

## שינויים בגודל האוכלוסייה של טחבן המדבר כסמן להשפעת שינויים במשטר הגשמים על מערכות אקולוגיות בנגב

יגאל גרנות<sup>[1]\*</sup>, סול ברנד<sup>[2]</sup> ומשה שחק<sup>[3, 2]</sup>

<sup>[1]</sup> המרכז הבין-תחומי, מדרשת שדה-בוקר

<sup>[2]</sup> המכוניס לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

<sup>[3]</sup> המארג

\* yigalg.boker@gmail.com

השטחים האופייניים לשוני אזורי המחקר: למטה - מישורי הלס של שדה צין;  
למעלה - מדרונות טרשיים של רכס חלוקים | צילום: אורי גבני

### תקציר

מטרת מאמר זה היא להראות כי קיים קשר בין שתי תופעות בהר הנגב: שינוי במשטר הגשמים וירידה חדה באוכלוסיית טחבן המדבר. לשינויים באוכלוסיית טחבן המדבר עשויה להיות השפעה על המערכת האקולוגית כולה, בהיותו מין מפתח הפועל כנגד תהליכי המלחת הקרקע. אוכלוסיית הטחבנים נבדקה בשני אתרים. במדרונות הטרשיים של רכס חלוקים חלה ירידה בגודל האוכלוסייה שנמשכה משנת 1998 ועד לשנת 2011. במישור הלס של שדה צין נשאר גודל האוכלוסייה יציב (עם תנודות סביב הממוצע) לכל אורך התקופה הנדונה עד לשנה האחרונה - 2011 - שבה נמצאה ירידה חדה.

ניתוח משטר הגשמים מלמד כי ניתן להבחין בשלוש תקופות שונות במהלך שנות המעקב אחרי אוכלוסיות הטחבנים. התקופה הראשונה (1973-1992) מאופיינת בכמות גשם התואמת את ממוצע הגשם הרב-שנתי (101 מ"מ לשנה) ובארבע בצורות. התקופה השנייה ("תקופת הבצורות", 1993-2000) מאופיינת בירידה בכמות הגשם הממוצעת (74 מ"מ לשנה) ובחמש שנות בצורת. התקופה האחרונה (שלאחר "תקופת הבצורות", 2001-2011) מאופיינת בכמות גשם שנתית ממוצעת נמוכה מהממוצע הרב-שנתי (85 מ"מ לשנה) ובשלוש שנות בצורת. אנו מבקשים לבסס את ההשערה כי קיים קשר בין שינוי משטר הגשמים לבין קריסת אוכלוסיית הטחבנים.

המחקר עולה כי בדיקת השפעתם של שינויים במשטר הגשמים על תנודות באוכלוסייה של אורגניזמים חייבת להיעשות במחקר ארוך טווח, וכי חייבים להתייחס בביצועו לממוצעי תקופות ולאירועי קיצון. כמו כן עולה כי ההשפעה של השינויים במשטר הגשמים על התנודות באוכלוסייה תלויה בתכונות בית הגידול, ולכן יש לערוך את המחקר על אותו אורגניזם בבתי גידול שונים - במקרה של טחבן המדבר התנודות החריפות בגודל האוכלוסיות בשני בתי הגידול הושפעו מהשינויים ארוכי הטווח במשטר הגשמים.

**מילות מפתח:** דינמיקה של אוכלוסייה · מחקר ארוך טווח · מליחות פני הקרקע · קרקעות לס וטרשים



**מבוא**

בשנים האחרונות דווח במחקרים רבים על כך שבאזורים צחיחים בעולם יש ירידה בכמויות הגשמים הממוצעות, עלייה בתדירות הבצורות ועלייה בטמפרטורות, וכתוצאה מכך – התגברות תהליכי המדבור [2, 4, 11]. אולם בשל מידע מצומצם לא נמצאה הסכמה בין החוקרים כיצד משפיעים תהליכים אלה על המבנה ועל התפקוד של מערכות אקולוגיות בכלל ובפרט על המערכות המדבריות [2, 11, 12]. ניתן להראות ששינויים במשטר הגשמים משפיעים על אורגניזמים ועל המערכת כולה, אם מוצאים כי: א. האורגניזמים במערכת – בגלל תלותם הרבה במשטר הגשמים – עשויים להיפגע מהשינויים; ב. האורגניזמים המושפעים הם מינים נפוצים ובעלי חשיבות לתפקוד המערכת האקולוגית.

להישרדותו לסביבה לחה, שכן איבר הנשימה שלו לא ניתן לסגירה והוא מאבד מים לסביבה [17, 19, 22]. בעיה זאת נפתרת באמצעים התנהגותיים של חפירת מחילות לעומק של כ-60 ס"מ, שם הקרקע נשארת לחה בתנאי היובש של המדבר [13, 16, 21, 22]. בכל מחילה שוכנת משפחה ובה זוג הורים עם צאצאיהם (כ-100 בתחילת העונה בחודש אפריל, וכ-40 צאצאים בסוף העונה בחודש אוקטובר), החופרים יחד בקרקע עד לעומקים שהלחות בהם מספיקה לקיום המשפחה (6-10% לחות בקרקע). הוצאת האדמה מן המחילות והצטברותה על פני הקרקע (איור 1) היא בין הגורמים המרכזיים לסחף הקרקע ולמינעת המלחתה. ההסבר לכך נובע מהעובדה כי בקרקע לס נוצרת שכבה מלוחה בעומק של 20-60 ס"מ, והטחבנים החופרים את מחילתם מעלים את הקרקע המלוחה אל שטח הפנים והופכים אותה לזמינה לסחיפה על-ידי נגר עילי [13]. תהליך זה הוא המנגנון שבעזרתו משפיע הטחבן על המערכת האקולוגית [5, 13, 15, 16], וזאת נוסף על היותו חוליה חשובה בשרשרת המזון במערכות אקולוגיות אלה [10, 14, 20].

בתנאי שדה ניתן לעקוב אחרי משפחות הטחבנים (על פי מספר המחילות) ואחר פרטים בודדים בדייקנות, וזאת מאחר שהם פעילי יום הבולטים בשטח בגלל צבעם הכהה ותנועתם האטית. כך אפשר לנטר ולנתח ברמת דיוק גבוהה את דינמיקת האוכלוסייה. כמו כן, ניתן לזהות בקלות את פתחי המחילות (איור 1). במהלך 38 שנים (1973-2011) נחקרו אוכלוסיות הטחבנים בשני בתי גידול שונים באזור שדה־בוקר: במדרונות טרשיים ובמישור לס. מאחר שידוע שהטחבנים תלויים בלחות הקרקע במחילה לקיומם, שיערו החוקרים שצפיפות האוכלוסייה קשורה לכמויות הגשם השנתיות. מחקר שנערך הראה שאין מתאם ישיר בין כמויות הגשם השנתיות והתנודות בגודל אוכלוסיית הטחבנים [16]. אולם נמצא שיש קשר בין פיזור המים במרחב וגודל אוכלוסיית הטחבן [16]. צפיפות טחבנים גדולה נצפתה באזורים שמקבלים תוספת של נגר עילי [13, 24] ובכתימי קרקע עשירים במים [16]. בהסתמך על נתוני הגשם ועל גודל האוכלוסיות של הטחבנים אנו מבקשים לענות במאמר זה על השאלות הבאות:

- א. מהם דפוסי השינויים במשטר הגשמים?
- ב. האם חלו שינויים משמעותיים בגודל אוכלוסיות הטחבנים וכיצד הם באים לידי ביטוי? האם השינויים בגודל האוכלוסיות בשני בתי הגידול (מישור לס ומדרון טרשים) שווים או שונים?
- ג. האם ניתן להסביר את השינויים בגודל אוכלוסיות הטחבנים על-ידי השינויים במשטר הגשמים?

**שיטות**

גודל האוכלוסיות של טחבן המדבר מתבסס על נתוני צפיפות משפחות (מספר מחילות למ"ר) שנאספו במהלך 38 השנים האחרונות (1973-2011) בשני בתי גידול: מדרון טרשי ברכס

על קצה המזלג

- \* טחבן המדבר [סרטן יבשתי המוכר גם בכינוי איזופוד] הוא מין מפתח במערכת האקולוגית של הר הנגב, מכיוון שפעילותו גורמת להורדת מליחות הקרקע.
- \* המאמר בודק את הקשר בין השינוי במשטר הגשמים באזור הר הנגב לבין הצניחה בגודל אוכלוסיית טחבן המדבר שם.
- \* הירידה בלחות הקרקע מסבירה באופן מיטבי את הירידה המשמעותית בגודל אוכלוסיית הטחבנים.
- \* המשך המגמה של ירידה בכמות הגשמים ועלייה בתדירות הבצורות עלול להביא לפגיעה באוכלוסיית טחבן המדבר, לעלייה במליחות הקרקע, וכתוצאה מכך גם להפחתת פוריות המערכת האקולוגית.



חזית המחקר

טחבן המדבר (*Hemilepistus reaumuri*) הוא סרטן יבשה מסדרת שווי הרגליים (Isopoda) וממשפחת ה-Agnaridae. הוא מין מדברי שנופוץ בסוריה, בישראל, במצרים, בלוב, בטוניסיה ובאלג'יריה [8]. הביומסה של המין הזו ליחידת שטח היא מהגבוהות בין בעלי החיים במערכות המדבריות הסלעיות בצפון אפריקה ובאסיה [8, 9]. בתנאי אקלים מדבריים, לאחר תקופת הגשמים הקצרה, שכבת הקרקע העליונה הולכת ומתייבשת. התייבשות קרקע זו מסוכנת לטחבנים. טחבן המדבר זקוק



**טבלה 1.** עיון בתוצאות מלמד שבתקופה הראשונה (1992-1973) אין סטייה מהממוצע הרב-שנתי. בתקופה השנייה (2000-1993) הגירעון היה 207 מ"מ. ומשנת 2001 עד 2011 הגירעון היה 154 מ"מ. כלומר, בשנים האחרונות (2011-1993) הצטבר גירעון של 361 מ"מ. מכל האמור לעיל ניתן להסיק שאכן חלו שינויים לרעה במשטר הגשמים שקובע את הפוטנציאל ליצירת לחות הקרקע החיונית להישרדות משפחות הטחבנים. השינויים לרעה באים לידי ביטוי בממוצעי גשם תקופתי ובתדירות אירועי בצורת לתקופה. במהלך השנים 1973 ועד ל-2011 נבדק גודל האוכלוסיות של הטחבנים במדרון טרשי ובמישור הלס (**איורים 3 ו-4**). נמצא, כי במדרון הטרשי חלה ירידה בגודל האוכלוסייה החל משנת

**טבלה 1.** גירעון, עודפי גשם והצטברות פוטנציאלית של לחות

קרקע בשלוש תקופות המחקר אומדן הצטברות הפוטנציאלית של המים בקרקע לתקופה נעשה על סמך ממוצע הגשם הרב-שנתי (101 מ"מ). גירעון הגשם בכל תקופה הוא סכום ההפרשים בין ממוצע הגשם הרב-שנתי והכמות השנתית (בשנים שכמות הגשם בהן הייתה מתחת לממוצע). עודף גשם בכל תקופה הוא סכום ההפרשים בין הכמות השנתית (בשנים שכמות הגשם בהן הייתה גבוהה מהממוצע) ובין הממוצע הרב-שנתי. הצטברות הפוטנציאלית של המים בקרקע היא ההפרש בין שני עודפי הגשם לגירעון שצוין לעיל (ראה **איור 2**).

תקופת גשם	1992-1973	2000-1993	2011-2001
עודפי גשם (במ"מ)	335	55	130
גירעון גשם (במ"מ)	335	262	284
הצטברות פוטנציאלית של לחות קרקע	0	-207	-154

**איור 1.** פתח מחילה של משפחת טחבנים פעילה

א - פתח המחילה; ב - חומר אורגני; ג - הפרשות בצורת קוביות המורכבות בעיקר מקרקע מלוחה, שהצטברו במהלך חפירת המחילה; ד - טחבן המדבר בוגר. קו התיחום המעגלי בצבע לבן מסמן את תחום פריסת הפרשות. קוטר העקמה 30-40 ס"מ. משקל הגללים בחודש ספטמבר מגיע עד 250 גרם למחילה (בכל מחילה 40-100 פרטים: זוג הורים וצאצאים). צילום: מורן סגולי.

חלוקים (נ.צ. E5315 N1779) ומישור לס בשדה צין שליד מדרשת שדה-בוקר (נ.צ. E5305 N1797). בכל בית גידול היו שטחים קבועים ומסומנים. ברכס חלוקים גודל חלקת הדגימה היה 11 דונמים (כל המפנה הצפוני של אגן היקוות מסדר ראשון) ובמישור הלס היו שתי חלקות בנות 4 דונם כל אחת. פעם בשנה בחודש ספטמבר נספרו כל המחילות בשטח. מאחר שאורך החיים של הטחבן הוא שנה אחת בלבד, הרי שכל שנת ניטור מייצגת דור חדש. גודל האוכלוסייה, כלומר מספר הפרטים, הוא כפולה של מספר המשפחות ומספר הפרטים ששרדו בכל מחילה (כ-40 פרטים). נתוני הגשם השנתיים נלקחו מהתחנה המטאורולוגית של המכון לחקר המדבר במדרשת שדה-בוקר (**איור 2**).

**תוצאות**

ניתן להבחין בשלוש תקופות גשם במהלך שנות המעקב אחרי אוכלוסיות הטחבנים, שעשויות להשפיע על הדינמיקה שלהם. התקופה הראשונה (1992-1973) מאופיינת בכמות גשם התואמת את ממוצע הגשם הרב-שנתי (101 מ"מ לשנה) ובה 4 שנות בצורת 5- שנים גשומות (ממוצע ועוד סטיית תקן גדולה מאחת). התקופה השנייה "תקופת הבצורות" (2000-1993) מאופיינת בירידה בכמות הגשם הממוצעת (74 מ"מ לשנה), ובה 5 שנות בצורת מתוך 8 שנים ושנה גשומה אחת. התקופה לאחר "תקופת הבצורות" (2011-2001) מאופיינת בכמות גשם שנתית ממוצעת נמוכה מהממוצע הרב-שנתי (85 מ"מ לשנה), 3 בצורות ו-2 שנים גשומות.

ידוע שהגורם שמשפיע על גודל אוכלוסיות הטחבנים הוא לחות הקרקע [4, 14, 16]. מאחר שלא מדדנו את לחות הקרקע בעומקים השונים בכל שנות המחקר, היינו צריכים למצוא דרך להעריך את השינויים בלחות הקרקע. לפיכך, נבדק ההבדל בין שלוש התקופות מבחינת כמויות המים שהיה להן פוטנציאל להצטבר בקרקע. לשם כך, נבדקה הסטייה של כמות הגשם המצטברת בכל תקופה, מהממוצע הרב-שנתי (101 מ"מ גשם)

חזית המחקר

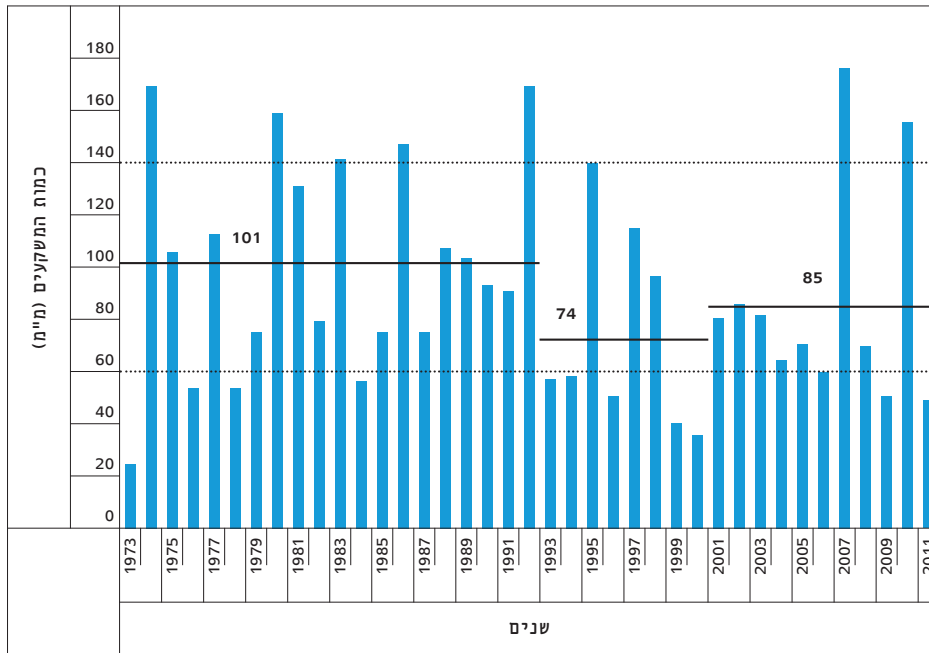
השונים להסתגל לשינויים הסביבתיים ועשוי לסייע להתאוששות האוכלוסייה. מצד שני, תהליך קצר טווח של ירידה חדה בגודל האוכלוסייה אינו מאפשר לה להסתגל לשינוי הסביבתי ועשוי להוביל להכחדה [20]. אוכלוסיית הטחבנים חוותה ירידה חדה בשטח המדרון ואפשרות לירידה כזאת במישור הלס כתוצאה משינויי משטר הגשמים. אם אכן תתמשך המגמה של ירידה בכמות הגשמים ועלייה בתדירות הבצורות, עשוי הדבר להוביל לפגיעה באוכלוסיית הטחבן, שעלולה להיכחד או להישאר נמוכה. כתוצאה מכך, המליחות בקרקע תלך ותגדל, דבר שיפחית את פוריות המערכת האקולוגית.

כיצד ניתן להסביר את הירידה החדה בגודל אוכלוסיית הטחבנים שהחלה במדרון הטרשי בשנת 1998 ואולי במישור הלס בשנת 2011? במדרון הטרשי נקבעת לחות הקרקע במחילת הטחבנים על-ידי תוספת נגר מקומית מהסלע שליד כתם הקרקע שהמחילה נחפרה בו, ועל-ידי יכולת אגירת המים שקובע נפח כתמי הקרקע, שהם קטנים במידותיהם. במישור הלס נקבעת לחות הקרקע על-ידי תוספת מים משיטפונות מהרכסים שמסביב ועל-ידי קרקע עמוקה שעשויה לאגור כמויות גדולות של מים [13]. אנו מציעים שמקור הנגר ונפח הקרקע שמים מסוגלים להיאגר בו בעומק ולהישאר בו לאורך זמן, הם הגורמים שמשפיעים על שרידותם של הטחבנים. במדרון הטרשי, נפח הקרקע קטן מזה שבמישור הלס, ולכן מאגר המים קטן יותר ואגירת המים בו תלויה במספר גדול של אירועי נגר הפוחתים בשנות בצורת. לכן, ייתכן ששנות הבצורת של 1993, 1994, ו-1996 גרמו להתייבשות

1998 ועד שנת 2011. במישור הלס נשאר גודל האוכלוסייה יציב (עם תנודות סביב הממוצע) ורק בשנת 2011 חלה גם שם ירידה. הירידה בגודל האוכלוסייה במדרון - המלווה את השינוי במשטר הגשמים - התרחשה באמצע "תקופת הבצורות", שנתיים לאחר הבצורת הדו-שנתית (איור 2). לאחר הירידה המשיך מספר המחילות להיות נמוך, וזאת אף על פי ששנת 2007 הייתה השנה הגשומה ביותר שנרשמה במהלך המחקר (175 מ"מ). לגבי השינוי באוכלוסייה במישור הלס יש בידינו רק נתון אחד, והוא הירידה בצפיפות בשנת 2011 (איור 3).

**דיון**

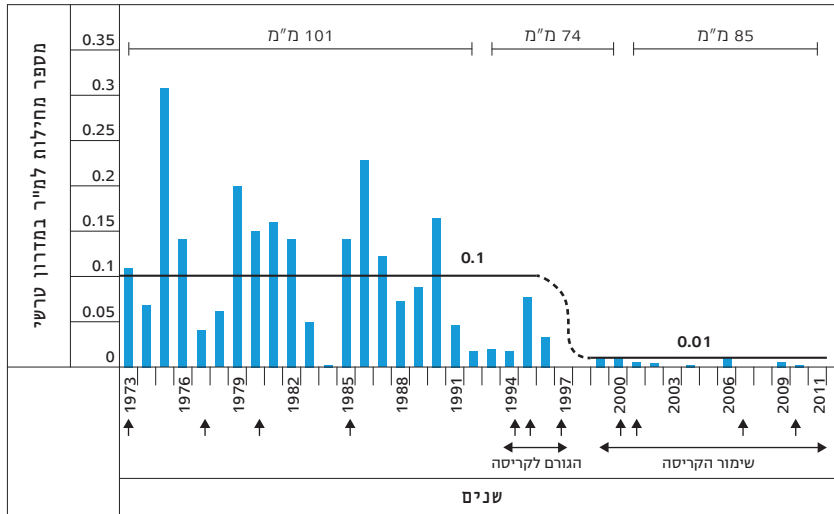
המדבר הוא בית גידול ששונות הגורמים האקלימיים בו גבוהה במיוחד. המחקר הנוכחי מתבסס על ניטור ארוך טווח גם בהיבט של גורם הגשם (הגורם האביוטי) וגם בהיבט של אוכלוסיות טחבן המדבר (הגורם הביוטי). אילו היינו מתחילים את המחקר במדרון רק בשנת 1996, היינו מתייחסים לטחבן כאל מין נדיר שאין לו כל חשיבות בתפקוד המערכת האקולוגית (איור 2). מחקרים שנעשו בעולם ובארץ [7,4] הראו כי בשנים האחרונות אזור הנגב מתחמם, כמות הגשמים השנתית פוחתת, ותדירות אירועי גשם קיצוניים גדלה. מודלים עתידיים חוזים שתהליך זה עשוי להימשך לפחות עד סוף המאה הנוכחית [4]. תהליך זה יכול להשפיע לרעה על אוכלוסיות של יצורים אוכלי צמחים בירידה הדרגתית או בירידה חדה בגודל האוכלוסייה. ירידה הדרגתית בגודל האוכלוסייה היא תהליך ארוך טווח שמאפשר למינים



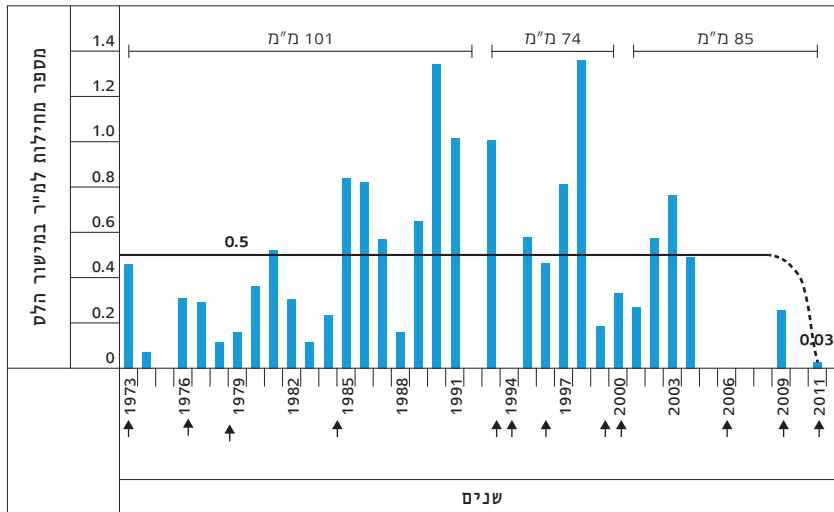
**איור 2.** כמות הגשם בשדה-בוקר בשנים 1973-2011 הקו השחור העבה העליון מייצג את ממוצע הגשם בשנים 1973-1992, שכמות המשקעים בהן בשנות המחקר שווה לממוצע הרב-שנתי. הקו השחור העבה שלאחריו מייצג את כמות המשקעים השנתית בתקופת הבצורות הקשה (1993-2000) הקו השחור העבה השלישי מייצג את ממוצע הגשם לאחר תקופת הבצורות הקשה בשנים 2001-2011. הקווים האופקיים ב-60 וב-140 מ"מ מפרידים בין אירועי גשם "רגילים" ואירועי קיצון (מתחת ל-60 מ"מ - שנת בצורת ומעל ל-140 מ"מ - שנה גשומה).

טחבן המדבר הוא מין חשוב מאוד לתפקוד המערכת האקולוגית המדברית באזור שדה־בוקר. לפי מחקרים אחדים [13, 24, 18], הטחבן - שחופר מחילות עד לעומק של 60 ס"מ - מוציא את הקרקע המלוחה שמצטברת בעומק זה אל פני השטח והופך אותה לזמינה לסחיפה על־ידי נגר עילי (איור 1). בצורה זו גורם הטחבן לירידה במליחות הקרקע, ובכך מאפשר למינים רגישים למלח להתיישב בבית הגידול. הפיכת הטחבן לנדיר או היעלמותו מבית הגידול תביא להמלחת הקרקע, ועשויה להביא להיעלמות מינים נוספים. כמו כן, הטחבן הוא מזון חשוב לטורפים בשרשרת המזון (כגון עבידים, לטאות, עכשובים ועופות) [10, 14]. נדירותו או היעלמותו מבית הגידול עלולה להביא לשינויים משמעותיים במארג המזון במערכת האקולוגית.

הקרקע ולדלדול מאגר המים, וגורמים אלה הם שהביאו לקריסת האוכלוסייה בשנת 1998. במישור הלס, שמשטחי הלס בו רציפים ועמוקים, התקיימו אירועי גשם גדולים לפני תקופת הבצורות, שהזרימו כמויות נגר עילי גבוהות מהרכסים שמסביב, ואפשרו לאדמת הלס לספוג כמויות גדולות של מים שנאגרו בקרקע הלס ונשמרו לטווח הארוך [23, 24]. לאור האמור לעיל, ניתן לשער מדוע החלה ירידה משמעותית בגודל האוכלוסייה במדרון הטרשי לפני הירידה שנצפתה ב־2011 במישור הלס. כמות המים האגורים במישור הלס היא גדולה יותר, כך שגם רצף של בצורות לא השפיע כנראה מידית על שרידותם של הטחבנים, בעוד שבמדרון הטרשי מאגר המים התדלדל כנראה מהר יותר.



**איור 3.** דינמיקה של אוכלוסיית הטחבן המדברי במדרון הטרשי (1973-2011) על רקע השינויים במוצעי הגשם ובתדירות הבצורות העמודות מייצגות את גודל האוכלוסייה בכל שנה. הרווחים בין העמודות מייצגים שנים שלא נערכה בהן ספירת מחילות. הקו האופקי בשנים 1973-1996 מייצג את ממוצע גודל האוכלוסייה בשנים הללו. הקו האופקי בשנים 1997-2009 מייצג את ממוצע גודל האוכלוסייה בשנים הללו. הקווים האופקיים למעלה מייצגים את תקופות הגשם השונות (ראה איור 2). החצים האנכיים על ציר השנים מייצגים שנות בצורת. הקו המרוסק מייצג את הנפילה החדה בגודל אוכלוסיית הטחבנים.



**איור 4.** דינמיקה של אוכלוסיית הטחבן המדברי במישור הלס (1973-2011) העמודות מייצגות את גודל האוכלוסייה בכל שנה. הקו האופקי בשנים 1973-2009 מייצג את ממוצע גודל האוכלוסייה בשנים הללו. הקווים האופקיים למעלה מייצגים את תקופות הגשם השונות (כמפורט באיור 2). החצים האנכיים על ציר השנים מייצגים שנות בצורת. הקו המרוסק מייצג את הירידה החדה בגודל אוכלוסיית הטחבנים.



- behavior of the desert isopod *Hemilepistus reaumuri* and of a *Porcellio* species. *Symposium Zoological Society of London* 53: 423–453.
- [10] Perry G and Brandeis M. 1992. Variation in stomach contents of the gecko, *Ptyodactylus hasselquistii*, in relation to sex, age, season and locality. *Amphibia-Reptilia* 13: 275–282.
- [11] Portnov BA and Safriel UN. 2004. Combating desertification in the Negev: dry-land agriculture vs. dry-land urbanization. *Journal of Arid Environments* 56: 659–680.
- [12] Puigdefabregas J and Mendizabal BT. 1998. Perspectives on desertification: Western Mediterranean. *Journal of Arid Environments* 39: 209–224.
- [13] Shachak M and Yair A. 1984. Population dynamics and the role of *Hemilepistus reaumuri* in a desert ecosystem. *Symposium Zoological Society of London* 53: 295–314.
- [14] Shachak M and Brand S. 1983. The relationship between sit and wait foraging strategy and dispersal in the desert scorpion, *Scorpio maurus palmatus*. *Oecologia* 60: 371–377.
- [15] Shachak M and Brand S. 1988. Relationship among settling, demography and habitat selection: An approach and a case study. *Oecologia* 76: 620–627.
- [16] Shachak M and Brand S. 1991. Relationship among spatiotemporal heterogeneity, population abundance and variability in a desert. In: Kolasa J and Pickett STA (Eds). *Ecological Studies Series* 86. New York: Springer-Verlag.
- [17] Shachak M, Chapman EA, and Steinberger Y. 1976. Feeding, energy flow and soil turnover in the desert isopod, *Hemilepistus reaumuri*. *Oecologia* 24: 57–69.
- [18] Shachak M. 1980. Energy allocation and life history strategy of the desert isopod, *Hemilepistus reaumuri*. *Oecologia* 45: 404–413.
- [19] Shachak M, Steinberger Y, and Orr Y. 1979. Phenology, activity and regulation of radiation load in the desert isopod, *Hemilepistus reaumuri*. *Oecologia* 40: 133–140.
- [20] Turner MG, Collins SC, Lugo AL, Magnuson JJ, Rupp TS, and Swanson FJ. 2003. Disturbance dynamics and ecological response: The contribution of Long-Term Ecological Research. *BioScience* 53: 46–56.
- [21] Warburg MR. 1965. Water relations and internal body temperature of isopods from mesic and xeric habitats. *Physiological Zoology* 38: 99–109.
- [22] Warburg MR. 1968. Simultaneous measurement of body temperature and water loss in isopods. *Crustaceana* 14: 39–44.
- [23] Yair A and Shachak M. 1982. A case study of energy, water and soil flow chains in an arid ecosystem. *Oecologia* 54: 389–397.
- [24] Yair A and Shachak M. 1987. Studies of watershed ecology of an arid area. In: Berkofsky L and Wurtele MG (Eds). *Progress in desert research*. New Jersey: Rowman and Littlefield.

ממחקרים שנערכו על הטבחן ניתן להפיק את הלקחים הבאים:

א. כדי לקבוע קשר סיבתי בין שינוי במשטר הגשמים ושינויים במערכת האקולוגית יש לבצע מחקר ארוך טווח.

ב. במחקר השינויים במשטר הגשמים יש להתייחס לא רק לממוצעים רב-שנתיים, אלא גם לממוצעי תקופות ולאירועי קיצון.

ג. יש לבצע את המחקר על אותו אורגניזם בבתי גידול שונים, הואיל והתגובה לשינויים במשטר הגשמים עשויה להיות תלויה בתכונות בית הגידול.

ד. יש לבדוק את הדינמיקה של האוכלוסיות כתוצאה משינויים במשטר הגשמים, ואם הירידה היא חדה או הדרגתית.

ה. יש לבדוק מה ההשלכות של שינויים באוכלוסייה של מין אחד על כל המערכת האקולוגית.

## תודות

תודה לד"ר אלי צעדי על הערותיו, ולארנון ברנד על העזרה הטכנית.

## מקורות

- [1] שטיינברגר י. 1976. מאזן אנרגטי וחלבוני של האיזופוד המדברי (עבודת תזה לתואר שני). רמת-גן: אוניברסיטת בר-אילן.
- [2] Avni Y, Porat N, Plakht J, and Avni G. 2006. Geomorphic changes leading to natural desertification versus anthropogenic land conservation in an arid environment, the Negev Highlands, Israel. *Geomorphology* 82: 177–200.
- [3] Baker MB, Shachak M, and Brand S. 1998. Settling behavior of the desert isopod, *Hemilepistus reaumuri*, in response to variation in soil moisture and other environmental cues. *Israel Journal of Zoology* 44: 345–354.
- [4] Dai A. 2011. Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2(1): 45–65
- [5] Dubinsky Z, Steinberger Y, and Shachak M. 1979. The survival of the desert isopod, *Hemilepistus reaumuri*, in relation to temperature. *Crustaceana* 36: 147–154.
- [6] Fischer M, Kalko EKV, Linsenmair KE, Pfeiffer S, Prati D, and Schulze ED. 2010. Exploratories for large-scale and long-term functional biodiversity research. In: Müller F, Baessler C, Schubert H, and Klotz S (Eds). *Long-term ecological research – between theory and application*. Dordrecht: Springer.
- [7] Kafle H and Bruins HJ. 2009. Climatic trends in Israel 1970–2002: Warmer and increasing aridity inland. *Climatic Change* 96: 63–77.
- [8] Lincoln RJ. 1970. A review of the species of *Hemilepistus*. *Bulletin of British Museum of Natural History* 20: 109–130.
- [9] Linsenmair KE. 1984. Comparative studies on the social