 2002; Perevolotsky and Sheffer, 2009; Hua et al., 2022). לדוגמה, במחקר שבחן את המגוון של מספר קבוצות טקסונומיות באזור שפלת יהודה, נמצא כי עושר המינים של חיפושיות, עכבישים וצמחים נמוך ביערות אורן נטועים ב-30%, 17% ו-20% בהתאמה, בהשוואה לעושר בחורש טבעי סמוך (לבנוני, 2005). אופי הנטיעות והממשק היערי בישראל עוררו התנגדות רבה של גופים ירוקים ושל מדענים שהתריעו על המגוון הביולוגי הנמוך ביערות הללו (Perevolotsky and Sheffer, 2009; Osem et al., 2021). ההיבטים האלה עוררו את הצורך בחשיבה מחודשת על הרכב המינים ואופי הממשק של היער הנטוע בישראל, מתוך מגמה ליצור, בין היתר, פסיפס נופי מגוון, שתומך במגוון ביולוגי עשיר, ומוביל, עד כמה שניתן, למאפיינים של מערכות אקולוגיות טבעיות (Osem et al., 2008; Perevolotsky and Sheffer, 2009; Osem et al., 2021).

על פי המגמה החדשה הזו, היערות יהיו רב-תכליתיים, יתאפיינו במבנה רב-גילי, רב-מיני ורב-שכבתי כתמי, יכלו מגוון תצורות צומח, ובהתאם לכך יתמכו במגוון הביולוגי הרחב הייחודי לישראל (אסם ושות', 2014; Osem et al., 2008). אחד המנגנונים להשגת מטרה זו הוא דילול היער הוותיק – דילול שייצמצם את כיוסי חופת היער הבוגר, יוביל להתפתחות צמחיית תת-יער מגוונת ולהתבססות מיני עצים מקומיים שונים, ויתרום להגדלת המגוון הביולוגי בשטחי היער ובסביבתם (אסם ושות', 2014; Osem et al., 2008; Perevolotsky and Sheffer, 2009; Osem and Moshe, 2021; Osem et al., 2021). אחד הסימנים המעודדים שאכן דילול היער יכול להוביל להגדלה של המגוון הביולוגי ולשפר את מצבם של המינים המקומיים, היה הופעתם של צבאים באותם שטחי יער שדוללו בצורה ניסויית. במחקר זה נבחנו בפעם הראשונה בישראל השפעת צפיפות יער אורנים בוגר נטוע על רמת הפעילות של הצבי הישראלי (*Gazella gazella gazella*).

הצבי הישראלי הוא תת-מין אנדמי לישראל בצפונה

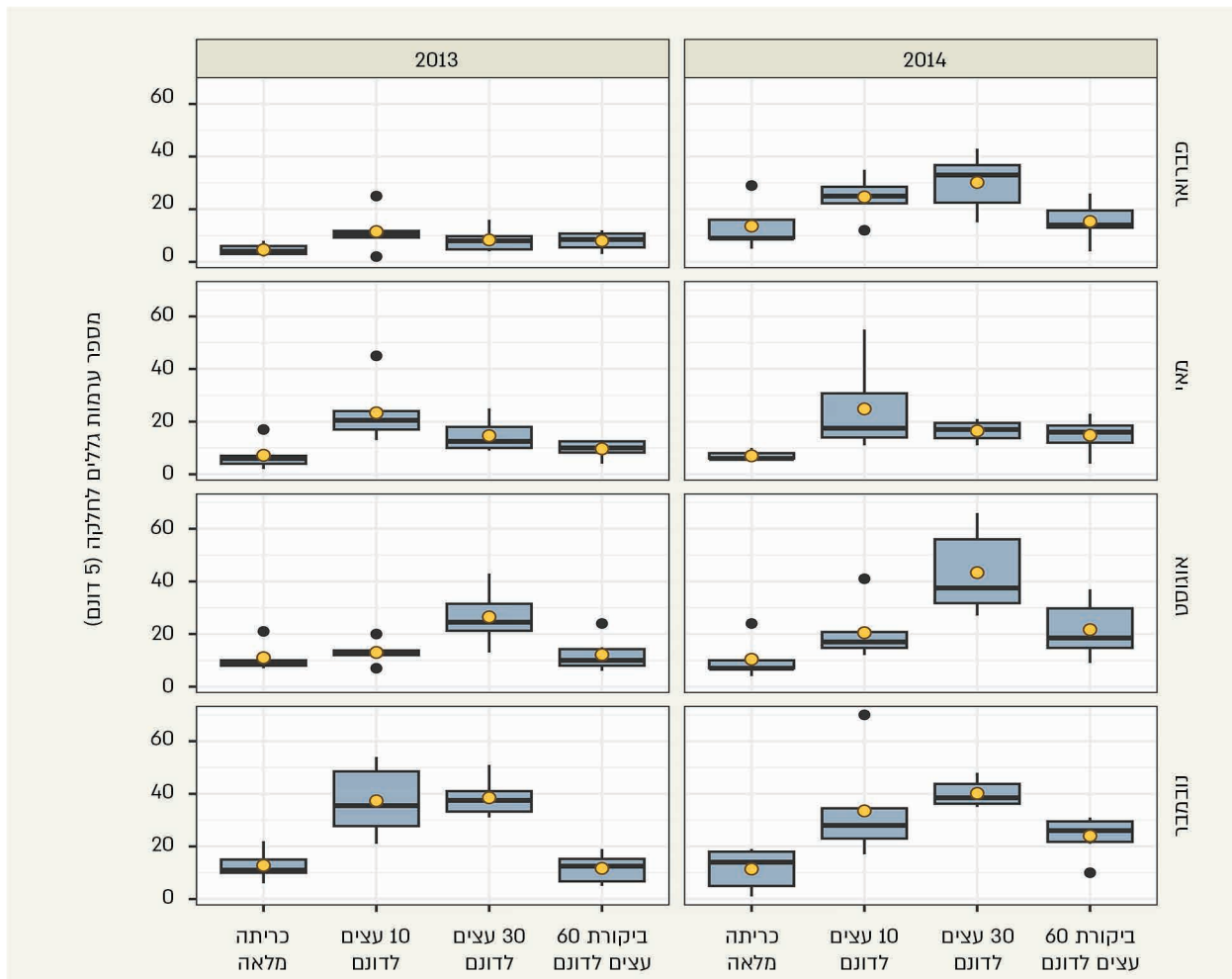
היוו עדות לנוכחות צבאים בשלושת החודשים האחרונים. מקבצים ישנים יותר ניתנים לזיהוי על סמך היובש ורמת הפירוק שלהם. כל ערמת גללים נספרה ומוכתה באמצעות GPS. כדי לבדוק אם לצבאים הזכרים יש העדפה להקמה של תחנת ריח בשטח רמת דילול מסוימת, נספרו תחנות הריח בכל חלקה, חושב מספרן הממוצע לכל רמת דילול, ונלקחה דגימת DNA מגללים שבתחנת הריח. מחקר תחנות הריח נערך בשנת 2016.

תוצאות

התמונה הכללית שהתקבלה לרמת הפעילות של הצבאים היא העדפה לאזורי היער המדולל עם השתנות בין העונות (איור 1).

באופן אקראי (complete random design). בוצעו ארבע רמות של דילול: 1. ביקורת ללא דילול, עם צפיפות של כ-50–60 עצים לדונם; 2. דילול בעוצמה נמוכה, לצפיפות של 30 עצים לדונם; 3. דילול בעוצמה גבוהה, לצפיפות של 10 עצים לדונם; 4. כריתה מלאה: כריתה של כל עצי האורן בשטח החלקה והגעה למצב של 0 עצים לדונם. כל טיפול נערך בחמש עד שש חזרות, וסך הכול היו 23 חלקות (ראו איור 1 במאמרם של מוצפי ושות' בגיליון זה). מדד שטח העלה (Leaf Area Index – LAI) של חופת היער היה 0.97 ± 0.22 , 1.64 ± 0.25 ו- 2.38 ± 0.25 בהתאמה (זנו, 2019; אסם ושות', 2016; 2023; Calev et al., 2016).

המעקב אחר רמת הפעילות של הצבאים נערך בשנים 2013–2014 והתמקד בצפיפותם ובמיקום ערמות הגללים שלהם. בכל עונה נערכה סריקה רגלית של כל חלקות המחקר לאיתור ערמות הגללים, ומקבצי הגללים שנמצאו

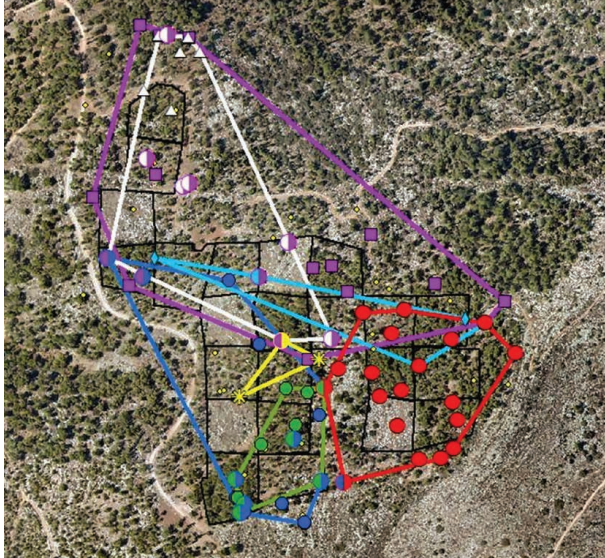


איור 1

התפלגות מספר ערמות הגללים לחלקה (5 דונם) בטיפולי הדילול השונים בשנים 2013–2014

המלבן מסמן את הטווח הבין-רבעוני שמצוים בו 50% מהערכים. הקו בתוך המלבן מסמן את החציון. העיגול הצהוב מסמן את הממוצע. כמו כן, מסומנות נקודות שחרגו מהטווח.

לעיתים סימון משותף של שני זכרים שונים באותה התחנה (over marking). הסתבר גם שתחנות הריח שעל פיהן סומנו הטריטוריות (בייחוד בעונת הרבייה בחודש אוקטובר) נמצאו כמעט אך ורק בשטחים מכוסי עצים, ולא באזורים חשופים (איור 3).



איור 3

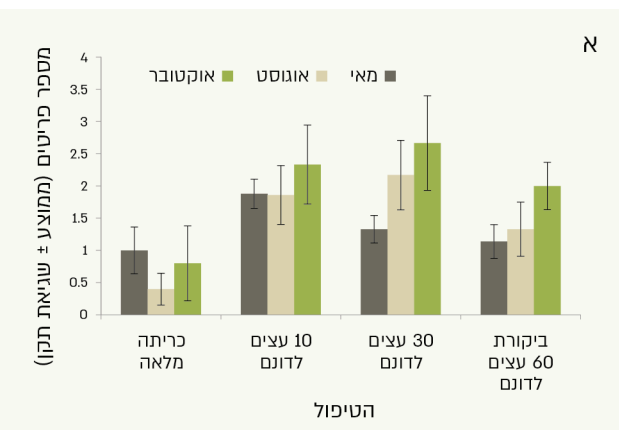
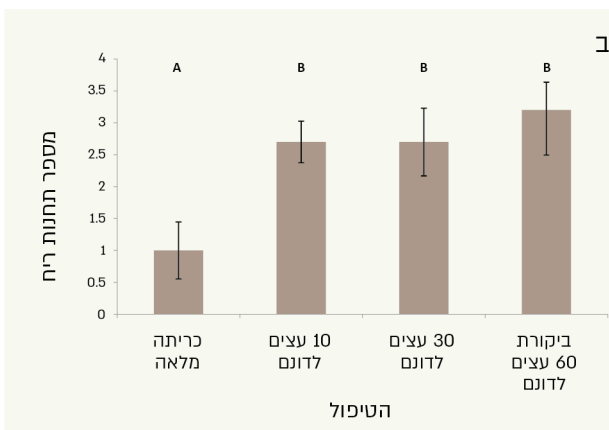
סימוני הטריטוריה ושטחי הטריטוריות של הפרטים הזכרים תחומים במצולעים שהיקפם מינימלי (minimum bounding polygons)

הפרטים השונים מסומנים בצבע ובצורה זהים. עיגול המורכב משני צבעים מציין סימון (הטלת גללים) של שני פרטים שונים באותה תחנת ריח (over marking). עיגול צהוב קטן מציין תחנת ריח קיימת שלא הייתה פעילה בחודש המחקר, אוקטובר 2016.

בחורף (פברואר) לא נמצא הבדל מובהק במספר ערמות הגללים בין הטיפולים השונים. באביב (מאי) רמת הפעילות הגבוהה ביותר הייתה בטיפול 10 עצים לדונם: ב-2013 נמצא שמספר ערמות הגללים הממוצע לחלקה בטיפול 10 עצים לדונם (להלן טיפול 10) היה גבוה באופן מובהק מהממוצע בחלקות הכריתה המלאה, בשתי השנים, וכן בקבוצת הביקורת ב-2013. בשתי השנים מספר הערמות בטיפול 10 היה גבוה ביחס למספר ערמות הגללים בטיפול 30 עצים לדונם, (להלן טיפול 30), אך לא בהבדל מובהק, וכן בהשוואה לקבוצת הביקורת ב-2014. בקיץ (אוגוסט) רמת הפעילות הגבוהה ביותר הייתה בטיפול 30 עצים לדונם: נמצא שמספר ערמות הגללים בטיפול 30 היה גבוה באופן מובהק מיתר הטיפולים (איור 1). בסתיו (נובמבר) 2013 מספר ערמות הגללים של הצבאים היה דומה וגבוה באופן מובהק ברמת הדילול הגבוהה והנמוכה (10 ו-30 עצים לדונם) לעומת טיפולי הביקורת והכריתה המלאה. בסתיו 2014 נמצאה תמונה דומה לסתיו 2013: מספר ערמות הגללים הממוצע היה דומה וגבוה יותר בטיפולים 10 ו-30 ביחס לטיפולי הביקורת, ונמצא הבדל מובהק בין כל החלקות המיוערות (טיפולים 10, 30 וביקורת) לבין טיפול הכריתה המלאה (איור 1).

מגמה דומה נמצאה בפיזור תחנות הריח של הזכרים הצבאים העדיפו באופן מובהק לסמן בחלקות המיוערות לעומת הכריתה המלאה. כמו כן מספר הזכרים הטריטוריאליים המסמנים היה גבוה יותר בטיפולי הדילול (איור 2).

מיצוי DNA מהגללים אפשר לאפיין את הפרטים הטריטוריאליים המסמנים (איור 2), ואת הטריטוריה של כל פרט (איור 3). כמו כן, התגלה שבגבולות הטריטוריות קיים



איור 2

מידת השימוש בתחנות הריח בטיפולים השונים

א. מספר הזכרים הטריטוריאליים שסימנו תחנות ריח בטיפולים השונים בחודשים מאי, אוגוסט ואוקטובר, ממוצע לחלקה (5 דונם) ± שגיאת תקן; ב. מספר תחנות ריח ממוצע לחלקה (5 דונם) בטיפולי הדילול השונים (ממוצע ± שגיאת תקן). אותיות שונות מעל עמודות מציינות הבדל מובהק. $F_{3,19}=5.04, p=0.01$.

אורנים עדיין לא נבדקה רמת הפגיעות של צבאים מכלבים, אך במהלך המחקר נצפו בשטח היער מספר מרדפים של להקת כלבים אחרי צבי (גור, תצפיות אישיות), ופעם אחת אף נמצאו שרידי צבי שנטרף, ולידם עקבות של בעל חיים ממשפחת הכלביים. הודות למצלמת מעקב היינו עדים לתצפית מרתקת המעידה על חשש הצבאים מטורפים: כלב של זוג מטיילים נצפה מתפלש במהלך היום בתחנת ריח, וכשהצבי הזכר הגיע בלילה לאזור, הוא הריח את התחנה, ומייד נמלט בריצה. תחנת הריח, שפעלה במשך שנים, ננטשה לחלוטין.

יש להניח שההעדפה לאזורי היער המדולל על פני היער הצפוף מחד גיסא, ועל פני השטח החשוף (כריתה מלאה) מאידך גיסא, מעניקה לצבאים לא רק תנאי מיקרו-אקלים מיטביים, אלא גם הגנה מפני טורפים וכן מהפרעות מצד האדם. הצבאים מתייחסים לפעילות אנושית כאל הימצאות טורפים, ואף חוששים מהאדם יותר מאשר מטורפים (Manor and Saltz, 2005; Shamoon et al., 2018).

טיפולו הדילול ובעקבותיהם שינוי רמת ההצללה (LAI) משפיעים גם על היצרנות והפנולוגיה של הצומח העשבוני. בחודש אוגוסט הצמחייה העשבונית הרב-שנתית (דגניים כדוגמת נשרן הדוחן [*Piptatherum miliaceum*]) בחלקות שעברו כריתה מלאה הייתה יבשה לחלוטין, בעוד שבחלקות שעברו דילול בעוצמה נמוכה (30 עצים לדונם) נשרן הדוחן היה עדיין עם עלים ירוקים ולא יבש לגמרי (גור, תצפיות אישיות). באופן כללי, בחלקות הביקורת שלא דוללו, כמות העשבוניים הרב-שנתיים והחד-שנתיים נמוכה יחסית לחלקות האחרות. הצמחייה העשבונית היא מזון מועדף על הצבאים בעיקר בחורף, ולקראת הקיץ כשהיא נעלמת, המרכיב העשבוני יורד ל-50% מהתפריט, והצבאים מתמקדים במינים שעליהם ירוקים גם בקיץ, כמו יבילית מצויה (*Cynodon dactylon*) (גפן, 1995; יום טוב, 2016; Baharav, 1981; Mendelsohn et al., 1995). לאור רמת הפעילות הגבוהה של הצבאים שנצפתה באוגוסט בטיפול 30, יש להניח שהמעבר מהחלקות ברמת דילול גבוהה (טיפול 10) באביב לחלקות הדילול בעוצמה נמוכה (טיפול 30) בקיץ מאפשר לצבאים גם מגוון רב יותר של מקורות מזון. כאמור, חופת היער משפיעה באופן ישיר על משאב האור בתת-היער, ובעקבות זאת גם על קצב הפוטוסינתזה והיצרנות בתת-היער (זנגי, 2019; Zangy et al., 2021). ככל הנראה, רמת הפעילות הנמוכה יחסית של הצבאים בחלקות הביקורת של יער צפוף נובעת גם מהזמינות הנמוכה של צומח עשבוני, קרי, ממגבלת מזון.

בחירת בית הגידול על ידי פרסתניים רבים באזורי יער היא מעין פשרה, כי קיים שקלול תמורות (trade off) בין ההעדפה לאזורים מוצלים ומוגנים מטריפה, לבין הצורך למצוא מזון (Mysterud and Østbye, 1999; Krebs, 2009).

מתוצאות המחקר עולה שבאזור המורדות המערביים של הרי ירושלים, המיוערים ביערות אורן נטע-אדם, אוכלוסיית הצבי הישראלי מראה נטייה מובהקת לרמת פעילות גבוהה בחלקות היער המדוללות (טיפולים 10 ו-30) יותר מאשר בחלקות היער שעברו כריתה מלאה ומתאפיינות בכתמי בתה, שיחיה וצומח עשבוני, וגם יותר מאשר בחלקות היער שלא עברו דילול ומתאפיינות בצפיפות גבוהה של עצי אורן ובתת-יער בלתי מפותח בהשוואה לחלקות שדוללו. הממצאים האלה עומדים בניגוד מסוים לידע המקובל, שלפיו הצבי הישראלי מעדיף אזורים בעלי נוף פתוח ותצורות צומח נמוכות, כגון מישורי עשב, בתה ושיחיה, ונמנע מכניסה ליער או לחורש צפופים (יום טוב, 2016; Walther et al., 1983; Mendelsohn et al., 1995; Mendelsohn and Yom-Tov, 1999).

חופת היער משפיעה באופן ישיר על משאב האור בתת-היער, אך בו-בזמן היא משפיעה גם על המיקרו-אקלים בדגש על רמת הקרינה המשפיעה על הטמפרטורה של האוויר ופני השטח, וגם על לחות האוויר ועל תהליכים המתרחשים בקרקע (Valladares et al., 2016). במהלך היום ההצללה של העצים ביער גורמת לירידת טמפרטורת האוויר במספר מעלות, ולירידה בשטף הקרינה שפני השטח ובעלי החיים עצמם חשופים אליו (Jacobs et al., 1994; Niinemets and Valladares, 2004; Zangy et al., 2021). ייתכן שזו הסיבה שרמת פעילות הצבאים ביער גבוהה יותר. הממצא, שהראה כי רמת הפעילות המרבית באביב התרחשה בטיפול 10 ואילו בעונת הקיץ היא עברה לטיפול ה-30, תומך בהשערה שלפיה פעילות הצבאים מתאימה את עצמה למיקרו-אקלים ביער.

אוכלוסיית הצבאים ביער הקדושים, כמו גם באזורים אחרים בארץ, חששנית ורגישה להפרעות אנתרופוגניות. כלבים שהתפראו באזור שפלת החוף וכלבי שמירה במכלאות בקר בגולן מהווים איום על הצבי הישראלי באזורים שונים, וקיומם מעלה את רמת החששנות של הצבאים ופוגע בפוטנציאל הרבייה של האוכלוסייה (יחס עופרים לנקבות) (Manor and Saltz, 2004; Gingold et al., 2009). צבאים נטרפים גם על ידי זאבים (Dunham, 1998). ידוע שהגורם העיקרי המגביל את אוכלוסיית צבי השיטים (*Gazella arabica*) בערבה הוא טריפה, בעיקר על ידי זאבים (Shalmon et al., 2020). יער צפוף יכול להוות מסתור מטורפים מצד אחד, אך מצד שני הוא פוגע ביכולת של פרסתניים שונים להבחין בטורף מתקרב: כיסוי עצים צפוף מאפשר לטורפים להתגנב אל פרסתניים נטרפים בהסתר מבלי שיבחינו בהם. כמו כן, קשה יותר להימלט מטורפים בגלל אפקט החסימה של העצים שפוגע בריצה (Mysterud and Østbye, 1999);

הצבאים ועל קשר חיובי בין רמת הפעילות של הצבאים למיקום הטריטוריות.

לסיכום: היער המחטני המדולל מהווה בית גידול מועדף לצבי הישראלי, והוא נמנע מאזורי הכריתה המלאה שנחשבים כאזורי הפעילות המועדפים על הצבי הישראלי. הצבאים הטריטוריאליים מעדיפים לסמן טריטוריות בשטחי היער המדוללים על פני שטחים ללא עצים. לנתון מפתיע וחדשני זה חשיבות רבה כחלק מהשיקולים שיש להביא בחשבון בבניהול מבנה היערות המחטניים בישראל (אסם ושות', 2014).

תודות

המאמר מבוסס על מחקר שנעשה במימון חלקי של קרן המחקרים, אגף הייעור, קק"ל. המחברים מודים ליוני גביש על הייעוץ הסטטיסטי.

תמונה דומה התקבלה לגבי הצבי הישראלי במחקר זה: ההעדפה לאזורים מוצלים ומוגנים מטריפה והצורך למצוא מזון הובילו להעדפת היער המדולל.

הטריטוריה של זכרי הצבאים נועדה בעיקר לצורך רבייה (יום טוב, 2016; Mendelssohn et al., 1974; Baharav, 1974). הצבאים הם פוליגמיים, כלומר זכר יתרבה עם מספר נקבות (Mendelssohn et al., 1995). ככל שהטריטוריה שלו תכיל יותר משאבים, כמו צמחייה איכותית יותר – עסיסית, עשבונית או צומח שיחני הנושא עלים ירוקים טריים – הוא ימשוך אליו למשך זמן רב יותר את עדרי הנקבות (resource defense polygyny). טריטוריה יכולה להכיל גם משאבים נוספים, נוסף על מזון, כמו כתמי צל ומקומות מסתור מטורפים. למעשה, הנקבות הן אלה שבוחרות לאיזו טריטוריה להגיע וכמה זמן לשהות בה (יום טוב, 2016; Gosling, 1986a,b; Kishimoto and Kawamichi, 1996; Geffen et al., 1999).

הרמה הגבוהה של סימוני הטריטוריות באזורים המיוערים ומספר הפרטים הגבוה שסימן טריטוריות בטיפולי הדילול (איורים 2, 3) מעידים אף הם על העדפת היער על ידי

מקורות

- Geffen H, Perevolotsky A, Geffen E, and Yom-Tov Y. 1999. Use of space and social organization of female mountain gazelles (*Gazella gazella gazella*) in Ramat HaNadiv, Israel. *Journal of Zoology*, 247(1), 113–119.
- Gingold G, Yom-Tov Y, Kronfeld-Schor N, and Geffen E. 2009. Effect of guard dogs on the behavior and reproduction of gazelles in cattle enclosures on the Golan Heights. *Animal Conservation*, 12(2), 155–162.
- Gosling LM. 1986a. Economic consequences of scent marking in mammalian territoriality. In: *Chemical Signals in Vertebrates 4: Ecology, Evolution, and Comparative Biology*. Boston, MA: Springer US. pp. 385–395.
- Gosling LM. 1986b. The evolution of the mating strategies in male antelopes. In: Rubenstein DI and Wrangham RW (Eds). *Ecological Aspects of Social Evolution: Birds and Mammals*. Princeton, NJ: Princeton University Press. pp. 244–281.
- Hadas L, Hermon D, Boldo A, Arieli G, Gafny R, King R, et al. 2015. Wild gazelles of the southern Levant: Genetic profiling defines new conservation priorities. *PLOS ONE* 10(3): e0116401.
- Hartley MJ. 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 155(1–3), 81–95.
- Hua F, Bruijnzeel LA, Meli P, Martin PA, Zhang J, Nakagawa S, et al. 2022. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 376(6595), 839–844.
- אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורן ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל**. מדיניות והנחיות לתכנון וממשק היער. קרן קיימת לישראל.
- אסם י, זנגי א, אשכנזי מ, כלב א, מאירוביץ א, טל ר ושות'. 2023. יער הקדושים – אתר למחקר אקולוגי ארוך טווח ביער נטע-אדם מחטני: ממשק עומדים בוגרים לעיצוב יער העתיד. **יער**, 24, 59–66.
- דולב ע ופרבולוצקי א. 2002. **הספר האדום, מינים בסכנת הכחדה בישראל**. רשימת מינים בסיכון – חולייתנים. הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
- זנגי א. 2019. **יחסי הגומלין בין יסודי חופת היער לבין צומח התת-יער** (עבודה לקבלת תואר דוקטור). ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים.
- יום-טוב י. 2016. **צבאים בישראל**. ירושלים: הוצאת מגנס.
- לבנוני ט. 2005. **מגוון המינים ביערות אורנים נטועים בהשוואה לחורש טבעי בשפלת יהודה** (עבודת גמר לתואר מוסמך). תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- Baharav D. 1974. Notes on the population structure and biomass of the mountain gazelle, *Gazella gazella gazella*. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 23(1), 39–44.
- Baharav D. 1981. Food habits of the mountain gazelle in semi-arid habitats of eastern Lower Galilee, Israel. *Journal of Arid Environments*, 4(1), 63–69.
- Calev A, Zoref C, Tzukerman M, Moshe Y, Zangy E, and Osem Y. 2016. High-intensity thinning treatments in mature *Pinus halepensis* plantations experiencing prolonged drought. *European Journal of Forest Research*, 135, 551–563.
- Dunham KM. 1998. Spatial organization of mountain gazelles *Gazella gazella* reintroduced to central Arabia. *Journal of Zoology*, 245(4), 371–384.

- Osem Y, Porat Y, Zoref C, and Bonneh O. 2021. Forest policy in Israel – from creation of forest plantations to sustainable management of forest ecosystems. In: Ne'eman G and Osem Y (Eds). *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Springer Nature Switzerland. pp. 701–726.
- Perevolotsky A and Sheffer E. 2009. Forest management in Israel – the ecological alternative. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57(1–2), 35–48.
- Riginos C and Grace JB. 2008. Savanna tree density, herbivores, and the herbaceous community: Bottom-up vs. top-down effects. *Ecology*, 89(8), 2228–2238.
- Shalmon B, Sun P, and Wronski T. 2020. Factors driving Arabian gazelles (*Gazella arabica*) in Israel to extinction: Time series analysis of population size and juvenile survival in an unexploited population. *Biodiversity and Conservation*, 29, 315–332.
- Shamoon H, Maor R, Saltz D, and Dayan T. 2018. Increased mammal nocturnality in agricultural landscapes results in fragmentation due to cascading effects. *Biological Conservation*, 226, 32–41.
- Treydte AC, Riginos C, and Jeltsch F. 2010. Enhanced use of beneath-canopy vegetation by grazing ungulates in African savannahs. *Journal of Arid Environments*, 74(12), 1597–1603.
- Valladares F, Laanisto L, Niinemets Ü, and Zavala MA. 2016. Shedding light on shade: Ecological perspectives of understorey plant life. *Plant Ecology and Diversity*, 9(3), 237–251.
- Walther FR, Mungall EC, Grau GA. 1983. *Gazelles and Their Relatives: A Study in Territorial Behavior*. William Andrew Publishing.
- Yom-Tov Y, Balaban A, Hadad E, Weil G, and Roll U. 2021. The plight of the Endangered Mountain gazelle *Gazella gazella*. *Oryx*, 55(5), 771–778.
- Zangy E, Kigel J, Cohen S, Moshe Y, Ashkenazi M, Fragman-Sapir O, et al. 2021. Understorey plant diversity under variable overstorey cover in Mediterranean forests at different spatial scales. *Forest Ecology and Management*, 494, 119319.
- Jacobs AFG, Van Boxel JH, and El-Kilani RMM. 1994. Nighttime free convection characteristics within a plant canopy. *Boundary-Layer Meteorology*, 71, 375–391.
- Kishimoto R and Kawamichi T. 1996. Territoriality and monogamous pairs in a solitary ungulate, the Japanese serow, *Capricornis crispus*. *Animal Behaviour*, 52(4), 673–682.
- Krebs CJ. 2009. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Pearson.
- Manor R and Saltz D. 2004. The impact of free-roaming dogs on gazelle kid/female ratio in a fragmented area. *Biological Conservation*, 119(2), 231–236.
- Manor R and Saltz D. 2005. Effects of human disturbance on use of space and flight distance of mountain gazelles. *The Journal of Wildlife Management*, 69(4), 1683–1690.
- Mendelssohn H, Yom-Tov Y, and Groves CP. 1995. *Gazella gazella*. *Mammalian Species*, 490, 1–7.
- Mendelssohn H and Yom-Tov Y. 1999. *Mammalia of Israel*. Jerusalem: The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem
- Mysterud A and Østbye E. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: Effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin*, 27(2), 385–394.
- Niinemets Ü and Valladares F. 2004. Photosynthetic acclimation to simultaneous and interacting environmental stresses along natural light gradients: Optimality and constraints. *Plant Biology*, 6(03), 254–268.
- Osem Y, Ginsberg P, Tauber I, Atzmon N, and Perevolotsky A. 2008. Sustainable management of Mediterranean planted coniferous forests: an Israeli definition. *Journal of Forestry*, 106(1), 38–46.
- Osem Y and Moshe Y. 2021. From first generation of pine monocultures to mixed-forest ecosystems: Biotic and abiotic determinants of pine forests' dynamics in Mediterranean Israel. In: Ne'eman G and Osem Y (Eds). *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Springer Nature Switzerland. pp. 679–699.



נקבות צבי ישראל
צילום: שי שפיר



גופי רבייה של הרירית עורירית נאה (*Clastoderma debaryanum*), יער בן שמן
צילום: עומר משולם



השפעת דילול עצי אורן ירושלים ביער הקדושים על מגוון הפטריות שוכנות הקרקע מבחינה טקסונומית ותפקודית

סגולה מוצפי^{1,2,*} | נועם לוי^{1,2,3} | לימור צברי¹ | עזרא אורלופסקי¹

- 1 מיגל, מכון למחקר מדעי יישומי בגליל, קריית שמונה
- 2 המכללה האקדמית תל חי
- 3 אגף ייעור, קק"ל
- * segula@migal.org.il

תקציר

הבסיסה), ואילו בחלקות ללא עצי אורן ותיקים שלטו פטריות ממערכות ירודות (כיטרידיומיקוטה ומוקורומיקוטה) ופטריות שאינן מוגדרות. מבחינה תפקודית נמצאה רמה גבוהה יותר של פטריות סימביונטיות בחלקות עם עצי אורן ותיקים, ואילו בחלקות ללא עצי אורן ותיקים נמצאו יותר פטריות פתוגניות וכן פטריות שאינן מוגדרות. הפטריות הספרוטרופיות הראו מופע דומה בכל החלקות. הממצאים מראים כי 12 שנים לאחר הדילול מספיקה הימצאות מספר נמוך של עצי אורן ותיקים כדי לתמוך באוכלוסיית פטריות הקרקע בדומה ליער אורנים ללא דילול, אך כריתה מלאה גרמה לשינוי באוכלוסיית פטריות הקרקע, והיא נעשתה דומה לאוכלוסייה בקרקע חלקה שלא ניטעה באורנים מעולם. יש להמשיך ולבדוק את השתנות מגוון הפטריות גם בשנים הבאות ולעקוב אחר השינויים באוכלוסיית הפטריות כתלות בשינויים הדינמיים של הצמחייה ובתנאי האקלים המקומיים.

ממלכת הפטריות חשובה ביותר לבריאות היער והסביבה. היא מכילה קבוצות פטריות בעלות תפקודים מגוונים שמושפעים מאופי היער, אך גם משפיעים על היער ועל בריאותו. בישראל ניטעו רוב היערות במאה הקודמת בעיקר כיער חד-מיני צפוף של עצי אורן ירושלים. בשנים האחרונות החלה קק"ל לבחון גישה של דילול היער המחטני וכן את השפעת הדילול על המערכת האקולוגית. במחקר זה נבדקה השפעת ממשק דילול היער על מגוון פטריות הקרקע מבחינה טקסונומית ותפקודית. המחקר בוצע בתחנה למחקר ארוך טווח ביער הקדושים בהרי יהודה. ממשקי הכריתה בוצעו בשנת 2009 לשם יצירת צפיפות עצים משתנה: צפופה, בינונית, נמוכה, כריתה מלאה וחלקת ביקורת שלא ניטעה כלל. מגוון פטריות הקרקע נבדק באביב 2020. הפטריות זהו מולקולרית בעזרת מקטעי ה-ITS בגנום של הפטרייה, ותפקודן – פטריות מיקוריזה (סימביונטיות), ספרוטרופיות ופתוגניות – נקבע לפי מאגר נתונים. לא נמצא הבדל משמעותי בין שלושת הטיפולים שהכילו עצי אורן ותיקים מבחינת השפע היחסי ברמות הטקסונומיות של המערכות והסדרות העיקריות וגם באופיין התפקודי של פטריות הקרקע, אך הם נבדלו משתי החלקות ללא עצי אורן ותיקים, שהראו התנהגות כללית דומה. בחלקות עם עצי אורן ותיקים שלטו פטריות מהמערכות העילאיות (בעיקר בזידיומיקוטה [פטריות

מילות מפתח

בריאות היער, טיפוס תזונה, כריתת עצים, מיקוביום (mycobiome), מיקוריזה, תחנת מחקר ארוך טווח

הקדמה

שינוי האקלים, ריבוי השרפות וריבוי כריתות העצים מביאים לשינויים במגוון הביולוגי, אך גם ממשק יער כזה או אחר יכול לגרום לשינוי של המגוון הביולוגי הטבעי. היערות בישראל, שניטעו במאה הקודמת, היו יערות צפופים וחד-מיניים שהתבססו בעיקר על עצי מחט, ובייחוד על אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) (Osem et al., 2008). עם הזמן אובחנה התנוונות של יערות אורנים ברחבי הארץ, בעיקר של יערות בני יותר מ-50 שנה הנתועים בצפיפות (מדר ושות', 2016). עצים רבים נפלו עקב עומס שלגים ורוחות, יובש וצפיפות. כל אלה הביאו לשינוי בממשק היער ולבחינת דרכים לפיתוח היערות ולשימורם (Osem et al., 2009; Perevolotsky and Sheffer, 2008). ההמלצה כיום היא לרווח את העצים ביערות הקיימים באמצעות דילול היער. הדילול עשוי להביא לשינוי תנאי סביבה מקומיים, כמו טמפרטורה, רוחות וקרנה, ובעקבות זאת לצמצום הכיסוי של צמרות העצים ולשינוי בגדילת העצים (אסם ושות', 2021; 2023), וכמובן גם לשינוי במגוון הביולוגי ביער ובקרע.

פטריות הן קבוצת אורגניזמים חשובה מאוד למערכת האקולוגית בכלל (Dighton and White, 2017) וליער בפרט (Varenius, 2017). הימצאותן של הפטריות ביער חשובה ממספר בחינות: הן משמשות למאכל, לפירוק הליגנצולוז ולמחזור הפחמן, ואף תורמות להבראת הצומח ולפוריות הקרקע. עם זאת, הן גם גורמות מחלות לצומח ולאורגניזמים אחרים ביער (Mauri et al., 2016), וזאת בשל העובדה שהן מגוונות מאוד מבחינת תפקודיהן ומבחינת טיפוסיות התזונה שלהן. פטריות ממינים שונים יכולות להיות ספּרוטורופיות, המפרקות חומר אורגני; מיקוריטיות (סימביוטיות), החיות בסימביוזה עם הצומח; פתוגניות, התוקפות יצורים אחרים וגורמות למחלות ולתמותה (Dighton and White, 2017). בכל רגע נתון יש רק תפקיד אחד לפטרייה מסוימת, אך יש פטריות המסוגלות לשנות את תפקודן בהתאם לתנאי הסביבה. מבחינה טקסונומית הפטריות נחלקות לחמש מערכות עיקריות על פי התפתחותן האבולוציונית. פטריות הבסיסה (בזידיומיקוטה, Basidiomycota) ופטריית השק (אסקומיקוטה, Ascomycota) נחשבות ל"מפותחות" יותר מבחינה אבולוציונית, ואילו מערכות המוקורומיקוטה (Mucoromycota), הזיגומיקוטה (Zygomycota) והכיטרידיומיקוטה (Chytridiomycota) נחשבות "ירודות" מבחינה אבולוציונית. מחקרים קודמים הראו כי התפתחות המערכת האקולוגית של היער קשורה קשר הדוק להרכב אוכלוסיית הפטריות (Clemmensen et al., 2015), ועל כן שמירה על מגוון האוכלוסיות של הפטריות חשובה לסקצפסיה בסביבה. העניין באקולוגיה של פטריות בכלל, ובחשיבותן של פטריות

הקרקע לבריאות היער בפרט, הוזנח בישראל במשך שנים בהשוואה למחקר בעולם. בעוד שבעולם קיימים מחקרים רבים בנושא פטריות היער ובריאות היער, ובכלל זאת מחקרים על השפעת ממשקי יער שונים על מגוון הפטריות (Tomao et al., 2019), הרי שבישראל נחקרו הפטריות בעיקר בהקשר של נוכחות פטריות עילאיות (פטריית כובע) (בנימיני, 1984; Barseghyan and Wasser, 2008; Lewinsohn and Masaphy, 2008). מחקר אחד עסק בפטריות ביער של אורן ירושלים והשווה את מצאי הפטריות העל-קרקעיות המפרקות עץ, ביער צעיר וביער בוגר. כצפוי, נמצאו ביער הבוגר יותר מיני פטריות מפרקות עץ (Czederpiltz et al., 2004). עם זאת, בשנים האחרונות גבר העניין הציבורי בפטריות, בעיקר בהקשר של פטריות מאכל וחיפוש דרכים להגדלת מספרן ביער (אזוב ושות', 2020), וכן בהקשר של משבר האקלים וקיבוע הפחמן ביער (Cahanovitch et al., 2022).

בישראל הוחל לאחרונה לבחון וליישם משטרי דילול של עצי אורן באזורים שונים. בשנת 2009 הכשירה קק"ל חלקה למחקר ארוך ביער בהר קדושים שבהרי יהודה כדי לבחון את השפעותיהם של משטרי דילול שונים של עצי אורן ירושלים ותיקים על המערכת האקולוגית ועל פעילות היער (אסם ושות', 2021; 2023). במחקר הנוכחי נבדקו השינויים שהתרחשו במגוון פטריות שנמצאו בקרקע (mycobiome) ונבדק תפקודן בעקבות ממשקי הדילול השונים בחלקת מחקר ארוך טווח (LTER) בפעם הראשונה בישראל. המחקר התבצע בשנת 2020, כ-12 שנים לאחר דילול היער. נבדקו שינויים בשפע היחסי ברמה הטקסונומית של מערכות הפטריות וסדרות הפטריות, וכן ברמתן התפקודית הכללית: האם הן סימביוטיות, ספרוטורופיות או פתוגניות. תוצאות המחקר יכולות להאיר את המתרחש במגוון פטריות הקרקע בעקבות דילול היער, וללמד עד כמה ניתן לצמצם את מספר האורנים ביער בלי לפגוע במגוון הפטריות המאפיינ את יער האורנים בישראל.

שיטות

אתר המחקר: המחקר נערך ביער הקדושים השוכן בשיפולים המערביים של הרי יהודה, בגובה שבין 390 ל-510 מטר. באזור שורר אקלים ים תיכוני טיפוסי עם חורף רטוב וקר וקיץ חם ויבש. הקרקע רדודה, בעיקר טרה רוסה חומה על מסלע דולומיט (אסם ושות', 2023). היער הנחקר הוא יער חד-מיני המבוסס על עצי אורן ירושלים שניטעו בשנת 1969. בשנת 2009 בוצעה כריתת עצי אורן ותיקים בתחנת ה-LTER ביער הקדושים לדילול העצים לרמות צפיפות שונה. השטח חולק לחלקות בגודל של כ-70x70 מטר עם ממשקי דילול שונים (איור 1). בכל חלקה

דגימת הקרקע: לצורך בדיקת מגוון הפטריות בקרקע היער התבצעה דגימת קרקע לאורך סימוני הגבול של האזור המתוחם בארבעת צירי הגבול של כל חלקה. שתי דגימות נלקחו מכל צד, במרחקים שווים בין דגימה לדגימה, ובסך הכול נלקחו שמונה דגימות לחלקה, מעומק של 5–10 ס"מ מפני הקרקע. זיהוי מולקולרי של מגוון הפטריות נעשה על ידי הפקת DNA באמצעות ערכת ZymoBIOMICS™ DNA Miniprep Kit (Zymo Research, United States), וריצוף מקטע ה-ITS ב-DNA הגנומי בשימוש בזוג הפריימרים ITS1–ITS2. הריצוף והעיבוד הביואינפורמטי נעשו באוניברסיטת אילינוי בשיקגו במעבדת The DNA Services Facility (UIC). כמו כן, אופיינו תפקודי הפטריות לפי אופן תזונתן בהשוואה לבנק הנתונים (gith ub.com/ FUNGuild) (UMNFuN/FUNGuild).

עיבוד נתונים: שמונה דגימות נלקחו מכל חלקה משלוש חלקות חזרה לכל סוג של טיפול דילול. מבנה אוכלוסיית הפטריות נקבע לפי החלק היחסי של כל פרט מזהה מתוך כלל הפרטים שנמצאו בכל דגימת הקרקע. התוצאות חושבו כממוצע של שלוש החלקות. לא הוכנסו לחישוב מינים שחלקם היחסי בכל הטיפולים היה פחות מ-2% מכלל האוכלוסייה באותו טיפול. גם דוגמאות שהריצוף כשל בהן הוצאו מהממוצע.

תוצאות

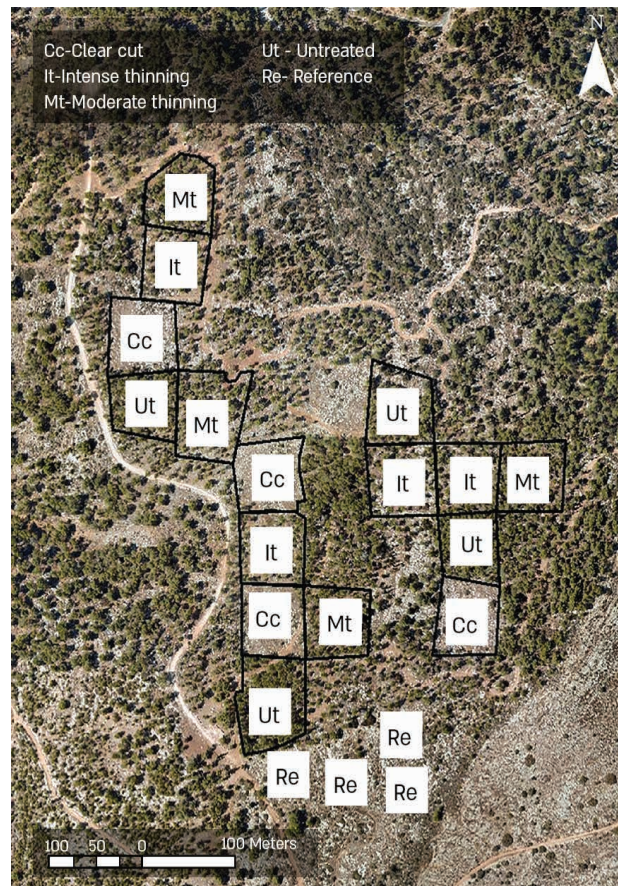
אפיון שטחי הדגימה

הדגימה התבצעה בחודש מרץ 2020, כשהיער התאפיין בצמחייה אביבית, בפרחים, בשיחים ובעשבייה. חלקות הטיפול השונות התאפיינו במופע צומח שונה (איור 2). בחלקה שנכרתו בה כל העצים הוותיקים, גדלו עשבים ושיחים צפופים, ללא עצי אורן בוגרים, אך הייתה התחדשות טבעית של אורנים צעירים ושל עצים אחרים בגילים שונים ובצפיפות שונה. לעומת זאת, בחלקה שעברה דילול חלקי נמצאה תערובת של צמחים עשבוניים באזורים מסוימים ושכבה של כיסוי פני הקרקע במחטי האורן עם נישות מקומיות מגוונות. בחלקת האורנים הצפופה, שלא דוללה כלל, נמצאו עצים צפופים, לרוב עם גזעים דקים מאלה שבחלקה המדוללת חלקית, וכפי הקרקע היו מכוסים במעטה של מחטי אורן עם צמחייה עשבונית דלה.

מגוון פטריות הקרקע

רמה טקסונומית של מערכות (Phylae): באיור 3 מובאות תוצאות השפע היחסי של חמש המערכות העיקריות של

יש גבול פנימי מארבעה כיוונים (מזרח, מערב, דרום, צפון) התוחם את ליבת החלקה בגודל של 40x40 מטר. החלקות מבוקרות, ואין כל הפרעה מלאכותית בליבת כל חלקה. בחלקות המחקר בוצעו חמישה ממשקי דילול על ידי כריתה מכוונת של עצי האורן: א. חלקות ללא דילול עם כ-50 עצים לדונם, כביקורת; ב. חלקות עם דילול בינוני לצפיפות של 30 עצים לדונם; ג. חלקות עם דילול חזק לצפיפות של 10 עצים לדונם; ד. חלקות עם כריתה מלאה, כביקורת; ה. חלקות שלא ניטעו, כביקורת נוספת. בכל ממשק דילול נדגמו שלוש חלקות חזרה. הצמחייה הטבעית באתר המחקר התבססה על שיחים ים תיכוניים, כמו סירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*), אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus*), אשחר ארץ-ישראלי (*Rhamnus lycioides*) ועצים מעטים של אלון מצוי (*Quercus calliprinos*) (אסם ושות', 2023).



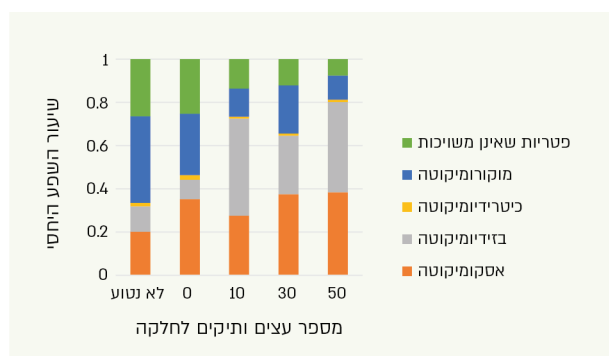
איור 1

מערך חלקות הדילול ביער הקדושים

הקווים השחורים מסמנים את גבולות חלקות הניסוי (70x70 מטר). הקווים הלבנים מסמנים את גבולות שטח הניטור בכל חלקה (40x40 מטר). טיפולי הדילול שבוצעו היו: כריתה מלאה (Cc), 0 עצים לדונם, דילול חזק (It, 10 עצים לדונם), דילול מתון (Mt, 30 עצים לדונם), ביקורת ללא דילול (Ut, 50 עצים לדונם) וחלקות ביקורת (Re), ללא עצים נטועים). הצילום מ-2010. לקוח מאסם ושות', 2023.

הפטטריות. נראה כי הפטריות בקרקע הראו רמת הישרדות גבוהה בכל חלקות היער שהיו בהן עצים ברמות צפיפות שונות – 50, 30, ו-10 עצים לדונם. בכל החלקות הללו, ללא קשר לצפיפות העצים, נמצאו פטריות רבות ממערכת הבזידיומיקוטה עם שפע יחסי של 25–42% (ממוצע לטיפול) מכלל המערכות שנמצאו בקרקעות אלה, ואילו בשני הטיפולים ללא עצי אורן ותיקים (חלקה כרותה וחלקה לא נטועה) השפע היחסי היה רק 8% ו-11% אחוז. גם פטריות ממערכת האסקומיקוטה נמצאו באחוז גבוה יותר בחלקות שיש בהן או שהיו בהן בעבר אורנים ותיקים, אך בהפרש נמוך יותר (שפע יחסי של 26–38% לחלקות עם עצי אורן ותיקים בהווה ובעבר, לעומת 20% בחלקת הביקורת שלא ניטעה). לעומת זאת, בשני הטיפולים בחלקות ללא עצי אורן ותיקים נמצאו פטריות רבות יותר ממערכת המוקורומיקוטה (49–30%, לעומת 18–25% בחלקות עם עצי האורן הוותיקים) והכיטרידיומיקוטה (כ-2% לעומת כ-1% בחלקות עם האורנים הוותיקים). עוד נמצא כי בקרקע של חלקות ללא עצי אורן ותיקים נמצא מגוון גדול של פטריות שלא ניתן לקבוע את שיוכן למערכת כלשהי (Fungi Incertae debis) משום שאינן מזהות באופן מוחלט (27–33% בחלקות ללא אורנים לעומת כ-11–20% בחלקות עם עצי אורן ותיקים). יש לציין שאוכלוסיות הפטריות נבדקו על בסיס מולקולרי ללא תרבות הפטריות, ונבדק מאגר ה-DNA שבקרקע ולא הפטריות החיות והפעילות, ועל כן יש מספר רב של פטריות שאינן מזהות לגמרי.

רמה טקסונומית של סדרות (Order): בסך הכול התקבלו כ-50 סדרות שונות בכל החלקות (הובאו בחשבון רק סדרות שהופיעו לפחות בשתי חזרות דגימה לכל חלקה, ובשפע יחסי של למעלה מ-0.02% באחת החזרות לפחות).



איור 3

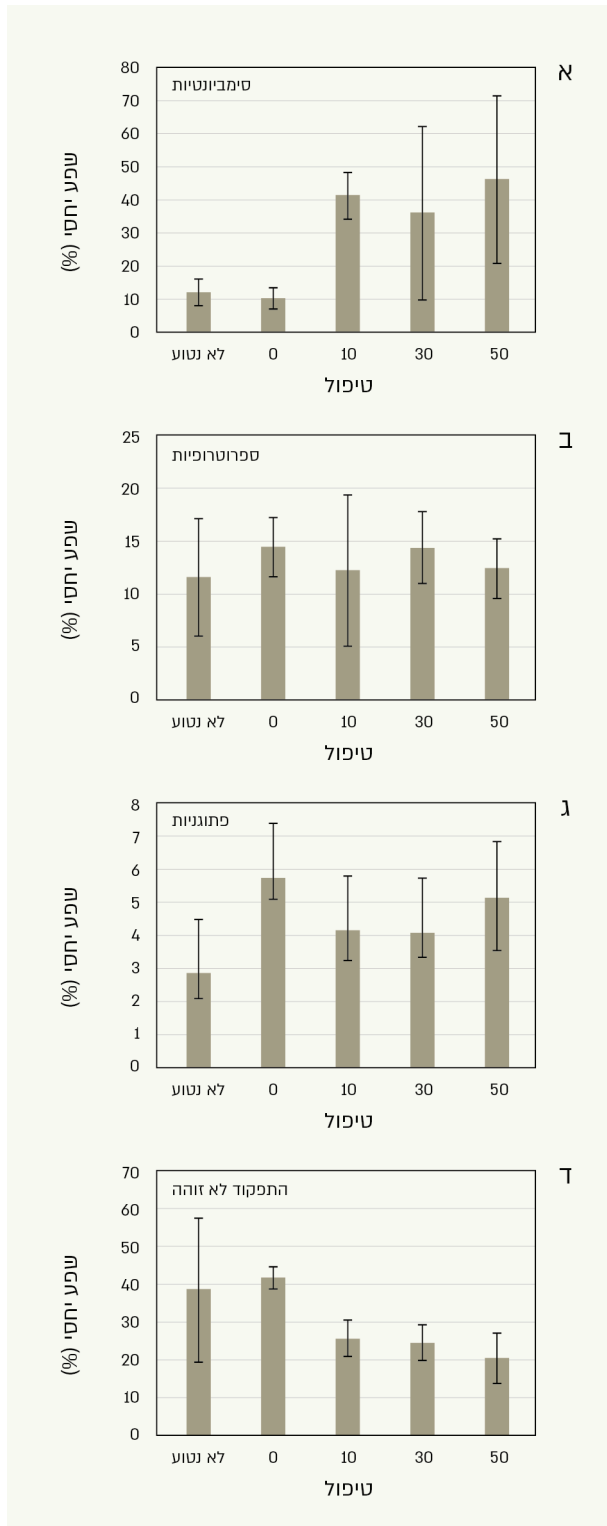
השוואת מגוון הפטריות ברמת המערכות בחלקות הדילול השונות

התוצאות הן ממוצע של שלוש חלקות חזרה לכל טיפול. ציר Y מציין את השפע היחסי של כל מערכה מכלל חמש הקבוצות.

איור 2

יער הקדושים, מופע כיסוי הצומח בחלקות עם ממשקי הדילול השונים

א. חלקה שלא דוללה, 50 עצים לדונם; ב. חלקה מדוללת, 10 עצים לדונם; ג. חלקה עם כריתה מלאה של עצי האורן הוותיקים. צילום: סגולה מוצפי.



איור 5

התפלגות הפטריות (כאחוז מכלל הפטריות בכל טיפול) בקרקעות טיפולי הדילול השונים לפי טיפוס תזונה

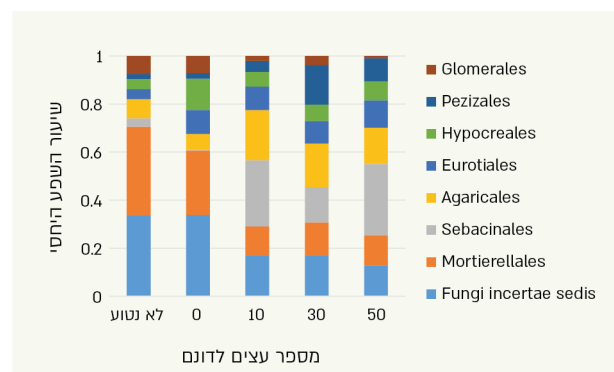
התוצאות הן ממוצע לשלוש חלקות חזרה לכל טיפול דילול ± סטיית תקן. א. פטריות סימביוטיות; ב. פטריות ספרוטורפיות; ג. פטריות פתוגניות; ד. פטריות שתפקודן לא זוהה.

רובן היו בשפע יחסי נמוך מ-1% מכלל הפטריות שנמצאו בכלל הדגימות, ורק שמונה הופיעו עם שפע יחסי של מעל 3%- (הנתונים אינם מוצגים). באיור 4 מוצגות תוצאות ההתפלגות של שבע סדרות מזהות ועוד מקבץ של פטריות שאינן מזהות, שהראו את השפע היחסי הגבוה בכל הטיפולים.

בחלקות עם עצי אורן ותיקים נמצאו פטריות רבות יותר מהסדרות Agaricales ו-Sebacinales – שתיהן מעל 10% בחלקות עם עצי אורן ותיקים וכחות מ-5% בחלקות ללא עצי אורן ותיקים. גם הסדרות Hypocreales, Pezizales ו-Eurotiales הראו שפע יחסי גבוה יותר בכל החלקות עם עצי אורן ותיקים וגם בחלקה שנכרתה במלואה, ואילו בחלקה שלא ניטעה היה שפע יחסי נמוך יותר, אך בהפרש קטן. לעומת זאת, בחלקות ללא עצי אורן ותיקים, בין אם החלקה כרותה לגמרי ובין אם לא ניטעה מעולם, נמצאו פטריות רבות יותר מהסדרות Mortierellales (27%) בחלקה לא נטועה, 16% בחלקה כרותה לגמרי, ו-10–11% בחלקות עם אורנים) Glomerales (4.4–5.5%) בחלקות ללא עצי אורן ותיקים לעומת 0.7–2.7% בחלקות עם עצי אורן ותיקים). גם ברמת הסדרות, כמו ברמת המערכות, נמצאו פטריות רבות ששייכון אינו ודאי, בעיקר בחלקות ללא עצי אורן ותיקים: 20–24% בחלקות ללא עצי אורן ותיקים, ו-10–15% בחלקות עם עצי אורן ותיקים.

קבוצות תפקודיות של הפטריות בקרקע בחלקות ה-LTER

אפיון נוסף שנקבע במחקר זה הוא שיוך הפטריות לקבוצות תפקודיות לפי הטיפוס התזונתי. באיור 5 מוצגות התוצאות



איור 4

שיעור השפע היחסי של שבע סדרות הפטריות העיקריות בחלקות עם ממשקי דילול שונים, וסדרה נוספת של הפטריות שאינן משייכות

הסדרות האלה הראו את השפע היחסי הגדול ביותר מכלל הסדרות בכלל החלקות בדגימה אביב. הערכים הם תוצאות של ממוצע שלוש חלקות חזרה לכל ממשק דילול.

ותיקים. פטריות הקרקע הללו הן ספרוטורופיות וממלאות תפקיד משמעותי בפירוק חומר אורגני, אך גם פתוגניות. גם סדרת Glomerales, החשובה כמייצרת יחסי אנדומיקוריזה עם רוב צמחי האדמה, ובהם צמחים עשבוניים (Dighton and White, 2017), הראתה שפע יחסי נמוך בחלקות עם עצי אורן ותיקים בהשוואה לחלקות ללא עצי אורן ותיקים. התוצאות במחקר הנוכחי דומות לתוצאות עבודתם של Castano ושות' (2018), שדיווחו כי הדילול ביער של אורן החוף (*Pinus pinaster*) לא השפיע משמעותית על הרכב אוכלוסיית הפטריות בקרקע, ולא על עושר המינים של הפטריות האקטומיקוריטיות (הסימביונטיות) או הספרוטורופיות, ברמות הדילול השונות (30–70% דילול). ההסבר שניתן היה כי מצאי המזון של הפטריות הספרוטורופיות לא הושפע מהדילול, ולכן גם הפטריות לא הושפעו, וכי הפטריות האקטומיקוריטיות נתמכות בשורשי העצים ובזרעים שנתרו בקרקע לאחר הדילול. עם זאת, במחקר אחר נמצא כי ביומסת הפטריות האקטומיקוריטיות, אך לא זו של הספרוטורופיות, יורדת בחמש השנים שלאחר הדילול (Collado et al., 2020). גם סילוק עצים המארחים פטריות סימביונטיות עלול להפחית את אוכלוסיות המינים המיקוריטיים, אם העצים הנותרים אינם מתאימים ליחסי מיקוריזה או אם הפטריות נמצאות במרחק גדול מדי מהעצים שהוסרו (Kyaschenko et al., 2017). לעומת זאת, בעבודתם של Lin ושות' (2016) נמצאו שינויים משמעותיים במגוון פטריות הקרקע ביער עצי קריפטומריה יפנית (*Cryptomeria japonica*) בחלקות מדוללות ברמות שונות עד 21 חודשים ממועד הדילול, אך לאחר מכן לא נרשמו הבדלים משמעותיים. שינויים אלה במגוון הפטריות נובעים משינויים במאפייני הקרקע שמתרחשים עם הזמן עקב שינויים בצומח העל-קרקעי ובתנאי הסביבה. גם במחקר הנוכחי החלקה הכרותה התנהגה בדומה לחלקה שלא ניטעה מעולם, ככל הנראה משום שתנאי הקרקע והצמחייה העל-קרקעית (העשבונית בעיקרה) היו דומים בשתייהן בזמן הדגימה. עם זאת, בחלקות הכרותות לגמרי, שלהן היסטוריה של יער עצי אורן, החל גידול של עצי אורן צעירים שהתפתחו באופן טבעי מהזרעים שהיו באדמה. יש להניח שעם הזמן תשתנה אוכלוסיית הפטריות בחלקה זו ותיעשה דומה לקהילת הפטריות בקרקע של החלקות עם האורנים הוותיקים. לשם בדיקת ההשערה יהיה צורך להמשיך ולדגום את החלקה הזו גם בעתיד ולעקוב אחר הדינמיקה של השינויים.

המחקר המוצג כאן נעשה בתחנת ה-LTER ביער הקדושים, שבנויה באופן שלא אמורה להיות כל התערבות מלאכותית בליבת החלקה, וההנחה היא כי השינויים בקרקע הם שינויים טבעיים. כלומר, אין בה התערבות אנתרופוגנית שעלולה להשפיע על אוכלוסיות הקרקע. יש לכך חשיבות, משום שהתערבות אנתרופוגנית משפיעה מאוד על

של שלוש קבוצות תפקודיות שונות: ספרוטורופיות, סימביונטיות ופתוגניות, ומוצג חלקן היחסי בכל ממשק דילול. נוסף על כך, ישנה קבוצה שלא ניתן היה להגדיר את אופייה התזונתי. מהתוצאות ניתן לראות כי בדגימה באביב קבוצת הפטריות הסימביונטיות גבוהה באופן מובהק בחלקות עם 50 ו-10 עצי אורן ותיקים בהשוואה לחלקות ללא עצי אורן ותיקים. גם חלקת 30 עצים לדונם הראתה יותר פטריות סימביונטיות מאשר חלקות ללא עצי אורן, אך לא באופן מובהק. יש לציין שאין הפרדה בין אנדומיקוריזה (הפטרייה נמצאת בתוך רקמת השורש) ואקטומיקוריזה (הפטרייה נמצאת על פני רקמת השורש). לא נמצא הבדל ברמת הפטריות הספרוטורופיות בכל ממשקי הדילול. גם ברמת הפטריות הפתוגניות לא נראה הבדל בין ממשקי הדילול השונים, למעט החלקה הכרותה לגמרי שבה נראתה מגמה של יותר פטריות פתוגניות מאשר בחלקות עם האורנים הוותיקים ובחלקה הלא-נטועה. גם בבדיקת תפקודי הפטריות נמצאו מיני פטריות רבים יותר שתפקודם אינו ברור בחלקות ללא עצי אורן ותיקים, מאחר שהזיהוי המולקולרי של מיני פטריות רבים בחלקות האלה לא צלח.

דיון וסיכום

במחקר הנוכחי, בדגימה באביב, 12 שנים לאחר דילול היער מ-50 ל-10 עצים לדונם, לרוב לא נמצא הבדל משמעותי במגוון פטריות הקרקע ברמת המערכות ושמונה הסדרות העיקריות של הפטריות, ואף לא מבחינת תפקודי הפטריות בחלקות ה-LTER. לעומת זאת, כריתת כל עצי האורן מהחלקה שינתה מאוד את אוכלוסיית הפטריות, והיא דמתה לאוכלוסיית הפטריות שבחלקות לא-נטועות.

בחלקות עם עצי אורן ותיקים נמצא שפע יחסי גבוה יותר של פטריות ממערכת הבזידיומיקוטה בהשוואה לחלקות ללא עצי אורן ותיקים. פטריות ממערכה זו הן בעלות מערכות אנזימטיות המסוגלות להתמודד עם החומר האורגני המעוצה שביער, אף על פי שהוא קשה פירוק. רבות מהן מייצרות גופי ריבוי מקרוסקופיים מתחת לפני הקרקע או מעליה, ורבות חיות בסימביוזה עם העצים (בעיקר כאקטומיקוריזה) או שהן ספרוטורופיות. הסדרות העיקריות ממערכה זו שנמצאו כאן היו מהסדרות Agaricales ו-Sebacinales, גם פטריות ממערכת האסקומיקוטה, מהסדרות Pezizales, Eurotiales ו-Hypocreales, היו רבות יותר בחלקות עם עצי אורן ותיקים מאשר בחלקות ללא עצי אורן ותיקים. הן כוללות פטריות שחלק מהן יוצרות גופי ריבוי מקרוסקופיים והן מגוונות מבחינה תפקודית: ספרטרופיות, פריזיטיות, פתוגניות או אנדופיטיות. לעומת זאת, סדרת *Mortierella*, השייכת למערכת המוקורומיקוטה, הייתה נמוכה יותר בחלקות עם עצי אורן ותיקים לעומת החלקות ללא עצי אורן

אחד (אביב), ורק בנקודת זמן אחת לאחר הדילול, והיה מוגבל רק לחלקות של יער אורנים, שבבסיסו היה יער חד-מיני. שינויים בתנאי הדגימה – כמו דגימה בזמן קרוב למועד הדילול, דגימה בעונה אחרת, דגימה בקרקעות אחרות או דגימה ביערות עם מגוון עצים אחר – עשויים להניב תוצאות אחרות. לאור העובדה שכיום ניטעים יערות עם מגוון עצים, יש לבדוק את השפעת ממשקי היער השונים, כמו הגדלת מגוון העצים ביער, ובכלל זאת מגוון של עצים רחבי עלים, על אוכלוסיית הפטריות בקרקע. יהיה מעניין לערוך בדיקות נוספות, כגון השוואת יערות ים תיכוניים טבעיים לעומת יערות נטועים, השפעת צפיפות העצים ביערות מעורבים, השפעת שיעור העצים המתים ביער, השפעת התערבות אנתרופוגנית (רעייה, תיירות יער ועוד) ובחינת משך הזמן הנדרש להתאוששות פטריות הקרקע לאחר ההתערבות. נוסף על כך, לאור התגברות העניין הציבורי בפטריות הכובע, יש לבדוק גם את השפעת דילול היער על מגוון הפטריות העל-קרקעיות, שמהוות כיום אטרקציה תיירותית.

תודות

לקרן קימת לישראל ולרשות מקרקעי ישראל (רמ"י) על התמיכה התקציבית בביצוע המחקר, וכן לד"ר יגיל אסם ולמור אשכנזי ממכון וולקני על הנתונים שסיפקו לנו לגבי האתר, ולסטודנטים שסייעו בדגימות.

אוכלוסיית פטריות הקרקע (Dahlberg et al., 2010; Tomao et al., 2020). משתנים רבים עשויים להשפיע על הרכב אוכלוסיית הפטריות בקרקע ועל מגוון המינים, ובהם פני השטח והתנאים הכימיים-פיזיקליים-ביולוגיים של הקרקע, המושפעים מתנאי האקלים וכן מסוג הצומח, מצפיפותו ומהשינויים העוברים עליו, שגם משפיעים על תנאי הקרקע בהיזון חוזר (Landi et al., 2015).

במחקר שנערך במקביל לבדיקת ההשפעות של אותם טיפולי ממשק דילול יער על מאפיינים יערניים אחרים, נמצא כי לאחר 12 שנה שיכרה פעולת הדילול את חיוניות העצים וצמצמה את התמותה שלהם, עודדה התפתחות של זרעי אורנים, עודדה התפתחות של זרעי אלונים מבוססים, והגדילה את מגוון הצומח ואת היצרנות בתת-היער, וזאת במחיר צמצום היצרנות של חופת היער (אסם ושות', 2023). השינויים האלה לא הביאו לשינויים דרסטיים במגוון הפטריות בחלקות עם עצי אורן ותיקים, כפי שנמצא במחקר הנוכחי, אך נמצאו הבדלים בין החלקות האלה לחלקות ללא אורנים כלל, הן במגוון פטריות הקרקע הן בתפקודן האקולוגי. מעניין כי במחקר אחר נמצא כי 15 שנה לאחר ממשק שיקום יער והתחדשות העצים חזרו תפקודי הקרקע (נוטריינטיים, פונקציות מחזור פחמן) לרמות של יער מקורי, אך הכיסוי העל-קרקעי לא הגיע לרמתו המקורית (Teixeira et al., 2020).

מחקר זה הוא ראשון מסוגו בישראל, והוא פותח פתח למחקרי המשך. המחקר הנוכחי עסק רק במועד דגימה

מקורות

- Collado E, Castaño C, Bonet JA, Hagenbo A, de Aragón JM, and de-Miguel S. 2020. Divergent above-and below-ground responses of fungal functional groups to forest thinning. *Soil Biology and Biochemistry*, 150, 108010
- Clemmensen KE, Michelsen A, Finlay RD, and Lindahl BD. 2024. The balance between accumulation and loss of soil organic matter in subarctic forest is related to ratios of saprotrophic, ecto-and ericoid mycorrhizal fungal guilds. *Fungal Ecology*, 71, 101359
- Czederpiltz DLL, Wikler K, Rademacher MR, Volk TJ, Hadar Y, and Micales J. 2004. Biodiversity of wood-inhabiting fungi in Israeli pine forests. *Memories – New York Botanical Garden*, 89, 191–202.
- Dahlberg A, Genney DR, and Heilmann-Clausen J. 2010. Developing a comprehensive strategy for fungal conservation in Europe: Current status and future needs. *Fungal Ecology*, 3(2), 50–64.
- Dighton J and White JF. 2017. *The Fungal Community: Its Organization and Role In the Ecosystem*. CRC press.
- Kyaschenko J, Clemmensen KE, Hagenbo A, Karlton E, and Lindahl BD. 2017. Shift in fungal communities and associated enzyme activities along an age gradient of managed *Pinus sylvestris* stands. *ISME Journal*, 11(4), 863–874.
- אזוב נ, לוי ש, אייזנברג א, כלב א, פרמן ע, לבנון ד ושות'. 2020. פיתוח שיטות להעשרת היער בפטריות מאכל מיקוריטיות ובחינת השפעתן על קצב הגידול של שלושה מיני אורן. **יער**, 19, 38–47.
- אסם י, זנגי א, אשכנזי א, כלב א, מאירוביץ א, טל ר ושות'. 2023. יער הקדושים – אתר למחקר אקולוגי ארוך טווח ביער נטע-אדם מחטני: ממשק עומדים בוגרים לעיצוב יער העתיד. **יער**, 24, 59–66.
- בנימיני נ. 1984. **פטריות הכובע בישראל**. תל אביב: הקיבוץ המאוחד.
- מדר צ, זהבי ע, הראל ר, כלב א, הר נ ובונה ע. 2016. התנוונות ותמותה של עצי אורן החוף (*Pinus pinaster*) ביער הנטוע בישראל. **יער**, 16, 57–63.
- Barseghyan GS and Wasser SP. 2008. Species diversity of operculate discomycetes in Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 56(4), 341–348.
- Cahanovitch R, Livne-Luzon S, Angel R, and Klein T. 2022. Ectomycorrhizal fungi mediate belowground carbon transfer between pines and oaks. *The ISME Journal*, 16(5), 1420–1429.
- Castano C, Alday JG, Lindahl BD, Martinez de Aragon J, de-Miguel S, Colinas C, et al. 2018. Lack of thinning effects over inter-annual changes in soil fungal community and diversity in a Mediterranean pine forest. *Forest Ecology and Management*, 424, 420–427.

- Perevolotsky A and Sheffer E. 2009. Forest management in Israel—the ecological alternative. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57(1–2), 35–48.
- Teixeira HM, Cardoso IM, Bianchi FJ, da Cruz Silva A, Jamme D, and Peña-Claros M. 2020. Linking vegetation and soil functions during secondary forest succession in the Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, 457, 117696.
- Tomao A, Bonet JA, Castano C, and de-Miguel S. 2020. How does forest management affect fungal diversity and community composition? Current knowledge and future perspectives for the conservation of forest fungi. *Forest Ecology and Management*, 457, 117678.
- Varenius K. 2017. Interactions between fungi, forest management, and ecosystem services (Vol. 2017, No. 87).
- Zangy E, Kigel J, Cohen S, Moshe Y, Ashkenazi M, Fragman-Sapir, et al. 2021. Understory plant diversity under variable overstory cover in Mediterranean forests at different spatial scales. *Forest Ecology and Management*, 494, 119319.
- Landi M, Salerni E, Ambrosio E, D'Aguzzo M, Nucci A, Saveri C, et al. 2015. Concordance between vascular plant and macrofungal community composition in broadleaf deciduous forests in central Italy. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(3), 279.
- Lewinsohn D and Masaphy S. 2008. Mushroom cultivation and ecology forward. *Israel Journal of Plant Sciences*, 56(4), 11.
- Lin WR, Wang PH, Chen WC, Lai CM, and Winder RS. 2016. Responses of soil fungal populations and communities to the thinning of *Cryptomeria japonica* Forests. *Microbes and Environments*, 31(1), 19–26.
- Mauri A, Di Leo M, de Rigo D, and Caudullo G. 2016. *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. In European Atlas of Forest Tree Species (p. e0166b8). Publication Office EU Luxembourg.
- Osem Y, Ginsberg P, Tauber I, Atzmon N, and Perevolotsky A. 2008. Sustainable management of Mediterranean planted coniferous forests: An Israeli definition. *Journal of Forestry*, 106(1), 38–46.



שרועית אפרכסית (*Tapinella panuoides*) על ענף אורן
צילום: לילך מוצאפי-הראל



חברות דבורים ורשתות האבקה ביערות מחטניים נטועים בהשוואה לשטחי חורש סמוכים

תמר שלום | יעל מנדליק *

המחלקה לאנטומולוגיה, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים
* Yael.mandelik@mail.huji.ac.il

תקציר

הנוגע לחשיבותם בשמירת מגוון דבורי הבר באזור. רשתות ההאבקה בחלקות תת-היער המפותח לעומת החורש נבדלו בגודלן, אך לא בתפקודן (לפי מדדי מגוון והתמחות) ובעמידותן. לסיכום, מצאנו כי ביערות שקיימת בהם סוקצסיה משמעותית ושכבת תת-יער מפותחת, קיימות חברות דבורים מגוונות, ונכחות הדבורים ניכרת. החברות האלה אומנם מגוונות פחות ושונות בהרכב המינים מחברות הדבורים בבתי הגידול הטבעיים הסמוכים, אולם הן אינן נבדלות מהן במדדי תפקוד ויציבות רשתות ההאבקה או בהרכב התפקודי. כלומר, ההבדלים בין בתי הגידול השפיעו באופן שונה על המגוון לעומת התפקוד של חברת הדבורים, ועל כן חשוב לבחון את שני ההיבטים במקביל.

ניהול בר-קיימא של יערות נטועים לא מסחריים מבוסס לרוב על התערבות ממשקית מזערית ועל תהליכי סוקצסיה טבעיים המביאים להתפתחות תת-יער ולעלייה במורכבות המבנה הפיזי שלו. עם זאת, חסר מידע לגבי ההשלכות של גישה זו על חלקים נרחבים של המגוון הביולוגי ועל שירותי המערכת האקולוגית. במחקר זה בחנו את חברות הדבורים, את חברות הצמחים, את מגוון מצעי הקינון לדבורים ואת רשתות ההאבקה (סך כל הקשרים בין מאביקים לצמחים) בחמישה יערות מחטניים נטועים בשפלת יהודה עם צומח תת-יער מפותח או דליל, והשווינו אותם לשטחי חורש פתוח סמוכים. בחלקות תת-היער המפותח נמצאו ערכים נמוכים משמעותית של שפע ומגוון של משאבי שיחור (פרחים) וקינון לדבורים, ובהתאם לכך, גם ערכים נמוכים של עושר ושפע של דבורים בהשוואה לחלקות החורש הטבעי הסמוכות. הערכים היו נמוכים עוד יותר ביערות בעלי תת-יער דליל. בהתאם לכך, ייתכן שלתהליכי הסוקצסיה והתפתחות תת-היער יש השפעה מיטיבה על איכות בית הגידול הנטוע לדבורים ועל מגוון חברת הדבורים, אולם יש להמשיך ולבחון נושא זה. ההרכב הטקסונומי של חברות הדבורים נבדל משמעותית בין שלושת בתי הגידול שנבחנו, ומלמד שהחורש ובתי הגידול הנטועים משלימים זה את זה בכל

מילות מפתח

המגוון הביולוגי, ניהול יער בר-קיימא, שירותי האבקה, שירותי מערכת אקולוגית, תת-יער

מבוא

(2018). יערות נבדלים באופן משמעותי בחשיבותם כבתי גידול לדבורים, וההבדלים נובעים מהרכב העצים, מניהול היער (Brockerhoff et al., 2017). רוב המחקרים על חברות דבורים ביערות התמקדו בהשפעות של פעולות ממשק שונות (למשל, דילול וכריתה), ונמצא קשר חיובי בין פעולות אלה, הקשורות להגברת הפתיחה של חופת היער ולהתפתחות שכבה עשבונית פורחת ושופעת, ובין השפע והעושר של מיני הדבורים (Taki et al., 2010; Korpela et al., 2015). בהשוואה לבית הגידול הטבעי שהוחלף, אך מעט ידוע על היקף השינוי בחברות הדבורים ורשתות ההאבקה שלהן ביערות נטועים.

המחקר הנוכחי בחן את חברת הדבורים, את חברת הצמחים הפורחים ואת רשתות ההאבקה ביערות מחטניים נטועים בעלי תת-יער דליל ותת-יער מפותח, בהשוואה לשטחים סמוכים בעלי צומח טבעי, ואת התאמתם ואיכותם של היערות הנטועים כבית גידול לדבורים.

שיטות

אזור המחקר ומערך הדגימה

המחקר התבצע בחמישה יערות נטע-אדם באזור שפלת יהודה: נחושה, עדולם, משואה דרום וצפון (חלק מפארק בריטניה) וישעי (איור 1א). היערות שנבחרו מרוחקים למעלה מ-2.2 ק"מ זה מזה כדי להבטיח חוסר תלות בין החלקות בחברת הדבורים. היערות ניטעו החל מ-1950 בעיקר במינים מחטניים, ואורן ירושלים (*Pinus halepensis*) הוא המין הדומיננטי בהם. בכל יער סומנו שתי חלקות דגימה בגודל 625 מ"ר (25x25), האחת בשטח חורש טבעי פתוח/שיחיה (כולל שיחים כמו אשחר ארץ-ישראלי [*Rhamnus lycioides*] ואלון מצוי [*Quercus coccifera*]) הגובל ביער (חלקת ביקורת; איור 1ב). טיפוס זה של בית גידול "טבעי" (כלומר, עם צמחייה טבעית) הוא השכיח ביותר באזור המחקר. צמדי החלקות היו בעלי מאפיינים סביבתיים וגאומורפולוגיים דומים ככל האפשר. החלקה השנייה מוקמה בשטח יער מחטני עם התפתחות טבעית משמעותית של צומח תת-היער המעוצה (שיחים ובני-שיח; חלקת תת-יער מפותח; איור 1ג). החלקות מוקמו במרחק של כ-200 מטר משולי היער. מיקום חלקות היער ושתי החלקות הטבעיות שונה בין שתי שנות המחקר כדי להתמודד עם הפרעות (רעייה, כריתה, הצבת כוורות) ולשפר את ההאחדה בכיסוי הצמרות ותת-היער. חלקות הדגימה ביער היו נטועות בעצי אורן ירושלים עם כיסוי צמרות בינוני של 30–60% (אסם ושות', 2014). בשנת המחקר הראשונה הצפיפות הממוצעת הייתה 19 עצים לדונם (10–13 עצים לחלקה) עם כיסוי צמרות בינוני נמוך. בשנה השנייה הצפיפות הממוצעת הייתה 30 עצים לדונם (16–22 עצים לחלקה). תת-היער

אתגר מרכזי בניהול בר-קיימא של מערכות אקולוגיות מופרות הוא להבין את השינויים שנגרמים למגוון הביולוגי ולשירותי המערכת האקולוגית בעקבות פעילות האדם, ולקבוע בהתאם את אסטרטגיית הניהול המועדפת – שיקום ושחזור של החברות האקולוגיות המקוריות או שימור החברות האקולוגיות החדשות שנוצרו. שאלה בסיסית זו משמעותית במיוחד בבתי גידול מעשה ידי אדם, כמו יערות נטועים, שמתפרסים על פני שטחים נרחבים והתנאים בהם שונים, בדרך כלל, באופן משמעותי מאלה של בית הגידול הטבעי שהחליפו. שטח היערות הנטועים ברחבי העולם עולה, והם נחשבים לאחד האמצעים המרכזיים להתמודדות עם האובדן העולמי של שטחי יער טבעי (Payn et al., 2015). בהשוואה לבתי גידול טבעיים עם צמחייה מעוצה דומיננטית, כמו יערות וחורשים, המגוון הביולוגי והמגוון התפקודי בדרך כלל נמוכים יותר ביערות נטועים, והם מושפעים בעיקר מממשק היער (Bremer and Farley, 2010; Brockerhoff et al., 2017).

ניהול בר-קיימא של יערות מושתת על שילוב של מטרות אקולוגיות, כלכליות וחברתיות באמצעות שימור המגוון הביולוגי ושירותי המערכת האקולוגית (Mori et al., 2017). ביערות שאינם מסחריים, כמו בישראל, גישה זו מתבטאת בצמצום הממשק היזום ובהתבססות על תהליכי סוקצסיה טבעיים, שמביאים, בין היתר, לרב-שכבתיות ולהתפתחות תת-יער (Osem et al., 2014). התפתחות שכבת תת-יער מעלה את המורכבות המבנית ואת מגוון העצים ביער ואת זמינות המחסות והמזון, ועשויה גם לשנות תנאי מיקרו-אקלים ותאורה בקרקע היער (Gillian, 2007) וכך להשפיע על המגוון הביולוגי ועל התפקוד של היערות. עם זאת, לגבי שירותי מערכת אקולוגית רבים, כולל האבקה, השפעת ניהול יערות לפי עקרונות אלה, ובייחוד ההשפעה של התפתחות שכבת תת-יער, ידועה באופן מוגבל.

האבקה על ידי בעלי חיים חיונית לקיומן של מערכות אקולוגיות טבעיות וחקלאיות כאחת; כ-88% מכל מיני הצמחים הפורחים מואבקים על ידי בעלי חיים (Ollerton et al., 2011), וכ-77% מהגידולים המובילים בעולם תלויים במאבקים להבטחת כמות היבול ואיכותו (Klein et al., 2007). דבורי בר תורמות רבות להאבקה של מגוון גידולים (Garibaldi et al., 2013) ויכולות לספק רשת ביטחון במקרה של קריסת אוכלוסיות דבורי דבש (Garibaldi et al., 2011). לרשתות האבקה (pollination networks) – התיאור הכמותי של מכלול יחסי הגומלין בין צמחים למאבקים בחברה – יש השפעה מכרעת על היציבות והתפקוד של המערכת האקולוגית (Schleuning et al., 2015). בהתאם לכך, רשתות האבקה נעשו כלי מרכזי בניטור ובכימות של שירותי האבקה (Burkle et al., 2013; Knight et al., 2013).

נאספו נתונים מצמד החלקות, היער עם תת-היער המפותח והשטח הטבעי הסמוך לו. הדגימה בחלקות תת-היער הדליל בוצעה בימים נפרדים. סדר דגימת חמשת אתרי היערות נקבע באקראי בתחילת שנת המחקר, ונשמר קבוע לאורך עונת השדה. בכל יום דגימה נמדדו גם משתני מזג אוויר, טמפרטורה, עוצמת רוח ועוצמת קרינה. הדגימה התקיימה רק בימים שתנאי מזג האוויר בהם התאימו לפעילות דבורים (ימים בהירים, מעוננים חלקית או עם אובך קל, טמפרטורה גבוהה מ-16 מעלות צלזיוס ונמוכה מ-34 מעלות, מהירות הרוח קטנה מ-2.5 מטר לשנייה).

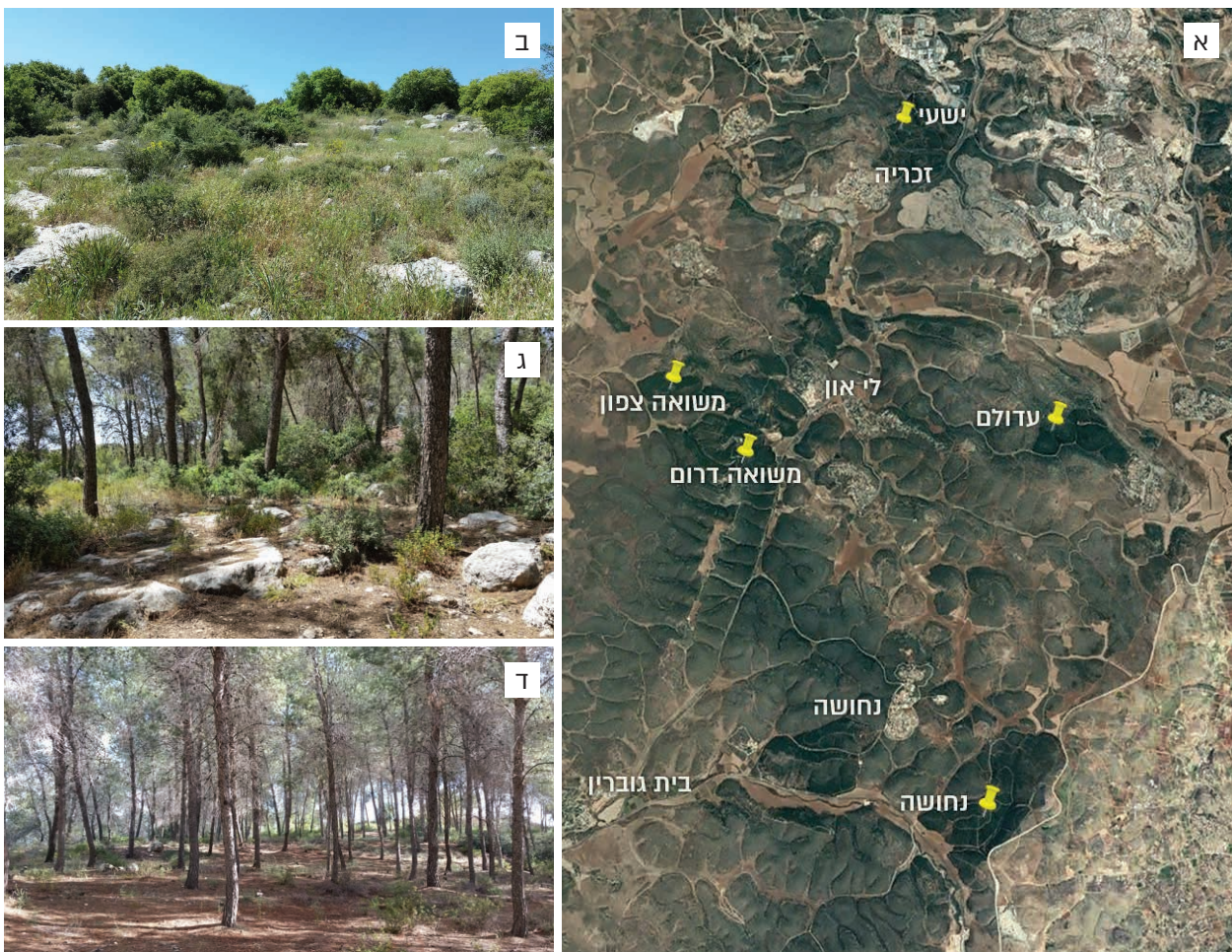
דגימת הדבורים

לקבלת מדגם מייצג נדגמו הדבורים בשתי שיטות משלימות: לכידה אקטיבית ברשת חרקים (netting) – בכל חלקה איסוף במשך 30 דקות בבוקר ובצהריים) ולכידה פסיבית בעזרת מלכודות מים (pan trap) – בכל חלקה הונחו על

היה בשיעור כיסוי של 23–50%. בשנת המחקר השנייה נוספו שתי חלקות של יער מחטני נטוע עם צפיפות עצים ממוצעת של 67 עצים לדונם והתפתחות תת-יער מעטה בלבד (<15%; חלקת תת-יער דליל; איור 1ד) ביערות משואה דרום ונחושה. בעוד שההשוואה העיקרית היא בין היער הנטוע בעל תת-היער המפותח לטח הטבעי, עניין אותנו לראות מה קורה בחלקות מיוערות עם התחדשות מועטה. מסקירת השטח המיוער באזור ושיחות עם מנהלי השטח התברר שאין שטחים רבים באזור שתת-היער בהם דליל. לכן, נמצאו רק שתי חלקות, והן סיפקו הסתכלות איכותית בלבד, ללא השוואה סטטיסטית.

איסוף נתונים

לאורך עונת האביב בשנים 2015 ו-2016 נדגמו דבורים ומשאבי שיחור (פריחה) וקיננו בשלושה סבבים במרווחים של כשניים וחצי עד שלושה וחצי שבועות. בכל יום דגימה



איור 1

חלקות המחקר

א. פריסת חלקות המחקר; ב. חלקת ביקורת – חורש פתוח; ג. חלקת תת-יער מפותח; ד. חלקת תת-יער דליל.

ניתוח סטטיסטי

השפעת בית הגידול, סבב הדגימה ויחסי הגומלין ביניהם על מגוון סוגי התכסית (מחושב לפי מדד Shannon-Wiener) נבדקו ב-ANOVA, בניתוח שונות דו-כיווני במודל גורמי מלא, עם האתר כגורם אקראי. השפע והעושר הכוללים של מיני הדבורים לעונה הושוּוּ בין בתי הגידול, ונבדקו ב-GLMM (Generalized Linear Mixed Models) עם התפלגות פואסונית (Poisson), המתאימה לנתוני ספירה, או עם התפלגות בינומית שלילית. האתר נכלל כגורם אקראי. בחירת המודל הטוב ביותר התבססה על ערכי ה-AICc (Akaike Information Criterion), המתאים לגודלי מדגם קטנים). כדי לבחון את מידת הדמיון בהרכב הטקסונומי של חברת הדבורים בין בתי הגידול, נבנו אורדינציות NMS (Non-metric Multidimensional Scaling) MRPP (Multi-Response Permutation). MRPP (Procedures) בוצעו לקביעת השפעת בית הגידול על הרכב חברת הדבורים. מדד סורטן שימש בכל ניתוחי ה-MRPP. בחינת הבדלים בין בתי הגידול בהרכב התפקודי (התפלגות התכונות האקולוגיות המאפיינות את חברת הדבורים – חברתיות, קינון, רוחב דיאטה, ואורך גפי הפה) בוצעה בעזרת מבחני אי-תלות (Fisher's exact test).

תוצאות

משאבי שיחור וקינון: מספר הפרחים, עושר מיני הצמחים הפורחים ומגוון מצעי הקינון היו גבוהים באופן משמעותי בחלקות החורש ביחס לחלקות היער, ובחלקות תת-היער המפותח לעומת חלקות תת-היער הדליל ($p < 0.05$) (איור 2).

חברת הדבורים: סך הכול נדגמו 1,391 דבורי בר ולמעלה מ-200 מינים. גם במקרה זה נמצאו ערכי שפע מינים ועושר מינים גבוהים משמעותית בחלקות החורש לעומת היערות ($p < 0.01$) וביערות עם תת-יער מפותח לעומת דליל (איור 3). הגורמים שהשפיעו משמעותית ($p < 0.01$) על ערכי השפע והעושר של מיני הדבורים היו מספר הפרחים וסוג בית הגידול, ואילו לעושר מיני הצמחים הפורחים, לעוצמת הרוח ולעוצמת הקרינה הייתה השפעה משמעותית פחות (נתונים לא מוצגים). מתוך כלל מיני הדבורים שנדגמו, דבורת הדבש הייתה בעלת השפע הגבוה ביותר בכל בתי הגידול ב-2015, ובבית הגידול הטבעי ב-2016. מבין דבורי הבר שנדגמו, דבורים מהסוג לסיוגלוסום (*Lasioglossum*) היו הדומיננטיות בכל בתי הגידול.

ההרכב הטקסונומי של מיני הדבורים נבדל באופן משמעותי בין שלושת בתי הגידול ($p < 0.01$), וההבדלים המשמעותיים ביותר נמצאו בין בית הגידול הטבעי לחלקות תת-היער הדליל (איור 4). לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים מובהקים

הקרקע תשע קעריות פלסטיק בנפח של כ-300 סמ"ק, בצבעים כחול, צהוב ולבן, מלאות במי סבון, ונאספו לאחר שבע שעות). השיטות האלה מקובלות, נמצאו יעילות לייצוג של מגוון מיני הדבורים הקיימים בבתי גידול שונים, וכל אחת מותאמת לקבוצות שונות של דבורים (Westphal et al., 2008). לבחינת ההרכב התפקודי של חברת הדבורים נבנה מסד נתונים אקולוגיים (life-history traits) עבור כל המינים שהיה עליהם מידע זמין, בהתבסס על ספרות וחוות דעת מומחים. התכונות שנבחנו כללו חברתיות (יחידאיות / חברתיות, פרימיטיביות / קלפטופרזיטיות), קינון (בקרקע / מעל הקרקע), רוחב דיאטה – מידת התמחות באיסוף אבקה (ג'נרליסטיות / מתמחות) ואורך גפי פה (קצרים / ארוכים).

סקרי צומח ותכסית

להערכת זמינות משאבי שיחור (מזון) וקינון פוטנציאליים, המעידים על איכות בית הגידול עבור דבורים, בוצעו סקר צומח וסקר תכסית על ידי הערכת כיסוי חזותית. הסקרים נערכו בכל יום דגימה בכל אחת מהחלקות ב-15 חישובים בקוטר מטר שנפרסו באחידות בשטח החלקה. נרשמו מיני הצמחים שנמצאו בחישוב, ושהיו בעלי פרחים פתוחים, ומספר הפרחים או התפרחות בכל צמח. במקביל, בכל חישוב הוערכו אחוזי הכיסוי של סוגי התכסית הבאים: צומח עשבני, צומח מעוצה, צומח יבש, קרקע חשופה, קרקע מכוסה מחטים או נשורת עלים, אבנים וסלעים. לקטגוריות אלה יש משמעות כאמצעי קינון שונים לדבורים מקבוצות שונות.

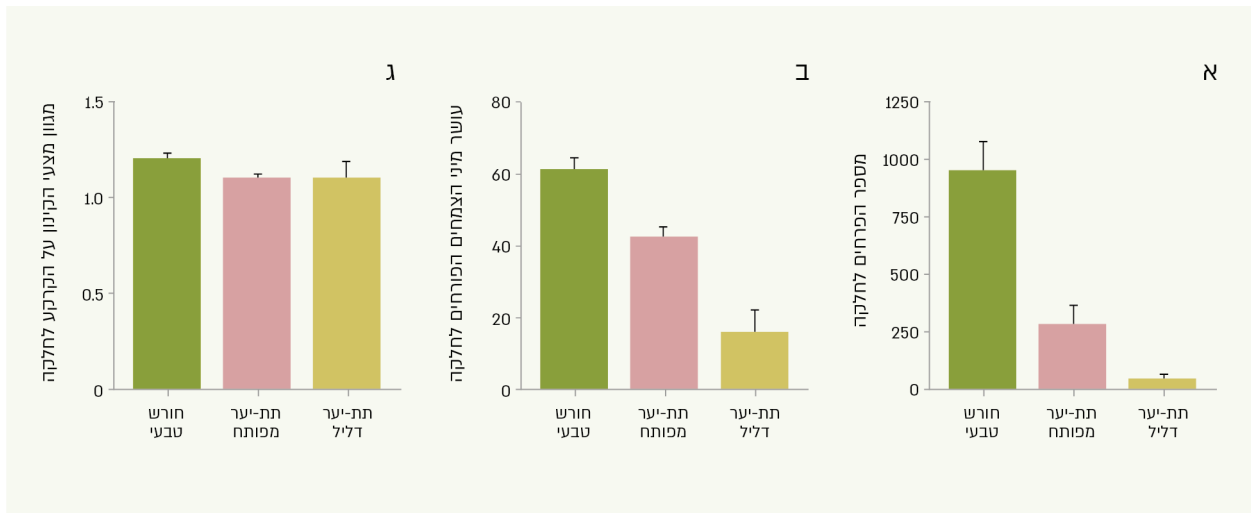
רשתות האבקה

רשתות ההאבקה התבססו על תצפיות ביקורי דבורים בפרחים שהתקבלו מהאיסוף ברשת. בחישוב המדדים לא נכללו מינים נדירים המופיעים רק פעם אחת ברשת, שכן הנתונים עליהם מצומצמים ולא בהכרח משקפים העדפות (Blüthgen et al., 2006). הפקת איורי הרשתות וכלל המדדים נעשתה באמצעות תוכנת Rstudio Inc. 2013, בשימוש בחבילת bipartite. כדי לבחון את השפעת בית הגידול על רשת ההאבקה ברמת המינים, בחנו אם מינים המופיעים בשני בתי הגידול, הטבעי והנטוע בעל תת-היער המפותח, הציגו הבדלים ברמת ההתמחות ובשותפים בין בתי הגידול. ערכי המדדים הושוּוּ בין בתי הגידול במבחן t עבור מדגמים מזווגים, לאחר שעמדו בהנחת התפלגות נורמלית. נוסף על כך, בחנו את מדד עמידות הרשת (robustness) – עד כמה הרשת עמידה להיכחדות של מינים (דבורים וצמחים פורחים). מדד זה מחושב על ידי הוצאה הדרגתית של מינים מהמערכת ובחינת ההשפעה על מבנה הרשת ועל ההסתברות להיכחדות עוקבות של מינים.

מין הדבורה למין הצמח הפורח) הראו דגם דומה עם 299 קשרים לעומת 161 קשרים בחלקות החורש לעומת חלקות תת-היער המפותח בהתאמה ($p < 0.001$; תוצאות לא מוצגות). עם זאת, מדדים של תפקוד, כולל מידת ההתמחות (של דבורים ושל צמחים), מגוון הקשרים ועמידות הרשת להכחדות מינים, לא נבדלו באופן מובהק בין שני בתי גידול. אלה.

בין בתי הגידול בהרכב התפקודי, על סמך התפלגות התכונות האקולוגיות של הדבורים – חברתיות, קינון, רוחב דיאטה ואורך גפי פה ($p > 0.52$ בכל המבחנים).

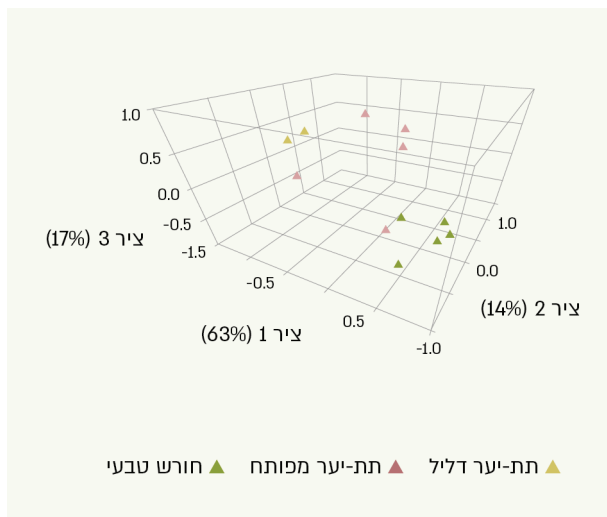
רשתות האבקה: בהמשך לערכי העושר הגבוהים של מיני הצמחים הפורחים והדבורים בחלקות החורש לעומת היער, גם גודל הרשתות ומכלול הקשרים בהן (סך כל הקשרים בין



איור 2

משאבי שיחור וקינון לפי חלקות

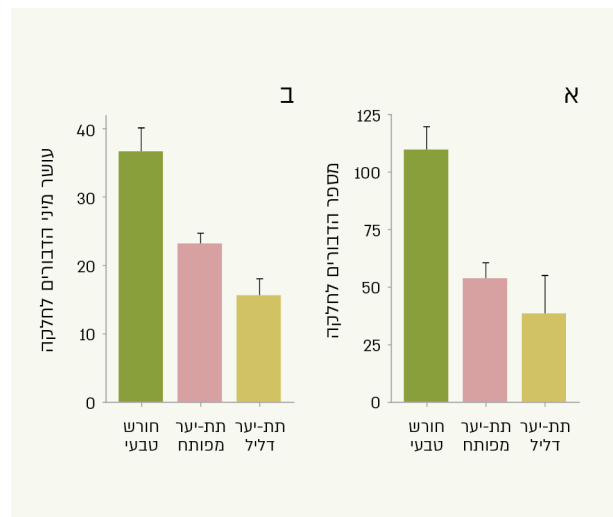
א. מספר הפרחים; ב. עושר מיני הצמחים הפורחים; ג. מגוון מצעי הקינון ממוצעים בחלקות החורש הטבעי (ירוק), חלקות תת-יער מפותח (ורוד) וחלקות תת-יער דליל (צהוב). הקווים מציגים את שגיאת התקן.



איור 4

הרכב מיני הדבורים בחלקות השונות

כל משולש מייצג חלקת דגימה. המרחקים בין החלקות באיור מבטאים את ההבדל היחסי ביניהן בהרכב המינים. כלומר, ככל שחלקות רחוקות יותר, כך הרכב המינים בהן שונה יותר, ולהפך.



איור 3

שפע ועושר של מיני דבורי בר לפי חלקות

א. שפע המינים של דבורי בר; ב. עושר מיני דבורי בר בחלקות החורש הטבעי (ירוק), חלקות תת-היער המפותח (ורוד) וחלקות תת-היער הדליל (צהוב). הקווים מציגים את שגיאת התקן.

דין

בשני בתי הגידול לא באו לידי ביטוי במדדי תפקוד ויציבות של רשתות ההאבקה. ייתכן שהדבר נובע מהיעדר הבדלים בהרכב התפקודי של חברת הדבורים בין בתי הגידול, בייחוד דמיון ביחס בין דבורים בעלות דיאטה צרה לעומת רחבה (מתמחות לעומת ג'נרליסטיות, בהתאמה), וביחס בין דבורים בעלות התאמה מורפולוגית לפרחים שטוחים לעומת צינוריים (בעלות גפי פה קצרות לעומת ארוכות, בהתאמה).

לסיכום, תוצאות מחקרנו מראות כי ביערות שקיימת בהם סוקצסיה משמעותית ונוצר תת-יער מפותח, הזמינות והמגוון של המשאבים החיוניים לדבורים עולים, ומאפשרים התבססות חברות דבורים ביערות. החברות האלה אומנם בעלות מגוון נמוך יחסית ונבדלות בהרכב המינים מחברות הדבורים בבתי הגידול הטבעיים הסמוכים, אולם הן אינן נבדלות מהן במדדי תפקוד ויציבות רשתות ההאבקה או בהרכב התפקודי. כלומר, מצאנו כי ההבדלים בין בתי הגידול השפיעו באופן שונה על המגוון לעומת התפקוד של חברת הדבורים. לכן, קביעת הממשק הרצוי ביערות צריכה להיות תלויה במטרה – שמירת המגוון או התפקוד, וחשוב לזכור כי שני היבטים לא דווקא חופפים. נדרשת בחינה במקביל של המגוון והתפקוד כדי לאפשר ניהול מיטבי של השטח. חשוב להמשיך ולחקור נושא זה, ובייחוד את ההשפעות של ממשק יער בר-קיימא, תהליכי הסוקצסיה הטבעית והיווצרות תת-יער מפותח המלווים אותו, על היבטים נוספים של מגוון ותפקוד ביערות נטועים.

היערות עם תת-היער המפותח נבדלו משמעותית משטחי החורש הסמוכים בכמות ובמגוון של משאבי השיחור והקינן שהם מספקים לדבורי בר, ובהתאם לכך גם בעושר, בשפע ובהרכב הטקסונומי של חברת הדבורים בהם. בעוד שרשתות ההאבקה בשני בתי הגידול האלה נבדלו בגודלן, הן לא נבדלו בתפקודן (לפי מדדי מגוון והתמחות) ובעמידותן. המגמות האלה מועצמות כאשר בוחנים את היערות בעלי תת-היער הדליל. כלומר, לתהליכי הסוקצסיה והתפתחות תת-היער ביערות מחטניים נטועים באזור המחקר יש השפעה מיטיבה על איכות בית הגידול הנטוע לדבורים ועל המגוון בחברת הדבורים.

עושר המינים הגבוה של דבורי בר שנמצא, המהווה כ-18% מכלל פאונת הדבורים בישראל, מדגים את חשיבותה של שפלת יהודה ככלל לשמירת מגוון דבורים. עם זאת, העובדה שביערות הנטועים העושר נמוך משמעותית, מראה כי חשיבותם לשמירת מגוון הדבורים נמוכה מזו של בתי הגידול הטבעיים הסמוכים. למרות זאת, ההבדל המשמעותי בהרכב הטקסונומי של מיני הדבורים בין בתי הגידול האלה מראה כי גם לבתי הגידול הנטועים יש חשיבות ותרומה לשמירת מגוון דבורי הבר באזור. באופן ספציפי, דבורים מהסוג אנדרנה (*Andrena*) ומשבט אוסמיני (*Osmiini*) נמצאו בקשר חיובי חזק ליערות הנטועים. כלומר החורש ובתי הגידול הנטועים משלימים זה את זה בכל הנוגע לשמירת מגוון דבורי הבר באזור. תוצאה מעניינת היא שהבדלי המגוון וההרכב הטקסונומי של חברות הדבורים

מקורות

- Burkle LA, Martin JC, and Knight TM. 2013. Plant-pollinator interactions over 120 years: Loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339, 1611–1615.
- Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, Cunningham SA, and Harder LD. 2011. Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *PNAS*, 108, 5909–5914.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, et al. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of Honey bee abundance. *Science*, 339, 1608–1611.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen, and Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274, 303–313.
- אסם י. 2014. סוגיות עיקריות בחקר היערות המחטניים של ישראל – סיכום ארבעים שנות מחקר (1972–2012). חלק ב: הבנת התהליכים הטבעיים המתרחשים ביער ומעבר לניהול היער כמערכת אקולוגית רב-תכליתית. *אקולוגיה וסביבה*, 4(4), 321–330.
- Blüthgen N, Menzel F, and Blüthgen N. 2006. Measuring specialization in species interaction network. *BMC Ecology*, 6, 9.
- Bremer LL and Farley KA. 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity Conservation*, 19, 3893–3915.
- Brockerhoff EG, Barbaro L, Castagneyrol B, Forrester, DI, Gardiner B, Gozáles-Olabarria, JR, et al. 2017. Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26, 3005–3035.

- Schleuning M, Fründ J, and Garcia D. 2015. Predicting ecosystem functions from biodiversity and mutualistic network: An extension of trait-based concepts to plant-animal interactions. *Ecography*, 38, 380–392.
- Taki H, Inoue T, Tanaka H, Sueyoshi M, Isono, M, and Okabe K. 2010. Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations. *Forest Ecology and Management*, 259, 607–613.
- Westphal C, Bommarco R, Carre G, Lamborn E, Morison N, Petanidou T, et al. 2008. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*, 78, 653–671.
- Knight TM, Ashman TL, Bennett JM, Burns JH, Passonneau S, and Steets JA. 2018. Reflections on, and visions for, the changing field of pollination ecology. *Ecology Letters*, 21, 1282–1295.
- Korpela EL, Hyvönen T, and Kuussaari, M. 2015. Logging in boreal field-forest ecotones promotes flower-visiting insect diversity and modifies insect community composition. *Insect Conservation and Diversity*, 8, 152–162.
- Mori AS, Lertzman K, and Gustafsson L. 2017. Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: A research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology*, 54, 12–27.
- Ollerton J, Winfree R, and Tarrant S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321–326.
- Payn T, Carnus JM, Freer-Smith P, Kimberley M, Kollert W, Liu S, et al. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management*, 352, 57–67.



זכר של דבורה מהסוג מדרונית (*Anthophora*) אוסף צוף ומאביק פרח של מרוות ירושלים (*Salvia hierosolymitana*)
צילום: גידי פיזנטי



הפטרייה זיפנית הגבעול (*Crinipellis stipitaria*), פארק בגין
צילום: עומר משולם



שימור אוכלוסיות צמחים נדירים של קרקעות כבדות וחוליות ביערות קק"ל: מסקר לתוכניות ממשק

שני גלייטמן* | יהל פורת

אגף הייעור, קק"ל
ShaniB@kkl.org.il *

הכרחי לשלמות, לתפקוד, לעמידות ולחיוניות של המערכות האקולוגיות השונות.

מבין כ-2,600 מיני צמחי הבר של מדינת ישראל, יותר מ-400 מינים נתונים בסכנת הכחדה, ועוד כ-400 מינים מוגדרים כנדירים מאוד ועל סף איום (שמידע ושות', 2007, 2011). הנתונים האלה הם חלק ממגמה עולמית של אובדן המגוון הביולוגי, וההערכות הן שב-500 השנה האחרונות כ-30% ממיני הצמחים ובעלי החיים בעולם נמצאים בסיכון להכחדה ברמה העולמית או שכבר נכחדו לחלוטין. אובדן המגוון הביולוגי ניכר לאורך השנים באופן עקבי בכל האזורים בישראל, ובא לידי ביטוי ביתר שאת בגידול רגישים ומאוימים. מבין מאות הצמחים הנדירים בישראל, שתי קבוצות חשובות אופייניות לשני בתי גידול של קרקעות כבדות ושל קרקעות חוליות, שנקראות לעיתים גם קרקעות עמוקות: קרקעות כבדות בעמקים וברמות, וקרקעות חוליות במישור החוף. בתי הגידול הטבעיים בקרקעות הכבדות

תורת ניהול היער (אסם ושות', 2014) שנכתבה לפני כעשור משקפת את המעבר שחל בקק"ל במהלך השנים מהתמקדות בהקמה נרחבת של יערות דרך נטיעה – לניהול היערות המתבגרים. מעבר זה כלל עדכון של תפיסת ניהול השטח, מיערנות מסורתית המבוססת על ממשק יער מוכוון אספקת עץ, לניהול מכלול תצורות הצומח בשטחים הפתוחים בראייה הוליסטית. ראייה זו מתייחסת ליער כמערכת אקולוגית מורכבת, רב-שכבתית ומגוונת, שמנוהלת לטובת אספקת מגוון רחב של שירותי מערכת אקולוגית לרווחת האדם.

תמיכה במגוון הביולוגי הייחודי לישראל מוגדרת כאחת מהמטרות המפורטות של ניהול היער. ניתן להכיר בערך פנימי (intrinsic value) לקיומם של אורגניזמים, מינים ובתי גידול שונים, שהוא ערך בפני עצמו ואינו משמש אמצעי להשגת מטרה אחרת, וזאת ללא תלות בחשיבות שלהם עבור האדם. מעבר לכך, המגוון הביולוגי נחשב בסיס

בעידן של משבר אקולוגי והכחדות מינים המוניות אין להסתפק בהגנה על אורגניזמים בודדים ועל בתי גידול רגישים מפני פגיעה. שיקום בתי גידול נדירים, מופרים ומאוימים ואישוש אוכלוסיות מינים המצויים בסכנת הכחדה, הם צו השעה. בשנת 2023 השלימו מחלקת אקולוגיה באגף הייעור, מחלקת יער במרחב מרכז ואזור מנשה-שרון בקק"ל כתיבת תוכנית ממשק ארוכת טווח ליערות אילנות-קדימה, שהיא נספח מקצועי מפורט לתוכנית היער והממשק של יערות גוש השרון (גלייטמן ושות', 2023). מטרת התוכנית המפורטת היא לשקם ולשפר את תנאי בית הגידול באופן שיתמוך בצורה מיטבית בקיומן של אוכלוסיות מיני הצמחים האנדמיים והנדירים ביערות. התוכנית מוגדרת לטווח זמן של עשר שנים, וכוללת הנחיות מפורטות לממשק כל שכבות היער, כגון מעבר הדרגתי מיער איקליפטוס (*Eucalyptus*) בכיסוי גבוה ליער מעורב של איקליפטוס ואלון התבור (*Quercus ithaburensis*) בכיסוי בינוני-פחות, טיפול אינטנסיבי בצמחים פולשים, הכנסת רעיית צאן עונתית, כיסוח חלקי של כתמים בשלטון קידה שעירה (*Calicotome villosa*) ולוטם (*Cistus*) הדוחקים את מיני הצמחים העשבוניים ומקטינים את המגוון העשבוני הייחודי לאזור. נוסף על כך, התוכנית מנחה להשיב מיני דגל נבחרים, כגון אזוביון דגול (*Lavandula stoechas*), אירוס הארגמן ותורמוס צהוב (*Lupinus luteus*), במטרה לחזק את האוכלוסיות המקומיות שלהם. עבור אירוס הארגמן יש צורך בביצוע האבקה ידנית של הפרחים כשלב מקדים לפני איסוף הזרעים לריבוי, וזאת בשל ייצור זרעים נמוך במיוחד של האוכלוסייה המקומית ללא טיפול וכדי לשמר את המגוון הגנטי המקומי.

יישום הממשק החל מייד עם השלמת כתיבת התוכנית. בשטח בוצע טיפול מקיף ראשון במינים פולשים, ודילול כתמי של היער מתוכנן לקיץ 2025. בשיתוף פעולה עם תלמידי הכפר הירוק בוצעה האבקה ידנית של אירוס הארגמן, ולאחריה נאספו זרעים לגידול במשתלה. ייחורים של אזוביון דגול וזרעים של אירוס הארגמן נאספו על ידי מדור זרעים ומשתלות בקק"ל, והם מגודלים במשתלת אשתאול לקראת שתילתם בהמשך. בשתילה מושגות שלוש מטרות שונות: שיקום אזורים מופרים ביער, הגדלת הפיזור של המינים האלה ביער, וכן טיפוח חלקות נגישות לאנשים עם מוגבלות בגן הבוטני של יער אילנות.

תוכנית זו היא הראשונה מסוגה שנכתבה בקק"ל, והיא משמשת מודל לכתיבת תוכניות נוספות ליערות שהם מוקדות בעלות ערכיות אקולוגית ייחודית.

הפוריות נעלמו עקב החקלאות האינטנסיבית והמודרנית בישראל, ובתי הגידול בקרקעות החוליות נעלמו בשל הבינוי והפיתוח המואץ במישור החוף. ביערות קק"ל קיים ייצוג חשוב לשני בתי הגידול האלה, שעדיין קיימים בהם עשרות מיני צמחים נדירים. עבור רבים מהמינים היעירות הם מקלט אחרון לפני הכחדה (פרגמן-ספיר ופורת, 2018).

במהלך העשור שחלף מאז פרסום תורת ניהול היער, הצטברו ידע וממצאים רבים המצביעים על ערכם וחשיבותם האקולוגית הגבוהה של היערות, המתפקדים כעוגנים טבעיים חשובים ברצף השטחים הפתוחים בישראל (פורת ורותם, 2019). מחלקת אקולוגיה באגף הייעור הבילה וקידמה בשנים האלה מגוון מחקרים, תוכניות ניטור וסקרים אקולוגיים. החל משנת 2019 נסקרים מדי שנה מעל 10,000 דונם שטחי יער שמתוכננים בהם ממשק דילול או נטיעה, ועד היום תועדו במאגר המידע של קק"ל אלפי תצפיות בערכי טבע, ומתוכן מאות תצפיות בעשרות מיני צמחים בסכנת הכחדה. התצפיות האלה כוללות מינים שתועדו לראשונה, כגון אספסת סורית (*Medicago syriaca*), אוכלוסיות גדולות וציבות של מינים בסכנת הכחדה המתקיימות ביערות, כגון קחוון פלישתית (*Anthemis phlistea*), וכן תצפיות המרחיבות את הידע לגבי גבולות התפוצה של מינים נדירים, כגון שיבולת שועל שונת גלומות (*Avena eriantha*) (לב רמתי ושות', 2022). ממצאי הסקרים מסייעים לגבש הנחיות מתאימות להגנה על ערכי הטבע ועל בתי הגידול הייחודיים במהלך ממשק היער השוטף.

המידע שנצבר בסקרים ובמחקרים האקולוגיים מוטמע גם בתהליכי התכנון המתארי ובתכנון ממשק היער. בהתאם לכך, שמירה על ערכי הטבע ובתי הגידול הייחודיים מוגדרת לרוב כמטרה מרכזית בניהול שטחי יער שהם מוקדה (hotspot) של צמחים בסכנת הכחדה, כדוגמת בתי הגידול של הקרקעות הכבדות והחוליות. תוכנית היער והממשק ליערות גוש השרון (אלוני ושות', 2018) היא דוגמה בולטת לתוכנית שהגדירה את השמירה על המגוון הביולוגי הייחודי כמטרה ראשית או משנית לרוב שטחי היער. יערות השרון הם ממשארי הטבע האחרונים והחשובים ביותר על קרקעות החמרה החוליות של מישור החוף. זהו אזור בעל ייחודיות עולמית, הנתון ללחצים של פיתוח מואץ ולאיומים נוספים. חלק מהיערות, כגון יער חדרה, יער אילנות ויער קדימה, הם מוקדות של צמחים בסכנת הכחדה, והמגוון והשפע של מיני הצמחים האנדמיים והנדירים בהם גבוה במיוחד: אירוס הארגמן (*Iris atropurpurea*), אשבל השדה (*Stachys arvensis*), זהבית שרונית (*Gagea dayana*) ועוד רבים.

מקורות

פורת י ורותם ד. 2019. ניהול יערות קק"ל ותפקודם כעוגנים טבעיים ברצף השטחים הפתוחים והמסדרונות האקולוגיים. **אקולוגיה וסביבה**, 10(1), 8-11.

פרגמן-ספיר א ופורת י. 2018. **ממשק יער ב"נקודות חמות" של צמחים בסכנת הכחדה**. הגן הבוטני האוניברסיטאי בירושלים וקרן קימת לישראל.

שמידע א, פולק ג ופרגמן-ספיר א. 2007. **הספר האדום – צמחים בסכנת הכחדה בישראל, כרך א'**. רשות הטבע והגנים.

שמידע א, פולק ג ופרגמן-ספיר א. 2011. **הספר האדום – צמחים בסכנת הכחדה בישראל, כרך ב'**. רשות הטבע והגנים.

אלוני ש, פדרמן ר ואלניסון ר. 2018. **תכנית אב וממשק עפ"י עקרונות תורת ניהול היער – יערות גוש השרון**. קרן קימת לישראל.

אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער**. קרן קימת לישראל.

גלייטמן ש, היבשר נ, פרלמן י, פזטל ס ופורת י. 2023. **תוכנית ממשק ארוכת טווח ליערות המהווים Hot-Spot של צמחים בסכנת הכחדה: יערות אילנות וקדימה כמודל**. קרן קימת לישראל.

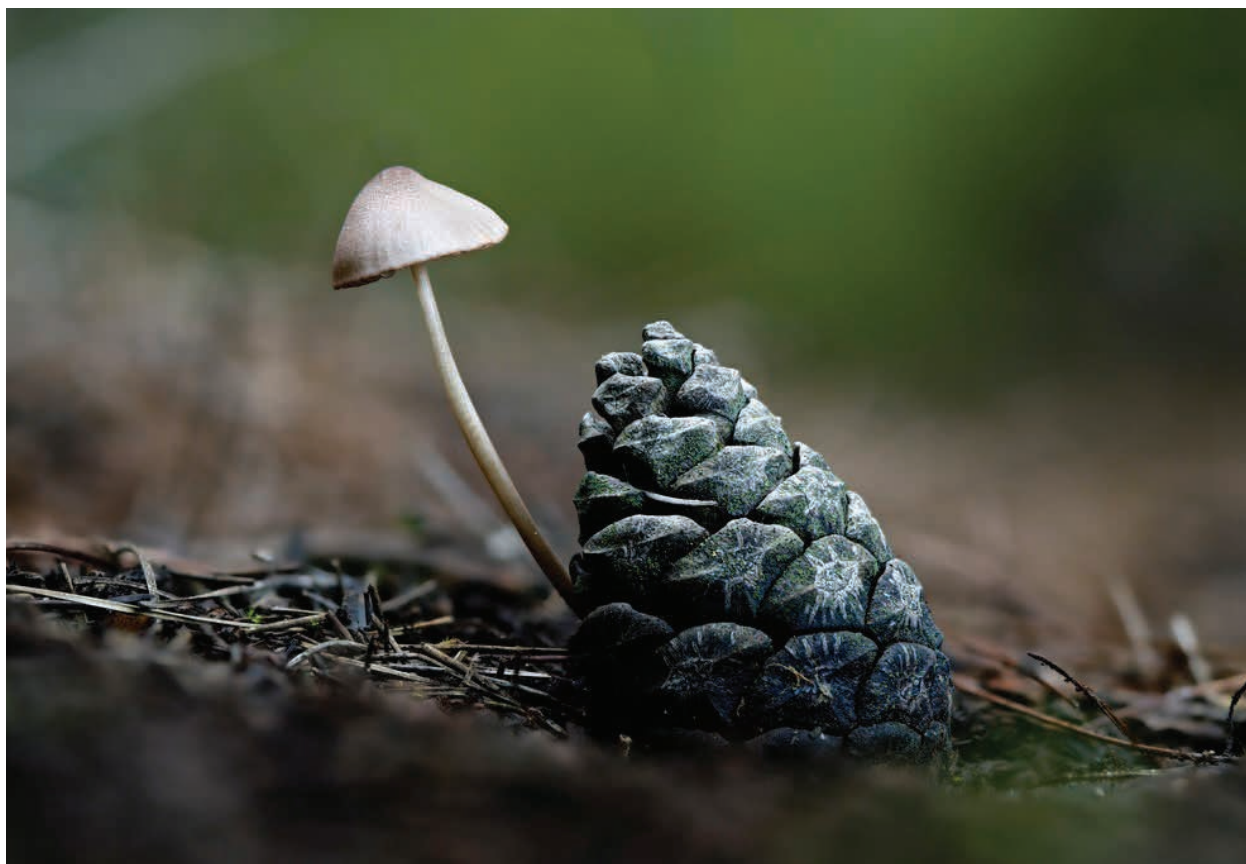
לב רמתי ד, בן-נתן ד, פרלברג א, שליו ע, טלמון ע, גלייטמן ש ושות'. 2022. **פיתוח כלים ושיטות למיפוי, סקר וסימון ערכי טבע מוגנים ביערות קק"ל המיועדים לדילול או לחידוש, סיכום שלוש שנות פיילוט: 2020-2022**. מכון דש"א וקרן קימת לישראל.



שיבולת שועל שונת גלומות
צילום: אורי פרגמן-ספיר, אתר צמחיית ישראל
<http://www.flora.org.il>



אשבל השדה
צילום: אורי פרגמן-ספיר, אתר צמחיית ישראל
<http://www.flora.org.il>



הפטרייה פטרת האצטרובל (*Mycena seynii*), בר גיורא
צילום: עומר משולם



שיקום אקו-הידרולוגי עתידי של מעיינות ביערות קק"ל וחשיבותו בעידן של שינויים גלובליים

אורית סקוטלסקי^{1*} | אלדד אלרון²

1 יחידת המדען הראשי, קק"ל
2 אלרון אקולוגיה וסביבה
* orit.skutel@gmail.com

חשיבותם האקולוגית של מעיינות באזורים ים תיכוניים כבתי גידול ייחודיים ביערות

מעיינות באזורים ים תיכוניים יובשניים מהווים בתי גידול ייחודיים, שנמצאים בתווך שבין מי התהום לבין מים עיליים. מערכות אקולוגיות של מעיינות תומכות במגוון ביולוגי עשיר וחשוב, ומספקות שירותים ותפקודים אקולוגיים חיוניים רבים. אחד המאפיינים המשמעותיים של מערכות אקולוגיות של מעיינות הוא יציבות התנאים הסביבתיים לאורך זמן – ובייחוד היציבות בזמינות משאב המים, בהרכב הכימי של מי הנביעות ובטמפרטורת המים לאורך העונות והשנים. יציבות פיזית וכימית זו מאפשרת למגוון רחב של מיני צמחים ובעלי חיים להסתמך על מי מעיינות, גם באזורים יובשניים ובעונות יבשות (Fernández-Martínez et al., 2024). נוסף על חשיבותם האקולוגית, למעיינות חשיבות תרבותית-נופית, גם כאתרי מורשת להיסטוריה של תושבי הארץ, שהמעיינות שימשו עבורם מקור מים עיקרי בימי קדם, וגם כאתרי תיירות ונופש המושכים קהל רב של מטיילים ונופשים. מעיינות הם בתי גידול שרגישים במיוחד להפרעות ממקור אנושי. האיזונים המרכזיים על מערכות אקולוגיות של

מעיינות בעולם כיום הם:

1. שינוי במבנה המעיינות לצורכי האדם – כולל שאיבת מים ישירה או מהאקווא, בניית בריכות אגירה לתפיסת המים והרס המורכבות המבנית הטבעית של המעיין וסביבתו;
 2. זיהום והעשרה של המים בחומרי הזנה (חנקן וזרחן) עקב רעיית בקר וחקלאות בקרבת המעיין ואזורי הזנתו, כמו גם בשל זליגת מזהמים מיישובים ומאזורי תעשייה;
 3. שינוי האקלים – עלייה בטמפרטורות שגורמת להגברת האידוי-דיות, לירידה בכמויות המשקעים ולעלייה בצריכת המים לחקלאות ולתעשייה באזורים שנשענים על משאבי מים טבעיים (Fernandez-Martinez et al., 2023).
- מערכות אקולוגיות של מעיינות נמצאות בסיכון ברחבי העולם, ומעיינות באזורים ים תיכוניים סובלים במיוחד מהפרעות אדם ומשינוי האקלים, שבאזור זה הוא חריף יותר (Alpert et al., 2008), מכיוון שמעצם טבעם הם לרוב קטנים ומוגבלים בכמות המים. על כן, רגישותם לבעיות סביבתיות, כגון זיהום, ירידה בשפיעה והתייבשות, גבוהה יותר.

פגיעה במעיינות בישראל

בישראל רוב המעיינות פגועים. מבחינה הידרולוגית, תפיסה ישירה ("איחוז") של מי המעיינות שנערכה בעבר לצרכים חקלאיים ושאיבת מי תהום מהאקווה המזינה את המעיין, גרמו לירידה תלולה בשפיעת המים ברוב המעיינות ולהתייבשות של מעיינות רבים (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012; סוקניק וסקוטלסקי, 2017).

מעיינות רבים עברו התערבות פיזית ("שיפוץ") על ידי גופים ציבוריים בעלי אחריות סטטוטורית או על ידי חובבי טבע וטיילות. מטרת ההתערבות הייתה לשנות את סביבת המעיינות כדי להתאימם למטרות שכשוך ונופש. תופעה זו של "שיפוץ מעיינות" והטיית מימיהם לבריכות שכשוך גורמת לפגיעה חמורה במערכת האקולוגית של המעיין. בניית הבריכות גורמת להרס של מבנה הנביעה, לשינוי ולקיטוע של משטר הזרימה בערוץ, לפגיעה באיכות המים, להסרת מצע האבנים הטבעי מגוף המים, לסילוק צמחיית המים מהמעיין ומסביבתו ואף להכנסה של דגים פולשים. המורכבות המבנית, רצף זרימת המים, מצע האבנים וצמחי המים חשובים לחסרי החוליות המימיים ולבעלי החיים הנסמכים על בית הגידול הלח וחיים בתוכו ובסביבתו (אלרון ורוטשילד, 2012; אלרון וכהן, 2020).

זאת ועוד, פעילות נופש במעיינות, בעיקר בשעות הלילה, גורמת לרעש ומפריעה לפעילות בעלי החיים שפעילים בלילה וזקוקים למקור המים. למשל, עטלפי חרקים מנצלים סביבות לחות לשתיה ולשיחור מזון בשעות הלילה, והם עשויים לצמצם את פעילותם במעיינות שמטיילים נמצאים בהם בשעות האלה.

גישה חדשה לשיקום מעיינות ביערות קק"ל

קק"ל מנהלת במסגרת שטחיה נחלים ומעיינות רבים. למעלה מ-210 מעיינות נובעים ביערות ובשטחים בניהולה (כהן ולוי, 2023). על כן, יחידת המדען הראשי בקק"ל, אגף תכנון ואגף ייעור מפתחים גישה חדשה, אקו-הידרולוגית, לתכנון, לשיקום ולממשק המעיינות, כבתי גידול ייחודיים בתחומי יערות קק"ל (סקוטלסקי ושות', 2021).

בימים אלה אנו בוחנים מחדש את האופן שבו לתכנון, לשיקום ולנהל מעיינות ביערות, ומציעים תוכניות לשיקום אקו-הידרולוגי שלהם. האתגר שעומד בפני קק"ל הוא למצוא את האיזון בין מטרות השיקום השונות שאינן עולות בקנה אחד. מצד אחד יש עניין לשיקום את המערכת האקולוגית הייחודית באזורי הנביעות, ולוודא שמי הנביעה זורמים לאפיק הנחל ומזינים אותו, ובה בעת קיים רצון לאפשר למבקרים ביער ליהנות מזרימת המים ומפינות לשכשוך במורד הנחל. עד כה ערכנו סקרים אקו-הידרולוגיים

מפורטים בשמונה מעיינות: עין שולמית בנחל משמר העמק ביערות רמות מנשה (ברמן ושות', 2022), עין ירדה ביער נחל מחניים בעמק החולה (אלרון ושות', 2022), עין אשחר בנחל געתון (אלרון ושות', 2023), עין עקוב ביער מבוא חמה ברמת הגולן (אלרון ושות', 2024), עין נבוריה ביער בריה (אלרון ושות', 2023), עין ערובות והמעיינות הקטנים בנחל דישון ביער ברעם (כהן ושות', 2022), עין חוקוק הסמוך לכינרת (אלרון ושות', 2022) ועינות סלוקיה ברמת הגולן (אלרון ושות', 2022). על עין חוקוק ועינות סלוקיה מובאת הרחבה בהמשך המאמר.

חשוב להדגיש שהמעיינות הקטנים שנובעים ביער, משמשים בית גידול חשוב בסביבה יובשנית כמו ישראל. הם משמרים את המגוון הביולוגי, ומשמשים מקור שתייה, הזנה ורבייה לחסרי חוליות מימיים, לדו-חיים וגם לציפורי שיר ולמינים יבשתיים של חיות בר (Cantonati et al., 2012; Zamora-Marin et al., 2024). לכן חשוב לשקם את הנביעות הטבעיות ואת בתי הגידול הלחים על ידי הגדלת המורכבות המבנית בנביעה ובסביבתה (למשל, באמצעות שתילה או עידוד התחדשות של צמחיית גדות טבעית), ועל ידי שיקום רצף זרימת המים בפלגים ובערוצים לא מופרים מראשי הנביעות עד לאפיקי הנחלים במורד.

עקרונות הניהול של תורת היער החדשה חותרים ליער רב-תכליתי ומורכב המכיל מגוון של בתי גידול ונופים (אסם ושות', 2014). הימצאותם של מעיינות ומקווי מים קטנים – קבועים או עונתיים – בגבולות מקרקעי הייעור או סמוך להם מגדילה את הפוטנציאל הגלום ביער ובסביבתו כספקים של שירותי מערכת אקולוגית.

במאמר זה אנו מציגים כדוגמה סקרים אקו-הידרולוגיים שנערכו בשני מעיינות שנובעים ביערות קק"ל, ודנים בדילמות שעולות מהסקרים, וכן בהמלצות עקרוניות שגיבשנו לתכנון ולניהול של המעיינות האלה. המלצות שגובשו בסקרים האקו-הידרולוגיים משולבות כעת בתוכניות מפורטות לשיקום מעיינות, המקודמות ביערות קק"ל.

עין חוקוק – איך משקמים מעיין קטן שספיקתו מועטה?

עין חוקוק הוא מעיין שנובע בגליל התחתון, בחלקו המערבי של יער עמיעד. מממצאים ארכאולוגיים שנחשפו באתר עולה שההתיישבות במקום התקיימה מהתקופה ההלניסטית ועד לתקופה העות'מאנית. על חלק מהשרידים הארכאולוגיים ישב עד שנת 1948 כפר ערבי בשם יאקוק ששימר את שם היישוב העתיק, והמעיין שימש מקור מים מרכזי לתושבי הכפר (אלרון ושות', 2022).

בימים אלה קק"ל מקדמת תוכנית מפורטת לשיקום אתר חוקוק ולפתיחתו לקהל. תכנון האתר מציב בפני קק"ל

מערכת אקולוגית של בית גידול לח טבעי, מספר הצמחים המאפיינים בתי גידול לחים מצומצם מאוד, ומי המעיין אינם מספקים מקום מחיה איכותי לבעלי חיים החיים במים או בקרבתם (למשל חסרי חוליות מימיים, דו-חיים, דגים), לחיות הבר ולציפורים.

עין חוקוק הוא מעיין קטן ששפיעתו עונתית, אולם חשיבותו למערכת האקולוגית ביער גבוהה. כחלק מתהליך השיקום של המעיין קק"ל מעוניינת לייעד את מי המעיין לשיקום אקו-הידרולוגי: להטות את מי המעיין לאפיק הנחל במורד המעיין, להרחיק את רעיית הבקר מהאתר ולשקם בית גידול לח ("בריכה אקולוגית") במורד המעיין בפינה שמרוחקת מהחניון העמוס במבקרים ומוגנת בין העצים.

כמו מעיינות קטנים נוספים הנובעים בשטחי היערות, עין חוקוק מציב בפני קק"ל אתגר מורכב. נשאלת השאלה, כיצד ניתן לשקם מערכת אקולוגית של בית גידול לח – תוך התבססות על הנביעה הטבעית והצנועה של מעיין קטן, ובה בעת לאפשר למבקרים באתר ליהנות ממגע – ואולי אף משכשוך – במים צוננים?

אתגר גדול. נשאלת השאלה, כיצד ניתן לשקם את בית הגידול הלח באזור המעיין ובמורד הנחל (שכיום לא קיים) לטובת המערכת האקולוגית והמגוון הביולוגי ביער, ובה בעת לחשוף את אתר הנביעה ואת מבני המים העתיקים בפני המבקרים – ולאפשר להם ליהנות משכשוך מרענן במים במהלך הביקור.

ממצאי הסקר האקו-הידרולוגי שערכנו במעיין ובסביבתו מראים שכיום הערכיות האקולוגית האקוויטית של המעיין נמוכה, ממספר סיבות. המעיין נובע לתוך מבנה מלאכותי, ולמעשה אינו מקיים בית גידול מימי או לח טבעי ומגוון (איור 1). שכשוך המטיילים במבנה המעיין יוצר הפרעה נוספת, ונוסף על כך, מי המעיין זורמים במורד הנביעה לאורך דרך עפר, ונקווים לבריכת עפר מוקפת צמחייה המופרת בגלל רעייה ודשדוש של בקר (אלרון ושות', 2022; ארביב ושפר, 2023).

מסיבות אלה, במצבו הנוכחי המעיין אומנם משמש אתר ביקור, נופש ושכשוך במים – אולם אין בו או בסביבתו



איור 1

בית המעיין של עין חוקוק במצבו הנוכחי

בבריכה הבנויה, שנבנתה ככל הנראה בתקופה המנדטורית, אין מורכבות מבנית, והיא אינה מאפשרת התפתחות של בית גידול לח טבעי. צילום: אלדד אלרון, 2022.

עינות סלוקיה – סיפור מתגלגל של מעיין שמימי נותבו לצורכי האדם

עינות סלוקיה, המוכרים גם בשמות "עינות עדן" (פארק מי עדן), "ועינות קצביה", הם סדרת מעיינות הנובעים במרכז רמת הגולן, קרוב לקצרין ולנחל יהודיה. המעיינות, ששפיעתם איתנה ואיכות מימיהם מצוינת, הם מבין בתי הגידול המימיים האיכותיים ברמת הגולן, וחשיבותם לשמירת הטבע גדולה.

במשך שנים ארוכות נשאבו מי המעיין הראשי בעינות סלוקיה על ידי חברת המים המינרליים "מי עדן", ולכן עד שנת 2018 שוחררו רק חלק מהמים באתר לזרימה טבעית. כיום מי המעיינות משוחררים במלואם לטבע. חרף הירידה בשפיעת המעיינות לאורך השנים, היא עדיין איכותית ואיתנה, והמים תומכים במגוון ביולוגי עשיר.

במהלך סתיו 2021 ביצעה יחידת המדען הראשי בקק"ל סקר אקו-הידרולוגי מקיף בעינות סלוקיה כדי לגבש המלצות הידרולוגיות ואקולוגיות לשיקום בית הגידול המימי, לצד שיקום בריכות השכשוך האהובות על המבקרים בפארק. ממצאי הסקר האקו-הידרולוגי מספרים את הסיפור המורכב של ניהול מי המעיינות בעבר; מפרטים את הממצאים ההידרולוגיים והאקולוגיים באתר; מנתחים כיצד פיתוח בריכות השכשוך שנבנו בעבר בפארק – על חשבון פלג המים הטבעי – פגעו במערכת האקולוגית המתקיימת בו כיום (אלרון ושות', 2022).

למשל, בסקר העדכני שערכנו (אלרון ושות', 2022) נמצא שבהשוואה למעיינות אחרים, המעיין המרכזי בעין סלוקיה תומך בעושר טקסונים גבוה (כ-25 טקסונים של חסרי חוליות אקוטיים) ובהרכב מגוון של חברת חסרי החוליות, הכולל נציגים ממספר קבוצות, כדוגמת תולעים שטוחות, סרטנים, חלזונות וחרקים. נוסף על כך, נמצא באתר מספר גבוה של טקסונים ייחודיים הידועים ברגישותם לזיהום אורגני, שמתקיימים בדרך כלל רק בבתי גידול עם זרימה משמעותית וריכוז גבוה של חמצן מומס במים. נוכחות המינים האלה, כמו מיני החלזונות שחריר חלק (*Melanopsis buccinoidea*) וסהרונית ארץ-ישראלית (*Theodoxus michonii*), הדג בינון נמרי (*Oxynoemacheilus panthera*) ועוד מינים מסדרת השפיראיים הבריומאים ושעירי כנף, מעידה על איכות גבוהה של בית הגידול. האיכות קשורה לאיכות המים הגבוהה, לשפע המים, לזרימה הרציפה במהלך כל השנה ולצמחיית הגדות המגוונת באזורים שנתרו טבעיים באתר.

עם זאת, השוואה שערכנו בין תחנות דגימה שונות באתר מראה שהפלג המלאכותי שנבנה באתר יוצר בתי גידול עניים ומדורדרים, שאיכות המים בהם ירודה, המורכבות המבנית נמוכה ועושר מיני הצומח והחי נמוך ומדורדר. מסתבר, שבעת שחברת מי עדן הקימה את הפארק, לפני כעשרים

שנה, הוקם, לצד הפלג הטבעי, ערוץ מלאכותי מבטון שכולל סדרה ארוכה של בריכות שכשוך המבוססות על סכרים לעצירה ולהטיה של מים. בבריכת המים העליונה – 'בריכת החלוקה' – הקרובה לאזור הנביעות, נבנו שני פתחים במטרה לחלק את מי המעיין המשוחררים. חלק הארי ממי המעיין שלא נשאבו אמור לזרום דרך פתח אחד לתוואי פלג המים הטבעי, ואילו חלק קטן יותר מהקצאת המים אמור לזרום דרך הפתח השני, שיועד למילוי ולתחלופה של מים בבריכות השכשוך (איור 2). מהחקירה האקו-הידרולוגית שערכנו מסתבר, שבמשך השנים נחסם פתח הזרמת המים לפלג הטבעי, וכל הקצאת המים הזרמה לבריכות השכשוך בפארק. בעקבות זאת, התייבש פלג המים הטבעי שהיה בעבר הפלג הראשי של עינות סלוקיה, נסתם בצמחייה עבותה, ותפקודו כבית גידול לח איכותי נהרס.

בחודש יולי 2024, בעת המלחמה בגליל ובגולן, התחוללה שרפה גדולה באתר סלוקיה (איור 3), והצמחייה באזור הנביעות, בבריכת החלוקה ולאורך פלג המים של בריכות השכשוך – נשרפה. ייתכן, ששרפת הצמחייה המעוצה העבותה שסגרה על פלג המים הטבעי, מאפשרת כיום הזדמנות נדירה לקדם שיקום אקו-הידרולוגי של פלג המים שהיה באתר לפני הקמת פארק מי עדן, ולמקם מחדש את בריכות השכשוך במקום מתאים יותר – במורד המערכת האקולוגית של בית הגידול הלח, אחרי שתשוקם.

לסיכום

באזורים ים תיכוניים יובשניים למחצה המעיינות הקטנים ממלאים תפקיד מרכזי בתמיכה במגוון הביולוגי, מאחר שהם מספקים בתי גידול מבודדים בעלי מקור מים יציב וקבוע בשטחים הטבעיים וביערות – שמקורות המים הזמינים נדירים בהם. ככל הנראה, מעיינות קטנים הם בין בתי הגידול הפגיעים והמאוימים ביותר בעולם, בייחוד באזורים ים תיכוניים ששילוב של התחממות האקלים וניצול יתר של מים טבעיים פוגע במגוון הביולוגי ובאספקת שירותי מערכת אקולוגית של מעיינות. לנוכח תחזיות להחמרת תהליכי ההתייבשות והמדבור באזורים ים תיכוניים בכלל, ובישראל בפרט, חיוני לקדם הגנה סטטוטורית למעיינות, וליישם תוכניות לשיקום ולשימור הידרולוגי ואקולוגי של הנביעות ושל המערכות האקולוגיות הייחודיות הנסמכות עליהן.

שיקום מעיינות קטנים באזורים יובשניים הוא תחום שחסרים בו מידע וניסיון יישומי. במיזמים של שיקום מעיינות שייערכו בשנים הקרובות ביערות קק"ל יהיו מרכיבים רבים של ניסוי, ניטור ולמידה במטרה למצוא את התמהיל הנכון לאדם ולסביבה.



איור 2

בריכת החלוקה, המעיין הראשי בעינות סלוקיה

ניתן לראות את שני הפתחים: אחד מהם פתוח ומזרים את מי המעיין המים לבריכות השכשוך, והשני, שאמור להזרים מים לפלג הטבעי, סגור. צילום: דידי קפלן, 2006.



איור 3

בריכת חלוקת המים בעינות סלוקיה לאחר השרפה

צילום: איתמר כץ, יולי 2024.

מקורות

- אלרון א, וכהן א. 2020. השפעת האדם על תפקודם הטבעי של מעיינות בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 40, 60–61.
- אלרון א ורוטשילד א. 2012. **מעיינות בישראל וטבע והאדם: ייחודיות אקולוגית של מעיינות והמלצות לניהול שימושי הפנאי והנופש של האדם**. דוח החברה להגנת הטבע.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2022א. **עין חוקוק – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון, שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, אוגוסט 2022.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2022ב. **עין ירדה (יער נחל מחניים) – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, יולי 2022.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2022ג. **עיינות סלוקיה – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, דצמבר 2022.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2023א. **עין אשחר (נחל געתון) – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, פברואר 2023.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2023ב. **עין נבוריה (יער ביריה) – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, ספטמבר 2023.
- אלרון א, כהן א וקורן ל. 2024. **עין עקוב (יער מבוא חמה) – ממצאי סקר אקו-הידרולוגי והמלצות לתכנון שיקום וממשק**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל, יוני 2024.
- אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל – מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער**. ירושלים: אגף הייעור ויחידת הפרסומים, קשרי ציבור, קרן קימת לישראל.
- ארביב ר ושפר א. 2023. **חוות דעת הידרולוגית עין חוקוק**. הוגש ליחידת המדען הראשי של קק"ל. נערך על ידי חברת RainSource.
- ברמן א, אלרון א ולוי ע. 2022. **שיקום אקו-הידרולוגי ונפכי של המעיינות עין שולמית ועין משמר (יערות רמות מנשה)**. דו"ח מצב קייים. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל.
- כהן א ולוי ש. 2023. **מעיינות בשטחי קרן קימת לישראל: בסיס מידע נכון לשנת 2022**. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל.
- כהן א ולוי ש. 2022. **מעלה אגן נחל קישון, סקר מעיינות הידרולוגי – ניתוח איכויות וכמויות מים**. על בסיס ממצאי דיגום. הוגש ליחידת המדען הראשי בקק"ל.
- סוקניק א וסקוטלסקי א. 2017. זכות הטבע למים? דילמות בשיקום נחלי ישראל לנוכח השינויים במשק המים. **אקולוגיה וסביבה**, 48(4), 68–75.
- סקוטלסקי א ופרלמוטר מ. 2012. **געוועים לנחל – הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קייים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי**. דו"ח החברה להגנת הטבע.
- סקוטלסקי א, אוסטרובסקי ג ומרקל ד. 2021. שיקום אקו-הידרולוגי של נחלים ומעיינות במקרקעי הייעור של קק"ל **אקולוגיה וסביבה**, 47(3), 47–48.
- Alpert P, Krichak SO, Shafir H, Haim D, and Osetinsky I. 2008. Climatic trends to extremes employing regional modeling and statistical interpretation over the E. Mediterranean. *Global and Forestry Change*, 63, 163–170.
- Cantonati M, Füreder L, Gerecke R, Jüttner I, and Cox EJ. 2012. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31(2), 463–480.
- Fernández-Martínez M, Barquin J, Bonada N, Cantonati M, Churro C, Corbera J, et al. 2024. Mediterranean springs: Keystone ecosystems and biodiversity refugia threatened by global change. *Global Change Biology*, 30, e16997.
- Zamora-Marín JM, Zamora-López A, Oliva-Paterna FJ, Torralva M, Sánchez-Montoya MM, and Calvo J. 2023. From small waterbodies to large multi-service providers: Assessing their ecological multifunctionality for terrestrial birds in Mediterranean agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, 359, 108760.



דורסי היום המקננים ביערות המחטניים בניהול קק"ל: תובנות מסבב ניטור ראשון 2015–2017

יהל פורת*¹ | שני גלייטמן¹ | דותן רותם² | ירון צ'רקה³ | גלעד פרידמן⁴

- 1 אגף הייעור, קק"ל
- 2 חטיבת מדע, רט"ג
- 3 יחידת המדען הראשי קק"ל
- 4 אקולוג עצמאי
- * yahelporat75@gmail.com

רקע

ראשונה מסוגה בישראל, שתבדוק את התפוצה והמגמות של אוכלוסיות דורסי היום ביערות האורנים הבוגרים בפריסה ארצית. מטרת משנה הן: א. לבדוק את השפעות מבנה היער, ממשק היער ופעילות האדם על הצלחת הקינון של הדורסים ביערות; ב. להגביר את מודעות אנשי השטח של קק"ל לקינון דורסים ובכך להגן עליהם.

לצורך כך, נבחרו שישה גושי יערות מחטניים גדולים, שני גושים בכל מרחב. בדרום: יער יתיר ויער להב; במרכז: יערות צרעה, אשתאול והמגינים ופארק יערות מנשה; בצפון: יער הגלבוץ ויער ביריה. בכל יער נבחרו כ-20 אתרים, ובוצעה בהם תצפית במשך שעה. כמו כן, הוגדרו צירי נסיעה קבועים בין האתרים. כל יער נסקר פעם אחת בעונת הקינון (אפריל-יולי) במשך חמישה ימים. נוסף על כך, הצלחת הקינון נבדקה ביום סקר נוסף בסוף העונה (אמצע אוגוסט). קינים שנמצאו בפועל תועדו ומופו, וכן אזורים ששיעורו שקיים בהם קינון על סמך פעילות הדורסים שנצפתה במקום, אך לא מצאנו את הקן הפעיל. עד כה נערכו שני סבבי ניטור, בשנים 2015–2017 ובשנים 2019–2021, ובמאמר זה נתייחס בעיקר לתוצאות הסבב הראשון.

קק"ל מנטרת את מצב העצים והצומח ביערות, אך עד לאחרונה לא ניטרה את התפוצה ואת מגמות השינוי של אוכלוסיות בעלי חיים ביערות. תורת ניהול היער שהתפרסמה לפני עשור (אסם ושות', 2014) הדגישה את הצורך בניהול היער כמערכת אקולוגית ובשימור המגוון הביולוגי ביער, תוך התבססות על ניטור ארוך טווח.

דורסי היום הם עופות טורפים העומדים בראש שרשרת המזון, ועשויים לשמש מיני דגל לצורך שמירה על שטחים פתוחים ועל יערות בארץ. למינים האלה יש מופע מרשים, וחלק מהם נתונים בסכנת הכחדה. היות שכך, התצפית בהם היא אטרקציה לצפרים ולחובבי טבע. עד כה נערך מחקר מועט יחסית על התפוצה, ההתנהגות והעדפות הקינון של קבוצה זאת ביערות, והוא התמקד בשלושה מינים בלבד: חוויאי הנחשים (*Circaetus gallicus*), עקב עיטי (*Buteo rufinus*) ונץ מצוי (*Accipiter nisus*) (חדד, Friedemann et al., 2016; Friedemann et al., 2015; 2017). רוב שטח היער הנטוע בישראל מורכב מיערות אורנים בוגרים, ולצורך ניהולם נדרשות פעולות ממשק תדירות, שחלק מהן עלולות להפריע לקינון הדורסים. על כן, הוחלט במחלקת אקולוגיה באגף הייעור לבצע תוכנית ניטור

תוצאות

יותר של זוגות חוויאי הנחשים המקננים ביערות בחבל הים תיכוני מאשר ביערות בספר המדבר (יתיר ולהב). תופעה דומה נצפתה גם אצל בז העצים, אך אצל הנץ המצוי לא נמצאה מגמה דומה.

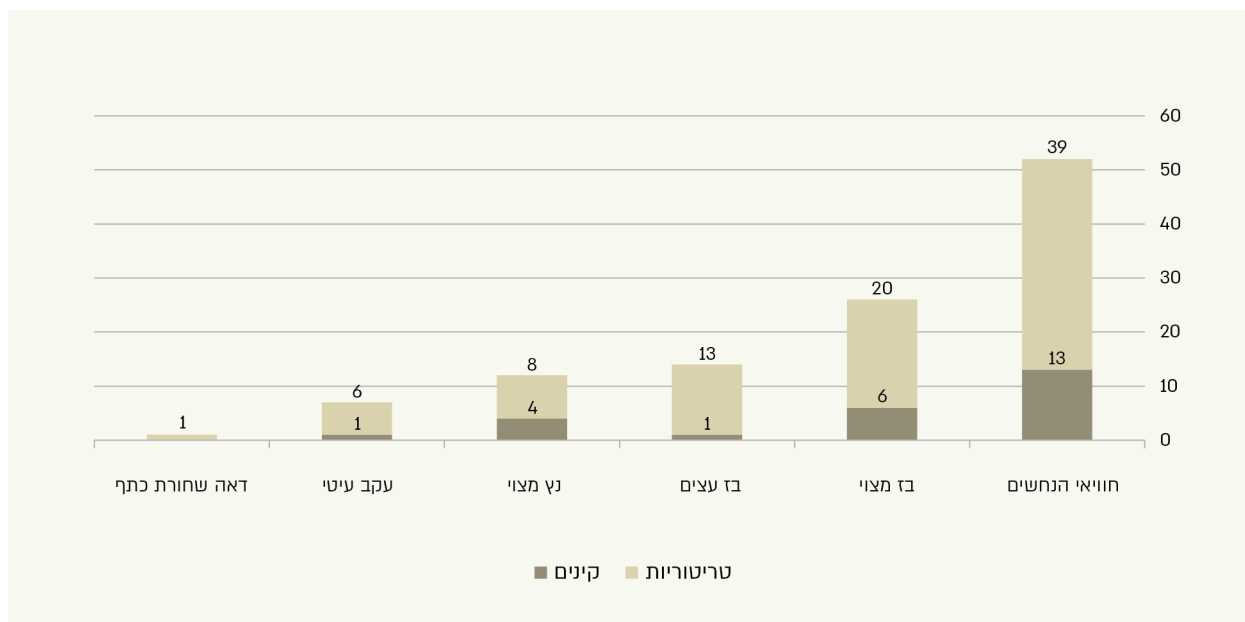
ב. קינון חוויאי הנחשים ביערות המחטניים

מרבית הקינים שנמצאו והאזורים שיערנו שיש בהם קינים על סמך פעילות הדורסים, היו של חוויאי הנחשים (13 ו-39 בהתאמה), ומנתוני הקינים שנמצאו ניתן ללמוד על העדפות הקינון של מין זה כאשר הוא מקנן ביערות המחטניים. למשל, כל הקינים נמצאו על עצי אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) ואורן קפריסאי (*P. brutia*) בוגרים, שגובהם הממוצע כ-12 מטר (ולא נמוך מ-6 מטר), והם נמצאים קרוב יחסית לשולי היער. בבדיקת הצלחת הקינון בסוף עונת הקינון (אוגוסט) נמצא גוזל מנוצה בעשרה קינים – סימן משוער להצלחת הקינון, בהנחה שיגיע לבגרות. בשני קינים נוספים לא נמצא גוזל, ולא ידוע אם פרח או מת, וקן נוסף לא נבדק. אם כן, לפחות ב-77% מהקינים שנבדקו פרח גוזל, וזאת, אף על פי שבשני מקרים נצפתה הפרעה אפשרית לקינון. ההפרעות נבעו מפעילות מטיילים, כדוגמת נסיעת רכבי מטיילים על דרך קהל סמוכה לקן, ומפעילות ממשק יערני, כגון השקיית שתילים שניטעו למטרת חידוש יער, שנעשתה סמוך לקן. בבדיקה מדגמית שנעשתה בשנת 2017 ביערות מנשה וביער הגלבע בלבד, נמצא קינון חוזר בכל הקינים שנמצאו שנה קודם לכן.

א. עושר מיני הדורסים המקננים ביערות

נמצא כי שישה מיני דורסי יום מקננים ביערות המחטניים (איור 1, 2): חוויאי הנחשים (מקייץ, מקנן על עצים, וניזון בעיקר מזוחלים בבתות ובשדות), בז מצוי (*Falco tinnunculus*), יציב, מקנן במגוון רחב של בתי גידול ושכיח גם ביישובים, ניזון מחרקים, מציפורי שיר וממכרסמים), בז עצים (*Falco Subbuteo*), מקייץ, מקנן על עצים גבוהים ביערות ובשטחי חקלאות עם עצים פזורים, ניזון מחרקים ומציפורים), נץ מצוי (יציב, הרחיב תפוצתו כמקנן מאירופה ליערות גבוהים בארץ, ניזון מציפורים, בעיקר בשטחי יער וחורש), עקב עיטי (יציב, מקנן בעיקר במצוקים וניזון מעופות, מיונקים ומזוחלים בשטחים עם צומח נמוך ופתוח) ודאה שחורת כתף (*Elanus caeruleus*), יציבה, הרחיבה תפוצתה כמקננת שהגיעה מחצי האי ערב או ממזרח אסיה, ומקננת בארץ בעצים גבוהים בעיקר בשטחים חקלאיים, ניזונה בעיקר מנברנים בשדות).

שיטת הניטור בתוכנית מכוונת לאיתור קינים של דורסים גדולים יחסית בצמרות העצים, אך נתונים של קיני דורסים קטנים יותר שנמצאו נאספו גם הם. נמצא שבממוצע ישנם תשעה זוגות של חוויאי הנחשים בכל יער, לעומת זוג אחד בלבד של עקב עיטי (ההבדל מובהק, $p < 0.05$). בקרב המינים הנפוצים ביערות ונחשבים למקנני עצים מובהקים (חוויאי הנחשים, נץ מצוי ובז עצים), נמצא מספר גבוה



איור 1

מספר זוגות דורסי היום המקננים שנמצאו ביערות ברחבי הארץ

מוציגים קינים שנמצאו בפועל ואזורים שעל סמך פעילות הדורסים שיערנו שיש בהם קן.



ב



א



ד



ג



ו



ה

איור 2

עופות דורסים

א. בז מצוי (צילום: יהל פורת), ב. עקב עיטי (צילום: דותן רותם), ג. בז עצים (צילום: דוד רזק), ד. נץ מצוי (צילום: יהל פורת), ה. דאה שחורת כתף (צילום: ירון צ'רקה), ו. חוויאי הנחשים (צילום: יהל פורת).

דין

תפוצת הקינון של דורסים צפוניים המקננים ביערות אירופה, כמו במקרה של הנץ המצוי שהרחיב את תפוצתו לארץ. למשל, עקב חורף מזרחי (*Buteo buteo vulpinus*) ואיית צרעים (*Pernis apivorus*) עשויים להתפשט בעתיד כמקננים בחורשים וגם ביערות הארץ. העקב החל לקנן ב-30 השנים האחרונות בחורשים של צפון הגליל והגולן, ופרטים אחדים נצפו ביערות בניטור זה. גם מספר זוגות מקייצים של האיה נצפו בניטור זה בפארק יערות מנשה וביער ביריה. כמו כן, נציין שקינון ראשון של איה בארץ נמצא ב-2021 בגליל המערבי. נוסף על כך, ייתכן שמינים נוספים המקננים כיום בארץ בעיקר במצוקים (כגון העקב העיטי) ישוּבו או יסתגלו לקינון על גבי עצים ביערות. עיט ניצי (*Hieraetus fasciatus*) הוא מין בסכנת הכחדה חמורה המקנן בארץ בעיקר במצוקים, אך ידוע כמקנן גם ביערות באגן הים התיכון. ואכן, נקבת עיט אותרה בעזרת משרד שהיא נושאת, ונראתה בניטור זה בקן שבנתה על עץ אורן ביערות מנשה. לרוע המזל היא התחשמלה באותה העונה (אוהד הצופה, מידע בע"פ), אך ב-2024 נמצא קינון מוצלח של מין נדיר זה בעץ אורן ביער בדרום הרי יהודה (אסף מירז, מידע בע"פ).

סיכום

נתוני תוכנית ניטור זאת ומחקרי עבר מלמדים שביערות האורנים הבוגרים והגבוהים התפתחה חברה ייחודית של דורסי יום המקננים על עצים. זוהי חברה מגוונת ומורכבת, והמינים המשתייכים אליה מנצלים מגוון נישות למיקום הקינים שלהם ומגוון שטחי שיחור, וניזונים ממגוון רחב של סוגי טרף. ניהול היערות כך שבתוכם ובסביבתם מצויים גם תצורות צומח נמוכות ופתוחות וגם אזורים נרחבים שמתקיימות בהם פעילויות אקסטנסיביות יחסית של ממשק ומבקרים, עשוי להועיל לאוכלוסיית דורסי היום המקננת ביערות, וגם לזאת שמקננת מחוץ להם. ניתוח ממצאי סבב הניטור השני שבוצע וסבבי הניטור המתוכננים אחריו, ישפכו אור על נכונות ההשערה הזאת, ומומלץ לבדוק את מגמת השינוי באוכלוסיות הנץ המצוי ובז העצים, שהם מינים אופייניים לנופים עם עצים. ממצאי תוכנית הניטור הראשונה מסוגה בקק"ל ממחישים שוב את תפקודם של יערות קק"ל כעוגנים טבעיים חשובים ביותר ברצף השטחים הפתוחים בישראל (פורת ורותם, 2019) ואת החשיבות הגבוהה לשימור מרב שטחם ולמניעת הקמת תשתיות אנרגיה ומפגעים סביבתיים נוספים בקרבתם כדי לשמר את דורסי היום בישראל.

הממצא המרכזי של סבב הניטור הראשון הוא שהמינים חוויאי הנחשים, בז מצוי, נץ מצוי ובז עצים הם מקננים נפוצים בכל היערות שנסקרו. ממצא חשוב נוסף הוא שעקב עיטי, שהיה מוכר עד כה כמקנן רק ביערות השפלה (פרידמן ושות', 2013), נמצא במרבית היערות שנוטרו. כלומר, מין זה, שבמשך שנים נחשב כמקנן רק במצוקים ובשטחים עם צומח נמוך ופתוח, מסתגל ככל הנראה לקינון גם ביערות ובחורשים בארץ. לעומת זאת, דאה שחורת כתף (מין שנצפה מקנן לראשונה בארץ בשנת 2011 ומאז מתפשט באופן מהיר ברחבי הארץ) נצפתה רק בטריטוריית קינון אחת (זוג אחד בגלבו), וייתכן שהיא מתחילה להתבסס כמקננת ביערות המחסניים רק עתה. עתידם בארץ של שניים מהמינים המקננים ביערות נמצא בסיכון: בז עצים (בסכנת הכחדה) ועקב עיטי (קרוב לסכנת הכחדה). ניכר שחוויאים ובזי עצים נפוצים יותר ביערות האזור הים תיכוני מאשר ביערות ספר המדבר. יתכן שאצל חוויאי הנחשים המגמה הזאת קשורה לזמינות מזון גבוהה יותר (למשל, נחשים ומכרסמים נפוצים בשטחי השדות הנרחבים בעמקים ובשפלה) (פרידמן ושות', 2013), ואילו אצל בז העצים המגמה קשורה לזמינות גבוהה יותר של אתרי קינון. בז העצים מקנן בעיקר בקינים נטושים של עורב אפור (*Corvus cornix*), שהוא מקנן נפוץ ביותר ביערות בחבל הים תיכוני בארץ, אך בעשורים האחרונים הבז נמצא מקנן גם בקיני עורבים חומי עורף (*Corvus ruficollis*) בהר הנגב. בעוד שהחוויאי, העקב והדאה ניזונים בעיקר בשדות ובבתות סביב ליער, הרי שהנץ המצוי, בז העצים והבז המצוי ניזונים בעיקר ביער, אך גם בשטחים הסמוכים לו.

התבססות חברה של דורסי יום ביערות מחסניים מתאפשרת, ככל הנראה, בשל שילוב גורמים המאפיין את היערות הללו כיום: א. עצי אורן בוגרים, גבוהים ורחבי צמרת, המהווים מקום קינון מתאים למינים שמקננים בחלקים שונים בנוף העצים המפותחים; ב. יערות רבים בארץ הם כיום ברמת כיסוי בינונית או פתוחה, ומאפשרים למגוון שכבות צומח להתבסס בקרחת ובתת-היער (אסם, 2014; שורק ופרבולוצקי, 2016), ולכן יש בהם שפע של טרף פוטנציאלי לדורסים. ג. פעולות ממשק היער ונוכחות המבקרים ביערות, שעלולות להפריע לדורסים, מתרחשות לסירוגין ברחבי היער ובעונות השונות, באופן המאפשר את הצלחת הקינון ברוב המקרים. המערכת האקולוגית של יערות האורנים בארץ מתפתחת ומתבגרת כמערכת נרחבת בשטחה, מורכבת ויציבה יחסית. ייתכן שבשנים הקרובות יימצאו בה מינים מקננים נוספים בעקבות המשך הרחבת

פרידמן ג, פורת י ורותם ד. 2015. **דו"ח מסכם – פיילוט תכנית ניטור ארוכת הטווח. שימור ערכי טבע ייחודיים ביערות – קינון דורסים ביערות צרעה, אשתאול, הראל והמגינים.** קק"ל.
 שורק מ, פרבולוצקי א. 2016. **דו"ח מצב הטבע ישראל 2016.** המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע בישראל.

Friedemann G, Leshem Y, Kerem L, Bar-Massada A, and Izhaki I. 2017. Nest-site characteristics, breeding success and competitive interactions between two recently sympatric apex predators. *Ibis*, 159, 812–827.

Friedemann G, Leshem Y, Kerem L, Shacham B, Bar-Massada A, McClain KM, et al. 2016. Multidimensional differentiation in foraging resource use during breeding of two sympatric raptors. *Scientific Reports*, 6, 35031.

Janeiro C. Tree Nesting Bonelli's Eagle – Conservation of Tree Nesting Bonelli's in Portugal. LIFE06 NAT/P/000194.

אסם י. 2013. סוגיות עיקריות בחקר היערות המחטניים בישראל – סיכום ארבעים שנות מחקר (1972–2012). חלק א': ההיסטוריה של מפעל הייעור ושייכותו לנוף בישראל. **אקולוגיה וסביבה**, 4(3), 248–254.

אסם י. 2014. סוגיות עיקריות בחקר היערות המחטניים בישראל – סיכום ארבעים שנות מחקר (1972–2012). חלק ב': הבנת התהליכים הטבעיים המתרחשים ביער ומעבר לניהול היער כמערכת אקולוגית רב-תכליתית. 2014. **אקולוגיה וסביבה**, 4(4), 321–330.

חדד ע. 2015. **עיניים של נץ.** אתר הצפרות הישראלי. החברה להגנת הטבע. פורת י, גלייטמן ש, צ'רקה י, דרור א, פבלה, ב, משה א ושות'. 2018. **תכנית ניטור ארוכת טווח: קינון דורסי יום ביערות המחטניים בניהול קק"ל.** דו"ח **מסכם עונות 2015–2017.** תחום אקולוגיה, אגף הייעור, קק"ל.

פורת י ורותם ד. 2019. ניהול יערות קק"ל ותפקודם כעוננים טבעיים ברצף השטחים הפתוחים והמסדרונות האקולוגיים. **אקולוגיה וסביבה**, 10(1), 8–10.

פרידמן ג, יצחקי ע ולשם י. 2013. **שינויים בצפיפות ובבילוגיית הקינון של שני עופות דורסים בשפלת יהודה.** קק"ל.



צוות קק"ל בסקר קינון ביער הגלובוע, 2016
 צילום: יהל פורת



הפטרייה כישורית מרושתת (*Colus hirudinosus*), יער בן שמן
צילום: עומר משולם



מה המשותף לבריכות חורף, לעצי חורש ולחיות לילה?

צוות המחלקה הפדגוגית

החטיבה לחינוך ולקהילה, קק"ל
greenwin@kkl.org.il

בריכות חורף

דורה, הודיה, שפיר וקדימה הם שמות של בריכות חורף – מקווי מים עונתיים וייחודיים, המהווים בית גידול לבעלי חיים וצמחים ונמצאים בשטחים בניהול קק"ל. בעבר בריכות חורף היו נפוצות מאוד בישראל, בעיקר בשפלת החוף, אך רבות מהן יובשו או נהרסו בשל בנייה ופיתוח. עם היעלמן הצטמצם מגוון בעלי החיים והצמחים המאפיינים את בית הגידול המיוחד הזה. בשנים האחרונות נרתמה קק"ל לשקם ולטפח שטחים שמתקיימות בהם בריכות חורף, ולהנגיש אותן לציבור הרחב. יחד עם הנגישות הפיזית הכוללת שבילים, שלטים, הגנה ממפגעים ומרפסות תצפית, חשוב לעורר מודעות ואכפתיות בקרב הציבור. לכן צריך להתחיל בחינוך. המחלקה הפדגוגית של קק"ל הכינה חוברת מידע מקיף, מגדיר בעלי חיים בבריכת החורף והצעות לפעילויות. כמו כן, קיימנו השתלמות למדריכי הטוילים שיובילו את קבוצותיהם באתרים האלה. קוראים המעוניינים להתנסות במערכים ובפעילויות מוזמנים להיכנס לאתר שלנו, למדור בריכות החורף.

בכל שנה מקיימת המחלקה הפדגוגית של חטיבת החינוך של קק"ל השתלמויות מקצועיות, ללא תשלום, למדריכי הטוילים המועסקים בה כעובדים עצמאיים דרך חברות הדרכה חיצוניות. ההשתלמויות האלה מוכרות על ידי משרד החינוך לתן תקן, שהוא תו הרישוי המאפשר למדריכים לעבוד במסגרות החינוך הפורמלי והבלתי פורמלי. נושאי ההשתלמויות נקבעים על ידי חטיבת החינוך בקק"ל, ועוסקים בנושאים שאנו מעוניינים לקדם. אנו מייחסים חשיבות רבה לא רק לנושא ההשתלמות, אלא גם לאפשרות לספר אותו בצורה מסקרנת, חווייתית ומשמעותית עבור קהל היעד, שהוא רב-גילי וכולל ילדים, נוער ומבוגרים בגילים שונים. בשנה האחרונה זכו מדריכי הטוילים של קק"ל להשתלם בנושאים בריכות חורף, עצי חורש וחיות לילה. לפניכם סקירה קצרה של נושאי ההשתלמויות, מאחר שהחומרים יכולים להתאים גם לטוילים ולסיורים עצמאיים. חומרי ההדרכה פתוחים לציבור המחנכים ולקהל הרחב מתוך רצון לאפשר לכמה שיותר סוכני שינוי להשתמש בהם. שיתוף בחומרי הדרכה מאפשר חינוך לערכים שקק"ל מקדמת. כל החומרים מצויים באתר האינטרנט של קק"ל, וניתן להשתמש בהם ללא תשלום.

טיולי לילה

Pistacia) אלה ארץ-ישראלית (*Pistacia lentiscus*) וגם אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) ואלון מצוי (*Quercus coccifera*). נוסף למגדיר, הכנו עזרים בנושאים מגוונים, כגון הפצת זרעים ומידע על עצי ארץ ישראל. ניתן למצוא הפעלות בשטח כמו 'בינגו טבע' וכן הפעלות המיועדות לחדר הכיתה או לבית, כדוגמת דפי צביעה. ניתן למצוא את הפעילויות במדור עצים ויער.

מה הלאה?

באתר של החטיבה לחינוך ולקהילה יש פעילויות בנושאים נוספים, כמו שינוי האקלים, ובקרוב יתווספו פעילויות בתחומים אחרים. הצוות הפדגוגי שוקד כעת על פיתוח ערכת פריחה. כשליש מהשטחים שקק"ל מנהלת הם שטחים פתוחים עם תצורת צומח נמוכה, ולכן בחרנו לעסוק בצמחים חד-שנתיים ולהתמקד בהאבקה. מטרת החטיבה לחינוך ולקהילה היא להוציא את הילדים לשטח, לחבר אותם לטבע ולהיכרות עם הארץ. אנו מאמינים שהפעילויות הללו יסייעו לדור העתיד להיות מודע לנושא, ויעודדו אותו לשמור על הטבע.

באזור ששורר בו אקלים ים תיכוני, החורף והאביב קצרים יחסית, והקיץ ארוך, לח וחם. קשה לטייל בקיץ, אבל מצאנו פתרון שמאפשר להתמודד עם מזג האוויר ולחוות את הטבע בצורה מהנה שאינה מערבת מים – יצרנו מערכים לטיולי לילה. החושך אומנם מקשה על הראייה, אולם מגוון גדול של בעלי חיים, כמו גחליליות ועטלפים, פעיל בלילה, ויש גם פרחים שפורחים בלילה, כדוגמת נר הלילה החופי (*Oenothera drummondii*) וחבצלת החוף (*Pancreatium maritimum*), שריחים הטוב מתחזק בלילה. לשם הנגשת החומר הכנו מדור מיוחד עם תכנים, עצות ועזרי הדרכה, וכמובן בנינו גם יום הכשרה. את כל אלה ניתן למצוא במדור חכמים בלילה – הדרכת טיולים בלילה.

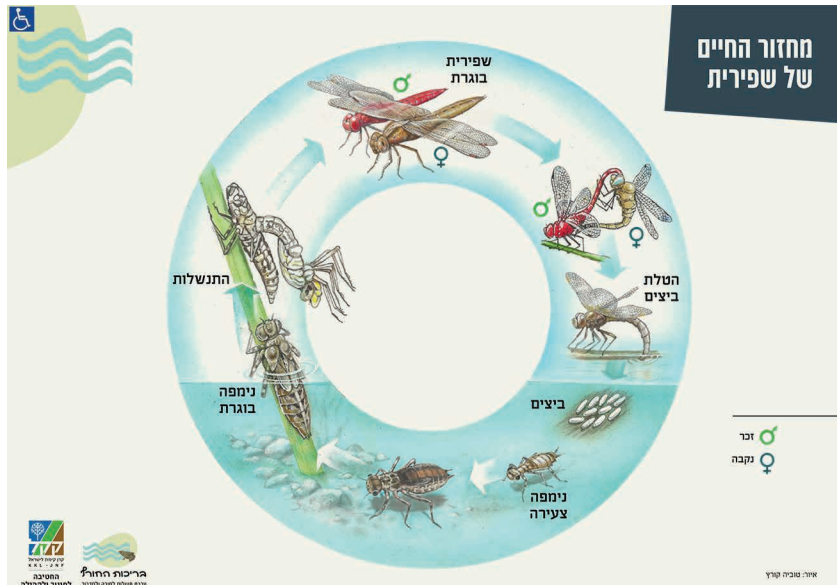
עצי יער וחורש

ישראל משופעת בעצים שונים, המצויים בחורשים טבעיים וביערות נטועים. יצרנו מגדיר ידידותי לעצי יער וחורש, הכולל עצים כמו קטלב מצוי (*Arbutus andrachne*), אלת המסטיק

סרקו את הקודים לפעילויות:



השתלמות מדריכים בשוני, סדנת איזון אבנים



מחזור החיים של השפירית. עמוד מתוך חוברת ההדרכה "בריכת החורף" שהפיקה החטיבה לחינוך ולקהילה של קק"ל איור: טוביה קורץ



השתלמות בריכות חורף בשרון 2024



השתלמות לילה באילנות



הפטרייה דרדסית משתנה (*Crepidotus variabilis*) ומאחוריה הרירית צמתית יפהפייה (*Comatricha pulchella*), פארק בנין
צילום: עומר משולם



יער של ספרים

גלעד אוסטרובסקי

אגף הייעור, קק"ל
GiladO@kkl.org.il

A Critique of Silviculture

Managing for Complexity, 2009
Klaus J. Puettmann, K. David Coats, Christian
Messier

צריכה להגיב לתמורות הללו ולהתמקד בערכים חדשים, ובראשם חתירה להרחבת המגוון הביולוגי והשגת חוסן, לצד אספקת שירותי מערכת נוספים ורבים. אם היערן לא ידע להתאים את עצמו למציאות המשתנה, גורלו יהיה להידחק לקרן זווית, והשפעתו תצטמצם ותתמעט.

המהלך המרכזי של הספר מתחיל בהתפתחות ההיסטורית של היערנות והאתגרים שעומדים בפניה, ממשיך בתיאור האקולוגיה כמדע של מורכבות ולבסוף מעמיק בחיבור ההכרחי בין היערנות לאקולוגיה בפרק שנקרא: ניהול יערות כמערכות מורכבות.

כשנכנסתי לתפקידי כיערן הראשי ומנהל אגף הייעור, ביקשתי ללמוד על היערנות ולהבינה לעומקה ולרוחבה, מהעולם הגדול ומהסביבה המקומית שלנו בישראל. חנוך צורף המליץ לי מייד על הספר הזה וסיפר בשבח. **ואומנם, החיבור הזה, שמחזיק 180 עמודים כולל מקורות, מניח בצורה בהירה ומשכנעת את התפיסה של יערנות בת-קיימא.** כפי שעולה משמו, הוא מספר את סיפור התפתחות היערנות באירופה, מסביר כיצד התפתחה ונעשתה למקצוע בעל בסיס מדעי מוצק. לאחר מכן, וזה עיקרו של הספר, אומרים המחברים, ללא כחל ושרק, שהיערנות הקלאסית חייבת להשתנות נוכח תמורות מדעיות וחברתיות. היערנות

התובנה בדבר הצורך בשמירת ההטרונות והמגוון הביולוגי של יערות כמרכיב חיוני לקיומם של התהליכים והתפקודים של המערכת היערנית. עם זאת, בעוד שתפקיד המערכות הטבעיות לאספקת שירותים מובן עתה בצורה טובה הרבה יותר, הרי שהאקולוגיה עדיין נאבקת לתרגם את התובנות האלה לידי הנחיות פעולה מפורשות לניהול השטח באופן שישמר את המורכבות והתפקוד שלהן.

וכאן אנחנו מגיעים לחלק המעניין ביותר, בפרק המסביר את מערכת הקשרים בין היערנות לאקולוגיה. ראשית, היערנות התפתחה תוך הדגשת הפעולות הדרושות להעלאת השרידות וגידול סוגים מסוימים של עצים בעומדים זהים ומנוהלים. ואילו האקולוגיה מעלה על נס את המורכבות, ולא עסקה בניהול מערכות אקולוגיות אלא בהבנתן ובחקירתן. המחברים מציגים את נקודות המבט השונות הללו בשאלה: מה רואים יערנים ואקולוגים כשהם נכנסים ליער? היערן שיצעד אל תוך היער הוותיק עתיר הצמחייה עם מגוון עצים יראה בו מופע אסתטי, אך "מצב לא רצוי ולא פרודוקטיבי". היערנים ידמינו מייד יער "טוב יותר", שיחליף בנקל את היער הבלתי מנוהל והמבולגן. מבטם יתמקד בזנים מסחריים שיוכלו לגדול למלוא הפוטנציאל שלהם. עבור האקולוג, היער הוותיק הזה הוא תוצר של שנים רבות של התפתחות והסתגלות, תחרות, ברירה, הפרעה ושינוי. האקולוגים יעריכו את המופע המגוון, המבנה וההרכב. לשתי ההשקפות האלה יש השלכות כבדות משקל בעניין הממשק הרצוי ביער.

ואומנם, הפרק החמישי והאחרון בספר מחבר את הדיסציפלינות – יערנות ואקולוגיה – ומנסח פרידיגמה חדשה לניהול היערות כמערכות מסתגלות מורכבות. הן מוגדרות כמערכות מורכבות שהמרכיבים האינדיווידואליים בהן נמצאים בקשרי גומלין עם מרכיבים אחרים, כך שהמערכת מתעצבת באופן תדיר ומגיבה לשינויים.

המחברים מזכירים לנו שהצורך לחבר בין השתיים נבע ממבט חברתי חדש על היערות ועל תפקידם באופן שתשומת לב רבה יותר מופנית למגוון הביולוגי ולמניעת בירוא היערות. ההבנה שלניהול יערות כמערכות מורכבות יש מעלות רבות מבחינה חברתית וסביבתית: יכולת משופרת להגיב לשינויים ולהפרעות, הגברת החוסן, עמידות בפני התפרצות מזיקים וירידה במשקעים ועוד. כל אלה גורמים ליערנים ולאקולוגים לשנות את המבט על ניהול היערות, ולהתקרבות מבורכת של היערנות הקלאסית והאקולוגיה.

היערנים למדו בהדרגה שניהול היער ללא הקשבה לתהליכים האקולוגיים מערים קשיים רבים, למשל הצורך בהרחקה אינטנסיבית של צומח לא רצוי או פעולות ממשק

הפרקים הראשונים מוקדשים להבנת התפתחותה של היערנות במרכז אירופה כמענה לצורך קיומי וכלכלי. המחברים מדגישים שגם היערנות כמקצוע וגם המדע היערי הושפעו רבות מגורמים חיצוניים, כמו גידול האוכלוסייה, מלחמות ומגפות, וכמובן מהצורך לספק עצה בכמויות הולכות וגדלות. במאה ה-19 הייתה השפעה רבה לפילוסופיות כלכליות שהעלו על נס ערכים של יעילות ויצרנות, כך שערכם הגבוה של העצים הצדיק כמעט כל פעולה יערנית. המבט ההיסטורי מלמד אותנו שהיערנות צמחה בתחילתה לא רק בגלל הצורך בתפוקת עץ, והיו לה מטרות נוספות, כמו הגנה על בעלי חיים, שימור מים, הקטנת איום של גלישות קרקע ושימור אזורים לצייד. עם זאת, המאפיינים הבולטים שלה ביחס לממשק הצומח היו התמקדות בעצים, יצירת עומדים הומוגניים (בהשפעת השיטות החקלאיות), התעלמות מהמרכיב המרחבי (התמקדות בעומד) והשגת סדר ויכולת חיזוי של התפתחות היער.

כך, ניתן להבין טוב יותר ראשית צמיחתם של מושגי יסוד ביערנות שהולכים איתנו עד היום. המושג **עומד** (יחידת השטח הבסיסית ביער, המוגדרת על פי הרכב מיני העצים) נבע מהמציאות הכלכלית, שהצריכה יצירת תאי שטח קטנים כדי לספק דרישה למוצרי עץ מוגדרים במאמץ נמוך ככל האפשר. פעולת ה**דילול** נולדה כמענה לצורך במוצרים שונים מעצים בגדלים שונים: גדרות, ריהוט, בניית ספינות והסקה, ולא מרצון לשפר את תנאיהם של העצים הנותרים, כפי שנהוג כיום. **מחזור גידול** התפתח כמושג מפתח, אך יש לשים לב שהוא עבר שינוי: מאיסוף עץ להסקה במחזורי קצרים של 3-7 שנים למחזור של עשרות שנים – ממחזור מבוסס מוצר למחזור מבוסס יצרנות. **התחדשות** (Regeneration) היא מושג שעבר שינוי דרמטי לאורך ההיסטוריה. בתחילה המושג שימש רק במקומות שהיה חסר בהם עץ, והשיטה שרווחה במשך אלפי שנה הייתה נביטה והתחדשות טבעית. בהמשך, השפעות חיצוניות, ובראשן הכלכלה החופשית והצורך בסטנדרטיזציה, הובילו לנטיעה מוגברת – בעיקר של אורנים, הרבה פעמים על שטחי חקלאות נטושים.

בשנות ה-80 וה-90 של המאה ה-20 החלה להתגבש תפיסה הרואה ביערות מערכות אקולוגיות מורכבות ובעלות חשיבות לקיום האנושי, ובו-בזמן גברה ההתעניינות של הציבור הרחב ושל חוקרים ממגוון תחומי מחקר. וכאן נכנסה האקולוגיה, מדע שעוסק במורכבות ובקשרי גומלין של אורגניזמים, והעמידה גוף ידע ושיטת חשיבה לרשות תורת היערנות. מדע האקולוגיה עשה התקדמות יפה בהבנת מערכות טבעיות ובהבנת חשיבותן ומורכבותן של מערכות אקולוגיות וכן בהבנת תפקודן. ומכאן

A CRITIQUE of SILVICULTURE

Managing for Complexity

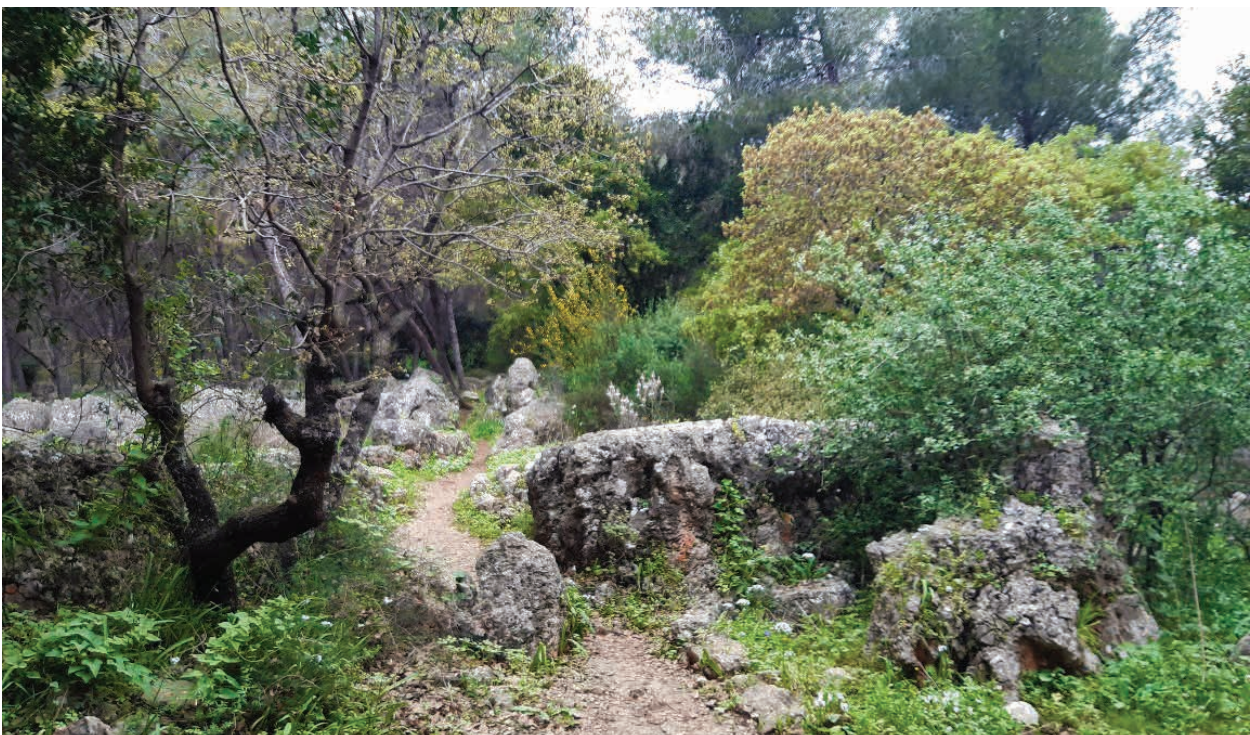


*Klaus J. Puettmann,
K. David Coates, and Christian Messier*

כריכת הספר A Critical Silviculture
צילום: גלעד אוסטרובסקי

מהירות ואגרסיביות על פני שטחים נרחבים. תובנה מרכזית היא שהתבססות על גישת "ציווי ובקרה" (command and control), דבר שהיה בבסיסו של ניהול היער הקלאסי, אינה עולה בקנה אחד עם ניהול מערכות מורכבות ועם ניהול אדפטיבי. **המורכבות תומכת ביכולת ההסתגלות לשינויים חיצוניים ופנימיים, ולכן היא רכיב מפתח של מערכות אקולוגיות.** ברור שהשינויים הללו דורשים עיצוב של מערכת ניהול היער ככזו שמכלילה סיכונים ורמה גבוהה יותר של אי-ודאות, וזאת יש ללמוד ולפתח. לבסוף הם מציעים ארבעה עקרונות ליישום התפיסה: א. ניהול המתחשב במניפה רחבה של מרכיבי המערכות האקולוגיות; ב. נטישת גישת הציווי והבקרה ואפשרות התפתחות ספונטנית במרחב ובזמן, כך שהיער יתפתח ויגיב להפרעות; ג. טיפוח עקבי של גיוון מיני העצים ומבנה היער; ד. סיגול שיטות הערכה ומדידה ברמה מרחבית נופית.

לסיכום, זהו ספר מרתק וחשוב לכל מי שמעוניין לצלול לעומקם של דברים ולהבין טוב יותר את יסודותיה של היערנות ואת הצורך ההכרחי בחיבור לחשיבה ולשפה האקולוגית. הפרדיגמה של היערנות האקולוגית מעמידה אתגרים פילוסופיים ומעשיים בדרך ליישומה, ואני סבור שאנחנו צועדים בדרך הנכונה להגשמתה.



יער כמערכת מורכבת: יער בית קשת
צילום: גלעד אוסטרובסקי



אז והיום

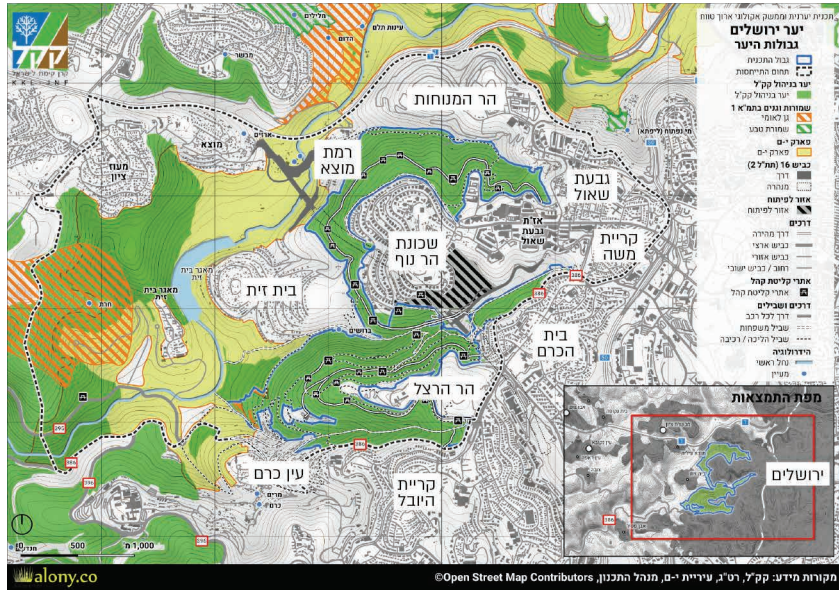
בלה נודלמן

מרחב מרכז, קק"ל
bellanu@kkl.org.il

נחל עין כרם ביער ירושלים: עשור של עיצוב ושינוי בנוף

(איור 1): נחל עין כרם המתחבר לשדרות הרצל ולאחרים לאומים חשובים – יד ושם והר הרצל – וכן לשכונות קריית היובל, עין כרם ובית וגן; נחל רבידה המתחבר לשכונות בית הכרם, יפה נוף, גבעת שאול והר נוף מדרום. כמו כן, דרך מעלה הרומאים מתחברת לעמק מוצא ממערב, ובחלק הצפוני היער גובל בבית העלמין הר המנוחות ובשכונות גבעת שאול וקריית משה. אתרי פנאי ונופש ושבילי טיול המשמשים צירי טיילות מרכזיים המתחברים למערך הטיילות הכולל ממערב לעיר, הקרוי 'פארק ירושלים'. בשנת 2014 התרחשה בוואדי עין כרם שרפה שכלתה 230 דונם יער (איור 2). בעקבות זאת, בשנת 2015 החלה קק"ל, בהובלת מחלקת אזור ההר ומחלקת התכנון המרחבית, בקידום תהליך תכנון ארוך טווח ליער ירושלים לשם ניהול היער והנגשתו לציבור הרחב תוך תכנון צופה עתיד המתמקד בשיפור החיבור בין העיר ליער. התהליך כלל הכנת תוכנית אב ותוכנית ממשק על פי עקרונות תורת ניהול היער. הליך התכנון נעשה בשיתוף עם עיריית ירושלים, המנהלים הקהילתיים וארגונים מקומיים, והוא ממשיך ומתקיים גם כיום. במסגרת תוכנית האב הוכנה תוכנית פרטנית לשיקום נזקי השרפה לוואדי עין כרם (איור 3), שהוא נחל האכזב המרכזי ביער ירושלים. בתוכנית הוגדרו עקרונות לתצורת הצומח הרצויה, ונעשה הליך שיתוף הציבור בתכנון.

ביער ירושלים ובאחד מנחלי האכזב המרכזיים שבו, ואדי עין כרם, מתקיים תהליך סדור של תכנון ממשק יער וניהול יער מכוון מטרה. היער משמש 'שער הכניסה' המערבי לירושלים, ומפריד בין העיר לבין הפרברים והיישובים ממערב לה. השטח הנקרא כיום 'יער ירושלים' עבר שינויים נופיים ואקולוגיים מרחיקי לכת בעשורים שמאז הקמתו בשנות ה-50 של המאה הקודמת, וגם השטח הצמוד אליו עבר שינויים דמוגרפיים וחברתיים. היער עשיר בשרידים חקלאיים, כגון טרסות, שומרות ובורות מים, המעידים על תפקודו בימים קדומים. בשיא גודלו עמד שטח היער על כ-5,000 דונם (אלוני ושות', 2021), אולם פעולות בנייה ותוכניות פיתוח ותשתית צמצמו את שטח היער לגודלו הנוכחי, שהוא פחות מ-3,000 דונם. היער סובל כיום ממפגעים רבים הנובעים מהסמיכות לשטח עירוני: השפעות נגר, פסולת, צמחים פולשים, זיהום אור, רעש, מעברי תשתיות ויוזמות פיתוח בגבול היער. כמו כן, בשל המבנה הטופוגרפי של היער קיימים אתגרים המקשים על חיבור בין היער לעיר ועל הפיכת הכניסה אליו לנגישה עבור התושבים הרבים (מעל 70 אלף) הגרים בשכונות הגובלות בו. זאת ועוד, מספר התושבים עתיד לגדול עקב התוכניות לציפוף שדרות ציר הרצל עם הפיכתו לציר רכבת קלה. היער גובל בשטח העיר, ויוצר מעין "לשונות" שנחצות על ידי שני נחלי אכזב (ואדיות) מרכזיים ממזרח למערב



איור 1
מפת יער ירושלים
 גבולות היער מסומנים בירוק תחומים בקו כחול.



איור 2
ואדי עין כרם ביער ירושלים
 לפני השרפה רוב היער היה מחטני נטוע – בעיקר ברושים – ומיעוטו עצים רחבי עלים. בתמונה רואים עצי ברוש שניטעו על הטרסות ביער ונשרפו, קיץ 2014. צילום: בלה נודלמן



איור 3

תוכנית שיקום נופי לוואדי עין כרם
 התוכנית כוללת מערך טיילות, מבואות ליער ונטיעות. התוכנית הוכנה על ידי אדריכלית נוף בלה נודלמן, בשיתוף חנוך צורף וגידי בשן מקק"ל והקהילה המקומית של עין כרם.

והיער שנערך לאורך תקופה של עשור, ניתן ללמוד על הדינמיות של הצמחייה ועל השפעת תהליכים טבעיים במקביל להשפעת האדם על הנוף. שרפות, שלגים, נטיעות, נזקי נגר עירוני, מעורבות קהילתית והעברת תשתיות חוצות יער הם עניין שבשגרה ביערותינו, ועלינו להתמודד עם האתגרים הללו באופן תדיר. אחד הכלים המרכזיים בכך הוא תכנון בראייה רחבת היקף תוך הסתכלות על היבטים שונים וניהול השטח עם מטרות, יעדים ותוכנית ברורה. השאיפה היא לשמור ולטפח את שטחי היער ונחלי האכזב החוצים אותו, כך שישובו לתפקוד האקולוגי והנופי, תוך מתן כלים מעשיים לאנשי השטח.

הקהילות השכנות ליער ביקשו להיות שותפות לפעולות השיקום אחרי השרפה, והביעו את רצונן להשיב לנופי הרי ירושלים את נופי התרבות של חקלאות המדרגות המסורתית. לכן, שוקמו טרסות עתיקות, ניטעו עצי בוסתן, והוקם יער קהילתי בעין כרם.

בשנת 2016, שנתיים לאחר השרפה, נערכו פעולות ראשונות לשיקום נחל האכזב – הוצאת גזם וחלקי עצים שרופים, טיפול בטרסות ושימור שלהן (איור 4), וכן הוכנה תוכנית מכורסת לנטיעה.

באמצעות תהליך הניטור (איורים 4, 5) של נחל עין כרם



איור 4

ואדי עין כרם לפני הנטיעות



ב



א

איור 5

ואדי עין כרם לאחר הנטיעות

א. העצים שניטעו על גבי הטראסות במבט לכיוון מערב, מרץ 2022. ב. העצים שניטעו ב-2016 גדלו להיות בוסתן מלבלב. בקדמת התמונה עצי תות במבט לכיוון מערב, מאי 2024. צילומים: בלה נודלמן

מקיימת, וחשיבה ארוכת טווח לניהול בר-קיימא. במקביל, צוותי התכנון המרחביים מקדמים תכנון פרטני ליערות, שנגזר מהתכנון האסטרטגי, כדוגמת תוכניות האב ליערות הקובעות את עקרונות התכנון מתוך הסתכלות רחבה, תוכנית הממשק ליער הקובעת את הצד הפרקטי בממשק היערני ומציבה כללי עבודה למנהלי השטח, וזאת במקביל לניטור לאורך השנים ותוך הפקת לקחים תמידית. אלה ועוד הם כלים יישומיים ממעלה ראשונה עבור המתכנן ועבור מנהלי השטח, שמטרתם המשותפת היא לשמור על השטחים הפתוחים והיערות ולנהל אותם בראייה עתידית עם חזון ואחריות לדורות הבאים (איור 6).

עם הפנים לעתיד:

ואדי עין כרם ימשיך לעבור שינויים מרחיקי לכת בעתיד. מתוכננים בו פרויקטים שונים של תשתיות ובינוי, כגון הנחת קו מים של הגיחון, תוספת קווי חשמל וקווי גז וכן ציפוף שכונות העיר הגובלות ביער. על קק"ל, כגוף האמון על ניהול שטחים פתוחים, להיות מוכנה לתמורות ולשינויים בשטח ברמות שונות – מתכנון ברמה האסטרטגית לתכנון ברמה הפרטנית בפועל בשטח. כחלק מתהליך ההיערכות קק"ל מקדמת תוכנית אסטרטגית ליערות, הנמצאת כעת בשלבי עריכה סופיים. אחת ממטרות התוכנית היא לבסס ולחזק את מעמדם של היערות באמצעות 'חוק היער' שקק"ל



איור 6

סקיצת חזון – שביל משפחות המחבר בין העיר ליער

השביל עובר בנוף מגוון של טרסות ובוסתנים ובערוץ נחל אכזב משוקם. איור: בלה נודלמן.

מקורות

אלוני ש, צורף ח, נודלמן ב ובשן ג. 2021. תכנית אב וממשק ע"פ עקרונות תורת ניהול היער – יער ירושלים. קק"ל ואלוני יועצים.

עצים ששווה להכיר

חגי יבלוביץ'

אגף הייעור, קק"ל
hagayy@kkl.org.il

זקום מצרי בגבעת תום ותומר



איור 1

ענף נושא פירות זקום מצרי לפני ההבשלה
2024. צילום: חגי יבלוביץ'.

זקום מצרי (*Balanites aegyptiaca*) הוא עץ ממשפחת הזוגניים. העץ גדל בארץ לאורך השבר הסורי-אפריקאי במקומות חמים ולחים: מאזור בקעת ים המלח והערבה בדרום ועד לכפר רופין בצפון. חורשות של זקום ניתן למצוא בוואדי קלט, ליד חצבה וכן בשמורת הזקום ליד קיבוץ מעוז חיים, שנחשב לריכוז עצי הזקום הצפוני בעולם. תפוצתו העיקרית של העץ במזרח אפריקה. לרוב העץ מתנשא לגובה של 4–7 מטר. יש לו מופע פרוע וסבוכ, והוא נוטה לעיתים להיות בעל מראה שיחי. ניתן למצוא פרטים חד-גזעיים או רב-גזעיים. העץ מזכיר במראהו שיזף, והוא נושא קוצים קצרים וישרים. הזקום פורח באביב בפרחים קטנים וירוקים שצורתם ככוכב, המאפיינים את משפחת הזוגניים. פירותיו גדולים ודומים לתמר, ויש לו זרע אחד גדול. ישנה שונות גדולה בצורת הפרי – מפרי ארוך וצר ועד פירות קצרים ועגולים. הפירות מתפתחים על העץ במשך כשלושה חודשים (איור 1), ובעת ההבשלה הם משנים את צבעם מירוק לצהוב-חום (איור 2). הפרי הבשל מריר. אחד משמותיו הערביים של הזקום הוא "תומייר אלפאקיר" – תמר העניים, והוא מכונה גם "תמר העבדים". אחת האמונות שנקשרו סביבו העץ היא שהוא גדל בשאול, וממנו יאכלו הרשעים שיגיעו לגיהנום. פירות הזקום מכילים אחוזי שומן גבוהים (כ-40%), ובעבר הפיקו מהם שמן שנקרא צורי גלעד, או שמן בלנוס, כשמו הלטיני (*Balanites*).

ליד קיבוץ נגבה נמצאת גבעת "תום ותומר". בגבעה נמצא גן בוטני של צמחי ארץ ישראל, שהקים יואב קידר בשנות ה-80 בשל אהבתו לצמחיית ארץ ישראל. לאחר אסון המסוקים בארבעה בפברואר 1997, שנהרגו בו 73 חיילים ובהם גם בנו, תומר קידר, וחברו הטוב תום כיתאין, הפך הגן לאתר הנצחה לזכר החללים. בשטח הגבעה נמצא עץ זקום מצרי מפואר וגדול ממדים שנשתל במקום בשנת 1980 (איור 3). העץ מתנשא לגובה של יותר משמונה מטרים, וענפיו מתפרשים ברדיוס של שבעה מטרים. לעץ חמישה גזעים ראשיים בקטרים שונים. סביב העץ ניתן לראות פירות רבים על הקרקע ופרטים צעירים שנבטו. העץ נמצא בחלק המערבי של שביל הנצחה בגבעה, וסמוך לו ישנה רחבה להתכנסויות ובה משטח דק, מסך ועצי שיטה סלילנית המצילים על השטח. מדור זרעים של קק"ל אחראי לאיסוף פירות מעצי זקום מצרי במקומות שונים ברחבי הארץ (גבעת תום ותומר, אילת, חצבה, מעוז חיים) שנמצאים בהם פרטים ותיקים בעלי חזות בריאה ומרשימה. בהתאם לתוכניות הייצור כ-500 שתילים מיוצרים מדי שנה, רובם במשתלת גילת. רוב השתילים נשתלים במרחב דרום בהתאם לתוכניות הנטיעה.

השמן נחשב כתרופה לכאבי שרירים ופרקים. למרות טעמו המר של הפרי היו לו וכן לזרעים ולענפים שימושים רפואיים שונים ברפואה המסורתית, כגון טיפול בפצעים, באסתמה ובסכרת. במחקרים עדכניים נמצא כי השמן המופק מהפרי הוא נוגד דלקת.



איור 2

פירות בשלים של זקום מצרי
2024. צילום: חגי יבלוביץ.



ב



א

איור 3

זקום מצרי, גבעת תום ותומר
א. מראה כללי; ב. תקריב של הגזע המפוצל. 2024. צילום: חגי יבלוביץ.



שתי ריריות בכרמל. במרכז נולית שחומקה (*Stemonitis fusca*) ומשמאלה *Stemonitopsis*
צילום: עומר משולם



המגוון הביולוגי – בין מדע לפוליטיקה

שיחה עם אבי פרבולוצקי

גלעד אוסטרובסקי

אגף הייעור קק"ל
GiladO@kkl.org.il

הרחוק. היה ברור לי שבלימודים אמשיך בכיוון עבודת השדה. ואז הגיע מדען צעיר, זואולוג, אחרי שעשה פוסט דוקטורט בחו"ל – בועז מואב. הוא עסק בביולוגיה התפתחותית. אני הייתי בשנת הלימודים השלישית וחיפשתי עבודה. הוא עבד על קיפודי ים. התפקיד שלי היה להביא לו קיפודים: לנסוע לים, לגן לאומי קיסריה, עם חליפת צלילה, לשלוף קיפודי ים ולהביא למעבדה. הבאתי את הקיפודים למעבדה באבו כביר. ומתוך כך הגעתי לעשות אצלו תואר שני במעבדה על מוח של תרנגולות. הפוך לגמרי ממה שתכננתי...

עשית גם פרק משמעותי מאוד בסיני

באותו מסדרון באבו כביר עבד גם אמוץ זהבי, ממקימי החברה להגנת הטבע. הלכתי אליו ואמרתי לו, "שמע, אמוץ, אני לא רוצה במהלך המאסטר לעבוד לקיומי כמדריך במעבדה, אני רוצה לעבוד בטבע". הוא לקח אותי לחברה להגנת הטבע למחלקת טיולי סיני. לא הכרתי את סיני, ולא הדרכתי בחיים שלי, אבל הפכתי מהר מאוד למדריך. העבודה הזו שינתה לי את החיים.

במהרה העבודה הפכה להיות במקום ראשון, לפני המחקר של התואר השני. ואז, כשהקימו בחברה בית ספר שדה בהר הגבוה של סיני (אזור הר סיני), מוניתי למנהל. בבית הספר הזה פיתחנו תפיסת הדרכה מערכתית, למעשה אקולוגית, אבל רחבה, הכוללת את בעלי החיים והצומח, את הגאולוגיה וגם את הגורם האנושי: הבדואים, הר סיני ונזירות. התוכנית הייתה מוצלחת מאוד. בית הספר הזה,

אבי פרבולוצקי נולד בקריית עמל (טבעון), למד באוניברסיטת תל אביב ובאוניברסיטת קליפורניה – דיוויזי, וכיום הוא פרופסור אמריטוס במכון וולקני. בעבר עבד בחברה להגנת הטבע וברשות הטבע והגנים.

איך התחלת לעסוק באקולוגיה?

למדתי ביולוגיה באוניברסיטת תל אביב בקמפוס באבו כביר. אני שייך למחזור האחרון שלמד שם, אחרי שכולם עברו לקמפוס החדש ברמת אביב. בגלל הגן הזואולוגי והגן הבוטני שמצויים במקום, לימודי הביולוגיה לא עברו לקמפוס החדש. זה היה כמו ללמוד בשמורת טבע. באנו בדרישה לפקולטה לקבל קורס בסיסי באקולוגיה, קורס שעדיין לא היה בתוכנית הלימודים. לא יכלו לסרב לנו, ובשנת 1969–1970 שני חוקרים ותיקים, זואולוג ובוטנאי, לימדו את הקורס הראשון באקולוגיה.

בראייה לאחור הקורס היה מביך... זו הייתה הפעם הראשונה שלימדו את הקורס, והמרצים לא היו סגורים על עצמם. כל אחד היה מומחה בתחום, אבל הם היו צריכים לתת תמונה כללית, וזה לא נעשה. בכל זאת, אז החלטתי שהתחום מעניין אותי, ושאתי רוצה לעסוק בזה.

איך ידעת?

הגעתי ללמוד ביולוגיה מפעילות שדה. הייתי צפר חובב, התנדבתי לעבוד עם שלום זוארץ, צפר ותיק של החברה להגנת הטבע, בברכות מעגן מיכאל. הייתי מכור לטבע. זה מה שעניין אותי, בלי מחשבה מה יהיה מקצועי בעתיד

להסתכלות אקולוגית, שאני אקרא לה לצורך העניין "צרה", ביחס למה שאני דיברתי עליו. הזמנתי אצלו קורס לצוות שלנו, קורס שהיה אנטייתזה למה שעשינו בסיני. הכול היה סביב תצפיות במעבדה ושיעורים תאורטיים, למעשה אקולוגיה קלאסית. זה היה מעניין ומרתק, אבל עורר הרבה ויכוחים ודיונים אצלנו – מה עושים עם זה, איך מעתיקים את זה לשדה? הקורס, אגב, הסתיים ביום שישי, ובשבת פרצה מלחמת יום כיפור.

קשרי העבודה עם משה נמשכו. הבאתי אותו לסיני. לא היה פשוט לעבור מהסקאלה שהוא תפס את הר הנגב לסקאלה שאנחנו עבדנו בה, שהייתה רחבה מאוד וכללה את האדם. ואז הוא שאל אותי, "שמע, יש פה מקום שהאדם לא השפיע עליו?". אמרתי לו "בוא נלך לוואדי פריעה". זה אזור שאנחנו לא הולכים אליו הרבה, וחשבתי שהוא רחוק מהשפעה. כשהגענו לשם, מצאנו גללים של עיזים וגמלים בכל מקום. לקח לי הרבה מאוד זמן להבין שאין מקום באזור ההר הגבוה שהאדם לא השפיע עליו. בהמשך הבנתי שזה נכון גם לכל ישראל ולמקומות רבים בעולם. בהמשך, כשהגעתי לשבתון באנגליה, הבנתי שאנגליה היא מקום מופר יותר מארץ ישראל. כאן בישראל נותרו שרידי טבע יפים שהתאוששו, כמו החורש הים תיכוני. באנגליה גם זה לא קיים, כל העצים באנגליה הם למעשה יבוא מאירופה, ואתה מבין שהעולם הזה הוא עולם מופר. בוואדי העולם הישן.

בשבע השנים שפעל, נחשב לבית ספר שדה מוביל מבחינת התוכן. וזה גם מה ששינה לי את החיים המקצועיים.

תוכל להסביר מה גרם לשינוי?

אתה עומד על הר סיני, והכול מערכת אחת, אתה לא יכול לנתק. היסטוריה, ארכאולוגיה, בדואים, כלכלה, כל החלק הביזי והאביזי, משק המים. ואתה שואל את עצמך, איך זה שיש בוסתנים של פירות, מאות בוסתנים באמצע המדבר? ואתה לוקח את התלמידים שבאים לשבוע, תלמידי תיכון, ושואל אותם שאלות. מה זה אומר ההר הגבוה? אתה מסביר להם שיש עלייה בטופוגרפיה של 1,500 מטר, וכל העולם משתנה.

אתה מציין את התקופה בסיני כמשהו שנתן לך את המבט הרחב.

נכון. זה נתן לי את הגישה המערכתית שמלווה אותי עד היום. עכשיו אני רוצה לעשות זום על המפגש עם פרוץ משה שחק. היינו ילדים בני 20 ומשהו, וחיפשנו מגדלור – מישהו שיהיה סמכות מקצועית מבוססת שיעזור לנו להתמקד ולא לטעות. מצאנו את משה שחק, שכתב באותו זמן את הדוקטורט שלו על אקולוגיה של הר הנגב. הוא פיתח בשדה בוקר קורס בהוראת המערכת האקולוגית-ביולוגית המקומית, ויצרתי איתו קשר. הוא חשף אותי



ראס סודר בסיני - שיירת גמלים, 1967
צילום: עמית יצחק, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל

קליפורניה בדיוויז, שהייתה לה תוכנית עשירה באקולוגיה. באתי לעשות דוקטורט, אבל התלהבתי מהקורסים. הייתה להם תוכנית מעולה באקולוגיה, מעין תוכנית על-פקולטאית. לקחתי במשך שנתיים קורסים למרות שסטודנט לדוקטורט לא חייב ללמוד קורסים, כי יש שם מבחר אדיר מכל סוגי האקולוגיה, ואחר כך הלכתי לעשות דוקטורט – עבודת שדה, והכול התחבר.

נחזור לאקולוגיה כתחום דעת. הבסיס של האקולוגיה מתחיל במין מסוים. יש מין ובית גידולו, זו מערכת קטנה. אם נטעת עץ ביער, עץ שיהיה חלק מיער. פה התחלת במשחק אקולוגי. שמת אותו בבית גידול מתאים או לא מתאים? הוא יתפתח היטב או לא? שמת אותו קרוב מדי לעץ אחר שנטעת? היער היא מערכת מבוקרת יחסית, בשליטה, כיוון שניקית את השטח ואתה נוטע יער די אחיד (חד-מיני).

למעשה, נטעת עץ, ואין לך מושג איפה נטעת. עץ זה לא עציץ. חמישה מטר ממנו גדל עץ נוסף. מפה מתחיל "משחק אקולוגי" שאנחנו לא מבינים עדיין עד הסוף. למזלה של האקולוגיה, מאחורי ההסתכלות על המין הייתה לנו מערכת של חוקים שגם עליהם אפשר להתווכח, החוקים של דארווין מאמצע המאה ה-19. החוקים של האבולוציה הם עד היום הכלים שמשמשים אותנו כשאנחנו מסתכלים על המין, על הפרט. על פי תורת האבולוציה, יש לו תכונות שמכשירות אותו להסתדר במקום מסוים, אבל לא במקום

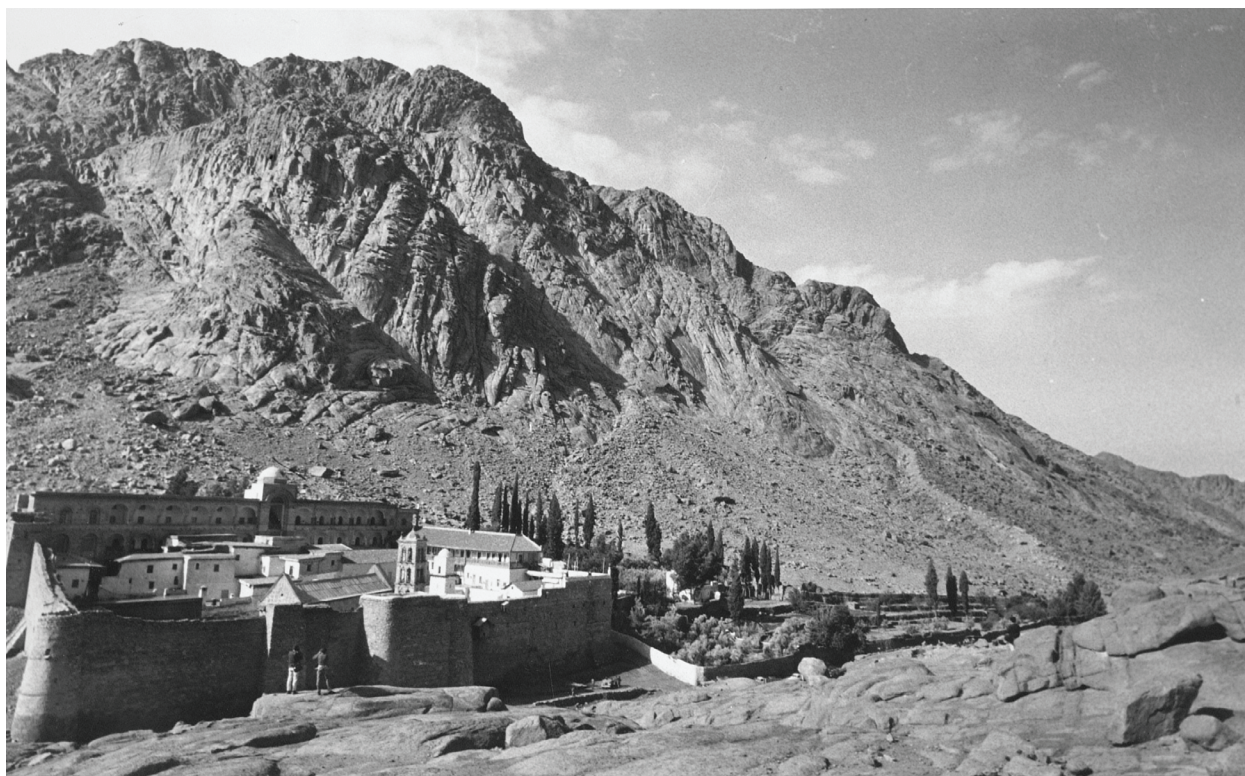
כיצד מה שסיפרת עד כה מתקשר עם מושג המגוון הביולוגי?

בתקופה ההיא המגוון הביולוגי לא היה קיים כמושג. אם תקרא בספר "אקולוגיה: התאוריה והמציאות הישראלית" שכתבתי עם גדי פולקז"ל בסוף שנות ה-90, תראה שהמושג הזה לא מופיע שם באופן משמעותי. זה היה מקומו בסוף המאה שעברה.

צריך להבין שהבסיס המדעי של האקולוגיה רחוק מלהיות מגובש. זהו תחום דעת צעיר, שעוסק במערכות מורכבות. זה תחום דעת ללא חוקים, וזאת להבדיל ממדעים מבוססים, כמו פיזיקה או מתמטיקה. יש באקולוגיה מה שנקרא physics envy, הקנאה במדעים המדויקים, כי להם יש חוקים. מדע "רוצה" ו"צריך" חוקים, חוקים חזקים. המדע רוצה לנסח את החוקים שבעזרתם נבין טוב יותר את הנושא. באקולוגיה זה חשוב, כי האקולוגיה רוצה להיות גם מדע מעשי, והיא מתיימרת להנחות אותנו איך לעבוד עם הטבע.

ב-1979, אחרי שהחזירו את סיני למצרים, החלטתי שאני חייב קודם כול להתרחק. לעזוב מקום שאתה אוהב וגר בו שבע שנים זה לא פשוט. היינו כבר זוג צעיר, נשוי. רציתי לעשות דוקטורט במקום שמבין באקולוגיה, ונסעתי, ולא ידעתי לאן אני נוסע. לקחנו כמה מזוודות, ונסענו למצוא אוניברסיטה באמריקה.

התיישבתי בקליפורניה, מצאתי קמפוס של אוניברסיטת



מנזר סנטה קטרינה בסיני, 1967
צילום: לשכת העיתונות הממשלתית, באדיבות ארכיון הצילומים של קק"ל

נחזור לחברה, אתה מחפש כלים לתאר חברה. מה המדדים של החברה? ככה הגיעו לראשונה לעסוק במגוון. המגוון הראשון שהתייחסו אליו היה מגוון המינים, כי מין בונה את החברה. זה מדד מוחשי מאוד. מגיעים אליו מהמדד עושר המינים (כמה מינים יש במקום/מרחב מוגדר), וכמה פרטים יש מכל מין. אלה כלים כמותיים אובייקטיביים, יחסית, כי מדע האקולוגיה לא רוצה ללכת לכיוון מדעי הרוח והחברה, אלא למדעים המדויקים, ועד היום האקולוגים עוסקים במדידות.

איך התפתח המונח מגוון ביולוגי?

קיימים, אם כך, המונחים מגוון מינים ועושר מינים, אבל הבינו שזה לא מספיק. אז אמרו, בואו נוסיף בעלי חיים. וזה כבר מסבך את העניין, כי בעלי החיים נידים. ושוב עולה הקושי להגדיר מהם הגבולות. תחשוב על עופות: מכיוון שהם מקננים בעץ מסוים תקופה מסוימת, וחלק אחר מהשנה הם נודדים, האם הם שייכים לחברה כאן או שם? המדענים ראו שהערך של מספר המינים אינו מספק. הם הגיעו לתובנה שצריכים להרחיב את המונח, וכך המציאו את המונח מגוון ביולוגי, בסוף שנות ה-90, תחילת המאה ה-21. המונח צמח ממגוון המינים למגוון הביולוגי, שזה אומר לא רק הצמחים, אלא גם בעלי החיים: כולל חסרי החוליות, על פני השטח ובתוך הקרקע. כלומר, הוא כולל את החיידקים בקרקע, אבל רובם לא מוכרים למדע. והוסיפו ואמרו – המגוון הביולוגי זה גם התהליכים שקורים בין המינים – יחסי גומלין בין המינים. יש המון "אקשן" במגוון הביולוגי. הבעיה שמתעוררת היא שלא ניתן להגדיר את המגוון הביולוגי במלואו, מכיוון שהוא כולל הכול, לרבות מגוון תפקודי ומגוון גנטי.

עכשיו אתה שואל את עצמך – מה נעשה עם המושג הזה? מבחינה מדעית טהורה קשה לעבוד איתו. מדד שאין לו הגדרה סגורה, ואי אפשר לכמת אותו, קשה לתת לו משמעות מדעית. אני חושב שהוא "תפס" כי הוא נתן לשומרי הטבע והסביבה כלי נוסף, אידאולוגי-פוליטי, להתמודד מול המודרנה, הפיתוח והעיוור.

אבל, הקושי להגדיר את המגוון הביולוגי באופן מדעי לא הופך אותו למיותר. אני יודע להגיד שבשמורת טבע יש יותר מינים מאשר באזור תעשייה, יש הבדל בין המערכות האלה.

נכון, יש הבדל ברור, אבל האחד מיועד לשמור על הטבע וייעודו של השני הוא לאפשר לתעשייה להתפתח...

ועל אף הקשיים שאתה מתאר, מה עושים עם המגוון הביולוגי כמושג? איך מתקדמים איתו? הוא יכול להוות כלי משמעותי? ראשית, אומר שהעובדה שלמושג מסוים אין הגדרה מלאה

אחר. כשאתה עוסק במין הבודד, יש לך איזשהו כלי, ואתה יוצא לדרך. ואז אתה אומר, יש לי מין, אני עוסק ביער, לא בעץ אחד, אז זו אוכלוסייה, וזה מוחשי. אני רואה אותה, אני יכול לספור אותה, אני יכול למדוד אותה. אז יש לי ישות, שכמדען אני יכול לעסוק בה. אבל מפה יוצאים לעולם האמונה.

אבל יש שפה וכלים מדעיים, ואתה בוחן השערות.

יש כאן קושי מתודולוגי. אני אתן לך דוגמה מק"ל. אני מנהל יער, ואני רוצה לדלל אותו. דילול זה פעולת ממשק אקולוגית קלאסית. למה? כי אני רוצה להקטין את התחרות. אני חושב שזה יקטין את התחרות, וכל עץ יוכל לצמוח טוב יותר. אני רוצה עצים גדולים, אז זה הגיוני לדלל. אבל יערן אחר יכול להגיד: "אתה מגזים בדילול, אם יהיו משבי רוח חזקים, 50% מהעצים ייפלו". מאיפה הוא הביא את זה? מהאמונה, מהבטן. אף אחד לא מדד את עוצמת הרוח ואת ההיגד שלו. הוא מאמין שזה נכון, וגם יכול לנמק את זה בצורה הגיונית. אפשר לעשות ניסוי, אבל לא עשיתם, כי זה קשה ולוקח הרבה שנים, ואתה לא שולט ברוח. אפשר להתווכח על כך, ולכן הצמדתי את האמונה למדע.

אנא המשך בטיעון.

האקולוגים המשיכו בבניית עולמם, ואמרו: מין אחד, אוכלוסייה אחת, זה לא כל הסיפור. הטבע לא בנוי כך, הוא בנוי ממערכות. מערכות שהאדם בונה, כמו חקלאות, הן חד-גידוליות (מונוקולטורה), כלומר, מערכת של מין אחד. כל המזון שלנו מיוצר במערכות חד-גידוליות. רע מאוד אקולוגית, אבל טוב מאוד מבחינת השרידות של בני האדם. הטבע לא עובד בצורה הזאת. איך הוא עובד? כאן אנו מגיעים למושג חברה. יש במרחב מסוים מספר אוכלוסיות של מינים שונים, צמחים ובעלי חיים. זו החברה האקולוגית. אבל מי כולל בחברה ומי לא, איננו יודעים בוודאות! בכך החברה נבדלת מאוכלוסייה. להבדיל מאוכלוסייה, שהיא מושג מאוד מוחשי, ובין אם היא טבעית או לא – אין ויכוח שניתן למדוד אותה. לדעתך, חברה זו הגדרה שרירותית בעיני המגדיר, וזו בעיה שצריך להתמודד איתה.

מערכת אקולוגית היא מושג נוסף הכולל אי-ודאות ושרירותיות. מערכת אקולוגית היא החברה האקולוגית עם העולם האביוטי, כולל הקרקע ומה שבתוכה, וכן מעטפת האקלים והסביבה שיוצרים יחד את המערכת האקולוגית. וגם כאן נותרות שאלות פתוחות: היכן הגבולות שלה במרחב, בעומק האדמה ובאטמוספירה? מבחינה מדעית יש פה אתגר גדול.

כיצד אתה קושר את האי-ודאות שתיארת לעניין המגוון הביולוגי?

אנחנו עוסקים בזה משנות ה-70 וה-80. כשאתה בא לעסוק בתחום מסוים במדע, אתה קודם כל עוסק בהגדרתו. אם

טבע לא הוגדרה כמטרה 'שמירה על המגוון הביולוגי'. אמרנו – מנהלים שמורה, הנה השמורה, יש לה גבולות, אנחנו יודעים עליה דברים. איך אנחנו מנהלים אותה? מתחילים במטרות. מנסחים מטרות יישומיות. אם אני אנסח שמירה על המגוון הביולוגי, לא אמרתי כלום, כפי שהוסבר כאן. אני צריך להגדיר יותר בפירוט: על איזה חלק מהמגוון אני רוצה לשמור? מה צריך לעשות? ואיך אני יודע שהשגתי את זה? לכן אין שמורות טבע שבהגדרתן שומרות על המגוון הביולוגי (ברמה הכוללת). זו לא מטרה מעשית.

אבל בכל זאת, אני מניח שאם אתה הולך לשמורה או לתא שטח ואתה רואה מופע מעניין, אז הוא ביטוי מסוים של מגוון.

אז אני רוצה לשמור אותו. הביטוי הזה הוא כבר מוחשי. ואני אתן דוגמה נוספת שמשלבת את שני הארגונים שאנחנו מדברים עליהם, רט"ג וקק"ל: אירוס הגלבוה, הסמל של החברה להגנת הטבע. שמורת הטבע בגלבוה מיועדת לשמור על אירוס הגלבוה (לא על כל המגוון, אף על פי שיש שם הרבה צמחים פורחים בעונה). מתחילת המאה ה-21 האוכלוסייה של האירוס בשמורה הולכת ודועכת, ואף אחד לא מבין מדוע. מצד שני, אוכלוסייה של האירוס מתחילה להופיע ביער נטוע, לכאורה – בית הגידול המופר ביותר, ואתה לא מבין את זה. אני לא צריך את המגוון הביולוגי



אירוס הגלבוה בשמורת טבע גלבוה
צילום: ענת מדמוני

ומוסכמת ושיטות מדידה, אינה מבטלת את הצורך לעסוק בו. להפך, תשובה לבעייתיות זו היא אתגר העומד לפתחם של המדענים בדור הבא. שנית, יש הרבה עיסוק מדעי ב"חתיכות" של המגוון. חלק ניכר מהמחקר האקולוגי כיום שעוסק, לכאורה, במגוון הביולוגי מבלי להקיף את מלוא היריעה, עוסק בחלק מהמערכת המורכבת. למשל, יחסים בין טורף ונטרף יחד עם טפילים ומחלות התוקפים כל צד בעימות ונזקחות מקור טרף חלופי. זו "חתיכת" מגוון שמהווה נושא מחקרי, ומוסיפה לנו תובנות על תפקוד המערכת האקולוגית. אבל אין כאן עיסוק ב"מגוון" במלוא מובן המילה, גם אם בכותרת המאמר יופיע המונח biodiversity. נוסף על כך, חשוב שנבדל את העיסוק המדעי מהאידיאולוגי-פוליטי, שהוא חשוב לא פחות. ברוב הקריירה שלי הייתי בצד של שמירת הטבע, אבל מהצד המקצועי אני רואה את עצמי כאקולוג, ואני חושב שאני מבין לא רע את התחום המורכב הזה. יש סתירה פנימית בשימוש במושג המגוון הביולוגי בשתי זירות הפעולה האלה, וחשוב להיות מודע לכך.

אני אקשה עליך. כשקראתי את הספר שכתבת על רמת הנדיב "ממשק ושימור האקוסיסטמה היס תיכונית, רמת הנדיב כמשל", שאני חושב שהוא ספר מצוין, הגעת למסקנה שאנחנו רוצים גיוון בכל הרמות, עד רמת הנוף. בסופו של דבר אתה מגיע לזה שהגיוון מבטיח לנו שגם בתוך אי-ידיעה יש לנו כיוון.

זו דוגמה טובה. הדבר נובע מכך שאנחנו לא מבינים מספיק. מה יש ברמת הנדיב? פארק של כ-5,000 דונם שרוצים "להוציא" ממנו משהו בעל ערך ציבורי תוך שימוש בכלים טבעיים. רמת הנדיב היא מעין גן לאומי, ולא שמורת טבע. לדוגמה, אתה רוצה עשבונים ופרחים, אתה לא רוצה רק שיחים, כי הבנו שהמושג הקלאסי הזה, סוקצסיה, כלומר השינויים ההדרגתיים בטבע לאורך זמן עד להתפתחות תצורת השיא (קליימקס), הוא לא בהכרח מה שאתה, כמטייל או כשומר טבע, רוצה. הקליימקס של החורש ברמת הנדיב הוא שיחים, נוף הומוגני, ללא פרחים ועשבונים, מעט בעלי חיים ועבירות קשה למטיילים. החלטנו שאנחנו לא רוצים את זה, ושאים ניתן לטבע לעשות את שלו, זה מה שנקבל. אז לא יהיו צבאים ולא יהיו דורסים, ואנשים פחות ייהנו לטייל – הם ילכו בין "חומות" של חורש בינוני... במילים אחרות, החלטנו שהמגוון הנזכר הוא הדגל שלאורו צריך לנהל את הפארק, וגיבשנו תוכנית פעולה בהתאם.

אבל המטרות שאתה מציין פה הן ביטויים מסוימים של מגוון, ואכן ציננת צבאים ופרחים.

כשהסברתי לך את מדיניות ניהול פארק טבע רמת הנדיב, לא ציננתי את המגוון הביולוגי ולא השתמשתי במונח. זאת ועוד, כשעבדנו על תוכניות ממשק לשמורות טבע, כאשר הייתי המדען הראשי ברשות הטבע והגנים, בשום שמורת

לאומיים, אם לא פיתחו עד היום, יפתחו מחר. פה אתה לא ממציא צורך, אתה מכוון לצורך שהתפתח.

זה מעורר אצלי נקודה נוספת. האדם מבין שיש בטבע ערך בלי שהוא יודע למדוד אותו, הערך הזה מקבל ביטויים שונים, ובראשם המגוון.

זה לא שאני לא מאמין שלטבע יש ערך, אני רק לא מאמין במונח 'המגוון הביולוגי' כמו שמתמשים בו כיום. אני מקבל אותו כרגע ככלי מדעי מוסכם ושימושי. אני מאמין בו ככלי חינוכי, יוצר מודעות, וככלי אידאולוגי-פוליטי.

הצורך להכיר את המגוון הביולוגי ולשמור עליו הוליד מערכת של סקרים אקולוגיים שעורכים כיום לפני פיתוח וגם ממשק יעירני, מה התרומה שלהם בעיניך?

השאלה היא מה אתה עושה עם התוצאות האלה. בחלק מהן אתה משתמש פוליטית בתהליך התכנוני וגם בתהליך מול גופים אחרים, ובחלק אתה משפר את העבודה שלך. למשל, העובדה היא שעשיתם סקר של מינים נדירים ביערות בעקבות לחץ של רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע. זו המחויבות שלכם, שהתפתחה בעקבות השימוש במונח המגוון הביולוגי, וגרמה לכם להפנים וליישם. אתה מנהל יער, ליער יש עוד ערכים מלבד העצים שאולי לא היית מודע אליהם, והסקר מעלה למודעות את העובדה שהם שם, הם חלק מהנכס שאתה מנהל. אני לא מוכרח את המגוון הביולוגי כחלק מהתשובה, אבל יכול להיות שבלי השימוש במושג זה המודעות של הציבור ושלכם כמנהלי שטח לא הייתה משתנה. יש חלמוניות ביער, אז חובת היערן לשמור עליהן. אתה מנהל את היער, והמחויבות היא לא רק לאיקליפטוסים שמישהו נטע פעם, אלא גם למה שגדל בצל האיקליפטוסים, אתה אחראי לזה. אתה עושה את זה היום כי אתה מאמין שזו חובתך. היער הוא בית גידול בהתפתחות (בדומה לשיקום אקולוגי), ואתה צריך לדעת מה קורה כשהוא מתפתח, כי אתה רוצה לשמור על המערכת האקולוגית או לשפר אותה. ואם יש קן של דורס, שמתמעט בארץ, אתה רוצה לשמור עליו ולא לפגוע בו.

איך אתה רואה את הסוגיה של המינים הפולשים?

נתחיל עם המדע נטו. מין פולש הוא מין זר לעולם הצומח או החי של המקום, זו העובדה היחידה שאין עליה ויכוח, מכאן הכול פתוח לדיון... ברוב המקרים לא ניתן לזהות את מועד כניסתו למערכת המקומית. ניתן לזהות אותו רק מאוחר יותר, כשהוא נעשה בולט יותר או אפילו מפריע, ואז בשביל להוציא אותו צריך הרבה מאוד משאבים. אני רואה את מה שעושים בנחל ציפורי עם הקיקיון. הקיקיון הוא מין זר, פולש, שמורחק באופן פיזי, כיוון שלא ניתן להשתמש בכימיקלים כדי להדביר אותו בגדות נחלים (ואפשר לומר דברים דומים על השיטה הכחלחלה). אני חושש שזה חסר

בשביל זה, אני רוצה להבין את הנושא עצמו כדי לשמר את האירוס בגלבו. "משהו" משפיע עליו. משהו שאני לא יודע להגדיר אותו, ולכן אני לא יודע איך להתערב – אני צריך ללמוד לחיות איתו. ואגב, השמורה, לפחות כשהייתי בה באביב האחרון, פורחת. מלאה מיני צמחים, מגוון המינים גדול ויפה, ואין התדרדרות סביבתית, אבל יש פחות אירוסים. אולי המגוון שהתפתח באופן טבעי פוגע באחד המינים, באירוס? מה נעשה אז?

אתה מדגיש שזהו מושג רחב ולא מוגדר. אבל עדיין הוא נותן לנו כיוון וקנה מידה, גם ללא ידיעה מלאה. לראיה, יש הבדל במגוון הביולוגי בין שטח פגוע ומופר ובין שטח טבעי ולא פגוע.

אני מסכים. אין ספק שיש במושג היגיון מקצועי בבסיסו, והוא נותן כיוון מדעי – לשיפור ההגדרה, לפיתוח אמצעי המדידה, לשימוש בממצאי המחקרים ולשדרוג תובנות אקולוגיות. הוא נותן גם כלי לקידום שמירת הטבע, אבל רצוי שזה ייעשה במקצועיות ולא בשרלטנות.

כלי ברמה מרחבית גבוהה הוא יחידות אקולוגיות, שחלק מהן מצויות בתת-ייצוג בישראל.

נכון, אחת מהמערכות האקולוגיות האלה היא בית גידול של סלעי כורכר. זה בית גידול מוגדר בעל מאפיינים ברורים. אני רוצה שהוא ישרוד, ושהייצוג הטבעי שלו יתקיים ככל הניתן בישראל, אחרי שרוב בית הגידול הזה הוקצה לטובת פיתוח עירוני. שטחים של סלעי כורכר מוגבלים בגודלם, וגרוע מכך, הם מצויים במקומות המבוקשים ביותר על ידי האדם לפיתוח תשתיות ולבנייה. אז זה מאבק פוליטי נטו, שבמרכזו השאלה: איך לחלק את המרחב. אם המתכנן היה עובד במנותק מהסביבה, אז הוא היה מתכנן את כל אזור הכורכר למטרות אנושיות כמו בנייה, כי זה טוב ונוח. צריך לשכנע את המתכננים שיש ליחידות האקולוגיות השונות חשיבות.

העובדה שחיפשו טיעונים כדי להשיג את המטרה אף על פי שהם אינם מוכחים חד-משמעית, לא אומרת שהשימוש במושג המגוון הביולוגי ובכלים שלו אינו במקום.

נכון מאוד, חיפשו ומחפשים ביתר שאת. אבל עם הזמן נוצרים כלים נוספים. למשל, הקורונה וגם המלחמה העצימו את ההבנה שהטבע הוא כלי חשוב לאדם. לא בפני עצמו, לא למינים השונים, אלא מבחינת מה שהשהות בו עושה לנפש האדם. לדוגמה, גם בפארק רמת הנדיב מחפשים כלים או צורות להנגיש את ה"נכס" (שטח פתוח שמור) לאדם, לטובת השימושים האלה – יער מרפא או פינת מרגוע שניתן לכוון אליה את מי שרוצה להתבודד או להיות בקבוצה בשקט. התחום הזה התפתח רק בשנים האחרונות. ברמת הנדיב מפתחים תוכניות לתת לזה מענה, ולדעתי, בקק"ל ובגנים

ישנו מונח נוסף – מין מתפרץ – שהוא מושג חדש באקולוגיה, והיה לי הכבוד והעונג לטבוע אותו בזמן העבודה ברשות. אפשר לראות מה קורה בגדות נחלים, שם ההתמודדות מורכבת יותר, כי רוב המינים שאתה נלחם בהם הם מקומיים: פטל וקנה, שהם דומיננטיים מאוד, הם בחזקת מינים מקומיים מתפרצים ולא פולשים. אתה נתן לצמחים האלה לגדול עד גבול מסוים, כיוון שהם חלק מבית הגידול, ואתה צריך להחליט עד איזה גבול. ואחר כך אתה צריך להחליט איך לטפל בהם בלי לפגוע בנחל. הם מחזקים ומייצבים את הגדות, הם מהווים חלק טבעי של בית הגידול. הדיון הזה מורכב, ושוב – אני לא נדרש למגוון הביולוגי. בדיון הזה קיימות שאלות מעשיות שאני צריך להתמודד איתן. אז נכון, קיקיון הוא מין זר, אבל אם נחשוב על כך לעומק, נבין שחלק גדול מההתנהלות מהול באידאולוגיה – לאומנות בוטנית אידאולוגית. מין זר הוא בל יעבור, אולם כשמדובר במין מתפרץ, כמו פטל וקנה, המונח הזה פחות שלילי כיוון שזהו מין מקומי. אין חשיבות לכך שאולי הוא גרוע יותר ממין פולש, כיוון שהוא אגרסיבי מאוד. כדי לא לסבך את העניין לא אזכיר את עצי האימפלטוס שהם מוקד לדיון דומה. לסיכום, אתה צריך כלי להחליט מה רוצים וכמה. אתה צריך לנהל את הטבע, ואתה לא נדרש לעניין המגוון בכלל בדיון הזה.

אני חושב שהסנטימנט של הדאגה לטבע ששינו באים ממנו, גבר כתגובה לפיתוח המואץ ולאובדן שטחים פתוחים. ברור שהציידיים-לקטים לא חשבו במושגים האלה, זוהי ריאקציה לפיתוח.

זו גם ריאקציה לפיתוח אבל לדעתי, לא פחות מזה, זוהי גם ריאקציה לחוסר-ההבנה שלנו. המקבילה שלו היא התפיסה הגורסת שאם אני לא יודע מספיק, עדיף לא לעשות כלום כי אולי נגדיל את הנזק. בעיני זו גישה של בריחה מאחריות. הגישה הנכונה בעיני היא של הממשק האדפטיבי. אני מגדיר מה שאני רוצה על בסיס מקצועי חזק ככל הניתן, ואז מחליט על דרכי פעולה. אני מלווה את הפעולה בניטור, שמראה אם התקרבותי למטרה או התרחקותי ממנה. בהתאם לתוצאות אני מתקן את פעולות הממשק. גם במקרה הזה אין למגוון הביולוגי כקו מנחה מכליל מקום בדיון הזה. הוא רק יכול להפריע.

האם יש מערכות אקולוגיות שקורסות? מה זה אומר מערכת אקולוגית קורסת?

הביטוי המתאים הוא מערכות אקולוגיות משתנות. היערות מול הבית שלי נשרפו לפני שנתיים וחצי, ומבחינת היער הנטוע המערכות האקולוגיות אכן "קרוסו", אבל מול עינינו הן מתחדשות. בחורף העוקב המדרונות שפעו פרחים, והצבאים חגגו על המרעה הירוק. זהו שינוי דרסטי שעובר על המערכת האקולוגית. עד סוף המאה שעברה לערך, המונחים המקובלים באקולוגיה היו השתנות מובנית

תוחלת. אין לך כלים טובים להתמודד עם המינים פולשים. כשיש הרבה כסף והפריקט קצר מועד, ניתן להסיר אותו באינטנסיביות, אבל אחרי שהפריקט נגמר, ונגמר הכסף, המין הפולש מופיע שוב. בשביל לטפל בו צריך הרבה משאבים לאורך זמן.

ואז אתה שואל את עצמך, במי אני אטפל? אני לא יכול לטפל בכל המינים הפולשים. אז אומרים, נטפל בזה שמפריע הכי הרבה. אבל איך אני יודע מה הוא עושה? בתוך העולם המורכב של האקולוגיה קשה לי מאוד להגיד כמה הוא מפריע, כי אתה צריך למדוד יחסים אקולוגיים שקשה מאוד למדוד.

בניטור ארוך טווח של 20-30 שנה אני רואה בחלק הנחל שהוסר בו הקיקיון כיצד השתנתה האוכלוסייה.

אתן לך דוגמה הפוכה. טיונית החולות הייתה אחד המינים הפולשים הראשונים. זהו צמח ממשפחת המורכבים שהגיע ממקסיקו ופורח בצהוב. פתאום החולות צבועים בצבעים, וזה יפה מאוד. הטיונית נעשתה נפוצה מאוד בחולות, ובעיקר כשהיא פורחת ניתן לראות אותה. אבל היא נכנסה לנישה יחסית ריקה מבחינה אקולוגית. האם היא גורמת לנזק אדיר למערכת האקולוגית של החולות? לדעתי, אף אחד לא הראה זאת. מבחינה אידאולוגית "פלישה" זה מונח שלא בא לנו טוב בעיניים. אולם כיום צריך להשקיע אנרגיות אדירות כדי להיפטר ממנה, ולא בטוח שזה אפשרי או כדאי.



התפשטות טיונית החולות, חולות יבנה מזרחית לכביש 4 צילום: עודד כהן

לחזות בכזה, בטלוויזיה. ראיתי את התפרצות הר סנט הלנס במדינת וושינגטון. מול העיניים הר געש מתפרץ, ומצלמים את זה מהליקופטרים. אתה רואה את היער הטבעי בצפון וושינגטון – יער אטלנטי, יפה, ובקווי גובה גבוהים יותר אתה רואה יער מחטני. בשניות הכול הופך לגעים שחורים, חלקם שוכבים וחלקם עומדים ערומים ושרופים – כמו קורות. זה לא האדם, זה הטבע במלוא עוצמתו. וההכחדות הקשות של בעלי חיים בטבע הן פרי הטבע (מטאוריטים, תקופות קרח) ולא מעשה ידי האדם. לא שהאדם לא תרם את שלו...

תרצה לומר כמה מילים לסיכום?

עלינו להשלים עם כך שהאקולוגיה מעצם טבעה היא תחום דעת צעיר, שעוסק במערכות מורכבות מאוד (כאוס באקולוגיה זה מצב קיים, מוגדר ומדיד, ויש מצבים מסובכים בהרבה), שקשה ללמוד אותן ולהבין את החוקיות שמאחוריהן. מצד שני, אסור לנו לבטל את תרומתו של מדע האקולוגיה – הסתכלות מערכתית על הטבע. אני מקביל את המצב לפסיכולוגיה. הבנתנו את מוח האדם (שלא לומר נפשו) מוגבלת, וקשה לנו לחקור אותה. ולמרות זאת, המקצוע חשוב ביותר לאדם בהתמודדות עם קשיים ובעיות. כך גם האקולוגיה. בלעדיה שמירת טבע ושיקום, כמו גם ייעור, גידול בעלי חיים במרעה או דיג, ינוהלו בצורה גרועה יותר. הדיון במגוון הביולוגי רק מבטא שלבים בהתפתחות הרעיונית הזו.

דטרמיניסטית (כמו סוקצסיה), מערכות הומוגניות ושיווי משקל ויציבות. אלה היו העוגנים ה"קדושים" של התאוריה. שיווי משקל ויציבות בטבע היו הבסיס הרעיוני. היה ברור שאם האדם לא יתערב בטבע, תשרור בו "הרמוניה מופלאה". אבל הטבע אינו יציב, ועל איזה שיווי משקל מדובר? מעניין לחזור לכתבי אלכסנדר פון הומבולט, שאפשר להגדירו כאבי האקולוגיה, שתיאר בסוף המאה ה-18 את מסעו בג'ונגל המצוי כיום במדינת קולומביה. הוא לא מצא "הרמוניה" בטבע הלא מופר הזה. אנחנו מטעים את עצמנו, אין יציבות, ואין שיווי משקל. השינוי הוא הכלל. בשנת 1985 כתבו שני אקולוגים אמריקאים (פיקט ווייט) ספר על הפרעה בטבע. הם שמו מול העיניים את העובדה שהטבע משתנה, ואי אפשר לחפש, כמו ששחק ואני חיפשנו בסיני, את המקום הלא מופר, כי הכול, כמעט בכל מקום בתבל, מופר בצורה זו אחרת, מסיבות טבעיות או אנושיות או שתיהן. ואנחנו צריכים לעסוק בדינמיקה הזאת, כי היא הכלל. לכן אין מערכות קורסות, יש מערכות משתנות, והטבע "יסתדר", ברוב המקרים, עם האירועים הללו.

אני חושב שזה נוגע להשפעת האדם. כל התהליכים שתיארת הן הפרעות שהאדם יוצר – שינוי מסדר גודל אחר שמעולם לא היה כמותו.

נכון. אבל ההפרעות יכולות להיות גם טבעיות, למשל – הר געש שמתפרץ. כשהייתי בארה"ב, הייתה לי הזדמנות



התפרצות הר הגעש סנט הלנס במדינת וושינגטון שבארה"ב, 1980 מתוך: ויקיפדיה

■ **Protecting protected natural assets while managing forests – from vision to routine at the KKL-JNF**

Yahel Porat¹, Omri Shalev¹, Dvora Low Ramati², Shani Gleitman¹,
Dar Ben Natan², Amir Perelberg², Dotan Rotem³

In 2018 KKL-JNF and the INPA formulated a memorandum of understanding and expert definitions to minimize the damage to natural assets protected by law during forest management activities, by means of a reducing the use of permits for damaging protected natural assets. As part of the implementation of the memorandum, KKL-JNF and OLI developed survey and mapping methods of protected natural assets in forests, on which a GIS database was based. From 2019 surveys of natural assets are conducted regularly as part of the annual KKL-JNF forestry work plan. KKL-JNF ecologists supervise and monitor the management activity in forests to minimize damage to natural assets. Six years after the start of the implementation of the memorandum, it

is apparent that these actions contribute to the protection of natural assets in the forests and do not interfere with essential forest thinning and renewal activity. Moreover, the surveys of natural assets in the forests have an important function in broadening the scientific knowledge regarding Israel's biodiversity, as they allow discovery of new species in Israel and a broader understanding regarding the distribution of other species, among other things. Along with the implementation of the memorandum an ecology section was established in the KKL-JNF Forestry Department, and its staff instructs and supervises workers in the field on all topics related to protecting natural assets and the characteristic forest biodiversity.

1 Forestry Department, KKL-JNF

2 Survey Division, Open Landscape Institute (OLI)

3 Scientific Division, Israel Nature and Parks Authority (INPA)

* yahelporat75@gmail.com

English Abstracts

■ Summary of the first decade of biodiversity monitoring in Israel: Current status and major threats

Ittai Renan*, Noam Ben-Moshe, Talia Gabay, Shira Grossbard, Ron Chen, Iris Yerushalmi,
Ido Livne, Ella Pasternak, Orr Comay, Michal Koren, Tomer Karni

Biodiversity, which includes all living organisms and their interactions, is the foundation for strong and stable ecosystems. Global threats and the combination of characteristics unique to the country create significant challenges for protecting Israel's biodiversity. The major threats to Israel's biodiversity include habitat loss, which directly and indirectly affects biodiversity; natural habitat fragmentation resulting from infrastructure development and agriculture, which mainly affects connectivity between populations; invasive species that harm native species; light pollution that interferes with physiological and behavioral characteristics in plants and animals; climate change that modifies seasonal activity patterns and dispersal, and proliferation of extreme events, including fires. This paper presents an updated picture of the major threats to biodiversity in Israel and to representative species groups. Most of the data come from the last two State of Nature Reports compiled by the Maarag – Israel's National Ecosystem Assessment Program. The findings of the National Terrestrial Biodiversity Monitoring Program summing up a decade, show an increasing trend in the threat factors and a

decline in biodiversity. The global biodiversity crisis occurs in Israel as well, and probably at a much higher rate than in Europe. Over 13 years there has been a 34% decrease in the number of butterflies and a shift in their peak activity period. The number of breeding birds decreased by 17.2% in nine years, together with an extreme increase in invasive mynahs as well as a decrease in the number of birds associated with humans and the number of shrubland birds. There have also been several achievements in nature conservation in Israel, as can be seen in the Biodiversity Volume in the State of Nature Report 2023. These include the increase in the number of ungulates and a decrease in the presence of jackals in the Carmel as a result of management, improved biodiversity indexes in some of the coastal streams and increased nesting in two sea turtle species. These accomplishments emphasize that informed planning and resource allocation for specific nature conservation objectives can produce significant results. The major threats are mostly policy-dependent and can be reduced to enable ecosystems and biodiversity in Israel to thrive.

Hamaarag, Israel National Ecosystem Assessment Program, the Steinhardt Museum of Nature
History, Tel Aviv University

* ittai.renan@hamaarag.org.il



FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No. 27 | December 2024

Editor:

Dr. Anat Madmony

Editorial Council:

Dr. Anat Madmony

Dr. Gilad Ostrovsky

Dr. Shani Rohatyn-Blitz

Editorial Board:

Dr. Oded Cohen

Dr. Rakefet David-Schwartz

Dr. Niv De-Malach

Aviv Eisenband

Avigail Heller

Asaf Karavani

Dr. Tamir Klein

Dr. Idan Kopler

Dr. Doron Markel

Prof. Zvi Mendel

Adi Noy Ivanir

Dr. Daniel E. Orenstein

Dr. Yagil Osem

Dr. Gilad Ostrovsky

Yahel Porat

Dr. Yakir Preisler

Uri Ramon

Dr. Shani Rohatyn-Blitz

Dr. Hila Segre

Prof. Efrat Sheffer

Dr. Orit Skutelsky

Dr. Michael Sprintsin

Prof. Dan Yakir

Copy and Substantive Editing:

Inbar Kimchi-Angert

English Text Editing:

Dr. Esther Lachman

Design and Graphics:

Orit Yeshayahu

Address:

"Yaar" Magazine

KKL-JNF

yaar.magazine@kkl.org.il

Publisher

Keren Kayemeth LeIsrael

Jewish National Fund

Land Development Authority

Chief Scientist

Publication Unit, Public Affairs

© Copyright

ISSN

2957-7403 (print)

2957-739X (internet)

Forest Journal Online access:

www.kkl.org.il/forest-online-journal

KKL-JNF

www.kkl.org.il

For more information

1-800-350-550

Front cover:

Slime molds (Mycetozoa) are microscopic organisms that occasionally resemble fungi during their development but are closer to amoebas.

Some stages in their life cycle are mobile. The photo shows a slime mold, *Didymium*, about 2 mm in diameter, in the Ilanot Forest in Sharon.

Photo: Omer Meshulam



TABLE OF CONTENTS

On the Opening Page

Ifat Ovadia-Luski

3

Editorial

Gilad Ostrovsky

4

■ Reviews

Summary of the first decade of biodiversity monitoring in Israel: Current status and major threats

7

Ittai Renan, Noam Ben Moshe, Talia Gabay, Shira Grossbard, Ron Chen, Iris Yerushalmi, Ido Livne, Ella Pasternak, Orr Comay, Michal Koren, Tomer Karni

Protecting protected natural assets while managing forests – from vision to routine at the KKL-JNF

19

Yahel Porat, Omri Shalev, Dvora Low Ramati, Shani Gleitman, Dar Ben Natan, Amir Perelberg, Dotan Rotem

■ Original Articles

The effect of thinning treatments in pine forest plots on the activity level of the mountain gazelle *Gazella gazella* and the degree of territorial markings

27

Oved Gur, Yagil Osem, Rachel Ben-Shlomo, Uri Shanas

The effect of thinning *Pinus halepensis* trees of in Martyrs Forest on the soil mycobiome: Changes in taxonomic and functional biodiversity

35

Segula Masaphy, Noam Levi, Limor Zabari, Ezra Orlofsky

Bee communities and pollination networks in planted pine forests compared to adjacent shrublands

43

Tamar Shalom, Yael Mandelik

■ From the Field

Conservation of rare plant populations in heavy and sandy soils in KKL-JNF forests: From survey to management plans

51

Shani Gleitman, Yahel Porat

Eco-hydrological rehabilitation of small freshwater springs in KKL-JNF forests – and its importance in an era of global changes

55

Orit Skutelsky, Eldad Elron

Diurnal raptors nesting in KKL's planted coniferous forests: Insights from the first round of monitoring: 2015–2017

61

Yahel Porat, Shani Gleitman, Dotan Rotem, Yaron Charka, Guilad Friedemann

■ In Short

What do seasonal ponds, woodland trees and nocturnal animals have in common?

67

The Pedagogical Department staff

■ A Forest of Books

A Critique of Silviculture

71

Gilad Ostrovsky

■ Then and Now

Wadi En Kerem in the Jerusalem Forest: A decade of landscape design and change

74

Bella Nudelman

■ Know Your Trees

Balanites aegyptiaca on Tom and Tomer Hill

78

Hagay Yavlovich

■ Talking with...

Biodiversity – between science and politics: Talking with Avi Perevolotsky

81

Gilad Ostrovsky

■ English Abstracts

III

FOREST

Journal of Forests
and Open Lands
Management

Issue No. 27 | December 2024



Special issue on
biodiversity

