

779

תקופת המחקר: 2005-2005

קוד מחקר: 257-0211-05

THE SPATIAL PATTERN OF UTILIZATION OF
RANGELAND BY SHEEP UNDER
RATIONAL MANAGEMENT AND ITS IMPACT ON
VEGETATION
Investigator: EUGENE DAVID UNGAR
Principal Investigator:
Agricultural Research Organization (A.R.O.)

שם המחקר: יישום כלים מתקדמים להבנת
צורת הניצול במרחב של שטחי רעיה גבעיים על
ידי עדר צאן בממשק מסורתי והשפעה על
הצומח
חוקר ראשי: דוד אונגר
חוקרים שותפים:
מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

הצגת הבעיה: מטרת התוכנית הן לספק בסיס מדעי להמלצות ממשק רעיה באזור הנגב הצפוני ולהבין את התהליכים הביולוגיים והפיזיקליים המשפיעים על הייצור הראשוני ועל ניצולו על ידי הרעיה. מהלך ושיטות עבודה: נמשכו תוכניות ניטור ארוך טווח: צומח עשבוני - צפיפות בתקופת הנביטה, ויבול במהלך העונה, והכיסוי היחסי של מרכיבי נוף שונים. בעלי חיים: מיקום העדר בעזרת מערכת ה-GPS. בוצע ניסוי להבנת הקשר מעוצים-עשבוניים. הטיפולים: כריתת השיח (סירה קוצנית) זהשארית האזור פתוח לרעייה, כריתת השיח והגנה מפני רעייה, שיח ללא רעייה, שיח עם רעייה. בוצע ניסוי להבנת הקשר בין שיחים, נוכחות עדרי צאן ומיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע. תוצאות עיקריות: 1. היינו עדים עלייה רב-שנתית בכיסוי הצומח המעוצה באתר המחקר בצורת גורמת לירידה ניכרת בכיסוי הסירה. 2. הקשר מעוצים-עשבוניים באזור זה בא לידי ביטוי בעטרה עשבונית סביב השיחים המעוצים שמכסה שטחים נרחבים מהנוף: כ-30% מהשטח שאינו מכוסה על ידי שיחים. עטרה נוצרת גם בחלקות שהיו מוגנות מרעייה, ולכן נראה ששיחים הם האחראים לתופעה. כבשים הגיבו לקיום העטרה ורעו באזור זה זמן רב מהצפוי. למרות עוצמות הרעייה הגבוהות בעטרה, הביומסה העשבונית בעטרה נותרה גבוהה מהביומסה במרחקים גדולים יותר מהשיח. 3. נמצא קשר מרחבי ברור בין הסירה לבין שבילי הליכה של העדר, וביחד הסירה והרעייה מעצבים את הנוף מבחינת מיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע בסקאלות מרחביות קטנות. 4. היינו עדים לאי-אחידות קיצונית בלחץ רעיה במרחב. היו גם סטיות מובהקות מהצפוי בנוכחות העדר בנייתוח לפי שיפוע, פינות ומרחק מהמכלאות. מסקנות והמלצות: תופעת העטרה העשבונית סביב הסירה מחייבת התחשבות בה להבנת המבנה והתפקוד של המערכת ולממשק מושכל של רעייה. הסירה גם מעצבת את הנוף בצורה שצפויה לשמר משאבים במדרונות ולמנוע זליגה בעזרת כלים של GPS ו-GIS, ניתן למפות ולנתח את לחץ הרעיה שמופעל על ידי עדר במהלך העונה. כלים אלה מאפשרים לנו לחשב את הפיזור המרחבי הצפוי שהוא ספציפי לאתר. ניצול המרחב היה מאוד לא אחיד. נראה לנו שבאמצעות הרועה ניתן לשפר את אחידות לחץ הרעיה בשטח ולהקטין נזקים.

- Arnon, A.I., Svoray, T., Shachak, M., Ungar, E.D., & Perevolotsky, A.. (2004) Tracking and analysis of goat herd grazing patterns on hilly terrain using GPS and GIS technologies. p. 164 in Proceedings of the 10th International Conference on Mediterranean Climate Ecosystems, Eds: M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis. 25 April – 1 May 2004, Rhodes, Greece.
- Arnon, A., Ungar, E.D., Svoray, T., Perevolotsky, A., Shachak, M., Baram, H., Yonatan, R., Ben-Moshe, E., Brëner, S., and Barkai, D. (2005) p. 488 in Spatial heterogeneity of seasonal grazing pressure created by herd movement patterns on hilly rangelands using GPS and GIS. Proceedings of the XX International Grassland Congress. June 26th – July 1st, 2005, Dublin, Ireland.
- Svoray, T., Shafran-Nathan, R., Arnon, A., Ungar, E.D., Perevolotsky, A. and Shachak, M. (2005) Prediction of desertification processes in the semi-arid zone of Israel: Integrating field data, remote sensing observations and GPS technologies in dynamic spatio-temporal models. Proceedings of the 1st International Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification. September 7-9, 2005 Trier, Germany.

ישום כלים מתקדמים להבנת צורת הניצול במרחב של שטחי רעיה גבעיים על ידי עדר צאן בממשק
מסורתי והשפעתה על הצומח

The spatial pattern of utilization of hilly rangeland by sheep under traditional
management and its impact on the vegetation

מוגש לקרן המדע הראשי במשרד החקלאות, להנהלת ענף המרעה ולקרן קיימת לישראל

ע"י

המחלקה לגד"ש ומשאבי טבע, המכון למדעי הצומח, מינהל המחקר החקלאי	דוד אונגר
המחלקה לגד"ש ומשאבי טבע, המכון למדעי הצומח, מינהל המחקר החקלאי	אבי פרבולוצקי
המחלקה לגד"ש ומשאבי טבע, המכון למדעי הצומח, מינהל המחקר החקלאי	יאן לנדאו
המחלקה לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב	טל סבוראי
המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מיטרני, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב	משה שחק
היחידה לסקר ומיפוי, האגף לשימור קרקע, משרד החקלאות	רמי זיידנברג

Eugene David Ungar, Agricultural Research Organization, the Volcani Center.
E-mail: eugene@volcani.agri.gov.il

Avi Perevolotsky, Agricultural Research Organization, the Volcani Center.
E-mail: avi@volcani.agri.gov.il

Jan Landau, Agricultural Research Organization, the Volcani Center.
E-mail: vclandau@volcani.agri.gov.il

Tal Svorai, Agricultural Research Organization, the Volcani Center.
E-mail: tsvoray@bgumail.bgu.ac.il

Moshe Shachak, Agricultural Research Organization, the Volcani Center.
E-mail: shachak@bgumail.bgu.ac.il

Rami Zeidenberg, The Division of Soil Conservation, Ministry of Agriculture.
E-mail: rami_z@moag.gov.il

דצמבר 2005

כסלו תשס"ו

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר: 3/3 א.א.

רשימת פרסומים:

Arnon, A.I., Svoray, T., Shachak, M., Ungar, E.D., & Perevolotsky, A. (2004)
Tracking and analysis of goat herd grazing patterns on hilly terrain using GPS and
GIS technologies. p. 164 in Proceedings of the 10th International Conference on
Mediterranean Climate Ecosystems, Eds: M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis. 25
April – 1 May 2004, Rhodes, Greece.

Arnon, A., Ungar, E.D., Svoray, T., Perevolotsky, A., Shachak, M., Baram, H.,
Yonatan, R., Ben-Moshe, E., Brener, S., and Barkai, D. (2005) p. 488 in Spatial
heterogeneity of seasonal grazing pressure created by herd movement patterns on
hilly rangelands using GPS and GIS. Proceedings of the XX International Grassland
Congress. June 26th – July 1st, 2005, Dublin, Ireland.

Svoray, T., Shafran-Nathan, R., Arnon, A., Ungar, E.D., Perevolotsky, A. and Shachak, M. (2005) Prediction of desertification processes in the semi-arid zone of Israel: Integrating field data, remote sensing observations and GPS technologies in dynamic spatio-temporal models. Proceedings of the 1st International Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification. September 7-9, 2005 Trier, Germany.

תקציר

הצגת הבעיה: מטרת התוכנית הן לספק בסיס מדעי להמלצות ממשק רעיה באזור הנגב הצפוני, ולהבין את התהליכים הביולוגיים והפיסיקליים המשפיעים על הייצור הראשוני ועל ניצולו על ידי רעיה. **מהלך ושיטות עבודה:** נמשכו תוכניות ניטור ארוך טווח: צומח עשבוני - צפיפות בתקופת הנביטה, ויבול במהלך העונה, והכיסוי היחסי של מרכיבי נוף שונים. בעלי חיים: מיקום העדר בעזרת מערכת ה-GPS. בוצע ניסוי להבנת הקשר מעוצים-עשבוניים. הטיפולים: כריתת השיח (סירה קוצנית) והשארת האזור פתוח לרעייה, כריתת השיח והגנה מפני רעייה, שיח ללא רעייה, שיח עם רעייה. בוצע ניסוי להבנת הקשר בין שיחים, נוכחות עדרי צאן ומיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע. **תוצאות עיקריות:** 1. היינו עדים עלייה רב-שנתית בכיסוי הצומח המעוצה באתר המחקר. בצורת גורמת לירידה ניכרת בכיסוי הסירה. 2. הקשר מעוצים-עשבוניים באזור זה בא לידי ביטוי בעטרה עשבונית סביב השיחים המעוצים שמכסה שטחים נרחבים מהנוף: כ-30% מהשטח שאינו מכוסה על ידי שיחים. עטרה נוצרת גם בחלקות שהיו מוגנות מרעייה, ולכן נראה ששיחים הם האחראים לתופעה. כבשים הגיבו לקיום העטרה ורעו באזור זה זמן רב מהצפוי. למרות עוצמות הרעייה הגבוהות בעטרה, הביומסה העשבונית בעטרה נותרה גבוהה מהביומסה במרחקים גדולים יותר מהשיח. 3. נמצא קשר מרחבי ברור בין הסירה לבין שבילי הליכה של העדר, וביחד הסירה והרעייה מעצבים את הנוף מבחינת מיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע בסקאלות מרחביות קטנות. 4. היינו עדים לאי-אחידות קיצונית בלחץ רעיה במרחב. היו גם סטיות מובהקות מהצפוי בנוכחות העדר בניתוח לפי שיפוע, פנות ומרחק מהמכלאות. **מסקנות והמלצות:** תופעת העטרה העשבונית סביב הסירה מחייבת התחשבות בה להבנת המבנה והתפקוד של המערכת ולממשק מושכל של רעייה. הסירה גם מעצבת את הנוף בצורה שצפויה לשמר משאבים במדרונות ולמנוע זליגה. בעזרת כלים של GPS ו-GIS, ניתן למפות ולנתח את לחץ הרעייה שמופעל על ידי עדר במהלך העונה. כלים אלה מאפשרים לנו לחשב את הפיזור המרחבי הצפוי שהוא ספציפי לאתר. ניצול המרחב היה מאוד לא אחיד. נראה לנו שבאמצעות הרועה ניתן לשפר את אחידות לחץ הרעייה בשטח ולהקטין נזקים.

1. מבוא

קיים חשש שמרבית שטחי המרעה במזרח הקרוב והתיכון נמצאים במצב של דגרדציה כתוצאה מרעיית יתר מתמשכת. בנוסף לכך, רעיית יתר כזו היא אחד הגורמים העיקריים שעומדים מאחורי סינדרום המידבור שהפך לאחרונה יעד מחקרי וממשקי בעלי חשיבות והכרה בינלאומיים. רעיית יתר היא פעולה שפירושה ניצול מוגבר של צומח ע"י בעלי החיים אשר מביא להקטנת היצרנות העכשווית, ובעיקר העתידית, של כר המרעה. דבר זה מלווה, על פי רוב, בהחלפה של מיני צמחים הנחשבים טעימים לבעלי החיים במינים לא טעימים ובעלי מעגנוני הימנעות מרעה (קוצניים, נמוכים, מכילי חומרים כימיים). כמו כן, יש ירידה בכיסוי הצומח הכולל. ירידה בכיסוי הצומח יכולה להביא לסחף קרקע, אובדן מינרלים ולדגרדציה של בתי-גידול. תהליכים אלו קשים לעצירה ושינוי או שיקום המערכת במקרה זה יכול להמשיך עשרות ואף מאות שנים.

רעיה היא שימוש קרקע נרחב באזור הנגב, ובעיקר על ידי הסקטור הבדואי. האם יש עדות לתהליכי דגרדציה באזור, והאם ממשק רעיה מסורתי תורם לתהליך? שאלות אלה דורשות עבודת שדה ומחקר בשלושה מישורים: מעקב, ניתוח אמפירי, והבנת תהליכים. תהליכים אלה מתרחשים בסקאלות זמן שונות, והם איטיים כאשר מדובר בתהליכי מידבור. בנוסף, השונות הגבוהה בכמות ובחלוקת הגשמים בין עונה לעונה מקשה על אבחנת מגמות.

חוות ההדגמה לבדואים מהווה אתר אידיאלי למעקב שכזה. החווה משמשת כאתר מחקר וניסוי הקשורים למערכת הייצור של המשק הבדואי הפסטוראלי. האתר מייצג משאב טבע לאומי ואזורי בעל היקף משמעותי, שכל הנראה יישאר כשטח פתוח לטווח הארוך.

שאלה מרכזית היא מה צורת הניצול הנכונה של שטחים אלה ומהי השפעת הרעיה על הייצור הראשוני. הבעיה היא שבתנאי רעיה כאלה, הביטוי "לחץ רעיה" ברמה של החווה כולה מתאר ממוצע חשבוני שאין לו משמעות ביולוגית לרוב השטח. חלוקת הרעיה העונתית היא לא אחידה במרחב בגלל גורמים רבים, ובראשם טופוגרפיה ומרחק מאזור הלינה הלילית. מרכיב יסודי של תוכנית זו הוא הטיפול במימד המרחבי באופן מפורש. לשם כך, נשתמש בכלים שפותחו בשנים האחרונות, ונשלב מערכות GPS למעקב בע"ח עם מערכות GIS למיפוי וניתוח מרחבי.

המטרות הן: 1. בחינה כמותית של מצב המרעה, שהיה במשך שנים רבות תחת רעיה בדואית מסורתית, כפונקציה של לחץ רעיה, תנאי שנה ובית-גידול. לכמת את עקומת הצימוח בבתי הגידול השונים, ולהבין את הגורמים העיקריים המשפיעים על הייצור הראשוני בהם, כולל התגובה לכמות הגשם. 2. לימוד יכולת ההשתקמות/התאוששות העצמית של המערכת האקולוגית הסמי-ארידית אחרי הפסקת רעיה על ידי ניטור בתוך מערכת גדורות מתווספות. 3. לימוד תהליכים איטיים במבנה החברה הצמחית - כיסוי הצומח המועצה תחת לחצי רעיה שונים ובבתי גידול שונים, כולל בגדורות המתווספות. 4. לימוד תהליכים מהירים במבנה החברה הצמחית - נביטה של הצומח העשבוני בשבועות הראשונים לאחר הגשמים היעילים הראשונים והשפעת גורמי רעיה ובית גידול על תהליכים אלה. 5. לתאר ולכמת, במרחב ובזמן, את הניצול של שטחי המרעה על ידי עדר באמצעות GPS. ליצור הגדרה מרחבית חדשה של "לחץ רעיה" ולבחון את נתוני המעקב של נביטה, ביומסה וכיסוי על פי מפת הניצול האמיתי. 6. לפתח מערכת GIS של אתר המחקר, עם שכבות מידע על תכונות פיזיות והצומח. לשלב נתוני ה-GPS ולאפיין את ניצול השטח

על ידי העדר. להגדיר את משטר הרעיה בפועל במרחב, במונחים של תדירות ביקור וזמן שהייה של העדר, ולבחון את הגורמים המשפיעים עליו.

בזמן האחרון, חוות להבים התקבלה לרשת האתרים הבינלאומית למחקרים אקולוגיים ארוכי טווח (LTER). בין היתר, תוכנית מחקר זה מרכזת לתרומת האתר כתחנת LTER. חלק מהשאלות החשובות שעוסקות בטווח הארוך מתייחס לתפקוד המערכת בסקאלה של זמן של שנה אחת. ברמה הזאת, עונת עבודה בשטח מוצגת על ידי נקודה אחת בבניית התמונה, בין אם זה קשר גרפי או ניתוח סטטיסטי.

ראוי לציין בהקשר זה, שמאז גידור אתר להבים חלה ירידה בלחץ הרעיה באזורים מסוימים של שטח החווה לעומת האזור מחוץ לגדר. לכאורה (לפי השוואה ראשונית של תצלומי אוויר) כתוצאה מכך הייתה התפשטות רחבה של סירה קוצנית בשטח החווה. מבחינה חקלאית תהליך זה מבטא ירידה בערך משאבי המרעה. גם מנקודת ראות אקולוגית או נופית קשה לומר שזה שינוי חיובי. למרות החשיבות הרבה של מערכות מעוצים-עשבוניים, הידע המצוי בידינו לגבי התהליכים המעצבים את המערכות הללו הנו מועט, וקיימות מספר שאלות מפתח ללא תשובה בתחום זה. איננו יודעים מהם הגורמים הקובעים את היחס הכמותי בין שתי צורות הצומח, כיצד מתאפשר דו-קיום בינן, ומהן ההשלכות של היחסים בין שתי צורות הצומח לגבי כלל הייצור הראשוני במערכת.

2. פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו

2.1 אתר המחקר

חוות ההדגמה לבדואים שוכנת בצפון הנגב, בגבעות הצמודות לשוב להבים ממזרח, דרומית לכביש להבים-צומת שוקת. שטחה כ-8000 דונם המצויים באזור גבעי בעל תנאים אקולוגיים מגוונים. כמות המשקעים באזור נעה בסביבות 250-300 מ"מ בשנה, תוך שינויים חריפים בין השנים. בד"כ מאופיין האזור בקרקעות לסיות, ובואדיות קרקעות אלוביאליות. הצמחיה באזור היא בתה פתוחה של שיחים נמוכים (בעיקר סירה קוצנית, מתן שער, עירית גדולה, קורנית מקורקפת), וצמחיה עשבונית חד-שנתית (דגנים נמוכים ודו-פסיגיים). הנוף מתאפיין ברב-גוניות עצומה. כתמים כתמים של שיחים, סלעים, צומח עשבוני וקרקע חשופה פזורים ללא סדר שאפשר להגדירו. שטח החווה גודר ב-1980 ומאז מתנהלת בו רעיה מבוקרת בלחץ בינוני של עדר צאן לבשר (כ-600 כבשים ו-300 עיזים) בממשק בדואי. השטח נמצא תחת לחצי רעיה שונים התלויים בעיקר במרחק מהמכלאה ובטופוגרפיה. אתר מרוחק וקשה לגישה נמצא בלחץ רעיה נמוך מאשר אתר קרוב ונגיש. משטר התזונה של העדרים דומה למשטר התזונה של עדרים בדואים שאינם רועים בחווה, ומתבסס על מרעה ירוק בסוף החורף ובאביב, שלפים (מחוץ לחווה) בקיץ, ומזון מוגש + רעית קמל בעונת המעבר.

2.2 צומח

הניטור של הצומח בלהבים התמקד בשלושה נושאים: 1. ביומסה עשבונית ועקומות צימות, 2. הכיסוי היחסי של סוגי הצומח, כולל הצומח המעוצה, 3. הנביטה כגורם מקשר בין עונות עוקבות. כל גורם (יצור ראשוני עשבוני, כיסוי כללי, נביטה) נבדק על פני שלושה צירים וצירופיהם: גרדיאנט של לחץ רעיה משוער, בבתי גידול שונים, ובתקופות שונות של התאוששות מרעיה.

נבחרו בשטח החווה שלושה אתרים בעלי תנאים אקולוגיים דומים, הנבדלים ביניהם במרחק מהמכלאה: קרוב, בינוני ורחוק. בכל אתר הוגדרו ארבעה בתי-גידול עיקריים: ראש גבעה, מפנה צפוני, מפנה דרומי וכתפי ואדי. ההנחה היא, כי בין בתי הגידול יש הבדלים בתנאי סביבה רבים (קרינה, עומק הקרקע, משק

המים ועוד), ולכן מתפתח עליהם צומח עשבוני ושיחי שונה, הן בהרכב והן בכמות. הגדרת בתי הגידול השונים נעשתה בעיקר על סמך תצפיות בשטח, שהובילו להשערה כי בתי גידול אלו נבדלים ביניהם באופן עקבי בערכי היצור הראשוני.

2.2.1 ביומסה

המדידות והבדיקות של היבול העשבוני נערכות בהפרשים של 2-3 שבועות החל מהמועד הראשון שניתן לקצור ולאסוף מרבית החומר בדיגום. הדיגום נעשה בכיסי הצמחיה העשבונית. הדוגם מקפיד שלא להכניס לאומדן שטחי סלע חשופים ו/או צמחיה שיחית. חשוב לזכור כי התוצאות המתקבלות מתייחסות לכיסי הצומח העשבוני בלבד, ואי-אפשר להוציא מהן מסקנות תקפות לגבי השטח כולו ללא שקלול מרחבי מתאים (דהיינו מתוך נתוני הכיסוי), אולם הן מאפשרות להבין את הדינמיקה של היצור, ואת חשיבות הגורמים השונים. מדידה של כמות הביומסה העשבונית ב"חלקה" מסיומת (לדוגמא - מפנה אחד של גבעה) היא בשיטת "הדיגום הכפול" (אומדני עין וקצירים לכיול). הדיגום הוא בעזרת ריבוע (25 על 25 ס"מ) אשר מושלך באקראי לאורך קו ההליכה של הדוגם.

2.2.2 כיסוי

שיטת המדידה של הביומסה העשבונית היא לדגום בכתמים שאין בהם סלע או שיח. לכן יש צורך לשקלל את הערכים בהתאם לכיסוי היחסי של כתמים אלה בשטח ולקבל בכך אומדן יצור ליחידת שטח. בנוסף לכך, יש חשיבות רבה במדידות כיסוי בלהבים כדי לקבוע את השפעת הרעיה ובית הגידול על הכיסוי, ובמיוחד לקבוע באיזה מידה הרעיה משפיעה על התפשטות הצומח המעוצה.

נתוני הכיסוי מבוססים על חתכים שלאורכם נמדד סוג הצומח (הגבוה ביותר) כל 10 ס"מ. הקטיגוריות הן: סלע, קרקע, אבן, שיח לפי מין, חומר אורגני וצומח עשבוני (ללא פירוט מין). החתכים בלהבים התבצעו לאורך קווים קבועים:

IN: נקבעה סדרה של חתכים קבועים בתוך מערכת הגדורות. בכל גדורה של 10×10 מ' ממוקם חתך החל מאמצע צלע אחת ומסתיים באמצע הצלע ממול. IN-A: במערכת של גדורות מתווספות שהוקמה בתחילת עונת 1994/5, בצמוד למערכת הראשונה. IN-B: זוהי מערכת מקבילה למערכת IN-A מכל הבחינות, כאשר מועד ההקמה היה 1995/6. OUT: כדי לאפשר השוואת הכיסוי הצמחי בתוך ומחוץ לגדורות, הוחלט למקם סדרה של חתכים קבועים בהמשך ישיר של קו החתכים של מערכת IN, לאורך 10 מ' בכיוון אחד מחוץ לגדורה. OUT50: כדי לשפר עוד את ייצוג השטח שמחוץ לגדורות, הוחלט למדוד את הכיסוי הצמחי במערכת נוספת של חתכים קבועים. בכל צירוף של אתראבית גידול, סומנו שני חתכים של 50 מ' אורך כל אחד, המסודרים בדרך כלל בצורת צלב.

2.2.3 נביטה

מדד חשוב למצב שטחי הרעיה בלהבים הוא צפיפות הנבטים מוקדם בעונה, וחלוקת הנבטים לקבוצות פונקציונליות. צפיפות הנבטים של הצומח העשבוני נמדד מוקדם בעונה, בשלב שניתן להבדיל בין דגנים, רחבי-עלים וקטנות. מדידות נערכו בשלושת האתרים, ובארבעה בתי-גידול בתוך כל אתר.

המדידות נעשות באזור תחת רעיה ובתוך כל אחת ממערכות הגדורות המתווספות. כל סדרה של מדידות מזוהה על ידי עונה, אתר, בית גידול, וסוג שטח. סוג השטח מוגדר כ: ללא גידור (NF), מוגדר מאז 1994/5

(F94), מגודר מאז 1995/6 (F95), ומגודר מאז 1996/7 (F96). הדיגום נעשה בעזרת ריבוע של 10×10 ס"מ, שנזרק באקראי. זריקת הריבוע נפסלה אם היא נמצאת באופן חלקי או לגמרי על סלע חשוף או תחת שיח. מספר הנבטים של שלושת הקבוצות נספר ונרשם.

2.2.4 מערכת הגדורות

בתחילת עונת 1993/4 הוקם מערך של גדורות ב-12 הצירופים של ארבעה בתי גידול ושלושה אתרים שהוגדרו לעיל. בכל צירוף הוקמו 4 גדורות של 10×10 מ' כדי לפזר את הדיגום במרחב. בתחילת עונת 1994/5 ובתחילת עונת 1995/6 הוסף מערך גדורות, בגודל 5×10 מ', על ידי הגדורות שהוקמו בשנה הקודמת. זה נעשה באתר הבינוני והקרוב בלבד, ובארבעת בתי הגידול בכל אחד.

התפתחות מוגברת של יכול המרעית, או שינוי בהרכב חברת הצומח, בתוך הגדורות יעידו על תהליכי התאוששות המרעית ממצב פגוע למצב משתקם. אם אכן שחרור מרעיה מאפשר תהליך של שיקום, אזי אנו מצפים שייצור ללא רעיה יהיה פונקציה של אורך תקופת השחרור מרעיה. אך תנאי השנה המסוימת הם תורם חשוב ביותר לשונות הגבוהה בנתוני הייצור הראשוני בין השנים. לכן, קשה מאוד לגלות מגמות ושינויים ללא בקורת על תנאי השנה. מכאן עולה החשיבות של שיטת הגדורות המתווספות בה מוסיפים בכל אתר נבדק מספר גדורות בכל שנה.

מערך זה של גדורות מתווספות מאפשר לבחון כמותית 2 שאלות מרכזיות: האם הייצור הראשוני ללא רעיה מיד לאחר שחרור מרעיה שונה בהתאם לעוצמת הרעיה בשנים הקודמות? הניתוח יתבסס על השוואה של יצור בגדורות חדשות בין אזורי לחץ רעיה שונים. והשאלה השניה - האם הייצור הראשוני ללא רעיה בשנה מסוימת שונה בהתאם למספר עונות ללא רעיה שקדמו? הניתוח יתבסס על השוואה בין גדורות בגילים שונים בכל שנה.

2.3 היחסים המרחביים בין הצומח המעוצה לבין הצומח העשבוני

הצמחייה באזור המחקר מסודרת כפסיפס בן שני מצבים; כתם פתוח- קרקע חשופה המכוסה לרוב בקרום ביוגני, וכתם מעוצה- כתם שבמרכזו שית, בד"כ סירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*). הקשר מעוצים-עשבוניים באזור זה בא לידי ביטוי בעטרה עשבונית דמוית טבעת סביב השיחים המעוצים. מכיוון שחלק גדול מהייצור הצמחי בצפון הנגב, ובמיוחד החלק המשמש לרעיית צאן, הנו של עשבוניים חד שנתיים, עשויות להיות לתופעה זו משמעותות תיאורטיות וממשקיות חשובות. המשמעותות התיאורטיות נוגעות ליחסי מעוצים-עשבוניים כפי שהם באים לידי ביטוי במרחב. המשמעותות הממשקיות הן לגבי ייצור מרעה לצאן מחד, ושמירת טבע ומגוון ביולוגי מאידך. קבענו את העוצמה המרחבית של תופעת העטרה, ע"י כימות התופעה כקשר מרחבי בין שתי צורות הצומח. אפיינו את ממדי התופעה בהתחשב בביומסה הגדלה באזור העטרה ובשטח שהיא מכסה- סביב הכתם המעוצה הבודד, ובנוף כולו. עקבנו אחר השתנות העטרה לאורך השנה, ובררנו מהם המגננונים היוצרים אותה: האם מקור העטרה ביצירה של בית-גידול עשיר יותר בנוטריינטים בקרבת השיחים, או בהגנה מכאנית של השיחים על הצמחים בקרבתם מפני רעיית צאן. ביצענו ארבעה טיפולים: כריתת השיח והשאת האזור פתוח לרעייה, כריתת השיח והגנה מפני רעייה, השאת השיח והגנה מרעייה, השאת השיח, והשאת השטח פתוח לרעייה. להערכת כמות הביומסה העשבונית על פני שטחים נרחבים, ולצורך ניתוח הנתונים, פיתחנו שיטה המשתמשת בתצלומי אוויר מגובה נמוך, ובמערכות מידע גיאוגרפיות (GIS). ביצענו תצפיות התנהגות כדי לקבוע את הקצאת

הזמן של הכבשים לאכילה בכתמים השונים: שיח, עטרה, ושטח פתוח, ודגמנו את הקרקע בכתמים השונים לקביעת ריכוזי הנוטריינטים.

2.4 היחסים המרחביים בין הצומח המעוצה לבין מיקרוטופוגרפיה ותכונות קרקע

ממשק אזורים צחיחים דורש הבנה של יחסי הגומלין בין המרכיבים הביוטיים והלא-ביוטיים של המערכת. למים תפקיד מרכזי כמשאב ליצור ראשוני וכמוליך של חומרים אחרים. תנועה וחיזור של מים במדרונות תלולים, בין היתר, במיקרוטופוגרפיה של פני השטח ובתכונות קרקע המשפיעות על קליטת מים. נגר עילי יוצר סחיפה של חלקיקי קרקע. החלקיקים מושקעים במקומות בהן הנגר מאט או עוצר כתוצאה ממחסום פיזי, מהתמתנות שיפוע המדרון, ומשיפור מקומי בקיבולת החיזור של הקרקע. מחקרים שונים הראו שבאזורים צחיחים למחצה נמצא קשר מרחבי בין (i) מיקרוטופוגרפיה, (ii) דחיסות הקרקע ו-(iii) דגם הצומח. המיקרוטופוגרפיה והדגם המרחבי של דחיסות הקרקע באזורים אלו מעוצבים על-ידי השיחים, המשמשים כמחסומים פיזיים בפני הנגר העילי, סחיפת הקרקע ותנועת נשר הצומח, המצטברים למראשות הגזעים. תופעה זו, יחד עם השקעת אבק אאולי ופעילות ביוטורבציה, המתרחשת תדיר בכתמים השיחיים, גורמת להיווצרות חתך דמוי מדרגות ולדגם מקביל של דחיסות הקרקע, הקשור מרחבית לחתך זה. שני מרכיבים של שטחי המרעה של צפון הנגב קשורים באופן ישיר לתהליכים אלה: שיחים – כמחסום פיזי, ועדרי צאן – על ידי דריכה. למיטב ידיעתנו, לא נבחנו תופעות אלו באיזור הצחיח למחצה של ישראל. התפקיד של בעלי החיים לא זכה להתאיישות מפורשת באזורים צחיחים למחצה באופן כללי. המטרות של ניסוי זה היו, אם כן, לבחון כיצד משפיע השיח סירה קוצנית על היווצרות דגמים מרחביים של מיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע בסביבתו, ולבחון את תפקיד הצאן ביצירת דגמים אלו.

נבחרו אקראית חתכים רבים, שכיוונם מקביל לכיוון המדרון, במקומות בהן היה שיח סירה בודד בציר זה. המדידות בוצעו בסמיכות לשיחי סירה, במעלה ובמורד המדרון שלהם. המדידות בחתכים בוצעו ביולי-אוגוסט 2005, כאשר לחות הקרקע נעה סביב הערך ההיגרוסקופי (3.8%). הוגדרו 5 קטעים בציר החתך:

1	UI	Upper Intershrub	בין-שיחי עליון
2	TR	Trampling Route	בסמיכות לשיח, במעלה המדרון מעליו
3	US	Upslope Intershrub	בין הקצה העליון של השיח לבין הגזע
4	DS	Downslope Intershrub	בין הגזע לבין הקצה התחתון של השיח
5	LI	Lower Intershrub	בין-שיחי תחתון

לרוב זוהה קטע 2 ויזואלית כשביל דריכה, הודות לפני השטח האטומים והמקורמים (crusted) שלו. בכל קטע נמדדו: (1) השיפוע; באמצעות קלינומטר (מד שיפוע). (2) דחיסות הקרקע; באמצעות פנטרומטר.

2.5 מערכות GPS ו-GIS

היתרון הגדול שלנו בלהבים הוא שבעל החיים אינו חיית בר, קל לתפוס אותו אפילו בשטח, והעדר חוזר למכלאות מדי יום ואפשר להחליף סוללה. כל זה מאפשר לנו תדירות דיגום גבוהה יחסית לכל מכשיר אחר המיועד לשימוש בבעלי חיים, וזה מה שדרוש אם רוצים למפות מסלולי רעיה בסקאלה של עשרות מטרים. חשוב להבחין בין מעקב הפרט לבין מעקב העדר. בלהבים אנו מתקינים את המכשיר על גבי בעל חיים אחד, אבל זה אמור לייצג "אזור נוכחות העדר". כמובן, אפשר ללמוד מנתונים של הפרט דברים לגבי

התנהגות רעיה של הפרט, ובהתאם לדיוק המיקום, אבל הדגש כאן הוא ברמת העדר. הוכנו שכבות GIS שונות לאתר להבים, אך בעיקר של גורמים פיזיים.

מיקום העדר נקבע בעזרת מערכת ה-GPS. בשנים 2001, 2002 ו-2003, השתמשו במכשיר מדף (Trimble Gell) ורתמה שבינו והתאמנו בעצמנו. בעונת 2003 היו תקלות רבות בציוד זה והוחלט לעבור לציוד משוכלל יותר בהרבה בחינות. הציוד הוא מחברת טרילוגייקל בראשלייז, ומבוסס על ציוד נישא לחיילים. שתי תכונות חשובות של ציוד זה הן שידור נתונים ישירות לשרת מרכזי של החברה (במקום הורדת נתונים בשדה למחשב נישא), וסוללה משופרת מאוד המאפשר מעקב במשך שלושה או ארבעה ימים (מעל 30 שעות) בטעינה אחת (במקום החלפת הסוללה מדי יום). תדירות הדיגום שהשתמשו עד כה היא 2 דקות, אך ניתן לשנות את זה בהתאם לצרכים.

הציוד פעל בצורה טובה מאוד במהלך עונות 2004 ו-2005.

3. תוצאות

3.1 ביומסה

טבלה 1 מסכמת את נתוני הביומסה (ערך שיא) במשך שלוש עונות. נתונים אלה מצטרפים למסד נתונים ארוך טווח שכולל נתונים מעונות 1987/88 והלאה. מתוכנן ניתוח מעמיק של כלל נתונים אלה ולא נרחיב כאן את הדיבור סביב שלוש עונות של מעקב בלבד. ניתן לראות מטבלה 1 עד כמה קשה להסיק מסקנות ממספר מועט של שנות מעקב: ההשפעות של בית גידול, רעיה והגנה בפני רעיה לא תמיד היו בכיוון הצפוי.

3.2 כיסוי

נתוני הכיסוי שנמדדו במהלך תוכנית זו יצטרפו אף הם למסד נתונים ארוך טווח. החל ניתוח של כלל הנתונים ומתוכנן דיווח התוצאות במהלך 2006. מרכיב חשוב ביותר של מאמץ דיגום זה הוא הכיסוי של הצמח המעוצה הדומיננטי באתר – סירה קוצנית. בהסתכלות ארוכת טווח אנו רואים מגמת עלייה בכיסוי הסירה, אך השפעה חזקה מאוד של בצורת. דוגמה אחת מובאת באיור 1 – שתי עונות שחונות (98/99 ו-99/00) גרמו לירידה משמעותית מאוד בכיסוי הסירה. גם אפשר לראות מאיור זה רמז להשפעת הרעיה על כיסוי הסירה: בניגוד לדעה שהרעיה גורמת לעלייה בכיסוי הסירה או שהסירה היא סימן לרעיית יתר, התקבל כיסוי גבוה יותר בחלקה המגודרת.

3.3 נביטה

צפיפות הנביטה בשלושת העונות של התוכנית מובאת באיור 2. נתונים אלה יצטרפו אף הם למסד נתונים ארוך טווח. מאמר שמסכם 10 שנות ניטור של צפיפות הנביטה יישלח בקרוב לעיתון אקולוגי בינלאומי. בניתוח שונות, צפיפות הנביטה היה דומה בראש גבעה ובמפנה הדרומי, גבוה יותר במפנה הצפוני, וגבוה ביותר בכתפי ואדי. בשטח לא מגודר ותחת רעיה, נמצאו השפעות מובהקות עבור עונה, בית גידול ואתר. אבל צפיפות הנביטה היתה גבוהה ביותר באתר הקרוב ונמוכה ביותר באתר הבינוני. הגורם אתר לא היה מובהק בניתוח של כל קבוצת צומח לחוד, אך היו מגמות של ירידה בצפיפות הנביטה עם קירבת האתר למרכז עבור דגנים וקטניות. בניתוח שונות של סה"כ נבטים לכל סוגי השטח (לא מגודר: NF, מגודר מ-F94: 94/93, מגודר מ-F95: 95/94, מגודר מ-F96: 96/95), בית גידול וסוג השטח היו מובהקים מאוד, אתר לא היה מובהק. בית גידול וסוג השטח היו מובהקים מאוד בניתוח של כל קבוצת צומח לחוד. אתר היה מובהק עבור קטניות אבל לא לרחבי עלים או דגנים. צפיפות הנביטה של קטניות ירדה עם קירבה

למרכז. בתוך עונה ובית גידול היתה מגמה ברורה של צפיפות נביטה נמוכה יחסית בסוג שטח NF, ועליה בצפיפות עם גיל הגדורה, כאשר הערך הגבוה ביותר התקבל בסוג שטח F94. מגמה זו היתה ברורה כבר בעונת הדיגום הכי קרובה להקמת מערכת הגדורות, דבר המצביע על יכולת התאוששות מהירה. צפיפות הנביטה הממוצעת של רחבי עלים היתה בדרך כלל נמוכה ביותר בסוג שטח NF, ועלתה עם גיל הגדורה. חפשנו קשר כמותי פשוט בין הגשמים לבין צפיפות הנביטה בשיא התהליך. ריבוע מקדם המתאם הגבוה ביותר (0.91) התקבל מחלון גשם של כ- 60 יום עד למועד הדיגום, דבר שזוהה כמעט לסה"כ גשם עונתי עד למועד הדיגום. נראה כי אוכלוסיית הצומח העשבוני השולט בבבעות להבים מותאמת היטב לגורמים האקולוגיים העיקריים המאפיינים את האזור: דפוס בלתי צפוי של כמות משקעים שנתית, ולחצי רעיה כבדים.

3.4 היחסים המרחביים בין הצומח המעוצה לבין הצומח העשבוני

מתוצאות המחקר עולה שקיימת עטרה של עשבוניים חד-שנתיים סביב השיחים. רוחב העטרה כ-15 ס"מ בממוצע, והביומסה הממוצעת בה, במהלך העונה, היא כ-56 גרם למטר מרובע. מימדי הרוחב וכמויות הביומסה הם דינאמיים ומשתנים במהלך העונה. העטרה מכסה שטחים נרחבים מהנוף, כ-20% מהשטח כולו, וכ-30% מהשטח שאינו מכוסה על ידי שיחים.

עטרה נוצרת גם בחלקות שהיו מוגנות מרעייה, ולכן נראה ששיחים הם האחראים לתופעה. כבשים הגיבו לקיום העטרה ורעו באזור זה זמן רב מהצפוי על פי חלוקת זמן אקראית או אחידה (ראה איור 3). למרות עוצמות הרעייה הגבוהות בעטרה הביומסה העשבונית בעטרה נותרה גבוהה מהביומסה במרחקים גדולים יותר מהשיח. מחקר זה קובע שהממדים של תופעת העטרה מחייבים התחשבות בה להבנת המבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית של ספר המדבר ולממשק מושכל של רעיית צאן.

3.5 מיקרוטופוגרפיה ותכונות קרקע

נמצא דגם של מיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע, הקשור מרחבית לשיחים:

קטע	קיצור	מיקום	שיפוע (°)		דחיסות קרקע (מ"מ)	
1	UI	Upper Intershrub	15	B	11	C
2	TR	Trampling Route	5	E	6	D
3	US	Upslope Intershrub	9	D	21	A
4	DS	Downslope Intershrub	21	A	16	B
5	LI	Lower Intershrub	13	C	10	C

ממוצעים שאחריהם אות שונה מובדלים באופן מובהק לפי מבחן Tukey.

השיפוע של כל אחד מהקטעים שונה באופן מובהק, אם כי UI ו-LI דומים זה לזה (ודומים לשיפוע הכללי של המדרון). בכל נקודה על-פני המדרון, תלויים השיפוע ודחיסות הקרקע ביחס שבין הכניסה והיציאה של חלקיקי קרקע ונשר צומח. התהליך הדומיננטי בשטחים בצמוד למעלה השיחים הוא השקעה ולכן שטחים אלו הנם בעלי שיפוע מתון יחסית ולעיתים אף בעלי שיפוע נגדי למדרון. כלומר, בקטע בין הקצה העליון של השיח לבין הגזע, מתקיימים ההשקעה (deposition) הרבה ביותר והאובדן הקטן ביותר של חלקיקי קרקע ונשר צומח. התהליך הדומיננטי בשטחים בצמוד לתחתית השיחים הוא סחיפה ולכן הם בעלי שיפוע תלול. כלומר, הקטע שבין הגזע לבין תחתית השיח, מאבד חומר רב בסחיפה וכמעט שאינו חווה השקעה.

הדגם המרחבי של השקעת חלקיקי הקרקע ונשר הצומח יוצר דגם מקביל של דחיסות הקרקע. רעיה, באמצעות דריכה גורמת לניתוק חלקיקי קרקע ולהידוק פני הקרקע באופן מרחבי-מחזורי. באינטנסיביות נמוכה של דריכה, הפרעת פני השטח צפויה להגביר ניתוק חלקיקי קרקע. באינטנסיביות גבוהה, צפויה ההפרעה להתבטא בהידוק ואיטום פני השטח. אינטנסיביות גבוהה של הדריכה בשבילים גורמת להידוק ולשיטוח פניהם. אם כך: מחד, הידוק השבילים גורם לצמצום ניתוק חלקיקי הקרקע מפניהם באמצעות splash impact, מאידך, דלילות המחסומים הפיזיים על-פני השבילים, הנגרמת בשל פעולת השיטוח, גורמת להם להתנהג כשטחים תורמים בלבד של חלקיקי קרקע ונשר צומח הנסחפים מהמדרון שמעליהם. אנו רואים מתוצאות אלה שיש קשר מרחבי בין השיח לבין שבילי הדריכה של עדרי הצאן, ושני מרכיבים אלה פועלים ביחד כמעצבי נוף בכיוון שצפוי לשמר משאבים על פני המדרון ולמנוע זליגה ואובדן.

3.6 מערכות GPS ו-GIS

איור 4 מראה את הציוד GPS החדש שהופעל בשתי העונות האחרונות של התוכנית. מסלולי הרעיה שהתקבלו בשתי עונות אלה מובאים באיור 5. ביחד, שלושת העונות של התוכנית יצרו מסד נתונים גדול מאוד של נתוני מיקום עדר ועבודת עיבוד הנתונים תמשיך ב-2006. עד כה, ניתוחים שונים של עבודת ה-GPS וה-GIS של תוכנית זו הוצגו בשלושה כנסים בינלאומיים וזכו למשוב חיובי מאוד.

נביא כאן סיכום של אחד הניתוחים שהוצגו. ניתוח כמותי נעשה עבור עדר מעורב של כבשים ועיזים שמונה כ-400 ראש, שיוצא לשטח כיחידה אחת בליווי רועה. המסלול היומי מתחיל ומסיים באזור מכלאות הלילה ונקודת המים. ביצענו מעקב במהלך 78 יום בעונה הירוקה בעזרת רתמת GPS מחברת טרילוגיקל שהייתה מורכבת על עז אחד בעדר. תדירות הדיוגם הייתה קריאה כל 2 דקות. המסלולים שולבו עם שכבות GIS מסוג ראסטר שכללו מידע על גורמים אי-ביוטיים ברזולוציה של 25 על 25 מטר לתא. לכל קריאת GPS אפשר ליחס 25 דקות של נוכחות בעלי חיים לכל אחד משמונה תאי הראסטר הקרובים ביותר, כאשר חשבון זה מבוסס על גודל הקבוצה ואומדן השטח הכולל שתופס העדר בעמידה.

השטח הכולל שעמד לרשות העדר היה 9648 תאי ראסטר, או 627 הקטר, שמתוכם 7312 תאים (457 הקטר) צברו נוכחות של בעלי חיים. מהירות התנועה הממוצעת, על סמך קריאות סמוכות, הייתה 0.28 מטר לשנייה. סך הכל הזמן של נוכחות בעלי חיים שהצטבר היה 65736 שעות, ששווה ערך לממוצע של 9 שעות נוכחות לתא שקיבל לפחות ביקור אחד, או 144 שעות להקטר.

ההתפלגות של לחץ רעיה עבור השטח שקיבל נוכחות הייתה מוטה מאוד לימין, בעלת זנב ארוך מאוד שהגיע עד ל-2000 שעות נוכחות להקטר. 67% מהשטח קיבל נוכחות עדר פחות מהממוצע הצפוי. ראה איור 6א.

נוכחות העדר הייתה גדולה במדרונים הלא תלולים (שיפוע פחות מ-9 מעלות) ונמוכה במדרונים התלולים (שיפוע מעל 13 מעלות) לעומת הצפוי לפי פיזור אקראי. ראה איור 6ב. תוכחות העדר בהתאם למרחק ממכלאות הלילה סטה חזק מאקראיות, והייתה עדיפות חזקה למרחקים של 800 עד 1000 מטר. ראה איור 6ג. נוכחות לפי פנות הראתה עלייה למדרון הפונה צפון וירידה למדרון הפונה מזרח. ראה איור 6ד.

דיון הכולל מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר

תוכנית זו השיגה את מטרותיה במספר מישורים. קודם כל, היא המשיכה את עבודת הניטור הארוך טווח של היבטים שונים של יצור ראשוני. מסד הנתונים של הצטבר עד כה הוא מיוחד באזורינו ומהווה תרומה

משמעותית לתחנת להבים כתחנה ברשת LTER הלאומית. שנית, במסגרת התוכנית הזאת התבססה עבודת ניטור מסוג די חדש בעולם וזה של מסלולי הרעיה בעזרת מערכות GPS ו-GIS. עבודת ניתוח רבה עוד לפנינו (וזה יהיה, כנראה, נושא לדוקטורט), אך כבר ברור שיש משמעות ביולוגית מוגבלת מאוד למושג "לחץ רעיה" באזורים הטרוגניים כמו להבים, במיוחד בממשק מסורתי של מכלאת לילה מרכזית ורעיה בליווי רועה. סביר להניח שהצד הגבוה של התפלגות לחץ הרעיה מייצג רעיית יתר, וחשוב ללוות תוצאות אלה עם בדיקות ממוקדות בשטח לאימות הנחה זו. הבנתנו של תפקיד השיח סירה קוצנית במערכת האקולוגית בלהבים התקדמה מאוד במסגרת תוכנית זו. נעשתה עבודת תואר שני בנושא העטרות העשבוניות וברור שאי אפשר להתייחס לסירה קוצנית באופן פשוט וגורף כגורם שלילי בנוף מבחינת ערך המרעה. עדות נוספת לכך באה מהמידות של מיקרוטופוגרפיה ותכונות קרקע סביב הסירה. מצאנו קשר מרחבי בין הסירה לשבילי הדריכה, ושהסירה מהווה מבלע חשוב ביותר לאובדן פוטנציאלי של מים וקרקע שנמצאים בתנועה במדרון. ממצאים אלו מהווים חלק של עבודת דוקטור שמתבצע באתר להבים ויוצגו בקרוב בכנס האגודה הישראלית לגיאוגרפיה.

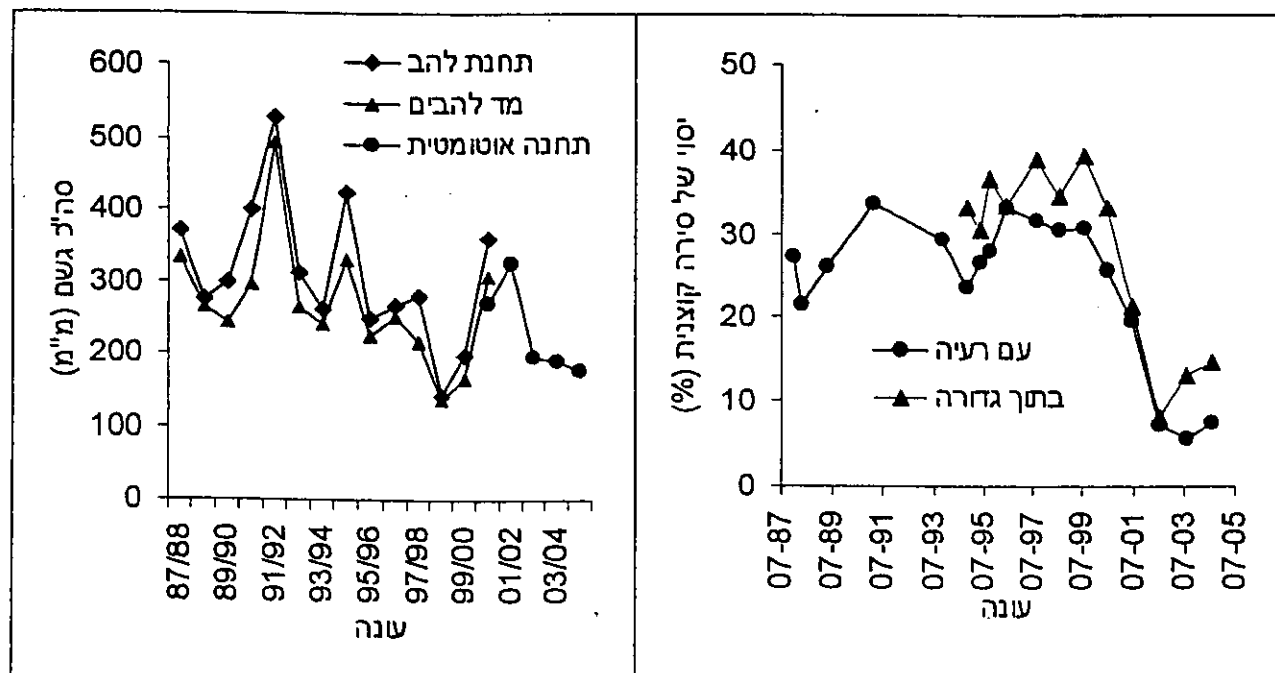
בהזדמנות זאת החוקרים מבקשים להכיר תודה לצוות הטכני שלטו - רפי יונתן, דני ברקאי, חגית ברעם, שמעון ברנר ועזרה בן-משה - שבלעדי המאמצים שלהם בשדה, בקור ובחום, תוכנית זו לא הייתה מתרוממת.

תודתנו לקרן קיימת לישראל ולהנהלת ענף המרעה שמימנו את המחקר.

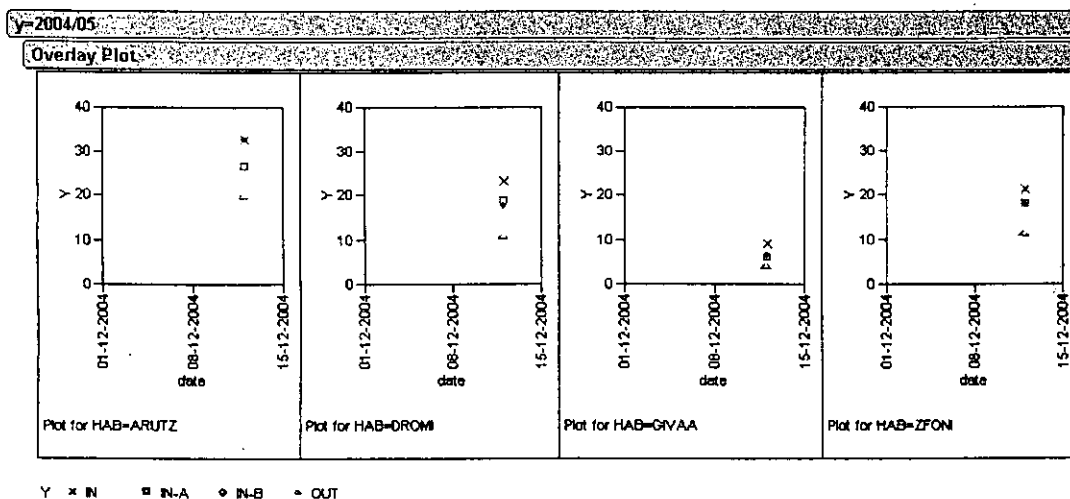
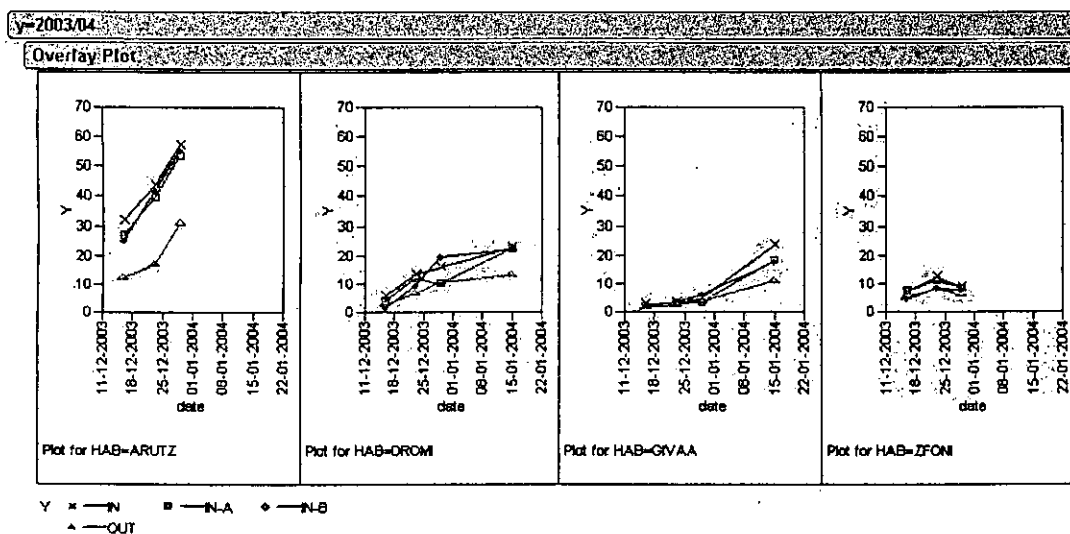
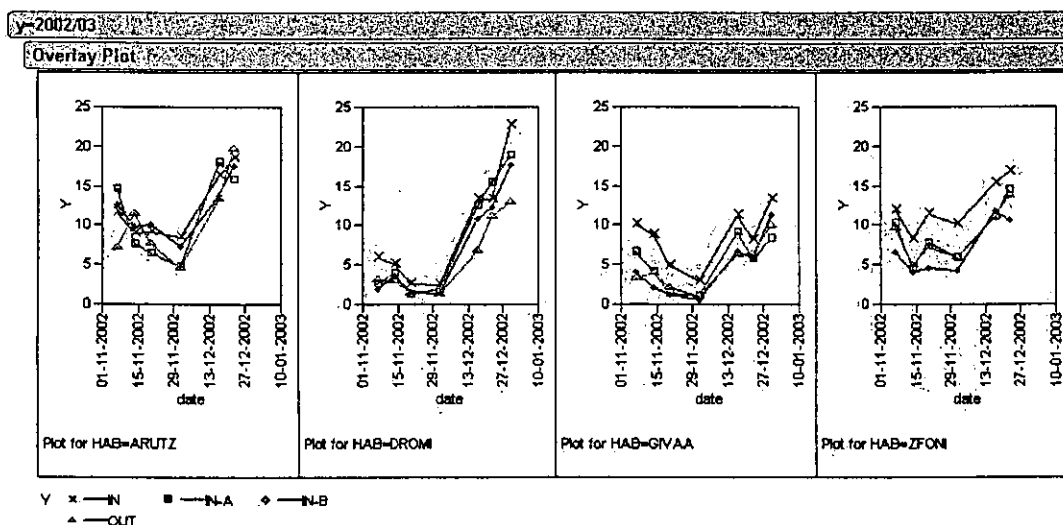
טבלה 1. ביומסה מירבית (גרם למטר מרובע) לפי עונה, אתר, בית גידול וטיפול רעיה (כן = בשטח ללא גידור, לא = בגדורות שהוקמו ב-93/94)

עונה	אתר	רעיה	בית גידול		
			כתפי ואדי	מפנה דרומי	ראש גבעה
01/02	רחוק	כן	293.0	333.8	121.0
		לא	679.0	631.7	555.4
	בינוני	כן	431.0	191.2	110.5
		לא	906.7	574.1	270.8
	קרוב	כן	326.6	113.2	63.0
		לא	796.5	499.5	135.9
02/03	רחוק	כן	302.6	154.0	41.7
		לא	304.5	196.2	122.3
	בינוני	כן	488.8	157.6	58.4
		לא	417.9	117.4	55.7
	קרוב	כן	567.9	108.5	44.5
		לא	310.3	150.5	38.2
03/04	רחוק	כן	38.3	28.2	11.4
		לא	156.3	69.0	76.7
	בינוני	כן	35.2	11.4	8.6
		לא	178.6	51.9	31.6
	קרוב	כן	47.3	8.7	16.7
		לא	328.8	50.4	25.8

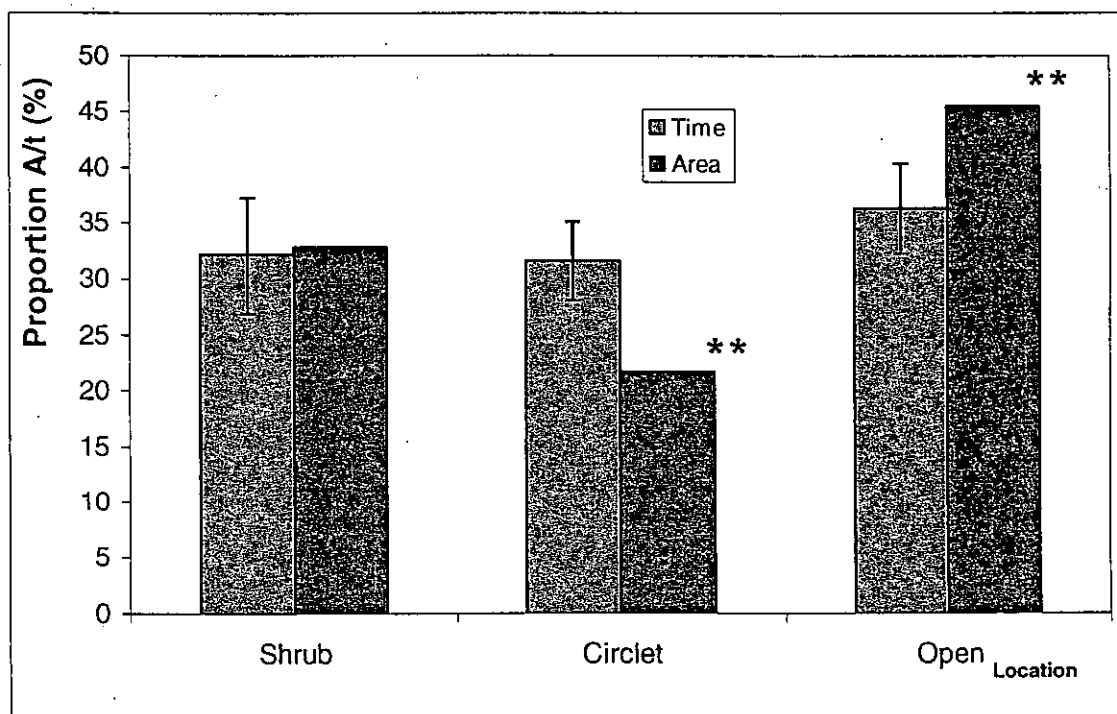
איור 1. מהלך ארוך טווח של הכיסוי של סירה קוצנית בלהבים [אתר הרחוק, מפנה צפוני], וגשם שנתי בעונות המקבילות. ניתן לראות שהגנה בפני רעיה גרם לעלייה בכיסוי הסירה, וששתי עונות שחונות (1999/00 ו-2000/01) גרמו לתמותה מסיבית של הסירה.



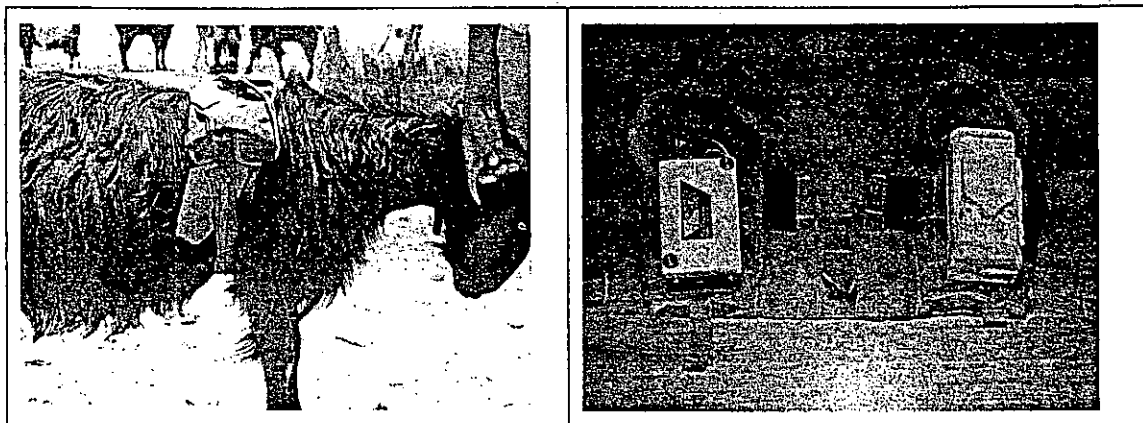
איור 2. צפיפות הצומח במהלך העונות ו-02/03, ו-03/04, ו-04/05 באזור תחת רעיה (Out), ובמערכת גדורות המתווספות (In-A : 95, In-B : 96, In : 94), בארבעת בתי הגידול. כל נקודה היא ממוצע של שלושת האתרים. המספר הוא סה"כ צמחים (מכל הקבוצות שנמדדו, כולל סיסנית הבולבוסיין) בריבוע דיגום של 10×10 ס"מ.



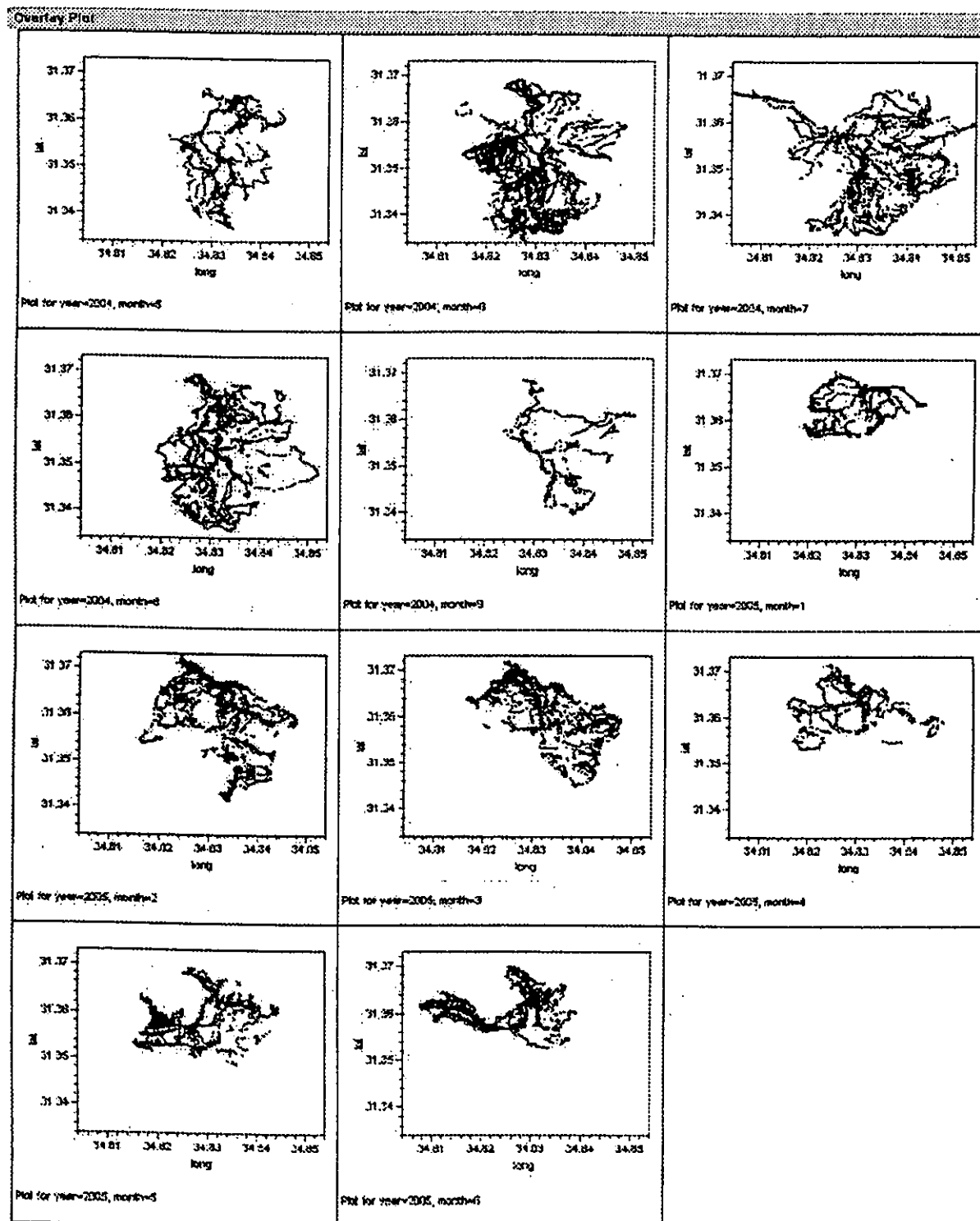
איור 3. פרופורציית הזמן שהוקצתה לרעייה בכתמים השונים, ואחוז הכיסוי של כתמים אלה בחלקת הניסוי. קווי הטעות חושבו לפי רב בר סמך, על סמך תצפיות התנהגות בתוך חלקת הניסוי. שתי כוכביות מסמלות הבדל מובהק ($p < 0.01$) בין הזמן שהוקצה לרעייה בכתם, לזמן שהיה צפוי שיוקצה, אם הרעייה הייתה אקראית או אחידה - כפי שחושב לפי אחוז הכיסוי של הכתמים מחלקת הניסוי.



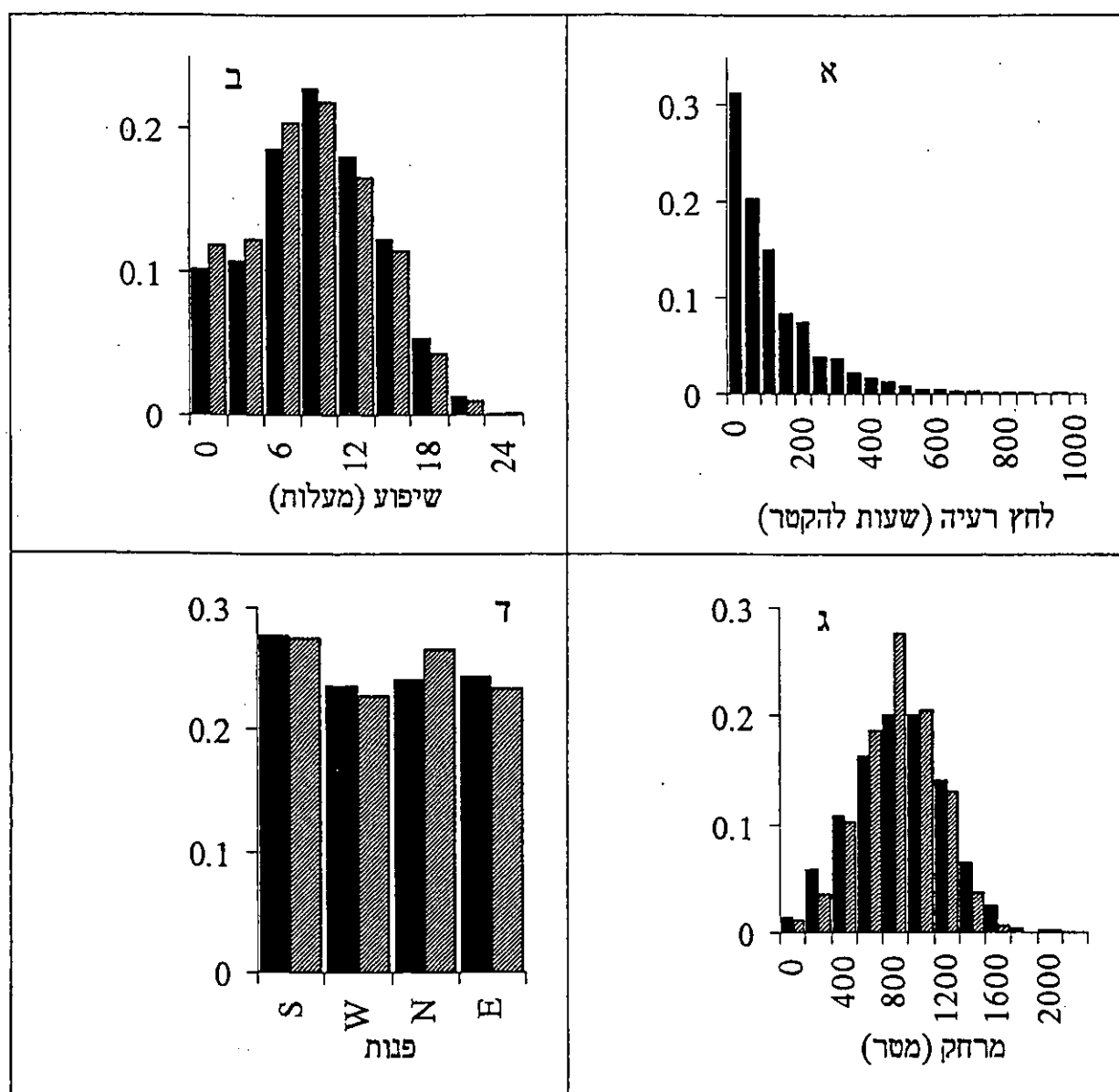
איור 4. הרתמה החדשה של חברת טרילוגיקל שהופעל באתר המחקר מעונת 2004.



איור 5. מסלולי העדר שנמדדו בעזרת הציוד של חברת טרילוגייקל בחודשים מאי עד ספטמבר 2004, וינואר עד יוני 2005. כל נקודה היא קריאה של מערכת ה-GPS, ומייצג את המיקום של בעל חיים אחד בתוך עדר.



איור 6. התפלגויות של (א) לחץ רעיה, (ב) שיפוע, מרחק ממכלאות הלילה, (ד) פנות. הציר האנכי הוא שיעור התצפיות. בתת-איורים (ב), (ג) ו-ד, שחור = אפיון הנוף, פסים = נוכחות בעלי החיים.



סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה. א. מה השפעת הרעיה על הצומח, ב. האם יש עדות לתהליכי דגדגה באזור, ג. האם ממשק רעיה מסורתי תורם לתהליך, ד. איך מגדירים לחץ הרעיה בממשק רעיה מסורתי, ה. עד כמה השימוש במרחב הוא אחיד, ו. איך ניצול השטח מושפע על ידי מרחק מהמכלאות, טופוגרפיה ובית גידול.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהוגשו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח. המשכנו ליישם מערכת ניטור מסודרת שמאפשרת לנו להגיע למסקנות בעניין השפעת הרעיה בכלל ורמת האכלוס המתאימה לאזור בפרט. למערכת זו שלושה מרכיבים עיקריים: א. מדידות כיסוי צומח לאורך חתכים קבועים, ב. מדידות צפיפות הנביטה והרכב המינים בכתמים עשבוניים, ג. מדידות ביומסה של הצומח העשבוני במהלך העונה. כל סוג של נתון נמדד בכל אחד משלושה אתרים המיצגים לחצי רעיה שונים. בכל אתר, המדידות התבצעו בארבעה בתי גידול: בכתפי ואדי, במפנה צפוני, במפנה דרומי, ובראש גבעה. כל המדידות האלה התבצעו בשטחים פתוחים לרעיה, וגם בתוך מערכת הגדורות המתווספות. ד. מעקב תנועת העדר בעזרת GPS, וניתוח בכלים של GIS. שודרג ציוד ה-GPS למערכת תוצרת כחול-לבן מהמתקדמות ביותר בעולם. בוצע ניסוי ממוקד בנושא הקשרים המרחביים בין השיח סירה קוצנית לבין הצומח המעשבוני. בוצע ניסוי ממוקד בנושא הקשרים המרחביים בין סירה קוצנית, שבילי דריכה ותכונות א-ביוטיות של מיקרוטופוגרפיה ודחיסות קרקע.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. השילוב של GPS ו-GIS מאפשר לנו למפות ולנתח את לחץ הרעיה המצטבר שמופעל על ידי עדר במהלך העונה. צורת ניצול המרחב שנמדדה הייתה שונה מאוד מאקראיות או ניצול שיטתי. ברור שיש משמעות ביולוגית מוגבלת מאוד למושג "לחץ רעיה" באזורים הטרוגניים כמו להבים, במיוחד בממשק מסורתי של מכלאת לילה מרכזית ורעיה בליווי רועה. סביר להניח שהצד הגבוה של התפלגות לחץ הרעיה מייצג רעיית יתר, וחשוב ללוות תוצאות אלה עם בדיקות ממוקדות בשטח לאימות הנחה זו. הבנתנו של תפקיד השיח סירה קוצנית במערכת האקולוגית בלהבים התקדמה מאוד במסגרת תוכנית זו. בעזרת חישה מרחוק הוכחנו קיומן של עטרות עשבוניות סביב הסירה וברור שאי אפשר להתייחס לסירה קוצנית באופן פשוט וגורף כגורם שלילי בנוף מבחינת ערך המרעה. עדות נוספת לכך באה מהמדידות של מיקרוטופוגרפיה ותכונות קרקע סביב הסירה. מצאנו קשר מרחבי בין הסירה לשבילי הדריכה, ושהסירה מהווה מבלע חשוב ביותר לאובדן פוטנציאלי של מים וקרקע שנמצאים בתנועה במדרון.

הבעיות שנתרו לפתרון ואו השינויים במהלך העבודה. אין.

האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח. היבטים שונים של תוצאות המחקר של תוכנית זו הוצגו בכנס בינלאומי ביוון, בכנס בינלאומי באירלנד, ובכנס בינלאומי בגרמני. הרצאה תינתן בקרוב בארץ בכנס האגודה הישראלית לגיאוגרפיה.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: ללא הגבלה.