

# ניטור פרוקי רגליים בנחל ציפורי – אביב 2021

גלעד בן צבי, עדי רמות ויעל מיארה

המעבדה האנטומולוגית לאקולוגיה ישומית

מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב

ינואר 2022



איור 1: מימין לשמאל: *Chlaenius canariensis* (חיפושית ממשפחת הרצניתיים); *Opatroides punctulatus* (חיפושית ממשפחת השחרוריתיים); *Armadillidium vulgare* (סרטן שווה רגליים ממשפחת הכדרוריתיים); שודדת הנחלים (*Pirata piraticus*, עכביש ממשפחת הזאבניים). צילומים: עמיר ויינשטיין, עוז ריטנר.

## מבוא:

פרוקי-הרגליים היא הקבוצה המיוצגת על ידי מגוון המינים ומספר הפרטים הגדול ביותר בעולם החי ומהווה את רוב ביומסת הפאונה בכל בית גידול יבשתי. פרוקי-הרגליים מאכלסים כמעט כל גומחה אקולוגית ומיוצגים כמעט בכל הגילדות התזונתיות (Wilson, 1987; 1992). על כן, לקבוצה זו השפעה תפקודית ישירה או עקיפה על כל מרכיב במערכת האקולוגית (Samways, 2010). בנוסף, פרוקי-הרגליים, אחרי הצמחים, נמצאים בבסיס מארג המזון של המערכות האקולוגיות היבשתיות, כך שמערכת אקולוגית עשירה ומגוונת בפרוקי-רגליים מהווה בסיס למארג רחב עשיר ומורכב (Kremen et al., 1993). לשימוש בפרוקי-רגליים למטרות ניטור יתרונות רבים, ביניהם: מיני פרוקי-רגליים רבים מתאפיינים ברגישות גבוהה לתנאי סביבה מסויימים ושינויים בתנאים מובילים לשינוי ניכר וקל לזיהוי של גדלי אוכלוסיות והרכב חברות גם בשטח מצומצם בגודלו ובטווח זמן קצר. מגוון המינים ומספר הפרטים הגדול המתקיימים בכל מערכת ושיטות איסוף יעילות, מאפשרים מגוון רחב של ניתוחים לשם השוואה בין יחידות הדיגום ובחינות סטטיסטיות מעמיקות (Da Rocha et al., 2011; Gerlach et al., 2013).

פרוייקטים רבים של שיקום נחלים בעשור האחרון מלווים במערך ניטור פרוקי רגליים קרקעיים (Januschke et al., 2011; Paillex et al., 2017). חברת פרוקי הרגליים היבשתיים (נמלים, חיפושיות, סרטנים, עכבישים וכד') מהווה חלק חשוב במארג האקולוגי של נחלים. בעלי חיים אלו מתקיימים ברצועת הנחל (מגדת הנחל ועד מספר עשרות מטרים אל הרצועה היבשתית), מפרקים וממחזרים חומרים אורגניים בקרקע, ובכך מהווים חוליה מקשרת בין המערכת המימית של הנחל והמערכת היבשתית על ידי מעבר חומר ואנרגיה. ניטור פרוקי הרגליים מאפשר מעקב אחרי היבטים שונים של השיקום שאינם מתבטאים בניטור צומח, והתגובות של פרוקי הרגליים כאמור מהירות מאוד ומאפשרות לזהות מגמות תוך זמן קצר (Gerlach et al., 2013; Paillex et al., 2017). שתי גישות מקבילות משמשות לניתוח המידע הרב הנצבר במהלך דיגום פרוקי הרגליים:

א. השוואה בין מדדי חברת פרוקי הרגליים בשטחים משוקמים למדדי החברה בשטחים לא משוקמים ובשטחים טבעיים.

ב. התמקדות בקבוצות ביואינדיקטוריות ידועות או מציאת קבוצות כאלה.

קבוצת פרוקי הרגליים הידועה ביותר כביואינדיקטורית לשיקום מוצלח של נחלים וגדות נחל היא הרצניתיים (Carabidae), משפחת חיפושיות טורפות ברובן שבה מינים ריפאריים (שוכני גדות) רבים. במשפחה זו יש החלפה בסוגים ובמינים בין הסוג *Bembidion* וסוגים נוספים החובבים אזורי הצפה, לבין סוגים אחרים יובשניים יותר המצויים בשטחים שגדה גבוהה שומרת אותם מהצפות (Januschke et al., 2014; Januschke & Verdonschoft, 2016; Pilotto et al., 2019). מינים שונים של רצניות מאפיינים גם שטחי הצפה עם הבדלים מורפולוגיים כגון שיפוע, סוג קרקע ועוד (Jachertz et al., 2019).

קבוצה נוספת, נחקרת מעט פחות, היא העכבישאים (Araneae): לעתים הרכב חברת העכבישים מושפע מאוד ממידת הדינמיות של הגדה: בהינתן פשטי הצפה פעילים שולטים משפחות וסוגים חובבי גדות (בעיקר כמה סוגים ממשפחת הזאבניים והערסלניים), בהעדרם שולטות קבוצות חובבות בתי גידול יובשניים (Lambeets et al., 2008). עם זאת, במקרים אחרים אין השפעה של סוג הגדה ומשטר ההצפה על חברת העכבישים (Ellis et al., 2001).

חשוב לציין, עם זאת, שעיקר המחקרים בתחום נערכו באירופה, והידע לגבי המשמעות האקולוגית של מיני רצניות ומשפחות עכבישים הנמצאים בישראל לגבי מצב נחלים וגדות בישראל מועט יחסית.

## מטרות הניטור:

### מטרת על:

בחינת הצלחת השיקום במקטעים שונים בנחל ציפורי, מגמותיו וקצבו על ידי ניטור חברת פרוקי הרגליים הקרקעית (ההולכת על פני הקרקע) הריפארית (בגדות הנחל).

### יעדי הדיגום:

א. השוואת מדדי חברה (שפע פרטים, עושר מינים, מגוון) בין חלקות על פי קטגוריות של מצב שיקום גדה (גדה גבוהה/ גדה משוקמת/ גדה טבעית) וגורמים משפיעים נוספים (סוג חקלאות מסביב, נוכחות בקר, מקטע נחל, נוכחות צומח מעוצה).

ב. איתור מינים המהווים ביואינדיקטורים בשל העדפתם הברורה לטיפוס גדה מסוים (או לקריטריון של גורם משפיע אחר), ומעקב אחרי ההעדפות של מינים/סוגים הידועים מהספרות כביואינדיקטורים לשיקום גדות נחלים.

## שיטות:

דיגום פרוקי הרגליים האביבי בוצע בתאריכים 30/5-3/6/21. הדיגום בוצע ב-13 חלקות דיגום לאורך הנחל (ראה טבלה 1 ואיור 2). בכל חלקה נערך הדיגום בשתי שיטות:

א. מלכודות נפילה: הונחו 45 מלכודות נפילה ב-5 גרידים של 3X3 (3 מלכודות סמוך לגדה, 3 מלכודות במרחק 5 מטר מהגדה, 3 מלכודות במרחק 10 מטר מהגדה). בכמה מהחלקות רצועת הנחל היתה צרה מדי והונחו פחות מלכודות. המלכודות נאספו כעבור יומיים ונלקחו למיין הממצאים במעבדה (איור 3).

ב. חיפוש אקטיבי על ידי הצפה: בכל חלקה סומנו 4 חלקות של מטר רבוע בקרבת הגדה. כל חלקה הוצפה ב-25 ליטר מים, ובמשך 5 דקות נאספו בשאיבה או בפינצטה כל פרוקי הרגליים שהגיחו מתוכה (איור 3).

שם החלקה	מקטע	חקלאות מקיפה	מצב רצועת הנחל	נ.צ. (התחלה+סוף)
1-מורד עינות ציפורי	עינות ציפורי	גד"ש	משוקם, בעיקר עשבוני	35269275/32736089 35267712/32735942
2-ספוריה	עינות ציפורי	מסורתית	אין (גדה מאוד גבוהה), עשבוני	35258445/32736660 35258375/32736815
3-שמשית-הסוללים	עינות ציפורי	גד"ש	משוקם נופית, צר, בעיקר עשבוני	35243955/32746477 35243056/32746163
4-הסוללים מעלה כביש 77	עינות ציפורי	גד"ש	משוקם נופית, צר, בעיקר עשבוני	35224418/32745042 35223392/327454062
5-מורד נחל יפתחאל	יובלים	גד"ש	טבעי, מעוצה	35227055/32754625 35220581/32748046
6-מורד מפגש יפתחאל	לב הנחל	גד"ש	טבעי, צר, בעיקר מעוצה	35213587/32748930 35212154/32749502
7-נחל רימונים	יובלים	מסורתית	אין (גדה מאוד גבוהה), עשבוני	35192666/32751403 35192712/32750507
8-כעביה	לב הנחל	מסורתית	אין, בעיקר עשבוני	35180826/32753397 35179263/32752234
9-מורד עין יבקע	לב הנחל	מסורתית	טבעי, צר, בעיקר מעוצה	35160118/32764783 35158766/32764345
10-רס עלי עליון	לב הנחל	מסורתית	טבעי, צר, בעיקר עשבוני	35156285/32774411 35154211/32775008

35149927/32772649 35150020/32771374	טבעי, צר לעתים, בעיקר עשבוני	מסורתית	לב הנחל	11-רס עלי תחתון
35130393/32778217 35127472/32778198	משוקם, בעיקר עשבוני	גד"ש	עמק זבולון	12-מעלה סכר המאליק
35105711/32769841 35104560/32768195	אין (גדה מאוד גבוהה אך משופעת), בעיקר עשבוני	גד"ש	עמק זבולון	13-מורד תעלת המאליק

טבלה 1: חלקות דיגום פרוקי הרגליים, ממעלה הנחל אל מורדו.



איור 2: מערך חלקות הדיגום. לזהות החלקות הממוספרות ראה טבלה 1.



איור 3: שיטות הדיגום: א. מלכודות נפילה. ב. קוודרט.

המיון נערך לרמת ה-morphospecies – היחידה הטקסונומית הספציפית ביותר שניתן לזהות בעבודה פארא-טקסונומית. חלק מהפרטים זהו לרמת המין, חלק לרמת הסוג וחלק לרמת המשפחה ואפילו הסדרה. תוך כדי המיון נבנתה קופסת רפרנס של ה-morphospecies השונים (איור 4). עם סיום המיון, הועבר הרפרנס לטקסונומים של מוזיאון הטבע לזיהוי והגדרה מתקדמים, שעדיין לא הסתיימו.





איור 4: קופסת הרפרנס היבשה של ציפורי. הקבוצות בקופסאות: **למעלה** (מימין לשמאל) – חיפושיות שונות; חיפושיות שונות; חגבאים. **באמצע** (מימין לשמאל) – סדרות חרקים שונות; זבובאים ודבוראים; עודפים; סרטני שווי רגליים וקבוצות נוספות של פרוקי רגליים שאינם חרקים. **למטה** (מימין לשמאל) – פשפשאים; נמלים; שחרוריתיים/חדקוניתיים/משפחות חיפושיות נוספות; רצניתיים; רצניתיים/קצרחרפיתיים/מושיתיים. העכבישים שמורים באוסף רפרנס רטוב.

בניתוחים התמקדנו בשני היבטים: מדדי חברה (שפע פרטים, עושר מינים, מגוון, הרכב גילדות תזונתיות) וקבוצות ביואינדיקטוריות (חברת הרצניות, מינים עם העדפה ברורה לאחד מסוגי החלקות). בחנו איך היבטים אלה משתנים בין החלקות ואיך הם מושפעים מגורמים שונים:

1. סוג הגדה: א. אין גדה/גדה גבוהה. ב. גדה משוקמת. ג. גדה טבעית.
2. נוכחות בקר: א. אינטסיבית (גללים רבים, סימני רמיסה ואכילה). ב. מתונה.
3. מקטע הנחל: א. עינות ציפורי. ב. לב הנחל. ג. עמק זבולון. ד. יובלים.
4. סוג החקלאות הגובל בגדת הנחל: א. מסורתית. ב. גד"ש.

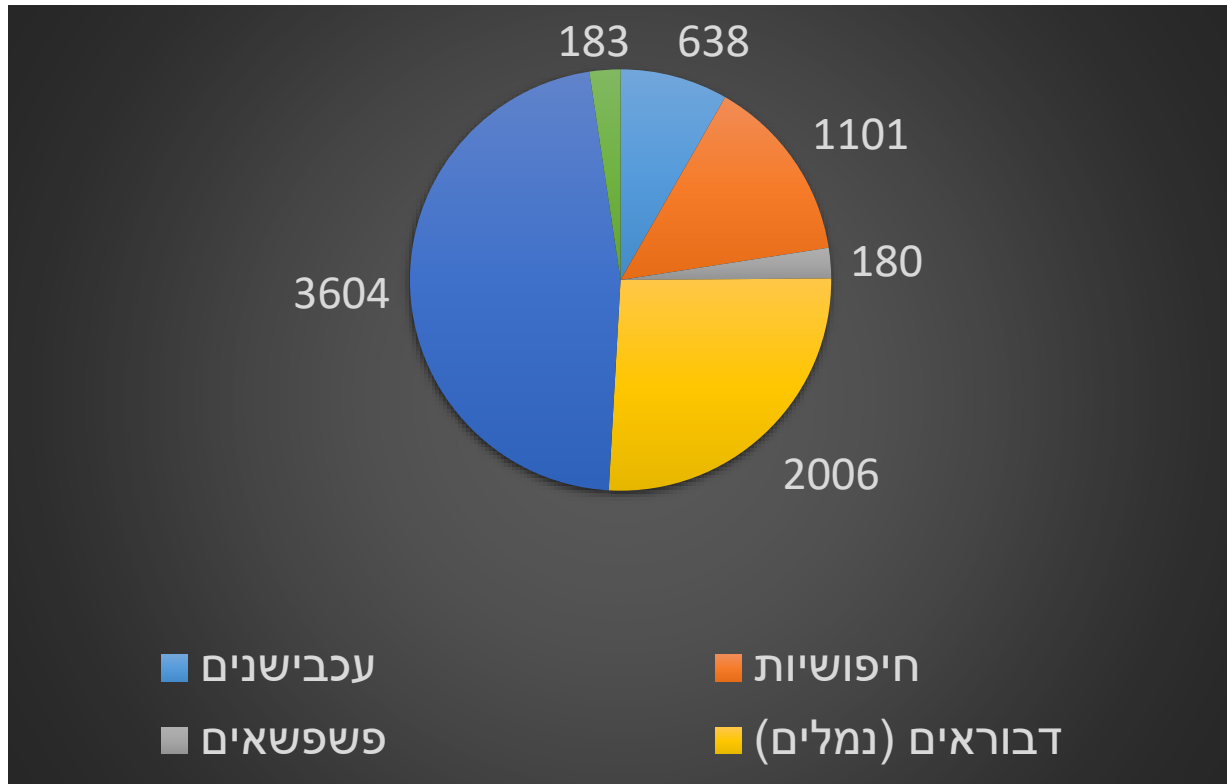
מינים/קבוצות נחשבים כביואינדיקטורים אם הם מקיימים אחד משני תנאים:

- א. מוכרים ככאלה בספרות.
- ב. מראים העדפה ברורה לקטגוריות מסוימות של הגורמים המשפיעים במובהק. העדפה ברורה מוכרזת כשמתקיימים שני תנאים: 1. המין נצפה ב-3 מלכודות/קוודרטים ומעלה. 2. המין נצפה בשתי חלקות ומעלה בקטגוריה שלה הוא מראה העדפה. 3. אם נדגמו עד 5 פרטים, כולם היו מאחת הקטגוריות; אם נדגמו 5-6 פרטים, מעל 60% מהם נדגמו באחת הקטגוריות או שפחות מ-5% מהם נדגמו באחת הקטגוריות; אם נדגמו מעל 50 פרטים, מעל 60% מהם נדגמו באחת הקטגוריות או שפחות מ-10% מהם נדגמו באחת הקטגוריות.

את ניתוח השפעת הגורמים השונים על מדדי החברה (שפע פרטים, עושר מינים, מגוון מינים) ערכנו בעזרת general linear models. את הבחירה במודל הטוב ביותר ערכנו בשיטת Akaïke information criterion.

## תוצאות:

בניטור על שתי שיטותיו נדגמו 7715 פרטים של פרוקי רגליים השייכים ל-248 morphospecies. הקבוצה השכיחה ביותר בדיגום היתה הסרטנים שווי הרגליים (Isopoda), ואחריה (ע"פ סדר השכיחות) נמלים, חיפושיות, עכבישאים ופשפשאים (איור 5).



איור 5: שפע הפרטים שנדגמו מהסדרות השכיחות ביותר.

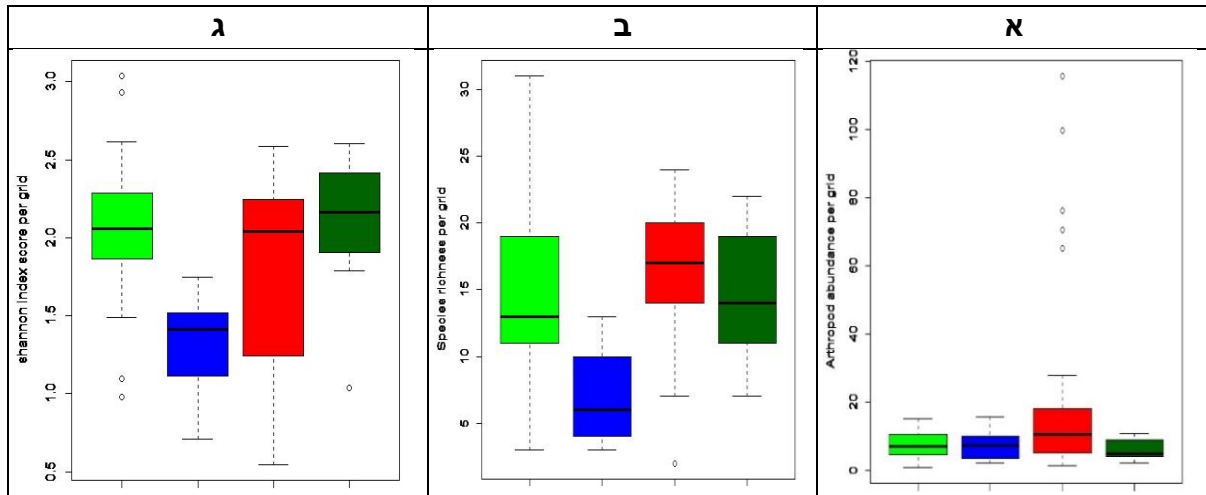
המודל שהסביר בצורה הטובה ביותר ההבדלים בשפע הפרטים בגרידים השונים כלל את הגורמים המסבירים הבאים, כולם מובהקים, לפי סדר המובהקות: סוג הגדות ( $t_{(2)}=5.045, p=4.63 \cdot 10^{-6}$ ), נוכחות בקר ( $t_{(1)}=4.302, p=6.46 \cdot 10^{-6}$ ), סוג החקלאות הסמוכה ( $t_{(1)}=3.021, p=0.00373$ ), והחלקה ( $t_{(12)}=2.666, p=0.0099$ ).

המודל שהסביר בצורה הטובה ביותר ההבדלים בעושר המינים בגרידים השונים כלל את הגורמים המסבירים הבאים, כולם מובהקים, לפי סדר המובהקות: סוג הגדות ( $t_{(2)}=2.288, p=0.02562$ ), ונוכחות בקר (מובהק שולית,  $t_{(1)}=1.933, p=0.05793$ ).

המודל שהסביר בצורה הטובה ביותר ההבדלים במגוון המינים (על פי מדד שאנון) בגרידים השונים כלל את הגורמים המסבירים הבאים, כולם מובהקים, לפי סדר המובהקות: סוג הצמחיה ( $t_{(1)}=-5.873, p=2.21 \cdot 10^{-7}$ ), סוג הגדות ( $t_{(2)}=4.525, p=3.05 \cdot 10^{-5}$ ), סוג החקלאות הסמוכה ( $t_{(1)}=-4.084, p=0.000137$ ), מקטע הנחל ( $t_{(1)}=2.42, p=0.018679$ ) והחלקה ( $t_{(12)}=-2.403, p=0.019482$ ).

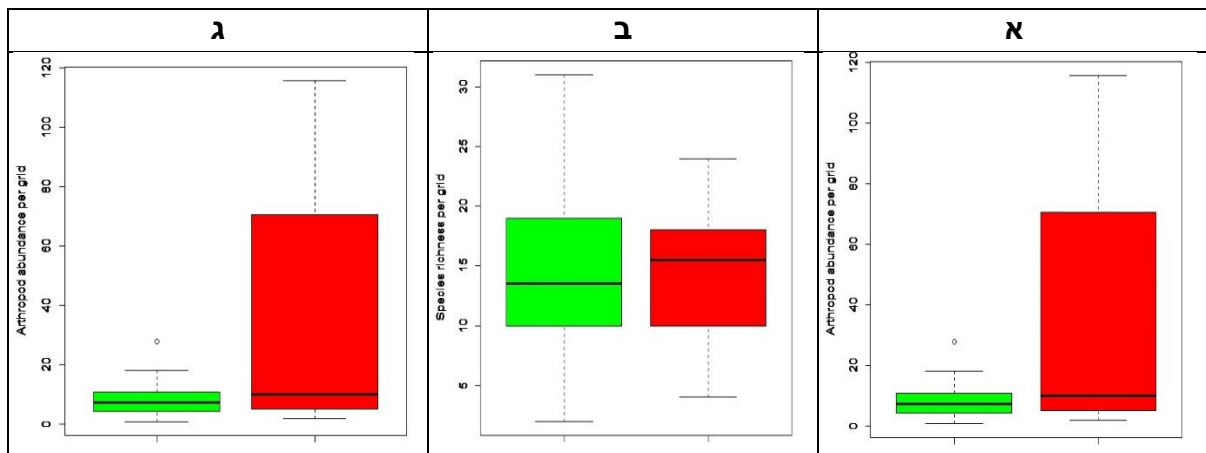
באיורים הבאים ניתן לראות את היצוג הגרפי של השפעת הגורמים השונים על מדדי החברה: המקטע (איור 5), הצמחיה (איור 6), החקלאות (איור 7), הבקר (איור 8), הגדות (איור 9) והחלקה (איורים 10-12).

בין מקטעי הנחל לא היה הבדל מובהק בשפע הפרטים. עושר המינים היה נמוך במיוחד ביובלי הנחל (נחל רימונים ונחל יפתחאל), אך לא בצורה מובהקת. מגוון המינים היה נמוך במיוחד ביובלי הנחל, נמוך במובהק במקטעי עינות ציפורי ועמק זבולון (איור 6).



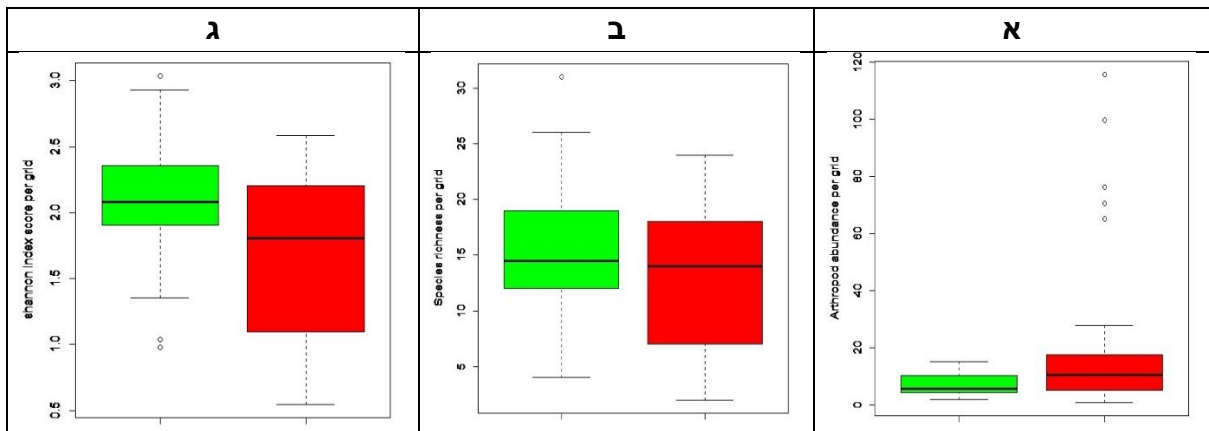
איור 6: שפע פרטים (א), עושר מינים (ב) ומגוון (מדד שאנון - ג) במקטעים השונים של הנחל: מעל מפגש יפתחאל (ירוק בהיר), יובלי הנחל (כחול), לב הנחל (מתחת מפגש יפתחאל - אדום), עמק זבולון (כחול).

הגדות המעוצות היו שופעות יותר (לא במובהק) ומגוונות יותר במובהק מהגדות העשבוניות, אך לא היה הבדל בעושר המינים (איור 7).



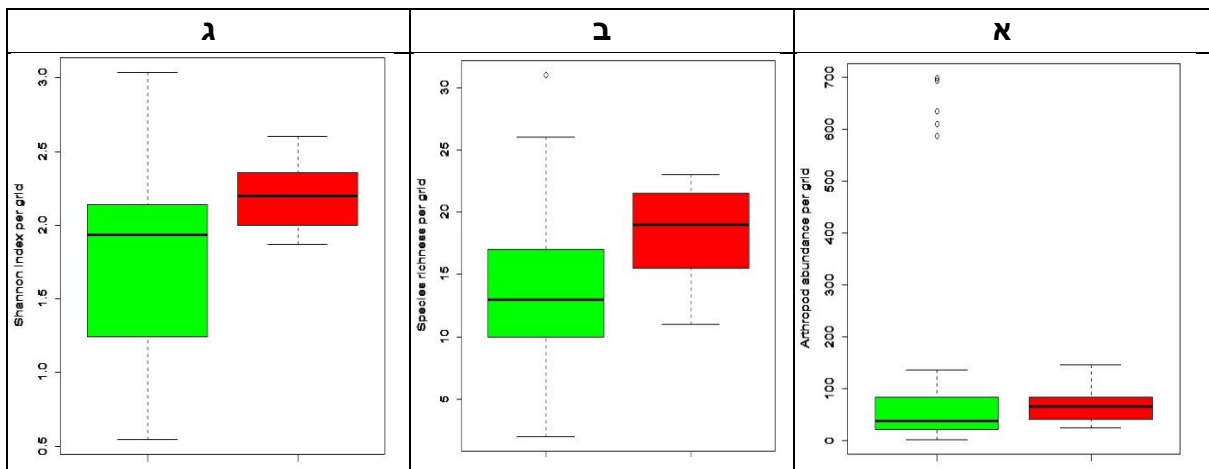
איור 7: שפע פרטים (א), עושר מינים (ב) ומגוון (מדד שאנון - ג) בגדות עשבוניות (ירוק) ומעוצות (אדום).

הגדות הסמוכות לחקלאות מסורתית היו שופעות במובהק, עניות במינים (אך לא באופן מובהק) ופחות מגוונות במובהק מהגדות הסמוכות לחקלאות פלחה אקסטנסיבית (איור 8).



איור 8: שפע פרטים (א), עושר מינים (ב) ומגוון (מדד שאנון - ג) בגדה סמוכה לחקלאות פלחה אקסטנסיבית (ירוק) ולחקלאות מסורתית מבוססת השקיה (אדום).

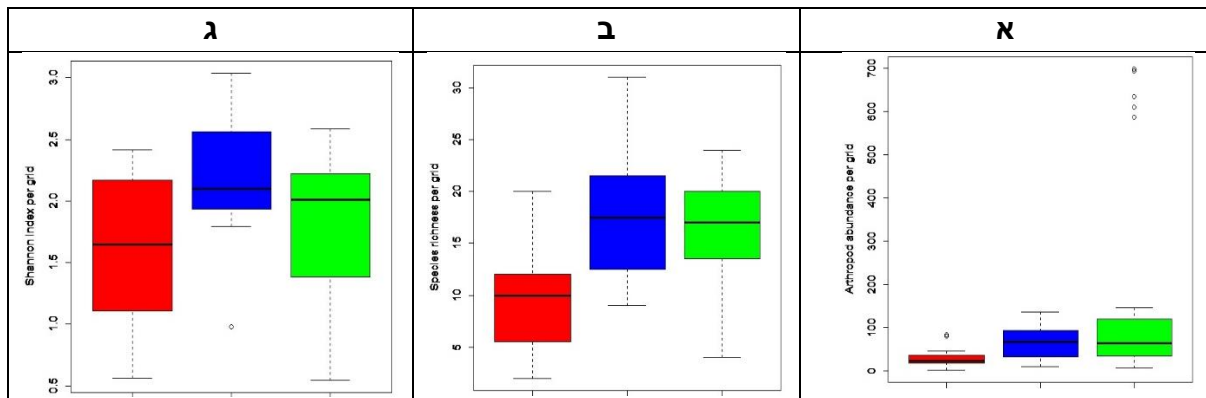
חלקות עם נוכחות אינטנסיבית של פרות היו שופעות במובהק, עשירות במובהק ומגוונות (לא במובהק) מחלקות עם נוכחות בקר מועטה (איור 9).



איור 9: שפע פרטים (א), עושר מינים (ב) ומגוון (מדד שאנון - ג) תחת משטר של נוכחות מתונה (ירוק) לעומת נוכחות אינטנסיבית (אדום) של בקר.

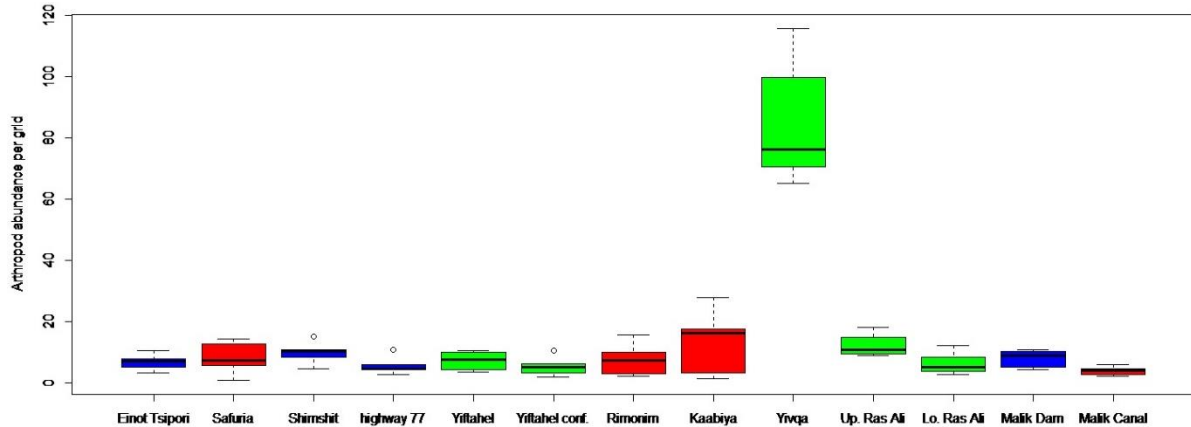


הגורם עם ההשפעה הכוללת והעקבית ביותר היה סוג הגדות: חלקות ללא גדות או עם גדות גבוהות היו במובהק שופעות פחת, עניות יותר במינים ומגוונות פחות מחלקות טבעיות וחלקות משוקמות (איור 10).

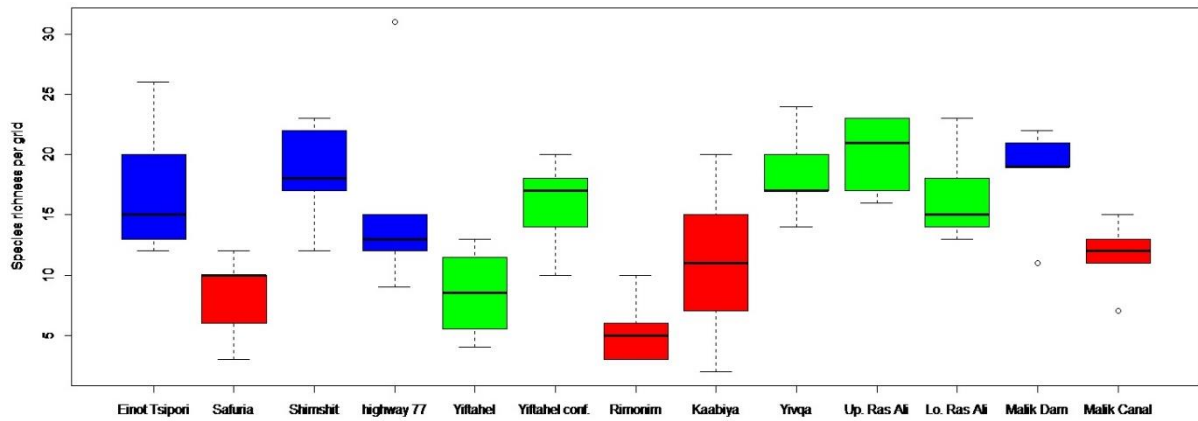


איור 10: שפע פרטים (א), עושר מינים (ב) ומגוון (מדד שאנון - ג) בטיפוסי גדות שונים: גדה גבוהה (אדום), גדה משוקמת (כחול) וגדה טבעית (ירוק).

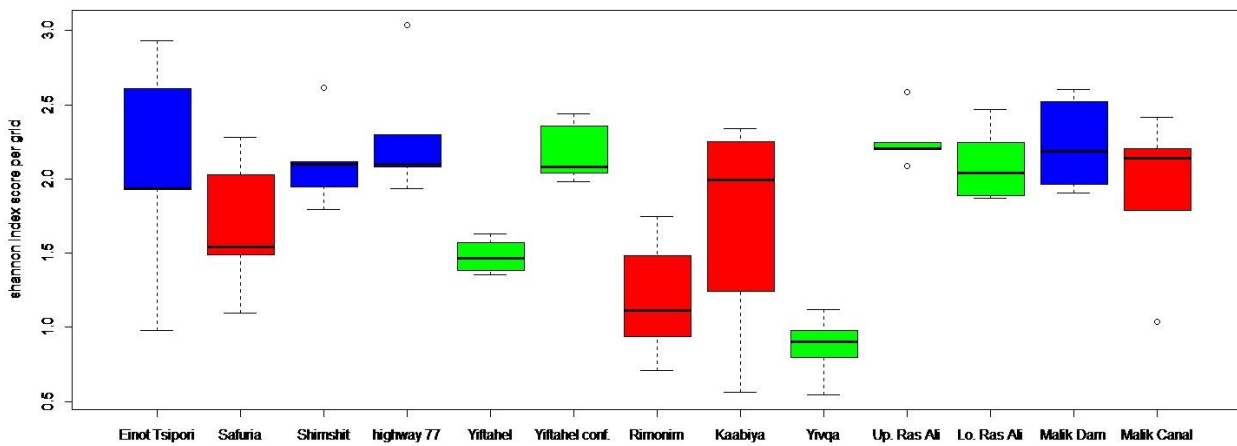
היו הבדלים מובהקים בין החלקות בכל המדדים: חלקת מורד עין יבקע היתה שופעת בצורה יוצאת דופן, הרבה יותר מכל שאר החלקות (איור 11). היו הבדלים מובהקים גם בעושר המינים, אך הבדלים אלו מוסברים על ידי סוג הגדה: החלקות ללא גדות (ובנוסף חלקת יפתחאל הטבעית) היו עניות במובהק מרוב החלקות האחרות (איור 12). חלקות מורד עין יבקע ונחל רימונים היו מגוונות במובהק פחות מרוב החלקות האחרות – מורד עין יבקע בגלל השפע הרב של כמה מינים, נחל רימונים בגלל עושר המינים הנמוך (איור 13).



איור 11: שפע פרטים בחלקות השונות: חלקות גדה גבוהה (אדום), חלקות גדה משוקמת (כחול) וחלקות גדה טבעית (ירוק).

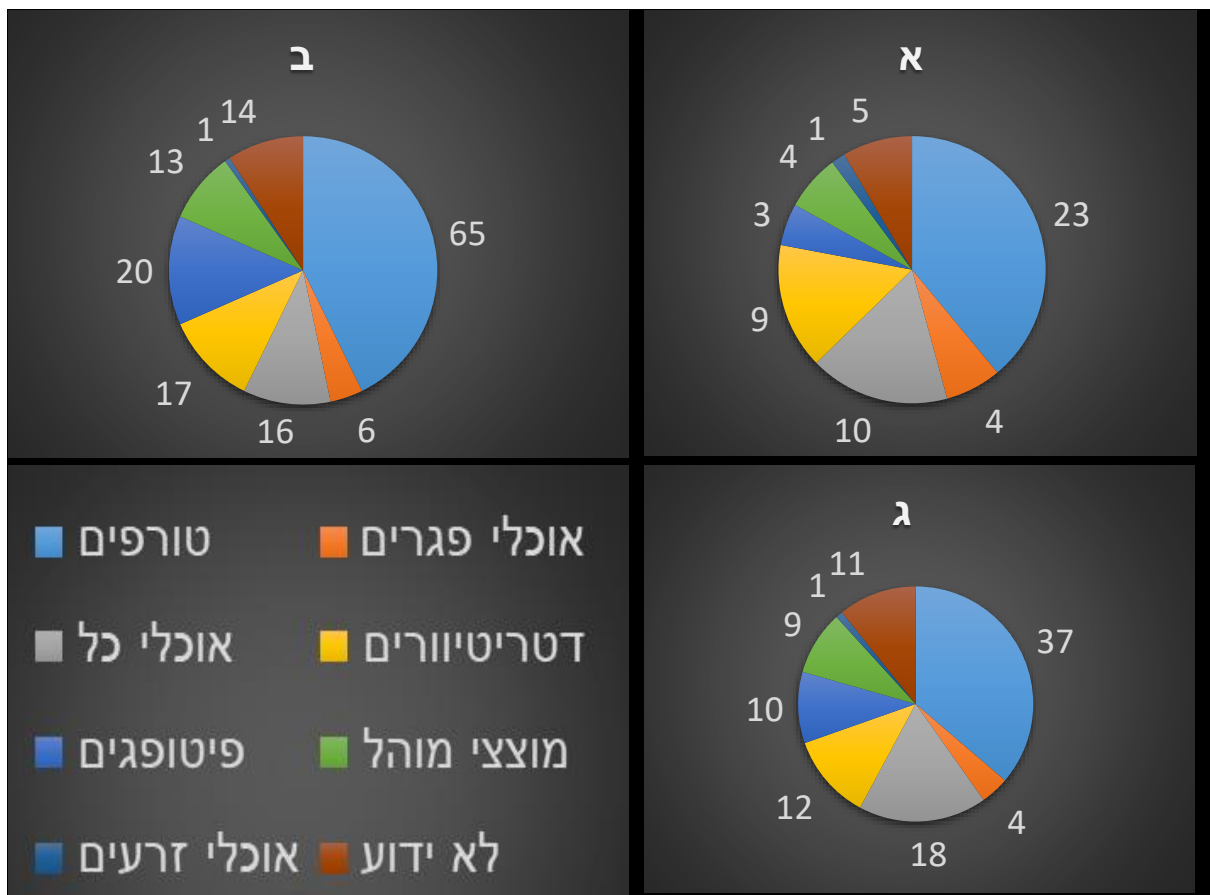


איור 12: עושר מינים בחלקות השונות: חלקות גדה גבוהה (אדום), חלקות גדה משוקמת (כחול) וחלקות גדה טבעית (ירוק).



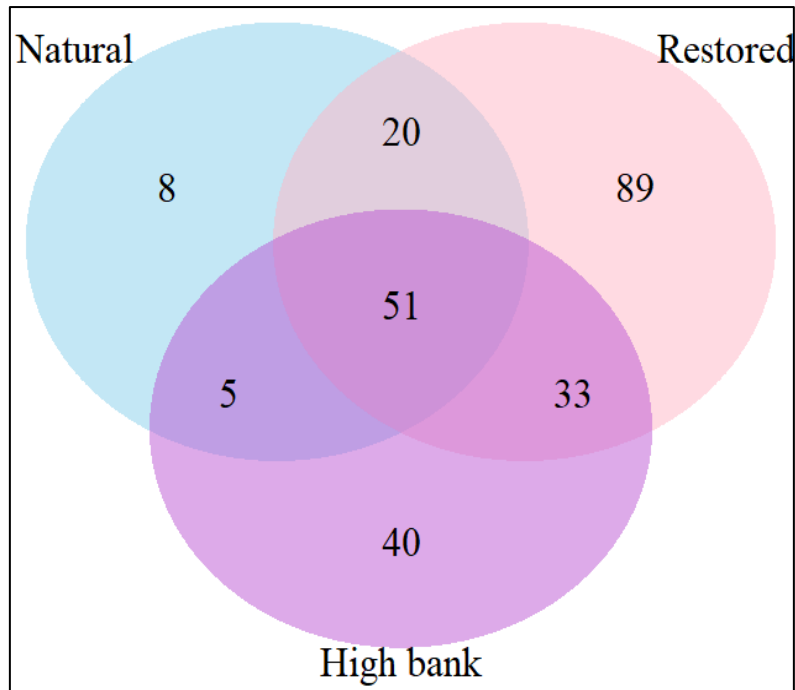
איור 13: מגוון מינים בחלקות השונות: חלקות גדה גבוהה (אדום), חלקות גדה משוקמת (כחול) וחלקות גדה טבעית (ירוק).

בגלל ההבדלים המובהקים בכל מדדי החברה בין סוגי הגדות השונים, נבחנו הקבוצות הביואינדיקטוריות בהקשר לסוגי הגדה. בבחינת פילוח מיני חברות סוגי הגדות השונים לגילדות תזונתיות השונות נמצא דמיון רב בין כל הסוגים, ובמיוחד בין גדה טבעית וגדה גבוהה. בגדות המשוקמות יש מספר יחסי גבוה יותר של מיני טורפים ופיטופאגים ומספר מעט נמוך יותר של אוכלי כל (ההבדלים קטנים – ראה איור 14).



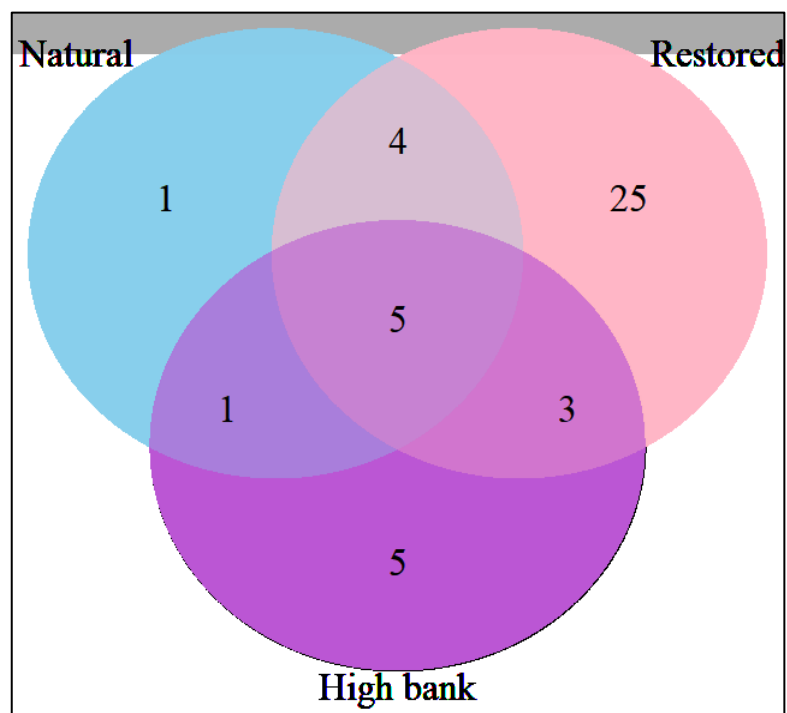
איור 14: עושר המינים בגילדות התזונתיות בטיפוסי גדה שונים: א. גדה גבוהה. ב. גדה משוקמת. ג. גדה טבעית.

דיאגרמת וון של מינים משותפים וייחודיים לסוגי הגדות השונים (איור 15) מצביעה על עושר רב של מינים בגדות המשוקמות ומספר גבוה של מינים שנאספו רק שם. הגדות הטבעיות מראות עושר נמוך גם בהשוואה לגדות הגבוהות. הגדות המשוקמות מראות עמדת ביניים מבחינת הרכב מינים – מינים רבים חופפים בין לבין הגדות הטבעיות (71 מינים), כמו גם הגדות הגבוהות (84 מינים), ואילו החפיפה בין שני סוגי הגדות האחרונים נמוכה יותר (56 מינים).



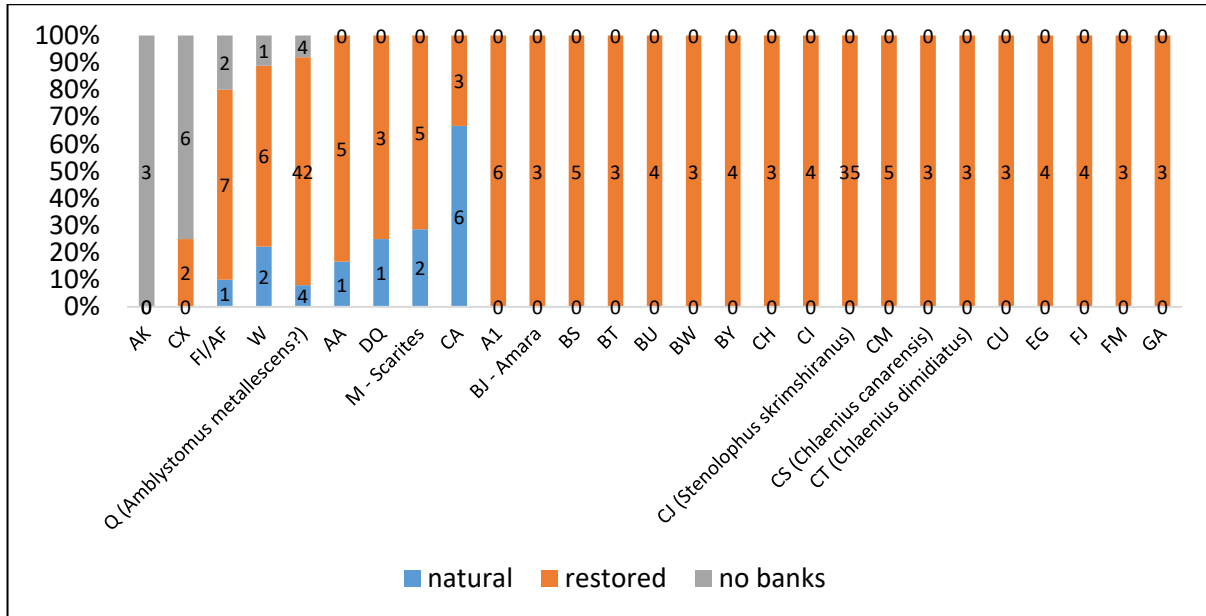
איור 15: מינים ייחודיים ומשותפים של פרוקי רגליים בסוגי הגדות השונים.

בדיאגרמה דומה המתמקדת במשפחת הרצניתיים, שרבים ממיניה משמשים כביואינדיקטורים של מצב גדות ומשטר הצפה, מסתמן עושר מינים ייחודיים גבוה בגדות המשוקמות. בגדות הטבעיות עושר מיני המשפחה נמוך אף יותר מבגדות הגבוהות (איור 16)



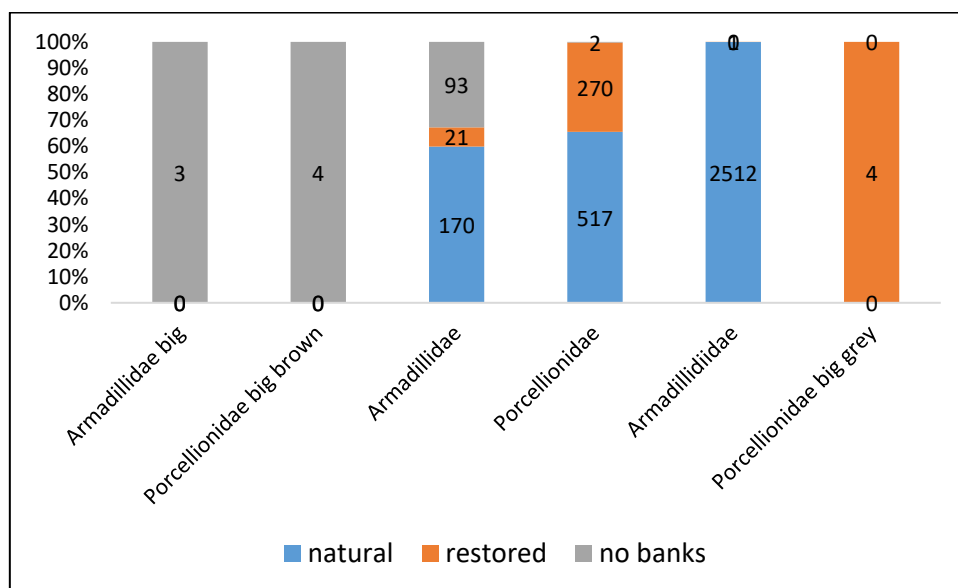
איור 16: מיני הרצניות בשלושת סוגי הגדות – מינים ייחודיים ומינים משותפים.

נמצאו מינים רבים של פרוקי רגליים בעלי העדפה ברורה לסוגי גדות מסוימים, שיש להם פוטנציאל לשמש כביואינדיקטורים בהמשך תהליך השיקום. איור 17 בוחן את מיני הרצניות היכולים להחשב כביואינדיקטורים, בשל הופעה בכמה גרידים וחלקות, וכן העדפה ברורה לסוג גדה מסוים או המנעות מסוג גדה מסוים. יש לא פחות מ-18 מינים המאכלסים את הגדות המשוקמות בלבד, 4 מינים המופיעים בגדות משוקמות וטבעיות בלבד, 3 מינים המראים העדפה לגדות משוקמות אך מופיעים במספרים קטנים ב-2 סוגי הגדות האחרים, ו-2 מינים בעלי העדפה לגדה גבוהה.



איור 17: רצניות ביואינדיקטוריות לסוגי גדות. המספרים בעמודות מציינים את מספר הפרטים שנאספו בכל סוג גדה – למטה הגדות הטבעיות, באמצע הגדות המשוקמות, למעלה הגדות הגבוהות (כך גם באיורים 18-23).

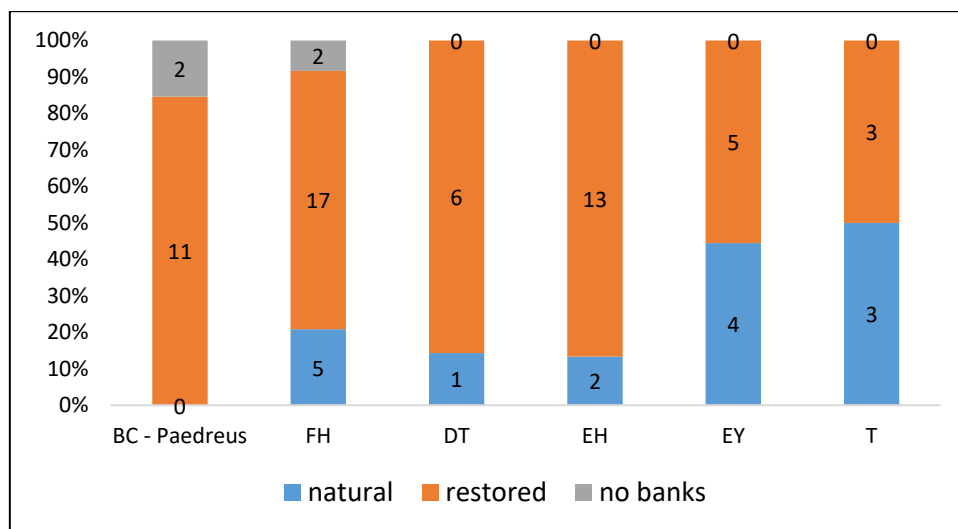
רוב מיני קבוצת הסרטנים שווי הרגליים הראו העדפה ברורה לסוג גדה אחד או שניים. בולטים במיוחד שני המורפוספציות (morphospecies) השכיחים ביותר - מין ממשפחת הכדרוניים (Armadillidiidae) שהופיע באלפי פרטים, כולם בגדות טבעיות; ומין של טחבית (Porcellionidae), שהופיע במאות פרטים רק בגדות טבעיות או משוקמות (איור 18).



איור 18: סרטנים שווי-רגליים המהווים ביואינדיקטורים לסוגי גדות.

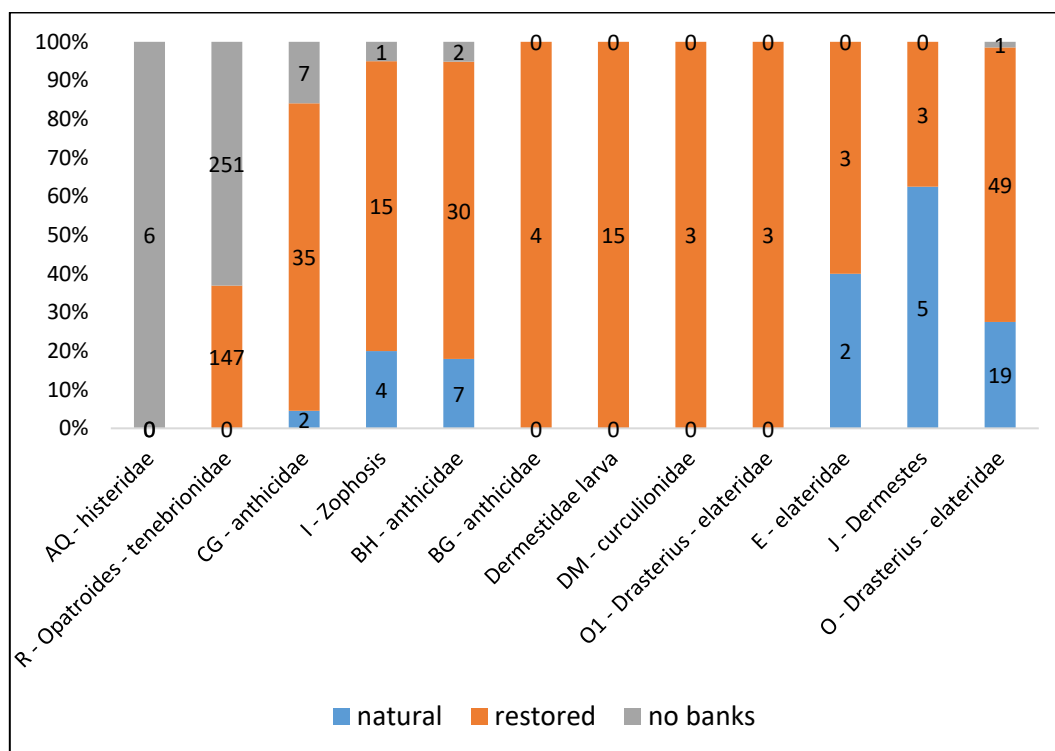


משפחה נוספת של חיפושיות טורפות, הקצרחפיתיים, בלטה במספר מיניה, ול-6 מתוכם היתה העדפה ברורה לגדות משוקמות וטבעיות (איור 19).



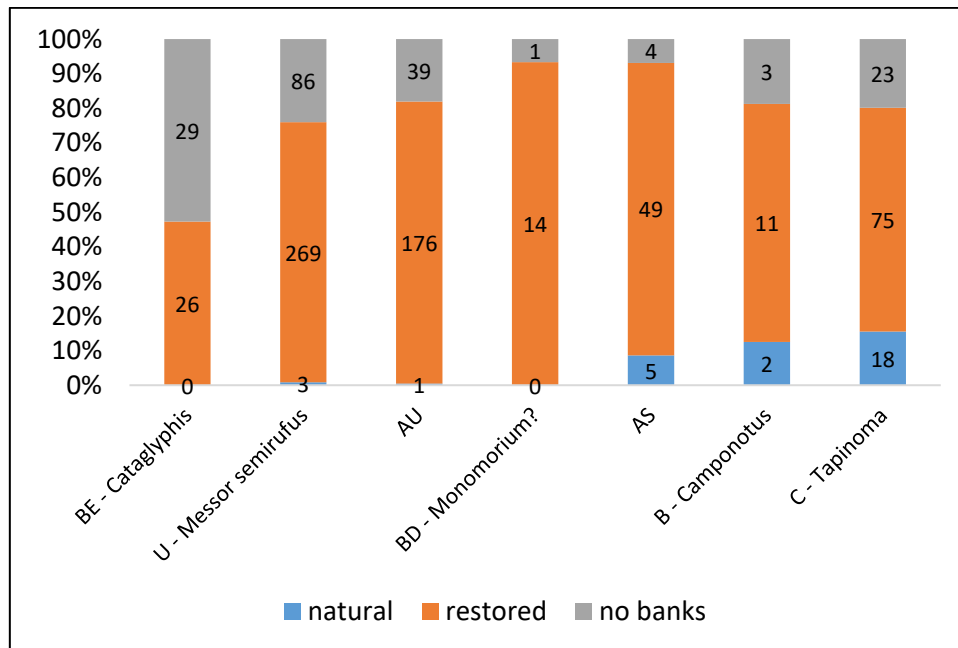
איור 19: חיפושיות ממשפחת הקצרחפיתיים המהוות ביואינדיקטוריות לסוגי גדות.

גם ממשפחות חיפושיות נוספות נמצאו מינים שמראים העדפה ברורה לסוגי גדות מסוימים: מינים פיטופאגים (נתוזיתיים - Elateridae וחדקוניתיים Curculionidae) הראו העדפה לגדות משוקמות וטבעיות. דטריטיוורים ואומניורים (ממשפחות העוריתיים, הפגרונתיים, השחרוריתיים וה-Anthicidae), התחלקו בהעדפותיהם – חלק מאכלסים גדות משוקמות וטבעיות, חלק מעדיפים גדות גבוהות (איור 20).



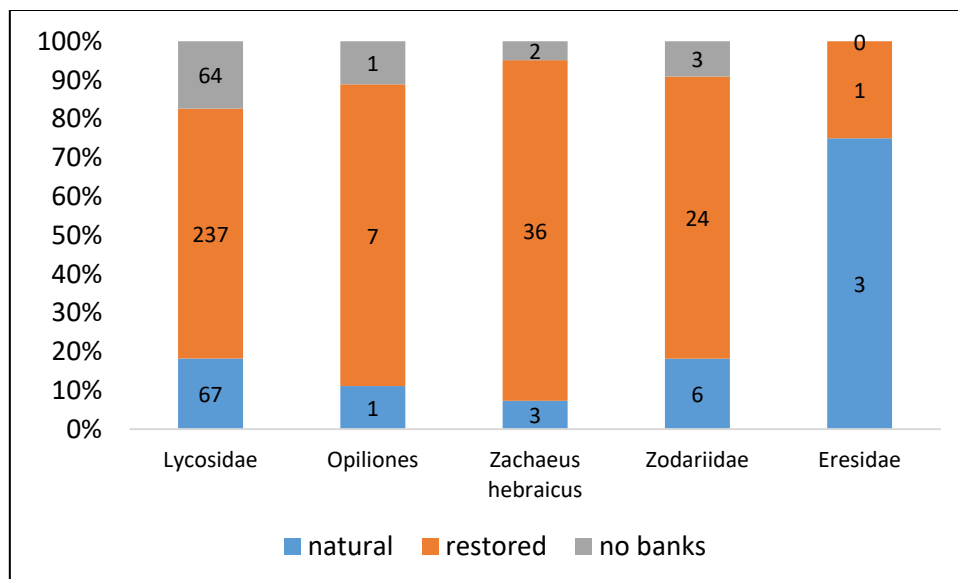
איור 20: חיפושיות ממשפחות אחרות (אוכלות כל, דטריטיווריות ופיטופאגיות) המהוות ביואינדיקטוריות לסוגי גדות.

ששה מיני נמלים, בהם 5 מינים אוכלי כל ומין של אוכלת זרעים, מראים העדפה ברורה לגדות המשוקמות, אך מצויים כולם גם בגדות הגבוהות, ו-3 מתוכם נעדרים מהגדות הטבעיות או נדירים בהן מאוד. מין נוסף, של אוכלת פגרים, מחולק בשכיחותו שווה בשווה בין הגדות הגבוהות והמשוקמות ונעדר מהטבעיות.



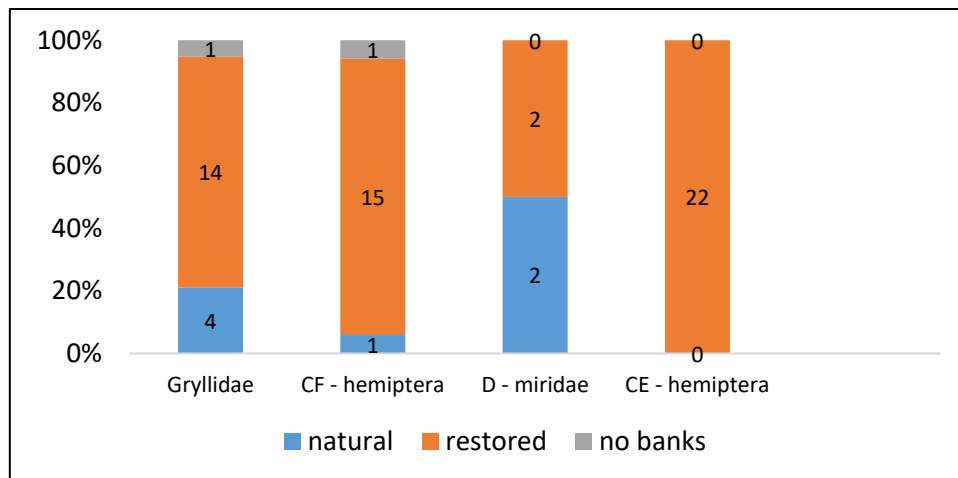
איור 21: נמלים ביואינדיקטוריות לסוגי גדות.

גם בקבוצה השנייה שמתוארת כביואינדיקטורית בספרות – עכבישיאים ועכבישינים, נמצאו קבוצות המראות העדפה ברורה לגדה משוקמת בלבד או לגדה משוקמת וטבעית. בולטת משפחת הזאבנים, שכמה מאות פרטים שלה נדגמו בניטור, רובם המכריע בגדות המשוקמות.



איור 22: עכבישינים ביואינדיקטורים.

עוד 3 מיני פשפשים מוצצי מוהל ומין צרצר (פיטופאג) מראים העדפה מוחלטת לגדות משוקמות ווטבעיות (איור 23).



איור 23: חרקים נוספים המהווים ביואינדיקטורים לסוגי גדות.

## דיון ומסקנות:

### גורמים משפיעים:

הייחודיות של חלקות הדיגום יוצרת שונות שאינה מוסברת על ידי הגורמים המשפיעים הנבדקים ומקשה לבחון את השפעתם על חברת פרוקי הרגליים המקומית. דוגמה טובה לכך היא השפע יוצא הדופן של שווי רגליים, ובמיוחד כדרורוניים (Armadillididae) בחלקת מורד עין יבקע. דוגמא נוספת היא יער התאנים הסבוך של גדות נחל יפתחאל – בית גידול שאינו דומה לחלקות הטבעיות שלאורך נחל ציפורי. ועם זאת, מצאנו למרות ה"רעש" הזה שיש השפעה מובהקת של כל אחד מהגורמים שנבחנו על חלק ממדדי החברה שנבדקו או על כולם:

א. מקטע: מקטע היובלים בלט בהיותו עשיר פחות במינים ובעל מגוון נמוך יותר משאר המקטעים. נראה שהסיבה לכך היא שנדגמו בו רק שתי חלקות, שתיהן עניות במיוחד: נחל רימונים בעל הגדה הגבוהה, ונחל יפתחאל, שיער התאנים הצפוף שלו לא מאפשר כניסת אור שמש ואדמתו מהודקת וקשה מאוד.

ב. צמחיה: גדות מיוערות שופעות יותר ומגוונות יותר מגדות עשבונות, אם כי לא עשירות יותר במינים. להערכתנו הסיבות לכך הן ההפרעה המופחתת (של אדם ושל פרות) כשיש הגנה של צמחיה טבעית, והפסיפס המגוון של כתמי אור וצל, אזורים חשופים ואזורים סבוכים, הנוצר ברוב הגדות המעוצות (למעט נחל יפתחאל).

ג. חקלאות: הגדות הסמוכות לחקלאות מסורתית היו שופעות יותר אך מגוונות פחות מחלקות הסמוכות לפלחה אקסטנסיבית. יתכן שהשפע הרב מתקשר להרטבה לסירוגין שהחלקות הללו זוכות לה. המגוון הנמוך קשור כנראה לשפע הרב.

ד. נוכחות בקר: באופן מפתיע, חלקות עם נוכחות בקר אינטנסיבית היו שופעות יותר ועשירות יותר במינים מחלקות עם נוכחות מועטה. הרמיסה של הבקר ללא ספק פוגעת, אבל יתכן שהעשרת הקרקע בנוטריינטים מגבירה את השפע ומאפשרת נישא למינים קופרופאגיים כמו זבליתיים ופגרוניתיים. עם זאת, הסבר אפשרי אחר הוא שכל החלקות שדגמנו עם נוכחות אינטנסיבית של פרות הן חלקות עם גדות משוקמות ברמה כזו או אחרת, כך שיתכן שההשפעה המיטיבה המובהקת של סוג גדה זה ביחס לגדות גבוהות מיסך את ההשפעה השלילית הצפויה של המרעה. בנוסף, נוכחות הבקר תועדה על פי קיום פרות בשטח ומציאת גללים. לרוב

הרעיה היא בעלת דגם מרחבי מחזורי, כך שיתכן שבעונות קודמות או בשנים קודמות היתה רעיה אינטנסיבית גם בחלקות שכרגע לא מצאנו בהן סימני פרות.

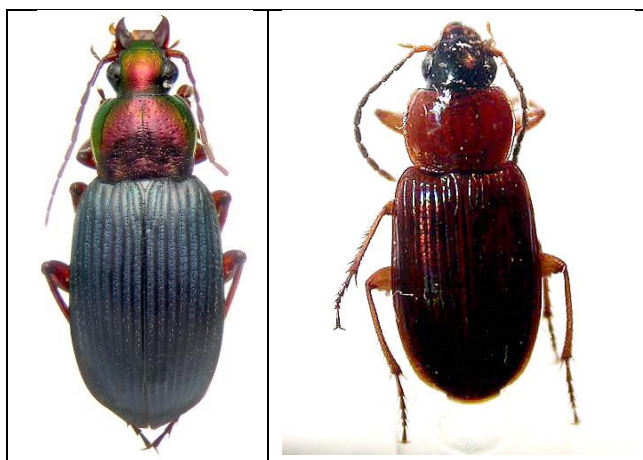
#### הבדלים בין סוגי גדות - מדדי חברה וקבוצות ביואינדיקטוריות:

הגורם בעל ההשפעה הכי עקבית (וברוב המקרים גם הכי מובהקת) על מדדי החברה השונים היה סוג הגדות. הגדות הגבוהות היו שופעות פחות ועשירות פחות מגדות משוקמות וטבעיות, וכן מגוונות פחות מגדות משוקמות בלבד. הגדות הטבעיות היו שופעות יותר (בעיקר בזכות מורד עין יבקע) אך עשירות ומגוונות פחות מהגדות המשוקמות.

בפילוח הגילדות התזונתיות לא נמצאו הבדלים גדולים בין טיפוס הגדות. יתכן שעושר המינים היחסי (והאבסולוטי) המוגבר של טורפים, פיטופאגים ודטריטיוורים בגדות המשוקמות מעיד על משטר הצפה המספק מזון לגילדות אלה.

חברת הרצניות שנדגמה בחלקות אכן עשירה מאוד, עם 44 מינים סה"כ. חברת הרצניות בגדות המשוקמות היתה עשירה ומגוונת לאין שיעור מהחברה בשני סוגי הגדות האחרים. נמצאו כאן 25 מינים שלא הופיעו סוגי גדה אחרים, 18 מתוכם הופיעו מספיק פעמים כדי להחשב על ידו כביואינדיקטורים. מתוכם כמה מינים שזוהו כבר מוכרים מהספרות כמאפיינים בתי גידול ספציפיים:

- *Chlaenius canariensis* ו-*Chlaenius dimidiatus*, שני מינים שנמצאו בחלקות המשוקמות בלבד (איור 24), הם מינים מוכרים באזורים מוצפים עונתית בגדות נחלים ומקווי מים אחרים ברחבי ישראל.
- *Stenolophus skrimshiranus*, מין שנמצא במספרים גדולים בחלקות המשוקמות בלבד (איור 24), הוא מין בעל תפוצה פליארקטית, אך נדיר בישראל ונמצא רק לגדות נחלים בגליל התחתון.



איור 24: מימין – *Stenolophus skrimshiranus*. משמאל – *Chlaenius dimidiatus*.

היתרונות שמזמנת גדה נמוכה למיני חיפושיות טורפים מתבטאת גם בנוכחות של מינים רבים ממשפחת הקצרחפיתיים בגדות המשוקמות והטבעיות. כמו כן נמצאו בשני הסוגים הללו בלבד שלושה מינים פיטופאגיים ממשפחת העליתיים.

לעומת זאת, החיפושיות המשמשות ביואינדיקטוריות לגדה גבוהה הן אוכלות כל ברובן. מין החיפושית השכיח ביותר בדיגום היה *Opatroides punctatilis*, מין ממשפחת השחרוריתיים (איור 1). הוא הופיע בכל סוגי הגדות, אך הראה העדפה ברורה לגדות גבוהות ונדגם שם בעשרות רבות של פרטים, בעיקר בקוודרטים. המין הזה מצוין בספרות כאוכל כל גנרליסט ומתועד בבתי גידול מופרעים, בשטחים חקלאיים ובתוך ישובים (Kaufmann, 1969), כך שהוא מסתמן כביואינדיקטור מצוין לגדות לא משוקמות, בהן אין הצפות ויש הפרעה מרובה בהיותן בשולי שטח חקלאי.

גם לחרקים ופרוקי רגליים נוספים נמצא שיש העדפות ברורות לסוגי גדה מסוימים. שתי קבוצות בולטות מאוד במאסף הדיגום הן העכבישנים ושווי הרגליים. כל קבוצות העכבישנים שנמצאו בעלי העדפה ברורה נדגמו

בעיקר בגדות משוקמות. בלטו ביניהם הזאבנים, הידועים ממחקר אחד לפחות כביואינדיקטורים של גדות מוצפות לסירוגין באירופה (Lambeets et al., 2008). הקוודרטים תרמו נתח נכבד ממאסף העכבישים.

הקבוצה המפתיעה ביותר מבין הביואינדיקטורים של העדפה היתה שווי הרגליים: לא מצאנו עדות בספרות להיותם מתאימים לכך, למעט מחקר אחד (Cartron et al., 2003). ועם זאת, כל המינים שנדגמו מספר פעמים (חלקם נמצאו במאות ובאלפים) היו בעלי העדפה ברורה. כדטריטיוורים הם יכולים להתקיים בכל סוגי הגדות, ואכן יש למינים שונים העדפות לסוגי גדה שונים. זו קבוצה שלא נחקרה כמעט בישראל. יהיה מעניין מאוד להמשיך לעקוב ולראות אם ההעדפות הללו נשמרות גם בעונות הבאות וולנסות להבין מה הבסיס האקולוגי של ההתמחויות השונות.

נראה אם כן שיש כמה עשרות מינים שיכולים לשמש אותנו כביואינדיקטורים לסוגי הגדות השונים ולמצב גדה שעוברת שיקום. התוצאות לא הובאו כאן, אבל כמה מהם גם רלוונטיים כביואינדיקטורים לגורמים אחרים, כגון נוכחות אינטנסיבית של בקר.

### היחס בין הגדות המשוקמות לגדות הטבעיות:

חלוקת החלקות לגדה גבוהה/משוקמת/טבעית היא מעט פשטנית וקטגוריאלית מדי מכמה סיבות:

- בכמה מהגדות הגבוהות יש קטעים קצרים נמוכים יותר (למשל בחלקת כעביה ובחלקת מורד תעלת המאליק).
- הגדות המשוקמות שוקמו בצורה שונה זו מזו – חלק ממש שוזרעו (מורד עינות ציפורי) וחלק שוקמו בעיקר נופית.
- הגדות הטבעיות מגוונות להפליא ושונות זו מזו. בנוסף, בכמה מהחלקות סמוכות מאוד לשטחים חקלאיים וראות אפקט שוליים משמעותי, או לחילופין סובלות מרעית בקר אינטנסיבית.

חשוב לכן לפתח מדד מורכב המשקלל את מירב הנתונים על התנאים האביוטיים, הביזויים והאנתרופוגניים בכל חלקה, ולנתח אל מול המדד הזה את תוצאות הדיגום.

החלקות המשוקמות מקבלות ציונים טובים יותר מהחלקות הטבעיות ברוב המדדים. יש לכך להערכתנו שתי סיבות: א. חלקות כמו נחל יפתחאל מייצגות תצורת קליימקס של גדות שמביאה, בשל הסבר והידוק האדמה, להפחתה בעושר ובמגוון ולהתבססות של כמה מינים מתמחים. ב. רוב החלקות הטבעיות סובלות מהפרעות ודורשות ממשק שימור שימנע הפרעות אלה. לכן אנחנו מציעים לא להסתכל על מצב החלקות הטבעיות כיעד שאליו צריך בהכרח לשאוף בשיקום בהכרח, אלא לראות בחלקות משוקמות השונות מהטבעיות אך מתפקדות היטב יעד בפני עצמו.

## מקורות:

Cartron, J. L. E., Molles, M. C., Schuetz, J. F., Crawford, C. S., & Dahm, C. N. (2003). Ground arthropods as potential indicators of flooding regime in the riparian forest of the middle Rio Grande, New Mexico. *Environmental Entomology*, 32(5), 1075-1084.

Da Rocha, J. R. M., De Almeida, J. R., Lins, G. A., & Durval, A., 2011. Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos environment*, 10, 250-262.



Ellis, L. M., Crawford, C. S., & Molles Jr, M. C. (2001). Influence of annual flooding on terrestrial arthropod assemblages of a Rio Grande riparian forest. *Regulated Rivers: Research & Management*, 17(1), 1-20.

Gerlach, J., Samways, M., & Pryke, J., 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17, 831-850.

Januschke, K., Brunzel, S., Haase, P., & Hering, D. (2011). Effects of stream restorations on riparian mesohabitats, vegetation and carabid beetles. *Biodiversity and Conservation*, 20(13), 3147-3164.

Januschke, K., Jähnig, S. C., Lorenz, A. W., & Hering, D. (2014). Mountain river restoration measures and their success (ion): effects on river morphology, local species pool, and functional composition of three organism groups. *Ecological Indicators*, 38, 243-255.

Januschke, K., & Verdonschot, R. C. (2016). Effects of river restoration on riparian ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in Europe. *Hydrobiologia*, 769(1), 93-104.

Jachertz, H., Januschke, K., & Hering, D. (2019). The role of large-scale descriptors and morphological status in shaping ground beetle (Carabidae) assemblages of floodplains in Germany. *Ecological Indicators*, 103, 124-133.

Kaufmann, T. (1969). The Life History and Feeding Habits of *Opatroides punctulatus* in Tiberias, Israel. *Annals of the Entomological Society of America*, 62(1), 236-239.

Kremen, C., Colwell, R., Erwin, T., Murphy, D., Noss, R., & Sanjayan, M., 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7, 796-808.

Lambeets, K., Hendrickx, F., Vanacker, S., Van Looy, K., Maelfait, J. P., & Bonte, D. (2008). Assemblage structure and conservation value of spiders and carabid beetles from restored lowland river banks. *Biodiversity and Conservation*, 17(13), 3133-3148.

Paillex, A., Schuwirth, N., Lorenz, A. W., Januschke, K., Peter, A., & Reichert, P. (2017). Integrating and extending ecological river assessment: Concept and test with two restoration projects. *Ecological Indicators*, 72, 131-141.

Pilotto, F., Tonkin, J. D., Januschke, K., Lorenz, A. W., Jourdan, J., Sundermann, A., & Haase, P. (2019). Diverging response patterns of terrestrial and aquatic species to hydromorphological restoration. *Conservation Biology*, 33(1), 132-141.

Samways, M. J., McGeoch, M. A. & New, T. R., 2010. *Insect conservation: a handbook of approaches and methods*. Oxford University Press.

Wilson, E. O. 1987. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). *Conservation Biology*, 1, 344-346.

Wilson, E. O., 1992. *The Diversity of Life*. Harvard University press.

