
המארג

התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע



המארג: יום עיון שירותי המערכת – האקולוגית בישראל –

תמונת מצב

חוברת תקצירים

אפריל 2012

האקדמיה הלאומית הישראלית
למדעים, ירושלים



מנהלת המארג

דוד ברנד, מנחם זלוצקי, רן לוי,
יוסי לנץ, גידי נאמן, אבי
פרבולוצקי, משה שחק,
יהושע שקדי

ארגון, תיאום ועריכה

קרן קלס

עריכת לשון

ענבר קמחי-אנגרט

עיצוב גרפי והבאה לדפוס

הילה צריקר
היחידה לשירותי משרד,
האוניברסיטה העברית בירושלים

צילום שער

קרן קלס

ירושלים, אפריל 2012

הקדמה:

שירותי המערכת האקולוגית בישראל - תמונת מצב

תחום המחקר, הניטור והיישום של שירותי המערכות האקולוגיות (שמ"א) הוא חדש יחסית. הוא פותח כדי לאפשר תקשורת יעילה בין מקבלי החלטות, אנשי אקדמיה והציבור הרחב בנושא החשיבות והערך

(האקולוגי, החברתי והכלכלי) של הטבע לאדם. ההתמודדות עם שמ"א היא בין-תחומית, ומשלבת בין המדעים הביופיזיים, הכלכלה ומדעי החברה. המדעים הביופיזיים מאפשרים ניתוח והבנה של מערכות אקולוגיות, ושל הקשר בין תפקוד מערכות אלה לאספקת שירותים חומריים ורוחניים לבני אדם; נוסף על כך, עוסקים המדעים הביופיזיים בהשפעת האדם על המבנה ועל התפקוד של מערכות אקולוגיות. הכלכלה ומדעי החברה חיוניים למדידת ערכם של שמ"א עבור בני האדם. הערך הזה הוא רב-ממדי ובין-תחומי וניתן לבטא ולתרגם אותו במגוון דרכים, כדי לאפשר התחשבות בו מצד מקבלי החלטות ומנהלים. האופי הבין-תחומי והמורכבות של תחום זה מחייבים פיתוח של הבנה מעמיקה של הקשרים ההדדיים בין האדם ומערכות אקולוגיות, קישור של מושגים ממדעי הטבע והחברה וגיבוש שיטות מבוססות מדע לכימות והערכה של שמ"א.

כמו בשאר העולם, המודעות וההתייחסות לתחום השמ"א הולכת וגדלה בארץ, וישנם לא מעט חוקרים וגופים העוסקים בפועל בתחום זה, באופן ישיר או עקיף. כדי לקדם את המחקר בתחום השמ"א בארץ יש להפגיש את העוסקים בתחום כדי להעמיק את השיתוף ביניהם בהתמודדות עם נושא חשוב זה, והמארג נטל על עצמו משימה זו.

המארג הוא פרויקט לאומי בחסות האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, המאגד את רשות הטבע והגנים, הקרן הקיימת לישראל, המשרד להגנת הסביבה ואקולוגים מכל המוסדות האקדמיים בארץ. מטרת המארג היא יצירת ידע לקידום ולשיפור של ניהול השטחים הפתוחים ושל קבלת החלטות הקשורות לסביבה. המארג מקדם את מטרותיו על ידי פיתוח הבסיס המדעי של המבנה והתפקוד של המערכות האקולוגיות בישראל ועל ידי שיתוף פעולה יעיל ופורה בין גופים העוסקים במחקר ובניהול שטחים פתוחים בארץ. ניהול מושכל ומבוסס מדע של שטחים פתוחים מטרותיו רווחת האדם.

לכן, החליטה מנהלת המארג לבנות ולקדם תכנית לאומית למחקר, לניטור ולהערכה של שמ"א בישראל. שלב ראשוני בבניית תכנית רחבת-היקף מסוג זה הוא הכרה של הנושאים בתחום השמ"א בישראל, האנשים העוסקים בו והתוצרים הזמינים לקידום הנושא. ימי העיון הנוכחיים הם נדבך חשוב בשלב הראשוני לקראת תכנית לאומית.

מטרות ימי העיון הן:

- הצגת המארג כארגון בפני קהילת חוקרים ובעלי עניין בתחום שמ"א בישראל;
- הצגה וסיכום מידע עדכני על הנעשה ועל המתוכנן בתחום זה בארץ – שירותים שונים שנחקרים, שיטות, ידע קיים, היקף העבודה הנעשית והאנשים העוסקים בתחום;

- יצירת הזדמנות לחוקרים ולבעלי עניין להכיר זה את זה ואת העבודות השונות בתחום ולתרום לקידום נושא בין-תחומי וחדש זה.

אתגרים רבים עומדים בפנינו עם הכניסה לתחום השמ"א. עלינו להעריך, לחקור ולנטר (א) תהליכים ותפקודים אקולוגיים; (ב) שירותים, שהם בעלי ערך לבני אדם, הנובעים מתהליכים אלה; (ג) סוגי תועלת ספציפיים הנובעים מאותם שירותים; (ד) כיצד סוגי תועלת אלה תורמים לרווחת האדם, ומה ערכם הכמותי; (ה) תהליכי משוב דינמיים בין החלטות על שימושי קרקע, מדיניות ותכנון, המשפיעים על תהליכים ועל תפקודים של מערכות אקולוגיות, על אספקת שמ"א, ועל ערך התועלת שלהם לבני אדם. כל זאת – עבור מגוון מערכות אקולוגיות ומספר רב של שמ"א.

ההרצאות בימי העיון נוגעות לכל אחד מהאתגרים הללו, עבור מגוון של מערכות אקולוגיות ושירותים. יתר על כן, ימי העיון מאורגנים סביב האתגרים, כדי להדגיש את מגוון התחומים והשלבים הנחוצים לבניית תמונה ברורה ומבוססת של מצב ומגמות באספקת שמ"א בישראל, חשיבותם, ביטוי ערכם, וחשיבותם של ממשק וניהול בשמירתם.

אנו מקווים כי ימי העיון יהיו צעד חשוב בקידום תחום שמ"א בישראל ובבניית התכנית הלאומית לשמ"א של המארג.

מנהלת המארג והצוות



שירותי המערכת האקולוגית בישראל – תמונת מצב

16–17 באפריל 2012

אולם ההרצאות של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים
רח' ז'בוטינסקי 43, כיכר אלברט איינשטיין, ירושלים

יום שני, 16 באפריל

- 9:00 – התכנסות
- 9:30–10:15 – דברי פתיחה:
 - משה שחק – ברכות והצגת המארג
 - מנחם זלוצקי וקרן קלס – שמ"א במארג
- 10:15–13:05 – **מושב ראשון:**
 - קשרים בין תפקוד המערכת האקולוגית לאספקת שמ"א: מבט לחקלאות יו"ר המושב: אלי גרונר**
 - ❖ יעל מנדליק – בחינת תרומתן של דבורי דבש ודבורי בר להאבקת גידולים חקלאיים וצמחי בר
 - ❖ משה קול – שירותים אקולוגיים חיוביים ושיליים בוויסות אוכלוסיות מזיקים: המאזן בין שירותי הדברה ביולוגית ומקור פוטנציאלי לנגיעות
 - ❖ אסף דיסטלפלד – אם החיטה כמקור להשבחת החיטה התרבותית
- 11:30–11:45 – הפסקת קפה
- המשך המושב**
 - ❖ גיל אשל – שירותי המערכת של שימור קרקע מבוסס חיפוי צמחי בחקלאות אינטנסיבית
 - ❖ רועי אגוזי, שאהין עוינאת וגיל אשל – שימוש בצמחייה לחיפוי הקרקע: היבטים הידרולוגיים
 - ❖ תמר קיסר – צמחי צוף לשימור מאביקים ואויבים טבעיים
 - ❖ ניר בקר – על נשרים, צבאים, זאבים ומה שביניהם: ניתוח כלכלי של בעיית טריפות העגלים ברמת הגולן
- 13:05–13:50 – הפסקת צהריים
- 13:50–16:20 – **מושב שני:**
 - קשרים בין תפקוד המערכת האקולוגית לאספקת שמ"א: מבט לשטחים פתוחים יו"ר המושב: יואב שגיא**
 - ❖ מרסלו שטרנברג ועפרי גבאי – השפעות שינוי האקלים על שירותי המערכת האקולוגית בישראל: מה חושבים המומחים?
 - ❖ אביטל גזית – שירותי מערכת של מקווי מים באזורים מעוטי מים
 - ❖ דן יקיר – קיבוע פחמן ואיבוד מים במערכות יער אורנים יובשניות למחצה
 - ❖ איל רוטנברג, דוד אסף, אורי דיקן, תמיר קליין ודן יקיר – חילופי שטפים בין הביוספרה לאטמוספירה לאורכו של מפל הגשמים בישראל – הצגה של מערכת מדידות ניידת ותכנית פעולה לשנים הקרובות

- 15:10–15:20 – הפסקת קפה

המשך המושב

- ❖ עירית מנור, פועה בר וניר בקר – בחינת התחלופה בין מגוון ביולוגי ושירותי מערכת אקולוגיים: המקרה של שמורת חולות ניצנים-אשדוד
- ❖ ז'זזה גרינצוויג – קיבוע הפחמן והמגוון הביולוגי והתפקודי במערכת אקולוגית יבשתית
- ❖ אלי גרונר, דניאל אורנשטיין, יקיר פרייזלר, יוג'ין אונגר, אלי צעדי, אלי ארגמן וברט בוקן – הערכת שירותי המערכת האקולוגית בפלטפורמת צפון הנגב: השוואה בין חמש תחנות LTER על פי שימושי קרקע

- 16:20–16:35 – הפסקת קפה

- 16:35–18:00 – מושב שלישי:

שיטות חברתיות ושילוב שיקולים חברתיים בהערכת שמ"א

יו"ר המושב: אביטל גזית

- ❖ אורי רמון, יואב שגיא ואיריס האן – מחקר חלוץ ליישום גישת שירותי המערכת האקולוגית בתכנון ובניהול אזורי של שטחים פתוחים (דוגמת "פארק שקמה")
- ❖ נעמי קן לייכרמי, דפנה דיסני ואברהם חיים – מיזוג בין העדפות חברתיות וצרכים אקולוגיים בתכנון השמורה הביוספרית בכרמל
- ❖ נעה אבריאל-אבני וגיל בן-נתן – שילוב המושג "שירותי מערכות אקולוגיות" במערכת החינוך
- ❖ עדו קן – תועלת נופית משימושי קרקע חקלאית בישראל

- 18:00–18:10 – סיכום היום הראשון וסיום

יום שלישי, 17 באפריל

- 9:00 – התכנסות
- 9:50–9:30 – הרצאת פתיחה: דניאל אורנשטיין – על החשיבות והתועלת של גישה חברתית במחקר על שירותי המערכת האקולוגית
- 10:00–13:00 – **מושב ראשון:**
הערך של שמ"א: כימות כלכלי, כימות לא-כלכלי וסוגיות בהערכה כלכלית של שמ"א
יו"ר המושב: דניאל אורנשטיין
 - ❖ שירי צמח שמיר, מוטי שכטר ובנימין שיטוביץ – כלים כלכליים-אקולוגיים לשמירת המערכת האקולוגית ושירותיה
 - ❖ גילי חכימה-קוניאק – שירותי אקולוגיים: אומדן, שילוב ותחליפיות
 - ❖ בועז ברק ודוד כץ – הערך הכלכלי של שיקום נחלים בישראל
 - ❖ דפנה דיסני, מרסלו שטרנברג ומוטי שכטר – השפעת שינוי האקלים על שירותי התמיכה של המערכת האקולוגית: הערכה כלכלית
- 11:20–11:35 – הפסקת קפה
- **המשך המושב**
 - ❖ עליזה פליישר – ערך שירותי הנוף של הים התיכון
 - ❖ עמית ארד, דפנה דיסני ואהוד שפנייר – תרומתן של שמורות ימיות לשמירה על שירותי המערכת הימית: ניתוח כלכלי
 - ❖ יואב מוטרו – ערכה של הדברה ביולוגית על ידי תנשמות
 - ❖ נחום יהושע, גדי רוזנטל, אסף קשטן, יואב שגיא וערן פייטלסון – כלים ושיטות מחקר לאומדן הערך הכלכלי של שטחים פתוחים
- 13:00–13:45 – הפסקת צהריים
- 13:45–16:30 – **מושב שני:**
מדיניות, ניהול וממשק: השפעותיהם על אספקת שמ"א וממשק לשימור שמ"א
יו"ר המושב: שירי צמח שמיר
 - ❖ פול גינסברג – אספקת שירותי מערכות אקולוגיות על ידי היערות הנטועים בישראל: סקירה כללית
 - ❖ טרין פז-כנג, ארנון קרניאלי, משה שחק ואלי צעדי – הערכת תפקוד המערכת האקולוגית ושירותיה: בחינתם על ידי סמנים של איכות קרקע וייצור ראשוני באזור ממודבר בישראל
 - ❖ אורן סונין – יישום הגישה האקולוגית בניהול ממשק הדיג בישראל
 - ❖ גדעון גל – שמירה על מערכת אקולוגית באגם תוך כדי אספקת שירותים: כמה קשה זה כבר יכול להיות?
- 15:15–15:30 – הפסקת קפה
- **המשך המושב**
 - ❖ גדי רוזנטל – הקונפליקט בבקעת בית נטופה בין שימור אקולוגי לבין פיתוח חקלאי
 - ❖ גילי חכימה-קוניאק ושאל צבן – מאזן שטחים פתוחים – כלי מוצע למקבלי החלטות: מקרה בוחן של תרומת השטחים לקיום דבורי הדבש במועצה האזורית חוף אשקלון
 - ❖ גיל בן-נתן – שירותי המערכת בסדום: תובנות ממערכת פגועה בסביבה קיצונית
- 16:30–17:00 – דוד ברנד – סיכום וסיום

קשרים בין תפקוד המערכת האקולוגית לאספקת שמ"א: מבט לחקלאות

בחינת תרומתן של דבורי דבש ודבורי בר להאבקה גידולים חקלאיים וצמחי בר

יעל מנדליק

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

דבורים חיוניות להאבקה של מספר גדול של גידולים חקלאיים וצמחי בר. החקלאות המודרנית מסתמכת על מספר קטן של מאביקים בגידול מסחרי (בעיקר דבורי דבש ובומבוס), אף על פי שמחקרים הראו כי לדבורי בר פוטנציאל האבקה משמעותי. נוסף על כך, צמחי חקלאות וצמחי בר מסוימים לא מואבקים ביעילות על ידי דבורי דבש, וזקוקים למאביק אחר כדי להתרבות. התבססות על האבקה דבורים בגידול מסחרי היא בעייתית בשל עלויות כלכליות גבוהות לחקלאי, ירידה משמעותית באוכלוסיית דבורי הדבש בעולם ובישראל ונזק אקולוגי פוטנציאלי בהחדרת מאביקים זרים לחברות דבורי הבר המקומיות. לאור החשש הגובר ממחסור בשירותי האבקה לגידולים מסוימים, גוברת ההתעניינות בעולם בפוטנציאל אוכלוסיות טבעיות של דבורי בר לספק "רשת ביטחון" להאבקה גידולים מסוימים, עם זאת, מעט ידוע על פוטנציאל ההאבקה של אוכלוסיות דבורי הבר בישראל ועל ההשפעה של הממשק החקלאי והשטחים הפתוחים בהיקף החקלאות על אוכלוסיותיהן. במחקרים שבוצעו בשפלת יהודה ובערבה התיכונה נמצאו חברות דבורי בר גדולות ומגוונות בשטחים הפתוחים הסמוכים לשטחי החקלאות. עם זאת, מידת פעילותן של הדבורים בשדות החקלאיים עצמם הושפעה במידה רבה מאופי הממשק החקלאי (מסורת לעומת אינטנסיבי), מהמרחק מהשטחים החקלאיים ומהיקף השטחים הפתוחים בסביבת השדות. לדבורי בר פוטנציאל משמעותי לספק שירותי האבקה לחקלאות בישראל הן באזורים מדבריים הן באזורים ים תיכוניים, אולם בצורת הממשק האינטנסיבית הנוכחית תרומתן של דבורי הבר להאבקה גידולים, בעיקר באזורים מדבריים, מוגבלת. עוד נמצא כי דבורי הדבש מסוגלות להאביק ביעילות רק חלק מפרחי הבר באזורים מדבריים, בעוד שהאבקותם של פרחים בעלי מבנה מורכב דורשת התמחות התנהגותית שקיימת אצל מיני הבר בלבד. לכן, בעוד שדבורי הדבש המסחריות הן מבקר מרכזי בפרחי בר במערכות מדבריות, במיוחד בשטחים הסמוכים לחקלאות, תרומתן להאבקה פרחי הבר משתנה רבות בין הצמחים, ועשויה להיות זניחה לעומת תרומתן של דבורי הבר. פאונת דבורי הבר מספקת, אם כן, שירותי האבקה חיוניים למינים רבים של צמחי בר בשטחים מדבריים.

שירותים אקולוגיים חיוביים ושלייליים בוויסות אוכלוסיות מזיקים: המאזן בין שירותי הדברה ביולוגית ומקור פוטנציאלי לנגיעות

משה קול

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

מערכות אקולוגיות חקלאיות מספקות מגוון שירותים אקולוגיים החיוניים לאדם. חלק מהשירותים תורמים להגברת אספקת המזון על ידי מערכות אלה, אולם כשליש מהיבולים החקלאיים הפוטנציאליים אובד בעקבות פעילותם של חרקים מזיקים. אלה הם שירותי מערכת שלייליים. נוסף על כך, ממשק חקלאי מודרני כרוך בדרך כלל בפגיעה במגוון הביולוגי, ורבים סבורים שהדבר פוגע בשירותים האקולוגיים החיוביים שמספקת המערכת, כגון שירותי הדברה ביולוגית של חרקים מזיקים. מחקרים שערכנו בשנים האחרונות במטעי אגסים ובשדות תות שדה מדגימים את חשיבותה של הצמחייה הטבעית בהגברת פעילותם של אויביהם הטבעיים של מזיקי המפתח בשדות החקלאיים. במערכות אלה, אויבים טבעיים (טורפים וצרעות טפילות) ניזונים מטרף, מצוף ומאבקת פרחים הזמינים להם מהצמחייה שבשולי השדות. נוכחות משאבי הטרף והמזון על צמחי השוליים חשובה לקיומם של האויבים, במיוחד בתקופות שאין בהן מקורות מזון מתאימים על צמחי הגידול. כך, האויבים שמתרבים על הצמחייה הטבעית נכנסים לשדות ופועלים שם לריסון אוכלוסיות המזיקים. אולם צמחיית השוליים עלולה גם להוות מקור לחרקים מזיקים שיעברו להיזון מצמחי הגידול החקלאי. אחד האתגרים המרכזיים בקידום חקלאות בת-קיימא ידידותית לסביבה הוא מציאת דרכים לעידוד פעילותם של האויבים הטבעיים (הגברת שירותי ההדברה הביולוגית) מבלי להגביר בכך את שירותי המערכת השלייליים (הגברת הנגיעות במזיקים).

בחלקה השני של ההרצאה, אדון בהנחה הרווחת בדבר קיומו של יחס חיובי בין מגוון המינים במערכת האקולוגית ובין רמת השירותים שהיא מספקת לאדם. מתברר שבמקרים רבים, אויבים טבעיים שונים מחליפים זה את זה בפעילות ריסון אוכלוסיות המזיקים. כך, הגדלת מגוון מיני הטורפים לא תגביר את רמת שירותי ההדברה הביולוגית של המערכת. יותר מכך, טורפים רבים ניזונים לא רק מהמזיקים במערכת החקלאית, אלא גם ממיני טורפים אחרים. במקרים אלה, הגדלת מגוון מיני הטורפים לא רק שאינה תורמת לשירותי ההדברה הביולוגית, אלא אף פוגעת בהם. טריפת טורפים בעקבות הגדלת מגוון מיני הטורפים במערכת, עלולה לשחרר את אוכלוסיות המזיקים מלחץ הטריפה ולהגביר בכך את רמת הנזק לתוצרת החקלאית.

אם החיטה כמקור להשבחת החיטה התרבותית

אסף דיסטפלד

המחלקה לביולוגיה מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת תל-אביב

הבסיס הגנטי של צמחי התרבות ובכללם החיטה, הצטמצם מאוד בעשורים האחרונים כתוצאה מפעילות טיפוח נמרצת. שימוש במיני בר מאפשר את הגדלת השונות הגנטית הנחוצה לשם התקדמות בטיפוח, ועשוי להקנות גם עמידות לפגעים ביוטיים ואביוטיים. אם החיטה (חיטת הבר הדו-גרגרית *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) נושאת את אותם הגנומים המרכיבים את חיטת הדורום ונמצאים גם בחיטת הלחם, ולכן היא מוכללת בקלות עם מינים אלה. עד כה אותרו מספר גנים מאם החיטה שמקנים לחיטה התרבותית עמידות בפני מחלות ומשפרים את איכות הגרגרים. שימור המגוון הגנטי של אם החיטה ושימוש בטכנולוגיות חדשניות צפוי להגדיל את מספר הגנים והתכונות המועילות שיעברו אל החיטה התרבותית באמצעות טיפוח.

שירותי המערכת של שימור קרקע

מבוסס חיפוי צמחי בחקלאות אינטנסיבית

גיל אשל

התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

סחף קרקע והתחתרות ערוצים גורמים נזקים כבדים באבדן קרקע פורייה, בקשיים בעיבוד ובקטיף, בתמותת עצים ובפגיעה בתשתיות. כתוצאה מהגעת סחף קרקע ושקיעתו במערכת הניקוז האגנית נגרמים נזקים חמורים לקרקע ולסביבה, כמו חדירת חומרי הדברה והזנה שמקורם במטע ופגיעה בכושר ההולכה של מערכת הניקוז, שכתוצאה ממנה גדלה הסכנה מהצפות. הניסיון בארץ ובעולם הוכיח כי לאימוץ ממשק של חיפוי קרקע צמחי, בסביבה החקלאית, יכולת ממשית לשפר את מבנה הקרקע (יציבות תלכידים) ואת חדירות המים לקרקע, להפחית את הנגר העל-קרקעי ואת סחף הקרקע, להעלות את פוריות הקרקע ואת איכות הגידול החקלאי ואף להוות כר פורה להגדלת מגוון המינים בסביבה החקלאית. אין לנו ספק שחקלאות מודרנית בת-קיימא שמשמרת קרקע, מים וסביבה היא אחד האתגרים החשובים שעומדים בפני המגזר החקלאי בישראל. למרות היתרונות הברורים לחיפוי פני הקרקע, עדיין חסר בארץ ידע, בעיקר בתחום הבנת ההשפעות ההדדיות בין החיפוי הצמחי בסביבה החקלאית ובין הגידול החקלאי והסביבה. מובאות תוצאות ראשוניות של מחקר רב-תחומי הבודק מספר רב של משתנים תחת ארבעה ממשקי עיבוד בפרדסים צעירים. התוצאות מצביעות על הפוטנציאל שיש לשילוב חיפוי עשבוני טבעי בין שורות העצים עם חיפוי ברסק עץ בשורת העצים, מתן מגוון שירותי מערכת, כולל שימור קרקע ומים, הקטנת דליפות של חומרי הדברה לסביבה והגדלת מגוון המינים בסביבה החקלאית.

שימוש בצמחייה לחיפוי הקרקע: היבטים הידרולוגיים

רוני אגוזי, שאהין עוינאת וגיל אשל

התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

חקלאות בת-קיימא מושגת על ידי עידוד שירותי מערכת אקולוגיים. שתיים מאבני הבניין העיקריות בגישה זו הן שימור מים בקרקע ושימור קרקע או לחילופין – מניעת דליפות של מים כנגר עילי ומניעת סחף קרקע, בהתאמה, מתא שטח חקלאי באמצעות מרכיבים אקולוגיים, כגון צמחייה. רעיון זה יודגם באמצעות הצגת תוצאות ראשוניות של מחקר רב-תחומי הבודק מספר רב של משתנים תחת ארבעה ממשקי עיבוד בפרדסים צעירים, ששלושה מהם הם ממשקי חיפוי קרקע עם גידולי כיסוי: (א) חיפוי קרקע מלא של רצפת הפרדס באמצעות רסק עץ מתחת לעצים וצמחייה חד-שנתית (שיבולת שועל+שבקיה=שבקיה) בין שורות העצים; (ב) חיפוי קרקע מלא של רצפת הפרדס ברסק עץ מתחת לעצים וצמחייה טבעית חד-שנתית בין שורות העצים; (ג) חיפוי צמחי (שבקיה) בין השורות בלבד. הממשק הרביעי הוא קרקע חשופה (הדברה כימית מלאה). השערת המחקר היא שגידולי כיסוי יוצרים שכבת חיפוי פעיל במרווח בין השורות במטע, ויחד עם חיפוי קרקע בקש או ברסק עץ המפוזרים על שורת העצים ועל הגדודית, משפרים את חידור המים, מצמצמים נגר עילי וסחף קרקע, ומשפרים את פוריותה של הקרקע. על בסיס תוצאות ראשוניות נמצא כי אכן קיימים הבדלים מהותיים בערכים של מקדמי עובי גשם-נגר שחושבו עבור הממשקים השונים: 0.1–0.0, 0.1–0.0, 0.7–0.5, 0.9–0.6, בהתאמה. כמו כן, נמצאו שינויים באופי התגובה ההידרולוגית ובצורת ההידרוגרף. למרות התוצאות המבטיחות, קיים צורך להרחיב את המדידות לתת-הקרקע ולקבל תמונה הידרולוגית מלאה באשר ליתרונות ולחסרונות של הממשקים השונים בתנאי הגידול בארץ.

צמחי צוף לשימור מאביקים ואיבים טבעיים

תמר קיסר

החוג לביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה – אורנים

תקציר זה מתמקד בהאבכת גידולים חקלאיים ובהדברת מזיקים במערכות אגרו-אקולוגיות בארץ. שירותי מערכת אלו מתווכים על ידי חרקים מועילים: דבורי דבש ודבורים יחידאיות מקומיות אחראיות לעיקר ההאבקה החקלאית, ומגוון מיני טורפים ופרזיטואידים מספקים בקרה ביולוגית של חרקים מזיקים. צוף פרחים הוא מקור מזון חשוב לדבורים ולפרזיטואידים בוגרים, בעוד שהלרוות צורכות מזון עשיר בחלבונים. מחסור במקורות צוף, הפוגע בהישרדות ובפוריות של חרקים מועילים, מתעורר בעונות שנה דלות בפריחה (סתיו וחורף) ובשטחי גידולים שפריחיהם חסרי צוף. פתרון אפשרי הוא תגבור שטחים פתוחים ושולי שדות בצמחי צוף. בהרצאה אציג שני מחקרים העוסקים באפשרות ממשק זו.

בשנים 2000–2002 סקרנו עצים ושיחים בעלי פרחי צוף שעשויים להתאים למרעה דבורי דבש בצדי דרכים, בשטחים חקלאיים נטושים ובגינות ציבוריות^[1]. הסקר התבסס על סקירת ספרות, על ראיונות עם מומחים ועל תצפיות שדה שנערכו על 32 מינים המגודלים על ידי קק"ל למטרות ייעור. בתצפיות אלו תיעדנו את המשתנים הבאים עבור כל מין: עונת פריחה, מורפולוגיה של הפרח, סוג הגמול בפרח (צוף/אבקה), יכול צוף, ייצור צוף, טיפוס חרקים מבקרים ושכיחות ביקורי חרקים. דירגנו את המינים לפי הפוטנציאל שלהם כצמחי מרעה לדבורים. צמחים שפרחו בעונות דלות-פריחה (יולי-פברואר), ייצרו צוף בשפע, וקיבלו ביקורים תכופים של דבורי דבש – הוצבו בראש הדירוג. שקד מצוי, איקליפטוס המקור, חרוב מצוי ושיזף מצוי זכו בדירוגים הגבוהים ביותר מתוך המינים שנבחנו בשדה.

המחקר השני, הנמצא בראשיתו^[2], מתמקד בהדברה ביולוגית משמרת של הכנימה הקמחית של הגפן, מזיק חקלאי נפוץ בכרמים. בפרויקט זה נבחנו אם גידול של צמחי צוף בשולי כרמים משפיע על העושר ועל המגוון של פרזיטואידים של הכנימה, על שיעור ההטפלה של הכנימות ועל הנזק לענבים. השערת המחקר היא שתוספת מקורות צוף בשולי החלקות תשמר ואף תגדיל אוכלוסיות קיימות של איבים טבעיים כנגד מזיקים. אולם מכיוון שחלק מצמחי הצוף עשויים להיות מקור מזון משלים גם למזיקים שונים, חשוב למצוא את השילוב המיטבי של מיני צמחים, שימשכו מגוון פרזיטואידים, אך לא חרקים מזיקים.

תגבור צמחי צוף עשוי לתרום לייצור מזון דרך האבקה והגנה על גידולים חקלאיים, תוך הפחתת השימוש בחומרי הדברה. תרומה נוספת לשירותי המערכת האקולוגית היא דרך העלאת ערכם הנופי והאקו-תיירותי של שולי שטחים חקלאיים וצדי דרכים.

מקורות

[1] Keasar T and Shmida A. 2009. An evaluation of Israeli forestry trees and shrubs as potential forage plants for bees. *Israel Journal of Plant Sciences* 57: 49–64.

[2] קיסר ת', הררי א', שרון ר' וזהבי ת'. גידול צמחים צופניים בשולי כרמים לשימור מגוון פרזיטואידים, כאיבים טבעיים להדברה ביולוגית. פרויקט לתקופה 2012–2013; ממומן על ידי קרן נקודת ח"ן וקרן מופ"ת.

על נשרים, צבאים, זאבים ומה שביניהם: ניתוח כלכלי של בעיית

טריפות העגלים ברמת הגולן

ניר בקר

החוג לכלכלה וניהול, מכללת תל-חי

ברמת הגולן התפתחה תעשייה ענפה של גידול בקר לבשר המשתרעת על פני שטחי מרעה נרחבים. כמו כן התפתחה בגולן אוכלוסיית זאבים ייחודית. שתי אוכלוסיות אלה, של בקר ושל זאבים, מייצגות שני אינטרסים מתנגשים: הזאבים הם חיה בסכנת הכחדה, אך הם טורפים חלק מוולדות הבקר וגורמים נזקים לבוקרים. בשנים האחרונות מצויים אנשי רשות הטבע והגנים, הבוקרים, ואנשי משרד החקלאות ופיתוח הכפר בהתלבטות באשר לאופן ההתמודדות הראוי עם המצב. מצד אחד ניצב הרצון לשמר את אוכלוסיית הזאבים ומנגד ניצבת הפגיעה המתמשכת בפרנסת הבוקרים בגולן. באופן מעשי נוגעת ההתלבטות בשאלה כיצד עדיף להפחית את הפגיעה בבוקרים ובעדריהם מבלי להזיק לזאבים.

האפשרות הראשונה היא פיצוי לאחר מעשה: לתת לזאבים לטרוף, ולפצות את החקלאים בגין הנזק שנגרם להם בתשלומים ישירים. האפשרות השנייה היא מניעתית: לעזור לחקלאים למגן את החלקות שלהם מפני טריפות וכך למנוע את הנזק. האפשרות של ירי מסיבי בזאבים קיימת תאורטית, אולם אינה עולה על הפרק (לפחות בינתיים).

מחקר זה מנסה לתת תשובה בעזרת מודל כלכלי למציאת שיווי משקל בין עלות ההגנה על העגלים לבין עלות הפיצוי.

במהלך העבודה נערכו ראיונות עם בוקרים בגולן ובגליל. שני עוזרי מחקר יצאו לעבוד איתם כדי להכיר את דרכי עבודתם, וערכו סקר לכדיקת שיטות ההגנה הקיימות כיום בפני הזאבים. נתונים אלה שימשו אותנו לבניית עקומת ההיצע להצלת העגלים בגולן: תמחרנו את עלויות ההגנה השונות, ולבסוף מצאנו את העלות השולית להצלת עגל מפני טריפת זאבים בכל משק. עלות זאת הוצלבה עם עלות הנזק הצפוי לחקלאים אם לא יינקטו פעולות המיגון. הניתוח נעשה בשני מצבים: סכסוד גידור ואי-סכסוד.

בעיית הגידור יוצרת קונפליקט סביבתי. מחד גיסא, גידור יוצר קיטוע אקולוגי עם כל המשתמע מכך. מאידך גיסא, הסיכון האקולוגי כאשר לא משתמשים בגידור גולש אל מעבר לנושא הזאבים והירי בהם כחלופה. הבעיה העיקרית היא שהסיכון להרעלות גדל, ועמו הסיכון להרעלות משניות של נשרים ושל עופות דורסים אחרים שערכם האקולוגי (וגם הכלכלי) משמעותי.

לצורך הכנסת שיקולים אקולוגיים אלה השתמשנו בשיטות הערכה כלכליות של מינים בסכנת הכחדה לאומדן ערכם של נשרים, צבאים וזאבים (הערכים נאמדו עבור מרכיב השימוש, כלומר צפייה בחיות, ועבור ערכים כוללים שבהם הובא בחשבון גם ערך האי-שימוש של התועלת לתושבי המדינה ללא צפייה). לאחר מכן הצלבנו ערכים אלה עם הסיכון הנגזר מכל פעילות. כך למשל, נבדקו השפעת הגידור על אוכלוסיית הצבאים בגולן (כסמן לנזקים מקיטוע) והשפעה של הורדת הגידור על ירי נוסף בזאבים ועל הסיכון הגדל להרעלה משנית של נשרים.

בסיכומי של חלק זה של המחקר נאמדו הערכים הבאים למינים של חיות הבר (האומדנים ניתנים עבור ערכי שימוש, והערכים הכוללים מובאים בסוגריים): זאב: 5,300 ₪ (44,167 ₪); נשר: 24,037 ₪ (96,148 ₪); צבי – בצפון הגולן: 706 ₪ (5,043 ₪); צבי – בדרום הגולן: 8,570 ₪ (61,121 ₪).

תוצאות המחקר מגלות למרבה ההפתעה ששתי ההשפעות המנוגדות מבטלות כמעט לחלוטין האחת את השנייה. לפיכך, ההחלטה לסבסד גדרות מיגון הייתה מוטעית, מכיוון שהיא גרמה להשקעות יתר בגדרות. היה אפשר להפנות את ההשקעות האלה לתשלום על פיצוי בגין טריפות או לחילופין לחסוך אותן כליל מאופן פתרון הבעיה. בפרט התגלה שללא סבסוד המיגון החקלאים היו מצילים 88 עגלים, ללא פעולות מיגון כלל היו נטרפים 225 עגלים, לאחר סבסוד המיגון הם מצילים 139 עגלים ואילו לאחר הבאה בחשבון של כלל ההשפעות האקולוגיות הם אמורים להציל 71 עגלים.

מבחינת העלויות של החלופות השונות, הרי שעלות הפיצוי ללא כל פעולות מניעה מסתכמת בכ-675,000 ₪ לשנה. עלות המיגון ללא סבסוד מסתכמת בכ-155,000 ₪ בשנה. לזאת יש להוסיף 411,000 ₪ בגין ערך של עגלים נטרפים, דהיינו סך עלות של 566,000 ₪ לשנה. עלות המיגון כולל סבסוד מביאה את העלות הכוללת לכ-672,000 ₪, ולכך יש להוסיף 258,000 ₪ בגין עגלים שבכל זאת נטרפים, דהיינו סך עלות של 930,000 ₪ לשנה. אם מובאות כל ההשלכות האקולוגיות בחשבון הרי שעלות המיגון היא 329,000 ₪, ולכך מתווספים עוד 213,000 ₪ בגין עגלים נטרפים, דהיינו סך עלות של 542,000 ₪ בשנה.

יש אפוא מקום לפיצוי שנתי של החקלאים במקום סבסוד המיגון. הבעיה היא שהמיגון כבר הוקם, ולכן ההמלצה החשובה ביותר מהמחקר היא שאין להמשיך בסבסוד המיגון, וכי יש לתת את הדעת על נושא הפיצוי בגין טריפה עם כל ההשלכות הנובעות מכך.

קשרים בין תפקוד המערכת האקולוגית לאספקת שמ"א: מבט לשטחים פתוחים

השפעות שינוי האקלים על שירותי המערכת האקולוגית בישראל:

מה חושבים המומחים?

מרסלו שטרנברג ועפרי גבאי

המחלקה לביולוגיה מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת תל-אביב

שינוי האקלים צפוי להשפיע על המערכות הטבעיות, על תפקודן ועל המגוון הביולוגי שבהן. אף על פי שבעשור האחרון הולך וגדל מספר המחקרים העוסקים בהשפעות עתידיות של שינוי האקלים על תפקוד המערכות הטבעיות, נעשו מעט מחקרים בתחום זה בישראל. לאור מיעוט הנתונים האמפיריים והידע המבוסס מחקרית בנושא, יש קושי להעריך את השפעות שינוי האקלים על המערכות הטבעיות בישראל, ועל שירותי המערכת שהן מספקות. בעבודה זו התבססנו על שילוב של סקרי מומחים ופעולת צוותי מומחים כדי לגבש הערכות על ההשפעות הצפויות של שינוי האקלים. ריכזנו שלוש ועדות של מומחים משלוש מערכות שונות: מערכות מים מתוקים ביבשה (כולל נחלים, מקווי מים עונתיים, מעיינות והכנרת), מערכות ימיות (מפרץ אילת והים התיכון) ומערכות יבשתיות (כולל מערכות יער נטוע). צוותי המומחים חיברו סקרים שהופצו בין מספר רב של מומחים מתחום האקולוגיה והביולוגיה ומגופים שונים (האקדמיה, רשות הטבע והגנים, קק"ל, החברה להגנת הטבע ועוד). הסקר כלל הערכה כמותית, שהמומחים התבקשו לתת בה ניקוד מ-1 עד 5 לעוצמת ההשפעות של שינוי האקלים על שירותי המערכת האקולוגית, וכן חלק מילולי, שהמומחים הביעו בו את דעתם בצורה חופשית.

הסקרים ועבודת הצוותים העלו את הנקודות הבאות: מבחינת שירותי האספקה, צפויה הידרדרות ביכולת של המערכות הטבעיות לספק כמות ואיכות מספקות של מים לשתיה. כמו כן, צפויה הידרדרות במשאבים גנטיים במקרה של הכחדת מינים שתצמצם את מאגר הגנים במערכות הטבעיות. לעומת זאת, אספקת מרעית באזור הים תיכוני בישראל כנראה לא תושפע מירידה או מעלייה של 20–30% בכמויות המשקעים, שכן מיני הצומח העשבוני באזור זה מותאמים לתנודות כאלה. שירות אספקת הדגה בים התיכון צפוי להמשיך להשתנות ולהכיל יותר ויותר מינים מים סוף. מבחינת שירותי הוויסות, יכולת המערכת לעצור סחף קרקע צפויה להידרדר עקב שינויים בעוצמות המשקעים, שיגדילו את כושר הבליה של הגשם ואת פוטנציאל סחיפת הקרקע ושיעורי אבדן קרקעות. גם יכולת המערכת לווסת מינים פולשים צפויה לרדת: בים התיכון מעודדת התחממות מי הים התפשטות של מינים תרמופיליים שמקורם בים סוף, וגם בכנרת נצפית הידרדרות ביכולת של המערכת למנוע השתלטות מינים פולשים תוך דחיקת המינים הטבעיים. במערכות יבשתיות, ייתכן שעלייה בתדירותם של אירועי בצורת תביא עלייה בהתבססות של צמחים פולשים. נוסף על כך, יכולת המערכת לווסת מזיקים ופתוגנים צפויה לרדת, שכן שינוי אקלים יכול להשפיע על דפוסי שפע ופיזור של פתוגנים ושל הווקטורים שלהם. מבחינת שירותי התרבות, הכחדה של מינים ובתי גידול תפגע בערך האסתטי של מערכות רבות. להידרדרות בתי הגידול תהיה השפעה על התיירות ועל ההנאה שבני אדם מפיקים מהטבע. מבחינת שירותי התמיכה, לעלייה ברמות ה- CO_2 ובטמפרטורה יש פוטנציאל להגדיל את הייצור הראשוני, אולם השפעה זו עשויה להתאזן עם השפעות אחרות, כגון הפחתת זמינות המים.

מחקרים בעולם הראו כי שינוי האקלים ישפיע בצורה ניכרת על שירותי המערכת ועל רווחת האדם, אולם בישראל כמעט שלא נערכו מחקרים בנושא זה. הגדלת הידע בנושא תאפשר להגדיל את היכולת לחזות את ההשפעות הצפויות ולהיערך אליהן בהתאם.

שירותי מערכת של מקווי מים באזורים מעוטי מים

אביטל גזית

הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב

מטרת ההרצאה היא להציג את המורכבות של שמירה על קרב "שירותי המערכת" וניצולם בתנאים של תחרות קיצונית על משאב מוגבל. היכולת של מערכות אקולוגיות לספק מספר שירותי מערכת מבוססת על כך שמשאבי המערכת האקולוגית מחולקים בין השירותים וקיימת ביניהם הלימה תפקודית (functional compatibility). במקרה של מקווי מים, קבלת שירותי המערכת מותנית בכך שהמשאב הבסיסי – המים, זמין לקיום שירותים שונים. לדוגמה, ניצול מלא של המים לצורכי שתייה מבטל למעשה לפחות חלק מהשירותים הפוטנציאליים שמקווה המים יכול לספק. העובדה האחרונה פירושה שבתנאי מצוקת מים קיימת תחרות חזקה בין מגזרים שונים על השירותים השונים שמספקת המערכת, ובהם שירותים מנוגדים.

אקולוגים ואנשי כלכלה מגדירים את שירותי המערכת באופן מעט שונה. הראשונים מתייחסים לשירות הסופי ולשלב המקיימים אותו (תהליכי הביניים) כשירותים הראויים להתייחסות נפרדת. האחרונים מצביעים על כך ששלב הביניים כלולים למעשה ב"מוצר" הסופי ולכן אין מקום להתייחס אליהם בנפרד. לדוגמה, בהקשר האחרון, המים לשתייה או להשקיה הם השירות הסופי, והתהליכים המקיימים את איכות המים ומאפשרים את ניצולם נכללים בו. בהרצאה זו אתייחס לשירותי המערכת כפי שהוגדרו בהתייחסות האקולוגית, שמקבצת אותם תחת שירותי אספקה, בקרה, תמיכה ותרבות. התייחסות זו מאפשרת דיון פרטני באשר לתועלת המופקת ממערכת אקולוגית.

בתנאים של מיעוט מים, כדוגמת המצב בישראל, ניתן להעריך שהשירות הבסיסי שמספקים מקווי המים בהיותם מקור מי גלם לשתייה הוא בעל החשיבות העליונה, ויזכה לעדיפות ביחס לשירותים אחרים. בתנאים של מיעוט מים אין היגיון להשתמש במשאב הנדיר לייצור מזון, מאחר שיש בכך שימוש בזבזני יחסית. למרות זאת, זוכה השירות של אספקת מים לחקלאות לעדיפות גבוהה בישראל, וזאת משיקולים חברתיים ומתוך הרצון לעצמאות (ביטחון) באספקת המזון. שירותי האספקה המבוססים על ניצול המים ועל סילוקם ממקווה המים, מנוגדים לשירותים המוגדרים כשירותי תרבות וכוללים קיט, נופש, אסתטיקה ודת, המבוססים על קיום המים במקווה המים עצמו. בשני המקרים השירותים הללו יתקיימו במיטבם רק כאשר איכות המים תהיה גבוהה. איכות המים הגבוהה נשענת על תמיכה שאין לה תחליף כלכלי, של פעילות ביולוגית טבעית ועצמאית שתהליכי סינון ופירוק ("טיהור עצמי") מתרחשים באמצעותה ומקיימים את איכות המים הנדרשת. פעילות זו מבוצעת במערכות טבעיות באופן מיטבי על ידי חברות חי וצומח המבוססות על מכלול מינים מקומיים המותאמים ביותר לתנאי המערכת. מעבר לפגיעה שגורם ניצול יתר של המים לשירותי התמיכה ולבקרת האיכות שצוינו לעיל, נפגעים שירותים אלה גם כתוצאה מזיהומים כימיים, פיזיקליים וביולוגיים (מינים זרים) של מקווה המים. כתוצאה מהפגיעה מצטמצם עושר המינים של חברות החי והצומח, ובשל כך מצטמצמת היכולת התפקודית ופוחתת אמינות תהליכי הטיהור. בהקשר זה ראוי לציין שבמערכת טבעית שירות הטיהור מספק אבטחת איכות בזמן ובמקום, במקווי מים מזהמים תורם שירות הטיהור גם לצמצום הנזק והמפגעים (למשל מפגעי ריח ויתושים). שירות בקרה של מקווי מים, שבאופן טבעי אינו מתחרה בשירותים אחרים או מגביל אותם, הוא ויסות של עוצמת זרימה וריסון שיטפונות. היקוות נגר גשם בערוצים ובשטחים הנמוכים (פשטי הצפה – flood plains) הוא בכרת מחדל שאין בלתה. ללא שינוי פני השטח כתוצאה מהתערבות האדם, מידת ההשפעה של נגר הגשם על הסביבה בעת אירועי סערה תהיה מצומצמת. חדירה של פעילות אדם לפשטי הצפה מחייבת התערבות מתמשכת של התאמת מבנה הערוץ לזרימות השיא, שאם לא כן – יתרחשו הצפות שיגרמו לנזקי רכוש ויסקנו חיי אדם.

בהרצאה אדגים בין השאר שירותים שונים וקונפליקטים בין שירותים שמספקים מקווי המים לבעלי עניין שונים. בהקשר הראשון אציג כיצד המערכת האקולוגית של נחלים בנויה מבחינה פיזית, כימית וביולוגית במרחב ובזמן באופן המאפשר תפקוד מיטבי לתהליכים של סינון, פירוק וניצול של חומר אורגני ומחזורו למרכיביו; בהקשר השני אציג את הקונפליקט שבין הדרישות לשמירה על התפקוד האקולוגי כבסיס לשמירה על איכות המים בכנרת (מקווה מים שחשיבותו המרכזית היא באספקת מי גלם לשתיה) לבין צורכי תיירות קיט ונופש בחופיה.

המסקנה המתבקשת היא שבתנאים של מיעוט מים טבעיים כדוגמת המצב בישראל, נדרשת בחינה אינטגרטיבית ודינמית של ממשק המים לאדם ולטבע (הבסיס לקיום כלל שירותי המערכת) באופן שבו השונות העונתית, הרב-שנתית והאזורית וכן השתנות זמינות המים הטבעיים כתוצאה מתהליכים דמוגרפיים, גלובליים (התחממות) ומקומיים (התפלה) מובאות בחשבון כבסיס לאופטימיזציה של התמורה משירותי המערכת שמספקים מקורות המים.

קיבוע פחמן ואיבוד מים במערכות יער אורנים יובשניות למחצה

דן יקיר

המחלקה למדעי הסביבה וחקר האנרגיה, מכון ויצמן

שירותי המערכת האקולוגית המסופקים על ידי יערות כוללים קיבוע פחמן, ויסות מים זמינים וויסות תנאי אקלים מקומיים. חקרנו שירותים אלה במערכת אקולוגית חצי-יובשנית של יער אורנים (אורן ירושלים; *Pinus halapensis*) – יער יתיר.

במהלך שבע שנות מחקר היה קיבוע של 230 ק"ג פחמן לדונם לשנה בממוצע, קצב הדומה לזה של יערות אורנים באירופה ונמוך רק במעט מהממוצע העולמי ליערות. האידוי-דיות היה מעל 90% של כמות הגשמים עם מעט נגר ומילוי מאגרים בעומק, מה שהופך את היער ליעיל מאוד בניצול מים אך משאיר את אספקת המים לצרכים אחרים קרובה לאפס. היחס בין קיבוע פחמן לאיבוד מים, המכונה "יעילות שימוש במים", עלה בכ-25% ב-30 השנה האחרונות, ככל הנראה כתוצאה מהשפעת העלייה בריכוז ה- CO_2 האטמוספרי. היער היובשני למחצה סופג ביעילות את קרינת השמש. עקב אספקת מים מוגבלת, רוב האנרגיה הזו מומרת לחום מוחשי ולקרינה תרמית, הגורמים לחימום הסביבה מתחת לחיפוי העצים. היבטים ביוגאוכימיים אלה נזנחים לעתים קרובות כאשר חוקרים שירותי מערכת ומכמתים אותם, אך יש להביאם בחשבון יחד עם היבטים אקולוגיים, חברתיים וכלכליים אחרים.

חילופי שטפים בין הביוספרה לאטמוספירה לאורכו של מפל

– הגשמים בישראל –

הצגה של מערכת מדידות ניידת ותכנית פעולה לשנים הקרובות

איל רוטנברג, דוד אסף, אורי דיקן, תמיר קליין ודן יקיר

המחלקה למדעי הסביבה וחקר האנרגיה, מכון ויצמן

לצומח על פני השטח השפעה ניכרת על תנאי האקלים ועל הסביבה הפיזית של החי והאדם כפי שהוכח במחקרים רבים: לצמחייה היכולת לקבע CO₂ מהאטמוספירה ובכך למתן את קצב עליית ריכוזו באוויר; צמחייה משנה את היחסים בין רכיבי האנרגיה המוחלפים בין פני השטח לאטמוספירה (למשל את האלבידו) ובכך גם את מבנה האטמוספירה (כפרופיל הטמפרטורה, הלחות) ובהיזון חוזר אף את האקלים; צמחים משנים את תנאי הסביבה של התווך הצמחי (כטמפרטורה, קרינה), ולכן את תנאי הסביבה לצומח ולחי שבה; הצמחייה אף משפיעה על אספקת מים לאדם ולסובב, ועוד.

בעשור האחרון חוקר צוות מהמחלקה למדעי הסביבה במכון ויצמן את משטר החילופים של שטפי גזים ואנרגיה בין צמחיית יער אורנים באקלים צחיח למחצה לבין האטמוספירה ואת תפקודו בתנאי יובש קיצוניים, וזאת תוך שימוש באמצעי מדידה רבים ומגוונים. שיטת ה-Eddy Covariance (EC) נמצאת בלב מערכת המדידות, והיא מספקת נתונים על שטפי גזים ואנרגיה המוחלפים בין שטח היער (רדיוס של כק"מ אחד סביב נקודת המדידה) לבין האטמוספירה. לאחרונה בנתה הקבוצה מערכת ניידת עם יכולות מדידה הדומות לאלה המורכבות בתחנת המחקר הקבועה. מערכת זו תאפשר ביצוע מדידות באתרים שונים. בשלב הראשון תנצל הקבוצה את המפל החד של הגשם והאקלים לאורכה של ישראל לחקר השפעת האקלים על מידת קיבוע הפחמן ועל חילופי אנרגיה עם האטמוספירה וכן לחקר השפעת הצמחייה על כמות המים הזמינים לאורך המפל, בהקשר של מאזן המים של ישראל.

מערכת המדידות מורכבת על גבי משאית 4x4 ייעודית הכוללת חדר מעבדה, תורן טלסקופי נישא המתרומם עד גובה של כ-28 מ' ובראשו מותקנים חיישני מדידה, חיישן לייזר למדידת הרכב ריכוזי גזים שונים באטמוספירה ועוד. למערכת יחידת כוח עצמאית, שכוללת גנרטור חזק ובנק מצברים גדול להפעלה רציפה וללא נתקים. המערכת תופעל במקביל לתחנה הקבועה של הקבוצה, והיא מכיילת מולה. הפעלה מקבילה של המערכות תאפשר לכמת את השפעת תנאי הסביבה על פעילות הצומח באתרים השונים. בשנים הקרובות מתוכננת הפעלת המערכת בשלושה עד ארבעה אתרים שונים בישראל, ביער ובשטחים פתוחים סביבם, וזאת במהלך עונות השנה השונות למשך שבועיים עד שלושה בכל אתר. השפעת הצמחייה על כמות המים הזמינים המתקבלת באתרים השונים תיעשה בשיתוף פעולה עם קבוצות מחקר נוספות.

בחינת התחלופה בין מגוון ביולוגי ושירותי מערכת אקולוגיים:

המקרה של שמורת חולות ניצנים-אשדוד

עירית מנור¹, פועה בר¹ וניר בקר²

¹המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

²החוג לכלכלה וניהול, מכללת תל חי

דיונות החול החופיות בישראל הן מערכת אקולוגית ייחודית ההולכת ונעלמת בשל פעילויות פיתוח ובנייה רחבות היקף. נוסף על כך, הפסקת פעילויות הרעייה והכריתה שהתקיימו באזור מאות שנים, גורמת להשתלטות הצומח המעוצה ולהתייצבות הדיונות. תהליכים אלה גורמים להקטנת המגוון הנופי באזור, לשינוי מובהק בחברות הצמחים ובעלי החיים ולצמצומן של הדיונות הנודדות המאכלסות מינים פסמופיליים (אוהבי חול), שחלקם אנדמיים ו/או על סף הכחדה.

שאלת השימור של בית גידול ייחודי זה והמגוון הביולוגי המלווה אותו נובעת מכמה סיבות שהמשותף להן הוא המשקל המועט הניתן בתהליכי קבלת ההחלטות לתועלות הנובעות משירותי המערכת האקולוגית. כתוצאה מכך גברה בשנים האחרונות ההכרה בחשיבות פיתוח כלים שיתנו ביטוי לערך האמיתי של שירותים אלה. רק בצורה כזו ניתן יהיה לפתח כלי ניתוח שיציגו איזה מבין תרחישי הניהול השונים יספק את שירותי החברה שאנו חיים בה באופן המיטבי, על ידי פיתוח או לחילופין – על ידי שימור.

כיום מנסים מרבית המחקרים לכמת את שירותי המערכת האקולוגית על פי התועלת המופקת מהם לרווחתו של האדם. רוב המחקרים מביאים בחשבון את התועלות כתוצאה משימור, כפי שהן מתבטאות בהתנהגותם של הפרטים בחברה האנושית. תועלות אלה יוצאות מנקודת הנחה שהפרטים מודעים לחלופות השונות. אולם במקרים מסוימים אין זה כך, מכיוון שהתועלת משימור שונות ביולוגית איננה באה לידי ביטוי בתחושות של הפרטים כמו שימור של מינים מרשימים ו/או ייחודיים או נוף אקזוטי.

מחקר זה מציג הערכה כלכלית לארבע תועלות שונות המסופקות כיום לאדם על ידי שירותי המערכת האקולוגית בשמורת דיונות החוף ניצנים: שטחי מרעה; החדרת מים לאקוות החוף; תיירות ומורשת; המגוון הביולוגי הייחודי. כמות המזון המסופקת בשטחי מרעה וכמות המים החדרת לאקווה ניתנות לתמחור בקלות יחסית, היות שיש להן שוק מלווה, אך שאר התועלות אינן מעורבות במנגנוני שוק, ולכן מאתגרות יותר לתמחור. אולם גם מבין תועלות אלה, שיטות כגון שיטת עלות ההגעה (TCM) וההערכה המתנית (CVM) מניבות תוצאות סבירות לערכי תיירות ומורשת. אין זה כך עבור המגוון הביולוגי. מטרת העבודה היא לבחון את ערך המגוון הביולוגי דרך העלות האלטרנטיבית שלו במונחי התועלות מהסוגים שכן ניתנים לתמחור.

במסגרת המחקר נבחנו 10 דיונות בשמורת ניצנים שנבדלות זו מזו ברמת הייצוב שלהן (שלוש דיונות נודדות, ארבע דיונות נודדות למחצה ושלוש דיונות מיוצבות). באמצעות בסיס נתונים רחב שהצטבר במשך שבע שנים, חושב עבור כל דיונה ערכה הכלכלי הכולל על פי ערכיהם השוקיים והלא-שוקיים של שירותי המערכת האקולוגית והתועלת הנובעת מהם: מרעה ומים לאקווה; תיירות ומורשת. סוגי תועלת אלה הוצלבו כנגד שני מדדים חלופיים: מספר מינים ומדד DAI (Dune Assembly Index).

תרחישי הניהול השונים, שמתבטאים באופן ממשק הדיונות, מוצגים באופן משולב על גבי 'ספר יעילות' (efficiency frontier), שניתן יהיה לגזור ממנו, בסופו של דבר, את רמת החלופה (trade-off) בין שימור המגוון הביולוגי לבין שאר הערכים ומכאן את "העלות ליחידת שונות ביולוגית".

מתוצאות המחקר עולה היעילות הכלכלית הברורה של הדיונות הנודדות בקיום מגוון גבוה של מינים פסמופיליים ואנדמיים ובשימורם, ובאספקת שירותי המערכת האקולוגית והתועלת המתלווה להם. עם זאת, ניתן להסיק כי שימור ההטרוגניות והמגוון הנופי (על ידי ממשק מתאים) במערכת האקולוגית החולית הכרחי לשימור המגוון הביולוגי הגבוה של חולות החוף בישראל.

קיבוע הפחמן והמגוון הביולוגי והתפקודי במערכת אקולוגית יבשתית

זוזה גרינצוויג

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

שירותי המערכת האקולוגית הם פועל יוצא של תהליכים אקוסיסטמיים, אך הם גם מספקים תועלת לאדם. קיבוע פחמן כשירות מערכת נובע מסדרה של תהליכים אקוסיסטמיים, מקליטת CO_2 מהאטמוספירה (ביבשה לרוב על ידי צמחים), דרך חלוקת תרכובות פחמניות בחלקי צמח ובמרכיבי קרקע שונים, ועד אגירתן כחומר אורגני בקרקע וכעצה בעצים ובשיחים. תועלת השירות הזו נמצאת בהקטנת מאגר ה- CO_2 באטמוספירה, וכתוצאה מכך בירידה באילוץ הקרינתי של האטמוספירה ובהקלה על תופעת שינוי האקלים.

המגוון הביולוגי במערכת אקולוגית מתייחס לשפע ולהרכב של גנוטיפים ומינים במערכת. תפקוד הצמחים במערכת קובע יחד עם גורמים אביוטיים את התהליכים האקוסיסטמיים, ומכאן גם את שירותי המערכת ואת התועלת לאדם. בניחות גלובלי של מערכות אקולוגיות נמצא כי מידת המולטיפונקציונליות של מערכות עולה עם עושר המינים שבהן. לעומת זאת, תהליכים אקוסיסטמיים במערכת מסוימת מיוצגים לעתים טוב יותר על ידי מינים דומיננטיים ו/או מגוון תפקודי מאשר על ידי עושר מינים. ניתן לייצג את התפקוד של מיני צמחים על ידי מאפיינים תפקודיים – אותן תכונות בצמחים המתייחסות לייצור ביומסה, להזנה ולהתרבות, כגון גובה, ביומסת עלים, תכולת יסודות הזנה בעלים ומספר זרעים.

מחקר שדה עם חברות צמחים ניסיוניות הראה כי קיבוע פחמן תלוי פחות בעושר המינים ויותר בהרכב החברה, ביחסי גומלין בין המינים ובתפקוד המינים הדומיננטיים. קיבוע הפחמן השתנה עונתית עם הביומסה של מעט מינים יחסית. ייצור ביומסה עשבונית לאורך מפל של שימושי קרקע בשפלת יהודה הושפע ממאפיינים תפקודיים של הצומח הטבעי. ככל שהצומח במערכת האקולוגית הורכב מיותר מינים בעלי ביומסת עלים גבוהה יותר, כך היצרנות במערכת הייתה גבוהה יותר. אולם היצרנות הושפעה גם מהמגוון התפקודי של היסודות העיקריים. ככל שכלל המינים במערכת האקולוגית היה מגוון יותר מבחינת תכולת היסודות בעלים (פחמן, חנקן, זרחן), כך נוצרה בה יותר ביומסה עשבונית. באופן דומה, למגוון התפקודי הייתה משמעות בפירוק נשר צמחי, והנשר התפרק מהר יותר ככל שמגוון המינים היה גדול יותר.

מלבד השפעתו של המגוון הביולוגי והתפקודי על תהליכים אקוסיסטמיים, הושפעו הרכב המינים והשפע שלהם ממאפייני המערכת האקולוגית. ככל שהקרקע הייתה עשירה יותר במשאבים (מים, יסודות הזנה), כך הצומח הטבעי התאפיין במינים גבוהים יותר. הפרעה בצורת פעילות חקלאית הביאה לדומיננטיות של מינים בעלי ביומסת עלים גדולה יותר ומספר זרעים גבוה יותר. לעומת זאת, עלייה בפחמן אורגני בקרקע הביאה לתוצאה הפוכה מזו של מידת הפרעה.

הנקודה האחרונה ממחישה יחסים של אפקט ושל תגובה שבין המגוון התפקודי לבין קיבוע הפחמן, ומרמזת על ממד הזמן שמעורב בהם. המגוון משפיע על קיבוע הפחמן, לפחות בטווח הקצר של חודשים ושנים. בד בבד, המגוון מושפע מתכולת הפחמן האורגני בקרקע, תולדה של עשרות עד מאות שנים של קיבוע פחמן. לכן, הקשר שבין שירותי מערכת לבין מגוון ביולוגי עשוי להיות דו-כיווני ובעל ממד היסטורי מורכב.

הערכת שירותי המערכת האקולוגית בפלטפורמת צפון הנגב:

השוואה בין חמש תחנות LTER על פי שימושי קרקע

אלי גרונר¹, דניאל אורנשטיין², יקיר פרייזלר³, יוג'ין אונגר⁴, אלי צעדי⁵, אלי ארגמן⁶ וברט בוקן⁷

¹ מו"פ רמון, מרכז מדע ים המלח והערכה

² הפקולטה לארכיטקטורה ותכנון ערים, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

³ תחנת LTER יתיר, מכון ויצמן

⁴ תחנת LTER להבים, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

⁵ תחנת LTER מגדה, תחנת גילת, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

⁶ תחנת LTER שגרירים, התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

⁷ תחנת LTER שקד, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

המסגרת של שירותי המערכת האקולוגית נעשתה מקובלת ככלי להערכת מערכות אקולוגיות לרווחת האדם. אולם כלים להערכת נוכחות שירותי המערכת האקולוגית נמצאים עדיין בשלבי פיתוח. בעבודה זו אנחנו מיישמים שיטה של הערכה מהירה שפיתחה הרשת האירופית של מחקר ארוך טווח (LTER). סקר של 84 שירותי מערכת שזוהו על ידי הרשת LTER האירופית נערך על חמש תחנות LTER המרכיבות את פלטפורמת צפון הנגב: יער יתיר, להבים, שגרירים, מגדה וסיירת שקד. שירותים אלה הושוו למשתנים בלתי תלויים כגון מיקום גאוגרפי, אופי ניהול ושימושי קרקע. השווינו את תחנות המחקר על פי מידת הדמיון ביניהן בקיום שירותי מערכת מסוימים. לא נמצא קשר בין הדמיון בסוג שירותי המערכת האקולוגית של התחנות לבין המיקום הגאוגרפי שלהן או אופי הניהול שלהן. התחנה בעלת פעילות האדם הנמוכה ביותר (להבים) הראתה את הדמיון הרב ביותר לשאר התחנות.

שיטות חברתיות ושילוב שיקולים חברתיים בהערכת שמ"א

מחקר חלוץ ליישום גישת שירותי המערכת האקולוגית בתכנון ובניהול אזורי של שטחים פתוחים (דוגמת "פארק שקמה")

אורי רמון, יואב שגיא ואיריס האן
מכון דש"א (דמותה של ארץ)

בשנים האחרונות החלה להתפתח גישה חדשה העוסקת ביחסי האדם והסביבה, ובמתח המובנה שבין פיתוח ושימור – גישת שירותי המערכת האקולוגית.

על פי גישת שירותי המערכת, בעת קבלת החלטות הנוגעות לעתידם של משאבי טבע כתוצאה מפעילות אנושית, יש לשקול את השלכות ההחלטה על שירותי המערכת המסופקים לאדם: אילו שירותי מערכת ייפגעו ואילו שירותי מערכת יתרחבו או יתחזקו בגין אותה החלטה.

ניתוח כזה יסייע בהבנה עמוקה של מאזני הנזק והתועלת בגין כל החלטה וכל פעולה, ויאפשר ליישם קונפליקטים ולבטים בין פיתוח ושימור, במטרה להגיע לקבלת החלטות מיטבית, ולצמיחה מקיימת: צמיחה חברתית, כלכלית וסביבתית.

אופן השימוש בתפיסה של שירותי המערכת ככלי עזר לקבלת החלטות נמצא עדיין בשלבי פיתוח ומחקר במקומות שונים בעולם, ושאלות רבות נמצאות עדיין במחקר ובבחינה. ישראל משתתפת במאמץ בין-לאומי זה. כמו כן, בצד היתרונות הרבים של גישת שירותי המערכת, יש להכיר במגבלותיה. כך למשל, ישנם שירותי מערכת שלא ניתן לכמת את תועלתם. אין פירוש הדבר כי לשירותים אלה אין ערך, אלא יש למצוא את הדרך הנכונה להעריך אותם בהליך קבלת ההחלטות. כמו כן, גישה זו מבטאת תפיסה אנתרופוצנטרית של שמירת הטבע, וחשוב לזכור שבפדנה קיימות גישות ביוצנטריות ואקוצנטריות, שלפיהן ישנם חשיבות וערך בשמירת הטבע כשלעצמו, לא רק מנקודת הראות של טובת האדם.

מכון דש"א הציב לו למטרה ללמוד את גישת שירותי המערכת, על התועלת שבה ומגבלותיה, ולקדם את שילובה במקומות המתאימים בתהליכי קבלת החלטות, בכל הנוגע לשירותי המערכת שמספקים השטחים הפתוחים בישראל.

מטרת העבודה היא ליישם את התפיסה של שירותי המערכת ברמה אזורית ככלי עזר לקבלת החלטות הנוגעות לתכנון ולניהול השטחים הפתוחים במרחב. במסגרת זו יוגדרו מספר שאלות מרכזיות המעסיקות את כל בעלי העניין במרחב באשר לשטחים הפתוחים, וייערך ניתוח של שאלות אלה על פי גישת שירותי המערכת, במטרה לייצר בסיס ממצאים שיהיה כלי עזר בקבלת החלטות, וכלי לניהול מקיים של המרחב.

אנו רואים חשיבות רבה בתהליך העבודה, לא פחות מאשר בתוצריה ובתפוקותיה. במסגרת זו, אנו שמים דגש רב על התהליך המשותף של החשיבה והעבודה ועל שיתוף הפעולה בין בעלי עניין רבים ככל האפשר. אנו רואים בעבודה זו מחקר חלוץ יישומי (פיילוט), שאת לקחיו ניתן יהיה ליישם באזורים נוספים בארץ. לכן, בצד ביצוע הפיילוט יגובש גם מדריך כללי ליישום גישת שירותי המערכת בתכנון ובניהול שטחים פתוחים, תוך יישום

הלקחים שיילמדו מעבודה זו. נוסף על כך, ייעשה במהלך מחקר החלוץ שימוש בשיטות הסקר וההערכה של משאבי טבע ונוף המתקיימות במכון דש"א, תוך בחינה והתאמה של דרכים להכללה של שירותי מערכת מתאימים במהלך עריכת הסקר.

להלן טבלה המתארת את שלבי העבודה העיקריים:

שלב	פירוט
1. הגדרת שאלות תכנון	<p>בשלב זה יוגדרו, יחד עם בעלי העניין במרחב, שאלות תכנון וניהול שינתחו על פי גישת שירותי המערכת. שירותי המערכת ייבחנו בנוגע לשאלות שייבחרו. דוגמה לשאלות אפשריות:</p> <p>א. היתכנות הרחבה של רצועות נחל כשטחים טבעיים וכפשטי הצפה, לצורך שמירה על הנחל וסביבתו, לעומת נקיטת שיטות ניקוז אחרות.</p> <p>ב. פיתוח מדדים לתגמול כלכלי של חקלאים שמנהלים את פעילותם החקלאית באופן שיוצר תועלת סביבתית וחברתית.</p>
2. מיפוי שירותי המערכת הרלוונטיים	<p>לגבי כל אחת מן השאלות שייבחרו, יערך מיפוי ראשוני של שירותי המערכת הרלוונטיים לאותה שאלה, מתוך רשימת שירותי המערכת. לכל שאלה יש שירותי מערכת שרלוונטיים באופן ישיר ומשמעותי, בצד שירותים נוספים שמושפעים מהחלטות בתחום זה בצורה פחות מובהקת.</p>
3. מיפוי היקף הניתוח וההערכה של שירותי המערכת	<p>בשלב זה נערוך, לגבי כל אחד משירותי המערכת שנמצאו רלוונטיים בשלב הקודם, ניתוח של היקף איסוף המידע והניתוח המתוכננים לגבי אותו שירות מערכת. קביעת הקדימות ומידת העיסוק לגבי כל השירותים תיקבע על פי מספר מדדים:</p> <p>א. מידת הרלוונטיות של אותו שירות מערכת לשאלה הנדונה.</p> <p>ב. זמינות כלים ושיטות לבחינת השירות.</p> <p>ג. תשומות נדרשות להערכת אותו שירות (זמן, משאבים, ידע מקצועי).</p> <p>ד. מידע קיים או האפשרות לייצר מידע כזה.</p>
4. בניית תכנית עבודה	<p>בניית תכנית עבודה, בשיתוף בעלי העניין, לתיאור ולהערכה של שירותי המערכת ביחס לשאלות המבחן, על בסיס ממצאי השלב הקודם ששירותי המערכת הרלוונטיים מופו בו ונקבע סדר עדיפויות לחקירתם.</p>
5. הערכת שירותי המערכת	<p>הערכת שירותי המערכת בהתאם לתכנית העבודה, תוך הסתייעות בבעלי מקצוע שונים, ובשיתוף עם בעלי העניין.</p>
6. ממצאים: מסמכי רקע לדיון והחלטות בשאלות התכנון שהוגדרו	<p>מסמך הרקע יכיל ניתוח של מכלול המשמעויות שנבחנו. הוא יפרט את ההיקף ואת טיב הבחינה של כל אחד משירותי המערכת שנכללים בתכנית העבודה – מה נבחן לגבי כל שאלה וכיצד נעשתה הערכת התועלת של שירותי המערכת. בהתאם לתובנות העבודה ולאפשרויות ההערכה יכלול מסמך הרקע הערכות כלכליות במקרים שניתן ורצוי להעריך בהם את שירותי המערכת בכלים כמותיים, והערכות איכותניות במקרים שבהם אין לעשות זאת. דוגמאות: המסמך יגדיר במידת הצורך והאפשר מה הכמות והמחיר של התוצרת החקלאית ליחידת שטח, מה ההשפעה הצפויה על מידת ההחדרה של מים לאקוות (במ"ק), הערכה של כמות הקרקע שסחיפתה תימנע, הערכה לגבי תועלת פנאי ונופש, וכן הלאה.</p>
7. מעקב ובקרה	<p>הערכת ההשפעה של מסמכי הרקע על קבלת ההחלטות:</p> <p>א. דרך הדיון ותוכנו.</p> <p>ב. ההחלטות שהתקבלו ומשמעותן הסביבתית, הכלכלית והחברתית.</p> <p>ג. ביצוע ההחלטות.</p>

מיזוג בין העדפות חברתיות וצרכים אקולוגיים בתכנון השמורה

הביוספרית בכרמל

נעמי קן לי-כרמי, דפנה דיסני ואברהם חיים

החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

הרס מערכות ביוטיות ברחבי העולם, לחץ על שטחים פתוחים, ניצול יתר של משאבים מתכלים ושינוי המאזן האקולוגי הקיים האיצו את הצורך במציאת פתרון תכנוני וניהולי שיאפשר פיתוח בר-קיימא. בעשורים האחרונים חלה תמורה בתפיסת השימור הסביבתי בעולם המערבי, וכעת נדרש שימור פעיל לא רק של כלל המגוון הביולוגי אלא גם של התהליכים שהאדם הוא חלק בלתי נפרד מהם. רשת בין-לאומית של שמורות ביוספריות היא ככל הנראה הפתרון המתבקש שמאפשר שימור מחד גיסא ופיתוח מאידך גיסא.

היררכיה ברמות השימור והפיתוח, הבאה לידי ביטוי בחיגור של שלושה סוגי אזורים בעלי ערכיות שונה של שימור, היא עיקרון מנחה ברעיון השמורה הביוספרית: אזורי גלעין שרמת השימור בהם מרבית; אזורי חיץ המגנים על הגלעין מפני לחצי פיתוח, ויש בהם תמהיל של שימור ופיתוח; אזורי מעבר שרמת הפיתוח היחסית בהם גבוהה. השמורה היא כלי להשגת איזון בין המטרות הנוגדות לכאורה של שימור המגוון הביולוגי ופיתוח מרחבי-כלכלי, תוך שמירה מקבילה של ערכים תרבותיים. המונח "שמורה ביוספרית" טומן בחובו כללים ברורים של התערבות אנתרופוגנית והימנעות ממנה, המחייבים שיתוף פעולה מצד כלל הגורמים שמתנהלים בה ובסביבתה – תושבי השמורה והסביבה, גופי מחקר, רשויות, מבקרים וכו'.

שיתוף הציבור מסתמן כבעיה המרכזית בתהליכי תכנון שמורות ומרחבים ביוספריים בארץ ובעולם. יישום השימור הסביבתי בפועל, לפחות בתחילת הדרך, נעשה באמצעות הכתבת איסורים לחברה ובעיקר לתושבי השמורות. מדובר בהליך של כפייה, שעלול באופן טבעי לעורר התנגדות בקרב אותן קהילות. מחקרים שנערכו בשמורות ברחבי העולם מצאו כי התנגדות התושבים נובעת לרוב ממניעים כלכליים ורגשיים ומתחושות דוגמת כפייה ו/או קיפוח.

בעקבות השקפה הגדולה בכרמל בשנת 1989, הוכרז הכרמל בשנת 1996 כשמורה ביוספרית על פי תכנית האדם והביוספרה (MAB) של UNESCO, בשיתוף משרד הסביבה הגרמני. אף על פי כן, שמורת הכרמל אינה מתפקדת בפועל כשמורה ביוספרית, בעיקר בגלל חוסר שיתוף פעולה מצד התושבים המקומיים, הרשויות וציבור המבקרים. היכולת לפתח שמורה ביוספרית מוגבלת ותלויה, כמובן, בפיתוח השטחים שבסביבתה, בהגדרתה מבחינה סטטוטורית ובהגדרות אופן ניהולה, תוך שיתוף פעולה בין הגורמים השונים.

כיום נמצאת המערכת האקולוגית בתחום שמורת הכרמל בסכנה בעקבות פיתוח מואץ, הנוגס בשטח הטבעי ויוצר הפרעה וקיטוע מרחבי הפוגעים ביכולתם של תהליכים טבעיים הכרחיים להתקיים. המשך התנהלות זו עשוי להוביל לקריסת המערכת האקולוגית, וכתוצאה מכך לאבדן השמורה ושירותי הסביבה שהשמורה אמורה להעניק.

באמצעות סקר ייחודי שנבנה לצורך מחקר זה, נערכו ראיונות עם נציגי 109 בתי אב מקרב תושבי השמורה (בחלוקה פרופורציונלית ליישובים ולמגזרים), שמטרתם לבחון רמת מודעות אקולוגית, עמדות והעדפות של התושבים באשר למימוש שמורה ביוספרית בכרמל, שמהווה בעבורם סביבת מחייה, מקור פרנסה ומקור לשירותי מערכת חיוניים. תוצאות המדגם נוסחו כסט העדפות של תושבי השמורה, באופן שיאפשר את שילובו במודל כלכלי, שנועד לאפיין את היקף השימוש המיטבי בשטחי השמורה, בכפוף למגבלות אקולוגיות, כלכליות וחברתיות.

שילוב המושג "שירותי מערכות אקולוגיות" במערכת החינוך

נעה אבריאל-אבני וגיל בן-נתן

מרכז מדעים המלח והערבה

שירותי מערכות אקולוגיות הם נקודות החיבור בין המערכות החברתיות והאקולוגיות. חיבור זה הוא דינמי ומאפשר השתנות והתאמה מתמדת של המערכת על חלקיה השונים. "למידה-התאמה" כאופן ההתנהלות של המערכת, או כ-*modus operandi*, מתאפשרת כאשר הן מקבלי ההחלטות והן הפרטים בתוך המערכת מודעים ליחסים הדדיים השורים בינם לבין סביבתם. מודעות ושימוש נכון במשזבים אלה בין החברה והסביבה מגבירים את חוסן המערכת, משככים קונפליקטים, ומאיצים תהליכי תיקון וצמיחה.

החינוך הסביבתי, כחינוך לקיימות, עשוי לשמש מנוף מרכזי להפיכת מערכות חברתיות-אקולוגיות לחסונות, על ידי הטמעת ההבנה של תפקיד האדם במערכת האקולוגית ועל ידי טיפוח הגישה של למידה-התאמה.

"אדם וסביבה במרחב" (אס"ם) היא רשת של בתי ספר המתפקדים כתחנות למחקר חברתי-אקולוגי ארוך טווח. המושג "שירותי המערכת האקולוגית" והרעיונות של "מערכות חברתיות-אקולוגיות חסונות", כמו גם המסגרת הרעיונית לחקר הסביבה, שפותחה ברשת המחקר החברתי-אקולוגי ארוך טווח (LTSE), משמשים בסיס תאורטי לפעילות החינוכית ברשת.

שיתוף פעולה עם מורים ברשת במהלך ארבע השנים של קיומה, מאפשר לנו להציג תובנות ראשונות לגבי דרכים לשילוב הרעיונות במערכת החינוך. בהצגה זו אנחנו מקווים לפתוח שדה מחקר הבוחן את ההשפעה של החינוך הסביבתי ואת הטמעת מושג "שירותי המערכת האקולוגית" על חוסן של מערכות חברתיות-אקולוגיות.

תועלת נופית משימושי קרקע חקלאית בישראל

עדו קן

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

מטרת המחקר המוצג היא להעריך את הפוטנציאל הגלום בשינויי הקצאת קרקעות חקלאיות לגידולים כאמצעי להגדלת השירותים הניתנים על ידי השטחים החקלאיים, תוך הבאה בחשבון של תרומת השטחים, הן בייצור מזון וסיבים הן כספקי נוף כפרי.

לשם כך פותח מודל תכנון שכולל ויושם לגבי 43 "אזורים טבעיים" בצפון ישראל ובמרכז. המודל המכיל משחזר את הקצאת הקרקע הנצפית בפועל תחת ההנחה שהקצאה זו משיאה את רווחי החקלאים מייצור מזון וסיבים, תוך התעלמות מהתועלת החברתית הנובעת משירותי הנוף, כיוון שאין הם מתוגמלים עבור שירותים אלה. הכללה של פונקציה נוספת במודל, המתארת את הערך הנופי כתלות בהקצאת הקרקע, מאפשרת איתור הקצאת קרקע המשיאה את ערכי השירותים שמייצר השטח החקלאי, הן כיצרון של מזון וסיבים הן כספק של שירותי נוף.

ערך השטח הנופי תחת הקצאה זו גדול מזה הנצפה בפועל, אולם רווחי החקלאים נמוכים יותר. בהשוואה להקצאה הנצפית בפועל, ערך הרווח החברתית תחת ההקצאה המיטבית גבוה ב-2.4% ברמה הלאומית, ועד 15% ברמה האזורית. באזורים מסוימים עולה היחס בין סך כל העלייה ברווח החברתית לאבדן הרווח עבור החקלאים על 20%. תוצאה זו מצביעה על כך שישנה הצדקה למדיניות המעודדת את הגדלת הרווח החברתית משטחי חקלאות, למשל דרך סבסוד גידולים בעלי ערכי נוף גבוהים, אולם זאת בתנאי שמיישמים את המדיניות בקנה מידה אזורי.

על החשיבות והתועלת של גישה חברתית במחקר על שירותי המערכת האקולוגית

דניאל אורנשטיין

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

המונח 'שירותי המערכת האקולוגית' נעשה מושג מרכזי בפיתוח בר-קיימא של משאבי טבע ובעיצוב מדיניות לשימושי קרקע. שירותי המערכת האקולוגית הם התועלת הכוללת שהאדם מפיק מהמערכות האקולוגיות שעל פני כדור הארץ לשם קיום, חיוניות ואיכות חיים. שירותים אלו הם בעלי ערך חומרי (כלכלי) או לא-חומרי (אסתטי/תרבותי/רוחני) עבור בני האדם. על אף התביעות הרבות לשלב גישות מתחומים שונים בהערכת שירותי המערכת, הערכתם נעשית בעיקר על ידי אקולוגים ובמידת מה על ידי כלכלנים. הגישה האקולוגית קושרת בין תפקוד המערכת האקולוגית ותמורות בשימושי קרקע לבין כימות האספקה של השירותים. לעומת זאת, הגישה הכלכלית מפתחת ומיישמת כלים לאומדן כלכלי של שירותי מערכת חומריים, ובמידת הצלחה פחותה, של שירותים לא-חומריים. אני שואף להראות את תרומתן של שיטות ממדעי החברה להערכת הקשר בין שירותי המערכת לאדם ולרווחתו בכלל, ולשירותי התרבות שאינם בעלי ערך חומרי בפרט. נוסף על כך, אציג תוצאות ממחקר בעמק הערבה משני צדי הגבול הבין-לאומי^[1] ותכניות מחקר ביער הכרמל שמטרתן לשלב גישות מתחומים שונים בהערכת שירותי המערכת ביער הכרמל.

המחקר בערבה כלל שימוש בשתי שיטות מחקר – סקרים וראיונות עומק – כדי להעריך את רמת המודעות של תושבים מקומיים לשירותי המערכת שהם משתמשים בהם, ולקבוע סדרי עדיפויות לגבי אותם שירותים בעיני התושבים המקומיים. נמצא שאף על פי שהמדבר נחשב מערכת אקולוגית בעלת שירותים אקולוגיים מועטים בלבד, ניתן למצוא בו שירותים רבים, במיוחד שירותי תרבות. המחקר גם מראה שתושבים מתרבויות שונות, שחיים באותם תנאים סביבתיים, משתמשים בשירותי המערכת בצורות שונות ומעריכים אותם באופנים שונים, ממצא בעל השלכות מדיניות חשובות. התוצאות גם מדגישות את חשיבות השימוש בשיטות מחקר מתחומי מדעי החברה להערכת המודעות לשירותי המערכת ולחשיבותם של שירותים מסויימים בקרב הציבור הרחב.

בתכנית המתוכננת לאזור הכרמל, אני מציע לחקור את שירותי המערכת בעזרת כלים משלוש דיסציפלינות כדי לזהות את רמת היכולת של כל אחת מהשיטות להשלים את האחרות וליצור תמונה מקיפה של אספקת שירותי המערכת. המטרות שלי הן: (א) להעריך את שירותי המערכת של יער הכרמל באמצעות שילוב של שלוש גישות – אקולוגיה, כלכלה ומדעי החברה; (ב) להשוות את התוצאות משלוש הגישות לתוך מדדים אחידים, לשלב ביניהן וליצור מפה מרחבית של פיזור שירותי המערכת במרחב; (ג) לפתח הנחיות מדיניות לממשק יער הכרמל ולהשוות את המלצות המדיניות הנובעות ממחקר זה לאלה שנכתבו על ידי מומחים בשני העשורים הקודמים.

מטרות אלה תומכות בשלוש מטרות רחבות יותר: (א) התמודדות עם האתגרים הנובעים של הערכת שירותי המערכת בתוך קהילת המחקר. למשל, שילוב של גישות מתחומים שונים וחיזוק גישות חברתיות (גישות אלה טובות להערכת הצרכים של בעלי עניין מסביבתם הטבעית ותפיסתם אותה, אך מבין הגישות הדיסציפלינריות השונות הן הכי פחות מפותחות); (ב) בדיקת הטענה כי יישום של מושגים כמו "גישות בין-

תחומיות", "שילוב בעלי עניין" ו"ידע מקומי" ישפרו את הממשק האקולוגי; (ג) מתן הזדמנות להערכה מחודשת כוללת של מדיניות ממשק היער (וממשק קרקעות בכלל) על בסיס הערכות שירותי המערכת.

מקורות

[1] שגיא ה', אורנשטיין ד', גרונר א' ואח'. 2012. תפיסת הסביבה בתרבויות שונות – הערכת שירותי המערכת האקולוגית בערבה הדרומית בקרב תושבי שני צדי הגבול. אקולוגיה וסביבה 3(1): 22–31.

הערך של שמ"א: כימות כלכלי, כימות לא-כלכלי וסוגיות בהערכה כלכלית

כלים כלכליים-אקולוגיים לשמירת המערכת האקולוגית ושירותיה

שירי צמח שמיר, מרדכי שכטר ובנימין שיטוביץ
המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

שמירה על המערכת האקולוגית חשובה לחברה האנושית. התועלת הישירה והעקיפה שהחברה מקבלת מן הטבע בכלל ומהמערכת האקולוגית בפרט, היא רבה. החברה נהנית בעיקר משירותי אספקה ותרבות אך גם שירותי הוויסות, הבקרה והתמיכה מספקים תועלת עקיפה. על כן, יש חשיבות לשמור ולהגן על המערכת האקולוגית ועל שירותיה. במאמרו של Weitzman (1998) הוצגה בעיית שימור המגוון הביולוגי תחת מגבלת תקציב. מטרת המתכנן המרכזי (לדוגמה, רט"ג או קק"ל) היא לגרום לכך שתוחלת המגוון הביולוגי תהיה קרבית, תחת ההנחה כי הסתברויות ההישרדות של המינים הן בלתי תלויות.

במחקר זה אנו מרחיבים את הבעיה למקרה של תיבת נוח הסימביוטית, שקיים בה מין מפתח ושאר המינים הם מינים התלויים בהישרדות של אותו מין. כאשר מין המפתח אינו שורד, למינים התלויים אין ערך וגם הם אינם שורדים.

לאחר שהמתכנן המרכזי מביא לתוחלת קרבית של המגוון הביולוגי תחת מגבלת תקציב הכוללת פונקציות הוצאות שונות, מתקבלות תוצאות שונות. תוצאה עיקרית שנתקבלה, היא שבניגוד למודל של Weitzman, שהוכיח שהמדיניות המיטבית היא מדיניות קיצונית, בתיבת נוח הסימביוטית, תחת הנחות מסוימות, תיתכן מדיניות מיטבית (יחידה) ופנימית. תוצאה נוספת היא שההוצאה על מין המפתח אינה תלויה במספר המינים התלויים. דהיינו, חשיבות קיומו של מין המפתח באה לידי ביטוי בהוצאה עליו.

במסגרת מחקר זה אנו מציעים כלי מדיניות לשימור המגוון הביולוגי והמערכות האקולוגיות השונות תוך שימוש בקריטריון לדירוג.

שירותים אקולוגיים: אומדן, שילוב ותחליפיות

גילי חכימה-קוניאק *

*בהנחייתו של עמנואל נוי-מאיר ז"ל

השימוש הישיר והעקיף של המערכות האקולוגיות ותרומתן לחיים ולאיכות החיים של בני האדם חשוב וידוע, ומקבל התייחסות הולכת וגוברת בשנים האחרונות. גם המודעות לשימוש רב-תועלתי של מערכות אלה עולה וגוברת. ברור שמערכות טבעיות שעשירות ומגוונות במשאבים ובצורות חיים, כמו המערכות הים תיכוניות, יכולות לשמש ליותר ממטרה אחת לחברה האנושית. כך היה לאורך ההיסטוריה וזה גם המצב כיום. לכן, ממשק של מערכות אקולוגיות צריך להיות מכוון לקבלת צירוף רצוי בעל ערכים גבוהים של תועלות (או שירותים אקולוגיים) מסוגים שונים. במחקר זה אנו מציגים שיטת מחקר המאפשרת חיזוי של השפעת החלטות ממשק על הדינמיקה של סוגים שונים של תועלות תוך התחשבות (בקירוב ראשון) רק בכיסוי הצומח ובתרומה של מרכיבי צומח שונים (קבוצות תפקודיות).

במערכת מורכבת זו ישנם שלושה "שחקנים" עיקריים: צומח, ממשק ותועלת, וכולם קשורים זה לזה ומוצגים בשלושה מאמרים שנושאייהם: מודל דינמי של הצומח⁽¹⁾, אומדן תועלות נבחרות⁽²⁾ והשילוב של שני הגורמים (מצב הצומח ואספקת התועלת) במודל דינמי של ערכי התועלות כתלות בממשק ובתהליכי התפתחות הצומח⁽³⁾. המודל חוזה שינויים בהרכב סל התועלות, כתוצאה מפעולות ממשק שונות לשש התועלות (השירותים) שמדדנו. כך יצרנו כלי יישומי למנהלי השטח ולמקבלי ההחלטות. אומדן התועלות הנבחרות נערך בפארק רמת הנדיב וכלל: צפיפות גאופיטים, פרחי דבש, פירות עסיסיים, קיבוע פחמן ברקמות מעוצות, מרעה עזים ומרעה בקר. כולם נאמדו בחמישה מצבי צומח שונים. כל סוג תועלת נמדד ביחידות המתאימות לו.

הערכה ושילוב של תועלות מסוגים שונים, שנמדדות ביחידות שונות, היא אחת הבעיות או הקשיים הגדולים ביותר בממשק רב-תועלתי ובקבלת החלטות: איך (אם בכלל) ערכים שונים של תועלת ניתנים להשוואה ולבסוף לאיחוד ל"ערך כולל" או ל"סך התועלת"? לסוגים שונים של תועלות יש קנה מידה שונה ולא ניתן להמיר אותם בקלות למטבע משותף. תחום הכלכלה הסביבתית מציע ערך כספי כיחידה משותפת לכל סוגי התועלות והשירותים. שיטה זו מאפשרת חיבור והשוואה של ערכי תועלות סביבתיות או חברתיות עם מוצרים סחירים. אך למרות זאת, שיטות המחקר לאומדן כספי של מוצרים שאינם סחירים או לשירותים ציבוריים הן לרוב עקיפות ושנויות במחלוקת. קשה ולא מדויק "להפנים" סוגים שונים של תועלות חברתיות וביולוגיות לתוך המערכת הכלכלית.

במחקר זה לא פתרנו את בעיית המטבע המשותף, אלא "עקפנו" אותה על ידי נרמול של התועלות לאחוזים מהערך המרבי הנצפה (הנמדד) לכל סוג תועלת. טרנספורמציה זו מאפשרת לנו להציג את התועלות השונות בסקלה אחת בין 0 ל-100. אך יש לשים לב שהערך המספרי הוא ערך יחסי בלבד שלא ניתן להחליפו בין סוגי התועלת השונים: 1% של תועלת אחת (לדוגמה צפיפות גאופיטים) לא שווה בהכרח ל-1% של תועלת אחרת (לדוגמה קיבוע פחמן), אלא אם כן כל סוגי התועלת מוגדרים כשווים בחשיבותם. על כן השוואה של "סל התועלות" באחוזים כפי שמוצג כאן, אינה פשוטה להבנה ולניתוח. ולמרות זאת, מידע זה הוא צעד חשוב ומשמעותי לקראת הגדרה של ממשקים רצויים יותר או פחות.

סוגי התועלות במחקר זה מגיעים לערך מרבי במצב צומח מסוים, ולכן ניתן להניח כי התרומה של המצבים השונים באתר או בנוף מסוים ניתנת לסכימה. ישנם סוגי תועלת אחרים, כגון תרבות ונופש, שלא מתאימים להנחה זו. בשאלונים שערכנו בשטח, בחרו רוב הנשאלים לתת את הערך המרבי לנופש ולטיול בצומח הטרוגני, שמורכב מכמה מצבי צומח שונים⁽⁴⁾. תועלות מסוג זה יכולות להיאמד אך ורק בסקלות גדולות

(אתר או נוף). אף על פי כן, שיטת ההערכה והחישוב שהשתמשנו בה כאן – סכימה של סקלות קטנות לחישוב ערך של סקלה גדולה יותר, מבוססת על הנחה הגיונית, ומתאימה למגוון רחב של תועלות מהמערכת הטבעית.

במחקרנו לא ניסינו למצוא פתרון או סימולציה מיטביים, וזאת כיוון שלמשתמשים שונים יש העדפות שונות, ומקבלי החלטות רוצים לבחון את האפשרויות ולהחליט בעצמם. הצירוף המועדף של התועלות הוא סוגיה ערכית התלויה במשתמש, בהקשר ובהגדרת המטרות. אך ברגע שיש סדרה של תרחישים אפשריים, היא יכולה לשמש מבחן לניתוח ולבנייה של מדיניות. כך ייצרנו כלי עזר חשוב לקבלת החלטות – אפשרות ליידע מנהלי שטח ומקבלי החלטות על התוצאות הצפויות להחלטותיהם בטווח הקצר והארוך, ויכולת לזהות את התרחישים הרצויים יותר והרצויים פחות.

מקורות

- [1] Koniak G and Noy-Meir I. 2009. A hierarchical, multi-scale, management-responsive model of Mediterranean vegetation dynamics. *Ecological Modelling* **220**: 1148–1158.
- [2] Koniak G, Noy-Meir I, and Perevolotsky A. 2009. Estimating multiple benefits from vegetation in Mediterranean ecosystems. *Biodiversity and Conservation* **18**: 3489–3501.
- [3] Koniak G, Noy-Meir I, and Perevolotsky A. 2010. Modelling dynamics of ecosystem services basket in Mediterranean landscapes: A tool for rational management. *Landscape Ecology* **26**: 109–124.
- [4] Koniak G, Sheffer E, and Noy-Meir I. 2011. Recreation as an ecosystem service in open spaces in the Mediterranean region in Israel: Public preferences. *Israel Journal of Ecology and Evolution* **57**: 151–171.

הערך הכלכלי של שיקום נחלים בישראל

בועז ברק¹, ודוד כץ³

¹צלול

²מכללת הגליל המערבי

³החוג לגאוגרפיה ולימודי הסביבה, אוניברסיטת חיפה

תושבי ישראל נהנים מהשימוש במשאבי הטבע כדוגמת חופי ים ונחלים. שמירה על איכותם של משאבי טבע אלה עולה לרשויות המקומיות כסף רב. הוצאות אלה כוללות מניעת זיהום ממקורות נייחים ומקורות נייחים, אכיפת חוקים ותקנות, ניקיון, תיקון נזקים והסרת מפגעים. כדי לאפשר למקבלי ההחלטות לשקול נכונה את המשך מימון הטיפול במשאבי הטבע, יש צורך בהערכה מדויקת של העלויות ושל התועלת ממשאב זה.

מחקרים רבים בעולם עסקו במציאת הערכים הכלכליים לציבור ממשאבי הטבע בכלל ומן השימוש בנחלים בפרט. רוב העבודות בודקות את הנכונות של הציבור לשלם עבור שירות סביבתי מסוים. שיטה זו עלולה לסבול מבעיות של protest zeros (סירוב לשלם, אף על פי שהנושא חשוב לנשאל) ומבעיות אחרות שיובילו לתוצאות מעוותות. מחקרים מעטים השתמשו בשיטה ששואלים בה אנשים באשר לנכונות שלהם להקצות כספי מסים לשירות סביבתי מסוים. שיטה זו אינה סובלת מהבעיות שצוינו לעיל, ולכן יכולה להעיד בצורה מדויקת יותר על סדרי העדיפויות של הציבור לשירותים אקולוגיים שונים.

במסגרת המחקר שערכנו פותח מודל כלכלי המאפשר את מדידת הערכים הרלוונטיים. המודל פותח באמצעות סדרת ראיונות, קבוצות מיקוד וניסויים מקדימים. הסקר עצמו בוצע בעזרת שיטת Contingent Choice Model, שמאפשרת לאמוד את ערכי הציבור עבור המדדים השונים שנבחרו. ניתוח התוצאות בוצע בעזרת מודל אקונומטרי מסוג Multinomial Logit Model ומודל חדשני מסוג Mixed Logit Model. הסקר בדק את ערכם הכלכלי של הנחלים לציבור בישראל מפעילות נופש ופנאי. מתוצאות הסקר עולה כי ערך השימוש בנחלים למשק בית בישראל הוא 246 ₪ לשנה. ערך השימוש בנחלים לכלל הציבור (כ-1.69 מיליון משקי בית) מוערך ב-415 מיליון ₪ בשנה. כמחצית מערך זה נובעת משימושים בתוך הנחל, כגון שחייה ודיג, ואילו המחצית השנייה נובעת מפעילות מחוץ לנחל, למשל טיולים לאורך הגדות. את תוצאות המחקר אפשר למצוא באתר של צלול: <http://www.zalul.org.il>

השפעת שינוי האקלים על שירותי התמיכה של המערכת האקולוגית: הערכה כלכלית

דפנה דיסני¹, מרסלו שטרנברג² ומוטי שכטר^{3,4}

¹ החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

² המחלקה לביולוגיה מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, אוניברסיטת תל-אביב

³ בית הספר לקיימות, המרכז הבינתחומי הרצליה

⁴ המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

המערכת האקולוגית מספקת שירותים ומוצרים שונים, ובכללם שירותי ויסות, שירותי תרבות ופנאי, מוצרי צריכה ושירותי תמיכה. שירותים אלה, יחד עם שירותים טכנולוגיים ואנושיים, נצרכים באופן ישיר ועקיף על ידי החברה ומניבים תועלת הנמדדת ברווחה חברתית. ערכה של תועלת/רווחה חברתית זו קשה לאומדן, בפרט כאשר הציבור לא מודע באופן ישיר לצריכתם של שירותי המערכת האקולוגית, ועל כן הוא גם לא מבטא את הכרתו באופן ישיר על ידי נכונותו לשלם בתמורה לשירות או למוצר. כך לדוגמה, תרומתה וערכה של מערכת אקולוגית לוויסות האקלים, לשמירה על איכות המים, על איכות האוויר ועל המגוון הביולוגי ככלל, לא מוצאת את ביטויה באופן גלוי במערכת הכלכלית.

במסגרת פרויקט GLOWA Jordan River קידמנו מחקר שמטרתו לאמוד את השינוי בערך הכלכלי הנובע משירותי המערכת האקולוגית שאינם נצרכים באופן ישיר על ידי החברה, ובפרט אלה המכונים שירותי תמיכה.

אנו מציעים לשייך את הערך הכלכלי של שירותי התמיכה לתרומתם היחסית בהשגת צמיחה כלכלית מרבית בטווח הרחוק. במסגרת המחקר נאמדה ההשפעה של שינוי האקלים על סל של משאבי טבע המספקים שירותי תמיכה שונים. סל זה כלל בין היתר (א) מאגר זרעים בקרקע – עושר ומגוון מינים; (ב) כיסוי צומח; (ג) סחיפת קרקע. ההשפעה השנתית של שינוי האקלים על ערכם של שירותי התמיכה בין השנים 2000–2010 נאמדה ב-0.11% מהתוצר הלאומי בישראל וב-0.35% מהתוצר הלאומי בירדן. ההבדל בין הערכים נובע הן מהבדל בהשפעה של שינוי האקלים על המערכת האקולוגית באזורים גאוגרפיים שונים הן מהבדלים באופן הצמיחה הכלכלי של כל מדינה, שתלוי בחיסכון הלאומי, בצריכה הלאומית ובשינוי במלאי ההון האנושי והטכנולוגי.

ערך שירותי הנוף של הים התיכון

עליזה פליישר

הפקולטה למזון, חקלאות וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

הים התיכון הוא אחד מאתרי התיירות הפופולריים ביותר בעולם. מספר התיירים המבקרים בחופיו מוערך בלמעלה מ-200 מיליון, כלומר כפול ממספר התושבים באותם אזורים. הים התיכון מספק שירותי מערכת אקולוגית, שאחד מהם הוא שירותי נוף. מרבית השירותים הללו אינם נסחרים בשוק ולכן לכאורה אין להם ערך כלכלי. אחת הדרכים לאמוד ערך של שירות מסוג זה היא להשתמש בשווקים אחרים שהשירות משפיע בהם על המחיר. במקרה של נוף לים התיכון ניתן להשתמש במחירי החדרים בשוק בתי המלון הממוקמים לאורך החופים. חדרים שנשקף מהם נוף לים מושכרים במחירים גבוהים יותר מאשר חדרים ללא נוף לים, אף על פי שהנוף לא נמצא בבעלות בתי המלון. ערך הנוף ניתן להערכה על ידי אומדן הפרשי מחיר אלה.

נתונים על 2,819 חדרים בבתי מלון מ-10 אזורים לאורך החופים הצפוניים של הים התיכון נאספו מתוך האתר Booking.com. בעזרת שימוש במודל המחירים ההדוניים ברגרסיית fixed effect נמצא כי מחירי חדרים עם נוף לים גבוהים בממוצע ב-10% מחדרים אחרים. כמו כן, לא נמצא הבדל מובהק בין האזורים השונים לאורך חופי הים התיכון, כלומר, הנוף לים מוערך בצורה דומה בכל החופים.

תרומתן של שמורות ימיות לשמירה על שירותי המערכת הימית: ניתוח כלכלי

עמית ארד, דפנה דיסני ואהוד שפנייר

החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

בשנים האחרונות אנו עדים לקריסת ענף הדיג עקב ירידה בכמות הדגים ובגודלם ובעקבות דיג במורד מארג המזון, בעיקר בחצי הצפוני של כדור הארץ.

בהשוואה לממוצע העולמי, הים התיכון עני ביותר מבחינת הייצור הביולוגי שלו – כ-300 ק"ג דגים לקמ"ר בהשוואה ל-1,400 ק"ג בממוצע למדף היבשת. האגן המזרחי וחופי ישראל הם הדלים ביותר במזון באגן הים התיכון. כמו כן ישנה פגיעה קשה בדגי האגן המזרחי עקב פלישת מינים. השימוש ברשתות מכמורת נגררות על פני קרקעית הים, כפי שמתבצע בישראל, גורם נזק רב למגוון הביולוגי, הן עקב תפיסה בלתי בררנית של יצורים הן עקב הרס בית הגידול. הרשתות גורמות בעקיפין לקבירה, למעיכה ולחשיפה של בעלי חיים בנטוניים, וההתאוששות שלהם אטית מאוד, בין היתר בגלל גרירה חוזרת. חשוב להבין כי אוכלוסיות דגים לא תמיד נוטות להשתקם לאחר פגיעה ארוכת טווח. כן נמצא כי יש קשר מעריכי חיובי בין השונות הבנטונית לבין שירותי המערכת האקולוגית.

הפתרון הפופולרי כיום הוא שמורות ימיות. בשנת 2003 הומלץ בכנס IUCN Vth World Parks Congress כי 20–30% מכלל שטח הימים בעולם יהפכו לשטח מוגן מדיג. הרעיון האינטואיטיבי הוא כי האוכלוסייה תגדל ותתרבה בשטח השמורה, ותייצא ביצים, לרבות ופרטים אל מחוץ לשמורה (Pipitone^[1] spillover). הראה כי סגירת שטח לדיג מכמורת בסיציליה למשך ארבע שנים העלתה את כמות השלל פי שמונה. גם שפנייר וסוני^[2] מצאו כי בעתלית, בשטח הצבאי שסגור לדיג ושמתיפקד למעשה כשמורה, יש עלייה במספר הפרטים ובגודלם בהשוואה לשטח הפתוח לגישה, בעיקר אצל מינים המצויים ברשימה האדומה של מינים בסיכון, כמו הדקרים. מצד שני, במחקרים אחרים נמצא כי לשמורות עלולה להיות גם השפעה שלילית עקב שינוי מאמץ הדיג ותופעת הדיג על גבול השמורה ("fishing the line"). עד כדי כך שיצירת השמורה עלולה לגרום, בתנאים מסוימים, לירידה בכמות הפרטים ובגודלם.

בימים אלה ממש מקודמת בארץ תכנית הכרזה על שמורות ימיות במימי החופים של הים התיכון. מטרת המחקר הנוכחי היא לאמוד את השינוי הצפוי במיקום ובתפוקה של הדיג הימי בהינתן שמורות ימיות, כדי להשלים את ההבנה שלנו ביחס להישגים הצפויים כתוצאה מיישום מדיניות של שמורות ימיות בישראל. האומדן נעשה תוך שילוב של מודל סטטיסטי לאומדן ההסתברות לקיום פעילות באזור דיג מסוים (conditional multilogit model) עם מודל כלכלי, המבטא את התנהגות הדייג המנסה להשיג הכנסה קרבית מדיג.

בעזרת מודלים אלה אנו יכולים לחזות את התנהגות הדייג בהינתן אזורים סגורים לדיג, תוך שאנו מתייחסים גם למשתנים אקסוגניים העשויים להשפיע על החלטתו, כמו עונת השנה, המרחק אל אזור הדיג והשלל הצפוי. תחזית זו תאפשר לנו לדון בהשלכות של הקמת השמורות המוצעות ושל מיקומן על השגת המטרות הסביבתיות (שימור המגוון הביולוגי הימי). במסגרת העבודה נבחנים ומושוים תרחישים שונים למיקום השמורות. הנתונים ששימשו אותנו בעבודה נאספו במסגרת מחקרים קודמים שבוצעו באוניברסיטת חיפה, ובפרט אלה שנאספו על ידי אדליסט במהלך מחקר שערך במסגרת עבודת הדוקטור שלו, שכלל עשרות הפלגות דיג ומעקב רציף על הדיג הימי של מכמורתנים בישראל.

- [1] Pipitone C, Badalamenti F, D'Anna G, and Patti B. 2000. Fish biomass increase after a four-year trawl ban in the Gulf of Castellammare (NW Sicily, Mediterranean Sea). *Fisheries Research* **48**(1): 23–30.

[2] שפנייר א' וסונין א'. 2008. דו"ח סופי: מחקר שטחים ימיים מוגנים – עתלית; במימון רשות הטבע והגנים.

ערכה של הדברה ביולוגית על ידי תנשמות

יואב מוטר

השירותים להגנת הצומח ולביקורת, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

מכרסמים הם יונקים קטנים, שחלקם גורמים נזקים גדולים לחקלאות. במקרים רבים הנזקים גדולים ומגיעים לעתים עד לאבדן עשרות אחוזים מן היבול. הדברה כימית של מכרסמים פוגעת בסביבה ואף מסוכנת לבני אדם – רעלים משפיעים עלינו בדיוק באותו אופן שהם משפיעים על המכרסמים, בשל הקרבה הפילוגנטית בין בני אדם למכרסמים.

הדברה ביולוגית של מכרסמים בעזרת תנשמות היא שיטה מוכרת לפתרון בעיה חקלאית באופן ידידותי לסביבה. לשיטה זו יתרונות סביבתיים ברורים, הן בהפחתת השימוש ברעלים נגד מכרסמים בחקלאות הן בכך שההדברה הביולוגית נעשית בשימוש במין בר מקומי שמתרבה בכוחות עצמו ולכן פגיעתו האקולוגית קטנה מאוד.

בעשורים האחרונים נצבר ניסיון רב בארץ ובעולם בעקבות יישום שיטה זו וממחקרים המלווים אותה. הרכב המזון של התנשמת, הביולוגיה של התנשמת והשימוש שלה במקומות הקינון הם נושאים שנחקרו לעומק. עם זאת, כמעט שלא נעשו מחקרים על התועלת החקלאית של השימוש בתנשמות כמדביר ביולוגי של מזיקים.

מחקר זה נערך בשדות ובמטעים של עמק בית שאן, ונבחנה בו השפעתה של ההדברה הביולוגית של מכרסמים בעזרת תנשמות על יבול האספסת בשדות השונים במהלך השנים 1999–2008. התנשמת היא מין בר מקומי וחופשי לנוע ולצוד בכל מקום, ולכן לא ניתן לבצע בשטח ניסוי הכולל ביקורת ללא נוכחות תנשמות, אלא רק ניסוי המשווה את מידת הנוכחות של תנשמות בשדות שונים. יבול האספסת בשדות נבחן מול לחץ הטריפה המופעל על שדות אלה. לחץ הטריפה חושב על ידי יצירת פונקציה המייצגת את לחץ הטריפה של תנשמות לפי המרחק מהקן שלהן וסכימה של לחצי הטריפה של התנשמות המקננות באזור בזמן הנתון לפי המרחק של כל נקודה ונקודה בשדה מן הקנים הפעילים.

בסך הכול נדגמו יבולים של 429 קצירים ב-19 שדות אספסת שונים במהלך 10 שנים בשדות קיבוץ שדה אליהו בבקעת בית שאן. מתוצאות המחקר ניתן להסיק כי תנשמות תורמות להגדלת היבולים בשדות שהן צדות בהם. התרומה נאמדת בכ-53 ק"ג יבול אספסת לדונם לשנה, שהם שיפור של 3.6% ביבול. התוספת בהכנסה הכלכלית בעקבות השימוש בתנשמות היא כ-47 ₪ לדונם לשנה, והרווח נטו מהשימוש בתנשמות להדברת מכרסמים באספסת הוא של כ-45 ₪ לדונם לשנה. יש לזכור שנתון זה הוא כלכלי-חקלאי בלבד, ואינו מגלם את היתרונות הסביבתיים של הפחתת השימוש ברעלים ואת ערכם הכלכלי של יתרונות אלה.

במחקר זה הוכח לראשונה כי הדברה ביולוגית של מכרסמים בעזרת תנשמות מהבר היא שיטה כדאית מבחינה חקלאית. תוצאה זו משמעותית מאוד בתהליך קבלת החלטות של החקלאי, מכיוון שהוא אינו צריך להתלבט ולבחור בין יתרונות כלכליים לבין ערכים נוספים כגון שמירה על הטבע ועל איכות הסביבה.

כלים ושיטות מחקר לאומדן הערך הכלכלי של שטחים פתוחים

נחום יהושע¹, גדי רוזנטל¹, אסף קשטן², יואב שגיא³ וערן פייטלסון⁴

¹המשרד להגנת הסביבה

²א.ב. מתכננים

³מכון דש"א (דמותה של ארץ)

⁴המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

ההרצאה מבוססת על עבודה שהוכנה עבור מכון דש"א. במסגרת העבודה בחנו את אפשרות השימוש בכלי האומדן הכלכלי של ערך השטחים הפתוחים לקבלת החלטות תכנוניות. התוצר המרכזי של העבודה הוא מעין מדריך (manual) המתווה את ההיתכנות של ביצוע הערכה כלכלית זו במצבים שונים, את אופן ביצוע האומדן ואת המסלול שהערכה מסוג זה עשויה לשמש בו בצמתים השונים של קבלת ההחלטות בנושא השטחים הפתוחים. בעבודה אנו מציגים את התועלת הניתנת לכימות ואת שיטות המחקר הקיימות כיום לכימות התועלת, כמו גם את התועלת שאינה ניתנת לכימות. ניסינו להבחין בין המצבים שהערכה מסוג זה עשויה לשמש בהם לצורך קבלת החלטות לבין המצבים שלא ניתן לבצע בהם הערכה מסוג זה או שהערכה כזו אינה יכולה להועיל בהם לתהליך קבלת ההחלטות או לקביעת המדיניות.

מדיניות, ניהול וממשק: השפעותיהם על אספקת שמ"א וממשק לשימור שמ"א

אספקת שירותי מערכות אקולוגיות על ידי היערות הנטועים

בישראל: סקירה כללית

פול גינסברג

שירותי ניהול יער, קיבוץ סאסא

רוב היערות במדינת ישראל קמו כתוצאה ממעשי בני אדם ולא כתוצר הטבע. במשך 100 שנה עסקו גופי התיישבות וממשל רבים, ובמיוחד הקרן הקיימת לישראל (קק"ל), בנטיעת עצי יער. לפי תכנית מתאר ארצית ליער ולייעור (תמ"א 22), יערות נטועים קיימים ומוצעים יכסו כ-3% משטחה של מדינת ישראל – 678,000 דונם. היערות הפכו להיות חלק בלתי נפרד ממצאי השטחים הפתוחים והנוף הישראלי. עם הזמן השתנו היערות הנטועים ממערכות אקולוגיות פשוטות וכמעט חד-ממדיות למערכות אקולוגיות מורכבות, המאופיינות על ידי: רב-גוניות של מיני עצים, שיחים ועשבים; מבנה אורכי ואנכי לא אחיד; רב-גילאיות; גנטיקה מגוונת וגיוון תפקודי של המערכת האקולוגית. נוסף על כך, הוקמה תשתית עשירה ומגוונת של אתרי תרבות/נופש/פנאי לטובת הציבור הישראלי. לכן, רוב רובם של היערות הנטועים בניהולה של קק"ל נעשו ספקים חשובים של שירותי מערכות אקולוגיות במלוא משמעות המושג. סקירה זו מבקשת לתאר את המגוון הרחב של שירותי המערכות האקולוגיות כפי שהוגדרו בדו"ח הערכת המילניום של מערכות אקולוגיות (Millennium Ecosystem Assessment Report): שירותי אספקה (מזון לבני אדם ולבעלי חיים, צמחי תבלין ותרופות, מים ואוויר נקיים, מוצרים לתעשייה ואנרגיה); שירותי בקרה (קיבוע פחמן, מחזור פסולת וחומר אורגני, טיהור אוויר ומים ושירותי האבקה לצמחים); שירותי תמיכה (מגוון ביולוגי, פיזור חומרים מזינים [נוטריינטים] ומחזורם, פיזור זרעים וייצור ראשוני); שירותי תרבות (נופש ותיירות, חינוך, מחקר מדעי, ושיוך למקום, למורשת ולזיכרון).

הערכת תפקוד המערכת האקולוגית ושירותיה: בחינתם על ידי סמנים של איכות קרקע וייצור ראשוני באזור ממודבר בישראל

טריין פז-כגן¹, ארנון קרניאלי¹, משה שחק¹ ואלי צעדי²

¹המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

²מרכז גילת, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני

שימושי קרקע הביאו להתמרה של שטחים טבעיים נרחבים מפני כדור הארץ לשטחים המנוהלים על ידי אדם. שינויים אלה גרמו באזורים מסוימים לדילול (degradation) של הקרקע שבעקבותיו חלה ירידה במגוון הביולוגי, באיכות הקרקע ובייצור ראשוני (פרודוקטיביות) של המערכת האקולוגית. תהליכים אלה הביאו תועלת לאדם אך החלישו משמעותית תפקודים אקולוגיים שונים. באזורים יובשניים דילול קרקע והתופעות השליליות הנגזרות מהדילול מוגדרים כמדבור. את שימושי קרקע השונים אפשר להציב לאורך מדרג בהתאם לאינטנסיביות השימוש שעושה האדם במערכת האקולוגית, החל בשמורות טבע וכלה בחקלאות אינטנסיבית. הבדלים באינטנסיביות השימוש עשויים להשפיע על היציבות ועל שינויים במבנה ובתפקוד של מערכות אקולוגיות. בטווח הארוך המצבים האפשריים הם: מצב מתפקד יציב; הידרדרות למצב מדולדל; מעבר ממצב מדולדל למשוקם באמצעות ממשק.

בכל אזור, ובאזורים ממודברים בפרט, הערכה של מצב המערכת המתבטא במבנה ובתפקוד שלה היא הכרחית כדי לבחור בממשק שיהיה מיטבי לניהול המערכות האקולוגיות באופן בר-קיימא. כלומר – מניעת הידרדרות של מערכת מתפקדת ושיקום של מערכת מדורדרת.

מטרת מחקר זה היא לבצע הערכה לתפקוד המערכת האקולוגית ושירותיה במערכות מנוהלות אדם באזור המדברי למחצה בצפון הנגב. המחקר התמקד בהערכה של שני מדדים מרכזיים לבחינת תפקוד אקולוגי – איכות קרקע וייצור ראשוני. שיטת המחקר שילבה בין בדיקות ישירות ובדיקות ספקטכוליות (ספקטרוסקופיה היפר-ספקטכולית). בעזרת המדדים הספקטכוליים שהציגו יכולת משמעותית בחיזוי מדדי הקרקע והיצרנות הראשונית, ניתן היה לבחון את הישירות לניתוח מדדים אלה בשטחים נרחבים יותר. הערכה של איכות הקרקע התבססה על מודל של אוניברסיטת קורנל המשלב כ-14 סמנים ביולוגיים, כימיים ופיזיקליים. הערכה של היצרנות הראשונית נעשתה על ידי בחינה של ביומסה על-קרקעית, כיסוי צומח וצפיפות.

במחקר נבחנו מדדים אלה בארבעה שימושי קרקע אופייניים לאזור המדברי למחצה בצפון הנגב: (א) מערכת קציר נגר (שיחים); (ב) ייעור; (ג) רעייה מסורתית בדואית של כבשים וְעִזִים בשטחים טבעיים; (ד) רעייה של כבשים וְעִזִים בשטחים חקלאיים עם מרעה זרוע.

התוצאות שנאספו עד כה מראות כי ישנו שינוי משמעותי במצבי התפקוד בהתאם לאינטנסיביות השימוש בשימושי הקרקע השונים, ונמצאו הבדלים משמעותיים במדדי הקרקע וביצרנות הראשונית. במערכת קציר הנגר נמצא שיפור בתפקוד המערכת באזורי המבלע ודלדול במערכת הטבעית, במערכות הרעייה נמצא כי תפקוד המערכת משתנה בהתאם לאינטנסיביות הרעייה, ובמערכת הייעור נמצאה הגברה של חלק מהמדדים (חומר אורגני, פחמן פעיל, לחות קרקע) והפחתה של האחרים (חלחול, חידור וביומסה עשבונית). נמצא מתאם גבוה בין מדדי הביומסה העל-קרקעית למדדים הספקטכוליים ($R^2 = 0.89$). השימוש בהדמאות היפר-ספקטכוליות מאפשר חיזוי לכתמיות המערכת, לכיסוי צומח ולקרקע (קרום ביולוגי ופיזיקלי) ולחומר אורגני.

הערכה של איכות הקרקע מאפשרת הבנה רחבה של תהליכים המתקיימים בקרקע ומשפיעים על המערכת האקולוגית, וכן תרגום הבנה זו לפעילות ממשקית מומלצת. השימוש בחישה מרחוק היפר-ספקטלית של מדדי הקרקע מציע כלי מבטיח לחיזוי חלק ממדדי הקרקע והוא בעל יתרונות כלכליים וסטטיסטיים. יתרונות אלו מצמצמים, אף כי אינם מבטלים לגמרי, את הצורך בבדיקות ישירות בשטח. להערכה של תפקוד המערכת האקולוגית ישנה חשיבות באומדן השירותים האקולוגיים הניתנים מכל שימוש קרקע. הערכה זאת משתנה בהתאם לטיבם, למערכות המפיקות אותם, למיקומם של הצרכנים ולצורכיהם. הבנה ממשקית מקיפה תאפשר שמירה על השירותים הקיימים.

יישום הגישה האקולוגית בניהול ממשק הדיג בישראל

אורן סונין

האגף לדיג, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

בשנות ה-90 החלו אפיון ובדיקה של השפעות פעילותו של האדם על המבנה ועל התפקוד של מערכות אקולוגיות ועל ערעור יציבותן בעקבות ירידה במגוון המינים, הנובעת ישירות מפעילות הדיג. המחקר בשנים אלה הצביע על כך שלפעילות הדיג השפעה מכרעת על המערכת האקולוגית, ושיש להביא בחשבון את המערכות האקולוגיות כיחידות להערכת המשאב במסגרת ניהול ממשקי.

ההתייחסות למערכת האקולוגית כמכלול, בהיבטים שונים בחקר הדיג, באה לידי ביטוי בגישות שונות, ובהן גם גישה המפנה את תשומת לבם של מנהלי ממשק הדיג לזהירות המתחייבת במהלך ובאופן שהחלטות ממשקיות מתקבלות בו: The precautionary approach in fisheries management.

כיום ברור, לא רק לחוקרים אלא לכלל העוסקים בניהול ממשק דיג, שפעילות הדיג משפיעה באופן ישיר על מערכות אקולוגיות בסביבה הימית. פעילות זו אחראית להגדלת התמותה של מינים שהם מיני מטרה לפעילות הדיג ושל מינים שהם שלל נלווה לה. נוסף על כך, פעילות הדיג מהווה הפרעה לסביבת החיים הטבעית.

להשפעות ישירות אלה של פעילות הדיג על הסביבה הימית, מתלוות גם השפעות עקיפות לגבי מיני בעלי חיים ימיים. פעילות הדיג גורמת מהמערכת האקולוגית את טרפם של דגים אוכלי דגים, עופות מים ויונקים ימיים, או שהיא גורמת את הטורפים עצמם, שהימצאותם במערכת האקולוגית משפיעה על הגודל ועל הדינמיקה של אוכלוסיות הנטרפים.

יתר על כן, הפחתה של מין מסוים במערכת האקולוגית עלולה לגרום להתרבות מהירה של מין מתחרה שאינו מטרה לפעילות הדיג. נוסף על כך, פעילות הדיג מספקת מזון למינים אוכלי "נבלות", וזאת עקב החלק בשלל הדיג המושלך בחזרה אל הים, בדרך כלל כאשר הוא מת.

כל ההחלטות שלנו בנושאי ניהול ממשק דיג משפיעות באופן ישיר על המערכת האקולוגית שלגביה אנו מקבלים החלטות ממשקיות. לכן, כדי ליישם גישה אקולוגית בניהול ממשק הדיג, יש צורך בידע רב ככל שניתן לגבי מבנה המערכות האקולוגיות והתהליכים המתקיימים בהן.

בתחילת שנות ה-2000 החלה להתבסס הגישה של ניהול ממשק דיג על בסיס המערכת האקולוגית: Ecosystem Approach to Fisheries (EAF), או Ecosystem-Based Fisheries Management (EBFM). כחלופה אקטית לגישות הקודמות שהתמקדו בעיקר במשאב שפעילות הדיג מעוניינת לנצלו.

הנושאים המרכזיים המרכיבים את ה-EBFM:

- א. הימנעות ככל שניתן מדרדור ומהרעת מצבה של המערכת האקולוגית;
- ב. הקטנת הסיכון ליצירת תהליכים בלתי ניתנים לתיקון במערכות האקולוגיות;
- ג. ניסיון להשיג רווחיות כלכלית-חברתית, ארוכת טווח ככל האפשר, מפעילות הדיג;
- ד. אימוץ של גישות זהירות יותר בכל מקרה שקיימת בו אי-ודאות.

ככל שניטיב להבין את אוכלוסיות הדגים, את הדינמיקה המיוחדת שלהן, את המערכת האקולוגית המהוות את סביבת מחייתן ואת השפעת פעילויות הדיג השונות עליהן ועל בעלי החיים הימיים האחרים המצויים

במערכות האקולוגיות השונות, כך ניטיב לבחור כלים ממשקיים המתאימים יותר הן מבחינה סביבתית הן מבחינת הצלחת פעילות הדיג.

את הכלים שבהם אנו משתמשים כדי לנהל ממשק דיג לאורך חופינו, יש לבחור כך שיתאימו לאוכלוסיות הדגים המצויות בהם ולפעילות הדיג המנצלת אוכלוסיות אלה. ככל שהתאמה זו תתבצע טוב יותר, ניהול ממשק הדיג יהיה תקין יותר, בר-קיימא, ויוכל להניב את התוצאות המצופות.

נוסף על כך, ככל שנבין טוב יותר איזה ידע חסר לנו לגבי המערכות האקולוגיות ו/או אופי פעילויות הדיג המתבצעות בהן והשפעתן – הבנה שבעקבותיה נאמץ גישות זהירות יותר לניהול ממשק דיג, כך נגן טוב יותר על המערכות האקולוגיות שפעילות הדיג מתקיימת בהן, על אוכלוסיות הדגים הנידוגות ועל ענפי הדיג המנצלים אוכלוסיות אלה.

גישה זו, הגישה האקולוגית לדיג, אומצה באופן נרחב במדינות מובילות בנושאי ניהול ממשק דיג כמו אוסטרליה, ניו-זילנד, מדינות האיחוד האירופי ועוד. כדי לאמץ גישה זו יש צורך בכלים מדעיים שבעזרתם ניתן יהיה לתת תשובות לבעיות שונות של ניהול ממשק דיג בהיבטים אקולוגיים.

כדי ליישם את הגישה האקולוגית לניהול ממשק דיג, יש צורך בסמנים ראויים שיוכלו לספק מידע לגבי מצבה של המערכת. מטרתם של סמנים אלה למלא שני תפקידים השונים במהותם אך שהשפעתם מכרעת. התפקיד הראשון הוא לדווח עד כמה פעילויות ממשקיות קודמות היו יעילות, וזאת על פי היעדים שהוצבו לממשק הדיג: יעדים ביולוגיים, חברתיים או כלכליים (קבלת ביקורת). התפקיד השני הוא להנחות את אופן קבלת ההחלטות באשר להמשך תכנית הממשק ולבדוק אם היא משיגה את יעדיה.

חלק מהסמנים הדרושים כדי למלא תפקידים אלה יתקבלו בעזרת מחקרים בנושאים כמו: מגוון המינים או biological integrity, המספקים ביקורת ומאפשרים למקבלי ההחלטות להבין אם המערכת האקולוגית יציבה דיה.

חשובים לא פחות הם כלים העוסקים באופן ישיר בציווד הדיג ובהשפעתו על אוכלוסיות הדגים ועל המערכות האקולוגיות שבהן הוא משמש.

בכל מקרה, רבים מהכלים המדעיים האנליטיים שמפתחים כיום, אינם אלא תחכום ושכלול של כלים שהיו מצויים גם בעבר בתחומי ממשק הדיג וניהול הערכות לגבי הדינמיקה של אוכלוסיות הדגים וגודלן. אלה כוללים שיטות להערכת גודל מלאי הדגה (stock assessment) וניהול אסטרטגיית הערכות (management strategy evaluation).

ה"מעגל" המאפיין את האופן שממשק הדיג מנוהל בו (מבלי להתייחס לפן האכיפתי), מורכב משלבים הכוללים:

- א. תימוכין מדעיים הכוללים ניטור מתמיד;
- ב. קיום הערכות בעקבות הידע המצטבר;
- ג. קבלת החלטות.

כיום קיימים כלים, במסגרת חקר הדיג, העשויים לסייע בכל אחד מהשלבים האלה, אך יחד עם זאת, למרות ההתקדמות המשמעותית כל-כך בגישות לניהול ממשק הדיג, עדיין קיים בידינו ידע מצומצם מדי מכדי

שנוכל להכריז על עצמנו כעל מי שיודעים מספיק על המערכות האקולוגיות המתקיימות בים בכלל, ובאזורים שמתקיימת בהם פעילות דיג בפרט.

כדי ליישם בכל זאת את הגישה האקולוגית לניהול ממשק הדיג תוך אימוץ הגישה הזהירה ובהתאם לנתונים ולידע שקיים זה מכבר, גם האגף לדיג של משרד החקלאות ופיתוח הכפר מתעתד ליישם כלים ממשקיים המיושמים כבר במקומות נוספים בעולם.

כלים ממשקיים אלה מתחלקים לכמה קטגוריות :

- א. הגבלות על פעילות הדיג בזמן;
- ב. הגבלות על פעילות הדיג במרחב;
- ג. הגדלת הסלקטיביות של ציוד הדיג;
- ד. התאמת גודל הצי, סוג ציוד הדיג ואופיו, למערכות האקולוגיות שבהן מתבצעות פעילויות הדיג, וזאת בכל אחד מענפי הדיג השונים.

המערכות האקולוגיות המצויות בים התיכון, בכנרת ובמפרץ אילת מספקות לנו מגוון גדול מאוד של בעלי חיים שמהם אנו ניזונים: מינים רבים של דגים, רכיכות, סרטנים ועוד.

אלה מערכות אקולוגיות שאת חלק ממרכיביהן אנו, כחברה אנושית, צורכים באופן ישיר. פעילות הדיג שהיא פעילות של ציד לכל דבר ועניין, מספקת לנו בעלי חיים ימיים הנגרעים ישירות מתוך מערכות אקולוגיות אלה. נוסף על כך, בעלי החיים הימיים שהמערכות האקולוגיות הימיות מספקות, משתייכים לרמות טרופיות שונות במארג המזון. בשל כך, ניהול ממשק דיג בגישת המערכת האקולוגית חייב להיות בסיס לאינטראקציה בין האדם למערכות אלה.

שמירה על מערכת אקולוגית באגם תוך כדי אספקת שירותים: כמה קשה זה כבר יכול להיות?

גדעון גל

המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל

המערכת האקולוגית של הכנרת היא מערכת מורכבת שעברה תמורות רבות, בעיקר מאז אמצע שנות ה-90, והיא שונה כיום מהמערכת שהכרנו בעבר. עד אמצע שנות ה-90 הייתה המערכת האקולוגית של הכנרת מערכת יציבה, שאחד המאפיינים העיקריים שלה היה פריחה אביבית של אצת הפירידיניום ומעט מאוד פריחות של אצות כחוליות. מאז אמצע שנות ה-90 אנו עדים לחוסר יציבות במבנה אוכלוסיית האצות, וכן באוכלוסיות הזואופלנקטון והדגים, מצב שמקשה על ניהול האגם ועל אספקת השירותים הנדרשים ממנו.

אגם הכנרת, האגם היחיד במדינת ישראל, היה מאז ומעולם מקור חשוב לסדרה של שירותי מערכת אקולוגית הסותרים זה את זה: האגם, המנוהל על ידי רשות המים, משמש מקור מרכזי למי גלם לשתייה אך גם משמש אתר נוף, קיט ונופש וכן מקור לדיג. כדי לספק את מכלול השירותים הזה נדרשות לא פעם פעילויות ממשק סותרות, העלולות לפגוע באספקת שירותים אקולוגיים אחרים. ביטוי לקושי שבניהול המערכת האקולוגית של הכנרת ניכר בתכנית האב של רשות המים שהתפרסמה לאחרונה:

“הכנרת היא אתר נוף ומערכת אקולוגית ייחודית ותיירותית בישראל, המשרתת את הציבור הרחב. במקביל למימוש תפקיד זה תמשיך לשמש הכנרת גם כמאגר אופרטיבי של משק המים, תוך הקפדה על אי חציית קווים אדומים כבעבר.”

מצד אחד משמשת המערכת האקולוגית מקור למי גלם לשתייה – וכמות המים שהיא מספקת ואיכותם צריכות להיות מרביות, ומצד שני היא צריכה לספק שירותים כגון דיג ותיירות. כיצד ניתן לנהל מערכת אקולוגית מורכבת שכזו? עד כה נעשה ניהולה מתוך הנחת היסוד שאספקת המים עומדת מעל לכול. שירות זה בא לעתים קרובות על חשבון השירותים האחרים, וגרם לא אחת לפגיעה בהם.

חשוב להגדיר את השירותים האקולוגיים העיקריים של הכנרת וכן את יחסי הגומלין ביניהם מבחינה אקולוגית כדי לאפשר פעילות ממשקית טובה יותר. על כן, יש לחלק את השירותים העיקריים לקטגוריות על פי צעדי הממשק הנדרשים:

- א. אספקת מים;
- ב. תיירות:
 1. אתר נוף;
 2. אתר תיירות פנים;
 3. אתר תיירות חוץ (צלוינים);
 4. אתר נופש וקיט;
- ג. אתר קליטת מי אגן ההיקוות על כל מרכיביו;

ד. דיג:

1. מסחרי, ספורטיבי, פנאי;
2. מקור מזון לציפורים (קורמורנים).

חלוקת השירותים האקולוגיים לקטגוריות על פי צעדי הממשק הנדרשים, חשובה כדי להבין את הקושי בניהול מושכל ומצליח של מערכת אקולוגית, כגון הכנרת, תוך אספקת השירותים האקולוגיים. למשל, כדי לעמוד בדרישה לאספקת המים, נדרשת שאיבה של כמות מים גדולה יחד עם שמירה על איכות המים. שתי דרישות אלו סותרות זו את זו, והקווים האדומים של מפלס האגם באים לענות, בין השאר, על סתירה זאת. הגדרת איכות המים לצורכי שתייה, שונה לחלוטין מההגדרה של איכות מים לצורך דיג מסחרי. במקרה הראשון נדרשים רמה נמוכה של יצרנות ראשונית וריכוזים נמוכים של נוטריינטים; במקרה של דיג נדרשת רמה גבוהה יותר של יצרנות ראשונית ושניונית. כמו כן, לצורך שמירה על הכנרת כאתר נופש ותיירות נדרשים מפלס גבוה של מי האגם (פחות מים לאספקה) אבל רמת יצרנות ראשונית נמוכה ומים צלולים. נוסף על כל הקשיים הללו יש להביא בחשבון גם את השונות השנתית הרבה בתנאים. כדי לעמוד במטרות הסותרות של השירותים האקולוגיים השונים, על מנהלי המערכת האקולוגית של הכנרת ועל הציבור הרחב לקבוע סדרי עדיפות ברורים לשירותים, תוך התחשבות בעלות הכלכלית והאקולוגית של אספקתם.

הקונפליקט בבקעת בית נטופה בין שימור

אקולוגי לבין פיתוח חקלאי

גדי רוזנטל

חברת כיוון אסטרטגיה, כלכלה ופיתוח עסקי

בבקעת בית נטופה קיים קונפליקט בין שימור אקולוגי לבין פיתוח חקלאי. מצד אחד ניצבים בעיקר ארגונים ירוקים והמשרד להגנת הסביבה, המעוניינים בשימור של מגוון המינים ותצורות הנוף שהם ייחודיים לאזור. לעומת זאת, הגורמים העירוניים וגם משרד החקלאות ופיתוח הכפר מעוניינים לפעול להסדרת הניקוז ולאיגום מים שיאפשרו פיתוח ואינטנסיפיקציה של החקלאות.

עבודה שנעשתה עבור נקודת ח"ן סקרה וניתחה את הבעיה ממספר זוויות:

- תיאור ההשתלשלות ועמדות הצדדים;
- ניתוח עלות-תועלת כלכלי (מאזן עלויות ותועלת כוללת של מוצרים עסקיים ומוצרים ציבוריים בחלופת השימור ובחלופת הפיתוח החקלאי);
- היבטים של מיעוט פוליטי;
- בחינת אפשרויות לטיפול בבעיה.

העבודה מעלה מספר סוגיות הקשורות בשירותי המערכת האקולוגית:

- עד כמה פיתוח חקלאי פוגע בשירותי המערכת האקולוגית, האם ניתן להגיע לשיווי משקל, ואם כן – כיצד?
- איך משתתפים תושבי האזור בשימור השירותים האקולוגיים ובקבלת התועלת מהם?
- אינטרסים של גורמים מקומיים מול "שחקנים" ארציים;
- תפקידה של הפוליטיקה בשימור שירותי המערכת האקולוגית.

מאזן שטחים פתוחים - כלי מוצע למקבלי החלטות:

מקרה בוחן של תרומת השטחים לקיום דבורי הדבש במועצה

האזורית חוף אשקלון

גילי חכימה-קוניאק ושאל צבן¹

¹חברת צנובר

בעשורים האחרונים פותחו כלים כלכליים במטרה לסייע למתכננים בכל גזרות התכנון להכניס מרכיבים כלכליים למערכת השיקולים המנחה אותם. הניתוח הכלכלי-סביבתי מתמקד באומדן התועלת מנכסים סביבתיים, בקביעת סדר עדיפויות לשימור נכסים סביבתיים, בבחינת כדאיות שימורם באמצעות ניתוח עלות-תועלת ובהצגת כלים להשגת יעדי השימור. הכלים הכלכליים שפותחו עד כה, הצליחו לגוון את מרחב הפעולה של המתכנן באופן מוגבל יחסית. אחת הסיבות לכך היא שהחישובים הכלכליים המקובלים מייצרים ערכים קיצוניים. לעתים הערכים כה קיצוניים עד שמקבלי ההחלטות מתקשים לייחס להם משמעות, אלא מבינים רק איפה "מותר" לנגוס במערכת האקולוגית ואיפה "אסור".

כחלופה לדיון הכלכלי הקיים, מוצע להניח שבידינו מערך של נכסים סביבתיים, ולפנינו השאלות הבסיסיות העומדות בפני כל חברה עסקית, בבואה לתכנן את מהלכיה לטווח הארוך: כיצד אנו שומרים על מערך הנכסים הקיים? מה דרכי הפעולה הנכונות שיפיקו את מרב הערך ממערך הנכסים הסביבתיים שבידינו?

לצורך הצגת הנושא נבחר נכס אקולוגי אחד באזור גאוגרפי תחום. הנכס הוא מערך אקולוגי שמייצר תנאים מיטביים לדבורי דבש. אופן המדידה הוא באמצעות התרומה של השטחים לתפוקת הדבש. האזור התחום הוא שטחי המועצה האזורית חוף אשקלון. הנכס נבחר בשיתוף ראש המועצה וצוותו, כדי לשפר את הסיכוי לפתח כלי מדיניות יישומי.

במסגרת העבודה הוגדרו ומופו 22 קטגוריות שונות לתרומת תכסית שונה לפוטנציאל קיימות הדבורים בשטח המועצה. כל קטגוריה של תכסית קיבלה אומדן ערכיות ממוצע בתחום 0-10, בהתבסס על הערכות מומחים. תאי שטח שתוחמים שמורות טבע ושטחי צבא קיבלו את ערכיותם לקיימות הדבורים, אך גם נקבעו כ"שטחים אדומים", שהם שטחים בעלי חשיבות מיוחדת שהפיתוח ייאסר בהם בכל מקרה.

נלמדו תפוקות הדבש של כ-1,750 כוורות בשטח המועצה בשנים 2005-2010, שהפיקו במוצע קרוב ל-40,000 ק"ג דבש בשנה. בתוך קבוצה זו, כ-400 כוורות פעלו בקיץ בלבד, ולאחר הפחתתן עמד הממוצע של התפוקה לכוורת על 27.1 ק"ג בשנה. מראיונות עם דבוראים מצאנו כי הדבוראים מעדיפים להציב את הכוורות שלהם באזורים שנמצאת בהם הצמחייה שקיבלה את הציון הגבוה ביותר (הדרים ואיקליפטוסים) וגם באזורים בעלי צמחייה טבעית. באזורים טבעיים אלה תפוקת הדבש היא בינונית בלבד, אך הודות לאופי הפריחה שמתפרסת לאורך כל חודשי השנה יש יתרון לצמחייה זו. כך אין צורך לנייד את הכוורות, ותפעול הכוורת קל ביותר.

כל הנתונים שנאספו הוכנסו לטבלת הנתונים של שכבת הממ"ג ואפשרו לנו ליצור מפת ערכיות לקיימות דבורים של שטח המועצה האזורית חוף אשקלון. בעזרת מפה זו יש למועצה האזורית חוף אשקלון פריסה גאוגרפית של הנכס הסביבתי. הדבש, ויש לה הכלי לשימור על נכס זה גם במצב של שינויים בשימושי הקרקע. כך לדוגמה, אם המועצה מחליטה על ריצוף שטח ובנייה, שפוגעים בקיימות הדבורים, היא יכולה לפצות בהשכחת שטחים אחרים, למשל על ידי נטיעה של צמחי צוף בצדי דרכים, שיקום שטחים מוקפים, מזבלות וכו'. הדמיה של מהלך כזה מוצגת בגוף המסמך.

כלי מסוג זה יכול לשמש למדידה במועצות אזוריות אחרות. הכלי יכול לשמש לניתוח השוואתי של מועצות, ואף למדוד את ביצועיהן ביחס לעצמן לאורך משך זמן של שנים. באמצעות כלי זה ניתן גם להציב יעדים למדינה כולה, ולמדוד את מצב הנכס הסביבתי ביחס לביצועים היסטוריים של עצמה כיחידה אחת או ביחידות משנה לביצוע. כל אימת שמועצה אחת תקדם את קיימות הדברים אצלה, יעלה הציון הממוצע הארצי, ובכך יעלה הרף לשאר המועצות, שייסוגו לאחור במדד אם יבחרו באי-עשייה.

ראש המועצה האזורית חוף אשקלון וצוותו גילו התעניינות במחקר ורואים בכך מכשיר שיאפשר לנהל באיזון את השטחים הפתוחים במועצה. ראש המועצה הדגיש את הצורך בפירוק הניתוח לתת-קטגוריות נוספות, ובביצוע סקר שטח מפורט לעדכון המצאי בכל אחד מתאי השטח.

שירותי המערכת בסדום:

תובנות ממערכת פגועה בסביבה קיצונית

גיל בן-נתן

מרכז מדע ים המלח והערבה

מלחת סדום היא מערכת אקולוגית בעלת שטח מצומצם (כ-30 קמ"ר), המתוחמת בבירור על ידי הנחלים: הערבה, צין ואמציה. מצב זה מאפשר למפות את המערכת כולה ולאפיין אותה. חברת האדם המקומית גם היא מאופיינת ברמה גבוהה של בידוד ובהיקף אוכלוסייה מצומצם.

מערכת המלחה, המפגינה תנאי סביבה מהקיצוניים ביותר שניתן להעלות על הדעת לקיום חיים, היא בעלת חשיבות גבוהה מבחינות רבות. הכחדת אזורי המלחה בצפון הארץ והפרעת אזורי המלחה לאורך הערבה ובסביבות ים המלח מציבים בית גידול זה בקבוצת בתי הגידול הנדירים הנמצאים תחת סכנת הכחדה, שקשה מאוד לשקמם חזרה. מליחות הקרקע הגבוהה ואקלים המדבר הקיצוני מכתיבים היווצרות של מנגנוני התמודדות ביולוגיים בעלי ערך פוטנציאלי לתעשייה ולרפואה. לא פחות חשוב, מיקומה של סדום, על נתיב הנדידה וההפצה של מינים רבים של צומח וחי, הוא בר-חשיבות למגוון הביולוגי המקומי והאזורי.

ובכל זאת, נסיבות היסטוריות הביאו את המערכת למצב של הרס, קיטוע והפרעה מתמשכת. המארג החברתי המקומי הוא פסיפס מרתק של קבוצות עניין ברמות שונות – מקומית, אזורית, לאומית ואף בין-לאומית. בשטח מצומצם ביותר ניתן למצוא התיישבות ספר, חקלאות מתקדמת, תעשייה מפותחת ומוקדי משיכה תיירותיים.

נתונים שנאספו על אודות המערכת האקולוגית מאפשרים לנו לתאר את חלקי המערכת השונים וכיצד הם מפוזרים במרחב, בעוד מיפוי קבוצות העניין במארג החברתי מאפשר לנו לבנות מודל חברתי המתאר את הפיזור המרחבי של שירותי המערכת השונים.

השימוש השונה של קבוצות בעלי העניין בשירותי המערכת, מבטא את חשיבותם היחסית של שירותי המערכת השונים על פי נקודות ההשקפה השונות. בעזרת המידע שאנו אוספים על חלקיה השונים של המערכת האקולוגית-חברתית, אנו מנסים להראות כיצד ניגודי אינטרסים וחפיפה בדירוג חשיבותם של אזורים במרחב, יוצרים קשרים חדשים בין מרכיבי המערכת האקולוגית דרך המארג החברתי, וכיצד הם מובילים את המערכת בכללותה במגוון תרחישים עתידיים.

המחקר האקולוגי-חברתי ארוך הטווח במלחת סדום נותן לנו הזדמנות נדירה להראות כיצד שירותי סביבה משתנים בזמן ובמרחב, וכיצד הם חלק בלתי נפרד מהבנת המערכת לצורך תכנון, שימור וממשק.