



מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולממשק חקלאי

כתבה: אורית סקוטלסקי, אוניברסיטת תל אביב
עיבוד ועריכה מדעית: ד"ר יעל גבריאלי, קמפוס טבע, אוניברסיטת תל אביב
עריכה לשונית: אייל טלמון

נקודת ח"ן
ספטמבר 2010

תוכן העניינים

הקדמה

מבוא

3
5
7
8
8
9
10
10
11
12
12
13
14
15
16
17
18
18
20
20
21
21
22
23
23
24
24
25
26
28
28
29
29
30
33
34
34
35
35

האתגר - שילוב חקלאות ושמירת הטבע
שירותי המערכת האקולוגית בשטחי חקלאות
הצצה למדע: חשיבות המגוון הביולוגי לקיום שירותי המערכת האקולוגית
יחסי גומלין בין מערכות אקולוגיות טבעיות וחקלאיות
השפעת אופי בתי הגידול הטבעיים ששרדו בין שטחי החקלאות על שימור המגוון הביולוגי בהם
השפעת שטחי החקלאות על בתי הגידול הטבעיים בסביבתם
מקרה בוחן: תכניות לעידוד חקלאות סביבתית באיחוד האירופי
השפעת החקלאות על אגני היקוות, על בתי גידול לחים ועל גופי מים יבשתיים
מקרה בוחן: מקווי מים זמניים בחקלאות בתור בתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל
מקרה בוחן: מקווי מים ונחלים בישראל
מקרה בוחן: פרדסים כמסדרונות אקולוגיים לקרפדות
מקרה בוחן - ממשק אגרו-אקולוגי של תעלות הניקוז בעמק החולה
עימותים וניגודי עניינים בין החקלאות לשמירת הטבע בישראל
מקרה בוחן: העימות בין בוקרים לזאבים ודילמת חלוקת המיגון
הנף החקלאי כמסדרון אקולוגי
מסדרונות אקולוגיים
מידע: מסדרונות אקולוגיים ושדרות ירוקות 18
תפקידי המסדרונות האקולוגיים
הצצה למדע: התפתחות הבסיס המדעי למסדרונות אקולוגיים
גדרות, טרסות, ערוצי נחלים ותעלות ניקוז בתור מסדרונות אקולוגיים בנופי חקלאות מסורתיים
שולי שדות
מידע - צמחי מעזבות וצמחי שדות/באשה המלווים את בתי הגידול החקלאיים
מידע - "בנק חיפושיות"
ממשק של שולי שדות
מקרה בוחן: ממשק שולי שדה באנגליה
שדות חקלאיים - מסדרון, מחסום, או מלכודת אקולוגית?
הצצה למדע - השפעת הממשק החקלאי על חברת חיפושיות הקרקע בכרמים ובשדות הפלחה באזור שפלת יהודה
הצצה למחקר: מטעי זיתים כמסדרונות מעבר ליונקים גדולים
מגוון ביולוגי בממשק חקלאי משמר
מגוון ביולוגי בשטחי חקלאות אורגנית
עיבוד משמר של קרקע חקלאית (אי-פליחה, חקלאות ללא חריש)
מקרה בוחן - עיבוד משמר של קרקע חקלאית בישראל
שירותי המערכת האקולוגית להדברה ביולוגית
הצצה למדע: המחקר על שירותי המערכת האקולוגית להדברה ביולוגית בישראל
מקרה בוחן: תנשמות ומכרסמים בשדות חקלאיים בישראל
שילוב אסטרטגיות - גישת החווה השלמה

3	עקרונות לקיום מסדרונות אקולוגיים בנופים חקלאיים
5	תכנון וממשק של מסדרונות אקולוגיים בין שטחי חקלאות
7	תכנון וממשק של אגני היקוות, בתי גידול לחים וגופי מים יבשתיים
8	ארגון החיץ המשמר במרחב
8	קביעת סדר הקדימויות בבחירת אזורים לתכנון חיץ משמר
9	תכנון וממשק של חברת הצומח באזור החיץ המשמר
10	ממשק משמר של תעלות ניקוז חקלאיות
10	ממשק רעייה סביב ערוצים ובתי גידול לחים
11	אסטרטגיות משולבות לשמירה על מים, על הקרקע ועל המגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים
12	ניהול שטחי חקלאות בתור מסדרונות אקולוגיים
12	מקרה בוחן: אקופרש טבע - תכנית ממשק לעידוד ערכי טבע ונוף בשטחים חקלאיים
13	סיכום: כמה מילים על מחקר ומדיניות
14	מקורות

הקדמה

השלכות הקיטוע של מערכות אקולוגיות על שימור המגוון הביולוגי, חשיבות השמירה על קישוריות בין אזורים מוגנים, והעקרונות ליצירת רשתות של שמורות טבע בעזרת מסדרונות לחיות בר בנופים מבותרים הם נושאים הנחקרים בעולם כעשרים שנה. לעומת זאת, נושא שימור המגוון הביולוגי בשטחים חקלאיים נמצא עדיין בחיתוליו, ומרבית המאמרים שעליהם מתבססת סקירה זו נכתבו אחרי שנת 2000.

בישראל, מאמרם של שקדי ושות', שהתפרסם בשנת 2000, הראה את החשיבות של שמירה על רצף השטחים הפתוחים בין שמורות הטבע, כמסדרונות אקולוגיים פתוחים לאורכה ולרוחבה של הארץ. אולם, בשנים שעברו מאז התפרסם המאמר נצבר מעט מאוד ידע מקומי על העקרונות האקולוגיים לשימור המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים הנמצאים מחוץ לשמורות הטבע.

מרבית השטחים הפתוחים שאינם מנוהלים כשמורות טבע או כיערות בישראל הם שטחים חקלאיים מעובדים. שקדי ושות' המייחסו בעבודתם^[1] לסוגיית החקלאות כמסדרונות אקולוגיים, וכתבו:

"לא ברור עד כמה חשובים השטחים שאינם 'טבעיים' לשמירת הטבע בארץ, וגם לא ברור מהי יעילותם כמסדרונות אקולוגיים. הבנת יחסי הגומלין שבין שמורות הטבע לשטחים שאינם 'טבעיים' חיונית, לדעתנו, להבנת המערכות הטבעיות בישראל".

בשנים האחרונות נצבר בעולם ידע אמפירי רב על יחסי הגומלין בין שטחים חקלאיים לשטחים טבעיים, הן כמסדרונות אקולוגיים המקשרים בין שמורות טבע, והן בנופים כפריים המנוהלים כחקלאות ידידותית לסביבה. פרסום זה נועד להביא לידיעת מתכננים, מבצעים וקובעי מדיניות בגופים הממשלתיים, בשלטון המקומי ובגופים ציבוריים שונים את התובנות העולות מהמחקר המדעי בנוגע לקווים המנחים לתכנון מרחבי ולממשק חקלאי של מסדרונות אקולוגיים בשטחים חקלאיים.

לעבודה הזו שלש מטרות מרכזיות:

- לסכם חלק מהמידע הקיים כיום על יחסי הגומלין בין חקלאות לשימור המגוון הביולוגי, ולהאיר את הפוטנציאל לקידום חקלאות התומכת בשימור המגוון הביולוגי

- לסקור את התובנות האקולוגיות הקיימות בנוגע לתהליכים ולתופעות בנופים חקלאיים, ובמיוחד בנוגע למסדרונות אקולוגיים המשפיעים על שימור המגוון הביולוגי

- לגבש מתוך העקרונות סדרת הנחיות יישומיות לתכנון ולממשק של מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים בישראל.

סקירת הספרות בוחנת שתי סוגיות מרכזיות: האחת, כיצד יש לקיים מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים? השנייה, האם וכיצד יכולים שטחים חקלאיים לשמש כמסדרונות אקולוגיים?

עבודה זו היא המשך מתבקש לכמה עבודות שנעשו לאחרונה ואשר נתמכו על-ידי נקודת ח"ן. עבודות אלה מאירות את הפן האקולוגי של חקלאות רב-תפקידית ואת חשיבותה לשימור המגוון הביולוגי. כך למשל, סקירת הספרות של אורית סקוטלסקי על תמריצים לעידוד חקלאות סביבתית באירופה התמקדה בתמריצים לשימור המגוון הביולוגי באזורים עריכיים לשמירת טבע^[2]. באופן דומה, עבודתו של מוטי קפלן ויעל חסין^[3] עוסקת בשטחי חקלאות כאזורי חיץ בשמורות ביוספריות. בהמשך ישיר לעבודות האלה, עבודה זו מתמקדת בהבנת הפן האקולוגי של חקלאות רב-תפקידית, ובשילוב של עקרונות אקולוגיים במדיניות לקידום ממשק חקלאי התומך בשימור המגוון הביולוגי באזורים עריכיים לשמירת הטבע בישראל.

כיום, מרבית התכניות לשימור השטחים הפתוחים באזורים חקלאיים מסתמכות על עקרונות לשימור של חקלאות נופית. המידע בעבודה זו מהווה בסיס לתכנון מסדרונות אקולוגיים ולממשק של אזורי חיץ חקלאיים סביב שמורות טבע ובין כתמים שמורים במרחבים ביוספריים. כמו כן, המידע יכול להיות בסיס לתכנון מדיניות לתמרוץ חקלאות בת-קיימא באזורים עריכיים לשמירת הטבע. אני מקווה שמידע זה יתרום למושג המתהווה של 'חקלאות רב-תפקידית' את העקרונות האקולוגיים ויהווה נדבך מרכזי בתכנון חקלאות בת-קיימא באזורים עריכיים לשמירת הטבע.

אורית סקוטלסקי

[3] קפלן, מ. וחסין, י. (2009). שילוב שטחים חקלאיים בשמורות ביוספריות. נקודת ח"ן www.nekudat-hen.org.il

[2] סקוטלסקי, א. (2006). רפורמות במדיניות הסבסוד החקלאי באירופה: תכניות לעידוד חקלאות משמרת סביבה. סקירת ספרות. אתר נקודת ח"ן www.nekudat-hen.org.il

[1] שקדי, י. ו.א. שדות (2000). מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים כלי לשמירת טבע. פרסומי חטיבת המדע 01/2000 רשות הטבע והגנים. עמודים 21-22

ארבעה. במקביל צומצמו ב- 65% מספר החוות החקלאיות, ואלו שנתרו גדלו מאוד בשטחן. הגדלת שטח השדות החקלאיים הביאה לידי הסרה של הגדרות החיות, להיעלמות הכתמים של שטחי יער במרחב החקלאי, ולהרחבת השדות על חשבון אזורים של אחר עשבוני טבעי. בגלל התפתחות זו חלה ירידה משמעותית במורכבות ובמגוון של בתי הגידול בנופים הכפריים, והמגוון הביולוגי הצטמצם. מאוד^[6].

גדולים בהרבה בהשוואה ליבולי החקלאות המסורתית. כ-80% מהגידול ביבול החקלאי בארבעים השנים האחרונות מקורו ביעול ובתיעוש החקלאות, ולא בגידול בשטח המעובד^[5]. האינטנסיביות של הממשק החקלאי במחצית השנייה של המאה ה-20 הביאה לידי שינויים נרחבים בנוף החקלאי. באנגליה, לדוגמה, גדלה כמות התוצרת החקלאית השנתית פי

אחת השאלות החשובות ביותר לעתיד המגוון הביולוגי בעולם כיום היא כיצד אפשר לאזן בין הדרישות הגדלות והולכות לתוצרת חקלאית, ובין הצורך לשמור על בתי הגידול הטבעיים ועל החיוניות של המערכות האקולוגיות^[4]. המהפכה הירוקה כללה שימוש בזנים חקלאיים מניבים במיוחד, בחומרי דשן ובחומרי הדברה, במיכון ובשיטות אגרסיביות לעיבוד הקרקע. כל אלו ייעלו ותיעשו את החקלאות, והיבולים

האתגר - שילוב חקלאות ושמירת הטבע

אינטנסיביות^[10]. אין ספק ששיפור היכולת של המערכת האקולוגית החקלאית לספק מזון, עץ וסיבים באמצעים רבים על חשבון היכולת של המערכות האקולוגיות הטבעיות לספק את שאר השירותים, כמו למשל טיהור מים, בקרת שיטפונות ומיתון סערות, פוריות קרקע והדברה טבעית של מזיקים^[11].

אספקת כמות גדולה והולכות של מזון הדרוש לאוכלוסיית העולם הגדלה, עלולה להיות אתגר קשה מאוד בעתיד. כבר כיום אנו עדים לירידה בחיוניות ובתפקוד של המערכות האקולוגיות התומכות בייצור החקלאי. אובדן של מגוון ביולוגי, כריתת-יתר של יערות, שינויי

זה כל הסיפור הסביבתי - לא רק השטח המעובד גדל, אלא גם העיבוד עצמו נהיה אינטנסיבי יותר, וההשפעה על הנוף ולעתים גם על בתי גידול מרוחקים גדלה מאוד. אמנם בארבעים השנים האחרונות גדל השטח החקלאי רק ב-12%, אך בעשורים אלו נרשמה עלייה של כ-700% בשימוש בדשנים סינתטיים, עלייה של כ-70% בשטחים המושקים, ועלייה דרמטית נוספת במיכון^[8]. כל אלו הניבו גידול בתוצרת החקלאית של פי שניים ויותר, אבל המחיר הסביבתי גבוה. ההערכה היא שכרבע מיכולת הייצור הביולוגית מוקצית לשימוש האדם^[9]. במקביל נרשמו ירידות משמעותיות במגוון המינים באזורים של חקלאות

הסבת שטחים טבעיים לשטחי חקלאות וניהולם בממשק אינטנסיבי יותר הביאו לידי שימוש גובר והולך ביכולת הייצור הביולוגית של כדור הארץ ושינויים דרמטיים בנופיו. אף שהשימושים החקלאיים יכולים להיות מגוונים (שטחי מרעה, שדות פלחה, חממות פרחים, רפתות, יערות לעץ ועוד), התוצאה הסופית היא אחת: הסבת מערכות אקולוגיות טבעיות למערכות אקולוגיות חקלאיות לצורכי האדם.

שטחי החקלאות (שדות ומרעה) מכסים כיום כרבע משטח היבשה, וכשליש משטח היבשה שאינו מכוסה קרח. אם נוסיף על כך את שטחי היער המנוהלים, השטח גדול עוד יותר^[7]. אך אין

[4] Foley, J. A., R. DeFries, et al. (2005). "Global Consequences of Land Use." *Science* 309(5734): 570-574.

[5] Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group.*

[6] Robinson, R. A. and W. J. Sutherland (2002). "Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain." *Journal of Applied Ecology* 39(1): 157-176.

[7] Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group.*

Foley, J. A., C. Monfreda, et al. (2007). "Our share of the planetary pie." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(31): 12585-12586.

[8] Foley, J. A., R. DeFries, et al. (2005). "Global Consequences of Land Use." *Science* 309(5734): 570-574.

Foley, J. A., C. Monfreda, et al. (2007). "Our share of the planetary pie." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(31): 12585-12586.

[9] Haberl, H., K. H. Erb, et al. (2007). "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems."

Proceedings of the National Academy of Sciences 104(31): 12942-12947.

[10] Tscharntke, T., A. M. Klein, et al. (2005). "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." *Ecology Letters* 8(8): 857-874.

[11] Matson, P. A., W. J. Parton, et al. (1997). "Agricultural Intensification and Ecosystem Properties." *Science* 277(5325): 504-509.

אקלים, מחסור במים, סחיפה והידרדרות של קרקעות - כל אלה צפויים לפגוע ביכולתו של העולם להגדיל את ייצור המזון בעתיד^[12].

כיום ישנה הסכמה רחבה שיש להגן על המגוון הביולוגי גם מעבר לשמורות הטבע, באמצעות פיתוח מדיניות וכלים לשימור באזורים הנמצאים מחוץ לשמורות - באזורים חקלאיים ומיערים המשמשים לייצור מוצרים לשימוש האדם^[13].

שמורות טבע הן מאבני היסוד של שמירת המגוון הביולוגי. כיום כ-4% משטח כדור הארץ, או כ-12% משטח המדינות בעולם (הימי והיבשתי כאחד) מוגדרים שמורת טבע או אזור מוגן^[14]. עם זאת, גוברת ההכרה כי שמורות הטבע לבדן אינן מספיקות כדי לשמור על הטבע - הן על המגוון הביולוגי והן על שירותי המערכת האקולוגית. השמורות סובלות מהשפעות של פעילות האדם בתוכן: לחץ מבקרים, ממשק לקוי, ניצול משאבים לא חוקי, וגם פעילות האדם מחוצה להן, כמו הפחתה בזרימת המים בשמורות בגלל שאיבתם אל מחוץ לשמורות, או

זיהום שחודר לתוך השמורות מבחוץ^[15]. למרות הפעילות האנושית האינטנסיבית בשטחי החקלאות, במרבית המקרים הנפחים החקלאיים מספקים בתי גידול מתאימים למינים רבים יותר מאשר אזורים עירוניים. זאת ועוד, אזורים חקלאיים משמשים אזור חיץ בין האזורים הטבעיים לבין השטחים העירוניים, ויכולים להיות בתי גידול או נתיבי נדידה ומסדרונות קישור למינים רבים של בעלי חיים^[16].

קיימות שתי חלופות עיקריות לשמירת הטבע במקביל לפיתוח החקלאות^[17]:

• השארת מרחבים של שטחי בר - "Land Sparing" כדי ליצור הפרדה מרחבית בין שטחים חקלאיים ובין שטחים המיועדים לשמירת הטבע. גישה זו מניחה ששטחי החקלאות מנוהלים באופן אינטנסיבי ומתועש, והם בגדר סביבה עוינת למערכות האקולוגיות הטבעיות. על סמך הנחה זו יש שאיפה לצמצם עד כמה שאפשר את שטחי החקלאות על-ידי הגברת העיבוד האינטנסיבי והתיעוש, ועל-ידי

כך הגדלת התנובה ליחידת שטח. באופן זה יהיה אפשר לצמצם את הגידול בשטחי החקלאות ולשמר שטחים גדולים רבים ככל האפשר של מערכות אקולוגיות טבעיות.

• חקלאות ידידותית לטבע - "Wildlife Friendly Agriculture" היא גישה המציעה לאזן בין החקלאות ובין שמירת הטבע על-ידי פיתוח ממשק חקלאי ידידותי לטבע. גישה זו רואה בשטחים החקלאיים כתמי נוף שיכולים להשתלב בין כתמים של מערכות אקולוגיות טבעיות וליצור פסיפס של נופים מרובי-תפקודים. המגוון הביולוגי, המצוי בכל הפסיפס, חיוני לתפקוד המערכת האקולוגית, הן בבתי הגידול הטבעיים והן בבתי הגידול החקלאיים. כדי לשלב נכון בין שני סוגי המערכות האקולוגיות יש לצמצם את הפער ביניהן ולהפחית את הנזקים של העיבוד החקלאי למערכות הטבעיות. בתמורה, צפוי שהמערכות החקלאיות ייהנו משירותי המערכת האקולוגית הטבעית, כגון הדברה ביולוגית טבעית, האבקה, שיפור פוריות הקרקע ועוד^[18].

שירותי המערכת האקולוגית בשטחי חקלאות

האבקה דבורי דבש בכל העולם נמצאת בסיכון בגלל טפיל לא ידוע, מתבררת עתה החשיבות של מגוון דבורי הבר עבור החקלאות. מתברר שאזורים כפריים שבהם מתקיים מגוון של דבורי בר בכתמי צמחייה טבעיים בשולי השדות, נהנים משירותי האבקה טבעיים^[21].

המקרים, את המגוון הרחב הרבה יותר של שירותי המערכת האקולוגית הטבעית. הנה כמה דוגמאות^[20]:

1. **האבקה:** בחקלאות המודרנית דבורי הדבש הן המאביק הכמעט בלעדי של מינים שונים של עצי פרי. ואולם, מכיוון שבשנים האחרונות

המערכות האקולוגיות מספקות למערכות החקלאיות שירותים כמו קרקע פורייה, פירוק פסולת אורגנית ומחזור של חומרי הזנה, שירותי האבקה, בקרת מזיקים ועוד^[19]. עם זאת, החקלאות המודרנית מתמקדת בהגדלת שירות אחד של המערכת האקולוגית - אספקת מזון, עץ או סיבים, והיא זונחת, במרבית

[12] Tilman, D., J. Fargione, et al. (2001). "Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change." *Ibid.* 292(5515): 281-284.

[13] Daily, G. C. (2001). "Ecological forecasts." *Nature* 411(6835): 245-245.

[14] Fischer, J., B. Brosi, et al. (2008). "Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?" *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(7): 380-385.

[15] Gaston, K. J., S. F. Jackson, et al. (2008). "The Ecological Performance of Protected Areas." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39(1): 93-113.

World Database Prot. Areas (WDPA) 2006. <http://www.unep-wcmc.org/wdpa>

[15] Ibid.

World Database Prot. Areas (WDPA) 2006. <http://www.unep-wcmc.org/wdpa>

[16] McDonnell, M. J. and S. T. A. Pickett (1990). "Ecosystem Structure and Function along Urban-Rural Gradients: An Unexploited Opportunity for Ecology." *Ecology* 71(4): 1232-1237.

[17] Green, R. E., S. J. Cornell, et al. (2005). "Farming and the Fate of Wild Nature." *Science* 307(5709): 550-555.

[18] Fischer, J., B. Brosi, et al. (2008). "Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?" *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(7): 380-385.

[19] Fischer, J., D. B. Lindenmayer, et al. (2006). "Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes." *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(2): 80-86.

[20] Vandermeer, J. and I. Perfecto (2007). "The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation." *Conservation Biology* 21(1): 274-277.

[21] Fischer, J., B. Brosi, et al. (2008). "Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?" *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(7): 380-385.

[19] Daily, G. C., S. Alexander, et al. 1997. שירותי המערכת האקולוגית: סוגי תועלת המסופקים לחברות אנושיות על ידי מערכות אקולוגיות טבעיות. סוגיות באקולוגיה. החברה האקולוגית האמריקאית, קמפוס טבע אוניברסיטת תל אביב.

[20] Robertson, G. P. and S. M. Swinton (2005). "Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture." *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(1): 38-46.

[21] Kremen, C., N. M. Williams, et al. (2002). "Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(26): 16812-16816.

2. פירוק חומרים אורגניים בקרקע: רק כ-50% מהחנקן שבו משתמשים הצמחים בשדות המעובדים בממשק חקלאי אינטנסיבי מקורו בדשנים הסינטטיים שהחקלאי מוסיף. שאר החנקן מגיע מפירוק טבעי של חומרים אורגניים בקרקע. יעילות תהליכי הפירוק והמחזור של חומרים בקרקע תלויה לא רק בשלשולים, כמו שהחקלאים נוטים להניח, אלא במגוון קבוצות נוספות של יצורים מפרקים בקרקע^[22].

3. הדברה ביולוגית: מרבית המזיקים (הפוטנציאליים) במערכות חקלאיות אינם מושגמים על-ידי חומרי

הדברה אלא על-ידי מגוון של אויבים טבעיים המגיעים מחוץ למערכת החקלאית. שיטות להדברה ביולוגית המשמשות להתמודדות עם התפרצויות של מזיקים חקלאיים, מבוססות בדרך-כלל על מין אחד יעיל של טורף. במרבית המקרים, הדברה ביולוגית יעילה יותר כאשר היא מתבססת על יותר ממין אחד ומתקיים שיתוף פעולה בין מיני טורפים וטפילים שונים^[23].

ההשלכות של צמצום מגוון המינים על תפקוד המערכת האקולוגית והשירותים שהיא מספקת לא תמיד מורגשות מיד. ואולם,

מערכות אקולוגיות טבעיות שבהן הצטמצם המגוון הביולוגי במידה משמעותית מאבדות את יכולת התגובה שלהן לשינויים סביבתיים, ולכן נוטות להיות יציבות פחות ורגישות יותר לשינויים ולהפרעות. כמו כן, מערכות חקלאיות אינטנסיביות שבהן מגודלים באופן אינטנסיבי מינים מעטים הן מערכות לא יציבות החשופות להפרעות תדירות. לעומתן, במערכות של חקלאות אקולוגית (Agro-ecology) ניתנת תשומת לב מרבית לשימור מגוון ביולוגי גדול ככל האפשר, שיאפשר למערכת להגיב בגמישות לשינויים בלתי צפויים^[24].

הצצה למדע: חשיבות המגוון הביולוגי לקיום שירותי המערכת האקולוגית

מרבית המינים אינם מוכרים, ויחסי הגומלין בין המינים ותפקידיהם במערכת האקולוגית מוכרים אף פחות. בבואנו לדון בשאלת הקשר בין מגוון המינים לתפקוד המערכת האקולוגית, יש להתייחס לארבעה היבטים של הסוגיה^[25]:

אי-היכרות עם המינים: ישנם מינים שתורמתם לתפקוד המערכת האקולוגית גדולה בהשוואה למינים אחרים. מכיוון שאיננו יודעים את מידת התרומה היחסית של מינים שונים לתפקוד המערכת כולה, שמירה על מגוון ביולוגי גבוה מעלה את הסיכויים שהמינים המרכזיים לתפקוד המערכת יישמרו.

השלמה בין מינים: מינים שונים משלימים זה את זה בתפקודם במערכת. הם עשויים לחלק את המשאבים ביניהם או ליצור יחסי גומלין חיוביים התומכים זה בזה ותורמים במשותף לתפקוד של המערכת.

מערכות יחסים ייחודיות בין מינים: קיימים קשרים ייחודיים בין הפעילות של מינים שונים, התומכים בפעילות של מינים אחרים. למשל, מושיות שטורפות כנימות בשדה מפילות לקרקע כנימות, שהן מזון לחיפושיות קרקע טורפות, וכך הן מעודדות את כניסתן לשדה.

שימור מינים מיותרים או כפילות: קיים קשר חיובי בין מגוון המינים לבין תפקוד המערכת האקולוגית רק עבור מספר מסוים של מינים. עם העלייה במגוון המינים, מגיעים לרמת הרוויה של המגוון הדרוש לתפקוד המערכת האקולוגית. שמירה על מינים נוספים מעבר לרמה זו תורם תרומה שולית בלבד לתפקוד המערכת. למשל, קיימת כפילות בתפקוד של קבוצות פונקציונליות של אורגניזמים מפרקים בקרקע. לכן, מחקרים רבים מראים שירידה במורכבות חברת המפרקים בקרקע לא מתבטאת בהכרח בירידה בקצב פירוק החומרים האורגניים.

[22] Robertson, G. P. and S. M. Swinton (2005). "Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture." *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(1): 38-46.

[23] Tscharnkte, T., R. Bommarco, et al. (2007). "Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale." *Biological Control* 43(3): 294-309.

[24] Tscharnkte, T., A. M. Klein, et al. (2005). "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." *Ecology Letters* 8(8): 857-874.

[25] Ibid.

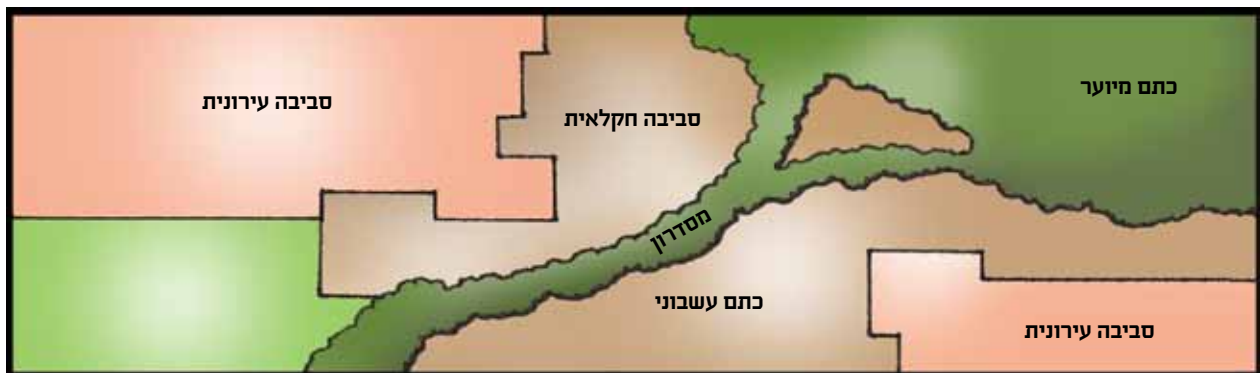
יחסי גומלין בין מערכות אקולוגיות טבעיות וחקלאיות

לשניהם. יחסי גומלין אלו מושפעים הן מאופי בתי הגידול הטבעיים ששרדו והן מהמשק החקלאי. כולה^[26].

בין שטחי החקלאות לשטחים הטבעיים מתקיימת מערכת של יחסי גומלין והשפעות הדדיות, חלקן מועילות לשימור המגוון הביולוגי ולחקלאות וחלקן מזיקות לצד אחד או לשניהם. יחסי גומלין אלו מושפעים הן מאופי בתי הגידול הטבעיים ששרדו והן מהמשק החקלאי.

והשוליים של בתי הגידול הטבעיים מושפעים מהפרעות שחודרות מהשטחים שבהם פעילות אדם. לכן אין זה מפתיע שבתי הגידול הטבעיים שנקטעו וחלקים מהם נכלאו בסביבה שבה מתקיים פיתוח, כולל שמורות טבע, סובלים מהצמצמות של המגוון הביולוגי ומהידרדרות בחיוניות וביציבות של המערכת האקולוגית בין שטחי החקלאות לשטחים הטבעיים מתקיימת מערכת של יחסי גומלין והשפעות הדדיות, חלקן מועילות לשימור המגוון הביולוגי ולחקלאות וחלקן מזיקות לצד אחד או

באזורים מיושבים קיים פסיפס של שטחים שהוסבו לשימוש בעיקר לטובת האדם: שטחי חקלאות, תעשייה, תחבורה, שטחי יער ויישובים. לצד שטחים אלו קיימים במקרים רבים גם בתי גידול טבעיים שהחזיקו מעמד לאחר הפיתוח האנושי. בתי הגידול הטבעיים הללו מקוטעים, וחלקם מבודדים זה מזה לחלוטין על-ידי אזורים שבהם פעילות אדם נמצאת. האוכלוסיות המתקיימות בהם מנותקות מאוכלוסיות אחרות של אותו המין, ולעתים הן קטנות מכדי לשרוד. אזורי הקצה



תחמי יער טבעי, מסדרון אקולוגי והשטחים מסביב שהוסבו לשימוש האדם (Bentrup, 2008).

השפעת אופי בתי הגידול הטבעיים ששרדו בין שטחי החקלאות על שימור המגוון הביולוגי בהם



טיב התפקוד של המסדרון תלוי באופי השטח שסביבו ובשאלה עד כמה הוא משפיע על אופי המסדרון. (מתוך Bentrup 2008).

באזורים חקלאיים מתקיימים גם שטחים של בתי גידול טבעיים בין שטחי החקלאות. שטחים אלו יכולים להיות גדולים (קילומטרים) או קטנים מאוד (מטרים, למשל בשולי שדות). כמה מהמאפיינים של בתי הגידול הטבעיים ששרדו משפיעים על יכולתם לשמר את המגוון הביולוגי שהתקיים בהם עד לקיטוע. אפשר לחלק מאפיינים אלו לשניים: ההיבטים המרחביים שלהם והמגוון הביולוגי בהם.

[26] Saunders, D. A., R. J. Hobbs, et al. [1991]. "Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review." *Conservation Biology* 5(1): 18-32.

ההיבטים המרחביים – שטחו, גבולותיו ומידת הבידוד של הכתם ישפיעו על איכות בית הגידול הטבעי.

שטח בית הגידול:

- שטחים טבעיים גדולים יותר מקיימים בדרך-כלל גם מגוון גבוה ואיכותי יותר של בתי גידול, ולכן הם מאכלסים מגוון ביולוגי גבוה יותר, ושפע גדול יותר של פרטים מכל מין.
- ככל שהשטח גדול יותר הוא מתאים יותר לקיים גם מינים הזקוקים למרחבי מחיה גדולים.
- ככל שהשטח הטבעי קטן יותר או שגבולותיו מפותלים וארוכים יותר, השפעת השטחים שמחוצה לו גדולה יותר (השפעת השוליים גדולה יותר).
- ככל שישנם יותר חיבורים, קשרים ומסדרונות בין בתי הגידול הטבעיים, יכולות להתאפשר יותר תנועה והפצה של פרטים בין בתי גידול, על-פי צורכיהם בשלבים שונים של מחזור החיים שלהם. לעומת זאת, ככל שבתי הגידול הטבעיים מבודדים יותר זה מזה, אם בגלל המרחק הפיזי ואם בגלל מחסומים לתנועה, המערכת האקולוגית בהם תינזק יותר.
- ככל שהכתם הטבעי גדול יותר, הוא יכול אחוז גבוה יותר של "בתי גידול פנימיים" שאינם מושפעים מאפקט השוליים. בתי הגידול הפנימיים חשובים לשימור מינים הרגישים להפרעות ולקיטוע של בתי גידול טבעיים.

מעבר להיבטים המרחביים, לאופי המגוון הביולוגי בשטחים הטבעיים יש השפעה על יכולת ההישרדות שלו לאחר הקיטוע:

- ככל שמגוון בתי הגידול המיוצגים בשטח הטבעי גדול יותר, השטח יתמוך במגוון מינים

גדול יותר. סביר ששטחים גדולים יותר יכילו מגוון רחב יותר של בתי גידול.

- ככל שמתקיימת בבתי הגידול הטבעיים דינמיות רבה יותר של תהליכי התפתחות של חברות הצומח ושל הפרעות טבעיות, כך יישמר בהם טוב יותר המגוון הביולוגי, והמערכת האקולוגית תהיה חיונית יותר.

מורכבות בית הגידול:

- שטח שבו הצומח מגוון יותר נוטה לקיים מגוון ביולוגי גדול יותר מאשר שטח המאופיין במבנה צומח פשוט או מדורדר.
- ישנם מרכיבים מבניים בנף שהם חשובים במיוחד, מכיוון שמינים רבים או תהליכים אקולוגיים מרכזיים תלויים בקיומם. מרכיבים אלו, המכונים גם "מבני מפתח", הם שונים בין מערכות אקולוגיות שונות. חשוב לאפיין ולשמר את המורכבות המבנית ואת חברת הצומח המקומית המספקת "מבני מפתח" כאלה, שעשויים להוות בית גידול מתאים למגוון המינים המקומיים שרוצים לשמר.
- ישנם מינים שסביר שיהיו רגישים יותר לקיטוע של בית הגידול:**
- **בעלי חיים הנעים על פני מרחקים גדולים:** בעלי חיים גדולים, הנוטים לחפש מזון או לנדוד על פני מרחקים ארוכים עלולים להגיע לסביבה שבה פעילות אדם אינטנסיבית ולהיפגע ממפגעים שונים, כגון דריסה, הרעלה, ציד ועוד.
- **מינים בעלי יכולת תפוצה מוגבלת:** מינים שאינם נוטים לנדוד למרחקים גדולים עלולים להירתע ממעבר מהכתמים הטבעיים לתוך הסביבה שבה יש פעילות אדם. הם

עלולים להיעצר על-ידי מחסומים שנדמים לא משמעותיים בנף, כגון כבישים ודרכים חקלאיות, שדות חקלאיים, קרחות יער ופסי אש.

- **מינים בעלי צרכים מיוחדים:** מינים הזקוקים לבתי גידול ייחודיים נוטים להיות רגישים יותר להכחדה, במיוחד כאשר זמינות המשאבים אינה ניתנת לחיזוי בזמן או במרחב. תהליכי קיטוע של בתי גידול מסכנים את שרידות של המינים האלה בשתי דרכים: על-ידי צמצום מספר האתרים המכילים את המשאבים הייחודיים הדרושים לקיומו של המין, ועל-ידי בידוד האתרים המתאימים ויצירת קושי באיתורם ובהגעה אליהם.

- **מינים הנוטים לחיות בכתמים טבעיים גדולים ויציבים:** מינים הנוטים להיות רגישים להפרעות ולאי-היציבות של המערכת האקולוגית, מתקיימים רק בלב כתמים גדולים של בתי גידול טבעיים, ונעלמים מכתמים טבעיים קטנים.

- **מינים בעלי כושר רבייה נמוך:** מינים בעלי כושר רבייה נמוך מתקשים לבנות מחדש את אוכלוסיותיהם לאחר שגודלן נפגע, ולכן נוטים להיפגע מתהליכי קיטוע של מערכות אקולוגיות טבעיות.

- **מינים הסובלים מניצול יתר או מאיסוף של בני אדם:** מינים הנאספים על-ידי בני אדם בתור משאבים (צייד, מזון, פרוות, חיות מחמד) או נפגעים מהרג מכוון (כמו נחשים), נוטים לסבול מקיטוע הרצף של מערכות טבעיות.



ככל שהכתם הטבעי גדול יותר, הוא יכול אחוז גבוה יותר של "בתי גידול פנימיים" שאינם מושפעים מאפקט השוליים. בתי הגידול הפנימיים חשובים לשימור מינים הרגישים להפרעות ולקיטוע של בתי גידול טבעיים. (מתוך 2008 Bentrup)

מינים שונים זקוקים לגודל שטח שונה לקיומם. באופן כללי, בעלי חיים גדולים זקוקים לשטחים גדולים יותר לקיומם מאשר בעלי חיים קטנים.

דוגמאות לגודל השטח הנחוץ למינים מקבוצות שונות:

הקבוצה	גודל השטח הטבעי הנדרש (בדונמים)
צמחים	20-1010
חסרי חוליות	0.0005-10
זוחלים ודו-חיים	10-140
עופות של שטחים עשבוניים	50-550
עופות מים	עד 50
עופות חורש ויער	20-380
יונקים קטנים	10-100
יונקים אוכלי עשב גדולים	מ-160 ועד 5 קמ"ר
יונקים טורפים גדולים	מ-14 ועד 2200 קמ"ר

הנחיות כלליות לקביעת טווח הכתמים המינימליים הדרושים לשימור יצורים מקבוצות טקסונומיות שונות. (מתוך Bentrup 2008). יש לזכור שההנחיות המוצגות בטבלה הן הנחיות כלליות ביותר, ויש להתאים את תכנון הנוף לנתונים המקומיים ולאורח החיים של מינים המהווים מטרה לשימור.

השפעת שטחי החקלאות על בתי הגידול הטבעיים בסביבתם

ולהגדלה של המגוון הביולוגי. כתמים ורצועות של צמחייה טבעית בין השדות החקלאיים מספקים בית גידול למגוון מינים של אויבים טבעיים, מאביקים, מפרקים, וגם אוכלי עשב ומזיקים, המהגרים בקלות יחסית לתוך השדות ועשויים לספק שירותים אקולוגיים חיוניים.

בנופים חקלאיים "מורכבים" קיים מאגר מינים גדול בכתמים הטבעיים הגובלים בשדות ומקיפים אותם. אוכלוסיות אלה משמשות באופן קבוע בתור מקור לאכלוס מחדש של השטחים החקלאיים. לכן תכניות להגדלת המגוון הביולוגי באמצעות שינויים בממשק החקלאי לא יובילו לשינויים משמעותיים במגוון הביולוגי בכתמים המעובדים.

בנופים חקלאיים "מרוקנים" מאגר המינים המצוי בנוף החקלאי דל ביותר, ולכן תכניות לשימור המגוון הביולוגי באמצעות שינוי הממשק החקלאי בשדה בלבד לא יצליחו. בדרך-כלל להגדיל את המגוון הביולוגי בשדות. בנופים חקלאיים כאלה מומלץ להעדיף תכניות להגדלת המגוון הביולוגי ברמת הנוף, באמצעות שיקום ושימור של כתמים ורצועות של צמחייה טבעית בין השדות ובשוליהם, ולהגדלת המורכבות הנופית.

בנופים חקלאיים "פשוטים" עדיין קיימים בין השדות ובשוליהם בתי גידול טבעיים התומכים במגוון ביולוגי. בנופים אלה שינויים בממשק החקלאי בשדות עשויים להיות יעילים לשימור

אפשר למיין את הנופים החקלאיים ואת השפעתם על המגוון הביולוגי בבתי הגידול הטבעיים בסביבתם לשלוש קבוצות^[27]:

- נופים חקלאיים "מרוקנים" שבהם הנוף כולו מעובד ונותר בהם פחות מ-1% של בתי גידול (כתמים או רצועות) לא מעובדים של צמחייה טבעית.
- נופים חקלאיים "פשוטים" שבהם נותרו בין 1% ל-20% של בתי גידול טבעיים שאינם מעובדים
- נופים חקלאיים "מורכבים" שבהם יש פסיפס מגוון של בתי גידול טבעיים ושטחים מעובדים. בנופים אלו לפחות 20% מהנוף אינם מעובדים.

[27] Tschamntke, T., A. M. Klein, et al. (2005).

"Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." Ecology Letters 8(8): 857-874.

מקרה בוחן: תכניות לעידוד חקלאות סביבתית באיחוד האירופי

מהי האסטרטגיה היעילה ביותר להגדלת המגוון הביולוגי באזורים כפריים? האם להעדיף מדיניות המכוונת לשינוי הממשק החקלאי בשדה, או מדיניות המכוונת לשינוי הנוף החקלאי?

כדי לענות על שאלות אלו נבחנו מידת ההצלחה של תכניות לעידוד חקלאות סביבתית (Agri-environmental schemes) במדינות האיחוד האירופי. במסגרת התכניות הללו מוצעים תמריצים כלכליים לחקלאים תמורת שינוי הממשק החקלאי, במטרה לצמצם את המחירים הסביבתיים של החקלאות ולעודד את שימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים^[28].

נמצא כי ככל שהנוף החקלאי אינטנסיבי והומוגני יותר, כך שינויים ברמת השדה בממשק החקלאי יעילים פחות בהגדלת המגוון הביולוגי. הסיבה לכך היא כנראה שהמגוון הביולוגי בבתי הגידול הטבעיים המקיפים את השדות נוטה להיות דל מאוד, ואינו יכול להיות מקור להגירה של מינים או פרטים לתוך השדות החקלאיים. בנופים חקלאיים "פשוטים" או "מרוקנים" כאלה, שינויים ברמת הנוף – כמו שיקום ושימור של כתמים אורכיים של צמחייה טבעית ששרדו בין השדות, הם כלי ממשק חיוניים לשיקום המגוון הביולוגי ולשיפור שירותי המערכת האקולוגית.

לעומת זאת, בנופים חקלאיים מעורבים, שבהם קיים עדיין פסיפס של כתמי צמחייה טבעית לצד השדות החקלאיים, שינויים ברמת הממשק החקלאי בשדה עשויים להיות יעילים ביותר בהגדלת המגוון החקלאי בשדות החקלאיים ובנוף כולו. בנופים חקלאיים האלה עדיין מצוי מגוון ביולוגי רב בכתמי הצמחייה הטבעית בין השדות, ומינים החיים בכתמי הצמחייה הטבעית עשויים להגר משולי השדה אל האזורים המעובדים^[29].

השפעת החקלאות על אגני היקוות, על בתי גידול לחים ועל גופי מים יבשתיים

גידול יבשתיים סמוכים. לעומת זאת, זוחלים החיים במים (צבי מים, נחשי מים) מחפשים מזון בתוך המים במשך רב חודשי השנה, אך נודדים לבתי הגידול היבשתיים לשם רבייה או חריפה.

הכרת הביולוגיה של המינים התלויים בבתי הגידול המימיים הביאה לידי יצירת הנחיות לתכנון וממשק של חיץ משמר, חיץ שתפקידו לתמוך בשימור מחזור החיים המלא של דו-חיים זוחלים מימיים. כדי לשמור על אוכלוסייה החיה במקווה מים מסוים, יש להגדיר את כל השטח היבשתי הנמצא בשימוש בעונות השנה השונות כאזור הגלעין לשימור^[30].

נוסף על הנדידה המחזורית סביב מקווה מים בודד, ישנה הגירה בין מקווי מים לשם חיפוש אתרי רבייה חדשים. אוכלוסיות מקומיות המקושרות ביניהן בקשרי הפצה דרך מסדרונות מעבר מהוות אוכלוסיות-על גדולות^[31].

הערצים ומקווי המים.

• שמירה על המגוון הביולוגי בבתי הגידול הלחים; שמירה על מגוון המינים המשלימים את מחזור החיים שלהם בבתי הגידול היבשתיים בקרבת המים; ויצירת מסדרונות מקשרים בין בתי גידול לחים.

חשוב להדגיש שיש לשלב את אזורי החיץ עם ממשק הולם בשדות. למשל, יש לקדם עיבוד משמר של הקרקע ולצמצם את כמות המזהמים הניגרים מהשדות.

בבתי הגידול המימיים עצמם מתקיימת מערכת אקולוגית ייחודית ורגישה. יש מינים של בעלי חיים התלויים הן בבתי הגידול המימיים והן בבתי הגידול היבשתיים סביבם להשלמת מחזור החיים שלהם. לדוגמה, דו-חיים (סלמנדרות, צפרדעים, וקרפדות) מטילים ביצים בתוך המים, אך נפוצים במשך שאר ימי השנה בבתי

במקרים רבים, נחלים, ברכות חורף, תעלות ניקוז וגופי מים חוצים ומנקזים אזורים חקלאיים. הממשק החקלאי באגני ההיקוות שלהם משפיע על איכות המים ועל שימור המגוון הביולוגי בהם. לא פעם, בגלל העיבוד החקלאי, גופי מים אלו סובלים מהצטברות של סחף, מזיהום של עודפי חומרי דשן וחומרי הדברה שנשטפים משטחי החקלאות וממינים פולשים. לכן חשוב לקיים רצועות חיץ משמר סביב בתי גידול לחים ומקווי מים, כדי שיפרידו בינם לבין השטחים החקלאיים ויגנו עליהם.

מטרות החיץ המשמר הן:

- שמירה על איכות המים הנקווים וצמצום כמות המזהמים המגיעים עם המים אל תוך המערכת האקולוגית המימית.
- צמצום הנגר העילי והפחתת סחיפה של אדמה, חומרים אורגניים, ומזהמים לתוך

[28] סקוטלסקי, א. (2006). רפורמות במדיניות המסמך החקלאי [28] באירופה: תכניות לעידוד חקלאות משמר סביבה. סקירת ספרות. www.nekudat-hen.org.il אתר נקודת חין

[29] Tschantke, T., A. M. Klein, et al. (2005). "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." Ecology Letters 8(8): 857-874.

[30] Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie (2003). "Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles." Conservation Biology 17(5): 1219-1228.

מקרה בוחן: מקווי מים זמניים בחקלאות בתור בתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל

אביטל גזית ושי פילוסוף בחנו את פעילותם של דו-חיים באזורים חקלאיים באזור השרון. נמצא כי שני מינים של דו-חיים – אילנית מצויה וקרפדה ירוקה – חיים בשטחים החקלאיים ומנצלים את גופי המים הזמניים לרבייה. אולם מתברר שדו-חיים המתרבים בגופי המים הנקווים בשטחים החקלאיים אינם מבחינים בין בתי גידול מיטביים שבהם יוכלו להשלים את מחזור הרבייה והגלגול, לבין בתי גידול שמתאיבים בטרם הושלם הגלגול. גופי מים המתייבשים לפני תום העונה מהווים מלכודות אקולוגיות לדו-חיים באזורים חקלאיים. להערכת החוקרים, הברכות הרדודות הללו, הנפוצות באזורים חקלאיים, הן אחד הגורמים לדעיכה של אוכלוסיות הדו-חיים בישראל.

בתמונה: רעיית פרות בשולי שלולית סאסא. הכמות הגדולה של גללי הפרות מעשירה את מי השלולית בריכוזים גבוהים של חומרי אורגניים. ניכרת הידרדרות בבית הגידול – ירידה בעושר המינים של חסרי החוליות ובשפע הדו-חיים. נדרש גידור שירחיק את הפרות משלולית החורף, וחיץ משמר לקליטת עודפי חנקות ומזהמים חקלאיים לפני הגעתם לשלולית. צילום: טליה אורון.

כדי לפתור את הבעיה הציעו החוקרים להגביר את מודעות החקלאים לסוגיה ולעודד ממשק Dig-or-dry לגופי מים רדודים בשטחים חקלאיים. אסטרטגיית הממשק כוללת העמקה של מקווי מים רדודים בשולי מטעים ולאורך תעלות ניקוז כדי להאריך את משך תקופת ההצפה ולאפשר לקרפדות צעירות להשלים את הגלגול, וכן מילוי ויישור של מקווי מים זמניים המהווים מלכודות אקולוגיות. עם זאת, יש להדגיש כי ממצאי המחקר ראשוניים בלבד, ויש לעקוב לאורך כמה שנים אחר חברות דו-חיים וחסרי חוליות מימיים בגופי מים זמניים שעברו העמקה, לפני שמגבשים המלצות יישומיות לאזורים חקלאיים^[32].



רעיית פרות בשולי שלולית סאסא. צילום: טליה אורון.

מקרה בוחן: מקווי מים ונחלים בישראל

בישראל, מספרם המועט של מקווי המים והנחלים הזורמים יוצר לחץ משתמשים גדול מאוד על כל גופי המים הטבעיים במדינה, ומגביר את האינטרס לפיתוח תיירותי של גדות מקווי המים והנחלים לצורכי נופש ופנאי. נוסף על כך, נחלים הזורמים בערוצים טבעיים מחוץ לשמורות הטבע משמשים גם כמסדרון מועדף עבור רעיית פרות ועבור מטיילים רגליים וממונעים.

[31] Marsh, D. M. and P. C. Trenham (2001). "Metapopulation Dynamics and Amphibian Conservation." Ibid. 15(1): 40-49.

[32] גזית, א. ושי פילוסוף (2007). מקווי מים סמוכי חקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל. דו"ח סופי שנה ב'. הוגש לקרן נקודת חן. www.nekudat-hen.org. אביטל גזית בע"פ.

מקרה בוחן: פרדסים כמסדרונות אקולוגיים לקרפדות

אחד הממצאים המעניינים שגילה פרופ' גזית במחקר^[33] הוא תפקידם של פרדסים כמסדרונות אקולוגיים לתפוצת הקרפדה הירוקה. בזמן המחקר נצפו פרטים צעירים של קרפדה ירוקה במרחק של עד שני ק"מ ממקווי מים המשמשים לרבייה. להערכתו של גזית, הפרדסים המושקים מדי יומיים במשך הקיץ, מתפקדים כמסדרונות אקולוגיים לחים המאפשרים מעבר של קרפדות בין גופי מים באזורים חקלאיים. החוקרים מעריכים שהרחבת הפרדסים בישראל בשנים שאחרי הקמת המדינה תרמה להרחבת אזור התפוצה של הקרפדה הירוקה במרכז הארץ. יתרה מכך, ייתכן שדעיכת אוכלוסיית הקרפדות בשנים האחרונות קשורה למשבר שהחל בשנות השמונים בענף הפרדסנות. אולי תהליכי ההתחדשות של הפרדסים והמטעים המושקים, לצד תכנית אסטרטגית לשימור ולעידוד רבייה של דו-חיים באזורים חקלאיים, יחזירו את קרקור הקרפדות למושבים במישור החוף ובשפלה.

מקרה בוחן - ממשק אגרו-אקולוגי של תעלות הניקוז בעמק החולה

תעלות הניקוז בעמק החולה אמורות לספק לשדות החקלאיים בעמק הגנה משיטפונות, ובו בזמן יצרו בתי גידול מימיים ייחודיים. מחקר על ממשק תעלות הניקוז בעמק החולה נעשה על-ידי שביט וחוב^[34]. מטרת המחקר הייתה לגבש המלצות לדרכים אגרו-אקולוגיות מיטביות לתפעול התעלות.

החוקרים הציעו שכדי להימנע מכיסוח קיצוני של הצומח בתעלות, כדי לשמור על התכונות האקולוגיות שלהן ולחסוך בעלויות אחזקה, כדאי לשקול חפירה של תעלות מעט יותר רחבות. אמנם יש בכך נגיסה קטנה בשטח החקלאי, אולם הרווח הנופי, האקולוגי והכספי יהיה משמעותי.

החוקרים מצאו שהמגוון הביולוגי הגדול ביותר נמצא בתעלות המטופלות על-ידי רשות הניקוז באופן קבוע ובהן מערכת אקולוגית יציבה יחסית שמיוצגת בה תצורות צומח שונות - עצים, קנים וצמחייה עשבונית. במסקנותיהם נכתב עוד שאי-אפשר להגדיר "משטר תפעול מיטבי" מבחינה אקולוגית, ולכן המליצו החוקרים לתכנן בעמק החולה משטר תפעול הטרוגני של תעלות הניקוז, על-פי מטרות אקולוגיות ומטרות חקלאיות שיוגדרו מראש לכל אזור במרחב.



עם צמחייה טבעית, ובתמונה מימין תעלת ניקוז שבה הצמחייה מכוסחת. התמונות מתוך שביט וחוב, 2006.

[34] שביט, א., להב, א., כרמל, י., וא. במברגר (2006). תעלות ניקוז כגורם רב-מטרת: ניקוז עודפי נגר ובית גידול לחי ולצומח. דיווח מדעי סופי לסיכום פרויקט. הוגש לאגף קרקע וניקוז של משרד החקלאות (מסמך פנימי).

[33] גזית, א., ו. פילוסוף (2007). מקווי מים סמוכי חקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל. ד"ר סופי שנה ב'. הוגש לקרן נקודת ח"ן. שירה בע"פ עם אביטל גזית התקיימה ב-18 באוקטובר 2009.

עימותים וניגודי עניינים בין החקלאות לשמירת הטבע בישראל

חלק חשוב ביותר בפעילות ההגנה על חיות בר מתמקד בהתמודדות עם פגיעה של חומרי הדברה בעופות. אף שישראל נחשבת מדינה מפותחת בתחומים רבים, נושא אישור השימוש בחומרי הדברה נמצא הרבה מתחת לסטנדרטים הנהוגים במרבית מדינות המפותחות - הן מבחינת מידת ההתחשבות בסיכון שחומרים שונים מהווים לחיות בר, הן מבחינת השליטה באופן השימוש של החקלאים בחומרי הדברה, והן מבחינת הניטור של השפעת החומרים השונים המאושרים לשימוש על ציפורים וחיות בר. כיום חסר בישראל גוף מרכזי, הממומן על-ידי הממשלה, שיקדם תכנית לניטור ומדיניות ארוכת טווח לצמצום הפגיעה הסביבתית של חומרי הדברה.

חיות בר לאזורים חקלאיים באמצעות גידור ואמצעי הרתעה כמו כלבים, אמצעי דחייה ורעשים, וממשק אקטיבי כגון דילול האוכלוסייה.

חקלאים הניזוקים בגלל חיות בר פונים לפקחי רשות הטבע והגנים ומסתייעים בציידיים מורשים. ואולם, לעתים קרובות חקלאים "לוקחים את החוק לידיים", יורים בחיות בר הנמצאות בשטחים המעובדים או מרעילים אותן. בשנים האחרונות חקלאים רבים מגדרים מטעים כדי למנוע כניסה של חיות בר לשטחים המעובדים. גדרות צפופות, המיועדות למנוע כניסה של תנים וחזירים למטעים, יוצרות חסימות בנוף החקלאי הפתוח ומקשות על המעבר ועל המנוסה של צבאים וחיות בר אחרות מטורפים ומציידים^[37].

ישראל מדינה צפופה ביותר, ולכן קיים חיכוך מתמיד בין חיות הבר לבין בני האדם.

חיכוך זה כולל:

- הפצת מחלות על-ידי חיות בר, כגון כלבת, לשמניה (שושנת יריחו) וקדחת הנילוס המערבי.
- חדירה לשטחים חקלאיים וגרימת נזקים לגידולים. ב-2003 נמנו 65 מינים של יונקים, עופות וזוחלים שגרמו נזקים משמעותיים^[35].
- הרעלות מכוונות ועקיפות של חיות בר על-ידי חקלאים ועל-ידי ממשק חקלאי לא ידידותי לחי.

הטיפול בנזקי חקלאות כולל אמצעי הסברה לחקלאים^[36], אמצעים לצמצום החדירה של



צבי ארצישראלי שנלכד בגדר תלתלית. (צילום: דורון ניסים); (מקור: רשות הטבע והגנים).



טריפת צבי ארצישראלי על-ידי כלב בסמוך לגדר. (צילום: דורון ניסים); (מקור: רשות הטבע והגנים).

הדברה בתקופות הנדידה של הציפורים. באזורים צחיחים הבעיה חמורה במיוחד, מכיוון שהשדות המושקים הם גורם משיכה לציפורים. קיימות שתי קבוצות של חומרי הדברה נגד חרקים - זרחנים אורגניים (OP), וקרבמטים, המשפיעים על מערכת העצבים בחרקים ובחולייתנים, והם הגורם למרבית התמותה של חיות בר מחומרי הדברה^[38].

מעל ישראל מגיעות לאזור תשושות, והן ניזונות בשדות החקלאיים.

לעומת החקלאות באזורים ממוזגים, עונת הגידול בישראל מתפרסת לאורך חודשים רבים, ולכן חומרי ההדברה נמצאים בסביבה החקלאית במשך רוב חודשי השנה, דבר המקשה על ניבוי מדיניות המצמצמת את השימוש בחומרי

סקירה מקיפה על הסוגים השונים של חומרי ההדברה הנמצאים בשימוש בישראל ועל הסיכון היחסי שלהם לחיות הבר פורסמה על ידי שלוסברג ובהט (2000). מעבר לפגיעה במינים המקומיים, בישראל יש פגיעה גם באוכלוסיות של עופות הנודדים מעל הארץ ועוצרים ל"תדלוק" או לחריפה בשדות מעובדים. החוקרים מציינים שציפורים הנודדות

[35] Moran, S. (2003). "Checklist of vertebrate damage to agriculture in Israel, updated for 1993-2001." *Phytoparasitica* 31(2): 109-117.

[36] נמצוב, ס. (2009). השועל והכרם: מניעת נזקים של יונקים ועופות לחקלאות. חוברת מידע לחקלאים. רשות הטבע והגנים.

[37] שם.

ההשלכות הגידור על שמירת הטבע באזורים חקלאיים בישראל^[39]

גידור בשטחים פתוחים עלול:

- לחסום בעלי החיים בדרכם למשאבים הדרושים להם: מים, מזון ומחסה;
- להשפיע על יכולת התנועה של יונקים גדולים ובינוניים ולגרום לקיטוע של אוכלוסיותיהם;
- להשפיע על שרידותם של מינים קטנים כמו עופות, זוחלים ומכרסמים, הנחשפים לטריפה מצד דורסים העומדים על הגדר או טורפים הנעים לאורכה.
- להוות מלכודת לבעלי חיים ניצודים. במקרים שונים בצפון הארץ נצפו כלבים וזאבים

כאשר הם מצמידים צבאים ובעלי חיים אחרים לגדרות, ולמעשה משתמשים בגדר בתור מתקן המסייע לצייד^[40].

- לגרום לפגיעה בבעלי חיים המנסים לחצותה (רשימת מאמרים בנושא אצל רותם, 2009). לגדר תלתלית המונחת על פני הקרקע פוטנציאל הנזק הגבוה ביותר, אולם גם גדרות בקר עם ארבעה וחמישה גידים מהוות מלכודת לבעלי חיים צעירים, ואף לעופות דורסים, לציפורי שיר, לעטלפים וליונקים שונים הנתקעים בקוצי התיל או בחורי הגדר. לכן, באזורים חקלאיים יש לגידור השפעה

קריטית על תפקוד השטח כמסדרון אקולוגי. למשל, בשטחי מטעים בצפון הארץ ישנם מקומות שבהם מוצבת גדר משותפת אחת סביב שטחי חקלאות של כמה משקים שכנים. אף שזהו חיסכון כלכלי בהקמת הגדר ובתחזוקתה, מההיבט האקולוגי מדובר בהגדלת המרחב החסום לתנועת בעלי חיים.

בימים אלו מחבר דותן רותם מרשות הטבע והגנים מסמך מדיניות בנושא גידור, ובו יהיה אפשר למצוא הנחיות מפורטות לגידור חקלאי באופן הממזער את הפגיעה בחיות בר בשטחים החקלאיים^[41].

מקרה בוחן: העימות בין בוקרים לזאבים ודילמת חלקות המיגון^[42]

אוכלוסיית הזאבים בגולן ובגליל נתונה בלחץ של ציד מצד בוקרים החוששים מטריפת עגלים. ישנם שטחי מרעה שבהם יש רעייה רק בחלק מן השנה, והזאבים נהנים משטחים אלו כמפלט בשאר הזמן. מצבם של הזאבים טוב פחות באזורים שבהם מתקיימת רעיית בקר לאורך כל השנה. יתרה מכך, ישנם אזורים המוגדרים אזורי עימות, ובהם מותר לבוקרים לירות בזאבים; חלק שאזורים אלו נמצאים בתחומי שמורות הטבע. לדוגמה, באזור נחל תבור ובאזור רמות יששכר מתקיימת רעיית בקר קבועה גם בתחומי שמורות הטבע, וישנו ירי של בוקרים בזאבים בכל המרחב.

בעבר גידלו הבוקרים להקות של כלבים שליוו את העדרים והרחיקו את הזאבים. ללא טיפול והאכלה היוו הכלבים סכנה לתושבים באזור, והחלו לצוד צבאים וחיות בר אחרות.

בשנת 2000 החלו לבנות מכלאות מגודרות - חלקות מיגון - במטרה להגן על העדרים מפני טריפות בעונת ההמלטות. חלקות מיגון נבנו תחילה ברמת הגולן, ועם הזמן הגיעו בקשות לבנות חלקות כאלה גם באזור הגליל התחתון. אף שחלקות המיגון אכן מקטינות את רמת הקונפליקט בין החקלאים לזאבים, הן יוצרות מחסומים משמעותיים בנוף החקלאי הפתוח ופוגעות בתנועת בעלי חיים גדולים אחרים כגון צבאים, גיריות ודרבנים. הן מאטות את מנוסתם במרחב ומקלות על לכידתם בידי ציידים וטורפים.

רשות הטבע והגנים מתנגדת להקמת חלקות מיגון מגודרות, משום שהנזק הנגרם לאוכלוסיות של חיות בר עולה על התועלת בשימור אוכלוסיית הזאבים. לכן הוחלט לבחון באופן פרטי כל בקשה להקמת חלקת מיגון. בשנת 2004 גובשו ברשות הטבע והגנים עקרונות מנחים לתכנון ולממשק של חלקות מיגון באזורים חקלאיים.

[42] הקטע עובד מתוך "ד"ר זאבי צפון ישראל, ניטור וממשק 2003 אלון רייכמן (רט"ג, ד"ר פנימי); וכן מתוך הד"ר "חלקות מיגון נגד זאבים במרחב גליל תחתון (ניתוח שטח), 2005 / יפתח סיני וחובי (רט"ג, ד"ר פנימי)".

[40] הקטע עובד מתוך "ד"ר זאבי צפון ישראל, ניטור וממשק 2003 אלון רייכמן (רט"ג, ד"ר פנימי); וכן מתוך הד"ר "חלקות מיגון נגד זאבים במרחב גליל תחתון (ניתוח שטח), 2005 / יפתח סיני וחובי (רט"ג, ד"ר פנימי)".

[41] מתוך "דשפעת גידור על שטחים פתוחים והמלצות לפעולה" 2010 / רותם דותן (רט"ג, מסמך מדיניות).

[38] שלוסברג, א. ו.ע. בהט (עורכים) (2000). סיכונים לעופות דורסים בפרט ולחיות בר בכלל משימוש בחומרי הדברה בישראל - ניתוח המצב כרווה והמלצות לעתיד. סיכום סדנה בהשתתפות מומחים שהתקיימה בן חיות התניני.

[39] הקטע עובד מתוך מסמך מדיניות בנושא "דשפעת גידור על שטחים פתוחים והמלצות לפעולה", הנמצא כעת (2009) בכתיבה על-ידי דותן רותם (רט"ג). את המסמך יהיה אפשר לאתר בין מסמכי המדיניות באתר רשות הטבע והגנים הלאומיים.

הנוף החקלאי כמסדרון אקולוגי

מסדרונות אקולוגיים

אפשר להבחין בין שני סוגים של כתמי צמחייה אורכיים, על-פי תפקודם בנוף:

מסדרון אקולוגי (Ecological Corridor) הוא בדרך-כלל אזור צר וארוך המקשר בין כמה בתי גידול טבעיים. כיום חלק מן המסדרונות האקולוגיים מוגנים ומנוהלים,

כדי לתמוך בשימור המגוון הביולוגי ובשימור שירותי המערכת האקולוגית.

שדרות ירוקות (Greenways), לעומת זאת, הן אזורים חיצוניים סביב יישובים. יש להן חשיבות בקליטת מזהמים, בנופש ובפנאי,

ובחיזוק קשרים קהילתיים. פיתוח של שדרות ירוקות יהיה על-פי צרכים נופיים ותרבותיים.

השאלה המרכזית שנבחנת בעבודה זו היא עד כמה יכול הנוף החקלאי, על רכיביו השונים, לשמש כמסדרון אקולוגי המקשר בין בתי גידול טבעיים.

תיבת מידע: מסדרונות אקולוגיים ושדרות ירוקות

בספרות העוסקת במסדרונות אקולוגיים באזורים מיושבים או בשדרות ירוקות, המונח "מסדרון" מתייחס לשורה של תפקידים חברתיים שאינם קשורים בהכרח לשמירת הטבע. שדרות ירוקות מיועדות בדרך-כלל לשמש כחץ סביב אזורים מיושבים כדי למנוע פרוור או כדי להפריד בין רשויות מוניציפליות. הן מתוכננות להיות אזורי נופש ופנאי או מאפשרות שימור נופי-תרבות וחיזוק קשרים קהילתיים. ישנן שדרות ירוקות המתוכננות לאורך תוואי של נחל או נהר (Riparian corridor). במקרים כאלה, אחד מתפקידי השדרה הירוקה הוא ליצור חץ המגן על מקווי המים מפני זיהומים מן השטחים החקלאיים המקיפים אותו. בתכניות של שדרות ירוקות, נושא שמירת הטבע מוזכר בדרך-כלל כאחד מהתפקידים המרכזיים של המסדרון הירוק המתוכנן. אולם אף ששדרות ירוקות באזורים מיושבים מאופיינות ברצף של שטחים פתוחים ונדמות כמסדרונות אקולוגיים, הן בדרך-כלל צרות מדי ועשירות במינים זרים, ולכן אינן מהוות בית גידול התומך בתנועה או בהתבססות של מינים מקומיים^[43].

תפקידי המסדרונות האקולוגיים

למסדרונות אקולוגיים שני תפקידים עיקריים: **מסדרונות מעבר (Dispersal corridors)** ו**מסדרונות בית גידול (Habitat corridors)**

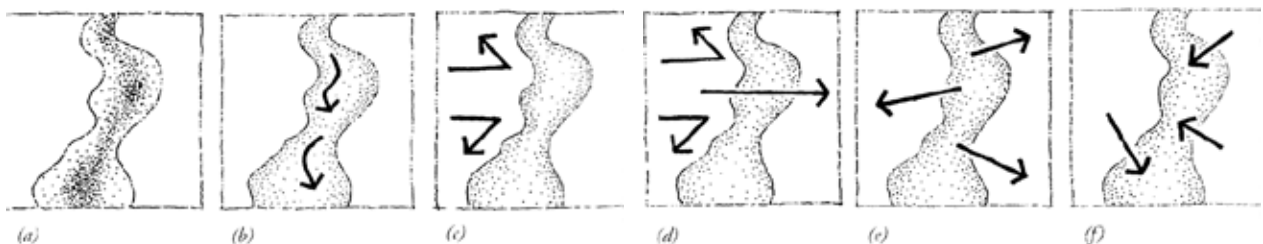
תפקידם המרכזי של מסדרונות מעבר הוא לאפשר תפוצה או תנועה של אורגניזמים בין מקום אחד למשנהו. בעלי חיים עשויים להשתמש במסדרונות לצרכים שונים - נדידה עונתית, חיפוש מזון, הפצה, חיפוש בני זוג

ורבייה. מסדרונות בית גידול הם אזורים שבהם קיים שילוב משאבים הדרוש לקיום ולרבייה של המין, והם יכולים לתמוך בכל שלבי מחזור החיים שלו.

מסדרונות יכולים לתפקד גם בתור **חסמים (Barriers)** למינים מסוימים שאינם יכולים לחדור אליהם ולחצות אותם, או בתור **מסננים (Filters)** למינים או לחומרים במערכת האקולוגית. הם יכולים להיות **מקור**

(Source) למינים המתרבים בו ונפוצים בתוכם המקיף אותו, או לתפקד בתור **מלכודת אקולוגית או אזור מבלע (Sink)** למינים החודרים לתוכו ונפגעים (איוור).

בנוף החקלאי מרכיבים שונים: גדרות, טרסות, ערוצי נחלים ותעלות ניקוז, שולי שדות ושדות ועוד. נשאלת השאלה עד כמה הוא יכול לשמש כמסדרון אקולוגי המקשר בין בתי גידול טבעיים ותומך בשימור המגוון הביולוגי.



איור 2 תפקידים של מסדרונות אקולוגיים: (a) בית גידול; (b) מעבר; (c) חסם; (d) מסנן; (e) מקור; (f) מלכודת אקולוגית או מבלע. (Hellmund & Smith, 2006).

[43] Simberloff, D., J. A. Farr, et al. (1992). "Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments?" Conservation Biology 6(4): 493-504.

הצצה למדע: התפתחות הבסיס המדעי למסדרונות אקולוגיים

החל באמצע שנות השבעים של המאה ה-20 הציעו אקולוגים העוסקים בשמירת הטבע ליצור מסדרונות למעבר של חיות בר בין בתי גידול טבעיים, בתור כלי לשימור המגוון הביולוגי בשמורות טבע. בשנות השמונים והתשעים היו התכנון המרחבי והיעילות של מסדרונות למעבר של מינים בין בתי גידול טבעיים, נושאים מרכזיים למחקר באקולוגיה של שמירת הטבע. העקרונות המרחביים שהוצעו באותן שנים לשימור המגוון הביולוגי בשמורות הטבע גובשו על בסיס התיאוריה של **ביוגיאוגרפיה של איים**^[44]. התיאוריה חזה שקצב הכחדת המינים באיים קטנים ומבודדים (או בשמורות טבע קטנות המזכירות "איים" בשאר הנוף שהוסב לשימוש האדם) יהיה גבוה יותר מקצב הכחדת המינים באיים גדולים הקרובים לבתי גידול שיכולים להיות מקור למהגרים. על-פי מסקנות המחקר התיאורטי הוצע לתכנן מסדרונות מעבר בין שמורות טבע, כדי להגביר את ההגירה של פרטים בין שמורות שונות ולשמור על עושר מינים גבוה בבתי הגידול הטבעיים^[45]. העקרונות לתכנון מרחבי של שמורות טבע ומסדרונות, שפותחו באותן השנים, מתבססים במידה רבה על גישה לשמירת טבע המפרידה בין שמורות הטבע לבין שטחים הנמצאים בשימוש האדם. לפי גישה זו, שמורות טבע נתפסות "כאיים" המוקפים בסביבה עוינת וזרה לחלוטין, מעין אוקיינוס שאינו משפיע על שימור המגוון הביולוגי בתוך שמורות הטבע.

עם השנים הצטברו עדויות לכך ששמורות טבע בנופים חקלאיים אינן מתנהגות כ"איים" המוקפים בסביבה זרה וחסרת משמעות אקולוגית. התברר שלמבנה ולמאפיינים של הסביבה המקיפה את שמורות הטבע יש השלכות על הרכב המינים המאכלסים את שמורות ועל הרכב המינים המהגרים משמורה לשמורה. כמו כן התגלה ששטחי החקלאות המקיפים את שמורות הטבע הם מקור למינים זרים ולמזהמים, ואלה חודרים לבתי הגידול הטבעיים ומדרדרים את המגוון הביולוגי בהם.

בשנים האחרונות התגבר זרם המחקרים המתמקדים בפוטנציאל לשימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים. הם נשענים על רקע תיאורטי שפותח בתת-דיסציפלינה של האקולוגיה של הנוף (Landscape Ecology). מחקרים אלו עוסקים ביחסי הגומלין בין בתי גידול טבעיים מוגנים, מסדרונות טבעיים (או משוקמים) המחברים ביניהם, והסביבה החקלאית והמיושבת המקיפה אותם. לדוגמה, המחקר עוסק בשאלות כמו עד כמה המסדרונות הטבעיים והחקלאיים משמשים כחיבור או כשטח מעבר בין כתמי בתי גידול טבעיים ששרדו בנוף, מהן ההשפעות של שימושי קרקע שונים על דינמיקה של אוכלוסיות של מיני מטר, מהן ההשפעות של אפקט השוליים על מגוון המינים בכתמים הטבעיים, מהן ההשפעות של הסביבה המעוצבת על-ידי פעילות אדם על פלישה של מינים זרים לכתמים הטבעיים, וכן שאלות הנוגעות להתפשטות של מזיקי חקלאות מהכתמים טבעיים אל השטחים המעובדים.

גדרות, טרסות, ערוצי נחלים ותעלות ניקוז בתור מסדרונות אקולוגיים בנופי חקלאות מסורתיים

המסורתית האקסטנסיבית, אפשר לראות שרידים של גדרות המורכבות מסלעים ואבנים שסוקלו מהשדות. לעתים גדרות האבן מלוות במשוכות שיחי צבר שניטעו לאורך גבול השדה. נופי חקלאות אינטנסיבית מאופיינים בכתמי צמחייה טבעית בעיקר לאורך ערוצי הנחלים, לצד תעלות הניקוז ובשולי הדרכים החקלאיות. לעתים קיימים בשולי השדות גדודיות אבנים שסוקלו מהשדות המעובדים. אזורי בור נטושים נפוצים בין השדות ולאורך דרכים חקלאיות. באזורים רבים מתקיימת רעיית בקר או צאן לאורך הנחלים ובשדות הבור ששרדו בין השדות. לעתים ניטעים עצים לאורך ערוצי הנחלים. אפשר למצוא כתמים אורכיים של צמחייה טבעית גם לאורך הדרכים החקלאיות.

נחות בהשוואה לכתמי היער. לכן נשאלת השאלה באיזו מידה משוכות השיחים בשולי השדות אכן תורמות לשרידות ולרבייה של אוכלוסיות המינים המאכלסים אותם, והאם בתי הגידול הצרים והמופרים האלה אינם מלכודות אקולוגיות עבור חלק מהמינים.

בנופי חקלאות מסורתיים באזורים ים-תיכוניים, נטיעה וטיפוח של משוכות שיחים לא היו נפוצים כמו באזורי האקלים הממוזג. ההפרדה בין יחידות חקלאיות נעשתה באמצעות גדודיות של אבני סיקול, גדרות אבן או משוכות צבר. עם זאת, אפשר להצביע על כמה סוגים של כתמי צמחייה, או בתי גידול אורכיים, היכולים להוות בסיס לתכנון מסדרונות אקולוגיים בנוף החקלאי. באזורים שבהם נשמר תוואי החקלאות

בנופים חקלאיים מסורתיים באזורים רבים בעולם ישנם כתמי צמחייה אורכיים על גדרות אבן וטרסות, לצד ערוצי נחלים ותעלות ניקוז, בשולי שדות, גדרות חי ופסי צמחייה טבעית שניטעו או נשמרו בין שדות חקלאיים וסיפקו יתרונות סביבתיים רבים לחקלאות.

באירופה ניטעו גדרות החיות (Hedgerows) כדי להגדיר את הגבולות של היחידות החקלאיות, אך הן מילאו תפקידים נוספים: שבירת הרוחות ומיתון סערות, הצללה וקירור, מניעת חדירה של עדרים לשדות מעובדים, שמירה על הקרקע מפני סחיפה על-ידי מים ורוח, וצמצום השטיפה של חומרי דשן והדברה מהשדות החקלאיים אל בתי גידול סמוכים. עם זאת, ידוע שהגדרות החיות הן בית גידול

[44] McArthur, R. H. and E. O. Wilson (1967). *The theory of island biogeography*, Princeton University Press.

[45] Diamond, J. M. (1975). "The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves." *Biological Conservation* (7): 129-146.

במגוון מינים גבוה בהשוואה לבתי הגידול הטבעיים והחקלאיים^[47].

שולי השדות יכולים להיות בית גידול לאוכלוסיות של מינים הנודדים אל תוך השדה החקלאי. מינים אלו יכולים להיות מועילים, כמו למשל טורפים המשמשים כמדבירים ביולוגים טבעיים או מאביקים, אך באותה מידה, שולי השדה יכולים גם לקיים אוכלוסיות מקור למינים שינדרו לתוך השדה ויזיקו לגידולים החקלאיים.

חסר מידע אקולוגי רב בנוגע למגוון הביולוגי בשולי השדות. יחד עם זאת, כבר יש תובנות מסוימות בעניין התהליכים האקולוגיים והשפעתם על הממשק החקלאי. לדוגמה,

שולי השדות החקלאיים הם אזורי המעבר שבין שני סוגים של שימושי קרקע חקלאיים, או בין קרקעות חקלאיות לקרקעות טבעיות. אפשר להתייחס אליהם כאל בית גידול ייחודי של אזור מעבר אקוטון (Ecotone). מכיוון שישנם סוגים שונים של שדות ושל בתי גידול טבעיים, אי-אפשר לאפיין חברת צומח ייחודית לשולי שדות. חברה כזאת היא בדרך-כלל תערובת של מיני צומח מקומי, שמקורם בכתמים הטבעיים, עם מיני צומח שמקורם בשטחים החקלאיים המופרים. הרכב החברה בשולי השדות הוא תוצאה של יחסי גומלין מורכבים בין חברת הבר, הממשק של שולי השדה ושל הגידולים החקלאיים ומבנה הנוף כולו^[46]. במקרים רבים, שילוב זה גורם לכך ששולי השדות מתאפיינים

שולי שדות מופרים באופן תדיר על-ידי עיבוד הקרקע והטיפול בגידול. ההפרעות מהפיכת הקרקע והסרת הצמחייה הרב-שנתית בשולי השדות, מעודדים התבססות של צמחי בר הגדלים בבתי גידול מופרים עקב פעילות האדם (ראו תיבת מידע על צמחי שדות וצמחי מעזבות). דישון-יתר של השדות מוסיף חומרי הזנה גם לשולי השדות ומשפיע על חברת הצומח המאפיינת אותם. אפשר לצמצם את הפלישה של מיני צומח מזיקים משולי השדה אל תוך הגידול החקלאי על-ידי צמצום ההפרעות וייצוב המערכת האקולוגית בשולי השדה, ועל-ידי עידוד צמיחה של חברת צומח מגוונת ויציבה המורכבת ממינים מקומיים רב-שנתיים^[48].

תיבת מידע: צמחי מעזבות וצמחי שדות/באשה המלווים את בתי הגידול החקלאיים

צמחי השדות או צמחי באשה (צמחים סגטליים), וצמחי מעזבות (צמחים רודורליים), הן שתי קבוצות של צמחים הנוטים לצמוח בבתי גידול מופרים כגון שדות חקלאיים, שולי שדות, אזורי הנמצאים תחת לחץ רעייה כבד, ולאורך כבישים ודרכים חקלאיות.

צמחי שדות/באשה (צומח סגטלי) הם צמחי בר שתחום תפוצתם העיקרי הוא שדות מעובדים. צומח השדות נחלק לצומח של שדות בעל (קסרוסגטליים), וצומח של שדות שלחין (הידרוסגטליים). רוב המינים של צמחיית השדות הם עשבוניים חד-שנתיים או רב-שנתיים. חלקם מינים שיכולים לצמוח גם באזורים טבעיים וגם בשדות מעובדים (צמחי שדות מותנים), וחלקם מופיעים בשדות מעובדים בלבד ואינם מתקיימים בבתי גידול טבעיים (צמחי שדות מוחלטים). לצמחי שדות תכונות אקולוגיות התורמות להפצתם ולהסתגלותם בתנאי עיבוד חקלאי, כגון: זרעים הדומים לזרעים של צמחי תרבות, כושר ריבוי רב וקצב צמיחה גבוה, מנגנונים להפצת הזרעים ביחד עם זרעים של צמחי התרבות, פיזור הנביטה על פני שנים והצטברות של בנק זרעים גדול בקרקע. ישנם מינים המסוגלים להגיע להבשלת הזרעים גם אם צמח האם ניתן מן הקרקע בטרם עת. תכונה זו מקנה לצמחים עמידות בפני טיפולים אגרונמיים. צמחי השדות פוגעים בגידול החקלאי משום שהם מתחרים עם צמחי התרבות על משאבי מים, חומרי הזנה ואור. ישנם מינים שמפרישים חומרים מעכבי נביטה וצמיחה הפוגעים בגידולים, וישנם מינים של צמחי שדות המשמשים כפונדקאים של גורמי מחלות או מזיקים חקלאיים.

צמחי מעזבות (צומח רודורלי) הם צמחי בר הגדלים כחברות חלוץ בבתי גידול מופרים כגון שפכי קרקע, מעזבות וצדי דרכים. הקרקעות בבתי גידול אלו עשירה בתרכובות אורגניות וחקניות והתחרות בהם על המרחב מועטה. נראה שרוב צמחי המעזבות עמידים בפני ריכוזים גבוהים של חנקות.

מינים רבים של צמחי שדות ומעזבות הם מינים בעלי תפוצה עולמית רחבה. רוב הצמחים האופייניים לשדות השלחין ורבים מצמחי המעזבות הם "צמחים גרים" בישראל.

[46] Le Coeur, D., J. Baudry, et al. (2002). "Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context." Agriculture, Ecosystems & Environment 89(1-2): 23-40.

[47] Marshall, E. J. P. Ibid. "Introducing field margin ecology in Europe." 1-4.

[48] Marshall, E. J. P. and A. C. Mooney Ibid. "Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture." 5-21.

לשולי שדות שלושה תפקידי מפתח אקולוגיים במערכות אגרו-אקולוגיות:

- הגדלת מגוון המינים במערכת (ערך המגוון הביולוגי);
- אספקת בתי גידול עבור מינים נדירים או מינים בסכנת הכחדה (ערך שמירת הטבע);
- אספקת שירותים אקולוגיים התומכים במערכת החקלאית (ערך תפקודי) כגון שירותי הדברת מזיקים, שירותי פירוק חומרים אורגניים, ומניעת סחיפת הקרקע.

תנאי העיבוד ושיטות ההדברה הם שקובעים את הרכב חברת הצמחים המופיעה בשולי השדות ומלווה את הגידולים החקלאיים. חברת חסרי החוליות נוטה להגיב במהירות להשתנות של חברת הצומח, ולכן תכנון שולי שדות המאכלסים מגוון גדול של מיני צומח, יסייע בהתפתחות של חברת חסרי חוליות מגוונת בשולי השדה ובהגברת המגוון הביולוגי בנוף החקלאי כולו^[49]. הפסקת העיבוד החקלאי גורמת לשינוי בתנאי בית הגידול. חברת הצומח בשדות ובמעוזות בשדות נטושים או בשולי שדות יציבים תתנוון

עם הזמן, ותוחלף בחברת צומח מקומי מגוונת ויציבה יותר^[50]. ייצוב של שולי השדות וצמצום ההפרעות של העיבוד החקלאי מעודדים גם מינים מועילים של חסרי חוליות (חרקים, עכבישים, סרטנים, רכיכות) החיים בשולי השדות מיוצבים. חלק ממינים אלו משמשים כמדבירים ביולוגיים טבעיים שעשויים לווסת התפרצויות של מזיקים חקלאיים בתוך השדות^[51]. צמחים בעלי פרחים בשולי שדות תורמים למשיכת אוכלוסיות של חרקים מאביקים החשובים להאבקת קטניות ועצי פרי^[52].

תיבת מידע: "בנק חיפושיות"

באירופה, הבנת תפקידן של אוכלוסיות חסרי חוליות טורפים בשולי שדות מיוצבים הביאו לידי טיפוח אזורים המשמשים לחריפה של מיני חיפושיות טורפות בשוליים ובמרכז של שדות חקלאיים. אזורים אלו הם למעשה "בנק חיפושיות".

"בנק חיפושיות" הוא רצועות של צומח עשבוני הזרועות במיני עשבוניים מקומיים, וממוקמות במרכז שדות חקלאיים גדולים. רצועות הצומח אינן מעובדות, ומיועדות לספק מקומות מסתור וחריפה למינים של חרקים מועילים (בעיקר חיפושיות טורפות). מיקום רצועות הצומח העשבוני במרכז השדות מאפשר הפצה ואכלוס של שדות המוגנים גדולים בחרקים מועילים הבוקעים באביב ונוודים לתוך השדות. מחקרים על תפוצה של חיפושיות קרקע ממשפחת הרצניתיים (Carabidae), שרובן מינים טורפים, הראו שחיפושיות הבוקעות מהגלמים באביב יכולות לנדוד למרחקים של לפחות 60 מטרים ממקום בקיעתן. באנגליה, למשל, מחקרים אלה סיפקו את הבסיס להנחיות מפורטות לגבי ממשק "בנק חיפושיות" בשדות גדולים. למשל, מומלץ לתכנן את הרצועות במרחק שאינו גדול ממאה מטרים זו מזו, ולקשר את הרצועות לכתמי צמחייה טבעית בשולי השדות כדי לעודד נדידה של חיפושיות מהשוליים הטבעיים של השדות אל תוך התווך החקלאי. ממשק להגברת הביולוגיה הטבעית באמצעות "בנק חיפושיות" נחשב אמצעי זול, קל לתכנון ולתפעול, שאינו מפריע לפעילות החקלאית בשדות^[54].

בישראל נמצא שמגוון מיני הפרפרים הגדול ביותר נמצא בשולי השדות החקלאיים, המגוון הבינוני בשטחים הטבעיים, והמגוון הקטן ביותר - בשדות החיטה. תצפיות על מסלולי התעופה של הפרפרים העלו שמרבית המינים נמנעים מתעופה מעל לשדות החיטה. פרפרים שנכנסו לשדה חיטה נטו לחצות אותו במעוף ישיר ומהיר^[53].

ממשק הצומח בשולי השדות משפיע גם על חברת חסרי החוליות כגון שלשולים, טרמיטים, חיפושיות וסרטנים החיים בתוך הקרקע בשולי

השדה, ומכאן גם על התפקוד של שולי השדות כמערכת המספקת שירותי מערכת אקולוגית לשטח המעובד. שולי השדות תומכים במגוון גדול יותר של מיני חסרי חוליות מאשר השדות המעובדים. בשולי השדות שעברו טיפול בגירוד (scarification) של שכבת הקרקע העליונה, הייתה חברת חסרי החוליות דלה במינים ודמתה בהרכבה לחברת חסרי החוליות המאפיינת את השדות המעובדים.

ההשלכות השליליות של פילוח הקרקע והפרת מבנה הקרקע על-ידי חריש או גירוד

הן בין השאר תמותה ישירה מפגיעת המכונות, חשיפת בעלי החיים התת-קרקעיים לגורמים חיצוניים, והפחתת כמות החומר האורגני העומד לרשות המפרקים בקרקע. לכן, כדי להגדיל את מגוון חסרי החוליות בקרקע בשולי השדות החקלאיים, יש להימנע מפליחת הקרקע (על-ידי חריש או על-ידי דיסקוס), וליצור שכבת חיפוי מחומר אורגני באמצעות כיסוח הצמחייה וחיפוי הקרקע. ככל שיש יותר חומר אורגני בקרקע ומבנה הקרקע מופר פחות, מתפתחת בה חברת חסרי חוליות מגוונת יותר, עשירה יותר ויציבה יותר^[55].

[49] Meek, B., D. Loxton, et al. (2002). "The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity." *Biological Conservation* 106(2): 259-271.

[50] יויל, י. אנציקלופדיית החי והצומח של אי, כרך 8, עמודים 97 - 102.

[51] Marshall, E. J. P. (2002). "Introducing field margin ecology in Europe." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89(1-2): 1-4.

Marshall, E. J. P. and A. C. Moonen (2002). "Field margins in northern Europe: their functions and

interactions with agriculture." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89(1-2): 5-21.

[52] Corbet, S. A. (1995). "Insects, plants, and succession: advantages of long term set-aside. *Agiculture*." *Ecosystems and Environment* 53: 201 - 217.

[53] פאר, ג., קרק, ס. ודבנימיני. (2006). *אזורי חקלאיים בשירות הפרפרים: שימור המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים לאורך הגרדיינט "אקלימי בישראל"*. ד"ר מסכם "נקודת חן" www.nekudat-hen.org.il

[54] Woodcock, B. A., D. B. Westbury, et al. (2005).

"Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 107(2-3): 255-266.

Smith, J., S. G. Potts, et al. (2008). "Can arable field margins be managed to enhance their biodiversity, conservation and functional value for soil macrofauna?" *Journal of Applied Ecology* 45(1): 269-278.

[55] Thomas, M. B., S. D. Wratten, et al. (1992). "Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and species composition." *Journal of Applied Ecology* 29(2): 524-531.

ממשק של שולי שדות

באירופה פותחו גישות שונות לממשק של שולי שדות חקלאיים, על-פי המטרות החקלאיות והאקולוגיות שרוצים להשיג: תגבור ההדברה הביולוגית הטבעית, משיכת מאביקים, חיזוק אוכלוסיות ציפורים הדוגרות בקרקע למטרות ציד, שליטה בעשבים רעים, יצירת חיץ משמר בין השדה לבין בתי גידול טבעיים ומסדרונות לחיות בר, ותמיכה במגוון הביולוגי (תת-קרקעי ועל קרקעי). למרבית השיטות לממשק של שולי שדות יש יותר ממטרה אחת, אך עדיין לא פותחו המלצות לממשק המאזן בין מטרות סותרות, כמו שמירת הטבע לצד פנאי ונופש, שימור קרקע לצד משיכת מאביקים וכדומה^[56].

השיטות לממשק הצומח בשולי השדות נחלקות לשתי קבוצות:

• **רצועות צמחייה קבועות**
(Permanent strips)

• **רצועות צמחייה זמניות**
(Temporary strips)

מכיוון ששיקום התפקוד של מערכות אקולוגיות דורש ייצוב של בתי הגידול, רצועות צמחייה קבועות חשובות במיוחד כדי לשמור על הטבע בנוף החקלאי. הן משמשות כמסדרונות מעבר לחיות בר, כבית גידול לצמחים וחסרי חוליות, כבנק חיפושיות,

כמקומות מחיה לאויבים טבעיים למזיקי חקלאות, וכחיץ משמר.

רצועות צמחייה זמניות משמשות למטרות אגרו-אקולוגיות מקומיות כגון משיכתם אל השדה של מאביקים ואויבים טבעיים למזיקי חקלאות. בעונת הגידול החקלאי רצועות אלו נזרעות בתערובות זרעים של פרחי בר המושכים חרקים מועילים לשדה. הן מאכלסות בעיקר מינים המותאמים לתנאים הדינמיים המאפיינים בתי גידול חקלאיים. אורגניזמים אלו נפוצים למרחקים גדולים, מסוגלים לחצות מחסומים בנוף החקלאי, ומותאמים לניצול של בתי גידול לא יציבים.

מקרה בוחן: ממשק שולי שדה באנגליה

באנגליה, למשל, האזור שבין קצה השטח החקלאי לבין קו העיבוד הראשון מעובד באופן אינטנסיבי פחות, כדי לאפשר מרחב מחיה למגוון רחב יותר של צמחים ופרוקי רגליים בשולי השדה. הרצועות העשבוניות האלה נקראות "Conservation headlands". רוחבן של רצועות השימור 4-6 מטרים, כרוחב כנף אחת של מכשיר לריסוס חומרי הדברה. רוחב זה מאפשר להימנע מריסוס בחומרי הדברה באזור זה של השדה, ולעודד התפתחות של המגוון הביולוגי. באזורים שבהם בנק הזרעים הטבעי ששרד בקרקע דל מכדי לייצר מגוון גדול של מיני צומח, החקלאים יכולים לרכוש תערובות של זרעים מקומיים או לערבב זרעים של פרחי בר עם זרעים מהגידול החקלאי, ולזרוע ברצועת ה- Conservation headland.

שדות חקלאיים - מסדרון, מחסום, או מלכודת אקולוגית?

השאלה המרכזית הניצבת לפנינו היא באיזו מידה השדות החקלאיים עצמם יכולים לשמש כמסדרונות מעבר או כמסדרונות בית גידול עבור מגוון יצורים מקומיים? וכן, אילו שינויים בממשק החקלאי בשדות עשויים להפוך את השדות המעובדים עצמם לבתי גידול התומכים במגוון מינים מקומיים?

מסקירת הספרות המדעית עולה שאין כמעט מחקרים העוסקים בנושא הזה. ההנחה הרווחת היא שמרבית השדות המעובדים באופן אינטנסיבי אינם מתאימים לשמש כבית גידול

למינים מקומיים. לכן, מרבית המחקר מתמקד בשימור המגוון הביולוגי בכתמים הטבעיים ששרדו בנוף או בשינוי הנוף החקלאי, כדי לעודד מגוון ביולוגי בין השדות ובשוליהם. מרבית המחקרים מתעלמים מהפוטנציאל של השדות המעובדים עצמם לשמש כבית גידול, ואינם עוסקים כמעט בשינוי הממשק החקלאי בתוך השדה.

אפשר לשער שכאשר מבנה הצמחייה בשטחי החקלאות דומה למבנה הצמחייה הטבעית, השדות החקלאיים עצמם עשויים לתפקד

כבית גידול התומך בשימור המגוון הביולוגי. השדות עשויים לשמש כמסדרונות מעבר עבור חלק מהמינים המקומיים, או להוות חיץ משמר סביב בתי הגידול הטבעיים ולצמצם את אפקט השוליים של שטחי החקלאות על שטחי הבר. ואולם, ממשק חקלאי נוטה ליצור בתי גידול המשתנים כל העת ומופרים באופן פתאומי, כאשר הגידולים נאספים או האדמה נחרשת. שדות מעובדים המספקים בתי גידול מפתים למגוון של יצורים מקומיים עלולים אפוא להפוך למלכודות אקולוגיות לבעלי חיים המשתקעים בהם ואינם מספיקים להימלט מההפרעה.

[56] Smith, J., S. G. Potts, et al. (2008). "Can arable field margins be managed to enhance their biodiversity, conservation and functional value for soil macrofauna?" Ibid. 45(1): 269-278.

הצצה למדע: השפעת הממשק החקלאי על חברת חיפושיות הקרקע בכרמים ובשדות הפלחה באזור שפלת יהודה

בעבודת הדוקטורט שלי חקרתי את הרכב חברת חיפושיות הקרקע המאכלסות כרמים (חקלאות אינטנסיבית) ושדות פלחה (חקלאות אקסטנסיבית) באזור שפלת יהודה.

בבדיקת ההרכב של חברת חיפושיות הקרקע בכרמים, נמצא שיש השפעה מובהקת של ממשק הקרקע החקלאית על חברת החיפושיות החוצה את הכרמים או שוהה בהם. בכרמים שבהם הקרקע רוססה בקוטלי עשבים נצפתה חברת חיפושיות המאופיינת במינים בעלי גוף קטן המאפיינים גידולים חקלאיים. בכרמים אלו כמעט לא נמצאו מיני חיפושיות הנפוצות בשטחים טבעיים של בתה עשבנית ושיחנית הגובלת בשטחים המעובדים. לעומת זאת, בכרמים שבהם נהוג עיבוד משמר של הקרקע ללא פילוח וללא שימוש בקוטלי עשבים בין שורות הגפנים, נמצאה חברת חיפושיות מגוונת יותר, שדומה יותר בהרכבה לחברת החיפושיות המאופיינת את שטחי הבתה הטבעיים באזור.

שדות חיטה בשפלת יהודה אופיינו בעושר קטן יחסית של מיני חיפושיות. רוב מיני החיפושיות שנמצאו בשדות הם מינים בעלי גוף קטן, המאפיינים גידולים חקלאיים. ממצא זה מראה ששדות החיטה הם מחסום בנוף עבור מינים של חיפושיות הנפוצים בבתה הים-תיכונית בשפלת יהודה. עם זאת, שדות הפלחה בשפלת יהודה מעובדים במחזור זרעים (רוטציה של גידולים). לאחר שנתיים של גידול חיטה או דגן אחר, מחליפים את הגידול בקטניות למספוא (אספסת, תלתן, או בקיה), אבטיחים, חמניות או חימצה. בבדיקת ההרכב של חברת החיפושיות בשדות תלתן נמצא עושר מינים גדול מאוד, וניכר שמינים רבים של חיפושיות המאכלסים את אזורי הבתה הטבעיים חודרים אל שדות התלתן וחוצים אותם במהלך העונה החקלאית. המסקנה היא שבאזור שפלת יהודה, עיבוד שדות הפלחה במחזור זרעים מספק הטרוגניות בממד הזמן המגדילה את המגוון הביולוגי בשדות. הרוטציה בגידולים החקלאיים "פותחת" את המחסומים שיוצרים שדות החיטה, ומגבירה את הקישוריות בנוף עבור חיפושיות קרקע הנעות במרחב^[57].

בישראל נעשו ונעשות כמה עבודות לבחינת מידת ההתאמה של שטחי חקלאות לשמש כמסדרונות אקולוגיים למינים מקומיים. ממצאי המחקר בישראל תומכים בממצאים מחו"ל^[58] ועל-פיהם, בנופים חקלאיים מורכבים המאופיינים באחוז גבוה של שטחים טבעיים בין השדות המעובדים, שינויים במדיניות החקלאית

עשויים להפוך חקלאות היוצרת מחסומים בנוף החקלאי לחקלאות התורמת לשימור המגוון הביולוגי.

שיטות לעיבוד משמר של קרקע במטעים ובכרמים עשויות להפוך את השטחים המעובדים למסדרונות מעבר שיתמכו במגוון

בישראל נעשו ונעשות כמה עבודות לבחינת מידת ההתאמה של שטחי חקלאות לשמש כמסדרונות אקולוגיים למינים מקומיים. ממצאי המחקר בישראל תומכים בממצאים מחו"ל^[58] ועל-פיהם, בנופים חקלאיים מורכבים המאופיינים באחוז גבוה של שטחים טבעיים בין השדות המעובדים, שינויים במדיניות החקלאית

הצצה למחקר: מטעי זיתים כמסדרונות מעבר ליונקים גדולים

במחקר שנערך בשפלת יהודה נבדק האם כרמי זיתים משמשים כבית גידול וכמסדרונות מעבר לשלושה מינים של יונקים גדולים: התן, הצבי והדרבן. במהלך המחקר נערכה השוואה בין שהותם של בעלי החיים בבתי הגידול השונים: בכרמי הזיתים, בשדות של חקלאות אינטנסיבית, בשדות גידולי שדה ללא השקיה וביערות וחורשים סמוכים. רמת הפעילות והערכה באמצעות השוואת כמויות גללים.

נמצא שצבאים ודרבנים נוטים להימנע ממעבר בשדות גידולי שדה עונתיים ובשדות חקלאות אינטנסיבית, ומעדיפים להיות פעילים ביערות ובחורשים. בכרמי הזיתים נרשמה רמת פעילות המתקרבת לרמת הפעילות בחורשים, ונראה שהצבאים והדרבנים רואים בכרמי הזיתים בית גידול מתאים למעבר ולשהות. התנים, לעומת זאת, העדיפו לשהות בשטחי החורש הטבעיים ובשטחי גידולי השדה הפתוחים, והמעטו במעבר ובשהות בכרמי הזיתים.

מסקנות המחקר היו שעבור הדרבנים והצבאים, הקישוריות הנופית של האזור עולה ככל שגדלה כמות כרמי הזיתים, ואילו עבור התנים, הקישוריות הנופית של האזור יורדת ככל שכמות כרמי הזיתים עולה^[59].

[59] נעלי ע. (2009). גידול זיתים כפתרון בר-קיימא לביעית השטחים החקלאים הגתושים בשפלת יהודה. חיבור לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה.

[58] Tschardtke, T., A. M. Klein, et al. (2005). "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." Ecology Letters 8(8): 857-874.

[57] סקוטלסקי, א. (2010). שימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים: ממשק אקולוגי ומדיניות חקלאית בשפלת יהודה. (עבודת דוקטורט בכתיבה).

מגוון ביולוגי בממשק חקלאי משמר

אחת השאלות המרכזיות הנוגעות לשימור המגוון הביולוגי היא עד כמה חקלאות בממשק משמר תורמת לשימור המגוון הביולוגי. שלוש צורות ממשק, חלקן דומות וזו לזו ואף חופפות – חקלאות אורגנית, עיבוד משמר של קרקע חקלאית (אי-פליחה, חקלאות ללא חריש) והדברה ביולוגית – מנסות לצמצם את הפגיעה במגוון הביולוגי ולטפח את שירותי המערכת האקולוגית הטבעית.

מגוון ביולוגי בשטחי חקלאות אורגנית

האינטנסיביות של העיבוד הנוף החקלאי. באזורים שבהם מתקיים פסיפס עשיר של שטחי חקלאות ובתי גידול טבעיים שונים, קיימים הבדלים קטנים יותר, כמעט לא משמעותיים, בין ממשק חקלאי רגיל לממשק אורגני^[62].

• חוות אורגניות רבות מהוות יחידות מבודדות בתוך מרחב חקלאי אינטנסיבי המאופיין בשימוש נרחב בחומרי הדברה ובנוף הומוגני. לכן, במקרים רבים הנוף החקלאי האינטנסיבי סביב החווה אינו יכול לספק מקורות להתחדשות המגוון הביולוגי, והמגוון הביולוגי בחווה נותר נמוך למרות שינוי אופי העיבוד החקלאי^[63].

• חקלאות אורגנית מקיימת מגוון של מיקרואורגניזמים בקרקע, הגבוה באופן משמעותי מהמגוון בחקלאות הרגילה. קצב פירוק החומרים האורגניים בקרקע שנאספה בשדות אורגניים גבוה בהשוואה לקצב פירוק החומרים בקרקע שנאספה בשדות רגילים^[61].

• לחקלאות אורגנית השפעה חיובית בדרך-כלל (אך לא תמיד) על עושר המינים ועל שפע הפרטים, אך השפעה זו שונה בין קבוצות מינים ובין נופים.

• עם זאת, מסתמן כי לממשק החקלאי, בין שמדובר בממשק חקלאי רגיל ובין שבממשק אורגני, יש חשיבות פחותה מאשר למידת

החקלאות האורגנית מתאפיינת בממשק חקלאי המתבסס במידה רבה על מחזור חומרים טבעיים ועל תהליכים אקולוגיים. חקלאים אורגניים רבים מקיימים תחלופה של גידולים, משתמשים בכיסוח ובצמחיית חיפוי כתחליף לקוטלי עשבים, מחליפים את השימוש בדשנים כימיים בשימוש בקומפוסט אורגני, ומעודדים אוכלוסיות של אויבים טבעיים כתחליף לחומרי הדברה כימיים.

השוואה בין חקלאות אורגנית לחקלאות רגילה מלמדת כי אף שבחקלאות האורגנית היבולים ליחידת שטח לעתים נמוכים יותר, קיים חיסכון משמעותי בתשומות, בשיעור הגדול מצמצום היבולים^[60]. יתר על כן, נמצא שבמקרים רבים (אם כי לא תמיד) חקלאות אורגנית בשדות פתוחים מסייעת לשימור המגוון הביולוגי:

עיבוד משמר של קרקע חקלאית (אי-פליחה, חקלאות ללא חריש)

ומשאירים את שאריות הצמחים לאחר הקציר בשדה. שורשי הצמחים מחזיקים את הקרקע ומשמרים את יציבותה של השכבה העליונה של הקרקע. שאריות צמחי הגידול מהווים חיפוי המגן על הקרקע מפני סחיפה ובליה ברוח. זריעת הגידולים נעשית ישירות לתוך הקרקע המיוצבת באמצעות מזרעות מיוחדות החורצות תלמים רדודים בקרקע ומטמינות את הזרעים מתחת לצמחיית החיפוי.

הקרקע העליונה לתהליכי בליה מואצים של מים ורוח. יתרה מכך, בגלל החריש גוברת עוצמת הנגר העילי, ואיתו סחף קרקע ושטיפת חנקות וחומרי הדברה מהשדות למקווי מים.

כדי להימנע מנזקים אלו פותחו שיטות לעיבוד משמר של הקרקע. חקלאים המעבדים את הקרקע בשיטות של עיבוד משמר מנמעים מחריש של שכבת הקרקע העליונה,

מרבית החקלאים בעולם חורשים את הקרקע בשעת הכנתה לזריעה. פילוח הקרקע והפיכת שכבת הקרקע העליונה הן פעולות המשמשות להטמנת שאריות הצומח מגידולים קודמים בקרקע. חריש משמש גם לאוורור הקרקע, וכאמצעי אגרו-טכני למלחמה בצמחי באשה עשבוניים ("עשבים רעים"). עם זאת, פעולות החריש המקובלות בחקלאות הרגילה גורמות לערעור מבנה הקרקע ולחשיפת שכבת

[60] Mader, P., A. Flie- Bach, et al. (2002). "Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming." Science 296(5573): 1694.

[61] Ibid. Reganold, J. P., J. D. Glover, et al. (2001). "Sustainability of three apple production systems." Nature 410(6831): 926-930. Bach, et al. (2002). "Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming." Science 296(5573): 1694. Bengtsson, J., J. Ahnstrom, et al. (2005). "The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis." Journal of Applied Ecology 42(2): 261-269.

Hole, D. G., A. J. Perkins, et al. (2005). "Does organic farming benefit biodiversity?" Biological Conservation 122(1): 113-130.

[62] Bengtsson, J., J. Ahnstrom, et al. (2005). "The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis." Journal of Applied Ecology 42(2): 261-269.

Hole, D. G., A. J. Perkins, et al. (2005). "Does organic farming benefit biodiversity?" Biological Conservation 122(1): 113-130.

[63] Fuller, R. J., L. R. Norton, et al. (2005). "Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa." Biology Letters 1(4): 431-434.

שמירה על קיום הקרקע החקלאית אינה הרווח הסביבתי היחיד ממעבר לעיבוד משמר. חריש עמוק מדרדר גם את הפוריות של קרקעות חקלאיות משום שהוא פוגע ביצורים כגון שלשולים וטרמיטים, יצורים הפועלים בתהליכי הפירוק של חומרים אורגניים בקרקע^[64]. החריש העמוק גם מזרז את השטיפה של חומרי הזנה אורגניים מהקרקע^[65]. המעבר לעיבוד משמר תומך במגוון היצורים החיים בקרקע על-ידי ייצוב של בתי הגידול התת-קרקעיים, והעשרת הקרקע בחומרים אורגניים. המעבר מחקלאות רגילה לעיבוד משמר אינו פשוט מבחינה כלכלית וחקלאית. השינוי בתנאים החקלאיים בשדה עלול ליצור תנאים המטיבים עם מינים המזיקים לחקלאות או עם

גורמי מחלות. יתרה מכך, בשנים הראשונות למעבר נדרשות כמויות גדולות יחסית של דשנים עבור חלק מהגידולים, והרחבת השימוש בקוטלי עשבים ובחומרי הדברה נגד מזיקים. בעשורים האחרונים פותחו מזרעות חדשניות וחומרים ממוקדים להדברת עשבים. באופן עקרוני, ההתפתחויות הטכנולוגיות האלה מאפשרות לחקלאים לעבור לעיבוד משמר בלי להתפשר על רווחיות כלכלית לטווח הארוך. ואולם, עלות רכישת המזרעות ומחיר חומרי ההדברה של העשבים אינם מאפשרים לחקלאים "קטנים" לעבור מחקלאות רגילה לחקלאות משמרת. לכן, דווקא באזורים המאופיינים בחקלאות בקנה מידה קטן, שבהם הרווח הפוטנציאלי מאימוץ

אסטרטגיות של עיבוד משמר עשוי להיות משמעותי מאוד לרווחת התושבים ולקיימות, מספר החקלאים העוברים הסבה לחקלאות משמרת כמעט אפסי.

בישראל, המחקר על השימוש בצמחי כיסוי ובחיפוי צמחי במטעים ובשדות גידולי שדה נמצא בחיתוליו. התועלת בגידול צמחי כיסוי במטעים נבחנה בכמה מקרים, כמו בחינה של שיבולת שועל כאמצעי לקליטת חנקות מהקרקע^[66], ושימוש בצמחי כיסוי למלחמה בעשבים רעים, ויסות רמת החנקן, ושימור מים^[67].

מקרה בוחן - עיבוד משמר של קרקע חקלאית בישראל

בשנת 2007 הודיע משרד החקלאות ופיתוח הכפר על מתן תמיכה לחקלאים המעבדים קרקעות בסיכון סחיפה גבוה. מטרת התמיכה הן "קידום חקלאות משמרת, המשלבת שימור קרקע ומים, שיפור התשתית החקלאית והסביבתית על-ידי השהיה וחדור מי גשם, וניקוז עודפי רטיבות". התמיכה הניתנת לחקלאים מיועדת לרכישת מיכון וציוד הכרחי לקיום משטר עיבודים משמרי קרקע. התכנית נמצאת באחריות המנהלית של האגף לשימור קרקע וניקוז של משרד החקלאות.

במסגרת התכנית לשימור קרקע, קיימת בישראל בשנים האחרונות מגמה לאמץ את השימוש בכיסוי צמחי בין שורות העצים במטעים. אפשר לזהות שני ממשקים עיקריים של שימוש בכיסוי צמחי: הראשון, זריעה של צמחי תרבות בין השורות במטע (בעיקר בזרעי שיבולת שועל, ולעתים אספסת); והשני, תחזוקה על-ידי כיסוח העשבייה הטבעית בין השורות ושימוש בה כחיפוי צמחי. עד כה, ההתרשמות מתצפיות לא כמותיות היא שכיסוי צמחי מפחית את סחיפת הקרקע מהמטעים.



כרם עם צמחיית כיסוי טבעית בשפלת יהודה.
(צילום: אורית סקוטלסקי)

[64] Lavelle, P., T. Decans, et al. (2006). "Soil invertebrates and ecosystem services." *European Journal of Soil Biology* 42(Supplement 1): S3-S15.

[65] Holland, J. M. (2004). "The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103(1): 1-25.

[66] שיחה בעל פה עם יונתן אברהםס שהתקיימה ב-11 באוקטובר, 2009.

[67] Ibid.

הדברה ביולוגית באמצעות אויבים טבעיים

הדברה ביולוגית של מזיקים מונעת התפרצויות של מזיקים באמצעות בנייה וטיפול אוכלוסיות של אויבים הטבעיים של המזיקים. תכנון הממשק החקלאי מתמקד בבניית ההגנות הטבעיות של השדה החקלאי, על-ידי "עטיפתו" במערכת אקולוגית טבעית המקיימת מגוון של אויבים טבעיים, או הוספה מלאכותית של אויבים טבעיים לשטח המעובד. בממשק של הדברה ביולוגית, ההדברה הכימית נשמרת בתור מוצא אחרון - למקרי חירום בלבד, שבהם המזיקים לא נכלמו באמצעות האויבים הטבעיים.

עד לעת אחרונה, מרבית הפיתוח של אמצעים להדברה ביולוגית התמקד ביחסי גומלין בין מין אחד של מזיק חקלאי לבין מין אחד של אויב טבעי, ובהבנת יחסי הגומלין האלה ברמת

השדה הבודד. בשנים האחרונות נעשה מאמץ לשנות את קנה המידה המרחבי - מעיסוק ברמת השדה הבודד להתמודדות ברמת הנוף החקלאי^[68]. נמצא כי ככל שהנוף החקלאי מגוון יותר, הוא מאפשר קיום של יותר אויבים טבעיים של יותר מזיקי חקלאות, מכיוון שהוא מספק לאויבים טבעיים מגוון רחב יותר של בתי גידול חלופיים הדרושים לשלבים שונים במחזור חייהם^[69].

כתמים של צמחייה טבעית ששרדו בין השדות ובשוליהם יכולים להפוך לבית גידול למאגר של אויבים טבעיים. לשם כך עליהם להיות מנוהלים בממשק המכוון לייצוב המערכת האקולוגית ולאספקת התנאים הדרושים לחרקים שהחקלאי מעוניין לטפח. מתברר שמנים רבים של אויבים טבעיים זקוקים בשלב

כלשהו במחזור החיים שלהם למשאבים שאינם נמצאים בשדות מעובדים. לכן המינים האלה אינם נמצאים בנופים המעובדים באינטנסיביות, או שנוכחותם בהם נדירה. למשל, אזורים שבהם מרבית השטח מעובד והקרקע נחרשת מדי שנה, אינם יכולים לספק מקורות צוף ואבקה עבור בוגרים של צרעות טפיליות, או קרקע יציבה וכיסוי צמחי רב-שנתי הדרושים להשלמת מחזור החיים של חרקים ועכבישנים טורפים^[70].

נשאלת השאלה מהו המרחק המרבי בין בתי הגידול הטבעיים שעשויים להיות מקור לאויבים טבעיים, לבין השדות שהם עשויים לאכלס. מחקרים שונים בדקו מרחקי תפוצה של אויבים טבעיים, מכתמים טבעיים עד מקורות מזון ופונדקאים שהוצבו בשדות מעובדים.

מרחקי התפוצה האלה מייצגים מרחקי חיפוש של קבוצות פונקציונליות שונות של אויבים טבעיים:

הקבוצה	מרחק תגובה מקסימלי (בק"מ)
מזיקים אוכלי צמחים	1.5
צרעות טפיליות	1.5
טפילים של כנימות הניזונות מדגנים	0.5
עכבישי רשת ממשפחת Linyphiidae, הידועים בתור טורפים חשובים במערכות חקלאיות	2

מקור נתוני הטבלה: (Schmidt, Thies et al. 2004)

שאלה נוספת היא איזה מבנה נוף יעודד קיום של מיני מדבירים ביולוגיים. התשובה הכללית היא שבנופים חקלאיים בעלי מבנה מורכב ורמת קישוריות גבוהה, הסיכוי לשליטה במזיקים באמצעות אויבים טבעיים הוא הגבוה ביותר.

המאפיינים של נוף חקלאי המאכלס מגוון של אויבים טבעיים למזיקי חקלאות הם אלה:
 • השדות קטנים ומוקפים בכתמים או ברצועות של צמחייה טבעית.

• הגידולים מגוונים, וחברת הצומח בתוך השדות ומסביבם כוללת צמחים רב-שנתיים וצמחים חד-שנתיים בעלי פרחים.
 • הגידולים מנוהלים כגידולים אורגניים, תוך צמצום השימוש בכימיקלים חקלאיים עד כמה שאפשר.

הקרקעות מכילות כמויות גדולות של חומרים אורגניים המעודדים פעילות ביולוגית, ובעונת השנה שבה אין גידולים חקלאיים הקרקע מכוסה בחיפוי צומח או בצמחייה^[71].

עם זאת, עדיין אין די מידע לבסס המלצות מפורטות לתכנון של נוף חקלאי שצריך לקיים מגוון גבוה של אויבים טבעיים. מגוון כזה צריך לכלול טורפים ללא העדפות, שתפקידם להחזיק רמה כללית נמוכה של טפילים במרחב, וטורפים מתמחים, שתפקידם למנוע או למתן התפרצויות של טפיל מסוים הפוגע בגידולים^[72].

[68] Tschantke, T., R. Bommarco, et al. (2007). "Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale." *Biological Control* 43(3): 294-309.

[69] Schmidt, M. H., C. Thies, et al. (2004). *Landscape context of arthropod biological control. Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods* G. M. Guff, S. D. Wratten and A. M. A. Collingwood, Victoria, CSIRO Publishing: 55 - 63.

Altieri, M.A., Nicholls C.I., & M.A. Fritz , 2005. *Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies*. Sustainable Agriculture Network, Handbook series book 7. Beltsville MD.
 [70] Ibid.

הצצה למדע: המחקר על שירותי המערכת האקולוגית להדברה ביולוגית בישראל

בישראל נעשו עד היום מעט עבודות על ויסות מזיקים באמצעות אויבים טבעיים החודרים מהסביבה הטבעית אל השדה החקלאי.

במחקר על מטעי אגסים נמצא שצפיפות הכנימות המזיקות במטעי אגסים נמוכה יותר בשולי מטעים הקרובים לחורש ים-תיכוני מאשר במרכז המטעים. מין של פשפש החי על עצי אשחר בחורש הים-תיכוני הוא טורף טבעי של הכנימות. מתברר שאוכלוסיית הפשפשים נבנית במהלך חודש מרץ על עצי האשחר הסמוכים למטע, והפשפשים מופיעים בתוך המטעים בחודש מאי. אולם, מכיוון שהפשפשים חודרים למטעים בשלב מאוחר יחסית של עונת גידול הפירות, אין הם יכולים לווסת את אוכלוסיית המזיקים ולמנוע את הנזק הכלכלי. בתור פתרון הוצע לטעת עצי אשחר ליד השדות, וכך לייעל את ויסות המזיקים על-ידי פשפשים טורפים^[73].

במחקר אחר נמצא שתוספת של אבקת פרחים מעודדת אקריות טורפות ומגבירה הדברה של אקריות מזיקות במטעי מנגו ואבוקדו. החוקרים הציעו שהארכת משך התקופה שבה יש אבקת פרחים במטע, על-ידי עידוד של צמחיית חיפוי בין עצי המטע, עשויה למשוך אקריות טורפות למטעים, ולתרום בכך למניעת התפרצויות של כנימות מזיקות^[74].

מחקר על הגירה של עכבישים בין שטחים טבעיים לבין שדות חיטה בנגב הראה שיותר מ-50% מהעכבישים שנאספו בתוך השדות סווגו כמהגרים שחדרו אליהם מהשוליים המדבריים הטבעיים המקיפים אותם. העכבישים מהגרים מהשטחים הטבעיים אל תוך השדות בשלב מוקדם של עונת הצמיחה, וחשיבות לוויסות התפרצויות של מזיקים עשויה להיות מכרעת, מכיוון שהם מספיקים להגיע לצפיפויות גבוהות בתוך השדה במהלך עונת הגידול. המחקר מדגיש את החשיבות של שמירה על בתי גידול טבעיים לצד השדות החקלאיים גם באזורים מדבריים, שבהם יש פער גדול בין מאפייני בתי הגידול הטבעיים והחקלאיים^[75].

[71] Altieri, M. A., C. I. Nicholls, et al. (2005). *Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies*, Beltsville MD.

[72] Bianchi, F. J. J. A., C. J. H. Booij, et al. (2006). "Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273(1595): 1715-1727.

Schmidt, M. H., C. Thies, et al. (2004). *Landscape context of arthropod biological control. Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods* G. M. Guff, S. D.

Wratten and A. M. A. Collingwood, Victoria, CSIRO Publishing: 55 – 63.

Tscharntke, T., R. Bommarco, et al. (2007). "Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale." *Biological Control* 43(3): 294-309.

[73] Shaltiel, L. and M. Coll (2004). "Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The Importance of Orchard Colonization Time and Neighboring Vegetation." *Biocontrol Science and Technology* 14(8): 811 - 821.

[74] Palevsky, E., Y. Maoz, et al. (2007). *Potential indigenous and exotic predators for the biological control of the newly introduced Persea mite, Oligonychus perseae in avocado orchards of Israel*. Proceedings VI World Avocado Congress.

[75] Gavish-Regev, E., Y. Lubin, et al. (2008). "Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem." *Ecological Entomology* 33(2): 202-212.

מקרה בוחן: תנשמות ומכרסמים בשדות חקלאיים בישראל

הדברה ביולוגית של מכרסמים בעזרת תנשמות היא שיטה ידידותית לסביבה המתבססת על יכולת הצייד והריבוי הטבעי של הטורפים, ומהווה תחליף לפיזור רעלים בשדות. פיזור תיבות קינון לתנשמות ולבזים בשולי השדות המעובדים תורם להגברת קצב הרבייה של טורפי-העל, ומספריהם גדלים בהדרגה בשטחים החקלאיים, תוך כדי שהם ניזונים ממכרסמים הנעים סביב הקן^[76].

במרס 2008 נערך סקר מכרסמים ארצי בשדות חקלאיים בחמישה אזורים חקלאיים שונים בישראל. כמעט כל המכרסמים שנלכדו בשדות שייכים לשלושה מינים הידועים בתור המזיקים העיקריים לחקלאות בישראל - עכבר הבית, נברן השדה ומריון מצוי. אוכלוסיות המכרסמים בשדות הן בגדלי ביניים במרבית סוגי הגידולים החקלאיים. האוכלוסיות בעמק החולה הן הצפופות ביותר, ובצפון הנגב הן הדלילות ביותר. אוכלוסיות צפופות של נברנים נמצאו בשדות אספסת או אפונה, מכיון שאלו גידולים מושקים, רב-קציריים, שבהם מתקיים גידול ירוק רציף במשך כמה שנים. מסקנת הסקר היא שבמרבית האזורים ובמרבית סוגי הגידולים (מלבד אספסת), הדברה באמצעות תנשמות תספיק ככל הנראה כדי להחזיק את אוכלוסיות המכרסמים ברמה נמוכה ויציבה, ולמנוע את הצורך בפיזור חומרי הדברה רעילים^[77].

בבדיקת כמות גדולות מאוד של צניפות של תנשמות מאזורים חקלאיים בישראל, לא נמצאו עדויות שהתנשמות ניזונות ממיני חולייתנים שאינם מזיקי חקלאות. אולם, מכיון שחקלאים נוטים לפזר תיבות קינון בכמויות נדיבות סביב השדות, חשוב להמשיך ולנטר את ההשפעה ארוכת הטווח של הוספת תיבות הקינון על מגוון מיני המכרסמים והיונקים הקטנים שחיים באזורים חקלאיים, על מינים אחרים של דורסים, ועל מינים מתפרצים של ציפורים המשתמשות בתיבות הקינון לרבייה.

החולייתנים הקטנים החיים בשטחים הטבעיים הגובלים בשדות.

צפיפות טורפי-על, כמו תנשמות או בזים, באזורים חקלאיים, חשוב לנטר את ההשפעה של אוכלוסיית הדורסים הגדלה על מגוון מיני

אין ספק שיש חשיבות גדולה לשימוש בפתרונות ביולוגיים בתור תחליף לשימוש בחומרי הדברה. ואולם, אם מטפחים את

שילוב אסטרטגיות - גישת החווה השלמה

הקרקע והגידולים החקלאיים. לפי תפיסה זו, כל החלטה ממשקית הקשורה לממשק של מזיקים חקלאיים צריכה להביא בחשבון את ההשלכות של המהלך על המגוון הביולוגי התת-קרקעי (מפרקים) ועל המגוון הביולוגי העל-קרקעי (מאביקים ואויבים טבעיים)^[77].

בתוך השדות ובשוליהם, ועידוד של צמחיית כיסוי וחיפוי צומח בין העצים במטעים ובכרמים.

גישת "החווה השלמה" היא גישה הוליסטית לתכנון מערכות חקלאיות המשלבות בין ניהול המזיקים החקלאיים ובין היבטים של ניהול

ניהול הנוף החקלאי באופן שמעודד הדברה ביולוגית טבעית אינו דורש בהכרח שינויים קיצוניים בממשק החקלאי או ויתור על שטחים יצרניים נרחבים. דרושים רק שינוי הממשק בשולי השדות, הימנעות מריסוסים וצמצום ההפרעות, טיפוח רצועות צומח כבןן חיפושיות

^[77] **מוטור, י., לשם, י., דו. אלון** (עורכים), 2009. שימוש בתנשמות ובזים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות (סיכום שנה ראשונה, יוני-2007 דצמבר 2008). החברה להגנת הטבע.

בשטחים חקלאיים. עבודת גמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים.
מוטור, י., לשם, י., דו. אלון (עורכים), 2009. שימוש בתנשמות ובזים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות (סיכום שנה ראשונה, יוני-2007 דצמבר 2008). החברה להגנת הטבע.

^[76] **אביאל, ש., מוטור, י., כחילה-בר-גל, ג. ו. לשם**, 2003. דגשנות כמדביר ביולוגי של מכרסמים.
טורס, ע. 2002. האם התנשמות (*Tyto alba*) היא טורף סתגלתי או מתמחה. עבודת גמר לתואר מוסמך, אוניברסיטת תל-אביב.
כחילה, ג. 1992. התנשמות כמדביר ביולוגי של אוכלוסיות מכרסמים

עקרונות לקיום מסדרונות אקולוגיים בנופים חקלאיים

חשוב בתכנון

מסדרונות אקולוגיים חייבים להיות מתוכננים על בסיס הבנת הרקע המדעי, ובשילוב אקולוגים בתהליך התכנון.

יש להקפיד להגדיר במדויק את כל התפקידים האקולוגיים והחברתיים שהמסדרון מיועד לספק לקראת תהליך התכנון של מרחב המסדרון ושל עקרונות הממשק שלו.

בתכנון מסדרונות אקולוגיים חשוב:

- להגדיר במדויק את התפקידים האקולוגיים והחברתיים שהמסדרון הירוק מיועד לספק - לפני תחילת התכנון ובמהלכו.

- להבדיל בין שדרות ירוקות המיועדות לספק בעיקר שירותים סביבתיים וקהילתיים לאזורים מיושבים, לבין מסדרונות אקולוגיים המיועדים לתמוך בשימור המגוון הביולוגי ובתפקוד המערכות האקולוגיות.

- מסדרון אקולוגי שאינו מתוכנן ומנוהל על-פי עקרונות אקולוגיים, ככל הנראה לא יתאים למילוי התפקידים האקולוגיים המיועדים לו.

- למנוע או לצמצם חדירה והתפשטות של צמחים לא-מקומיים;
- לקיים ממשק משמר בשולי השדות החקלאיים (בהתאם למטרות חקלאיות ואקולוגיות);
- לנהל את הממשק החקלאי בשדות (פילוח הקרקע, קציר, ריסוסים) באופן שממזער את ההשפעות השליליות שלהם על המגוון הביולוגי ועל היציבות של המערכת האגרו-אקולוגית.

באופן כללי, כל ההנחיות לתכנון ולממשק של נופים חקלאיים התומכים בשימור המגוון הביולוגי מציבות עקרון מנחה מרכזי: הגדלת המורכבות המבנית של הנוף החקלאי. הטענה היא שככל שהנוף החקלאי הטרופני יותר, הוא עשוי לתמוך במגוון ביולוגי גדול יותר.

תכנון וניהול של מסדרונות אקולוגיים בנופים החקלאיים חייבים לשלב שימור של כתמי צמחייה טבעית עם ממשק אקולוגי של אזורי חיץ בין השדות ובשוליהם, ועם שינוי הממשק החקלאי בשדות המעובדים עצמם.

ישנן כמה הנחיות כלליות לתכנון נוף חקלאי התומך בשימור המגוון הביולוגי:

- להגדיל עד כמה שאפשר את מורכבות הנוף. ככל שהנוף החקלאי יהיה הטרופני יותר וישלב מגוון של גידולים עם מגוון של בתי גידול טבעיים, הוא עשוי לתמוך במגוון ביולוגי גדול יותר^[80].
- לקבץ את אזורי הפיתוח והשירותים, ולהק על **רצפים של שטחים פתוחים** - טבעיים או מעובדים; לשמור על כתמי צמחייה טבעיים ולמזער את ההפרעות בהם;

מסדרונות אקולוגיים יכולים להיות בגדלים שונים. ישנם מסדרונות אזוריים או לאומיים המתוכננים לתמוך בתהליכים אקולוגיים ואבולוציוניים לטווחי זמן ארוכים של עשרות או מאות שנים, ואף יותר, כגון: הפצה של מינים איטיים יחסית, זרימת גנים בין תתי-אוכלוסיות של מינים, ושינויים בתחומי תפוצה בתגובה לשינויי אקלים. מסדרונות אלו צריכים להיות רחבים במיוחד.

במדינות צפופות כמו ישראל, מסדרונות לאומיים המיועדים לתמוך בתהליכים ארוכי טווח לא יכולים להיות מבוססים רק על כתמי צמחייה טבעית בנוף. יש לבחון כיצד אפשר לכלול בהם גם את השטחים החקלאיים כחלק אינטגרלי מהמסדרון^[79].

^[79] שקדי, י. א. שדות (2000). מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים כלי לשמירת טבע, פרסומי חטיבת המדע 01/2000 רשות הטבע והגנים.

^[80] Fischer, J., D. B. Lindenmayer, et al. (2006). "Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production

landscapes." *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(2): 80-86.

Kareiva, P., S. Watts, et al. (2007). "Domesticated Nature: Shaping Landscapes and Ecosystems for Human Welfare." *Science* 316(5833): 1866-1869.

Fischer, J., B. Brosi, et al. (2008). "Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly

farming?" *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(7): 380-385.

Norris, K. (2008). "Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks." *Conservation Letters* 1(1): 2-11.

שטחי הצמחייה הטבעיים הגובלים בו;
 • מגדיל את מגוון בתי הגידול בשדות החקלאיים;
 • הופך את השדות עצמם למסדרונות המקשרים בין כתמים טבעיים.
 פרק זה נועד לסכם את כללי התכנון על בסיס המידע שניתן בפרקים הקודמים.

• הגברת שירותי המערכת האקולוגית בנוף החקלאי על-ידי שימור, שיקום וייצוב של המערכת האקולוגית התת-קרקעית והעל-קרקעית בשולי השדות.

2. **ניהול שטחי חקלאות כמסדרונות אקולוגיים (רמת השדה החקלאי)**
 קיום ממשק חקלאי בשדות המעובדים ש:
 • מצמצם את ההבדלים מבחינת המגוון הביולוגי בין שטחי הגידולים החקלאיים לבין

אפשר להבחין בשני מסלולים מרכזיים לקיום מסדרונות אקולוגיים בשטחי חקלאות:

1. **קיום מסדרונות אקולוגיים בין שטחי חקלאות (רמת הנוף)**
 • הגדלת הקשרים והמעברים בין בתי הגידול הטבעיים, יצירת מסדרונות של בתי גידול טבעיים בנוף ושימור המגוון הביולוגי בהם;
 • הגנה על אגני היקוות, בתי גידול לחים ומקווי מים יבשתיים;

תכנון וממשק של מסדרונות אקולוגיים בין שטחי חקלאות

נוסף על כך קיימים כמה עקרונות לשימור הצמחייה הטבעית:

• יש לשאוף לשמר או לשקם את חברת הצומח במסדרונות כך שתהיה דומה לצמחייה בכתמים הטבעיים שמבקשים לקשר;
 • חשוב לספק במסדרונות בתי גידול יציבים ואיכותיים ככל האפשר;
 • יש לתת קדימות למסדרונות הנמצאים לאורך צירי נדידה או הפצה של מינים שונים.

ביולוגי מרבי בשטחים הטבעיים:
 • צמצום הקיטוע, כדי שהשטחים הטבעיים יהיו גדולים ככל האפשר;
 • הגדלת הקישוריות בין השטחים הטבעיים;
 • צמצום אזורי שוליים שבהם יש מגע בין השטחים הטבעיים לשטחים שבהם יש פיתוח אנושי;
 • יצירת אזורי חיץ להגנה על השטחים הטבעיים מפני השלכות שליליות של הממשק החקלאי.

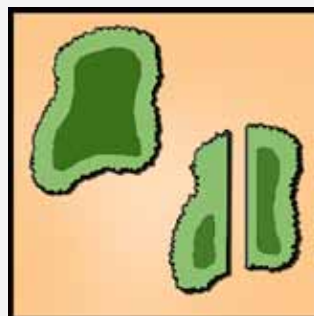
חשוב להגן על בתי הגידול הטבעיים ששרדו בנוף החקלאי, אך לעתים אי-אפשר לשמר את כולם ויש לקבוע סדרי עדיפויות. בשיקולים יובאו בחשבון גודל השטחים, אחוז השטחים הנמצאים בשוליים ביחס לעומק בית הגידול הטבעי, מידת הקישוריות בין השטחים הטבעיים, אופי שטחי החקלאות מסביב ומידת השפעתם על השטחים הטבעיים.

ישנם שלושה עקרונות מרחביים שצריכים להנחות את ניהול השטח כדי לשמר מגוון

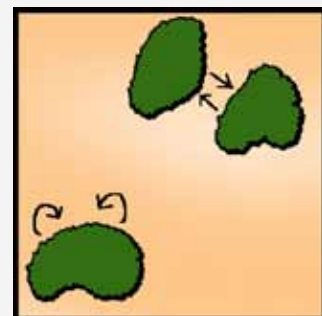
חשיבות המרחק בין כתמים וצורת הכתם לשימור הגיוון הביולוגי



כתם שצורתו אינה מפותלת יסבול פחות מאפקט השוליים, ויוכל לספק בתי גידול יציבים ("פנימיים") באחוז גבוה יותר משטחו.



ערכו של כתם שלם לשימור מגוון ביולוגי גדול יותר מערכו של כתם מקוטע בגודל דומה



ככל שהמרחק בין הכתמים קטן יותר, רב הסיכוי שיתקיימו קשרי גומלין בין פרטים ומינים החיים בכתמים סמוכים

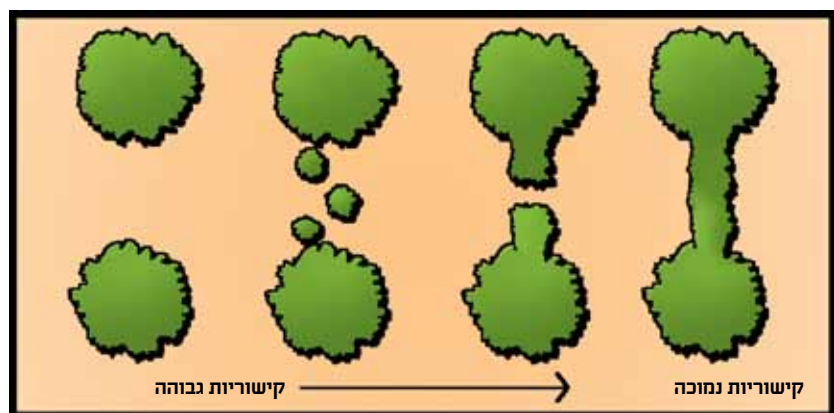
(Bentrop, 2008)

הנה פירוט של הנחיות ודוגמאות הנגזרות מעקרונות אלו:

- מומלץ לשמור על מרחקים קטנים ככל האפשר בין כתמים טבעיים בנוף. ככל שהמרחק בין הכתמים קטן יותר, גדל הסיכוי שיתקיימו קשרי גומלין בין פרטים ומינים החיים בכתמים סמוכים. יחסי הגומלין הפוטנציאליים האלה תלויים באורח החיים ובמרחקי התפוצה של מינים שונים.

- בתי גידול טבעיים קטנים ומבודדים זה מזה הנשמרים בין שטחים חקלאיים יכולים להוות מסדרונות הבנויים כאבני דריכה, זאת בתנאי שהמרחקים ביניהם אינם גדולים מדי, וחלק מהמינים יכולים לדלג ולעבור מבית גידול אחד למשנהו.

- מומלץ לשמר שטחים שבהם אזורי שוליים מעטים. כתם טבעי שצורתו אינה מפותלת יסבול פחות מאפקט השוליים ויוכל לספק



עקרונות להגדלת הקישוריות בין כתמים סמוכים באמצעות מסדרונות לינאריים - טבעיים או משוקמים (Bentrup, 2008).

- בתי גידול יציבים ("פנימיים") באחוז גבוה יותר משטחו. בתי הגידול הטבעיים והיציבים דרושים למינים "פנימיים" הנמצאים בדרך-כלל בסיכון בגלל הרס וקטטוע של בתי גידול טבעיים.

- במצב שבו יש שני כתמים שגודלם דומה, אולם אחד מהם מבוזר והאחר שלם, הכתם השלם הוא בעל ערך רב יותר לשימור המגוון הביולוגי מאשר הכתם הקטוע. זאת מכיוון שבכתם השלם אפקט השוליים עשוי להיות נמוך יותר, ולכן המגוון הביולוגי שישורד בכתם לאורך זמן צפוי להיות גדול יותר.

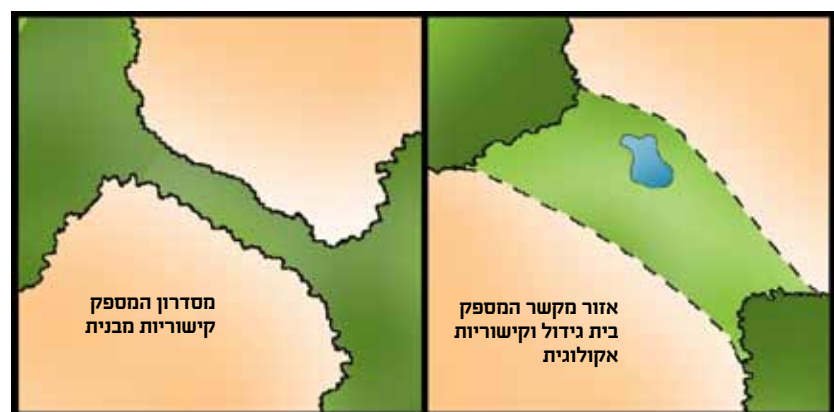
- אפשר להגביר את הקשר בין השטחים הטבעיים בנוף החקלאי באמצעות שמירה או שיקום של **מסדרונות** של רצועות צמחייה טבעית לאורך קווים אורכיים בין השדות ולאורך שולי השדות המעובדים.

- צמחייה מקומית ששרדה בנוף או צמחייה מקומית משוקמת בין שדות מעובדים ובשולי השדות צריכה להיות מותאמת למטרות האקולוגיות והחקלאיות.

- יש לשאוף לקשר מחדש בתי גידול שהיו מחוברים בעבר (שיקום קשרים היסטוריים).

- "אזורים מקשרים" עדיפים ממסדרונות צרים. כדאי להימנע מהגבלת המסדרונות המתוכננים לכתמי צמחייה אורכיים צרים הבנויים מסוג צמחייה אחד.

- מוטב לתכנן מסדרונות הבנויים כ"אזורים מקשרים" רחבים, שבהם כמה תצורות צומח. גישה זו מאפשרת ליצור מסדרונות שיכולים להוות בית גידול למגוון מינים מקבוצות פונקציונליות שונות, וכן לספק שירותים אקולוגיים לשטחים החקלאיים.



חוב לתכנן "אזורים מקשרים" (בריבוע הימני) במקום מסדרונות מבניים (בריבוע השמאלי) (Bentrup, 2008).

- במקרים רבים, רצף הצמחייה הטבעית מופר בנקודות שונות, ונוצרים בנוף מסדרונות שאינם רציפים. פערים ברצף הצמחייה במסדרונות עלולים לפגוע בקשר בין אוכלוסיות, לבודד אותן ואפילו להפוך את קווי הצמחייה למלכודות אקולוגיות ליצורים שחודרים למסדרונות. לכן, בתכנון של מסדרונות אקולוגיים יש להקפיד לשקם ולסגור פערים קריטיים לאורך מסדרונות אורכיים.



פערים קריטיים למיפוי ולשיקום לאורך מסדרון הבנוי מכתמים של צמחייה טבעית ששרדו בין השדות (Bentrup, 2008).

העקרונות המנחים לממשק פערים לאורך מסדרונות מעבר הם אלה:

- ככל שההבדלים בין חברת הצומח במסדרון לבין חברת הצומח באזור הפער גדולים יותר, ישנה חשיבות גדולה יותר לשיקום או להצרה של הפער;
- למינים קטנים יש "ספי מעבר" צרים יותר לפערים במסדרונות;
- מינים הזקוקים לבתי גידול ייחודיים עלולים להיות בעלי "ספי מעבר" צרים בהשוואה למינים שאינם מתמחים.

אין הנחייה ברורה בנוגע לרוחב המסדרונות המיטבי לשימור קבוצות מינים שונות. נוסף על כך, יש לזכור שהיעילות של מסדרונות אקולוגיים תלויה במשתנים נוספים:

- ככל שמסדרון ארוך יותר, הוא צריך להיות רחב יותר;
- מסדרונות קצרים עשויים לספק קישוריות גבוהה יותר בנוף החקלאי;
- ככל שגודל הגוף של מיני המטרה גדול יותר, יש לספק להם מסדרונות רחבים יותר כדי לעודד תנועה, ולספק בתי גידול

מתאימים לאורך המסדרון:

- ככל שהתווח החקלאי המקיף את המסדרון אינטנסיבי יותר, המסדרון צריך להיות רחב יותר.
- מסדרונות המתוכננים לטווחי זמן ארוכים של עשרות או מאות שנים ואמורים למלא תפקידים המצריכים טווחי זמן ארוכים, כמו הפצה של מינים הנעים לאט, זרימת גנים ושינויים בתחומי תפוצה בתגובה לשינויי אקלים, צריכים להיות רחבים יותר.

רוחב מסדרון מינימלי (במטרים)	רוחב מסדרון מקסימלי (במטרים)	
30	100	צמחים
30	60	חסרי חוליות
30	60	מינים החיים במים
30	180	זוחלים ודו-חיים
60	1,600	עופות של בתי גידול טבעיים בלבד
30	100	עופות של אזורי השוליים
60	100	יונקים קטנים
100	2,400	יונקים גדולים אוכלי עשב
100	4,800	יונקים טורפים גדולים

מקור הטבלה: Bentrup, 2008.

יצירת אזור חיץ משמר (Conservation buffer) בין הכתמים הטבעיים לבין השטחים החקלאיים הגובלים בהם, כדי לצמצם את ההשפעות הסביבתיות המזיקות של הממשק החקלאי על השטח הטבעי. אזורי חיץ משמר חשובים במיוחד במקרים שבהם לתווח החקלאי יש השפעות שליליות חזקות על בתי גידול טבעיים - למשל, שדה חקלאי שהוא

מקור לחדירת מינים פולשים לשמורת טבע, או התנקזות של חנקות משטח חקלאי למקווה מים.

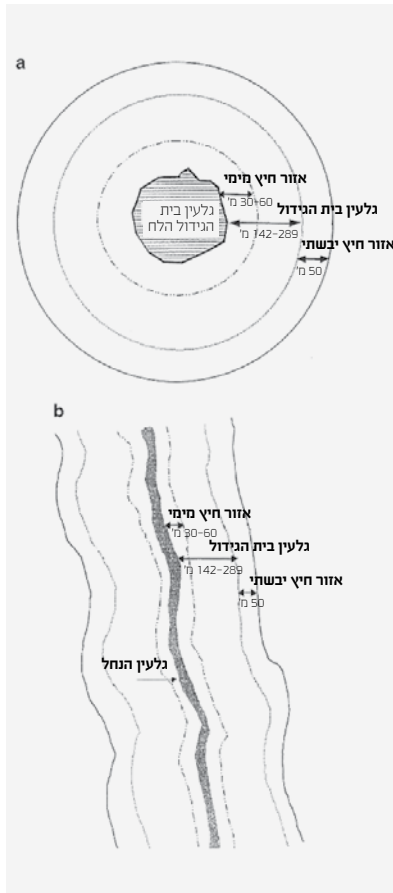
ישנן גם הסתייגויות ואזהרות:

- במקרים מסוימים, הגדלת הקישוריות בין כתמים טבעיים בנוף החקלאי עלולה ליצור בעיות. מסדרונות צרים עלולים להפוך

לכתמים הנשלטים על-ידי מינים האופייניים לאזורי שוליים. הם עלולים להאיץ את ההתפשטות של טפילים, מחלות או מינים פולשים בין השטחים הטבעיים ולתווח השדות.

- לעתים המסדרונות המתוכננים בנוף אינם מתאימים למעבר של מינים שהוגדרו בתור מיני מטרה לשימור.

תכנון וממשק של אגני היקוות, בתי גידול לחים וגופי מים יבשתיים



הצעה לתכנון אזורי חיץ לשימור (א) מקווי מים; (ב) נחלים
(Semlitsch & Bodie, 2003). שני סוגים של אזורי חיץ מוכלים בתחום שבין קו המים ועד למרחק 289 מטרים ממנו: אזור חיץ מימי שמטרתו לשמור על איכות המים, ואזור גלעין בית הגידול שאמור לספק בתי גידול לשלבים שונים במחזור החיים של דו-חיים חצי-יבשתיים וזוחלים מימיים. אזור החיץ היבשתי מספק מעטפת נוספת של הגנה על אזור הגלעין והשומר מפני השפעות שוליים.

אפשר להבחין בכמה סוגים של אזורי חיץ סביב בית הגידול הלח, וההנחיות לשימור מתייחסות להבדלים אלו^[81]:

• **אזור חיץ מימי (Aquatic buffer):** האזור היבשתי הקרוב ביותר לבית הגידול המימי. אזור זה מיועד לשמש כחיץ משמר ולהגן על איכות משאבי המים. רוחב החיץ 30-60 מטרים, והממשק המומלץ - חברת צומח מגוונת, יציבה ומקומית.

• **אזור הגלעין השמור (Core habitat):** האזור שבין קו המים ועד לרדיוס הדרוש להשלמת מחזור החיים של מיני מטרה שונים (למשל אזורי רבייה של דו-חיים או אזורי חריפה לזוחלים). לדוגמה, המרחב המומלץ מקו המים ועד לקצה הגלעין השמור המיועד לשימור דו-חיים הוא 160-290 מטרים.

• **אזור חיץ יבשתי (Terrestrial buffer):** אזור חיץ נוסף, הנמצא מחוץ לשני אזורי הגלעין השונים. אזור זה נועד לשמש כחיץ בין אזורי הגלעין לבין שימושי קרקע חקלאיים המקיפים את מקווה המים. מטרתו למתן את אפקט השוליים של שימושי הקרקע האנתרופוגניים על אזור הגלעין. הרוחב המומלץ לאזור החיץ היבשתי הוא 50 מטרים.

שימור המגוון הביולוגי של נחלים, בתי גידול לחים ומקווי מים מתבסס על קיום אזורי חיץ סביבם. אזורי החיץ מגנים על הגדות ומקווי המים - בתי גידול ייחודיים - ומאפשרים למערכת האקולוגית של הגדות לספק מגוון של שירותים: האטה של זרימת הנגר העילי והגברת חלחול המים לעומק הקרקע, סינון המזהמים, ייצוב הקרקע ומניעת סחף. נוסף על כך, אזורי החיץ סביב ערוצי הנחלים ותעלות הניקוז יוצרים רצף בין בתי גידול לחים.

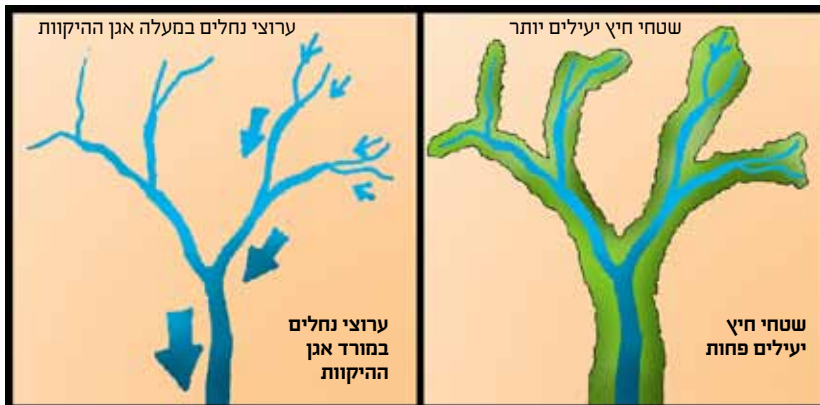
אם כך, בהקשר של חיבור זה נשאלות כמה שאלות:

- כיצד לתכנן ולנהל חיץ משמר שיגן על מקווי המים מזיהומים שמקורם בשדות?
- כיצד אפשר להפוך את האזורים החקלאיים עצמם ל"אזור חיץ יבשתי" שיתמוך בשימור מגוון היצורים: הן אלו המסתמכים על בית הגידול המימי והן אלו המסתמכים על בית הגידול היבשתי המקיף אותו?

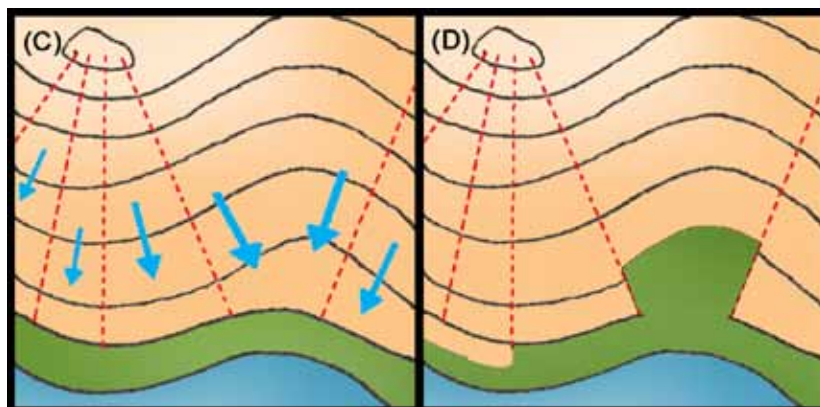
מלבד ההגנה הכללית על אזור הגלעין השמור, יש להקפיד להגן במיוחד על בתי גידול ספציפיים הדרושים להשלמת מחזור החיים של מיני מטרה שונים (למשל בורות מים ומערות לחות המשמשים כמסתור מפני אקלים קיצוני).

[81] Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie (2003). "Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles." Conservation Biology 17(5): 1219.

ארגון החיץ המשמר במרחב



אזורי חיץ משמר המקיפים את ראשי הערוצים ואת ערוצי הניקוז הקטנים יעילים יותר לשמירה על איכות המים ולצמצום סחף הקרקע מאשר אזורי חיץ סביב ערוצים מרכזיים (מתוך Bentrup, 2008).



תכנון רוחבו של אזור החיץ על-פי התנאים הטופוגרפיים ועוצמת הזרימה של הנגר העילי. האיור השמאלי מציג את ההבדלים בעוצמת הנגר העילי בנקודות שונות לאורך שולי הערוץ. והאיור הימני מציג עקרונות להתאמת מקומית של רוחב החיץ המשמר לתנאים הטופוגרפיים (מתוך Bentrup, 2008).

ככל שאזור החיץ המשמר נמצא גבוה יותר באגן ההיקוות, סביב ראשי הערוצים, אפשר להגן טוב יותר על איכות המים ולצמצם את סחף הקרקע.

הרוחב המומלץ של חיץ משמר משתנה מאזור לאזור, על-פי התנאים הטופוגרפיים והסביבתיים. לתוזאי הטופוגרפי ולסוג הקרקע יש השפעה על היכולת של החיץ המשמר לסנן מזוהמים מהנגר העילי המתנקז מהשדות אל מקווי המים. באזורים שבהם המדרונות תלולים ובאזורים שבהם הקרקעות דקות גרגר, נוצר בדרך-כלל נגר עילי רב. לכן באזורים אלו יש לייצר חיץ משמר רחב יותר. כמו כן, באזורים המאופיינים באדמות קלות, האדמה נוטה להיסחף בקלות. לכן גם באזורים האלה מומלץ לתכנן חיץ משמר רחב יחסית. באתר של משרד החקלאות והייעור האמריקאי (USDA), ניתנים כלים לחישוב רוחב החיץ המשמר המומלץ, על-פי התנאים הטופוגרפיים ועומס המזוהמים (ראו באתר: www.bufferguidelines.net).

נוסף על כך, ברמה המקומית, חיץ משמר שרוחבו קבוע יהיה יעיל פחות מחיץ שרוחבו משתנה על-פי התנאים הטופוגרפיים המקומיים, עוצמת הנגר העילי, סוג הקרקע ואופי הממשק החקלאי באזור, התורם את הנגר.

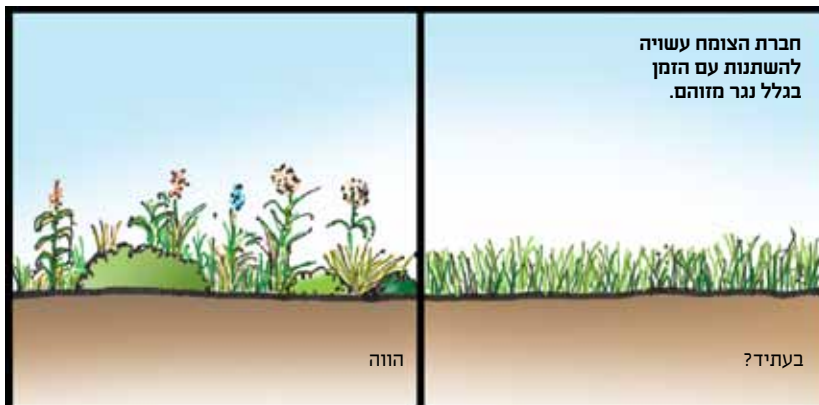
קביעת סדר הקדימויות בבחירת אזורים לתכנון חיץ משמר

- כדאי להתמקד באזורי חיץ משמר באזורים חקלאיים שדרכם נקווים מים רבים למאגרי מי תהום או למקווי מים מרכזיים;
- כדאי למקד את ההשקעה בחיץ משמר באזורים חקלאיים שבהם התוזאי הטופוגרפי תלול ועשוי לייצר נגר עילי רב, ובאזורים שבהם הקרקעות קלות (דקות גרגר) וסחיפת הקרקע מהירה יותר;
- כדאי להשקיע בחיץ משמר באזורים שבהם יש בתי גידול לחים בעלי ערך לשימור.

תכנון וממשק של חברת הצומח באזור החיץ המשמר



שילוב תצורות צומח לשם יעילות מרבית של החיץ המשמר. (מתוך Bentrup, 2008).



תהליכי סוקצסיה של חברת הצומח באזור החיץ המשמר עלולים לשנות את תצורת הצומח, את מגוון המינים ואת הרכב חברת הצומח. (מתוך Bentrup, 2008).



עקרונות יסוד לתכנון רוחבו של אזור חיץ משמר:

- יש לבסס את רוחב אזור החיץ על השירותים האקולוגיים החשובים לשימור;
- יש להתאים את רוחב החיץ המתוכנן ללחצים החיצוניים המופעלים על המערכת האקולוגית;
- יש להתאים את הוראות הממשק של הפעילות באזור החיץ למטרות השימור של המערכת האקולוגית, ולעודד פעילות התורמת לשימור המגוון הביולוגי בכתם השמור.

(מתוך Bentrup, 2008).

צומח טבעי ומשוקם באזורי חיץ מסייע להסיר מזהמים חקלאיים בכמה דרכים:

- האטת קצב הזרימה של הנגר העילי
- הגברה של שיקוע סחף הקרקע
- הגברת חדירות הקרקע למים
- קליטה ומחזור של חומרי הזנה כמו חנקות וזרחן.

באופן כללי, סוגים רבים של צמחייה מתאימים לביצוע כל התפקידים האלה. מומלץ לתכנן חברת צומח מגוונת המורכבת משילוב של תצורות צומח שונות - עצים, שיחים וצמחייה עשבונית. מומלץ להגדיל את עושר המינים באזור החיץ. בכל מקרה, מומלץ להשתמש רק במינים מקומיים המותאמים לתנאי האזור, ולהימנע מזריעה או שתילה של מינים הזרים לאזור.

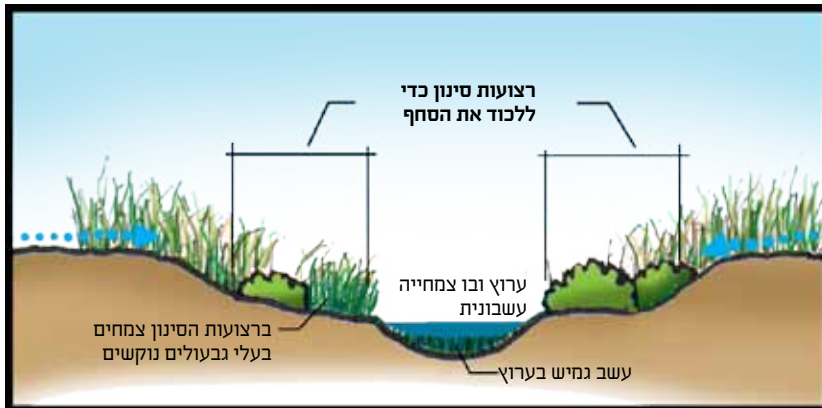
עם השנים, תהליכי סוקצסיה בצמחייה באזור החיץ המשמר עשויים להפוך את חברת הצומח לחברה הומוגנית, המאופיינת במגוון נמוך של מינים רב-שנתיים או מינים פולשים. תהליכים אלו עדיין לא נחקרו לעומק באזורים ים-תיכוניים, ולכן אין המלצות ברורות לממשק ארוך-טווח של חברת הצומח באזורי חיץ סביב בתי גידול לחים בישראל. באזורים הסובלים מעומסי חנקות ומוזיהום חקלאי, חברת הצומח עלולה להיות מורכבת בעיקר מצמחי מעזבות ושולי שדות, וממינים פולשים.

באתר של משרד החקלאות והיעור האמריקאי אפשר למצוא הנחיות מפורטות לתכנון ולממשק הצומח באזורי חיץ שונים, בהם אזורי חיץ המיועדים לעצירת הקרקע הנסחפת משדות מעובדים, אזורי חיץ לקליטת עודפי חנקות או עודף זרחן, חיץ לקליטת חומרי הדברה וחיץ לקליטת מזהמים הנקווים מהשדות במי תהום רדודים^[82].

רוחב אזור החיץ צריך להיקבע על-פי מטרות השימור ואפיון הלחצים החיצוניים המופעלים על המערכת האקולוגית. למשל, לשם הגנה על דו-חיים וצבים המאכלסים בתי גידול לחים, מומלץ לשמר חיץ יבשתי שרוחבו 100-300 מטרים משולי המים.

[82] www.bufferguidelines.net

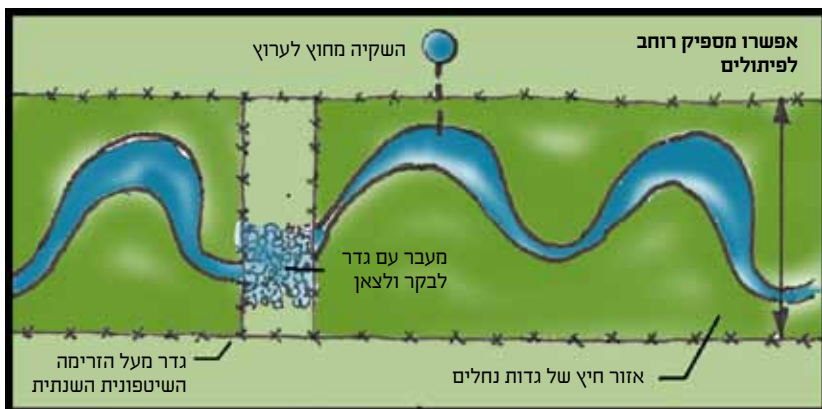
חמשק משמר של תעלות ניקוז חקלאיות



הנחיות לתכנון אזורי חיץ משמר סביב תעלות ניקוז חקלאיות (Bentrup, 2008).

אפשר לתכנן אזורי חיץ משמר גם סביב תעלות ניקוז של שדות חקלאיים. ההמלצות הן לתכנן צמחייה עשבונית נמוכה (קצורה) בתוך התעלות, כדי לאפשר את זרימת המים. לעומת זאת, באזורים המסננים בשולי התעלות יש לתכנן צמחייה שיחנית גבוהה וקשיחה, שתעצור את הקרקע הנסחפת מהשדה המעובד, אך תאפשר התנקזות של נגר עילי לתעלה.

חמשק רעייה סביב ערוצים ובתי גידול לחים



גידול חיץ משמר באזורי מרעה (Bentrup, 2008)

כדי ליצור חיץ משמר יעיל סביב ערוצי נחלים ולשמור על איכות המים בבתי גידול לחים, יש להימנע מרעייה באזור החיץ.

רעיית בקר וכבשים רומסת את הצמחייה באזור החיץ ומאיצה את הבליה של הקרקע. לחץ רעייה גבוה עלול גם להגביר את עומס החומרים האורגניים במים, ולהאיץ תהליכי אוטרופיקציה בבית הגידול הלח.

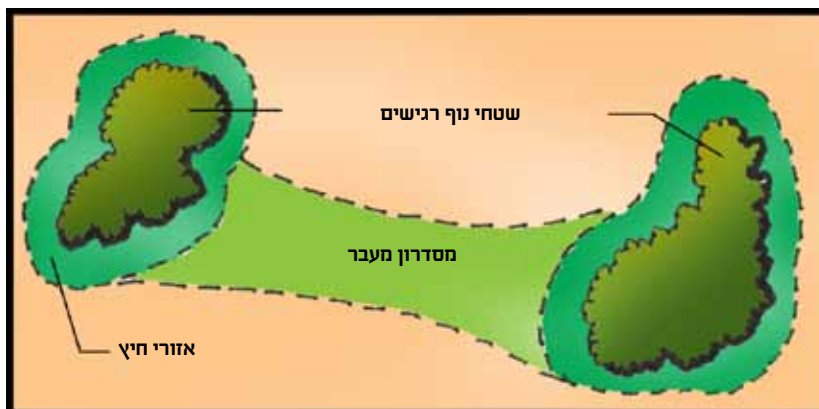
לכן, באזורי מרעה מומלץ לגדר את אזור החיץ המשמר, וזאת כדי למנוע כניסת חיות משק אליו. כמו כן, יש למנוע רעייה כאשר הקרקע רטובה, בתקופת הנביטה וההתבססות של הצמחייה, ובתקופות שבהן כיסוי הצומח מוגבל או סובל מתנאי יובש.

אסטרטגיות משולבות לשמירה על חים, על הקרקע ועל המגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים

נוסף על כך, מומלץ למזער את פילוח הקרקע ואת השימוש בכימיקלים חקלאיים בתקופות שבהן קיים פוטנציאל ליצירת נגר עילי רב.

אזורי חיץ משמר ומסדרונות אקולוגיים יכולים הם אסטרטגיה משולבת לשימור המגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים. אפשר לנצל אזורי חיץ משמר סביב ערוצי זרימה של מים בתור בסיס למסדרון אקולוגי, ולעבות את המסדרון בשולי השדות לשם יצירת רצועות צמחייה טבעיות המאפשרות הגירה בין בתי גידול לחים.

השמירה על איכות המים באזורים חקלאיים אינה יכולה להסתמך אך ורק על יצירת אזורי חיץ משמר סביב הערוצים ומקווי המים. הגישה המערכתית לשמירה על איכות המים תלויה גם בממשק החקלאי באזורים התורמים את הנגר. לכן, יש לשאוף לשינוי שיטות העיבוד בשדות, ולהחיל מדיניות לעידוד הסבה לשיטות עיבוד סביבתיות. בהקשר זה, קיימות המלצות בדבר צמצום השימוש בכימיקלים חקלאיים והסבה להדברה באמצעות אויבים טבעיים, וכן המלצות לצמצום פליחת הקרקע והסבה לעיבוד משמר.



שילוב בין אזורי חיץ משמר לבין מסדרונות מעבר בין בתי גידול לחים (Bentrup, 2008).



מערכת אזורי חיץ באזורים חקלאיים: שימו לב לשילוב המוצע בין אזורי חיץ משמר לבין רצועות צמחייה לאורך קווי הרוחב בתוך השדות. (מתוך Bentrup, 2008).

ניהול שטחי חקלאות בתור מסדרונות אקולוגיים

קיצוניים בממשק החקלאי או ויתור על שטחים יצרניים נרחבים.

האיור למטה מסכם שמונה אסטרטגיות חשובות לממשק חקלאי שמגדיל את המגוון הביולוגי בשדות המעובדים, מעודד מגוון של מפרקים ושל אויבים טבעיים, ותורם לבריאותה וליציבותה של המערכת האגרו-אקולוגית.

אחת השאלות המרכזיות היא כיצד אפשר למזער את הנזקים שגורמת החקלאות למגוון הביולוגי? ובמילים אחרות, כיצד לנהל את השטחים החקלאיים ברמת השדה וברמת הנוף באופן שיתמוך בשימור המגוון הביולוגי?

ניהול הנוף החקלאי באופן שישמר את המגוון הביולוגי אינו דורש בהכרח שינויים



עמודי התווך לממשק אקולוגי של מזיקים במערכות חקלאיות.

האיור מציג אסטרטגיות לממשק המעודד מגוון ביולוגי במערכת חקלאית. בבסיס האיור שמונה "עמודי תווך" לבניית מערכת חקלאית המעודדת אספקת שירותים אקולוגיים. עמודי תווך אלו, העומדים בבסיס הממשק האקולוגי, נחלקים לשניים: אמצעים המתגברים את המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית התת-קרקעית (מפרקים), ואמצעים המתגברים את המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית העל-קרקעית (אויבים טבעיים ומאביקים). עובד מתוך Altieri et al.,^[83] 2005.

[83] Altieri, M.A., Nicholls C.I., & M.A. Fritz , 2005. Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies. Sustainable Agriculture Network, Handbook series book 7. Beltsville MD.

מקרה בוחן: אקופרש טבע - תכנית ממשק לעידוד ערכי טבע ונוף בשטחים חקלאיים

"אקופרש טבע" הוא פרויקט משותף לחברת אגרוסקו לייצוא תוצרת חקלאית לאירופה, ולחברה להגנת הטבע. מטרת הפרויקט לפתח תכנית ממשק משולבת לשימור ולעידוד ערכי טבע ונוף בשטח החקלאי ובסביבתו. במסגרת הפרויקט נבנו שמונה תכניות אזוריות שנועדו לאפשר לחקלאים לעמוד בתקנים האירופיים לחקלאות מיטבית (GAP), ובדרישות הסביבתיות המוכתבות על-ידי התקן לייצוא תוצרת חקלאית של EUREPGAP בנושא שימור ועידוד ערכי טבע ונוף.

מטרות הפרויקט היו לפתח מדד לערכיות של שטחים חקלאיים באזורים שונים בישראל, ולתת לחקלאים הנחיות כיצד להעריך את ערכיותם האקולוגית של שטחים אלו, ולהעלות ערכיות זו באמצעות פעולות ממשק שונות. התכנית מאפשרת לחקלאי לאמוד את היקף המטלות הנדרשות ממנו כדי לעמוד בתקן האירופאי הדרוש לייצוא. תהליך בניית ההמלצות נעשה על-פי מפרטים של רשתות אירופאיות שונות (כמו Tesco - Nature's Choice , Waitrose ועוד)^[84].

^[84] פרלמן, א. וע. דולב (2006). אקופרש טבע: תכנית ממשק משולבת לשימור ועידוד ערכי טבע ונוף בשטח החקלאי ובסביבתו. תכניות VIII - I, שמונה תכניות לאזורים שונים בישראל. פרויקט משותף לאגרוסקו ולחברה להגנת הטבע.

סיכום: כמה מילים על מחקר ומדיניות

אספקת השירותים האקולוגיים, ואנחנו צריכים להשכיל לשלב את תחומי המחקר האקולוגיים עם מחקרים העוסקים במדיניות ובחברה.

פיתוח נוף חקלאי רב-תפקידי הוא אתגר לא פשוט. האתגר המרכזי הוא התגברות על ההסבה של המערכת החקלאית ממערכת ייצור חד-כיוונית הנסמכת על תשומות חיצוניות, למערכת בת-קיימא, המתגברת את המגוון הביולוגי ובה בעת נסמכת על שירותים אקולוגיים אינהרנטיים.

על-אף מורכבותו, עלינו לעמוד באתגר זה אם רצוננו לתחזק את יכולתה של המערכת החקלאית בעולם להאכיל את אוכלוסייתו, תוך שמירה על מקורות הקיום הטבעיים שלנו בעתיד.

ההידרדרות ביכולתה של המערכת האקולוגית לספק למערכות החקלאיות שירותים אקולוגיים חיוניים, שירותים העומדים בבסיס פוריותן.

למדענים העוסקים בשימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים יש תפקיד מרכזי בהבנה ובהכוונה של מגמות השינוי הדרושות - הן ברמה העולמית, הן ברמה המקומית. אנו זקוקים למחקרים על דגמים ועל תהליכי שינוי במצב המגוון הביולוגי, לנוכח מגמות השינוי בשימושי הקרקע השונים. אנו זקוקים לבסיס מידע שיעזור לנו לתכנן נופים חקלאיים התומכים במגוון הביולוגי, ולמדיניות של ממשק חקלאי המעודד את שימור המגוון הביולוגי. אנו זקוקים למחקר שיעזור לנו להבין את הקשרים בין המגוון הביולוגי בנופים החקלאיים לבין

החקלאות היא גורם מניע מרכזי בתהליך ההידרדרות של המערכות האקולוגיות בעולם ובישראל. אם ברצוננו לעצור את תהליך האובדן של המגוון הביולוגי, עלינו לפתח חזון מקיים יותר לחקלאות העתיד. שימור המגוון הביולוגי במערכות החקלאיות צריך להיות חלק מתפיסת עולם רחבה וכוללת, המביאה בחשבון את השלכות השינויים בשימושי הקרקע על טווח רחב של שירותים אקולוגיים חיוניים לרווחת אדם ולקיומו.

אין אנו יוצאים למסע הזה רק כדי להציל את הצבי, הזאב או הקרפדה. מצבם של מינים כאלה בנופים החקלאיים הוא רק מדד למצבה המידרדר של המערכת האקולוגית, שעליה נסמכת המערכת החקלאית. היעלמותם של מיני הדגל האלה מהנופים החקלאיים מעיד על

מקורות

Gaston, K. J., S. F. Jackson, et al. (2008). "The Ecological Performance of Protected Areas." Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 39(1): 93-113.

Gavish-Regev, E., Y. Lubin, et al. (2008). "Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem." Ecological Entomology 33(2): 202-212.

Green, R. E., S. J. Cornell, et al. (2005). "Farming and the Fate of Wild Nature." Science 307(5709): 550-555.

Haberl, H., K. H. Erb, et al. (2007). "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems." Proceedings of the National Academy of Sciences 104(31): 12942-12947.

Hole, D. G., A. J. Perkins, et al. (2005). "Does organic farming benefit biodiversity?" Biological Conservation 122(1): 113-130.

Holland, J. M. (2004). "The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence." Agriculture, Ecosystems & Environment 103(1): 1-25.

Kareiva, P., S. Watts, et al. (2007). "Domesticated Nature: Shaping Landscapes and Ecosystems for Human Welfare." Science 316(5833): 1866-1869.

Klein, A. M., et al. (2007). "Importance of pollinators in changing landscapes for world crops." Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 274(1608): 303-313.

Kremen, C., N. M. Williams, et al. (2002). "Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99(26): 16812-16816.

Lavelle, P., et al. (2006). "Soil invertebrates and ecosystem services." European Journal of Soil Biology 42(Supplement 1): S3-S15.

Le Coeur, D., J. Baudry, et al. (2002). "Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context." Agriculture, Ecosystems & Environment 89(1-2): 23-40.

Mader, P., et al. (2002). "Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming." Science 296(5573): 1694.

Marsh, D. M. and P. C. Trenham (2001). "Metapopulation Dynamics and Amphibian Conservation." Conservation Biology 15(1): 40-49.

Marshall, E. J. P. (2002). "Introducing field margin ecology in Europe." Agriculture, Ecosystems & Environment 89(1-2): 1-4.

Altieri, M. A., C. I. Nicholls, et al. (2005). *Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies*. Beltsville MD.

Bengtsson, J., J. Ahnstrom, et al. (2005). "The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis." Journal of Applied Ecology 42(2): 261-269.

Bentrop, G. (2008). "Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors and greenways." Gen. Tech. Rep. SRS-109, Asheville, NC: USDA, Forest service, Southern Research Station. www.Bufferguidelines.net

Bianchi, F. J. J. A., C. J. H. Booji, et al. (2006). "Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control." Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273(1595): 1715-1727.

Corbet, S. A. (1995). "Insects, plants, and succession: advantages of long term set-aside. Agriculture." Ecosystems and Environment 53: 201 - 217.

Daily, G. C., S. Alexander, et al. (1997). *שירותי המערכת*. האקולוגיה: סוגי תועלת המסופקים לחברות אנושיות על ידי מערכות אקולוגיות טבעיות. סוגיות באקולוגיה. החברה האקולוגית האמריקאית, קמפוס טבע אוניברסיטת תל אביב.

Daily, G. C. (2001). "Ecological forecasts." Nature 411(6835): 245-245.

Diamond, J. M. (1975). "The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves." Biological Conservation 7(1): 129-145.

Fischer, J., B. Brosi, et al. (2008). "Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?" Frontiers in Ecology and the Environment 6(7): 380-385.

Fischer, J., D. B. Lindenmayer, et al. (2006). "Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes." Frontiers in Ecology and the Environment 4(2): 80-86.

Foley, J. A., R. DeFries, et al. (2005). "Global Consequences of Land Use." Science 309(5734): 570-574.

Foley, J. A., C. Monfreda, et al. (2007). "Our share of the planetary pie." Proceedings of the National Academy of Sciences 104(31): 12585-12586.

Fuller, R. J., L. R. Norton, et al. (2005). "Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa." Biology Letters 1(4): 431-434.

אביאל, ש., מוטר, י., כחילה בר-גל, ג. וי. לשם (2003). *התנשמת כמדביר ביולוגי של מכתמים*. עבודת נמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית ירושלים.

גויה, א. ו.ש. פילוסוף (2007). *מקווי מים סמוכי חקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל*. ד"ר סופי שנה ב'. הוגש לנקודת ח"ן.

ויזל, י. אנציקלופדיית החי והצומח של א"י, כרך 8, עמ' 97-102.

טורס, ע. (2002). *האם התנשמת (Tyto alba) היא טורף סתגלתי או מתמחה*. עבודת נמר לתואר מוסמך, אוניברסיטת תל-אביב.

כחילה, ג. (1992). *התנשמת כמדביר ביולוגי של אוכלוסיות מכתמים בשטחים חקלאיים*. עבודת נמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים.

מוטר, י., לשם, י. ו.ד. אלון (עורכים), (2009). *שימוש בתנשמות ובזנים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות* (סיכום שנה ראשונה, יוני 2007-דצמבר 2008). החברה להגנת הטבע.

מנצוב, ס. (2009). *השועל והכרם: מיעוט נזקים של יונקים ועופות לחקלאות*. חוברת מידע לחקלאים. רשות הטבע והגנים.

נעלי, ע. (2009). *גידול זיתים כפתרון בר-קיימא לבעיית השטחים החקלאיים העשויים בשפלת יהודה*. חיבור לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה.

סקוטלסקי, א. (2006). *רפורמות במדיניות המסבד החקלאי באירופה: תכנית לעידוד חקלאות משמרת סביבה*. סקירת ספרות. אתר נקודת ח"ן www.nekudat-hen.org.il

סקוטלסקי, א. (2010). *שימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים: ממשיך אקולוגי ומדיניות חקלאית בשפלת יהודה*. (עבודת דוקטורט בבתיבה).

פאר, ג., קרקס, ו. ד. בנימיני, (2006). *אזורים חקלאיים בשירות הפרפרים: שימור המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים לאורך הגרדיינט האקלימי בישראל*. ד"ר מסכם "נקודת ח"ן". www.nekudat-hen.org.il

פרלמן, א. ו.ע. דולב (2006). *אקופרש טבעי: תכנית ממשק משולבת לשימור ועידוד ערכי טבע ונף בשטח החקלאי ובסביבתו*. תכנית I - VIII, שמונה תכניות לאזורים שונים בישראל. פרויקט משותף לאנרקסון ולחברה להגנת הטבע.

קפלן, מ. וחסין, י. (2009). *שילוב שטחים חקלאיים בשמורות ביסוסיות*. נקודת ח"ן www.nekudat-hen.org.il

שביט, א., להב, א., כרמל, י., ו.א. במברגר (2006). *תעלות ניקוז כגורם רב-מטרי: ניקוז ערפי נגר ובתי גידול לחי ולצומח*. דיווח מדעי סופי לסיוכ פרויקט. הוגש לאגף קרקע וניקוז של משרד החקלאות (מסמך פנימי)

שלוסברג, א. ו.ע. בהט (עורכים) (2000). *סיכונים לעופות דורסים בפרט ולחיות בר בכלל משימוש בחומרי הדברה בישראל* - ניתוח המצב כהווה והמלצות לעתיד. סיכום סדנה בהשתתפות מומחים שהתקיימה בגן חיות התנ"כי.

שקדי, י. א. אדות (2000). *מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים כלי לשמירת טבע*, פרסומי חטיבת המדע 2000/10 רשות הטבע והגנים.

- Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie** (2003). "Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles." *Conservation Biology* 17(5): 1219.
- Semlitsch, R. D. and J. R. Bodie** (2003). "Biological Criteria for Buffer Zones around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles." *Conservation Biology* 17(5): 1219–1228.
- Shaltiel, L. and M. Coll** (2004). "Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The Importance of Orchard Colonization Time and Neighboring Vegetation." *Biocontrol Science and Technology* 14(8): 811 – 821.
- Simberloff, D., J. A. Farr**, et al. (1992). "Movement Corridors: Conservation Bargains or Poor Investments?" *Conservation Biology* 6(4): 493–504.
- Smith, J., S. G. Potts**, et al. (2008). "Can arable field margins be managed to enhance their biodiversity, conservation and functional value for soil macrofauna?" *Journal of Applied Ecology* 45(1): 269–278.
- Thomas, M. B., S. D. Wratten**, et al. (1992). "Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and species composition." *Journal of Applied Ecology* 29(2): 524–531.
- Tilman, D., J. Fargione**, et al. (2001). "Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change." *Science* 292(5515): 281–284.
- Tscharntke, T., R. Bommarco**, et al. (2007). "Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale." *Biological Control* 43(3): 294–309.
- Tscharntke, T., A. M. Klein**, et al. (2005). "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management." *Ecology Letters* 8(8): 857–874.
- Vandermeer, J. and I. Perfecto** (2007). "The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation." *Conservation Biology* 21(1): 274–277.
- Woodcock, B. A., D. B. Westbury**, et al. (2005). "Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 107(2–3): 255–265.
- Marshall, E. J. P. and A. C. Moonen** (2002). "Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89(1–2): 5–21.
- Matson, P. A., W. J. Parton**, et al. (1997). "Agricultural Intensification and Ecosystem Properties." *Science* 277(5325): 504–509.
- McArthur, R. H. and E. O. Wilson** (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- McDonnell, M. J. and S. T. A. Pickett** (1990). "Ecosystem Structure and Function along Urban-Rural Gradients: An Unexploited Opportunity for Ecology." *Ecology* 71(4): 1232–1237.
- Meek, B., D. Loxton**, et al. (2002). "The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity." *Biological Conservation* 105(2): 259–271.
- Millennium Ecosystem Assessment** (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group*.
- Noran, T.** (2003). "Checklist of vertebrate damage to agriculture in Israel, updated for 1993–2001." *Phytoparasitica* 31(2): 109–117.
- Norris, K.** (2008). "Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks." *Conservation Letters* 1(1): 2–11.
- Palevsky, E., Y. Maoz**, et al. (2007). *Potential indigenous and exotic predators for the biological control of the newly introduced Persea mite, Oligonychus perseae in avocado orchards of Israel*. Proceedings VI World Avocado Congress.
- Reganold, J. P., J. D. Grove**, et al. (2001). "Sustainability of three apple production systems." *Nature* 410(6831): 925–930.
- Robertson, G. P. and S. M. Swinton** (2005). "Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture." *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(1): 38–46.
- Robinson, R. A. and W. J. Sutherland** (2002). "Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain." *Journal of Applied Ecology* 39(1): 157–176.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs**, et al. (1991). "Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review." *Conservation Biology* 5(1): 18–32.
- Schmidt, M. H., C. Thies**, et al. (2004). *Landscape context of arthropod biological control. Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods*. G. M. Guff, S. D. Wratten and A. M. A. Collingwood, Victoria. CSIRO Publishing: 55 – 63.