

שירותי מערכות אקולוגיות של יערות: מושגים, שיטות הערכה ויישומים בישראל

ניר בקר

החוג לכלכלה וניהול, תל חי – אוניברסיטת קרית שמונה בגליל
nbecker@telhai.ac.il

תקציר

במחקרים ובמדיניות בהקשר הישראלי. המאמר מדגיש את החשיבות של כימות השווי הכלכלי של שירותי המערכת האקולוגית של היער כבסיס לקבלת החלטות מושכלות ובנות-קיימא בתכנון ובניהול של יערות.

יערות מספקים מגוון רחב של שירותי מערכת אקולוגית החיוניים לרווחת האדם ולקיום החיים. השירותים האלה כוללים שלוש קטגוריות עיקריות: שירותי אספקה – אספקת מוצרים מוחשיים כגון עץ, מרעה וחומרי גלם; שירותי ויסות – תהליכים התורמים לתנאי סביבה נוחים ובטוחים, כגון לכידת פחמן, ויסות מים ומניעת סחיפה; שירותי תרבות – תרומת הטבע והנוף לנופש, לחינוך, למורשת ולחוויה רוחנית. תהליכים אקולוגיים תומכים, כגון מחזור חומרים ויצירת קרקע, מאפשרים את קיומם של השירותים האלה, אך אינם נחשבים שירותים בפני עצמם.

מילות מפתח

הערכה כלכלית, ויסות אקלים, ישראל, מגוון ביולוגי, נופש בטבע, ניהול יערות בר-קיימא, ערכי קיום, תשלום עבור שירותי מערכת אקולוגית

מאמר זה מציג סקירה של שיטות ההערכה הכלכלית המרכזיות לכימות שירותי מערכת אקולוגית של יערות. החל משיטות מבוססות מחירי שוק ועלות נסיעה, דרך שיטות של העדפות מוצהרות, ועד כלים מרחביים מתקדמים כמו InVEST. תשומת לב מיוחדת מוקדשת ליישום השיטות

מבוא: המושג שירותי המערכת האקולוגית

המושג 'שירותי מערכת אקולוגית' (Ecosystem Services) התפתח במהלך העשורים האחרונים כדי לתאר את התועלת שאנשים מפיקים ממערכות טבעיות (Daily, 1997). בעוד שבעבר התמקדו בעיקר בערכים הכלכליים הישירים של משאבי טבע, כמו עץ ומים, כיום מכירים בכך שיערות מספקים תועלת מגוונת מסוגים שונים, כגון ויסות אקלים, הזדמנויות לנופש ועוד. ההכרה בתפקיד המרכזי של השירותים האלה הובילה לפיתוח מסגרות מושגיות ושיטות להערכתם.

נקודת ציון משמעותית בתחום הייתה פרסום הערכת המילניום של מערכות אקולוגיות (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), שהציבה את שירותי המערכת האקולוגית במרכז השיח הבין-לאומי על שימור טבע ופיתוח בר-קיימא. הערכה זו הגדירה ארבע קטגוריות עיקריות של שירותים: שירותי אספקה, שירותי ויסות, שירותים תרבותיים ושירותי תמיכה. מאז עודכנה המסגרת המושגית, ובפרסומים עדכניים, ובהם הערכת המארג הישראלית (לוטן ואח', 2019), מבחינים בין שלוש קטגוריות של שירותים (אספקה, ויסות ותרבות) לבין תהליכים אקולוגיים תומכים, שאין להם תועלת ישירה לאדם ולכן אינם מוגדרים כ'שירותים'.

בישראל החלה גישת שירותי המערכת האקולוגית לחלחל למדיניות הייעור וניהול היערות בעשור האחרון. תורת ניהול היער של קק"ל (2014) מגדירה את מטרת-העל של היער כ'אספקת מגוון שירותי מערכת אקולוגית לתושבי הארץ'. הפרויקט הלאומי 'מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הערכה לאומית' (לוטן ואח', 2019) סקר לראשונה באופן שיטתי את שירותי המערכות האקולוגיות בישראל וכלל התייחסות למערכות יער. הוא מצא שהמגוון הביולוגי, כלומר השונות בין היצורים החיים ובין המערכות האקולוגיות, מהווה את הבסיס ההכרחי לתפקוד המערכות האקולוגיות ולאספקת שירותיהן, ושלמרבית השירותים אין תחליף טכנולוגי.

מספר היבטים הופכים את המקרה הישראלי לייחודי:

1. ישראל עברה תהליך ייעור מואץ מאז הקמת המדינה: שטח היערות גדל מכ-50,000 דונם בשנות ה-50 ליותר ממיליון דונם כיום. רוב יערות הללו הם יערות נטועים של אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), ששונים מהחורש הים תיכוני המקורי. 2. צפיפות האוכלוסייה הגבוהה בישראל (כ-450 תושבים לקמ"ר בממוצע ארצי, ועד כ-8,000 במרכזי ערים גדולות) יוצרת ביקוש עצום לשירותי נופש ותרבות. 3. המיקום הגאוגרפי בין אזור ים תיכוני לצחיח מקנה חשיבות מיוחדת לשירותי ויסות מים וקרקע.

קטגוריות עיקריות של שירותי מערכות אקולוגיות ביערות

שירותי אספקה

שירותי אספקה הם המוצרים הפיזיים שניתן להפיק מיערות: **תפוקת עץ** לבנייה ולמטרות תעשייתיות; **מוצרים שאינם עצים**: פירות יער, פטריות, צמחי מרפא, דבש; **מרעה** לצאן ולבקר; **חומרי גלם גנטיים** – מגוון מינים לשימושים עתידיים.

בעוד שתפוקת העץ איננה מטרה מרכזית בניהול היערות בישראל, שירותי אספקה אחרים, כמו מרעה ואיסוף מוצרים שאינם עצים, הם חלק מהמסורת המקומית ומהערך הכלכלי של יערות, בייחוד באזורים כפריים.

שירותי ויסות ובקרה

שירותי ויסות הם התהליכים האקולוגיים המווסתים את תנאי הסביבה ותומכים בחיים:

ויסות אקלים גלובלי – יערות לוכדים פחמן דו-חמצני (CO_2) מהאטמוספירה, ובכך מסייעים להאטת קצב שינוי האקלים. במחקרים נמצא שיערות בישראל, כולל יער יתיר בנגב, מהווים מבלעי פחמן משמעותיים (Grünzweig et al., 2003). יער יתיר נחקר באופן אינטנסיבי במשך עשרות שנים, והוכח שהוא שומר על יכולת לכידת פחמן נטו למרות תנאי הצחיחות. מחקרים הראו שיערות אורן בישראל קולטים כ-2–4 טונות פחמן לדונם בשנה, ומאחסנים כ-50–80 טונות פחמן לדונם בממוצע בתנאים מיטביים. **ויסות אקלים מקומי** – יערות מצננים את הסביבה באמצעות אידוי-דיות ומספקים צל, תופעה חשובה במיוחד באקלים הישראלי החם. במחקרים נמדדו הפרשי טמפרטורה של 3–5 מעלות צלזיוס בין אזורים מיוערים לשטחים פתוחים בקיץ (Potcher et al., 2006). **ויסות מים** – יחסי הגומלין בין יערות למחזור המים מורכבים, ובחינת תרומתם תלויה בסוג השטח המשמש להשוואה. בהשוואה לקרקעות חשופות ומדורדרות, יערות משפרים את חידור מי הגשם לקרקע ומפחיתים נגר עילי, בין השאר הודות להגנה על קרום הקרקע, להעשרה בחומר אורגני ולפיתוח מבנה קרקע יציב. הממצאים האלה מתועדים גם ביערות אורן ירושלים בדרום-מזרח ספרד, הנחשבים אנלוגיה ים תיכונית קרובה לתנאים בישראל (Chirino et al., 2006). עם זאת, בהשוואה לשיחייה ים תיכונית (גריגה) טבעית צפופה התמונה שונה: מחקר ישראלי מקיף שנערך לאורך מפל הגשמים (285–755 מ"מ בשנה) מצא כי ייעור מכחית את תפוקת המים של המערכת האקולוגית (ecosystem water yield) לעומת בתה וגידולים פתוחים, בגלל אידוי-דיות גבוה יותר של היער (Rohatyn et al., 2018). הבחנה זו חשובה לניהול משאבי המים בישראל, שרוב שטחי היער בה מוקמים על אדמות שלא היו קרקע חשופה. נוסף על

חומרים – מחזור פחמן, חנקן, זרחן ומינרלים אחרים; יצירת קרקע – התפתחות והעשרה של קרקע יער.

שיטות להערכה כלכלית של שירותי מערכות אקולוגיות

הערכה כלכלית של שירותי מערכות אקולוגיות היא תהליך מורכב השואף להמיר תועלת אקולוגית לערכים כספיים כדי לאפשר השוואה עם פעילויות כלכליות אחרות ולספק בסיס לקבלת החלטות (Farber et al., 2002). קיימות שיטות מגוונות להערכה כלכלית, כל אחת מתאימה לסוגים שונים של שירותים ולמצבים שונים (de Groot et al., 2012). ניתן לחלק את השיטות לשתי קטגוריות עיקריות. הקטגוריה הראשונה כוללת שיטות המבוססות על **העדפות נגלות** (Revealed Preference) – כלומר, ניתוח התנהגות בפועל של אנשים בשוק או בחיי היום-יום כדי להסיק מהם מייחסים לשירות הסביבתי. לדוגמה, אם אנשים מוכנים לנסוע שעה כדי לבקר ביער, נסיעה זו מגלה את הערך שהם מייחסים לו. הקטגוריה השנייה כוללת שיטות המבוססות על **העדפות מוצהרות** (Stated Preference) – כלומר, אנשים מצהירים ישירות, באמצעות סקרים, כמה הם מוכנים לשלם עבור שירות סביבתי שאין לו מחיר שוק, כגון שימור עצים עתיקים או שיפור איכות האוויר.

שיטות מבוססות העדפות נגלות

שיטת מחירי השוק – שיטת מחירי השוק (Market Price Method) מתאימה לשירותי אספקה שנסחרים בשוק, כמו עץ, פירות יער או מרעה. הערך נקבע על פי מחירי השוק הקיימים. למשל, ניתן להעריך את שווי תפוקת העץ של יער על פי מחיר העץ בשוק, בהתחשב בעלויות הכריתה וההובלה.

ייצור עץ אינו מטרה מרכזית ביערות קק"ל (אסם ואח', 2014), אך ניתן להעריך את הערך הפוטנציאלי של תפוקת עץ מדילול או מפעולות ניהול. נוסף על כך, ערך המרעה ביערות בצפון הארץ ובנגב מוערך על פי מחירי השוק של מרעה חקלאי (Merlo and Crotoru, 2005).

שיטת עלות הנסיעה – שיטת עלות הנסיעה (Travel Cost Method – TCM) משמשת להערכת שירותי נופש ותיירות. ההנחה היא שעלויות הנסיעה לאתר (דלק, זמן) משקפות את הערך שהמבקרים מייחסים לו. באמצעות סקרים של מבקרים ואיסוף נתונים על מרחקי נסיעה ותיירות ביקורים ניתן לבנות עקומת ביקוש ולהעריך את עודף הצרכן (consumer surplus), כלומר את הערך שהמבקרים מייחסים מעבר למה ששילמו.

הכמות, שירות ויסות המים כולל גם היבט איכות: כיסוי היער מסנן מזהמים ומפחית את שטיפת חומרי ההזנה והחנקות למי התהום, ובכך תורם לשמירה על איכות מקורות מים. **מניעת סחיפת קרקע** – השורשים והכיסוי הצמחי של היער מונעים סחיפה ומפולות קרקע, בייחוד בשטחים ההרריים של ישראל (Inbar et al., 1998). **טיהור אוויר** – עצים סופגים מזהמי אוויר וחלקיקים, ומייצרים חמצן (Nowak et al., 2014). **הפחתת רעש** – יערות משמשים מחסומי רעש טבעיים, בייחוד סמוך לכבישים ולאזורים תעשייתיים (Feng and Ling, 2003; Van Renterghem et al., 2012). **הפחתת הסכנה משרפות** – במחקר על יערות הכרמל (Raviv et al., 2021) נמצא שפרט לאספקת שירותי ויסות מים בשווי של עשרות מיליוני דולרים בשנה, ניהול נכון של היער, כגון דילול, הכנסת מינים מותאמים לאש וטיפול בצמחייה, מפחית את הסיכון לשרפות הרסניות ואת עוצמתן.

שירותי תרבות

שירותי תרבות הם התועלת הלא-חומרית שאנשים מכינים מיערות:

נופש וטיולים – יערות קק"ל קולטים מיליוני מבקרים בשנה, ומהווים אתרי נופש מרכזיים. מחקרים הראו שערך הנופש של יערות בישראל מוערך במאות מיליוני שקלים; **ערכים אסתטיים ונופיים** – היופי והשלווה של יערות תורמים לאיכות החיים ולבריאות הנפש; **חינוך וידע** – יערות משמשים מעבדות חיות ללימוד אקולוגיה וטבע; **ערכי מורשת** – בחלק מהיערות נמצאים אתרים היסטוריים ותרבותיים; **ערכים רוחניים** – ביערות ניתן לחוש קשר רוחני ותרבותי לטבע; **השראה** – היערות מספקים השראה לאומנות, לתרבות וליצירה.

תרבות הטיול ביערות מהווה חלק מרכזי בזהות הלאומית בישראל. ערך הנופש ביער ביריה בגליל העליון הוערך בשיטת עלות הנסיעה בכ-7.3 מיליון ש"ח לשנה (בקר וחורש, 2007; ראו פירוט בהמשך).

הפרויקט הלאומי להערכת שירותי מערכות אקולוגיות (המארג) העריך את שירותי התרבות של המערכת האקולוגית הים תיכונית, הכוללת יערות, חורשים ובתה, בכ-27.7 מיליארד ש"ח במונחי ערך נוכחי, או בכ-830 מיליון ש"ח לשנה (פלוישר ובקר, 2018). הערכים האלה מייצגים הערכת חסר בלבד, שכן שירותי ויסות ותהליכים אקולוגיים תומכים לא נכללו בהיעדר נתונים מספקים.

תהליכים אקולוגיים תומכים

תהליכים אקולוגיים תומכים הם התהליכים האקולוגיים הבסיסיים הדרושים לייצור כל שאר השירותים (לוטן ואח', 2019): ייצור ראשוני – פוטוסינתזה ויצירת ביומסה; מחזור

בקר וחורש (2007) יישמו את שיטת עלות הנסיעה ביער בירה, המייצג נופש בחיק הטבע באזור כפרי בגליל העליון. המחקר שילב שלושה מודלים חלופיים המניבים ערך כולל ליער בטווח של 1.7–12.9 מיליון ש"ח לשנה, עם ממוצע גאומטרי של כ-7.3 מיליון ש"ח (332 ש"ח לביקור). ניתוח עלות-תועלת לשלושה מאפיינים – המצודה, דרכים ומצפורים – הראה שהתועלת השנתית הנקייה מהשקעה בהם עומדת על כ-0.57 מיליון ש"ח. המחקר הדגיש שערכו של היער עולה ככל שמאפייני הנוף, כגון תצפיות ואתרי מורשת, מכותחים יותר. ניתן להשתמש בממצא הזה בהחלטות השקעה של קק"ל.

שיטת בחירה בניסויים – שיטת בחירה בניסויים (Choice Experiments Method) היא הרחבה של שיטת ההערכה המותנית, שבה המשיבים מתבקשים לבחור בין תרחישים שונים בעלי מאפיינים שונים ובמחירים שונים. ניתוח הבחירות מאפשר להעריך את הערך של כל מאפיין בנפרד. למשל, ניתן להציג תרחישים שונים של ניהול יער, המשתנים בהתאם לגודל המגוון הביולוגי, לזמינות שבילי טיול ולעלות, ולהעריך את הערך של כל מאפיין.

שיטות מבוססות עלות

שיטות מבוססות עלות אינן מודדות ישירות העדפות צרכנים, אך נסמכות על עלויות שוק כמייצגות את ערך השירות. בספרות הן מסווגות לעיתים בהעדפות נגלות ולעיתים כקטגוריה עצמאית; כאן הן מוצגות בנפרד לשם בהירות.

שיטת עלות ההחלפה – שיטת עלות ההחלפה (Replacement Cost Method) מעריכה את שווי של שירות מערכת אקולוגית על פי העלות של החלפתו בתשתית מלאכותית. למשל, אם יער מסנן מים ומונע סחיפת קרקע, ניתן להעריך את ערך השירות הזה לפי עלות הבנייה של מתקן טיהור מים וקירות תומכים.

שיטת עלויות הנזק שנמנעו – שיטת עלויות הנזק שנמנעו (Damage Cost Avoided) מעריכה את ערך השירות על פי הנזקים שהוא מונע. למשל, יערות שמונעים סחיפת קרקע מפחיתים נזקי שיטפונות ולכלוך בנחלים ובמאגרים. הערך של השירות נמדד על פי הנזקים הכספיים שנחסכו.

שיטת העברת ערך

שיטת העברת ערך (Benefit Transfer) משתמשת בתוצאות הערכה ממחקרים קיימים ומעבירה אותן להקשר חדש. למשל, ניתן להשתמש בערך שירותי נופש שהוערך ביער אחד, כדי להעריך ערך שירותים דומים ביער אחר. השיטה חוסכת זמן ועלויות, אך דורשת התאמה קפדנית בין האתרים. שיטה זו נפוצה כאשר אין משאבים לביצוע מחקר הערכה חדש, והיא מתאימה לקבלת החלטות ראשוניות ולתכנון מדיניות.

שיטת המחיר ההדוני – שיטת המחיר ההדוני (Hedonic Pricing Method) משמשת להערכת השפעת גורמים סביבתיים על ערך נכסים, בעיקר דירות ומקרקעין. הרעיון הוא שמחיר נכס משקף את מאפייניו השונים, כולל קרבה ליער או לנוף ירוק. ניתוח רגרסיה מאפשר לבדוד את התרומה של הקרבה ליער למחיר הנכס, ובכך להעריך את ערך היער.

מחקרים בישראל באזור ירושלים והכרמל הראו שקרבה ליערות משפיעה באופן חיובי על מחירי דירות, בייחוד באזורים עירוניים. הם מצאו פרמיה של מספר אחוזים במחירי דירות שצופות על יער או סמוכות אליו (Dai et al., 2023).

שיטת פונקציית הייצור – שיטת פונקציית הייצור (Production Function Method) משמשת להערכת שירותי ויסות התורמים לייצור כלכלי. למשל, תפקיד היער בוויסות מים משפיע על זמינות המים לחקלאות ולמגזר הביתי. ניתן להעריך את הערך הכלכלי של שירות זה על ידי ניתוח פונקציית הייצור החקלאית או החיסכון בעלויות טיהור המים.

שיטות מבוססות העדפות מוצהרות

שיטת ההערכה המותנית – שיטת ההערכה המותנית (Contingent Valuation Method – CVM) משתמשת בסקרים להערכת נכונות לשלם (Willingness to Pay – WTP) או נכונות לקבל פיצוי (Willingness to Accept – WTA) עבור שינוי בשירות מערכת אקולוגית. למשל, ניתן לשאול אנשים כמה הם מוכנים לשלם כדי להבטיח שימור יער או שיקום שטח מדורדר. השיטה מאפשרת להעריך גם את ערכי הקיום (existence values) – ערכים שאנשים מייחסים לקיום היער, גם אם אינם משתמשים בו באופן ישיר.

שיטת ההערכה המותנית שימשה בישראל במחקרים שונים הקשורים לשירותי יערות. Freeman ו-Becker

צחיחים (Rotenberg and Yakir, 2010). נוסף על כך, נמצא שהיער משפיע על תהליכים הידרולוגיים, על הרכב הקרקע ועל התפתחות מערכת אקולוגית ייחודית. הערך הכלכלי של לכידת הפחמן ביער יתיר מוערך במיליוני דולרים על פני עשרות שנים, בהתאם למחירי הפחמן הבין-לאומיים. זאת ועוד, היער מספק שירותי תרבות למגזר הבדואי באזור, כולל מרעה, אספקת עצי הסקה וחיבור לטוף (Tal, 2002).

שירותי נופש ביערות הצפון

יערות הצפון – כמו יער בריה ויערות אחרים בגליל ובגליל – הם יעדי נופש מרכזיים. המחקר באמצעות שיטת עלות הנסיעה על יער בריה (בקר וחורש, 2007) העריך את השווי הכלכלי השנתי של הנופש ביער בכ-7.3 מיליון ש"ח לשנה. נציין ששירותי הנופש של יערות הצפון תורמים גם לכלכלה המקומית באמצעות תיירות, מסעדות, צימרים ועסקים נוספים.

כרויקט המארג – הערכה לאומית

הפרק 'התרומה לרווחת האדם – כלכלה' (פליישר ובקר, 2018) ביצע את ההערכה הכלכלית המקיפה הראשונה של שירותי מערכות אקולוגיות בישראל. שירותי התרבות של כלל שש המערכות האקולוגיות הוערכו בלפחות 3.1 מיליארד ש"ח לשנה, ומתוכן המערכת הים תיכונית (הכוללת יערות, חורשים ושטחים פתוחים) תורמת כ-830 מיליון ש"ח לשנה. בכרויקט ההערכה הלאומית מצוין במפורש שהערכים האלה מייצגים הערכת חסר, מאחר שאינם כוללים שירותי ויסות, שעל פי מחקרים בין-לאומיים מהווים כ-42% מסך שירותי המערכת (Brander et al., 2024).

השפעת משבר הקורונה על שירותי נופש

מחקרים בין-לאומיים הראו כי חשיפה ארוכת טווח למרחבים ירוקים משפרת את בריאות הנפש (Gascon et al., 2015). משבר הקורונה (2020–2022) הדגים את חשיבותם של היערות כמרחבי נופש נגישים וזמינים לציבור הרחב (Derks et al., 2020). במהלך המשבר, כאשר הוגבלו נסיעות לחו"ל ומתקני נופש פנימיים נותרו סגורים, נרשמה עלייה דרמטית במספר המבקרים ביערות. תופעה זו הדגישה את **ערכם של היערות לביטוח בריאות**, כלומר, כנכס שערכו הממשי נחשף דווקא בעת משבר: כאשר חלופות הנופש נסגרות, היערות נותרים המרחב הנגיש היחיד לשמירה על בריאות הנפש והגוף (Buckley and Brough, 2017; Pichlerová et al., 2023). ערך זה אינו בולט בשגרה, אך הופך לחיוני בשעת הצורך. כמו כן, הודגשו **הצורך בתשתיות נאותות** – הלחץ המוגבר על היערות חשף גם בעיות כמו גודש, חוסר במקומות חניה ובתשתיות סניטריות, ו**חשיבותה של הנגישות** – יערות קרובים למרכזי אוכלוסייה מילאו תפקיד קריטי בתקופת הסגר.

כלים מתקדמים לשילוב שיטות הערכה

בשנים האחרונות פותחו כלים ממוחשבים שמאפשרים הערכה מרחבית של שירותי מערכות אקולוגיות. המודל המוביל בתחום זה הוא InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), שפותח במסגרת פרויקט ההון הטבעי של אוניברסיטת סטנפורד (Sharp et al., 2020). המודל משלב נתוני מרחב (ממ"ג, GIS), נתונים ביופיזיקליים ונתונים כלכליים כדי להעריך את הכמות והאיכות של השירותים השונים ואת ערכם הכלכלי. InVEST אינו שיטת הערכה עצמאית, אלא מסגרת ממוחשבת המשלבת מספר שיטות הערכה באופן סימולטני.

InVEST כולל מודלים ספציפיים לשירותים שונים. **מודל לכידת פחמן**: מחשב את כמות הפחמן הנלכד והמאוחסן ביער ואת קצב הלכידה, ומעריך את הערך הכלכלי על פי מחירי פחמן בשוק או על פי העלות החברתית של פליטת פחמן. **מודל ויסות מים**: מעריך את תפקיד היער בהגברת חידור המים, בהפחתת הנגר העילי ובשיפור איכות המים. **מודל מניעת סחיפה**: מחשב את כמות הסחיפה שהיער מונע ואת ערך השירות. **מודל בתי גידול**: מעריך את איכות בתי הגידול ואת תרומתם למגוון הביולוגי.

שימוש במודלים האלה מאפשר הערכה מקיפה של מספר שירותים במקביל, שקלול תמורות (trade-offs) בין שירותים שונים והשוואת תרחישי ניהול חלופיים. ברחבי העולם שימש InVEST למאות מחקרים ופרויקטים, כולל לתכנון שימור, להערכת השפעות סביבתיות ולקביעת מדיניות.

שימוש בהערכה הכלכלית ביערות ישראל

הערכת שירותי יערות הכרמל לאחר השרפה

השרפה בכרמל בדצמבר 2010 הייתה נקודת מפנה בהבנת החשיבות של שירותי המערכת האקולוגית של יערות בישראל. מחקר שנערך לאחר השרפה (Raviv et al., 2021) מצא שהשינוי בערך שירותי המערכת בעקבות השרפה ושינויי כיסוי הקרקע יכול להגדיל את ערך השירותים ב-30–50 אחוזים. שירותי אספקת מזון וויסות מים הם התורמים הגדולים ביותר לערך שירותי המערכת – כ-17 ו-16 מיליון דולר בהתאמה לשטח של כ-25 אלף דונם.

יער יתיר: שירותי ויסות אקלים באזור צחיח

יער יתיר, היער הנטוע הגדול ביותר בישראל (30,000 דונם), נחקר באופן מעמיק מזה עשרות שנים על ידי חוקרים ממכון ויצמן למדע ומוסדות נוספים. מחקרים הראו שהיער מהווה מבלע פחמן נטו, וקולט פחמן מהאטמוספירה גם בתנאים

פוטנציאל ליישום PES בישראל

בישראל רוב היערות נמצאים בבעלות המדינה ומנוהלים על ידי קק"ל, מה שמקטין את הצורך במנגנוני PES למגזר הפרטי. עם זאת, ישנם תחומים שמנגנונים מסוג זה יכולים להיות רלוונטיים עבורם:

שיקום ושימור של חורשים פרטיים – חלק מהחורשים בישראל נמצאים בתחום שיפוטן של רשויות מקומיות, בבעלות מוסדות ציבוריים או על קרקעות פרטיות הרשומות בטאבו בבעלות משפחות, בעיקר באזורים כפריים בגליל ובמשולש. מנגנון PES יכול לעודד בעלים ומנהלים כאלה לשמר את החורש ולא להמירו לשימושים אחרים.

שיתוף המגזר הבדואי בשימור יערות הנגב – במקום גישה של אכיפה בלבד, ניתן לפתח מנגנון תשלום עבור שירותים שהאוכלוסייה הבדואית מספקת, באמצעות ניהול מתון של מרעה, מניעת שרפות ושמירה על היער.

שוקי פחמן – קק"ל יכולה למכור זיכויי פחמן משיקום יערות ומניהול יערות לגופים המעוניינים לקזז את פליטותיהם. המנגנון כבר קיים באופן מוגבל: קק"ל אימצה תוכנית קיזוז מרצון, המאפשרת לתורמים לאזן את פליטות הפחמן האישיות שלהם באמצעות נטיעת עצים בישראל. עם זאת, הניסיון להשתלב בשוקי הפחמן הבין-לאומיים הרשמיים (כגון CDM מפרוטוקול קיוטו) לא צלח עקב מכשולים בירוקרטיים, רווחיות כלכלית מוגבלת ועלויות רישום ומעקב גבוהות. המנגנון הזה יכול להתרחב ככל שהאסדרה הישראלית על פליטות פחמן תתפתח (Tal and Gordon, 2010). יישום מנגנוני PES דורש תשתית משפטית, מנגנוני מדידה ובקרה ומקורות מימון יציבים. אחד המנגנונים הבין-לאומיים, REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation), עוסק בהפחתת פליטות מבירוא יערות והתדרדרותם. זוהי מסגרת בין-לאומית הנכללת באמנת האקלים של האו"ם, ומאפשרת למדינות מפותחות לממן שימור יערות טרופיים כתחליף לצמצום פליטות ישיר. מנגנונים כאלה מציעים מסגרת לפיתוח שוקי פחמן יעריים, אך בישראל הנושא הזה טרם פותח באופן מלא. מנגנוני PES פשוטים כבר קיימים בישראל בצורה מוגבלת: למשל, גביית אגרות כניסה לפארקים לאומיים היא תשלום עבור שירותי נופש, וכך גם תשלומי מרעה מחקלאים לקק"ל. עם זאת, המנגנונים האלה אינם מותנים בביצועים מדידים כנדרש בהגדרה הרחבה של PES.

אתגרים ומגבלות בהערכה כלכלית

למרות התקדמות משמעותית בשיטות ההערכה, קיימים עדיין אתגרים ומגבלות בהערכה הכלכלית בספרות המחקר העולמית (Ninan and Inoue, 2013) וביישום שלהן בישראל. נקודת מוצא חשובה היא מגבלות הנתונים

מבחינת הערכה כלכלית, ניתן להעריך את הערך שהוסיף השירות הזה במהלך המשבר על ידי השוואה למחירי תחליפים (חדרי כושר, פארקי שעשועים) שהיו סגורים, או על ידי הערכת השיפור בבריאות הנפש והגוף. מחקרים ראשוניים מצאו עלייה משמעותית בנכונות לשלם עבור גישה ליערות ולשטחים טבעיים במהלך התקופה.

מנגנונים כלכליים לשימור: תשלום עבור שירותי מערכת אקולוגית

אחת התובנות המרכזיות שעולות מהערכה כלכלית של שירותי מערכת אקולוגית היא שרבים מהשירותים הללו הם בגדר טובין ציבוריים (public goods), כלומר, טובין שכל אחד יכול ליהנות מהם בחינם מבלי לשלם עבורם, ושניהול אחד מהם אינו מקטין את זמינותם לאחרים (כמו אוויר נקי או נוף). בגלל התכונות האלה אין להם מחיר שוק, ולכן לא נוצר תמריץ כלכלי אוטומטי לספקם (Engel et al., 2008). מנגנון תשלום עבור שירותי מערכת אקולוגית (Payment for Ecosystem Services – PES) נועד לתקן את הכשל על ידי יצירת שוק מלאכותי או מנגנון העברת תשלומים מאלה שנהנים מהשירות אל אלה שמספקים אותו.

עקרונות מנגנון PES

מנגנון PES מורכב בדרך כלל מארבעה מרכיבים עיקריים: א. מספק השירות – בעל קרקע או מנהל שטח המתחייב לנהל את הקרקע באופן שיסמר או ישפר את אספקת שירות המערכת האקולוגית; ב. נהנה מהשירות – אדם, קהילה או ארגון הנהנה מהשירות ומוכן לשלם עבורו; ג. תשלום מותנה – העברת תשלום מהנהנה למספק, המותנה בביצוע פעולות ספציפיות או בהשגת תוצאות מדידות; ד. מנגנון ניטור ואכיפה – מערכת למדידת השירות ולוודא שהמספק מקיים את התחייבויותיו.

דוגמאות למנגנוני PES ביערות בעולם

מספר מדינות יישמו בהצלחה מנגנוני PES ליערות: בקוסטה ריקה ישנה תוכנית PES מהמוקדמות והמפורסמות בעולם (מאז 1997), המשלמת לבעלי קרקעות עבור שימור יער ושירותי המערכת האקולוגית (Pagiola et al., 2005). בסין התוכנית 'תבואה תמורת ירוק' (Grain for Green) מכסה עשרות מיליוני דונם, ומשלמת לחקלאים להמיר שדות חקלאיים מדורדרים ליערות במטרה להפחית את סחיפת הקרקע ולשפר את ויסות המים (Wunder et al., 2008). בקיטו, בירת אקוודור, הקהילות הכפריות במעלה הרי האנדים מקבלות תשלום עבור שימור יערות המספקים שירותי ויסות מים ואיכות מים לעיר (Pagiola et al., 2005).

את כמות המים העומדת לרשות היער ואת יכולתו להעשיר מי תהום.

סיכוני שרפות – עלייה בטמפרטורות וירידה בלחות מגבירות את הסיכון לשרפות יער.

שירותי נופש – תקופות חום קיצוניות עשויות להפחית את הנוחות והבטיחות לטיול ביערות בחלק מהשנה, אך מצד שני עשויות להגביר את הביקוש בעונות אחרות. הערכות כלכליות עתידיות צריכות להביא בחשבון את האי-ודאות הנובעת משינוי האקלים ולהשתמש בתרחישים שונים. נוסף על כך, יש לשקול אסטרטגיות הסתגלות, כמו ייעור במינים מותאמים יותר לבצורת, ניהול מתאים של צפיפות היער וניטור מתמיד של בריאות היער.

תרומת ההערכה הכלכלית לניהול יערות בר-קיימא

למרות האתגרים, הערכה כלכלית של שירותי מערכות אקולוגיות תורמת תרומה משמעותית לניהול יערות: **הצדקת השקעות בשימור** – הערכה כלכלית מאפשרת להראות למקבלי החלטות ולציבור את התועלת הכלכלית הגלומה בשימור יערות ובהשקעה בניהול בר-קיימא (Costanza et al., 2014), מה שיכול לסייע בהגדלת תקציבי שימור ושיקום.

השוואת חלופות – הערכה כלכלית מאפשרת להשוות בין שימושי קרקע שונים ובין תרחישי ניהול חלופיים. למשל, ניתן להשוות את התועלת הגלומה בייעור שטח מול פיתוח לחקלאות או לבנייה.

זיהוי קונפליקטים – הערכה מקיפה של כל השירותים מאפשרת לזהות קונפליקטים פוטנציאליים ולמצוא פתרונות איזון. למשל, ניתן לתכנן אזורי יער שונים בהתאם למטרותיהם – אזורי לשימור מגוון ביולוגי, אזורי לנופש ואזורי לייצור.

תקשורת עם הציבור – הצגת הערך הכלכלי של שירותי היער במונחים ברורים ונגישים מגבירה את המודעות ציבורית ואת התמיכה בשימור.

פיתוח מנגנוני מימון – הערכה כלכלית היא בסיס לפיתוח מנגנונים כמו תשלום עבור שירותי מערכת (PES), שיכולים לממן שימור ושיקום של יערות.

יישום בתורת ניהול היער של קק"ל

תורת ניהול היער של קק"ל (אסם ואח', 2014; אסם וצורף, 2019) משקפת גישה מתקדמת המבוססת על שירותי מערכות אקולוגיות. המטרה המוגדרת היא 'לספק מגוון שירותים של המערכת האקולוגית לתושבי הארץ', והמטרות הפרטניות כוללות: אספקת שירותי נופש וטיולים, שירותי ויסות (קיבוע פחמן, ייצור ראשוני, חידור מים), שמירה על קרקע ומים, אספקת תועלת כלכלית (מרעה, תפוקת עץ),

הקיימות בישראל. בניגוד למדינות עם מסורת ארוכה של ניטור אקולוגי שיטתי, בישראל חסרים בסיסי זמן ארוכים ומדידות עקביות לגבי תפקודים אקולוגיים רבים, כגון קצבי קיבוע פחמן בצמחים שונים, מאזני מים ביערות (שאינם יער יתיר), והמגוון הביולוגי לאורך זמן. מגבלה זו אינה רק טכנית אלא מהותית: ללא נתוני בסיס אמינים, כל שיטת הערכה – בין אם שיטת עלות הנסיעה, הערכה מותנית או מודלים כמו InVEST – תישען על הנחות שמרניות, ועלולה להניב אומדנים בעלי אי-ודאות גבוהה. מגבלה זו מובילה לכמה קשיים ספציפיים.

אי-ודאות ומורכבות אקולוגית – מערכות אקולוגיות הן מורכבות ודינמיות, וקשה לחזות באופן מדויק את השפעת שינויים עליהן (Ninan and Inoue, 2013). פרמטרים במודלים של הערכה כספית כרוכים באי-ודאות, והם עשויים להשתנות עם הזמן ובין אזורים.

קושי בכימות שירותים לא-מוחשיים – שירותי תרבות, ערכי קיום וערכים רוחניים קשים במיוחד לכימות במונחים כספיים. השיטות הקיימות, כמו הערכה מותנית, כרוכות בהטיות אפשריות ובקושי לקבל תוצאות מהימנות.

העברת ערכים בין הקשרים – שיטת העברת הערך נוחה, אך עלולה להוביל לטעויות כאשר ההבדלים בין האתרים משמעותיים. גורמים כמו הרכב אוכלוסייה, הכנסה, אקלים ותרבות משפיעים על ערך השירותים.

סוגיות אתיות ופילוסופיות – יש המטילים ספק בכלל בלגיטימיות של תמחור הטבע, בטענה שהוא מפחית את ערכו של הטבע למונחים כספיים בלבד, ויוצר תפיסה אינסטרומנטלית של הטבע.

שקלול תמורות – בין שירותי מערכת שונים קיימים לעיתים קונפליקטים בין שירותים שונים. למשל, ניהול יער לייצור עץ עשוי לפגוע בשירותי נופש או בלכידת פחמן. הערכה כלכלית יכולה לעזור לזהות את הקונפליקטים האלה, אך קביעת האיזון המתאים היא החלטה ערכית ומדינית.

שינוי האקלים והשלכותיו על שירותי מערכת

שינוי האקלים מציב אתגרים משמעותיים ליערות בישראל ולשירותי המערכת שהם מספקים (Tittensor et al., 2014). תחזיות אקלימיות מצביעות על עלייה בטמפרטורות, ירידה בכמות המשקעים והגברת תדירות אירועי קיצון, כמו בצורות, גלי חום ואירועי גשם חריגים. השינויים האלה צפויים להשפיע על שירותי המערכת האקולוגית.

קצב לכידת הפחמן – עלייה בטמפרטורות עשויה להגביר את קצב הנשימה של העצים והקרקע, ולהפחית את קצב לכידת הפחמן הנטו. מאידך גיסא, עלייה בריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה עשויה להגביר פוטוסינתזה (CO₂ fertilization effect).

ויסות מים – ירידה במשקעים ועלייה באידוי עשויות להקטין

שימור שטחים פתוחים, יצירת אזורי חיץ, חיזוק הזיקה לטבע, תמיכה במגוון הביולוגי ועוד. תורה זו מהווה מסגרת לתכנון ארוך טווח של יערות, המתבסס על חלוקה ליחידות ייעודיות – כל יחידה בעלת מטרות ספציפיות המתאימות למאפייניה ולשירותי המערכת האקולוגית שהיא יכולה לספק בצורה מיטבית.

היישום המעשי של הגישה כולל הכנת תוכניות אב ליערות בודדים. בתוכניות מוגדרים יעודים שונים לאזורים שונים: יער שמורה (לשימור ערכי טבע ומגוון ביולוגי), יער רב-תכליתי (לאיזון בין מספר שירותים) ואזורי נופש מרוכזים. הגישה מבוססת על ניהול מסתגל (adaptive management) המאפשר התאמות על פי תוצאות ניטור ומחקר.

סיכום ומבט לעתיד

שירותי מערכות אקולוגיות של יערות הם נכס לאומי אסטרטגי התורם לרווחת האדם, לכלכלה ולאיוכות הסביבה (TEEB, 2010). בישראל, עם שטח יער מוגבל וצפיפות אוכלוסייה גבוהה, יערות ממלאים תפקיד חשוב במיוחד באספקת שירותים מגוונים – מליכת פחמן, דרך ויסות מים ומניעת סחיפה, ועד אספקת הזדמנויות לנופש ולחיבור לטבע.

הערכה כלכלית של השירותים האלה היא כלי חיוני לקבלת החלטות מושכלות וניהול בר-קיימא (Liu et al., 2010). השיטות המפורטות במאמר זה – מהערכות מבוססות שוק, דרך שיטות העדפות מוצהרות ועד כלים מתקדמים כמו InVEST – מאפשרות לכמת את התועלת הכלכלית של יערות ולהשוות בין חלופות ניהול שונות. יישום השיטות בישראל, כפי שהודגם במחקרים על הכרמל, יער יתיר ויערות הצפון, מספק בסיס ראייתי לקביעת מדיניות.

כדי להמשיך ולשפר את הערכת שירותי המערכת האקולוגית של יערות בישראל, נדרש מחקר נוסף במספר תחומים:

פיתוח מודלים מותאמים למצב הישראלי – רוב המודלים, כמו InVEST, פותחו עבור תנאים אקולוגיים שונים. יש צורך בהתאמה לאקלים הים תיכוני והצחיח ולמאפיינים הייחודיים של יערות נטועים. **בסיסי נתונים ארוכי טווח** – נדרש ניטור שיטתי ועקבי של תפקודים אקולוגיים, כמו קיבוע פחמן וחדור מים. קק"ל החלה בניטור מסוג זה במספר אתרים, אך יש צורך בהרחבה. **הערכת שקלול תמורות** – מחקר מעמיק על הקונפליקטים בין שירותים שונים, למשל בין ניהול לייצור עץ לבין מניעת סחיפה, או בין נופש אינטנסיבי לבין לכידת פחמן. **שירותי תרבות** – פיתוח שיטות חדשות להערכת שירותים לא-מוחשיים כמו ערכי מורשת, קשר רוחני לטבע והשפעות בריאותיות. ניתן לשלב כאן שיטות מתחום מדעי החברה והפסיכולוגיה. **שילוב עם תכנון מרחבי** – שימוש במערכות ממשל וניהול מרחבי כדי לזהות אזורים בעלי ערך גבוה במיוחד מבחינת שירותי מערכת אקולוגית, ושילוב הממצאים בתכנון לאומי ואזורי.

עם זאת, חשוב לזכור שהערכה כלכלית היא רק אחד הכלים בארגז הכלים של ניהול יערות. ערכים אתיים, אסתטיים ותרבותיים של יערות חורגים מהיכולת של כל שיטת הערכה לתמחר אותם, והחלטות על ניהול יערות צריכות להתבסס על שיקולים רחבים יותר. כמו כן, יש להתייחס לאי-ודאות הגלומה בכל הערכה ולעדכן הערכות באופן קבוע לאור ידע חדש ושינויים בסביבה.

בעידן של שינוי האקלים, גידול אוכלוסייה ולחצים מתגברים על משאבי טבע, חשיבותה של הבנה מעמיקה של התרומה הכלכלית והחברתית של יערות הולכת וגדלה. המשך היישום של גישת שירותי המערכת האקולוגית בתכנון ובניהול של יערות, כפי שמשתקף בתורת ניהול היער של קק"ל ובמחקרים שונים, הוא צעד חשוב לקראת עתיד בר-קיימא. פיתוח מנגנונים כלכליים, כמו PES, שילוב טכנולוגיות חדשות להערכה וניטור ושיתוף פעולה בין-תחומי בין אקולוגים, כלכלנים, מתכננים וקובעי מדיניות – כל אלה יאפשרו ניהול מיטבי של היערות לטובת הדור הנוכחי והדורות העתידיים.

מקורות

לונדון, גרוסברד, ש, ספריאל א ופייטלסון ע (עורכים). 2019. **מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הערכה לאומית, דו"ח ממצאי מפתח**. מוזיאון הטבע על שם שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.
פליישר ע ובקר נ (עורכים). 2018. התרומה לרווחת האדם – כלכלה. בתוך: **מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הפרקים המלאים**. 2021. המארג – התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב.

אסם י, ברנד ד, טאובר י, פרבולוצקי א וצורף ח. 2014. **תורת ניהול היער בישראל: מדיניות והנחיות לתכנון ולמשק היער**. קרן קימת לישראל.
אסם י וצורף ח. 2019. **תורת ניהול היער בישראל: דילול יער מחטני**. מסמך מדיניות והנחיות מקצועיות. קרן קימת לישראל.
בקר נ וחורש י. 2007. הערכה כלכלית של נופש בטבע: אומדן שווי יער ביריה בשיטת עלות הנסיעה. **יער**, 9, 27–34.

- Merlo M and Croitoru L (Eds). 2005. *Valuing Mediterranean Forests: Towards Total Economic Value*. CABI International, Wallingford.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- Ninan KN and Inoue M. 2013. Valuing forest ecosystem services: What we know and what we don't. *Ecological Economics*, 93, 137–149.
- Nowak DJ, Hirabayashi S, Bodine A, and Greenfield E. 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119–129.
- Pagiola S, Arcenas A, and Platais G. 2005. Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, 33(2), 237–253.
- Pichlerová M, Výboštok J, Ōnkal D, Lamatungga KE, Tamatam D, Marcineková L, et al. 2023. Increased appreciation of forests and their restorative effects during the COVID-19 pandemic. *Ambio*, 52(3), 647–664.
- Potchter O, Cohen P, and Bitan A. 2006. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 26(12), 1695–1711.
- Raviv O, Zemah-Shamir S, Izhaki I, and Lotan A. 2021. The effect of wildfire and land-cover changes on the economic value of ecosystem services in Mount Carmel Biosphere Reserve, Israel. *Ecosystem Services*, 49, 101291.
- Rohatyn S, Rotenberg E, Ramati E, Tatarinov F, Tas E, and Yakir D. 2018. Differential impacts of land use and precipitation on "ecosystem water yield". *Water Resources Research*, 54(8), 5457–5470.
- Rotenberg E and Yakir D. 2010. Contribution of semi-arid forests to the climate system. *Science*, 327(5964), 451–454.
- Sharp R, Douglass J, Wolny S, Arkema K, Bernhardt J, Bierbower W, et al. 2020. InVEST 3.9.0. post24+ ug. g66b919f User's Guide. The Natural Capital Project.
- Tal A. 2002. *Pollution in a Promised Land: An Environmental History of Israel*. University of California Press, Berkeley.
- Tal A and Gordon J. 2010. Carbon cautious: Israel's afforestation experience and approach to sequestration. *Small-Scale Forestry*, 9(4), 409–428.
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. *Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. Geneva, Switzerland.
- Tittensor DP, Walpole M, Hill SL, Boyce DG, Britten GL, Burgess ND, et al. 2014. A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346(6206), 241–244.
- Van Renterghem T, Botteldooren D, and Verheyen K. 2012. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. *Journal of Sound and Vibration*, 331(10), 2404–2425.
- Wunder S, Engel S, and Pagiola S. 2008. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics*, 65(4), 834–852.
- Becker N and Freeman S. 2009. The economic value of old growth trees in Israel. *Forest Policy and Economics*, 11(8), 608–615.
- Brander LM, de Groot R, Schägner JP, Guisado-Goñi, van't Hoff V, Solomonides S, et al. 2024. Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward. *Ecosystem Services*, 66, 101606.
- Buckley R and Brough P. 2017. Economic value of protected areas via visitor mental health. *Nature Communications*, 8, 1423.
- Chirino E, Bonet A, Bellot J, and Sánchez JR. 2006. Effects of 30-year-old Aleppo pine plantations on runoff, soil erosion, and plant diversity in a semi-arid landscape in south eastern Spain. *Catena*, 65(1), 19–29.
- Costanza R, de Groot R, Sutton P, Van der Ploeg S, Anderson SJ, Kubiszewski I, et al. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158.
- Dai X, Felsenstein D, and Grinberger AY. 2023. Viewshed effects and house prices: Identifying the visibility value of the natural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 238, 104818.
- Daily GC. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press. Washington.
- de Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, et al. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50–61.
- Derks J, Giessen L, and Winkel G. 2020. COVID-19-induced visitor boom reveals the importance of forests as critical infrastructure. *Forest Policy and Economics*, 118, 102253.
- Engel S, Pagiola S, and Wunder S. 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663–674.
- Farber SC, Costanza R, and Wilson MA. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41(3), 375–392.
- Fang CF and Ling DL. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning*, 63(4), 187–195.
- Gascon M, Triguero-Mas M, Martínez D, Dadvand P, Fornis J, Plasencia A, et al. 2015. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(4), 4354–4379.
- Grünzweig JM, Lin T, Rotenberg E, Schwartz A, and Yakir D. 2003. Carbon sequestration in arid-land forest. *Global Change Biology*, 9(5), 791–799.
- Inbar M, Tamir M, and Wittenberg L. 1998. Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. *Geomorphology*, 24(1), 17–33.
- Liu S, Costanza R, Farber S, and Troy A. 2010. Valuing ecosystem services *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185, 54–78.
- Lotan A, Kost R, Mandelik Y, Peled Y, Chakuki D, Shamir SZ, et al. 2018. National scale mapping of ecosystem services in Israel—genetic resources, pollination and cultural services. *One Ecosystem*, 3, e25494.