

## שינויים מהירים בחברות פרוקי הרגליים בחולות הנגב בעקבות ייצוב הדיונות

איטי רנן<sup>[1]\*</sup>, אמנון פרידברג<sup>[1]</sup>, אלי גרונר<sup>[2]</sup> ופועה בר (קותיאל)<sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup> המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

<sup>[2]</sup> מכון הערבה ללימודי הסביבה

<sup>[3]</sup> המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

ittairenan@gmail.com\*



2



1



3



5



4

מיני חיפושיות החיות בדיונות הנגב המערבי: 1. שינצית 2. אנתיה מוכתמת 3. ארודית 4. זבלית מגלגלת כדור זבל 5. רצה מצוירת בהזדווגות | צילום: איטי רנן



## תקציר

הרט בתי גידול ואבדנם נתפסים כגורם המשמעותי ביותר לצמצום מגוון המינים בעולם. מרבית המחקרים בנושא זה עוסקים בהשפעות ישירות ועקיפות של פעילות האדם על מצב בית הגידול. במקרים מסוימים, דווקא הפסקה בפעילות אדם מסורתית היא הגורם לאבדן בית גידול ייחודי. במחקר זה נבחנה השפעת תהליך אבדן בית הגידול החולי כתוצאה מהפסקת רעייה על הרכב חברת פרקי הרגליים בחולות הנגב המערבי. חולות הנגב המערבי הם שטח החולות הגדול ביותר בארץ, המשתרע לאורך גבול ישראל ומצרים, בין ניצנה לכרם שלום. משנת 1982 נמנעה כמעט לחלוטין תנועת בדואים ועדריהם בצדו הישראלי של הגבול, והחל תהליך מואץ של ייצוב הדיונות על-ידי קרומים ביוגניים הנוצרים בעיקר כתוצאה מהתפשטות כחוליות על פני החול. כיום, פחות מ-7% מהשטח הוא חול חשוף שנותר ברכסי דיונות בודדות ומבודדות. במחקר זה נבחנה השפעת התייצבות חולות הנגב המערבי על הרכב חברות פרקי רגליים החיים על הקרקע. דגימות פרקי רגליים נערכו במהלך אביב 2008 ו-2009 על-ידי מלכודות נפילה יבשות שהוטמנו בשלוש יחידות נוף בעלות רמת ייצוב שונה: רכסים חוליים של דיונות פעילות, מדרונות חצי מיוצבים של דיונות פעילות ושקעים בין-דיונריים מיוצבים. מהמצאים עולה כי קיימות שלוש חברות שונות המאפיינות כל אחת רמת ייצוב שונה. הרכסים החוליים מאופיינים בחברת מינים ייחודיים לחול, שרובם אנדמיים ונעדרים כמעט לחלוטין מיחידות נוף מיוצבות סמוכות. המדרונות מאופיינים בחברה עשירה בנציגים משתי יחידות הנוף הסמוכות ובמינים המגלים זיקה לסביבה חצי מיוצבת. השקעים מאופיינים במספר פרטים נמוך יחסית לרכס החולי ולמדרון ובמינים בעלי תפוצה רחבה בנגב ובכלל הארץ. אבדן בית הגידול החולי כתוצאה מהתפשטות בית הגידול הקרומי המיוצב, מוביל לצמצום בגודל אוכלוסיות המינים הייחודיים לחול ולחדירת מינים נפוצים ממרכז הנגב. פעולות ממשק לשמירה על דיונות פעילות נדרשות כדי לשמר את מגוון המינים הייחודי של חולות הנגב המערבי.

**מילות מפתח:** אבדן בית גידול · מגוון מינים · קרום ביוגני · רעייה

## מבוא

כחוליות (ציאנובקטריות) על פני החול [2, 4]. במחקרה בחולות עגור שבנגב המערבי, מצאה Perry [7] כי דיונות ברמות ייצוב שונות נבדלות בהרכב מיני הצומח שלהן, אך טרם נחקרה השפעת ההתייצבות על הרכב חברות בעלי חיים. מדידות שנערכו בטכניקת חישה מרחוק בשנות ה-90 העלו כי קרום ביוגני מכסה 84% משטח חולות הנגב המערבי ו-7% בלבד מהשטח הוא חול חשוף. האחוזים הנוותרים הם מישורים חרסיתיים וצומח. בצדו המצרי של הגבול, שם עדיין מתקיימת רעייה אינטנסיבית, הקרום מכסה רק 12% משטח החולות, ו-82% מהשטח הוא חול חשוף [8]. כיום, מבית הגידול החולי המקורי נותרו בשטחה של ישראל כתמי חול פעיל המנותקים זה מזה במרחב המיוצב (איור 1). איי החול שנותרו מוסברים על-ידי קיום משטר רוחות מקומי בעל הספקי רוח גבוהים יחסית לסביבה, המונעים את התייצבות הרכסים [1, 11].

כדי לחזות את ההשפעה העתידית של תהליך ההתייצבות

אבדן בתי גידול נתפס כגורם המשמעותי ביותר לצמצום מגוון המינים בעולם [3, 10]. לפעילות האדם השפעות ישירות ועקיפות על מצב בית הגידול הטבעי, ומחקרים רבים עוסקים בנושא זה, כמו גם במידת השפעת השינוי על חברות שונות. אולם במקרים מסוימים חוסר פעילות אדם הוא הגורם לאבדן בתי גידול ייחודיים. הפסקת פעילות אדם מסורתית, כמו רעייה, ציד, כריתה ושרפות, שהתקיימה ברצף משך אלפי שנים, עשויה לגרום לשינוי דרמטי בתכונות בית הגידול ולאבדן אוכלוסיות מקומיות שהיגרו אל בית הגידול המופרע או התפתחו בו. במחקר זה נבחנה השפעת תהליך אבדן בית הגידול החולי, כתוצאה מהפסקת רעייה, על הרכב חברת פרקי הרגליים בחולות הנגב המערבי. באזור זה תהליך התייצבות החול נגרם מירידה משמעותית ברעייה, בכריתה ובקישוש צומח, שהיו נהוגים באזור במשך כ-5,000 שנה [9] עד לנסיגת ישראל מסיני ב-1982 [6]. הגורם המייצב דיונות באזורים צחיחים הוא קרום ביוגני, שנוצר בעיקר כתוצאה מהתפשטות



**איור 1.** איי חול בסביבה מיוצבת | צילום: איתי רנן



דגימת פרוקי הרגליים נערכה בשנים 2008 ו-2009 בחודשים מרץ ואפריל, ובוצעה בעזרת מלכודות נפילה (pitfall traps), שיטה מקובלת הנחשבת לייעילה ביותר ללכידת פרוקי רגליים הולכי קרקע. מלכודות הנפילה נותרו יבשות וללא חומר ממיט, כך שלאחר ההגדרה בשטח שוחררו מרבית הפרטים במקום. בכל אחת מיחידות הנוף הוטמנו 20 מלכודות נפילה: 10 מתחת לשיחים ו-10 בשטח פתוח. בכל שנה נערכו ארבע דגימות בהפרש של שבועיים במהלך האביב, ובכל דגימה נותרו המלכודות פתוחות למשך 24 שעות. הגדרת הפרטים שנלכדו נעשתה בשטח לרמת המין או לרמת morphospecies (מין הנבדל ממינים קרובים לו אך לא ניתן לייחס לו שם קיים). בהגדרת המינים נעזרנו במומחים העובדים באוסף החרקים הלאומי באוניברסיטת תל-אביב וכן במומחים מאירופה.

לשם קביעת רמת הדמיון בין יחידות הנוף השונות הושוה הרכב המינים ומספר הפרטים בין כל יחידת דגימה לכל שאר יחידות הדגימה בנייתוח רב-משתנים. המבחנים הסטטיסטיים לבחינת ההבדלים בין יחידות הנוף נעשו ב-Redundancy Analysis (RDA). במבחן זה נעשות הרצות (פרמוטציות) הבוחנות מאספי מינים הנבנים באופן אקראי. הערך הסטטיסטי  $F$  נבנה על סמך האפשרות לקיום מאספים המוסברים על-ידי המשתנים הנבחים (יחידות נוף), כפי שאכן מצאנו. ערך ה- $p$  הוא הסבירות שמאספים אלו יתאגדו באופן אקראי ללא השפעה של יחידות הנוף. במבחן זה נכללו רק מינים שנלכדו מהם למעלה מעשרה פרטים. בחינת המובהקות בנייתוחי הזיקה נעשתה בשיטת block-design (בלוקים באקראי) one way ANOVA בתכנת STATISTICA גרסה 7. רמת מובהקות: 0.05 דו-צדדית.

#### תוצאות

במהלך המחקר נדגמו 10,590 פרטים המייצגים 122 מינים מ-17 סדרות שונות (טבלה 1). הסדרה הנפוצה ביותר שנמצאה היא סדרת החיפושיות (Coleoptera) שהוגדרו בה 72 מינים מ-14 משפחות. המשפחה הנפוצה ביותר שנמצאה ובה מספר המינים הגדול ביותר ומספר הפרטים הגדול ביותר היא משפחת השחרוריתיים (Tenebrionidae). נכללו בה 81% מכלל פרטי החיפושיות ו-42% מכלל פרטי פרוקי הרגליים שנדגמו. סדרות נפוצות נוספות שנמצאו הן עכבישאים (Araneae), זנבזיפאים (Thysanura) ודבוראים (Hymenoptera), מתוכה בייחוד נמלים (Formicidae).

בהשוואה בין שלוש יחידות הנוף, נמצא כי מספר הפרטים במדרון היה הגבוה ביותר, אחריו ברכס החולי ולבסוף בשקע הבין-דיוני (טבלה 1). מספר הפרטים נמצא נמוך באופן מובהק בשקע הבין-דיוני בדגימה מ-2008 ( $F_{(2,6)}=8.2$   $p=0.019$ ) וגבולי מ-2009 ( $F_{(2,6)}=4.54$   $p=0.063$ ). לא נמצא הבדל מובהק במספר

על חברת פרוקי הרגליים החיים על הקרקע (terrestrial arthropods), התייחסנו אל השונות המרחבית כמייצגת את השונות בזמן: רכסי הדיונות הפעילות כמייצגים את תנאי הסביבה שאפיינו את העבר, והשקעים הבין-דיוניים המיוצבים בקרום (שקעים מישוריים בין שתי דיונות המאופיינים בקרום מפותח [interdune depressions]) כמייצגים את הנוף העתידי של האזור לאור מגמת ההתייצבות הנמשכת.

#### שיטות

שטח המחקר נמצא בחולות חלוצה שבנגב המערבי, המשתרעים על שטח של כ-1,300 קמ"ר ומהווים שלוחה צפונית של גוש החולות הגדול בצפון סיני. ארבע יחידות נוף עיקריות קיימות באזור המחקר, מהן שלוש גובלות זו בזו (איור 2): רכס חולי בראש דיונה פעילה, מדרון חצי מיוצב של דיונה פעילה, ושקע בין-דיוני מיוצב המפריד בין דיונה לדיונה. יחידת נוף נוספת היא דיונה מיוצבת, שלא נדגמה במחקר זה. הדגימות (sampling) נערכו בארבע דיונות בעלות רכס פעיל, במדרונותיהן ובשקעים הבין-דיוניים הסמוכים להן.

**איור 2.** שלוש יחידות הנוף | צילום: איתי רנן



השונות. נמצא כי 81% מבין כלל המינים מגלים זיקה של למעלה מ-50% לאחת מהן; למעלה ממחצית מהמינים או מהסוגים שנדגמו מהם מעל לעשרה פרטים, מגלים זיקה מובהקת לאחת מיחידות הנוף.

**דיון**

בחינת הרכב המינים ומספר הפרטים מכל מין ביחידות הנוף השונות מגלה שלוש חברות שונות המאפיינות כל אחת רמת ייצוב שונה בנוף (איור 3), אך שאינן שונות באופן מובהק במספר המינים. ההבדלים העיקריים בין החברות מתבטאים בשלושה אופנים: הרכב המינים הדומיננטיים הייחודי לכל חברה; מספר מיני החיפושיות ממשפחת השחרוריתיים והרכבם; מספר הפרטים הרב באופן יחסי של הנמלים בשקעים הבין-דיוניים לעומת מספרם הנמוך ברכס החולי ובמדרון.

בבחינת אזורי התפוצה של המינים שגילו זיקה מובהקת לאחת מיחידות הנוף, עולה כי מלבד מין אחד, כל המינים ברכס החולי הם אנדמיים (ייחודיים) לחולות הנגב המערבי ולסיני, ואילו המינים בשקעים הבין-דיוניים נפוצים בנגב וחלקם בעלי תפוצה כלל ארצית.

במחקר זה נמצא כי מתקיימות שלוש חברות פרוקי רגליים שונות במרחב מצומצם מאוד. המרחק בין ראש רכס הדיונה לשקע הבין-דיוני לרוב אינו עולה על 15 מטרים ולעתים קטן משמעותית.

במרחב המצומצם מתקיימים מינים שונים המגלים העדפה

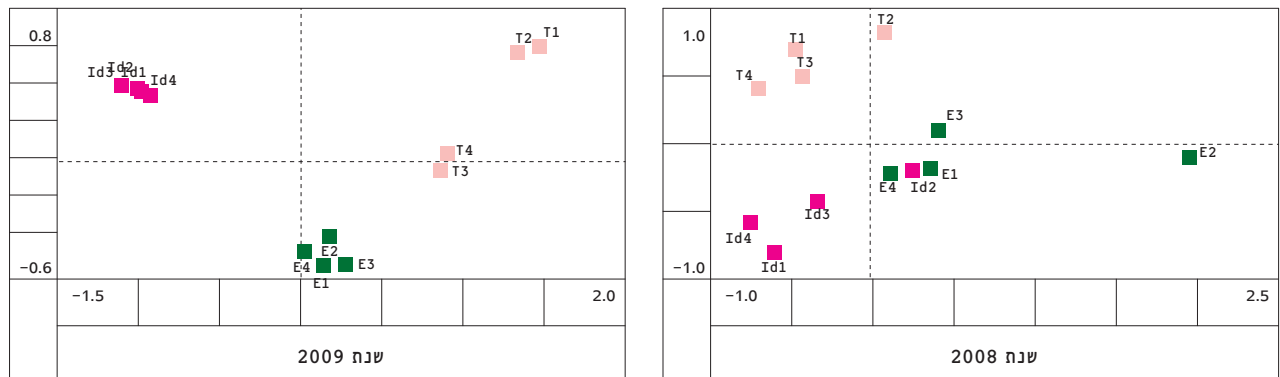
המינים (איור 3). מספר המינים והפרטים הדומה בין שלוש יחידות הנוף עשוי ליצור רושם של דמיון רב בין שלוש היחידות הסמוכות, אולם זהות המינים נמצאה שונה באופן מובהק. בניית רב-משתנים נקבעת רמת הדמיון בין יחידות הדגימה השונות (כל יחידות הנוף בכל הדיונות שנדגמו) על פי השוואת הרכב המינים ומספר הפרטים בין כל יחידות הדגימה. ניתוחים נפרדים נעשו לכל עונת דגימה בשל ההבדל בהרכב המינים ובמספר הפרטים בין השנים, שנבעו ככל הנראה משונות גבוהה בכמות המשקעים ובפיזורם (איור 3).

מניתוח רב-משתנים עולה כי בשתי עונות הדגימה מתקיימות באופן מובהק שלוש חברות פרוקי רגליים שונות: חברת הרכס החולי, חברת השקע הבין-דיוני וחברת המדרון. כדי לבחון את מידת הזיקה של המינים השונים לכל אחת מיחידות הנוף, נבחנה סטטיסטית מידת המובהקות של נוכחות המינים ביחידות הנוף

**טבלה 1.** סך כל הפרטים והמינים שנדגמו בשלוש יחידות הנוף בשתי עונות הדגימה

מספר פרטים	רכס חולי	מדרון	שקע בין-דיוני
3,478	4,266	2,846	
84 מינים	89	86	

**איור 3:** מידת הדמיון בין חברות פרוקי רגליים ביחידות דגימה השונות כפי שהתקבלה בניחוח רב-משתנים לנתוני אביב 2008 ו-2009.  $T =$  רכס חולי,  $E =$  מדרון,  $Id =$  שקע בין-דיוני. הספרות 1-4 מייצגות את מספרי הדיונות שנדגמו. מיקומה של כל יחידת דגימה בגרף נקבע ביחס למיקום כל שאר יחידות הדגימה על בסיס הרכב המינים ומספר הפרטים. קרבה בין סימולים מעידה על דמיון המאספים בזהות המינים ועל צפיפותם. הצירים חסרי מדדים ומציינים ערך יחסי של מרחק.



רכס חולי ■ מדרון ■ שקע בין-דיוני ■

זרקור



מקור לשיקום החברה הפסמופילית. פתרונות אפשריים לבעיות אלו הם: הרחבה והארכה של דיונות פעילות שעדיין קיימות בעזרת כלים מכניים, וכן הכנסת רעייה מבוקרת למטרות ממשך.

#### מקורות

- [1] אשכנזי י, צוער ח, ויצחק ח. 2006. מוביליות הדיונות בהשפעת שינויי אקלים גלובליים עתידיים. דו"ח עבור המשרד לאיכות הסביבה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- [2] דנין א, בר-אורי, דור א, וישראל ט. 1990. פעולות משולבות של כחוליות וצמחים עילאיים בייצוב חולות הנגב. אופקים בגיאוגרפיה 31: 169-178.
- [3] Fahrig L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management* 61: 603-610.
- [4] Kidron G J, Vonshak A, and Abeliovich A. 2009. Microbiotic crusts as biomarkers for surface stability and wetness duration in the Negev Desert. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1594-1604.
- [5] Kutiel P, Averbuch A, and Groner E. 2008. The effect of dune restoration on arthropods composition and diversity in Nizzanim coastal sand dunes, Israel. Proceedings of the Drylands, Deserts & Desertification international conference; Sede Boker Campus, Israel.
- [6] Meir A and Tsoar H. 1996. International borders and range ecology: The case of Bedouin transborder grazing. *Human Ecology* 24: 36-39.
- [7] Perry M. 2008. Studying perennial plant impact on annual diversity in sand dunes in different spatial scales (Thesis dissertation). Ben-Gurion University of the Negev.
- [8] Qin Z, Li W, Burgheimer J, and Karnieli A. 2006. Quantitative estimation of land cover structure in an arid region across the Israel Egypt border using remote sensing data. *Journal of Arid Environment* 66: 336-352.
- [9] Rosen S. 2006. Desertification and pastoralism: A historical review of pastoral nomadism in the Negev region. From Encyclopedia of life support systems (EOLSS), UNESCO. Oxford: Eolss publishers.
- [10] Wilson EO. 1992. The diversity of life. Harvard University press.
- [11] Yizhak H, Ashkenazy Y, and Tsoar H. 2007. Why do Active and stabilized dunes coexist under the same climatic conditions? *Physical Review Letters* 98: 188001.

כדי לשמר את מגוון המינים של פרוקי הרגליים באזור הדיונות מומלץ לבצע פעולות יזומות לשבירת הקרום, למשל להכניס רעייה מבוקרת לאזור | צילום: איתי דנן

לבית גידול מסוים בין יחידות הנוף, ובהם אף מינים בני אותו הסוג המגלים העדפה שונה. ישנם מינים המגלים העדפה מובהקת לרכס החולי או לשקע הבין-דיוני המיוצב ונעדרים מבית הגידול הקיצוני השני, כמו החיפושית פימלית החולות (*Pimelia angulata*) והנמלה נוטת הנגב (*Cataglyphis albicans*). ישנם מינים חסרי העדפה הנפוצים בכל שלושת בתי הגידול במידה דומה, למשל הנמלה נוטת שחורה (*Cataglyphis niger*) ומינים בודדים המגלים העדפה למדרון החצי מיוצב, כמו החיפושית מסוג ארודית (*Erodium hebraicus*) (ראה נספח).

במשך אלפי שנים של רעייה אופיינו חולות הנגב המערבי בדיונות פעילות. בשל הירידה המשמעותית ברעייה בעשורים האחרונים השתנה בית הגידול החולי למיוצב ברובו, ומגמת הייצוב נמשכת. חברת פרוקי הרגליים הפסמופילית (חובבת החול) שמאופיינת במינים אנדמיים לאזור נמצאת באיום בשל אבדן בית הגידול הייחודי שהיא מוגבלת אליו. את מקומה תופסת חברת פרוקי הרגליים הנפוצה ברחבי הנגב. דגם הפיזור ומבנה הרכסים החוליים ככתמים מבודדים, צרים ומאורכים במרחב המיוצב, מגבירים את השפעת הסביבה המיוצבת על בית הגידול החולי המתמעט. כדי למנוע את אבדן בית הגידול הייחודי יש ליצור מערכת ממשק שתמנע את התייצבותן של חלק מהדיונות ותאפשר את קיומן של מגוון ביולוגי עשיר.

מניסיון שהצטבר בניסויי שיקום דיונות פעילות בחולות ניצנים<sup>[5]</sup> עולה כי קיימות שתי בעיות מרכזיות: 1. נטייה טבעית של השטח להתייצבות הדיונות באין הפרעה קבועה. 2. מיעוט או היעדר של מינים פסמופיליים בדיונות המיוצבות שעברו חיפוש,



חולות חלוצה | צילום: איתי דני



נספח: מידת הזיקה של מינים המציגים זיקה מובהקת לאחת מיחידות הנוף

מספר פרטים שנלכדו	זיקה ליחידת הנוף (באחוזים)			שם המין	שם המשפחה
	שקע בין-דיונרי	מדרון	רכס חולי		
13	100	0	0	שחאוריית רחבת כנף <i>Adesmia dilatata</i>	חיפושיות: שחרוריתיים
27	7	93	0	<i>Arthrodeis rotundatus</i>	
1,499	22	74	16	בלפט <i>Blaps nitens</i>	
132	5	95	0	ארוזית <i>Erodius hebraicus</i>	
1,087	2	19	79	ארוזית <i>Erodius spp.</i>	
72	0	1	99	פימליית החולות <i>Pimelia angulata</i>	
71	82	17	1	<i>Mesostena angustata</i>	
33	82	15	2	פימליה עגלגלת <i>Pimelia mittrei</i>	
54	89	11	0	זופית <i>Zophosis pharaonis</i>	
65	74	18	8	זופית נקודה <i>Zophosis punctata</i>	
249	10	4	96	<i>Discoptera arabica</i>	חיפושיות: רצניחיים
171	1	22	77	רצה מצוירת <i>Graphipterus serrator</i>	
37	0	30	70	שנצית <i>Scarites striatus</i>	
26	0	8	92	<i>Subrinus sp.</i>	חיפושיות: זבלחיים
79	3	18	80	<i>Cardiophorus sp.</i>	חיפושיות: נתוזיתיים
507	99	1	0	נוטת הנגב <i>Cataglyphis albicans</i>	נמלים
782	85	14	1	קוציית <i>Temnothorax sp.</i>	



זרקור



## סיכום ומשמעויות

שינויים מהירים בחברות פרוקי הרגליים בחולות הנגב בעקבות ייצוב הדיונות: איתי רנן, אמנון פרידברג, אלי גרונר ופועה בר (קוטיאל) / עמ' 134-139

נכתב על ידי מערכת אקולוגיה וסביבה:

הרס ואבדן של בתי גידול הם הגורמים המשמעותיים ביותר לצמצום מגוון המינים (בעלי חיים וצמחים) בעולם. במקרים רבים התקיים במשך שנים רבות שיווי משקל בין פעילות האדם לבין הטבע, ודווקא בשל הפסקת פעילותו של האדם - הולך לאיבוד בית גידול ייחודי, כפי שהתברר במחקר זה. בחולות הנגב המערבי, שהם שטח החולות הגדול ביותר בארץ, התקיימה במשך שנים רבות רעייה של עדרי הבדואים, כגון כבשים עזים וגמלים. בשנת 1982 פסקה הרעייה בצדו הישראלי של הגבול, והדבר גרם לשרשרת תהליכים שהפכה את החולות הנוודים באזור לדיונות קבועות. הדיונות התייצבו מאחר שהפסקת הרעייה גרמה להתפשטות של כחוליות (יצורים חד-תאיים) על פני החול. לכחוליות תפקיד חשוב בשרשרת המזון ובמחזורי המינרלים בטבע, והתפשטותן גרמה להיווצרות קרום על פני החול ובכך לייצוב הדיונות. במחקר זה נמצא כי התייצבות הדיונות בנגב המערבי השפיעה על חברת פרוקי רגליים (חרקים, עכבישים, סרטנים ועקרבים) השוכנת בחולות. בשל התייצבות החולות התמעטו אוכלוסיות מינים הייחודיים לחולות אלו, ומינים הנפוצים במרכז הנגב חדרו במקומם לחולות המיוצבים. כדי לשמר את מגוון המינים של פרוקי הרגליים באזור הדיונות מומלץ לבצע פעולות יזומות לשבירת הקרום, למשל לעשות לחול חישוב מכני או לחלופין להכניס לאזור רעייה מבוקרת.



עמ' 134



עמ' 134



עמ' 134



עמ' 134



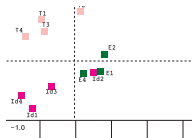
עמ' 134



עמ' 139



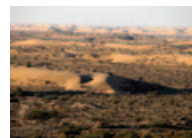
עמ' 138



עמ' 137



עמ' 136



עמ' 136