



דו"ח לתוכנית מחקר מספר 857-0494-09

## מיפוי בתי גידול עשבוניים על בסיס מודל ממ"ג

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף המרעה

ע"י

טל סבוראי המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
רקפת שפרן-נתן המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
אבי פרבולוצקי המחלקה לגידולי שדה ומשאבי שדה, מכון וולקני

Tal Svoray, Department of Geography & Environmental Development, Ben-Gurion

University of the Negev, P.O.B 653, Beer-Sheva, E-mail: [tsvoray@bgu.ac.il](mailto:tsvoray@bgu.ac.il)

Shafran-Natan Rakefet, Department of Geography & Environmental Development, Ben-

Gurion University of the Negev, P.O.B 653, Beer-Sheva, E-mail: [shafranr@bgu.ac.il](mailto:shafranr@bgu.ac.il)

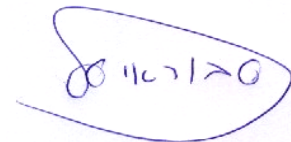
Avi Prvolotsky, Department of Natural Resources, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan,  
Israel. E-mail: [avi@agri.gov.il](mailto:avi@agri.gov.il)

נובמבר 2010

חשוון תשע"א

**הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא**

**חתימת החוקר**



## תקציר

אזורים חצי-צחיחים ידועים כמועדים להתרחשות בצורות. בשנים קודמות נבדק במחקר זה ונמצא כי תרחישי שינויי אקלים החוזים עלייה בתדירות התרחשות של ארועים יובשניים ושינויים בתפרוסת המשקעים בזמן לאורך עונת הצימוח יפגעו ויורידו את כמות הייצור הראשוני. שינויים אלו נבחנו גם בשדה לאורך שתי שנות בצורת (2007-2008 ו-2009-2008) וגם על ידי מודל מבוסס מ"ג החוזה בזמן ובמרחב את כמות הייצור הראשוני כתוצאה משינויים בתנאי מזג האוויר היומיים (גשם, טמפרטורה ואידוי) ותנאים סביבתיים לאורך 31 שנה. מאחר והתוצאות הראו כי קיים שינוי רב בדפוסים המרחביים של הייצור הראשוני בתקופת המחקר הנדונה נבחנו: (1) השפעת של כמות הגשם על דיגמי הייצור הראשוני במרחב. (2) השפעת הבצורת על הכיסוי הצומח בשטח המחקר. חשיבות המחקר לחקלאות היא בבדיקת השפעת תנאי שינויים בכמויות הגשם על שטחי מרעה ואזורים טבעיים נרחבים ברזולוציות זמן ומרחב מפורטות.

## מבוא

בצורות מתרחשות בתדירות גבוהה באזור החצי-צחיח ולהן מספר השלכות על המערכת האקולוגית החצי-צחיחה [8]. למרות שהשפעות אלו יכולות להיות קצרות טווח ולהסתיים בתהליך של התאוששות לאורך שנים או במחזוריים של התדלדלות והתאוששות במקרים מסוימים בצורת מתמשכת יכולה להוביל לשינויים בלתי הפיכים במרחב ובזמן בדגמי הייצור הראשוני [6]. למרות שצומח של אזורים מוגבלי מים נמצא רגיש יותר לשינויים תוך עונתיים ונמצא כי בצורות מובילות להדלדלות של משאבי מים לצומח עשבוני [3,9], ההשפעה של שינויים שנתיים בדפוסי האקלים על הדפוסים המרחביים של יצור הראשוני כמעט ולא נחקר כמעט בספרות המדעית [4]. כאשר כיסוי הצומח העשבוני מצטמצם כתוצאה משנות בצורת, השטח החשוף ללא הכיסוי יותר רגיש ליצירת נגר, מים חודרים לעומקי קרקע אשר אינם זמינים לצומח עשבוני ומסיבה זו קרקעות פוריות מוסרות וסלע אם נחשף [6] לכן איבוד הכיסוי הצימחי יכול להוביל לכך שצומח עשבוני לא יוכל להתבסס מחדש בשנים בהן אין בצורת [1, 2].

מערכות אקולוגיות מתנגדות לבצורת כאשר הן שורדות שינויים מרחביים בדפוסי המים הזמינים לצמח ועדיין מצליחות לשמור על דגמי הכיסוי הצימחי, תהליך שבו לאורך מספר שנים המערכת האקולוגית תראה הדלדלות וצמצום בדגמים המרחביים ולאחר מכן התאוששות בשנים בהן כמות הגשם תהיה ממוצעת ואף גבוהה אשר תעיד על גמישות של המערכת האקולוגית החצי-צחיחה להשפעות של יובש [5]. מאחר ולא נמצא בספרות מחקר המכמת את מידת ההשפעה המרחבית של בצורות ושינויי אקלים [7]. בחלק זה של המחקר נבדק השפעת השינוי בכמות הגשם על הדגמים של הייצור הראשוני במרחב.

## שיטות

שינויים בדגמים המרחביים נבדקו בשני אזורי מחקר באזור חוות המחקר כרי דשא (רמת כורזים) לאורך 21 שנה ובאזור גבעות גורל (להבים) לאורך 30 על ידי מודל מ"ג ברזלוציה מרחבית (25 מ' לתא) ועיתית גבוהה (יום). הפורמולציה המתמטית של מודל פורטה בדוחות הקודמים וכן פורסמה בכתב עת מדעי. לצורך מעקב אחר שינויים בדפוסים המרחביים השתמשנו בשלושה משתנים אוביקטביים לתיאור היחסים המרחביים בין התאים במודל (כל תא מייצג כמות ביומסה עשבונית ג'מ<sup>2</sup>): כיסוי צומח של רמות ביומסה עשבונית שונות, הטרוגניות מרחבית של כיסוי הצומח העשבוני ואחידות הכיסוי.

(1)

**כיסוי צומח**- הביומסה החזויה על ידי המודל חולקה לתשע קבוצות שכל קבוצה מייצגת כמות ביומסה שונה בלהבים כל 50 ג'מ<sup>2</sup> בלהבים (מ-0-50 עד- ג'מ<sup>2</sup> 400 >) ואילו בכורזים כל 100 ג'מ<sup>2</sup> (מ-0-100 ועד- ג'מ<sup>2</sup> >1000) בגלל ההבדלים בכושר הייצור הראשוני של כל אזור מחקר. השטח הכולל שכל רמת ביומסה מכסה בשטח המחקר בכל שנה חושב על היישום המ"ג zonal cross-tabulate area tool.

(2)

**הטרוגניות המרחבית בייצור ראשוני (H')** בכל שנה נבדקה על ידי האינדקס הפשוט Shannon-Weaver diversity index ערכים גבוהים של אינדקס זה משקפים את היכולת של שטח המחקר לכסות שטח גדול יותר. H מייצג את מספר רמות הביומסה המייצרות באותה שנה ו-p<sub>i</sub> מייצג את הכיסוי שכל רמת ביומסה i<sup>th</sup> מכסה בשטח ביחס לשאר לכיסוי של שאר רמות הביומסה.

$$H' = - \sum_{i=1}^H P_i \ln P_i$$

(3)

**אחידות הכיסוי הצומח (D)** בכל שנה נבדקה על ידי Dominance index אינדקס זה בודק את מידת ההשפעה שיש לכל צבר תאים המייצג רמת ביומסה על התאים האחרים המייצגים רמות ביומסה אחרות במרחב. קבוצות דומיננטיות מייצגות על ידי צברים גדולים של תאים ישפיעו יותר על קבוצות להן צברי תאים קטנים. אינדקס כאשר H מייצג את רמות הביומסה המייצרות באותה שנה ו-p<sub>i</sub> מייצג את אחידות הכיסוי של כל רמת ביומסה i<sup>th</sup> ביחס לשאר רמות הביומסה במרחב.

$$D = \left| \ln H - \sum_{i=1}^H P_i \ln P_i \right|$$

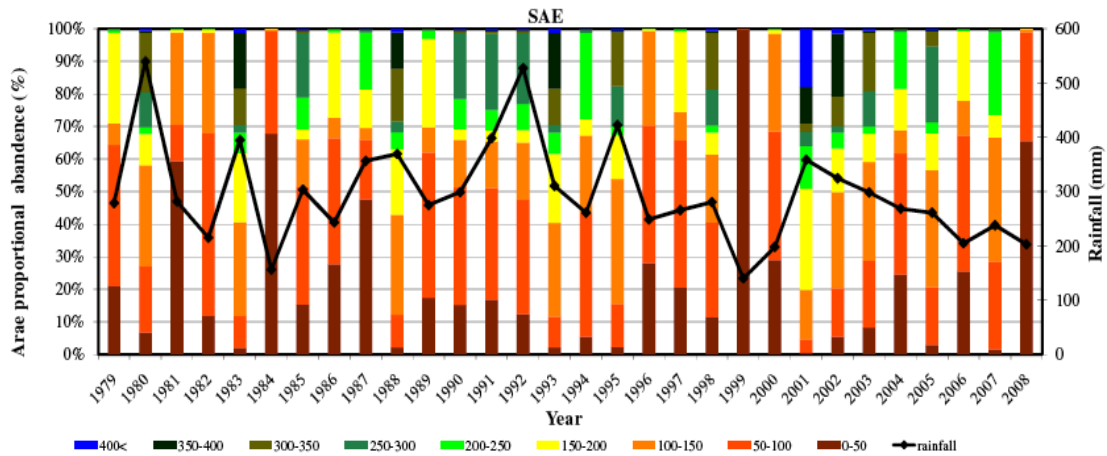
## תוצאות ודיון

שתי המערכות אקולוגיות חצי-צחיחות אשר נבחנו במחקר זה הראו גמישות לשינויים בכמות הגשם השנתית. למרות שהמערכת האקולוגית באזור כורזים הראתה יכולת עמידות טובה יותר עם הירידה בכמות הגשם. כאשר ניתן לראות באזור להבים (איור 1א') כי רמת הביומסה הנמוכה ביותר המייצגת אזור חשוף עד כסוי נמוך (0-50 ג'מ<sup>2</sup>) מייצגת בין 10% בשנים בהן כמות המשקעים בין 300-400 מ"מ ועד 100% בשנת 1999 בה כמות המשקעים היתה הנמוכה ביותר כ-140 מ"מ ב-30 שנה האחרונות. הכיסוי המירבי של רמות הביומסה הגבוהות נראה בשנים בהן כמות המשקעים היתה בין 300-400 מ"מ, בשנים בהן כמות המשקעים היתה גבוהה מ-400 מ"מ הכיסוי היה נמוך יותר. לעומת זאת, אזור כורזים (איור 1ב') הראה עמידות רבה לשינויים בכמות המשקעים כאשר בכל השנים, גם באלו שקיימת בהן ירידה של כמעט 150 מ"מ מהמוצע הרב שנתי (500 מ"מ) השטח מכוסה בכיסוי צימחי בינוני-גבוה 500-1000 ג'מ<sup>2</sup>.

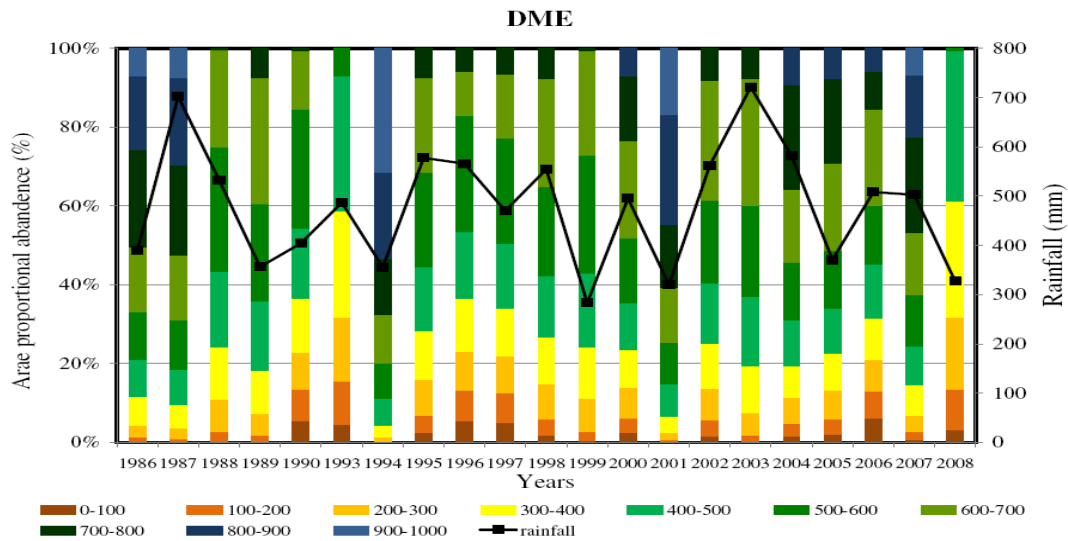
גם כאשר מדובר בהטרונגניות המרחבית קיים נמצא קשר חזק ומובהק באזור להבים ( $R^2=0.74$ ;  $p<0.05$ ) בין כמות הגשם להטרונגניות המרחבית של הייצור הראשוני במרחב (איור 2א'). כאשר גם במקרה זה נראה כי ההטרונגניות המרחבית עולה עם כמות המשקעים המצטברת השנתית עד אשר כמות המשקעים היא בין 300 ל-400 מ"מ. כאשר כמות הגשם השנתית עלתה מעל 400 מ"מ ההטרונגניות המרחבית עולה. מגמה דומה נמצאה בהשפעה של כמות הגשם המצטברת השנתית על אחידות הכיסוי באזור זה (איור 3א';  $R^2=0.75$ ;  $p<0.05$ ). באזור כורזים (איור 2ב') לעומת זאת, נמצא קשר חלש ( $R^2=0.17$ ;  $p<0.05$ ) בהשפעת כמות הגשם המצטברת השנתית על ההטרונגניות המרחבית ואף קשר חלש יותר בין כמות הגשם לאחידות הכיסוי הצימחי ( $R^2=0.06$ ;  $p<0.05$ ) אשר מעיד כי קיים מנגנון אחר מלבד הגשם אשר מניע וקובע את ההטרונגניות המרחבית.

במחקר זה אנו מציעים כי היכולת של הקרקע לאגור מים בשני אזורי המחקר היא המנגנון הקובע את היכולת של להראות עמידות כנגד שינויים בכמות הגשם השנתית, עמידות זו באה לידי ביטוי בדגמים המרחביים של הייצור הראשוני אשר עוקבים אחרי אזורים בהם זמינות המים לצמח משופרת. אך למרות שאזור להבים הראה עמידות נמוכה בשנים בהן כמות הגשם השנתית נמוכה לאורך 30 שנה ניתן לראות שגם לאחר מספר שנים שבהן יש הדלדלות בכיסוי הצימחי, קיים תהליך של התאוששות והופעה של רמות ביומסה גבוהות.

א1

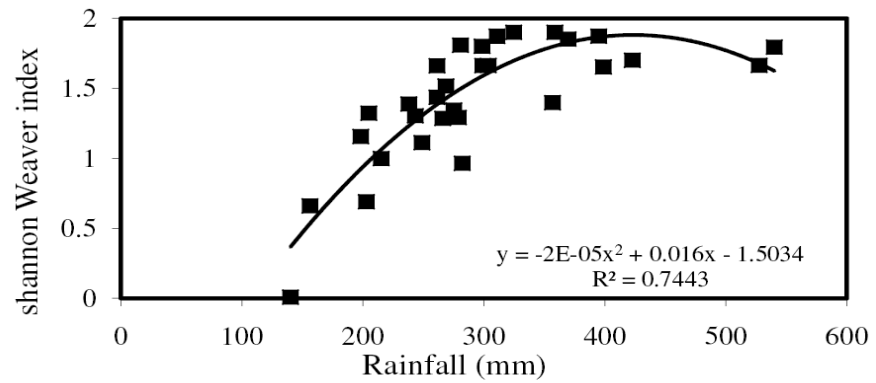


ב1

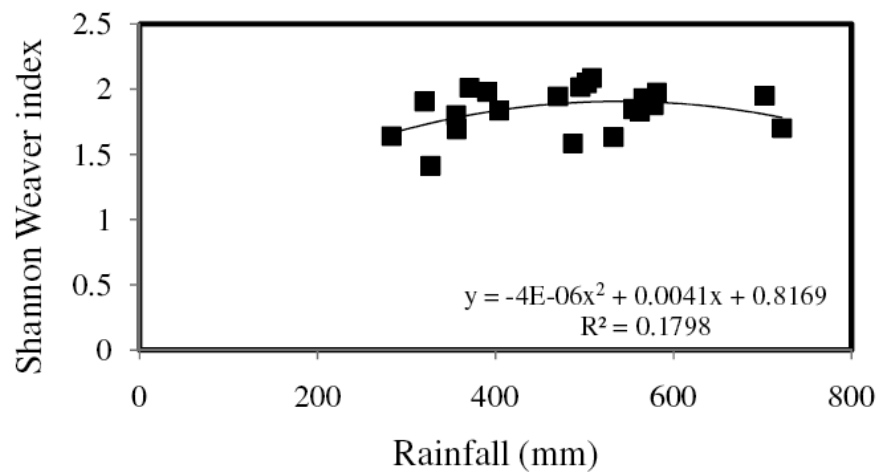


איור 1: זה מראה את כיסוי הצומח של כל רמת ביומסה (%) בכל שטח מחקר בלהבים לאורך 30 שנה (א1) ובכורזים לאורך 21 שנה (ב1) כאשר 100% באזור להבים מייצג שטח של 25 קמ"ר ובאזור כורזים 50 קמ"ר. העקומה השחורה מייצגת את כמות הגשם המצטברת בכל שנה.

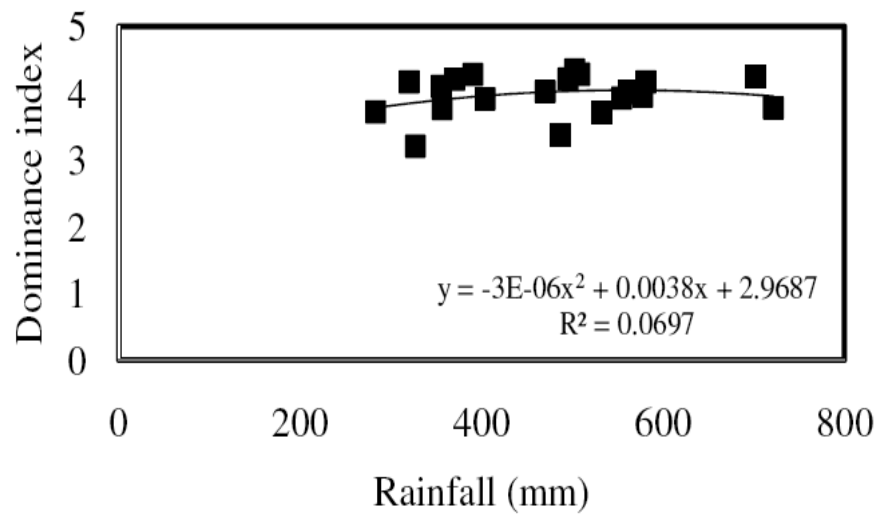
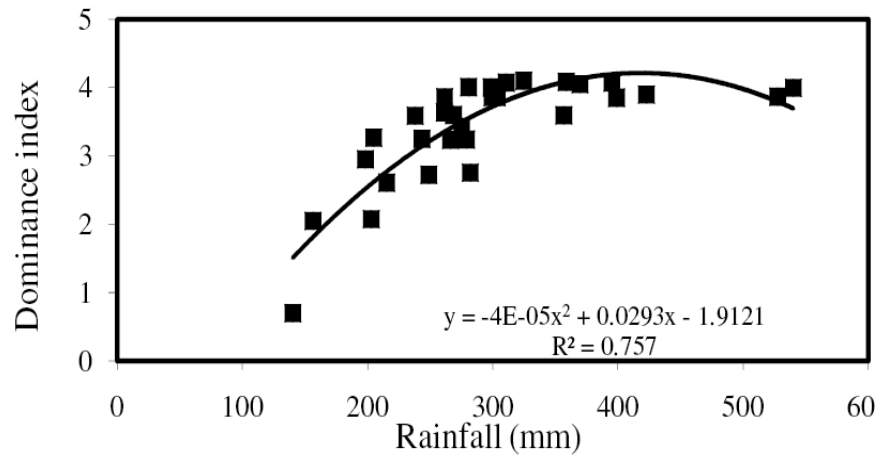
א'2



ב'2



איור 2: הקשר בין כמות המשקעים המצטברת העונתית להטרונגניות המרחבית של הקבוצות המייצרות באזור להבים (א'2) ובאזור כורזים (ב'2).



איור 3: הקשר בין כמות הגשם המצטברת לאחידות הכיסוי הצימחי באזור להבים (א') ובאזור כורזים (ב').

## ספרות

1. Grime JP, Fridley JD, Askew AP, Thompson K, Hodgson JG, Bennett CR (2008) Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland. Proceedings of the National Academy of Sciences 105:10028-10032
2. Neave M, Rayburg S (2007) A field investigation into the effects of progressive rainfall-induced soil seal and crust development on runoff and erosion rates: The impact of surface cover. Geomorphology 87:378-390



3. Notaro M (2008) Response of the mean global vegetation distribution to interannual climate variability. *Climate Dynamics* 30:845-854
4. Pennington D, Collins S (2007) Response of an aridland ecosystem to interannual climate variability and prolonged drought. *Landscape Ecology* 22:897-910
5. Rietkerk M, van de Koppel J (2008) Regular pattern formation in real ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 23:169-175
6. Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591-596
7. Verón SR, Paruelo JM, Oesterheld M (2006) Assessing desertification. *Journal of Arid Environments* 66:751-763
8. Vetter S (2009) Drought, change and resilience in South Africa's arid and semi-arid rangelands. *South African Journal of Science* 105:29-33
9. Williams CA, Albertson JD (2006) Dynamical effects of the statistical structure of annual rainfall on dryland vegetation. *Global Change Biology* 12:777-792

### סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).  
שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.  
**הערה:** נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

<p align="center"><b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b></p>
<p>(1) השפעת של כמות הגשם על דיגמי הייצור הראשוני במרחב.</p>
<p>(2) השפעת הבצורת על הכיסוי הצומח בשטח המחקר.</p>
<p> </p>
<p align="center"><b>עיקרי הניסויים והתוצאות.</b></p>
<p>(1) <b>חישוב כיסוי צומח</b>- הביומסה החזויה על ידי המודל חולקה לתשע קבוצות שכל קבוצה מייצגת כמות ביומסה שונה בלהבים כל 50 ג'מ<sup>2</sup> בלהבים (מ-0-50 עד- ג'מ<sup>2</sup> 400 &gt;) ואילו בכורזים כל 100 ג'מ<sup>2</sup> (מ-0-100 ועד- ג'מ<sup>2</sup> &gt;1000) בגלל ההבדלים בכושר הייצור הראשוני של כל אזור מחקר. ניתן לראות באזור הלהבים כי רמת הביומסה הנמוכה ביותר המייצגת אזור חשוף עד כסוי נמוך (0-50 ג'מ<sup>2</sup>) מייצגת בין 10% בשנים בהן כמות המשקעים בין 300-400 מ"מ ועד 100% בשנת 1999 בה כמות המשקעים היתה הנמוכה ביותר כ-140 מ"מ ב-30 שנה האחרונות. הכיסוי המירבי של רמות הביומסה הגבוהות נראה בשנים בהן כמות המשקעים היתה בין 300-400 מ"מ, לעומת זאת, אזור כורזים הראה עמידות רבה לשינויים בכמות המשקעים כאשר בכל השנים, גם באלו שקיימת בהן ירידה של כמעט 150 מ"מ מהממוצע הרב שנתי (500 מ"מ) השטח מכוסה בכיסוי צימחי בינוני-גבוה 500-1000 ג'מ<sup>2</sup>.</p>
<p>(2) <b>הטרונגניות המרחבית בייצור ראשוני</b> חושבה בכל שנה נבדקה על ידי האינדקס הפשוט Shannon-Weaver diversity index. גם כאשר מדובר בהטרונגניות המרחבית קיים נמצא קשר חזק ומובהק באזור הלהבים (<math>R^2=0.74</math>; <math>p&lt;0.05</math>) בין כמות הגשם להטרונגניות המרחבית של הייצור הראשוני במרחב. כאשר גם במקרה זה נראה כי ההטרונגניות המרחבית עולה עם כמות המשקעים המצטברת השנתית עד אשר כמות המשקעים היא בין 300 ל-400 מ"מ. באזור כורזים לעומת זאת, נמצא קשר חלש (<math>R^2=0.17</math>; <math>p&lt;0.05</math>) בהשפעת כמות הגשם המצטברת השנתית על ההטרונגניות המרחבית.</p>
<p>(3) <b>אחידות הכיסוי הצומח</b> חושבה בכל שנה נבדקה על ידי Dominance index אינדקס זה בודק את מידת ההשפעה שיש לכל צבר תאים במודל המייצג רמת ביומסה על התאים האחרים המיצגים רמות ביומסה אחרות במרחב. התוצאות מראות כי נמצאה מגמה דומה בהשפעה של כמות הגשם המצטברת השנתית על אחידות הכיסוי באזור הלהבים (<math>R^2=0.75</math>; <math>p&lt;0.05</math>). אך באזור כורזים נמצא קשר חלש בין כמות הגשם לאחידות הכיסוי הצימחי (<math>R^2=0.06</math>; <math>p&lt;0.05</math>) אשר מעיד כי קיים מנגנון אחר מלבד הגשם אשר מניע וקובע את ההטרונגניות המרחבית.</p>

<b>מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?</b>
1) שתי המערכות האקולוגיות חצי-צחיחות אשר נבחנו במחקר זה הראו גמישות לשינויים בכמות הגשם השנתית. למרות שהמערכת האקולוגית באזור כורזים הראתה יכולת עמידות טובה יותר עם הירידה בכמות הגשם.
2) למרות שאזור להבים הראה עמידות נמוכה בשנים בהן כמות הגשם השנתית נמוכה לאורך 30 שנה ניתן לראות שגם לאחר מספר שנים שבהן יש הדלדלות בכיסוי הצימחי, קיים תהליך של התאוששות והופעה של רמות ביומסה גבוהות.
המטרות שהוצבו לתקופת הדו"ח הושגו
<b>בעיות שונות לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנוותרתה לביצוע תוכנית המחקר?</b>
יש לבדוק את המסקנות ולהחילן על מודל מרחבי דינמי החוזה את הצטמצמות והתרחבות הדגמים המרחביים של הייצור הראשוני כתוצאה משינויים בתנאי מזג האוויר השנתיים.
<b>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.</b>
● Shafran-Nathan, R., Svoray, T., and Perevolotsky, A., Long-term variation in primary productivity of water-restricted environments: a spatio-temporal analysis. In review.
● Shafran-Nathan, R., Svoray, T., Perevolotsky, A., 2010, Climate change forecasts, long-term spatio-temporal prediction and the resilience of dry ecosystems European -7/5/2010, Vienna, Austria.5/2Geosciences Union general assembly, ●
שפרן-נתן, ר., סבוראי, ט., ופרבולוצקי א. 2010. תרחישי שינוי אקלים, חיזוי רב שנתי וגמישות המערכת האקולוגית העשבונית החד-שנתית באזור החצי-צחיח. כנס החברה האקולוגית, באר שבע 21/6/2010.
שפרן-נתן, ר., סבוראי, ט., ופרבולוצקי א. 2009. השפעת שינוי אקלים ושנים יובשניות על ייצור ראשוני ותנאי זמינות מים של צומח עשבוני חד-שנתי באזור החצי-צחיח. כנס החברה הגיאוגרפית, חיפה 2009.
◀ <b>פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)</b>
● לפרסם
<b>האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן</b>

