



ייעור בצפון הנגב. מעבר לפגיעה במגוון הביולוגי המקומי, הכתם הכהה של העצים הופך חלק מקרינת השמש לחום, ולכן היער לא תורם בהכרח למיתון שינוי האקלים | צילום: יוסף סגל

## נטיעת עצים למיתון שינוי האקלים? לא הפתרון עבור ישראל

אלון רוטשילד <sup>[1]</sup>\* ואלי חביב <sup>[1, 2]</sup>  
<sup>[1]</sup> אגף שימור טבע וסביבה, החברה להגנת הטבע  
<sup>[2]</sup> מרכז הצפרות, החברה להגנת הטבע  
 \* alon@spni.org.il

המאמר נכתב כתגובה למאמר:

Bastin JF, Finegold Y, Garcia C, et al. 2019. The global tree restoration potential. *Science* **365**(6448): 76-79.

### רקע

במסגרת הניסיון העולמי למתן את שינוי האקלים עולה מעת לעת הרעיון לנטיעה רחבת היקף של יערות כאמצעי לספיחת פחמן מהאטמוספירה. גם בישראל יש המבקשים לקדם ייעור נרחב בטיעון של תרומת הנטיעה למיתון שינוי האקלים <sup>[5]</sup>. לאחרונה פורסם מחקר <sup>[6]</sup> הטוען כי קיים פוטנציאל לנטיעת כ-500 מיליארד עצים על שטח של 9 מיליארד דונם באזורים שתומכים באופן טבעי ביערות, מהלך שעשוי להביא להפחתה של 25% ממאגר הפחמן

באטמוספירה.

על פי המאמר של Bastin ואחרים שהתפרסם ביולי 2019 <sup>[8]</sup> המודל העריך את פוטנציאל הייעור על-ידי דגימת כיסוי העצים ב-78,774 אתרים בשטחים מוגנים (האמורים לייצג את חברת השיא של הצומח בכל אזור), תוך שקלול נתונים נוספים כדוגמת משקעים, טמפרטורה וקו אורך ורוחב. לאחר מכן, הוסרו השטחים הבנויים, החקלאיים והמיוערים כדי לקבל את השטח הפוטנציאלי לייעור חדש. פוטנציאל הייעור הוצג בשכבת מידע גאוגרפית בדיוק מרחבי של 1 קמ"ר, וחישוב השטח נעשה באמצעות מדד "כיסוי חופת עצים" (canopy cover), כך שפיקסל בעל פוטנציאל מימוש של 10% כיסוי עצים חושב כתוספת שטח יער של 0.1 קמ"ר. בישראל התבסס המודל על 16 אתרי דגימה, מהם 11 בנגב, 2 בספר המדבר, ו-3 בלבד בחבל הים תיכוני.

על פי אותו מאמר <sup>[8]</sup> מופה בישראל פוטנציאל ייעור בהיקף של 1.2 מיליון דונם לכיסוי עצים חדש (שלא היה מיוער קודם) ורציף (ללא רווחים בין חופת העצים), שיהווה 0.01% מפוטנציאל הייעור העולמי. מטרת המחקר המתואר להלן הייתה לבדוק אם השטחים שנטען כי יש בהם פוטנציאל לנטיעת יערות חדשים בישראל אכן ניתנים למימוש, ואם כן – מה תרומתם למיתון שינוי האקלים העולמי, והאם הם ממוקמים בשטחים רגישים מבחינת שמירת הטבע?

**שיטות**

כדי לנתח את אופי השטחים שאותרו כבעלי פוטנציאל ליעור בישראל, הצלבנו את שכבת פוטנציאל הייעור בישראל עם שכבות מידע שונות: שכבת כיסוי הקרקע לשנת 2018 (המארג), ממוצע משקעים (השירות המטאורולוגי), שטחים בנויים (המרכז למיפוי ישראל) ושמורות טבע וגנים לאומיים (רשות הטבע והגנים). תרומתה היחסית של ישראל למאמץ הייעור העולמי למיתון שינוי האקלים חושבה על-ידינו בהתאם לאחוז המימוש המרחבי שמצאנו, והתרומה המרבית בעת מימוש מלא של כלל השטחים, חושבה בהתאם לנספח S2 במחקר המקורי. פירוט השיטות שהשתמשנו בהן – בנספח 1 באתר כתב העת.

**תוצאות ודין**

**האם אכן קיים בישראל פוטנציאל משמעותי לנטיעת יערות חדשים?**  
הניתוח המרחבי של פוטנציאל הייעור אל מול שכבות המידע השונות מסוכם באיור 1.

תוצאות הניתוח שערכנו (איור 2) העלו כי לפחות 87% מהשטחים שסומנו בישראל כבעלי פוטנציאל ליעור חדש – אינם ניתנים למימוש, על פי הפירוט הבא:

א. 46% ממוקמים בשימושי קרקע לא רלוונטיים לנטיעה (17% שטח בנוי, 16% שטח חקלאי, 13% חורש טבעי ויער נטוע).

ב. 34% ממוקמים באזור צחיח – פחות מ-200 מ"מ גשם לשנה (לרבות מדבר יהודה וחלקים מבקעת הירדן) ולכן לא מתאים לנטיעת יערות.

ג. 7% ממוקמים בשטחי שמורות וגנים לאומיים, שיעודם התכנוני הוא להגן על המערכות האקולוגיות הטבעיות, ולכן יער נטע-אדם אינו רלוונטי בהם.

כלומר – רק 13% מהשטח שסימנו עורכי המחקר כפוטנציאל ליעור בישראל, יש היתכנות ראשונית ליעור. גם אם שטח זה ינטע במלואו – השפעתו על מיתון שינוי האקלים תהיה 0.001% ממאמץ הייעור העולמי – היקף זניח לכל הדעות. עם זאת, בחינה מדוקדקת של השטחים הנותרים (ה-13% בעלי ההיתכנות, לכאורה), מלמדת כי גם בהם, ההיתכנות לנטיעת יער מוטלת בספק, מהסיבות הבאות:

א. אקלים צחיח למחצה: 54% מהשטחים הנותרים מצויים באקלים צחיח למחצה (200–300 מ"מ גשם). מודלים העוסקים בשינוי האקלים בישראל חוזים כי האזור שבין קווי 100 ל-400 מ"מ גשם לשנה צפוי לנוע צפונה ומערבה, בשיעור של כ-2% לעשור ביחס לממוצע המשקעים השנתי<sup>[4]</sup>, כך שבשנת 2100 מוערך כי קו ה-200 מ"מ יהיה במקום שמצוי כיום קו 230 מ"מ<sup>[2,1]</sup>. כמו כן הוכח קשר בין מגמת ההתחממות והבצורת, לבין תמותת עצים מוגברת ביערות נטועים<sup>[16]</sup>. מכאן, שההיתכנות ליער בר-קיימא באזורי המעבר שבין 200 ל-300 מ"מ גשם – נמוכה.

ב. קשיים תכנוניים וקנייניים: 84% מהשטחים הנותרים מצויים

בשטחי יהודה ושומרון, עובדה המציבה קשיים ואתגרים בפני מימושם. חלק אחר מהשטחים מצוי כנראה בבעלות פרטית או שייעודי הקרקע העתידיים בו הם למטרות לפיתוח.

ג. קשיים משיקולי שמירת הטבע: כ-85% מהשטחים הנותרים מאופיינים בצומח טבעי של בתה, שיחיה או שטח עשבוני. שטחים אלה הם בעלי חשיבות גדולה למגוון הביולוגי ולמינים מתמחים, וחלק מהם יוצרים רצועת מנשק (ecotone)<sup>[15,20,23]</sup>. סקירה מקיפה של מחקרים ודו"חות מישראל<sup>[7]</sup> מעידה על כך שפעולות ייעור בשטחים טבעיים שהעצים נדירים בהם באופן טבעי, גורמות להחלפת החברה הייחודית של המערכת האקולוגית הטבעית בחברה אקולוגית שונה, תוך דחיקת חלק מהמינים המאפיינים את השטח הטבעי. ואכן, אפילו עורכי המחקר על פוטנציאל הייעור העולמי<sup>[8]</sup> ציינו כי משיקולי שמירת הטבע והנוף הטבעי אין ליעור בשטחים טבעיים – דוגמת בתות ושטחים עשבוניים.

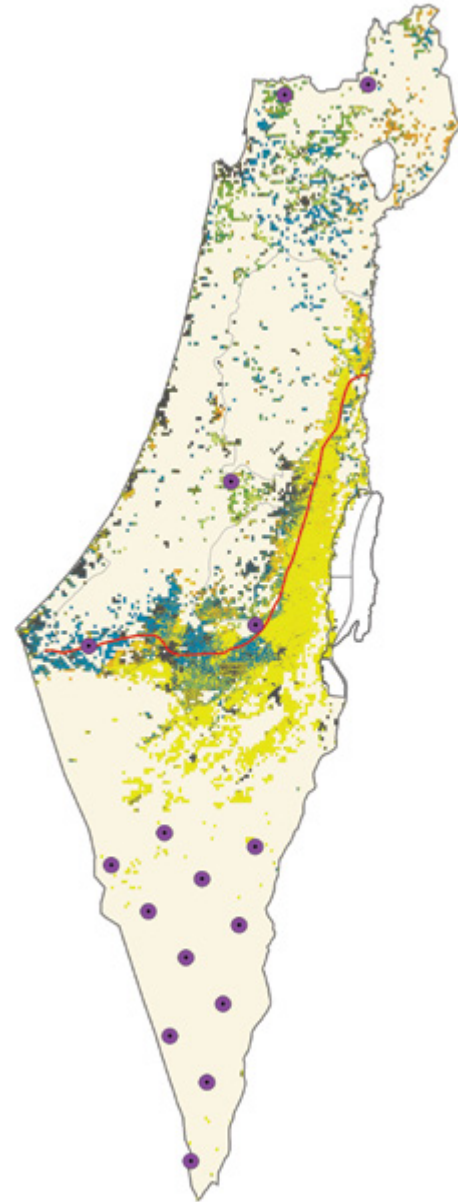
**האם ייעור רחב היקף הוא פתרון קסם למיתון שינוי האקלים?**  
הפוטנציאל של ישראל ליעור בהיקף בעל תרומה משמעותית למיתון שינוי האקלים הוא זניח. בכל מקרה, קיימות שאלות משמעותיות לגבי תרומתו של הייעור למיתון שינוי האקלים, גם אם ימצא לו השטח המתאים:

לייעור יש מאזן מורכב (הכולל קיבוע פחמן, פליטה של גזי חממה אחרים, החזר קרינה וחילופי חום) בהשפעתו על שינוי האקלים. באזורים בהירים עם החזר קרינה גבוה יש ליער השפעה מחממת, הנגרמת מהפחתת החזר הקרינה ומהגברת פליטת החום לאטמוספירה, מכיוון שהיער הוא כתם כהה לעומת סביבתו הטבעית הבהירה<sup>[10]</sup>. אזורים כאלה הם למשל אזורים מושלגים, וגם אזורים יובשניים למחצה – כמו חלקים נרחבים מישראל. מצד שני, יש ליער גם תרומה "מקררת" הנגרמת מספיחת פחמן דו-חמצני. לכן, חולפים עשורים רבים עד שמושגת תרומה חיובית נטו, לדוגמה – כ-80 שנים עבור אזור יתיר<sup>[6,21]</sup>.

יתרה מכך, ישנה מחלוקת אם יערות נטועים יכולים לקבץ פחמן בהיקף בעל משמעות עולמית לאורך זמן, כתלות בזמינות מים ונוטריינטים<sup>[22]</sup> ובפליטת פחמן בשל ממשק יער מנוהל, בניגוד ליער טבעי (באזורים טרופיים) ששוקם<sup>[19]</sup>, בעיקר אם יערות אלה ניטעים באזורים שלא תמכו לפני כן בכיסוי עצים טבעי, כמו שטחי עשב. מסיבה זו ממליצים מדענים רבים להפוך את מאמץ הייעור למאמץ שיקום יערות שנהרסו באזור הטרופי והתת-טרופי<sup>[19]</sup>.

ברמת המדיניות, ייעור רחב היקף נראה כפתרון פשוט למשבר האקלים. עם זאת, הפוטנציאל של היער החדש לקבץ פחמן בהיקף משמעותי ממומש רק לאחר מספר עשורים ממועד הנטיעה, ולאחר מכן מגיע למיצוי<sup>[14,11]</sup>. פער זמנים זה עלול לאפשר לדרג הפוליטי להימנע מפתרונות בעלי תרומה משמעותית למיתון שינוי האקלים

**איור 1.** פריסה מרחבית של פוטנציאל השטח הזמין לייעור בישראל לצורך מיתון שינוי האקלים, מעל ערך סף של 5% כיסוי עצים, על פי Bastin ואחרים [8], בסיווג לפי שכבת כיסוי הקרקע של המארג



● אתר דגימת כיסוי עצים	— ממוצע משקעים: 200 מ"מ
● שטחים בנויים או טבעיים שאינם בעלי פוטנציאל ייעור	● שטחים באזורים צחיחים עד אקולוגיות שאינם תומכות בייעור
● בני / תשתיות	● אחוז נמוך של כיסוי צומח
● חורש טבעי	● עשבוני, בתה ושיחייה
● יער נטוע	
● חקלאות	

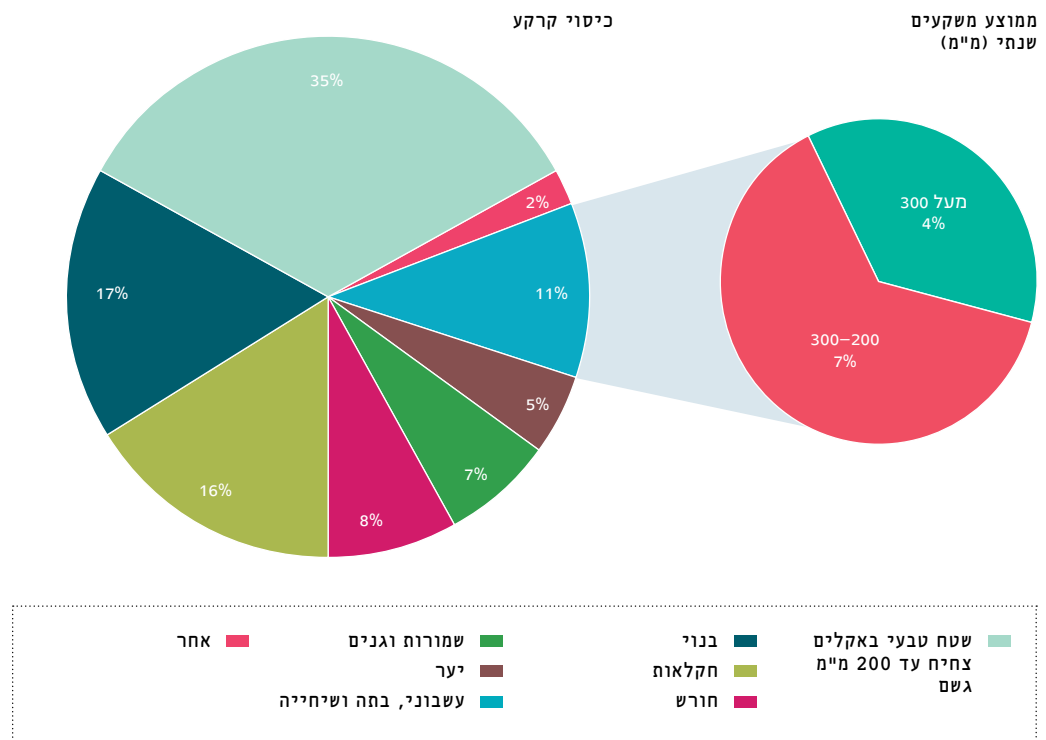
בטווח הזמן המידי, פתרונות שכרוכים בעימות עם קבוצות של בעלי אינטרס ושיש להם מחיר פוליטי וכלכלי. כלומר, הדרג הפוליטי עלול להשלול את הציבור שייעור יספק "פתרון קסם", ללא המחיר הכרוך בשינוי הסדר החברתי והכלכלי הקיים [8, 14, 17, 19].

**סיכום**

Bastin ואחרים [8] בחנו את פוטנציאל הייעור בסקלה עולמית במטרה להציע מיתון משמעותי של שינוי האקלים. לפי הניתוח שלהם, לישראל פוטנציאל תרומה של 0.01% מסך הפוטנציאל העולמי לנטיעת עצים. הניתוח שלנו מראה כי בפועל, אין כמעט שטח זמין שיש לו היתכנות מעשית לייעור חדש בישראל, והשטחים המצומצמים שלכאורה זמינים לייעור, אינם מתאימים לנטיעה, זאת לנוכח סיכויי הנמוכים של היער לשרוד בשטחים צחיחים לנוכח שינוי האקלים שצפוי להרחיב את השטח הצחיח, ומשיקולי שמירת הטבע והנוף הטבעי [26]. לפיכך, השטח המצומצם שזמין לייעור חדש בישראל זניח לחלוטין בהשפעתו על מיתון האקלים העולמי. תוצאות מחקרנו עולות בקנה אחד עם בדיקות שנעשו לאזורים נוספים שזוהו כבעלי פוטנציאל לייעור למטרות מיתון אקלימי. לדוגמה, יוזמת הייעור באפריקה זכתה לביקורת בשל הזיהוי השגוי של אזורים נרחבים שאינם מיוערים כיום, ככאלה שלכאורה מתאימים לנטיעת יערות. למשל, במאמר שבדיון נטען כי ניתן לייער את אזורי הסוואנה והעשב האיקונויים של הסרנגטי ופארק קרוגר, זאת אך על פי שתהליכים אקולוגיים טבעיים, כמו רעייה ושרפות, מנעו התפתחות של יער בהם במשך מיליוני שנים [9, 27]. הביקורת המדעית גם העלתה ספקות לגבי ההיתכנות הכלכלית של ייעור למיתון שינוי האקלים בקנה מידה עולמי, והיא מצביעה על כך ששטחי עשב קיימים אוצרים פחמן בכמויות משמעותיות ביחס ליערות נטועים [12]. מאמרי ביקורת [14, 17, 25] שנכתבו בעקבות פרסום המיפוי העולמי, מעלים כי הנחות יסוד שגויות שעמדו בבסיס ניתוח הנתונים של Bastin ואחרים הביאו להערכת יתר מוגזמת (פי חמישה) באשר לפוטנציאל העצים החדשים לספוח פחמן ולמתן את שינוי האקלים. ביקורות אלה נשענות על שורה ארוכה של טיעונים, המטילים ספק בקביעה של Bastin ואחרים כי – "ייעור הוא הפתרון היעיל ביותר למיתון שינוי האקלים העולמי".

ישראל היא אתר בעל חשיבות עולמית לשמירת המגוון הביולוגי [18]. שינוי שימושי קרקע, וייעור בתוכם, מוגדר כאיום הראשון במעלה על המגוון הביולוגי היבשתי העולמי [13]. ראוי כי ישראל תתמקד בשמירת השטחים הטבעיים שלה, ולא תפגע בהם בהיעדר תרומה אמיתית למיתון שינוי האקלים ברמה האזורית או העולמית. תרומתה של ישראל למיתון השפעות שינוי האקלים צריכה להתמקד בשמירה על מערכות אקולוגיות טבעיות העמידות לשינוי האקלים, כמו בתה ים תיכונית [24], במניעת שרפות בשטחים הפתוחים, וכמובן בהפחתת פליטות באמצעות מיזמי חיטכון

**איור 2.** ניתוח השטחים שמופו בישראל על-ידי Bastin ואחרים<sup>[8]</sup> כבעלי פוטנציאל לייעור לצורך מיתון שינוי האקלים



משרות אקולוגיות

מאמר חגובה



צילום: אלון רוטשילד | סכירת ערוץ במסגרת פעולות ייעור בצפון הנגב. נטיעת יער באזורים שלא תמכו ביער באופן טבעי אינה תורמת למיתון אקלימי ופוגעת במגוון הביולוגי

וייעול השימוש באנרגיה, דוגמת התקנת פאנלים סולריים על גגות ומעבר לתאורה חסכונית. כמו כן, מוצע לעודד נטיעת עצים במרחב העירוני וביישובים כמרכיב במיתון איי חום עירוניים<sup>[3]</sup>, ולא בשטחים הטבעיים הפתוחים.

**מקורות**

ראו **נספח 2** באתר כתב העת.

**המלצות לקריאה נוספת**

תיאור הנזק הפוטנציאלי של יוזמות ייעור באזורי הסוואנה והעשב באפריקה – לטבע וכן למיתון האקלים.  
 Bond WJ, Stevens N, Midgley GF, and Lehmann CER. 2019. The trouble with trees: Afforestation plans for Africa. *Trends in Ecology and Evolution* 34(11): 963-965.

ניתוח השגיאות המתודולוגיות והחישוביות במאמר של Bastin ואחרים, המראה כי ייעור אינו הפתרון היעיל והזול ביותר למיתון שינוי האקלים.  
 Lewis SL, Mitchard ETA, Prentice C, et al. 2019. Comment on "The Global Tree Restoration Potential". *Science* 366(6463): eaaz0388.