השפעות אקולוגיות של הייעור בנגב הצפוני ובדרום הר חברון

אוגוסט 2013

גיא רותם, פרופ' עמוס בוסקילה, אלון רוטשילד

תקציר מנהלים

מסמך זה בוחן את ההשלכות האקולוגיות של הייעור הצפון הנגב ובדרום הר חברון, לאור ההיקפים הנרחבים של פעולות הייעור במרחב זה בשנים האחרונות, ומטרתו לקיים דיון ציבורי פתוח סביב ההיבטים הסביבתיים של פעולות אלה.

טיוטה של המסמך הופצה לפני כשנה לגופים רלוונטיים (קק"ל, משרד הגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים, ועדה מחוזית דרום, מנהל מקרקעי ישראל ועוד), עם חלקם גם התקיימו פגישות. הטיוטה הופצה גם למדענים שונים. הערות שהתקבלו הוטמעו בגרסה הנוכחית.

מישורי הלס ובתות הספר הם שניים מבתי הגידול הנדירים והמאוימים ביותר בישראל, להם ייצוג נמוך מאוד בשמורות טבע וגנים לאומיים, ובשניהם מגוון ביולוגי ייחודי, הכולל מינים "אדומים" (כמו שום קולמן), חלקם אנדמיים (כמו שנונית באר שבע והפרח אירוס שחום).

המאפיין המשותף לשני בתי גידול טבעיים אלה הוא העדרם של עצים מחוץ לערוצים, כיאות לסביבה יובשנית.

היעדר עצים מהווה מפתח באקולוגיה של בית הגידול הטבעי, המתאפיינת בחברה אקולוגית מותאמת לתצורת נוף זו, כמו עופות דוגרי קרקע, לטאות ייחודיות, ועוד.

צפון הנגב ודרום הר חברון מהווים אזור מעבר בין האקלים הים תיכוני לבין האקלים המדברי, ולכן מהווים *Ecotone* – חברה אקולוגית בעלת מגוון גנטי ייחודי (לדוגמה, האוכלוסייה הדרומית ביותר של "אם החיטה" המצויה במרחב יתיר).

אזור המעבר של צפון הנגב הוא רגיש במיוחד לשינויי אקלים, ואינו תומך באופן טבעי בכיסוי נרחב של עצים, בגלל מיעוט המשקעים ושיעור האידוי הגבוה.

היסטורית, התקיימו במרחב עצים בעיקר בערוצים , כשמרבית השטח לרבות המדרונות התאפיין בכיסוי עשבוניים ושיחים. העצים המעטים שצמחו באזור היו עצים אופייניים לצפון הנגב, כמו שיטה סלילנית ושיזף, ולא כללו מינים ים תיכוניים כמו אורן ירושלים (ובוודאי לא מינים זרים כמו אקליפטוס, שיטת ויקטוריה וכו').

חקלאות התקיימה באזור מזה כמה אלפי שנים, אך היא התבססה על חקלאות בערוצים, ולכן גם היא לא נטעה עצים בשטחי המדרונות, המהווים את מרבית השטח.

לפיכך, עדויות ארכיאולוגיות, אקולוגיות וכן עדויות ממפות היסטוריות ותצלומי אוויר מצביעות על דמותו הצחיחה של המרחב, והיותו לא מיוער באופן היסטורי. לעומת זאת, עדויות מצביעות על קיומו של מרעה במרחב במשך אלפי שנים.

הגורמים הפוגעים בבתי הגידול הטבעיים במרחב הם חקלאות, תשתיות, התיישבות (לרבות התיישבות בדואית שבחלקה אינה חוקית) וייעור. מסמך זה מתמקד בפעולות הייעור והשפעתן.

בשנים האחרונות התעצם היקף פעולות הייעור במרחבי צפון הנגב ודרום הר חברון, תוך השפעה משמעותית על בתי הגידול הטבעיים של מישורי הלס ובתות הספר.
על פי דיווחי קק"ל, כ70% מפעילות הייעור בישראל בשנים האחרונות מבוצעת במרחב הדרום, לדוגמא - פעולות ייעור והכשרת שטח לייעור בהיקף של כ 16,000 דונם בשנת 2010.
חלק מפעולות הייעור כוללות פריצת דרכים ועבודות עפר נרחבות, במסגרתן מרימים סוללות אדמה גבוהות, סוכרים ערוצים ע"י כלים מכניים כבדים ומחשפים את השטח מצומח טבעי .
השפעות הייעור על המגוון הביולוגי במרחב נבדקו במספר מצומצם של קבוצות טקסונומיות, אך די במחקרים אלה כדי להעיד על השפעות מרחיקות לכת על הרכב החברה האקולוגית, ועל פגיעה משמעותית במגוון הביולוגי הטבעי לאזור.
תועד שינוי בחברת הזוחלים, העופות והיונקים בין שטחים מיוערים לטבעיים, כאשר מינים מתמחי בתה ולס (כמו לטאות שונות, עופות מדבריים ועופות דוגרי קרקע) נדחקו מהשטח המיוער, ובמקומם נכנסו מינים ים תיכוניים ומינים מתפרצים. בנוסף, עושר הצומח הטבעי בשטחים המיוערים נמצא נמוך מהעושר בשטחים הטבעיים.
פעולות הייעור והנטיעה במרחב גרמו לשינוי רחב היקף של הנוף האקולוגי בצפון הנגב, במספר רמות:

- ברמת הנוף (landscape) שינוי מנוף ערבתי שטוח לנוף עם אלמנטים גבוהים (סוללות, עצים).
- ברמה המרחבית הואצו קיטוע בתי הגידול הטבעיים והשפעת שוליים של היער על הכתמים הטבעיים.
- ברמה המקומית נפגע בית הגידול הטבעי, כולל פגיעה ברכיבי קרום קרקע ומשטר הנגר.
- למרחב הוחדרו מינים זרים של עצים נטועים. בנוסף, היגרו למרחב מינים ים תיכוניים המשגשגים בו בזכות השינויים הנ"ל, על חשבון המינים הטבעיים המקומיים.

שני המאפיינים המרכזיים של פעולות הייעור במרחב, המהווים את האלמנט הפוגע ביותר במערכת הטבעית:

- שימוש בכלים כבדים ורמיסת הקרקע הטבעית תוך שינוי פני הקרקע לתלוליות.
- הכנסת עצים למערכות אקולוגיות טבעיות בהן עצים היו נדירים, ויצירת השפעות אקולוגיות כתוצאה מכך, לרבות שינוי דגמי הטריפה במרחב

פעולות הייעור הן מהגורמים המרכזיים לאיום ההכחדה המרחף מעל המערכת האקולוגית הטבעית במרחב, לרבות מיני דגל כמו אירוס שחום ושנונית באר שבע.
ראוי לציין, כי רבים ממינים אלה מוגדרים כערכי טבע מוגנים (לפי חוק גנים לאומיים ושמורות טבע – הכרזת ערכי טבע מוגנים) וחיות בר מוגנות (לפי חוק הגנת חיית הבר). כיום, לא מבוצעת כמעט אכיפה של רשות הטבע והגנים על הקק"ל למניעת פגיעה בערכי טבע אלה.

קיים סימן שאלה משמעותי לגבי קיימות הייעור בנגב: היערות הנטועים במרחב הנגב אינם מתחדשים באופן טבעי, וכיום סובלים מהתייבשות משמעותית של עצים בעקבות רצף שנות הבצורת. מגמה זו של התייבשות עצים צפויה להחמיר עם הצפי לשינויי אקלים באזורנו, הצפויים להשפיע במיוחד באזור ספר המדבר. שאלה זו מתחדדת לאור העובדה שבשנים הראשונות לאחר הנטיעה מושקים העצים שנוטעת הקק"ל במים יקרים, אך קיים סימן שאלה לגבי שרידותם ארוכת הטווח ולגבי יכולת ההתחדשות הטבעית שלהם.

טענות שונות, העולות לעיתים מטעם המצדדים בייעור הנגב, מנסות לעשות שימוש במושג "שירותי המערכת האקולוגית" להצדיק פעולות אלה.
המסמך דן במשמעויות של המרת שטח טבעי לשטח מיוער מבחינת שירותי המערכת האקולוגית.
מבחינת <u>פנאי ונופש</u>, קיימות שאלות רבות לגבי התאמת שטחי הסוואניזציה הנטועים בדלילות למטרה זו. בנוסף, לאור מחקרים המצביעים על העדפת מטיילים (בעיקר באביב) לשטחים טבעיים לא מיוערים, נשאלת השאלה מדוע העצמת שירות זה אינה מתבטאת בנטיעת כתמים נקודתיים של חורשות צל לפיקניק, בעוד מרבית השטח נותר טבעי ואטרקטיבי בפריחת האביב?
מבחינת מיתון שינויי אקלים, מחקרו המעניין של פרופ' יקיר ביער יתיר מעיד על כך שקיים מאזן בין השפעתו החיובית של היער ל<u>מיתון שינויי אקלים</u> באמצעות קיבוע הפחמן, לבין השפעתו השלילית על שינויי האקלים, בהיות היער בעל הצבע הכהה גורם המגביר את פליטת החום. מאזן זה הוא כיום שלילי, וצפוי להפוך לחיובי רק כעבור כ 80 שנה.
בהיבט <u>מניעת סחף ושיטפונות</u>, ניכר כי מערכות "בוגרות" של יערות אכן ממתנות את סחף הקרקע והנגר, אך כך גם מערכות צומח טבעיות של עשבוניים ושיחים. הנקודה הבעייתית היא

בשנים הראשונות לאחר פעולות הייעור (ולעיתים למעלה מ8 שנים לאחר הייעור), כאשר תוצאות הרס הצומח הטבעי והידוק הקרקע מביאות לחירוץ הקרקע ולסחף מוגבר.

הצידוק המדעי למפעל הסוואניזציה הוא מחקרים שנערכו במערכות ניסוי מצומצמות בפארק סיירת שקד. חשוב להדגיש כי ניסויים אלה בוצעו על תלוליות עפר בגובה של כ 20 ס"מ ועל פני שטח מוגבל, שבהקמתם נעשה שימוש בכלים עדינים, בעוד יישום פעולות הייעור בנגב ע"י קק"ל מבוצע בעזרת כלים כבדים הרומסים את כלל השטח, בתלוליות בגובה שיכול להגיע ללמעלה ממטר, ולאורך עשרות מטרים. לפיכך, תמונת המצב האקולוגית שונה לחלוטין מבחלקות הניסוי.

יתרה מזו, קיימים פערי ידע רבים במחקרים אלה. כפעולה המבוצעת בהיקפים נרחבים, מן הראוי לבחון שאלות בסיסיות הנוגעות למדיניות של ייעור המרחב והאמצעים הננקטים לביצוע ייעור זה:

- מהי ההשפעה של פעולות הייעור על מגוון המינים הטבעי, בדגש על מינים מדבריים רגישים ?
- האם המשמעויות האקולוגיות נשקלו טרם קבלת ההחלטה, בהתבסס על נתונים מדעיים בהיבטים של שמירת הטבע הייחודי והמרות (trade offs) בשירותי המערכת האקולוגית?
- מהם הקריטריונים העומדים בבסיס הטענה כי מרחב צפון הנגב הוא מערכת "מדורדרת", והאם קריטריונים אלה (אם קיימים) נבחנו מול כל תא שטח מיועד לנטיעה?
- מדוע מבצעים פעולות גם בשטחים בהם המערכת לא נמצאת בדגרדציה אלא במצב תקין?
- מהו הנזק המצטבר למערכת במשך 15-10 השנים הראשונות מבחינת סחף קרקע, נגר ומגוון ביולוגי , והאם התועלות, אם קיימות, של מערכת יער בוגרת מצדיקות נזק זה?

לסיכום, תמונת המצב העולה ממסמך זה היא כי פעולות הייעור בצפון הנגב מהוות איום משמעותי לשמירת המגוון הביולוגי הייחודי של מישורי הלס ובתות הספר, בעוד הצדקתן בטיעונים "סביבתיים" לכאורה, לדוגמה שיפור בשירותי המערכת האקולוגית, היא בעייתית ומעלה סימני שאלה כבדים.

מן הראוי שתיערך בחינה מחודשת על ידי כלל הגורמים המעורבים בניהול המרחב, על מנת להגן בצורה מיטבית על הטבע הייחודי שהתברכנו בו, ואשר מחויבותנו לדורות הבאים היא לשמור עליו גם למענם.

מבוא

בתי הגידול של מישורי הלס ובתות הספר הם חלק מדמותה של ישראל. בתי גידול אלה כמעט אינם מיוצגים בשמורות טבע וגנים לאומיים.

פעולות ייעור רחבות היקף מבוצעות במרחבי צפון הנגב ודרום הר חברון תוך השפעה משמעותית על מישורי הלס ובתות הספר. חלקן כוללות עבודות עפר נרחבות הכוללות הרמת סוללות אדמה גבוהות, סכירת ערוצים ע"י כלים מכניים כבדים וחישוף השטח מצומח טבעי.

היקפי הייעור במרחב הם משמעותיים, ומשפיעים דרמטית על שימושי הקרקע בצפון הנגב. ועל פי דיווחי קק"ל, כ70% מפעילות הייעור בישראל בשנים האחרונות מבוצעת במרחב הדרום, לדוגמא - פעולות ייעור והכשרת שטח לייעור בהיקף של כ 16,000 דונם בשנת 2010.

מדובר על שטחים הנשארים "פתוחים" במובן "לא מבונים", אך איכותם הטבעית ותפקודם האקולוגי משתנה בצורה דרמטית לאחר פעולות הייעור, המבוצעות במרחב אשר לא היה מיוער ביער טבעי במשך לפחות 2000 שנים, וכנראה שלא היה מיוער בתצורה זו באופן טבעי מעולם.

כפעולה המבוצעת בהיקפים נרחבים, מן הראוי לבחון שאלות בסיסיות הנוגעות למדיניות של ייעור המרחב והאמצעים הננקטים לביצוע ייעור זה:

- מה המשמעויות האקולוגיות של פעולות ייעור נרחבות במרחב זה?
- האם המשמעויות האקולוגיות נשקלו טרם קבלת ההחלטה, בהתבסס על נתונים מדעיים של שמירת הטבע הייחודי והמרות (trade offs) בשירותי המערכת האקולוגית?
- כיצד תואמות פעולות הייעור והכשרת הקרקע את מחויבות ישראל ברמה הלאומית והבין לאומית לשמירה על המגוון הביולוגי הייחודי של בתות הספר ומישורי הלס?
- מה מידת הקיימות (Sustainability) של התמרת מרחב יובשני המתאפיין במיעוט של עצים, לאזור מיוער, בעיקר בעידן של שינויי אקלים?
- מהם הקריטריונים העומדים בבסיס הטענה כי מרחב צפון הנגב הוא מערכת "מדורדרת", והאם קריטריונים אלה (אם קיימים) נבחנו מול כל תא שטח מיועד לנטיעה?
- מי הגורם המחליט על פעולות הייעור, מיקומן ואופיין, ומה מידת השקיפות של התהליך?

מסמך זה בוחן את השפעת פעולות הייעור על המגוון הביולוגי הייחודי לאזור צפון הנגב ודרום הר חברון ועל שינוי שירותי המערכת האקולוגית במרחב.

1. מישורי הלס ובתת הספר – בתי גידול נדירים בנקודה ביו- גיאוגרפית ייחודית

המרחב המשתרע בצפון הנגב ודרום הר חברון בין גבול רצועת עזה במערב, נחל שקמה בצפון, בקעת ערד במזרח ובאר שבע בדרום מתאפיין בשני בתי גידול נדירים, האוצרים בתוכם מגוון ביולוגי ייחודי שהוא חלק מדמותה של ארץ ישראל: מישורי הלס ובתת הספר. המאפיין המשותף לבתי גידול אלה הוא נוף בעל כיסוי צומח נמוך קומה, ובכיסוי דל של עצים.

א. מישורי הלס של הנגב הצפוני

קרקע לס היא קרקע מעורבת של חול וחרסית והיא אטומה באופן חלקי למים. הנוף האופייני ללס באזורים היובשניים הוא נוף שטוח דל בעצים ולכן "דו- מימדי" באופיו. תצורת הצומח היא שילוב של עשבוניים עם בני- שיח, לעיתים בתוספת עצים המפוזרים בדלילות במרחב, בעיקר בערוצים.

מישורי הלס של צפון הנגב מאכלסים מספר מינים אנדמיים (ייחודיים לאזור) המותאמים לחיים על קרקעות לס בנוף פתוח. ראוי לציין את הלטאה האנדמית שנונית באר שבע (*Acanthodactylus beershebensis*) (מין בסכנת הכחדה חמורה)[28], ומבין מיני הצומח את שום קולמן (*Allium kollmannianum*) ואירוס שחום (*Iris atrofusca baker*) המוגדרים כ"מינים אדומים" (מינים בסכנת הכחדה)[29]. ראוי לאזכר גם מיני עופות ייחודיים לנוף הפתוח של מישורי הלס דוגמת החוברה (*Chlamydotis macqueenii*) ורץ המדבר (*Cursorius cursor*), המוגדרים כמינים שעתידם בסכנה[25], ואת הירבוע הגדול (*Jaculus orientalis*), שהיה נפוץ בבקעת ערד.

למישורי הלס ייצוג כמעט אפסי במסגרת שמורות טבע בישראל.

מישור לס סמוך לנחל באר שבע
(צילום: מימי רון, אתר מכון דש"א)

שום קולמן
צילום: יובל ספיר

ב. בתת הספר

הבתה היא תצורת צומח ים תיכונית המאופיינת על ידי שיחים נמוכים ו/או בני שיח שגובהם מגיע לרוב עד כ- 50 סנטימטר, לצד צומח עשבוני המופיע בעיקר בשטחים הפתוחים שבין השיחים ובני השיח.

בתת הספר מצויה בספר המדבר (אזור המפריד בין מדבר הנגב ומדבר יהודה לחבל הים תיכוני), בו מפגש ייחודי בין צומח ים תיכוני לצומח מדברי, לצד צומח ייחודי לאזור הספר, כמו *שלהבית קצרת שיניים*. השיחים ובני השיח השולטים הם מתנן שעיר, חלבלוב מגובשש, קורנית מקורקפת וסירה קוצנית, שמוצאם ממספר אזורים ביו-גיאוגרפיים. מיני צמחים מאפיינים הם לשון הפר הסמורה (*Anchusa strigosa*), מרווה ריחנית (*Salvia dominica*) וגלונית מצויה (*Ballota undulata*).

כתוצאה מהמבנה הפיזי הדו- מימדי (בהעדר עצים) מתקיימים בבתת הספר בעלי חיים אופייניים, כמו סבכי ערבות (מוגדר כמין שעתידו בסכנה) ופיפיון הרים (מוגדר כמין בסכנת הכחדה) [25]. בבתה משגשגים עופות דוגרי קרקע, זוחלים המותאמים לבית הגידול, ודורסים גדולים המותאמים לציד בנוף פתוח משחרים לטרף.

בישראל רק 2.5% משטח בתת הספר מיוצג בשמורות טבע, אחוז נמוך בהרבה מהמלצת ה-IUCN לשימור של לפחות 10% משטח כל בית- גידול[37].

בתת ספר באזור חבל יתיר. ניתן להבחין בנוף פתוח עם שיחים נמוכים וללא עצים. (תמונות: אתר מכון דש"א).

עופות אופייניים לבתת הספר:

סלעית קיץ. צילום: יואב פרלמן פיפיון הרים. צילום: אסף מירוז

ג. היבט ביו-גאוגרפי לשמירת הטבע במרחב

חלקיו הצפוניים של המרחב נשוא מסמך זה מהווים מבחינה ביו – גיאוגרפית "אזור מעבר" בין החבל הים- תיכוני מצפון והאזור המדברי מדרום. שטחי מעבר בין מערכות אקולוגיות ואקלימיות שונות מוכרים כ- *Ecotone*, חברות אקולוגיות בעלות מגוון גנטי ייחודי המקנה להן חשיבות גבוהה לשימור המגוון הביולוגי [10, 12, 13]. דוגמה לכך היא הימצאות האוכלוסייה הדרומית ביותר בישראל של חיטת הבר ("אם החיטה") בבתת הספר של חבל יתיר. חשיבות שמירתה של אוכלוסייה זו כעתודה גנטית לעמידות גידולי חיטה מסחריים לתנאים משתנים של יובש וחום אינה מוטלת בספק, בוודאי בעידן של שינוי אקלים גלובלי.

חלקיו הדרומיים של המרחב הם בעלי מאפיינים מדבריים מובהקים.

בתת ספר באזור יתיר. צילום : אלון רוטשילד

2. הייעור - לחץ פיתוח על בתי הגידול הטבעיים של מישורי הלס ובתות הספר

בתי הגידול של מישורי הלס ובתות הספר נפגעו קשות כתוצאה מלחצי פיתוח הכוללים חקלאות, תשתיות, ישובים (כולל התיישבות של הפזורה הבדואית בישובים קבועים או זמניים) ופעולות ייעור. לחצי פיתוח אלה משנים גם היום את שימושי הקרקע בשטחים הטבעיים במרחב.
מסמך זה מתמקד בלחץ הפיתוח של פעולות הייעור ועומד על היקפן והשפעותיהן האקולוגיות. במסמך לא בוצעה הערכה של עוצמתם היחסית של כל אחד מלחצי הפיתוח לעיל על בתי הגידול של הלס והבתה.

דוגמאות ללחצי פיתוח במרחב יתיר:
מימין: חקלאות וייעור. משמאל: התיישבות בדואית.
צילום: אלון רוטשילד.

א. ההיסטוריה של פעולות הייעור בצפון הנגב ודרום הר חברון

כבר בשנות ה-50 של המאה הקודמת החלו ניסיונות של קק"ל לייער אזורים מדבריים, מדרום לבאר שבע. בשנות ה- 60, שהיו שנים מעוטות משקעים, חלקים גדולים משטחי הנטיעות האלה לא שרדו, וקק"ל התמקדה מאז בנטיעות באזורים בהם ממוצע המשקעים גבוה מ-200 מ"מ בשנה. חריגה למדיניות זו היתה הכשרת הלימנים, שהחלה בשנות השישים, לנטיעת עצים כמו אקליפטוסים, שיטים ואורנים גם באזורים המקבלים פחות מ- 100 מ"מ גשם.
בספר המדבר, באזורים של 200 – 300 מ"מ גשם בשנה, בוצעו החל משנות השישים פעולות ייעור רחבות היקף של כתמי יער גדולים, ברובם מחטניים, ובהם יער יתיר ששטחו כשלושים אלף דונם יחד עם ייעור של ערוצי נחל רבים (ראו מפה 2). בנוסף, החל בשנות ה- 80 בוצעו נטיעות של עצים כ"חגורות ירוקות" סביב ישובים בנגב.
בשנת 1986 החלה קק"ל בפעולות 'סוואניזציה' ו 'קציר מי- נגר'. במסגרת זו, מבוצעות פעולות לשינוי פני הקרקע באמצעות כלים כבדים, וניטעים עצים בצפיפות של עשרה עצים לדונם, לקבלת נוף דמוי סוואנה.

ב. מאפייני פעולות הייעור

יער קציר נגר (״סוואניזציה״)

פרויקט הסוואניזציה מתמקד בנטיעת עצים במרווחים גדולים. מכיוון שהמרחב מתאפיין במיעוט משקעים, ואינו מסוגל לתמוך בקיומם של עצים, מבוצעות פעולות לצורך איסוף מי- נגר והגברה מקומית של כמות המשאבים. סוללות העפר (׳שיחים׳) מוקמות לאורך קווי הגובה של המדרונות, תוך שימוש בכלים הנדסיים כבדים הדוחפים את הקרקע ועורמים אותה לסוללה. הסוללות אמורות לעצור את הנגר ולמנוע את זליגת המים במורד המדרון, וכך לאפשר את קיומם של עצים הניטעים בשקע שנוצר לפני הסוללה. בדרך כלל מלווה בניית הסוללות בחישוף הקרקע בשטח שבין סוללות העפר, ולעיתים אף בריסוס. סוואניזציה בוצעה על פני עשרות אלפי דונמים בנגב.

סוואניזציה. צילום: אורי רמון ואיתן רומם

<u>יערות מחטניים</u>

מאז ראשית שנות השישים מבצעת קק"ל פרויקטים של נטיעת יערות בספר המדבר, על גבי שטחים נרחבים

של בתת ספר. לדוגמה, ביער יתיר, שראשית נטיעתו בשנת 1964, נטועים כיום יותר מארבעה מיליון עצים (היער הגדול בישראל). יערות נוספים כוללים את יער מיתר (3,000 דונם), יער כרמים (7,000 דונם), יער להב (11,000 דונם), ויער דבירה (4,000 דונם).

העצים ניטעו בצפיפות, בדרך כלל ללא הכשרת קרקע אינטנסיבית, אך לוו, ברוב המקרים, בסילוק הצומח השיחני הטבעי באמצעים כימיים ומכניים.

שטחי היער מכסים אזורים נרחבים ובתוכם איים של בתה טבעית, בעיקר סביב עתיקות.

יערות אלה הם בבסיסם מחטניים, במיוחד בחלקות הוותיקות. החל משנות השמונים ניטעו ביערות יותר חלקות של רחבי עלים שונים, אולם הן עדיין מהוות חלק קטן מכלל היער.

נוף יערות אורן ביער יתיר.
צילום : אלון רוטשילד

לימנים

בשנות ה-60 הקרן הקיימת לישראל החלה בנטיעת שטחי נטיעה קטנים (עד 6 דונמים) אשר השקייתם מבוססת על סוללות הסוכרות את הנגר העילי בערוץ. הלימנים ממוקמים בדרך כלל בשולי כבישים.

ברחבי הנגב פרוסים כ- 500 לימנים אשר רובם מצויים לאורך כביש 40 (בקטע בין ב״ש למצפה-רמון) כביש 25 (דימונה- ב״ש- נתיבות) וכביש 31 (ערד- שוקת- להבים)[31].

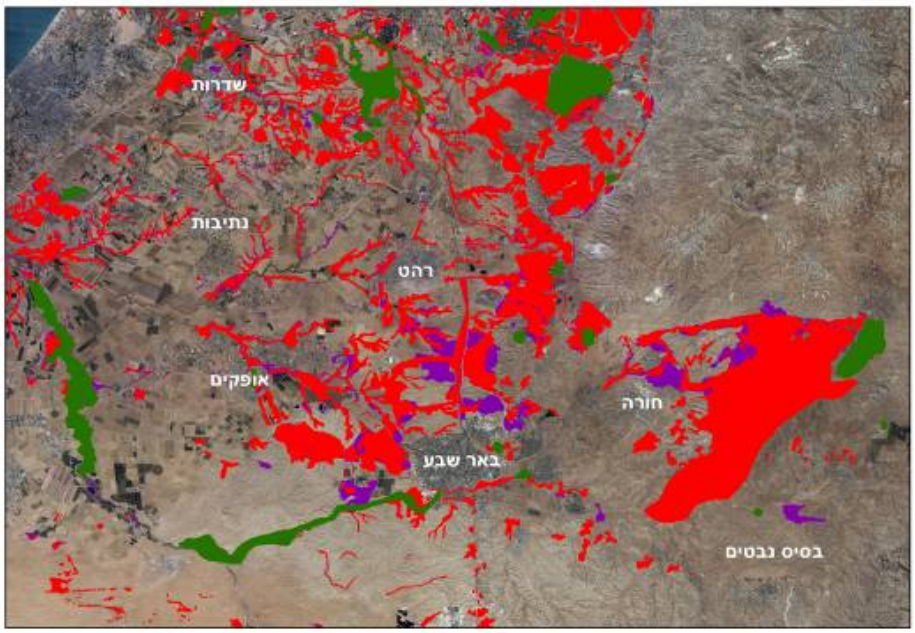
יערות סביב ישובים

מסביב לישובים שונים במרחב (דוגמת מיתר) ניטעו חלקות יער. חלקות אלו מושקות בשיטת 'קציר מי נגר' ולצורך נטיעתן בוצעו במקום עבודות הנדסיות שכללו פתיחת דרכים, יישור השטח והרמת סוללות עפר.

ג. פריסת והיקף הייעור במרחב – תמונת המצב העדכנית

חלקים נרחבים ממרחב צפון הנגב ודרום הר חברון כבר יוערו במהלך השנים, אם כחלק מתמ״א 22 (תוכנית המתאר הארצית ליער וייעור) ואם מחוץ לגבולות התמ״א, בייעודי קרקע אחרים.

מפה 1 מראה את פריסתם הנרחבת של שטחי תמ״א 22 (אדום) ועומדי היער שאינם בתמ״א 22 (סגול), לעומת הפריסה המצומצמת של השטחים המיועדים להישמר בטבעם - שטחי שמורות טבע וגנים לאומיים בתמ״א 8 (ירוק). כלומר, מרבית השטח מצוי תחת ניהולה של הקרן הקיימת לישראל, ומרביתו מיוער בפועל או מיועד להיות מיוער (למעט שטחי ״יער טבעי לשימור״ המוגדרים כשטחים ללא נטיעה – מפה 3). השטחים המצומצמים המצויים בניהול רשות הטבע והגנים אינם מספיקים לשמירת המגוון הביולוגי הייחודי של הנוף הטבעי במרחב זה.



מפה 1: חלוקת שטחים מנוהלים על ידי קק״ל ורט״ג במרחב ההתייחסות של המסמך : שטחי תמ״א 22 (אדום) ועומדי היער מחוץ לתמ״א 22 (סגול) המנוהלים על ידי קק״ל. שמורות טבע וגנים לאומיים בתמ״א 8 (ירוק) המנוהלים על ידי רט״ג.

מפה 2 ממחישה את חלוקת ניהול השטחים במרחב. את הדומיננטיות של השטחים בניהול קק"ל ניתן לבחון בטבלה הבאה, המבוססת על מפה 2, המצביעה על כחצי מיליון דונם שטח בניהול קק"ל, לעומת כ- 126 אלף דונם בלבד בניהול רשות הטבע והגנים (תוכנית פארק הלס מקודמת כיום במשותף על ידי קק"ל ורט"ג):

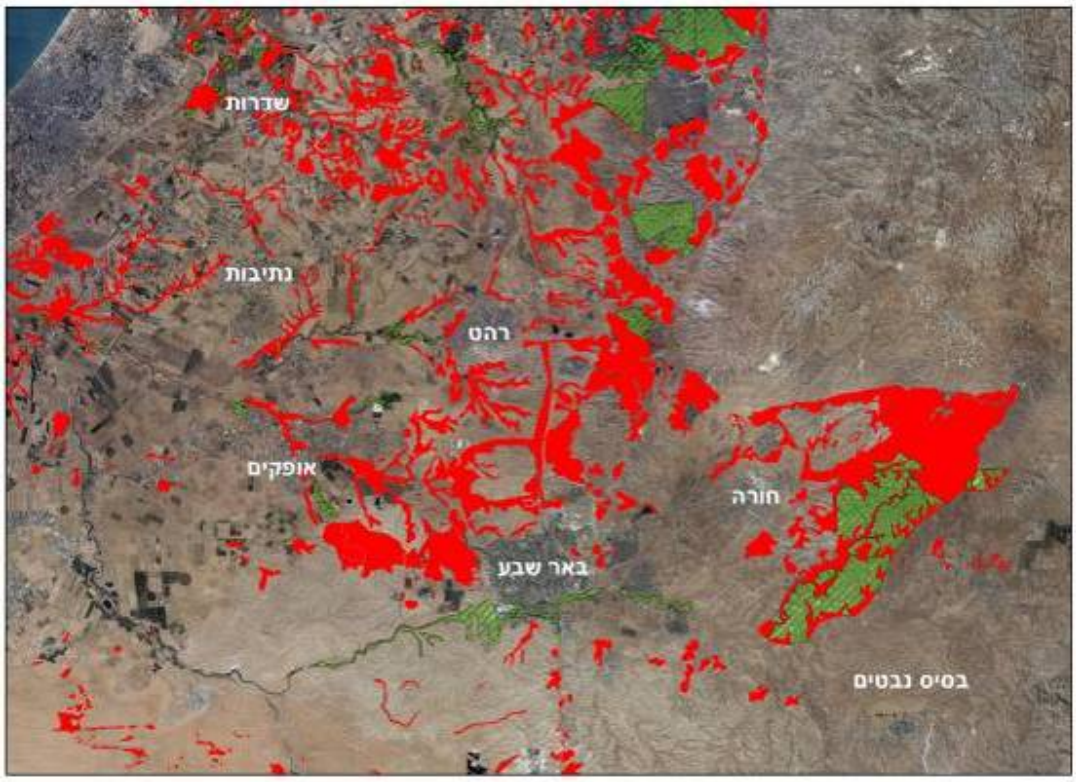
השטחים ע"פ תיחום מפה 2	שטח בדונם
תמ"א 22	417,325
יער בפועל	228,804
יער קיים שחופף לתמ"א 22	159,752
יער קיים שאינו בתמ"א 22	69,052
סה"כ יער קיים ותמ"א 22	**486,377**
שמורות טבע	169,861
פארק הלס	43,688
שמורות טבע ללא פארק הלס	**126,173**

בשנים האחרונות מרחב דרום של הקרן הקיימת לישראל הוא המרחב הפעיל ביותר בנטיעה והכשרת שטחים לנטיעה. על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס) 69% מהנטיעות בשנת 2010 ו73% בשנת 2011 בוצעו במחוז דרום [47].

על פי הדו"ח השנתי של מנהל מקרקעי ישראל לשנת 2010, הקצאת הכספים לפעולות ייעור בשטחי ממ"י עלתה מ- 3.5 מיליון ₪ בשנת 2008 ל- 20 מיליון ₪ בשנת 2009, ו- 30 מיליון ₪ בשנת 2010 [41].

דו"ח סיכום שנת 2010 של מרחב דרום בקק"ל [46] מציין ביצוע פעולות ייעור והכשרת שטח ב- 16,000 דונם, מתוכם כ 8,000 דונם נטיעות [הכוללות חידוש נטיעות (925 דונם), תמ"א 22 (1,636 דונם) ונטיעות לשמירת קרקעות מדינה (5,209 דונם)], והיקף נוסף של כ- 8000 דונם של הכנת שטח לנטיעות לקראת שנת 2011 [הכוללים חידוש נטיעות (2,342 דונם), תמ"א 22 (1,430 דונם) ונטיעות לשמירת קרקעות מדינה (3,960 דונם)].

מפה 2 : חלוקת מרחב צפון הנגב ודרום הר חברון בין שטחים מיוערים בפועל, תמ"א 22 ושמורות טבע. מקור : רשות הטבע והגנים



מפה 3 : מרבית שטחי תמ"א 22 מיועדים לפעולות ייעור כאלה או אחרות (אדום), למעט שטח "יער טבעי לשימור" (ירוק מפוספס) שמיועד להישמר כטבעו.

3. הייעור בנגב – שינוי משמעותי של הנוף האופייני למרחב

יער לא היה חלק מהנוף הטבעי במרחב צפון הנגב ודרום הר חברון, לפחות באלפיים השנים האחרונות, וכנראה שגם לפני כן.

האדם פעל במרחב צפון הנגב במשך אלפי שנים. התיישבות קבע באזור החלה בסביבות האלף החמישי לפני הספירה, אך לא התקיימה ברציפות מאז ועד היום. ביטוי לכך הוא שמיקום האתרים המרכזיים השתנה מתקופה לתקופה [38].

החקלאות שהתקיימה באזור במשך אלפי שנים כללה גידולים חקלאיים ומרעה, כך שתבנית הנוף האופיינית היא תולדה של חברות אקולוגיות תחת הפרעות אנושיות של רעיה וחקלאות מסורתית [43].

מבחינה פיטוגיאוגרפית, המרחב הנדון במסמך זה איננו מתאפיין בקיום יערות אלא בשטחי בתה ועשב (פרופ' אבינועם דנין, בע"פ). עצים מעטים, כמו *שיטה סלילנית*, היו פזורים בדלילות בערוצים ובכיסי קרקע שתמכו בקיומם. עצים אלה היו עצים אופייניים לספר המדבר ולא כללו מינים ים תיכוניים כמו אורן ירושלים , שעומדים טבעיים שלהם נמצאו בעבר, לפני עידן הנטיעות, בהרי יהודה, בכרמל ובגליל המערבי [39].

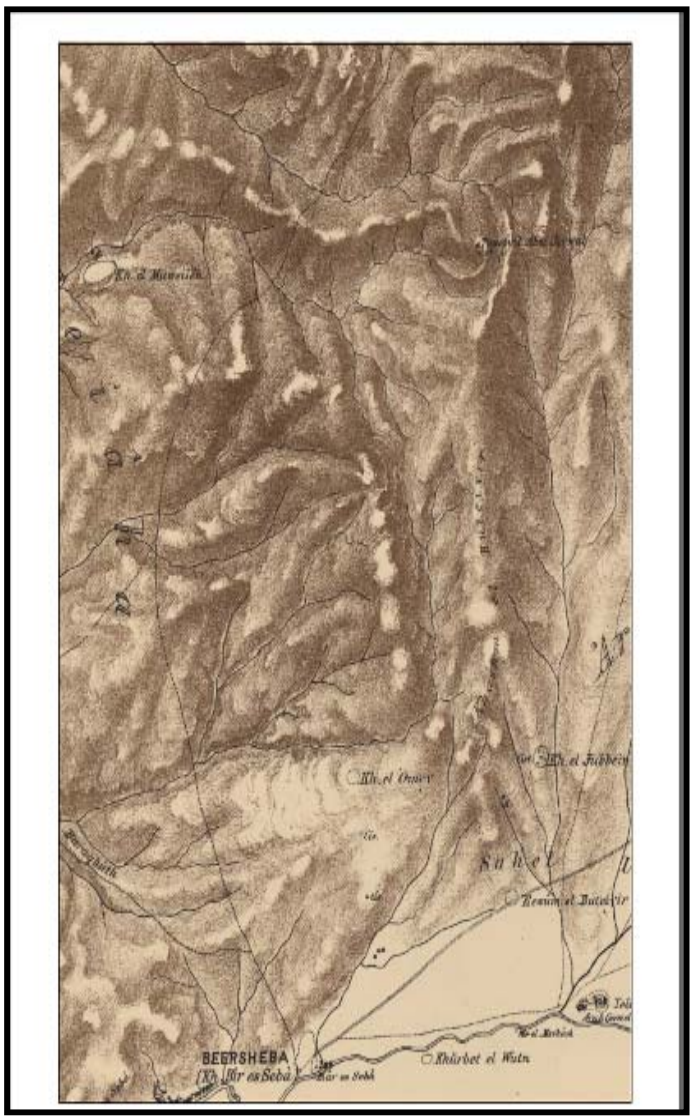
יתכן ולפני אלפיים שנה ויותר חלק מהמרחב היה מאופיין ביער פארק פתוח שכלל מינים ארץ ישראליים כמו עצי אלה אטלנטית, שיזף ומינים נוספים, אולם ההתיישבות החקלאית האינטנסיבית שאפיינה את האזור החל מהתקופה הרומית- ביזנטית ואילך גרמה כבר בתקופה זו לכריתה של היער הפתוח הזה לצורך עיבוד שטחים לחקלאות (ד"ר מוטי היימן, בע"פ). ניתן אם כן, לומר שבאלפיים השנים האחרונות הנוף האופייני למרחב הוא נוף פתוח עם פיזור דליל של עצים בודדים (ד"ר אורנע רייזמן ברמן, בע"פ).

החקלאות במרחב התבססה על חקלאות בערוצים, בהם ניתן היה לאסוף מספיק נגר מהערוץ ומהמדרון. שטחי המדרונות לא עובדו כנראה. בין השאר, אחד הקשיים לחקלאות במישורי הלס היה המלחת קרקע כתוצאה מאידוי מוגבר. לפיכך, גם החקלאות במרחב לא כיסתה בעצים את מרבית השטח, אלא רק בתוואי הערוצים (מוטי היימן, בע"פ).

על תשתית נוף זה התבססה גם החברה האקולוגית האופיינית למרחב [8].

ביטוי לכך ניתן למצוא במפות מסוף המאה ה- 19 ואמצע המאה ה- 20 :

במפות הקרן לחקר ארץ- ישראל משנת 1880 (מפה 4) אין עדויות ליערות בשטח. ניתוח תצלומי אויר מאמצע המאה ה- 20 מצביע על צמחייה טבעית נמוכה של בתה עם מעט עצים פזורים (מפה 5). לטענה הנשמעת לעיתים, כאילו יערות הסביבה נכרתו על מנת לספק את הצורך בפחם עבור קטרי הצבא העות'מאני, אין בסיס, שכן העצים ששימשו להסקת הקטרים הובאו מצפון הארץ [45].



מפה 4: בקעת באר שבע במפה בריטית משנת 1880. כפי שניתן לראות ממפה זו, שנעשתה לפני מלחמת העולם הראשונה, המרחב איננו מיוער [9].

מפה 5: תצלום אויר של אזור שמורת להב משנת 1945. כפי שניתן לראות בתצלום העמקים ומורדות הגבעות עובדו בגידולי שדה, ראשי הגבעות התאפיינו בתצורת בתת הספר. התצלום מתוך עבודת הדוקטורט של אורנע רייזמן- ברמן, תצלום באדיבות מפ"י.

4. השפעת הייעור על החברה האקולוגית הטבעית במרחב

בתי הגידול של מישורי הלס ובתות הספר בכלל, ובמרחב צפון הנגב ודרום הר חברון בפרט, לא זכו לכיסוי מחקרי מעמיק. חמור מכך – לא בוצעו מחקרים שיטתיים לתיעוד של המצאי האקולוגי לפני פעולות הייעור ואחריהן, וכך לא נאסף מידע יקר ערך שיכול היה לשמש כבסיס לקבלת החלטות מדיניות.

השפעות הייעור על מגוון המינים במרחב נבדקו במספר מצומצם של קבוצות טקסונומיות, אך די במחקרים אקראיים אלה כדי להעיד על השפעות מרחיקות לכת על הרכב החברה האקולוגית:

שתי התמונות למעלה צולמו מאותה נקודה מדרום למיתר באביב 2012. מבט לימין מראה חלקה של אקליפטוסים שניטעה בשיטת 'קציר נגר'. מבט לשמאל ניתן להבחין בנוף שטח מרעה המאפיין חלק משטחי הלס. בהשוואה בין התמונות ניתן לראות ששטחי הלס מחוסרי עצים ועשירים במגוון צומח עשבוני, לעומת חלקות הנטיעות הדלות מאוד בצומח טבעי ומתאפיינות בשטחים נרחבים חשופים מצומח (צילום: אלון רוטשילד)

א. זוחלים

<u>סוואניזציה</u>

מחקרים שבדקו את השפעת השינוי של פעולות ייעור בשיטת סוואניזציה על חברת הזוחלים בנגב הצפוני הראו שינוי במבנה החברה ובהרכב המינים בין כתמים נטועים לכתמים טבעיים, למרות שמדד מגוון המינים (כלומר מספר המינים הכולל) לא השתנה. כלומר, מספר המינים לא השתנה אך המרכיב של מינים ממוצא ים- תיכוני עלה על חשבון ירידה במרכיב של המינים ממוצא מדברי, שהם המינים החשובים לשמירת הטבע במרחב זה [36]. נראה ששינוי המבנה הכתמי הטבעי מקטין את הטרוגניות בית הגידול ויוצר יתרון למינים כוללניים (ג'נרליסטיים) או למינים ממוצא ים תיכוני. יתר על כן, שני מינים מדבריים: חרדון מדבר (*Trapelus pallidus*) ושנונית באר-שבע (*Acanthodactylus beershebensis*) נעלמו לחלוטין משטחים בהם התבצעו נטיעות.

הסבר אפשרי לכך הוא שהזוחלים החיים במישורי הלס מושפעים מאוד מיצירת סוללות ה'שיחים'. הפיכת הקרקע בזמן יצירת ה'שיחים' קוברת אבנים בתת הקרקע ופוגעת בקרומי

הקרקע בהם ניתן היה לחפור מחילות ולפיכך מפחיתה את אפשרויות המסתור. הסבר נוסף, שנבדק ונתמך על ידי מחקרים שנערכו בנגב הצפוני ושיפורט בהמשך, נוגע להגברת לחץ הטריפה של עופות המשתמשים בעצים כעמדות תצפית נוחות.

יער מחטני

הבלנה [36] מצא שקיימת ירידה בשכיחות ובשפע של כל מיני הזוחלים בתחומי יער להב בהשוואה לשטחי הבתה. מינים מסוימים, דוגמת הנחושית הנחשונית (*Chalcides guentheri*) (מוגדר כמין שעתידו בסכנה [28]) והחומט המנומר (*Eumeces schneiderii pavimentatus*) (מופיע בספר האדום כמין שאינו בסיכון) שנמצאו בשכיחות ובשפע נמוכים בחלקות הטבעיות, נעדרו כליל מחלקות היער. כלומר, ביער האורנים נצפתה ירידה בשפע של כל מיני הלטאות למעט החומט הגמד (*Ablepharus rueppellii*) (מופיע בספר האדום כמין שאינו בסיכון), מין ים תיכוני נפוץ שנמצא בסקר רק בשטחים נטועים.

ב. עופות

יצירת כתמי יער גדולים בצפון הנגב גרמה לתמורות רבות במגוון מיני הציפורים הדוגרות [19], החולפות [16], והחורפות [17] באזור. נמצאה החלפה של מינים המתמחים בבית הגידול הצחיח והשטוח במינים ים-תיכוניים או כוללניים.

סוואניזציה

מינים כמו חוברה (*Chlamydotis macqueenii*), קטה חדת זנב (*Pterocles alchata*), קטה גדולה (*Pterocles orientalis*), רץ מדבר (*Cursorius cursor*), פיפיון הרים (*Anthus similis*) ומיני עפרונים (*Alaudidae*) נעלמו משטחי הסוואניזציה או הפסיקו לקנן בהם. יצירת תצורת יער פארק במרבית השטחים הפתוחים הטבעיים שנותרו בצפון הנגב, עלולה לגרום פגיעה קשה באוכלוסיות המינים המתמחים (קטה גדולה, רץ מדבר, חוברה וכו') ובמקרים אחדים אף להביא להכחדתם מישראל.

סוואניזציה של מישורי לס מהווה שינוי קיצוני בבית הגידול לעופות דוגרי קרקע גדולים, לא רק בגלל הנטיעות, אלא גם בגלל יצירת התלוליות הארוכות ('שיחים'). קטות, רצי מדבר, וחוברות נעלמים כליל משטחים אלה[25, 26].

סקרי חוברות שנתיים הנערכים על ידי רשות הטבע והגנים מעלים כי בישראל נותרו כיום כמאתיים פרטים, מרביתם מגיעים לאזור בסיס חיל האויר בחצרים, אשר מרבית שטחו נשמר במופע טבעי.

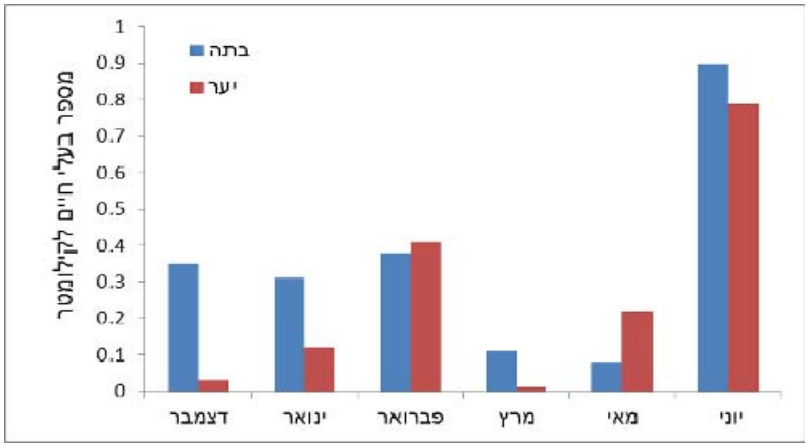
<u>יער מחטני</u>

בשטחים בהם ממוצע המשקעים השנתי גבוה מ- 200 מ״מ נמצא שמגוון מיני העופות אוכלי הזרעים בחורף נמוך ביער האורנים וגבוה בשטחי הבתה הטבעיים. ניתן לצפות לתוצאות דומות בשטחים יובשניים יותר.

הייעור גרם להיעלמותם של מינים מתמחי בתה כמו סבכי ערבות (*Sylvia conspicillata*) ופיפיון הרים (*Anthus similis*) ולהחלפתם במיני יער. היער גרם גם להגירת מינים ים תיכוניים אגרסיביים כמו העורבני, הפוגע במינים מקומיים גם מחוץ לתחומי היער[20].

ג. יונקים

במסגרת סקר שנערך בשנים 2000 -2001 [33] באזור יער להב, נמצא ששיעור התצפיות ביונקים היה כפול בשטחים הפתוחים (בתה) לעומת שטחי היער. מתוך הסקר עולה שמגוון ושפע היונקים גדול יותר בשטחים הפתוחים הטבעיים והחקלאיים, לעומת שטחי אורנים וותיקים. תוצאות הסקר מרמזות שאזורי היער החד מיני מהווים מקום חיות דל (יחסית לשטח הטבעי) למגוון של מיני בעלי חיים וכתוצאה מכך קיימת ירידה במספר הפרטים ובמגוון המינים המצויים בו.



עוצמת פעילות יונקים באזור להב. השוואה כמותית בין הבתה ליער התאפשרה ע״י חלוקת מספר תצפיות במרחק הנסיעה[33].

ירבוע גדול. צילום : רועי טלבי, רשות הטבע והגנים.

ד. צומח

במחקר שנעשה בסביבת יער יתיר נמצא שהביומסה של הצמחים העשבוניים והשיחים גבוהה יותר באופן מובהק בשטחים טבעיים לא מיוערים בהשוואה לשטח יער. בנוסף, נמצאה צפיפות גבוהה יותר באופן מובהק של שיחים בשטחים הלא מיוערים בהשוואה לשטחים המיוערים. אומנם לא נמצאה השפעה מובהקת של השטחים המיוערים על צפיפות העשבוניים, אבל בממוצע נמדדו 278 פרטים למטר רבוע בשטחים הלא מיוערים לעומת 224 פרטים למטר רבוע בשטחים המיוערים. גם עושר המינים בשטחים הלא מיוערים נמצא גבוה באופן מובהק מעושר המינים בשטחים המיוערים [2]: נמצא עושר מיני צומח גבוה יותר בשטח הטבעי (95 מינים) לעומת היער (79 מינים)[15]. בנוסף, נמצא כי 43 מיני צמחים היו אופייניים לשטח הטבעי ונעדרו משטח היער, לעומת 27 מיני צמחים שנמצאו בשטח היער ונעדרו מהשטח הטבעי. 52 מיני צמחים נמצאו גם בשטח הטבעי וגם בשטח היער [15]. נתונים אלה מחזקים את התמונה לפיה עושר המינים בשטח הטבעי גדול יותר מהעושר בשטח היער, וכי קיימים מיני צמחים טבעיים האופייניים לאזור אשר אינם שורדים בתחום היער. יתרה מזו, יש בסיס להניח שבעקבות הירידה במגוון הצמחים ביער והירידה בביומסה של העשבוניים והשיחים קיימת ירידה מקבילה במגוון פרוקי הרגליים בשטח היער לעומת השטח הטבעי, בדגש על המינים המתמחים בבתה ולס האופייניים לנוף הטבעי של האזור.

צבעוני מדבר, נחל אשתמוע. צילום: אלון רוטשילד, מרץ 2012.

5. הגורמים להשפעות השליליות של הייעור על המגוון הביולוגי

פעולות הייעור והנטיעה במרחב גרמו לשינוי רחב היקף של הנוף האקולוגי בצפון הנגב, במספר רמות:

- ברמת הנוף חל שינוי מנוף ערבתי שטוח לנוף עם אלמנטים גבוהים (סוללות, עצים).
- ברמה המרחבית הואצו קיטוע בתי הגידול הטבעיים והשפעת שוליים של היער על הכתמים הטבעיים.
- ברמה המקומית נפגע בית הגידול הטבעי, כולל פגיעה ברכיבי קרום קרקע ומשטר נגר (בשנים הראשונות לכל הפחות), והוחדרו אליו מינים זרים של עצים נטועים. בנוסף, היגרו למרחב מינים ים תיכוניים המשגשגים בו בזכות השינויים הנ"ל, על חשבון המינים הטבעיים המקומיים.

החלקות שהוכשרו לנטיעה שונות זו מזו במאפיינים דוגמת צפיפות העצים, מיני העצים הדומיננטיים וכו'. למרות השוני, ניתן להצביע על שני המאפיינים המרכזיים של פעולות הייעור במרחב, המהווים את האלמנט הפוגע ביותר במערכת הטבעית:

- שימוש בכלים כבדים ורמיסת הקרקע הטבעית תוך שינוי פני הקרקע השטוחים לקרקע עם תלוליות.
- הכנסת עצים למערכות אקולוגיות טבעיות בהן עצים היו נדירים, ויצירת השפעות אקולוגיות [7] כתוצאה מכך.

פרק זה, הבוחן את ההשפעות האקולוגיות שיש לנטיעות העצים על המגוון הביולוגי הטבעי, נכתב תוך התייחסות לשני סוגי פעולות הייעור המרכזיות המאפיינות את המרחב: סוואניזציה ויער. בתחומים בהם יש הפרדה ברורה בהשפעות בהתאם לסוג פעולת הייעור, יובאו השפעות אלו בנפרד.

א. הרס תשתית הקרקע והצומח בבית הגידול הטבעי

אחת ממטרות העל של שמירת הטבע היא לשמר את מגוון המינים ובתי הגידול הטבעיים תוך שימור התהליכים האקולוגיים והאבולוציוניים בבתי הגידול השונים.

מקובל להניח שברוב בתי הגידול היבשתיים מבנה חברת הצומח הינו הבסיס למערכת האקולוגית כולה, לפיכך שינוי בהרכב ומבנה חברת הצומח משנה את המערכת האקולוגית.

<u>פגיעה ישירה בצומח הטבעי</u>

פעולות ייעור הכוללות פגיעה בצומח הטבעי (בעקבות רמיסה וסילוק על ידי כלים כבדים, ריסוס וכו') על חשבון שטחי בתה או לס גורמת לאובדן בית גידול הטבעי, על המינים הייחודיים לו.

לדוגמה, הלטאה עינחש (*Ophisops elegans*) (מופיעה בספר האדום כמין שאינו בסיכון), שכיחה באזור הים תיכוני של ישראל וחודרת דרומה לספר המדבר ולנגב הצפוני. באזורי ספר

המדבר זוהה מתאם גבוה בין נוכחות מין זה לבתה של סירה קוצנית. לפיכך, פגיעה והרס של בתה זו מביאים באזור ספר המדבר לאובדן בית הגידול של מין זה ולפגיעה ביכולת קיומו במרחב (פרופ' עמוס בוסקילה וד"ר בעז שחם, מידע בע"פ).

עינחש. באזור ספר המדבר נמצאת לטאה זו בקורלציה גבוהה לשיחי סירה קוצנית.
צילום : בעז שחם.

<u>פגיעה עקיפה בצומח הטבעי</u>

מינים מסוימים של עצים שניטעו על ידי קק"ל – דוגמת מיני איקליפטוסים מסוימים- הם בעלי תכונות המעכבות נביטת עשבוניים תחתם (אללופטיה).

בנוסף, עצים מטילים צל, ולכן מקשים לעיתים על גדילת חלק ממיני הצמחים האופיינים לבית הגידול הטבעי ושטוף השמש [29]. תתכן גם תחרות על מים – גורם מגביל באזור מדברי זה.

השפעות עצים על מיני עשבוניים : הצטברות מחטי אורן והעדר של עשבוניים
(מימין), והשפעות אללופטיות של אקליפטוסים
(משמאל) בשטחי יער ותיקים מצפון לצומת גורל, מרץ 2012.
צילום : אלון רוטשילד.

<u>הידוק שכבת הקרקע העליונה, הרס קרום הקרקע ופגיעה בתפקודו</u>

פעולות הייעור, ובמיוחד בפרויקט הסוואניזציה, כרוכות בנסיעת כלים כבדים על השטח ולעיתים גם בריסוס נגד הצומח הטבעי. הכלים הכבדים מהדקים את שכבת הקרקע העליונה במקומות בהם הם נוסעים ובכך מקשים על נביטת עשבוניים – לפחות בשנים הראשונות לאחר העבודות. קיימות עדויות ראשונות לשיקום של נביטת העשבוניים בשקעי 'שיחים' (סוללות) בוגרים (בני כ-15 שנים), ואף ביומאסה גבוהה יותר של עשבוניים בשקע של השיח לעומת המדרון (טרין פז- כגן, 2012, מידע בע"פ), אולם לא נבדק הרכב המינים העשבוניים בשלב זה - האם אבדו המינים הייחודיים לאזור? כמה זמן לוקח עד לשיקום השטח ונביטת עשבוניים? מה הנזק הנגרם למערכת הטבעית עד להשתקמות המדרון?

בנוסף, קרום הקרקע באזורים יובשניים מלוכד על ידי מיקרופיטים – ציאנובקטריות, חיידקים, אצות וחזזיות. נסיעת כלים כבדים גורמת לשבירת קרום הקרקע ועלולה לפגוע בתפקודו, ובאורגניזמים המתבססים עליו להזנה וליציבות המחילות שהם בונים [23].

שטח סוואניזציה באזור יתיר. ניתן להבחין כי נביטת עשבוניים מתבצעת דוקא בין ה'שיחים', ולא בתוכם, כנראה בגלל הפגיעה בקרום הקרקע ובבנק הזרעים בשטח ה'שיח'. צילום: אלון רוטשילד, מרץ 2012.

שטח סוואניזציה לאחר הידוק הקרקע ע״י פעילות כלים מכאניים כבדים. בתמונה הימנית ניתן לראות הבדל קיצוני בכיסוי הצומח בין שטח הסוואניזציה (בימין התמונה) לבין שטח הלס שלא בוצעה בו הכשרת קרקע (בשמאל התמונה). בתמונה השמאלית ניתן לראות 'שיח' נטול צומח עשבוני, וסימני ״קוליס״ בולטים שנותרו מהכלים הכבדים, מספר שנים לאחר העבודות. צולם מדרום למיתר, מרץ 2012.
צילום: אלון רוטשילד.

טחבן המדבר על קרום לס. מין מפתח המצוי באינטראקציה עם קרום הקרקע. צולם מצפון למיתר, פברואר 2013.
צילום: אלון רוטשילד.

ב. שינוי תצורת הצומח ופני הקרקע גורמים לשינוי דגמי לחץ הטריפה

כמתואר בפרק 3, הנוף הטבעי המאפיין את מישורי הלס ובתות הספר הוא נוף של חברת צומח נמוכה, נטול אלמנטים על- קרקעיים גבוהים. נוף זה מהווה בית גידול 'דו-מימדי' שהאורגניזמים החיים בו אינם מותאמים להתמודדות עם לחצי טריפה הקיימים במערכת 'תלת-מימדית'. כל שינוי בתנאים הדו- מימדים של המערכת מביא לשינוי בלחץ הטריפה: הוספה של עמוד או עץ, שבתנאים של חורש ים תיכוני הם חלק מהמבנה הפיזי של בית הגידול, מהווים במשטח מישורי הלס נקודת עמידה גבוהה לטורפים שונים דוגמת בז מצוי (*Falco tinnunculus*) או חנקן גדול (*Lanius excubitor*) המשתמשים בו כנקודת תצפית [8]. דוגמה להשפעה זו ניתן למצוא בגידול קצב הטריפה של הלטאה *שנונית באר שבע*, מין אנדמי לאזור, הנמצא בסכנת הכחדה עולמית [28], בחלקות ניסוי לעומת חלקות טבעיות. החוקרים מצאו שמין זה נמצא תחת לחץ טריפה גבוה מאוד באזורים שניטעו עד כדי היעלמות מהם ומהשטחים הסמוכים לאזורים הנטועים. המנגנון שגרם ללחץ טריפה מוגבר נובע מעצם הכנסת אלמנטים גבוהים למרחב, כפי שהודגם בניסוי בו "נשתלו" מוטות ברזל מלאכותיים שדימו עצים בחלקות אחדות והושוו מיני הזוחלים עם חלקות ביקורת של שטח טבעי סמוך. בין השאר, זוהתה בשטח תופעה של 'מלכודת אקולוגית' – אזור הנטיעות נתפס בעיני בעל החיים כאזור מתאים בגלל מאפיינים שונים (כמו עושר חרקים כמקור מזון) אך בפועל מופעל באתר לחץ טריפה כבד שאין הם מותאמים אליו, שהתבטא במדדים גופניים ירודים [8].

מישור לס פורח ממזרח למיתר. צילום: אלון רוטשילד

דוגמה נוספת ניתן למצוא בטריפה מוגברת של קינים מלאכותיים של עופות דוגרי קרקע בסביבת אלמנטים גבוהים, כפי שנמצא במחקר במישורי הלס בסביבות חצרים (ד"ר אסף צוער, רט"ג, 2012, מידע בע"פ).

עדויות ראשוניות נוספות מבסיס חצרים מצביעות על כך ששינוי פני הקרקע בעקבות הרמת סוללות בפרויקט הסוואניזציה מזמנות נישות חדשות לטורפים אופורטוניסטים כמו שועלים, החופרים בסוללות אלה את מחילותיהם, ומפעילים בכך לחץ טריפה נוסף על השטח (אסף מירוז, 2012, בע"פ). יש לערוך מחקר מסודר על מנת לבחון עדויות אלה.

תצפיות בעופות מתמחי הליכה על הקרקע (כמו חוברות ורצי מדבר) מעידות על העדפה של עופות אלה את השטחים בעלי הנוף הפתוח, בין השאר משום שאלה מאפשרים תצפית על טורפים פוטנציאליים. עצם הקמת סוללות ה'שיחים' בפרויקט הסוואניזציה, שגובהן יכול להגיע למעל מטר, מייצרת נוף "סגור" מבחינת העוף הנמצא על הקרקע וכנראה הוא הגורם לדחיקתו מהשטח – אף ללא נוכחות של עצים (מירוז ופרלמן, 2012, מידע בעל פה).

שנונית באר שבע. צילום : בועז שחם

ג. קיטוע רצף אקולוגי

הייעור בנגב, כאלמנט זר למערכת הטבעית, יוצר קיטוע בין בתי גידול טבעיים, ובמקרים קיצוניים מצמצם את גודל כתמי השטחים הטבעיים עד ליצירת כתמים מבודדים ("איים") שאינם מסוגלים להכיל אוכלוסיות בנות קיימא של חלק מהאורגניזמים הייחודיים לאזור. דוגמה לכך ניתן למצוא במפה מס' 6 המדגימה קיטוע על ידי ייעור בין שטחים טבעיים בהר עמשא, חירן ולהב.

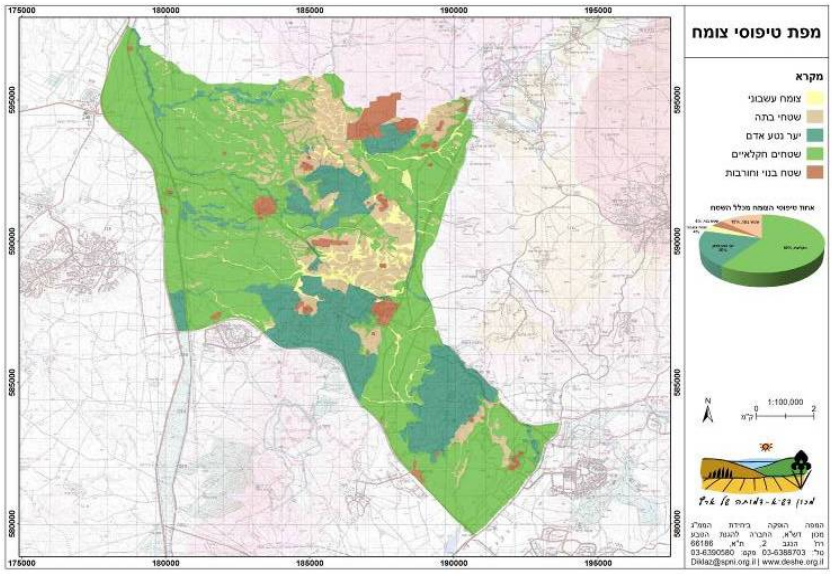
קיטוע (fragmentation) הוא תופעה של ניתוק הרצף בין אזורי מחייה של בעלי חיים וניתוק האפשרות להפצת זרעי צמחים. קיטוע זה מביא להשפעות שליליות על המגוון הגנטי, מפאת צמצום היכולת של פרטים מאוכלוסיות שונות להתרבות, והגדלת השפעת השוליים של הסביבה על הכתמים הטבעיים, ולכן נפגעת העמידות (resilience) הגנטית של האוכלוסייה להתמודד עם עקות [5].

בנוסף, הקיטוע מצמצם את יכולת האוכלוסייה לנוע לצורך התמודדות עם הפרעות ועקות טבעיות או מלאכותיות בשטח, כגון פיזור לא אחיד של מזון, שריפות, פעולות פיתוח, צייד, מחלות וכו'.

לקיטוע יש השפעה שליליות על היבטים שונים של מבנה החברה כגון: שפע הפרטים (כלומר, מספר פרטים ליחידת שטח), עושר המינים (כלומר, מספר מינים ליחידת שטח) ומגוון המינים (כלומר, אינדקס המשקלל את מספר הפרטים עם עושר המינים)[1, 4, 21, 26]. קיטוע קיצוני מביא לצמצום שטח בית הגידול הזמין לאוכלוסייה, ולכן לירידה במספר הפרטים [1].

במחקר שבוצע על חברת הציפורים מצפון לבאר שבע [19], באזורים בהם בוצעו פעולות ייעור רחבות היקף, נמצא קשר בין עושר המינים לבין גודל השטח. בשטחים טבעיים קטנים נמצאו פחות מיני ציפורים מאשר בשטחים טבעיים גדולים יותר. המין פיפיון הרים, לדוגמה, נעדר לחלוטין מכתמי בתה הקטנים מ- 500 דונם.

במחקר על חברת הצומח בדרום שפלת יהודה, נמצאה השפעה שלילית של גודל הכתם הטבעי על עושר מיני הצומח [6].



מפה 6. דוגמה לקיטוע שטחי הבתה והשטחים העשבוניים הטבעיים (בצהוב וחום בהיר) כתוצאה מתהליכי ייעור ושטחי חקלאות, החודרים אל בין שטחי הבתה ויוצרים גושים מבודדים של בתה. מתוך: סקר להב, מכון דש"א

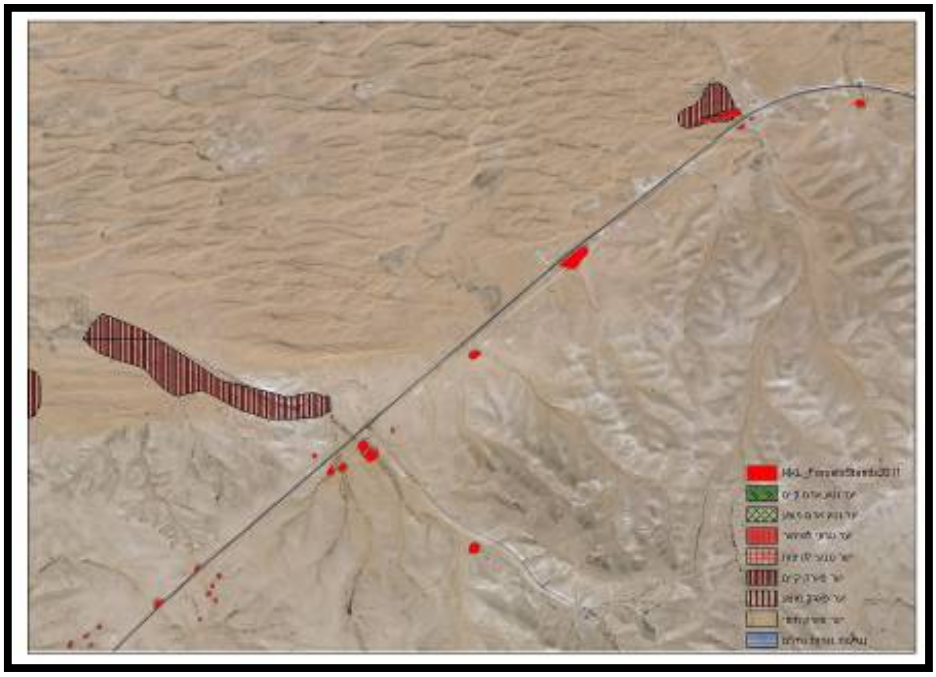
ד. שינוי אקולוגי הגורם להגירת מינים ים תיכוניים למרחב המדברי

פעילות נטיעות נרחבת מאפשרת למינים ים תיכוניים דוגמת ירגזי, עורבני ועורב אפור להרחיב את תפוצתם אל המרחב המדברי. מינים אלה מנצלים את השטחים המיוערים כאבני קפיצה (״Stepping stone״) המאפשרות להם להגדיל את תחום תפוצתם הטבעי ולהיכנס לבתי- גידול חדשים, תוך דחיקת המינים המקומיים. חלק ממינים אלה, כמו העורב האפור, נחשבים כמינים מתפרצים מלווי אדם, שלאוכלוסייתם השלכות שליליות על המגוון הביולוגי המקומי. העורבים מקננים על עצים גבוהים ולכן מנצלים את היער לצורך התפשטותם. תופעה זו בולטת במיוחד במקרה של הלימנים – שטחי נטיעה מצומצמים, המשמשים כ״אבני קפיצה״ להתפשטות עופות ים תיכוניים ופולשים אל לב המדבר, תוך השפעה מרחבית נכרת על המרחב המדברי הסובב [31].

בנוסף, נמצא שהשפעת מינים ים תיכוניים אגרסיביים, דוגמת עורבנים, חורגת מקו היער. עופות אלה מסוגלים לאתר ולהרוס קיני ציפורים הדוגרות בבתה במרחק של עד שני קילומטרים מקו היער [20].

זוהי דוגמה להשפעת השוליים (Edge effect) של שטחי היער על השטחים הטבעיים – השפעה החורגת בהרבה מגודלו של השטח הנטוע, ומשפיע על תפקודו האקולוגי של השטח הטבעי הסמוך ליער.

חשוב לציין שפעילות אדם כמו חקלאות, תשתיות ויישובים מושכת גם היא מינים ים תיכוניים ומלווי אדם אל המרחב. אין ודאות שבהעדר ייעור בצפון הנגב ניתן היה למנוע כליל את כניסתם של מינים אלה למרחב, אך הייעור מונע קיום אוכלוסיות גדולות יותר של מינים טבעיים מקומיים, ומגדיל את השפעת השוליים של השטחים המיוערים על ליבות השטחים הטבעיים, ובכך פוגע בעמידות המערכת האקולוגית הטבעית בפני חדירת מינים שאינם מקומיים.



פריסת לימנים באזור צומת שבטה. הלימנים (באדום) הם אלמנטים נקודתיים של צומח מעוצה, הזרים לנוף האקולוגי המדברי במרחב. ברקע ניתן לראות שטחים המוגדרים בתמ״א 22 (בפסים). ניתן להבחין שהלימנים אינם מעוגנים בתמ״א.

ה. נטיעת מינים זרים פולשים

הנטיעות הרבות של מינים אקזוטיים, דוגמת מינים זרים של שיטה וינבוט, מגדילות את הסכנה לפלישת מינים משטחי הנטיעות לשטחים הטבעיים. צמח (או מין) פולש הינו: "מין של צמח שהוא גם זר לסביבה שבה הוא חי וגם הרסני בצורה כלשהי לסביבה ולאורגניזמים המקומיים" [34]. בין המינים שניטעו במשך השנים במרחב ניתן למנות מספר מינים המוגדרים כפולשים דוגמת ינבוט המסקיטו (*Prosopis juliflora*) ושיטת ויקטוריה (*Acacia victoriae*) [27] (הבלנה, שיחה בע"פ).

מינים אלה הוגדרו לאחרונה כמינים שאינם מומלצים לשימוש בישראל, על ידי צוות מומחים בראשות המשרד להגנת הסביבה [35]. יש לציין שבמקומות שונים, דוגמת צומת גורל, נראים בשטחים טבעיים עצים של מיני שיטים אקזוטיות אשר ניכר שהתפשטו משטחי נטיעות סמוכים.

מימין: פלישה של שיטה פולשת בנחל כרכור (סמוך לצומת גורל). משמאל: שיטה חד קרנית בנטיעות קק"ל מדרום למיתר. אביב 2012.
צילום: אלון רוטשילד

שיטת עלי ערבה נטועה מדרום למיתר. צילום: אלון רוטשילד

6. פגיעה ישירה בערכי טבע מוגנים בעת פעולות הייעור: אירוס שחום כמקרה בוחן

אירוס שחום בסמוך לטרקטור המבצע עבודות הכשרת שטח לייעור, גבעות גורל, אביב 2013 (צילום: אבנר רינות).

במסגרת פעולות הייעור, שרבות מהן כוללות עליית כלים כבדים על בית גידול טבעי, ריסוס נגד צמחיה עשבונית, ושינוי מהותי של בית הגידול, מתבצעת פגיעה ישירה ועקיפה בערכי טבע מוגנים.
חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה התשנ"ח (1998) מגדיר כי: *"לא יפגע אדם בערך טבע מוגן, אלא בהיתר כללי או מיוחד מהמנהל "* (המנהל = מנהל רשות הטבע והגנים).

פגיעה בערך טבע מוגדרת *"לרבות השמדה, הריסה, שבירה, חבלה, קטיפה, עקירה, נטילה, שליה, הרעלה, שינויה של צורה או של תנוחה טבעית של ערך טבע או הפרעה למהלך התפתחותו הטבעית, לרבייתו או לשמירתו "*.

חלק מערכי הטבע הייחודיים בבתות הספר ומישורי הלס מוגדרים כערכי טבע מוגנים על פי צו ההכרזה (2005) וביניהם, בין היתר, כל מיני הזוחלים, כל מיני העופות והפרח האנדמי אירוס שחום.

יש להדגיש שהייעור (כולל הכשרת הקרקע, הצללה ע"י יערות ופלישת עצים זרים) זוהה ע"י בלכר (2007) כאחד מהאיומים המרכזיים על שרידותו של האירוס השחום בישראל [29]. תועדו מספר מקרים של פגיעה באירוסים שחומים במהלך פעולות ייעור של קק"ל, כולל דיווח משנת 2004 של ד"ר יובל ספיר. למרות תיעוד מקיף של עומדי אירוס שחום במרחב, במקרה אחד לפחות בוצעו עבודות ייעור באתר פריחה (צומת גורל), לאחר פרסום דו"ח המיפוי של רט"ג, תוך קיטוע של האוכלוסיה במרחב.

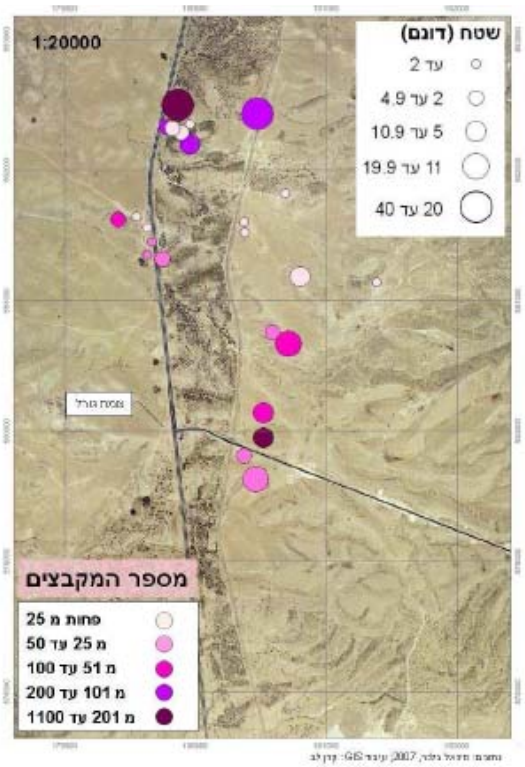
מקרה נוסף, שאף זכה לפרסום בתקשורת, הוא פגיעה במין המוגן "חלמונית גדולה" במהלך עבודות של קק"ל ביער יתיר, ב- 8.11.2004 באתר המכונה "שביל החלמוניות" (פורסם ב ynet, 9.11.2004).

רשות הטבע והגנים נמנעת, בדרך כלל, מאכיפת החוק על פגיעה בערכי טבע המבוצעת על ידי קק"ל, למרות שקק"ל לא קיבלה היתר כללי או מיוחד לפגיעה בערכי טבע ממנהל רשות הטבע והגנים.

הקלות לקק"ל מציות להוראות החוק לא ניתנו גם במסגרת הסכמי קק"ל- רט"ג, שכלל לא עוסקים בסוגיה זו, ואין בסמכותם לפטור את קק"ל מעמידה בהוראות החוק.

רכב של רשות הטבע והגנים ליד אירוסים שחומים שנפגעו בעקבות פעולות פרויקט הסוואניזציה של קק"ל, מצפון לצומת גורל, שנת 2004. צילום: יובל ספיר.

מימין: אירוס שחום בסמוך לעבודות להכשרת שטח לייעור, צומת גורל, אביב 2012 (צילום: אלון רוטשילד).



משמאל: מיפוי במסמך של רט"ג - מקבצי אירוס שחום בצומת גורל [30]

7. בחינת השפעת פעולות הייעור על שירותי המערכת האקולוגית

מערכות אקולוגיות מספקות שירותים שונים לאדם. שירותים אלה, המכונים שירותי המערכת האקולוגית, הוגדרו כתועלות שבני האדם מקבלים מהמערכות האקולוגיות, וסווגו לסוגים שונים במסגרת Millennium Ecosystem Assessment (2005), אשר הגדיר את שינוי שימושי הקרקע כגורם הראשון לפגיעה במגוון הביולוגי העולמי.

שינוי שימושי הקרקע של שטחים טבעיים לשטח מיוער באזור יובשני למחצה במרחב צפון הנגב ודרום הר חברון משפיע על סל שירותי המערכת האקולוגית שהאדם מקבל מהשטח. ראוי לבחון מהי ההמרה (trade off) בסל השירותים המתקבלת כתוצאה מהתמרת שטח טבעי לשטח נטוע. להלן נבחן שלושה שירותי מערכת מרכזיים.

א. נופש ופנאי

יערות האורנים והאקליפטוסים הנטועים בספר המדבר מושכים אליהם קהל מטיילים ונופשים המשתמשים ביער כאתר בילוי ופיקניק בחיק הטבע, בעיקר בזכות ההצללה הטובה כתוצאה מנטיעות צפופות.

אזורי הבתה והלס מספקים איכות שונה, כשטח נופי פתוח עם מיעוט צל ופריחה טבעית של עשבוניים חד שנתיים, גיאופיטים, עשבוניים רב שנתיים ובני שיח. הבתה מציעה למטייל נוף פתוח בו ניתן לצפות למרחקים, וליהנות מתחושת מרחב ומבעלי חיים ייחודיים לשטח פתוח כמו צבי.

במחקר שבדק העדפות של מטיילים בצפון הארץ, נמצא שלצרכי טיילות יש העדפה של הנוף הפתוח על פני הנוף של יער נטוע וחורש סבוך. לעומת זאת, לצרכי פיקניק ההעדפה הייתה דומה בין נוף פתוח ויער נטוע, ונמוכה לגבי חורש סבוך [11]. הבתות אטרקטיביות במיוחד לטיילות בחודשי החורף והאביב, וניתן להניח שבעונות אלה יתקבלו תוצאות דומות של אטרקטיביות למטיילים גם במרחב צפון הנגב.

ראוי גם לזכור, כי בקיץ היערות באזור היובשני למחצה (כמו יער יתיר) אינם מבצעים כמעט פעילות פוטוסינתטית, ולכן גם שיעור הדיות (האידוי של מים דרך פתחי הפיוניות בעלים) הוא מצומצם. לכן השפעתו של היער ליצירה של מיקרו אקלים קריר יותר מצטמצמת משמעותית בקיץ (פרופ׳ גבי שילר, הרצאה בכנס מינהל פיתוח הקרקע של קק״ל, בית דגן 9.5.12) והאטרקטיביות שלו למטיילים יורדת.

אספקת שירותי נופש ופיקניק באמצעות יערות נטועים יכולה להיעשות תוך הקטנת הפגיעה במערכת האקולוגית הטבעית: ראשית, ניתן לטעת עצים מקומיים (ולא זרים) לאספקת צל. שנית, ניתן למקד את חורשות הצל למוקדים מצומצמים וצמודי דופן לאזורים מפותחים, תוך השארת מירב השטח כפתוח לצורך אספקת שירות הטיילות.

ראוי לבחון כמה דונמים מתוך 30 אלף הדונם של יער יתיר אכן מנוצלים בפועל לצרכי פיקניק, לעומת השטח המנוצל לטיילות, ולבדוק את העדפות המטיילים והמשתמשים הפוטנציאליים במרחב על מנת לקבוע כמה שטח מיוער נחוץ לאספקת שירות הפנאי והנופש, לעומת כמה שטח טבעי.

לעומת היער הצפוף, הסוואניזציה נטועה בתצורת יער פארק במרווחים גדולים יחסית, ומספקת פחות צל, ולכן סביר שהתאמתה לאספקת שירות של פנאי ונופש בחיק הטבע כאתר פיקניק מוצל היא נמוכה יחסית.

מטייל צעיר במישור לס פורח, צפונית למיתר. צילם: אלון רוטשילד

ב. **שירות בקרת אקלים**

הצמחייה היבשתית העולמית קולטת כ- 25% מהפחמן הדו חמצני (להלן CO_2) שנפלט לאטמוספירה. שירות זה מכונה שירות בקרת אקלים גלובאלי, מכיוון שהוא ממתן את קצב עליית ריכוז ה- CO_2 באטמוספירה ועל ידי כך מתמתן גם קצב שינוי האקלים העולמי.

במחקר בן 9 שנים שהתבצע ביער יתיר, נמצא שהיער מקבע CO_2 בקצב הקרוב לממוצע העולמי ליערות – נתון מעניין בהתחשב במיקומו באזור יובשני למחצה. אולם, עורכי המחקר ביצעו שקלול של השפעתו החיובית של היער לקיבוע CO_2 מול השפעה שלילית של קליטת חום מוגברת. היער, בעל גוון כהה מסביבתו הטבעית (שהיא בתת ספר בהירה), גורם לירידה בהחזר קרינת החום (אלבדו – ביטוי למידת ההחזריות של גוף או של משטח, זהו היחס בין כמות הקרינה האלקטרומגנטית המוחזרת מגוף או משטח לכמות הקרינה שפגעה בו. הקרינה שנבלעה בגוף או במשטח באה לידי ביטוי בחימום הגוף) של השטח המיוער ביחס לסביבתו הטבעית. וכך, בעוד שקליטת ה- CO_2 הינה בעלת אפקט

מקרר ברמה הגלובלית, הרי שהירידה בערכי האלבדו הינה בעלת ערכי חימום. הגעה למצב בו אפקט הקירור יגבר על אפקט החימום ביערות באזורים יובשניים למחצה תארך עשרות שנים [14], ובמקרה של יער יתיר אף דובר על כ- 80 שנים (פרופ' דן יקיר, הרצאה בכנס המארג, 2012). מכאן, שהייעור בספר המדבר עלול לפגוע במאמצי ישראל להפחית את טביעת הרגל שלה ביחס לשינויי האקלים, מכיוון שכיום היערות בצפון הנגב ודרום הר חברון הם עדיין בעלי מאזן מחמם על האקלים הגלובאלי. המחקר מציע גם שתופעת המדבור העולמית, המגדילה את השטחים החשופים מצומח מעוצה (הבהירים ומחזירי קרינה), תורמת למיתון ההתחממות הגלובלית בגלל קליטה נמוכה יותר של קרינת חום באזורים יובשניים למחצה [14]. נתונים אלה מחייבים בחינה ביקורתית ומחקרית של פעולות ייעור בספר המדבר, ועשויים לרמוז על הלימה בין תועלות השטח הטבעי לשירות המערכת של בקרת האקלים, לבין תועלת השטח הטבעי לשמירת המינים הערבתיים הייחודיים לשמירת הטבע באזור ספר המדבר.

ג. שירות מניעת סחף קרקע

צומח (כולל מיקרופיטים) המכסה את פני הקרקע מספק שירות חיוני של שמירה על שכבת הקרקע העליונה מפני סחף ובלייה. לעיתים, במיוחד באזורים מדבריים למחצה, פעילות אינטנסיבית הגורמת להסרת הצומח, יכולה להוביל לחשיפת הקרקע לרוח, לבלייה איאולית (בלייה ע"י רוח) וסחיפה על ידי נגר, ובהמשך למדבור [24].

אחד הטיעונים העומדים בבסיס הייעור בנגב בכלל, ופרויקט הסוואניזציה בפרט, הוא כי פעולות ייעור אלה מייצבות את מאזן הסחף במערכת האקולוגית, ובכך מונעות תהליכי מדבור.

ניכר ממחקרים המתבצעים בימים אלה כי מערכות קציר נגר בוגרות (בנות כ- 15 שנים) אוצרות סחף ובכך מגבירות את השירות האקולוגי ושומרות על הקרקע. אולם, פעולות הכשרת הקרקע לצורך בניית מערכות קציר הנגר כוללות שימוש בכלים הנדסיים כבדים, ריסוס, פילוח הקרקע לעומק, הידוק קרקע ובניית סוללות עפר. פעולות אלו גורמות לבלייה איאולית ולסחיפת קרקע.

בתחנה לחקר הסחף נמצא כי השפעת ריסוס על הגדלת הנגר והסחיפה ניכרת גם לאחר 15 שנים מיום הריסוס. לעומת זאת, השפעת חישוף מדרון ללא ריסוס היא קצרה יותר: לאחר חישוף מדרון עם מפלסת רואים הגדלת הנגר בשנים הראשונות ולאחר מכן דעיכה כבר לאחר 4 שנים. לאחר 8 שנים אין הבדל בנגר בין החישוף לביקורת (שמוליק ארבל, התחנה לחקר הסחף, דוא"ל 14.5.12).

מתצפיות בשטח ניכר שתופעות של חירוץ וסחף מועצמות בקרקע החשופה הנוצרת בשנים הראשונות לאחר הכשרת השטח לייעור, עד להשתקמותה הטבעית.

לעומת זאת, שטח בתה טבעי המכוסה בצומח הוא מערכת אקולוגית יציבה, מכוסה בצומח ובקרום קרקע, ולכן מספקת שירות מניעת סחף.

למיטב ידיעתנו, לא בוצעה בדיקה מקיפה וארוכת טווח של מאזן סחף הקרקע במרחב שפותח לייעור. על מאזן זה לכלול גם את התקופה בה הקרקע טרם השתקמה, וגם את התקופה בה המערכת מתפקדת כ"בוגרת".

ללא בחינה מחקרית משמעותית ומעמיקה אשר תציג את מאזן הסחף לאורך כל שנות חיי מערכת קציר הנגר, מהכשרתה ועד התייצבותה כעבור למעלה מעשור, לא ניתן יהיה להצביע על מאזן חיובי או שלילי לשירות מניעת הסחף.

חירוץ וסחף קרקע בשטחים שהוכשרו לנטיעות וחושפו מצומח טבעי. מימין – צומת גורל, משמאל – אזור להב, באביב 2012. צילום: אלון רוטשילד.

. השטח המיוער מתאפיין בכיסוי צומח מזערי, מרבית שטח האדמה חשוף ומועד לסחף. מעליו מדרון בתה טבעי המתאפיין בכיסוי צומח עשבוני ושיחי בשיעור הקרוב ל100%, וחסין לסחף קרקע. מצפון ליער להב, אוגוסט 2013. צילום: אלון רוטשילד

8. קיימות (Sustainability) היערות הנטועים באזור יובשני

סוגיה בעלת משמעות בבחינת ה'עלות- תועלת' הציבורית של פרויקט הייעור בספר המדבר היא קיימות היערות לאורך זמן, לאור שינויי האקלים, צפי לצמצום במשקעים ומחסור במים.

דוגמה היסטורית לכך היה נטיעת היערות מדרום לבאר שבע בשנות החמישים של המאה ה- 20 אשר הופסקה בשנות ה- 60, שהיו שנים שחונות, בעקבות תמותה של עצים רבים, ובעקבות כך קק"ל הפסיקה לנטוע יערות מתחת לקו ה - 200 מ"מ [40].

המרחב אליו מתייחס מסמך זה מתאפיין בגרדיאנט אקלימי מצפון לדרום. בצפון השטח, ממוצע המשקעים מגיע ל- 300 מ"מ ואלו בדרומו יורד הממוצע ל- 100 מ"מ בלבד. ביער יתיר כמות המשקעים הממוצעת הזמינה לניצול לעצים (כמות משקעים אפקטיבית), לאחר הורדת האידוי מהעלווה ומהקרקע, היא כ -150 מ"מ גשם בלבד (פרופ' גבי שילר, כנס מחקרי מפ"ק 9.5.12). תנאי אקלים מדבריים ומדבריים למחצה אלה אינם מאפשרים ליערות טבעיים להתפתח [42], וביער יתיר אין התחדשות טבעית של אורנים (פרופ' גבי שילר, כנס מחקרי מינהל פיתוח הקרקע של קק"ל, בית דגן, 9.5.12).

שינויי אקלים שמקורם בפעילות אנתרופוגנית מצויים במגמת החרפה בעשרות השנים האחרונות, וקיומם אינו מוטל כיום בספק.

לפי צפי שינוי האקלים לאגן הים התיכון וישראל, המדבור עשוי להתגבר אפילו אם כמות המשקעים תישאר ללא שינוי וזאת עקב: (1) התאדות מוגברת הנובעת מעלייה בממוצעי הטמפרטורות ו- (2) שינוי בתדירות המשקעים ופריסתם במרחב.

חשוב לציין שהעלייה בשונות האקלימית במרחב ובזמן תביא להרעה במשטר ההידרולוגי[51]. עקות החום יגבירו את סכנת היפגעות הצומח מנזקי מזג האוויר, זיהום (בעיקר אוזון) ומזיקים. לדוגמה, בשנים האחרונות נצפית תמותה של מאות אורנים ביערות אורן נטועים בצפון הנגב [32,50]. מודלים שונים חוזים שההשפעה המרכזית של תהליכים אלו בישראל תהיה באזור ספר המדבר [44] ולכן עמידות היערות לאורך זמן מוטלת בספק.

יש לציין שהנטיעות של קק"ל בשטחי צפון הנגב דורשות השקיה בשנים הראשונות לאחר הנטיעות. כמו כן, ידוע לנו שגם שטחי נטיעות ותיקים (דוגמת הלימנים לאורך כביש 40[49]) מושקים באופן יזום על ידי קק"ל. עובדה זו מעמידה את הקיימות של שטחי הנטיעות, המושקים במים באופן מלאכותי, בסימן שאלה לגבי התאמתם למרחב מדברי, במציאות המחייבת חיסכון לאומי במים.

מכלית שסיימה להשקות לימן בסמוך לכביש 40 מדרום לצומת הנגב. התמונה צולמה בחורף 2011
צילום : גיא רותם

התייבשות אורנים ביער להב, מרץ
.2012

9. פערי הידע המדעיים בבסיס פרויקט קציר הנגר בנגב

"במשך השנים השקיעה קק"ל משאבים רבים בפעילות לעצירת התפשטות המדבר ושיקום שטחים שעברו תהליכי מדבור... כמו כן, מונעים היערות תהליכי מדבור בשולי האזורים הצחיחים..." אתר האינטרנט של קק"ל [22]

פרויקט הסואניזציה שהחל ב- 1986 [40] נשען על רקע מחקרי מוגבל, ולכן ראוי לברר מהם הנתונים שנצברו, מה ההבדל בין המערכת המחקרית לבין אופן היישום בפרויקט, ומהם פערי הידע הקיימים.

המערכת האקולוגית המדברית מורכבת בסקאלה המקומית משני סוגי כתמים – כתם שיחני (Shrub patch) וכתם קרומי, (Crust patch) המקיימים ביניהם מערכת של מקור- מבלע (Source-sink) [3, 18]. במחקרים נמצא שכתמי הקרומים תורמים מים, קרקע וחומרי מזון לכתמי השיחים ובכך מאפשרים את קיומם.

הטענה המרכזית העומדת בבסיס פרויקט הסוואניזציה היא שכתוצאה מפעילות אנושית דוגמת רעייה וכריתת שיחים מעוצים לאספקת עץ לבעירה, הצטמצמו שטחי הכתמים השיחניים והשתנה היחס בין כתמי המקור-למבלע. התוצאה של תהליך זה, לטענת יוזמי הסוואניזציה, היא אבדן של חומרי מזון, קרקע ומים מהמערכת ודלדול נוסף של הביומסה. כפתרון לבעיה זו, הוצע לבצע הפרעה מלאכותית של קרום הקרקע, ולייצר נישות שיאפשרו היקלטות של זרעי צמחים, אשר ישמשו ככתמי מבלע ויעצרו את בריחת המשאבים מהמערכת.

הניסויים הראשונים נערכו בפארק 'סיירת שקד', בהם בוצעו חפירות מלאכותיות **קטנות** (אורך 1 מטר, רוחב 30 ס"מ, עומק 20 ס"מ), לצד תלולית נמוכה. במחקרים ראשוניים אלה, נמצא כי עושר מיני העשבוניים והביומאסה הצמחית גבוהים בבורות ובתלוליות לעומת השטח המכוסה בקרום.

ראוי לציין מספר פערי ידע ויישום בין הפרויקט המחקרי לבין יישומו רחב ההיקף:

- המחקר בוצע על חפירות קצרות ונמוכות, בעוד היישום מבוצע בסוללות שאורכן עשרות מטרים, גובהן מגיע למעלה ממטר, והן מבוצעות תוך שימוש בכלים כבדים הרומסים את קרום הקרקע ומהדקים את שכבת הקרקע העליונה בשטח.
- לא נבדקו ההבדלים בהרכב המינים אשר תרמו לביומאסה – איזה מיני צמחים נעלמו ואיזה מיני צמחים התווספו בעקבות פעולות ההתערבות?
- כמה משאבים (נגר, זרעים, קרקע ונוטריינטים) אובדים מהמערכת בשנים הראשונות להכשרת השטח, בעקבות חישופו מצומח טבעי?

במחקרים שונים נמצא ששתילת עצים באופן מלאכותי במערכת מדברית למחצה משפרת את מצב הנוטריינטים בקרקע, מורידה את כמויות הנגר העילי ומקטינה את סחף הקרקע [15](טרין פז- כגן, מידע בע"פ). כמו כן נמצא, שהביומסה הצמחית שנמדדה בסוללות 'שיחים' בוגרים בני 10-15 שנים גבוהה מחלקות ביקורת טבעיות (טרין פז- כגן, מידע בע"פ).

בניגוד לטענות שהוצגו בבסיס הסוואניזציה, ועיקרן תיאור מצב של הדרדרות המערכת האקולוגית המדברית אל מעבר לסף בר שיקום, ישנם חוקרים שמעלים את האפשרות שתופעת המדבור בצפון הנגב היא תוצאה של מחזורים אקלימיים ושסביר שלמערכת, לפחות במרבית האתרים, קיימת יכולת

השתקמות טבעית (פרופ' חיים קיגל, דוא"ל 29.04.2012). עוד נטען שגם אם ישנה התדרדרות במצב השטח בשטחים מסוימים, כמו ב'פארק סיירת שקד' (תמותה של נואית קוצנית ומתנן שעיר) הרי שבשטחים אחרים דוגמת להבים וגבעות גורל מינים מסוימים הפגינו עמידות יחסית לבצורת (נואית קוצנית וקורנית מקורקפת) או כושר התאוששות מבצורת (סירה קוצנית במפנה צפוני).
מחקר עדכני מעלה השערה כי מינים מסוימים עמידים ליובש אך לא לרעיה (נואית קוצנית) לעומת מינים אחרים העמידים לרעיה אך לא לבצורת (מתנן שעיר) [48].
המערכת האקולוגית המדברית הטבעית עברה שנים ארוכות של אבולוציה, שהקנו לחברה זו, על המגוון הביולוגי שבה, עמידות לעקות שונות. הטענה שהמערכת האקולוגית התדרדרה אל מעבר לסף בר שיקום היא טענה שנויה במחלוקת שלא הוכחה באופן מלא. בנוסף, לא נקבעו קריטריונים ברורים למערכת בעלת סטטוס "מדורדר".
גם הקשר בין רעייה לבין סחף קרקע ודלדול המערכת האקולוגית, המובא לעיתים כסיבה לפעולות הייעור, אינו חד משמעי. יש הטוענים כי בישראל, באזור הנתון תחת לחצי רעיה כבדים מזה אלפי שנים, אין כלל תופעה של רעית יתר [15].
לפיכך, אם בעיית המדבור מועצמת בעקבות רעיה, הפתרון הסביר הוא ממשק רעייה נכון לצורך מניעת סחף קרקע, ולא שינוי מוחלט של המערכת האקולוגית הטבעית.

כיום קיימים עדיין פערי ידע עצומים בין הבסיס המחקרי המוגבל בחלקות הניסוי של הסוואניזציה, שבוצעו בהיקף מוגבל ובאופי מסוים, לבין היישום רחב ההיקף והאינטנסיבי באופיו.

חשוב לציין כי בעקבות תובנות ממחקר אקולוגי (הוזכר לעיל) שהתקיים בפארק 'סיירת שקד' שהצביע על הבעייתיות של פעולות הנטיעה במישור הלס של הפארק [8], והמידע שהועבר לקק"ל, שינתה קק"ל חלק מתוכניות הנטיעה, והוחלט לקדם באזור את תוכנית "פארק הלס", שמרביתה משמרת את השטח ללא נטיעות. אולם, יישומן של תובנות אקולוגיות בשיקולי נטיעה במרחב הנגב רחוק מלהיות מספק.

השאלות הפתוחות בתחום זה מחייבות מענה טרם המשך ביצוע של פעולות ייעור אינטנסיביות ורחבות היקף במרחב צפון הנגב:

א. שאלות ברמת המאקרו

- מהם הקריטריונים לזיהוי מערכת מדורדרת המצדיקה התערבות?
- מדוע מבצעים פעולות גם בשטחים בהם המערכת לא נמצאת בדגרדציה אלא במצב תקין?
- מהו הנזק המצטבר למערכת במשך 10-15 השנים הראשונות מבחינת סחף קרקע, נגר ומגוון ביולוגי (מתוך הנחה שבמערכת ייעור "בוגרת" מגיעים למצב טוב יותר)?
- מהי ההשפעה על מגוון המינים בדגש על מינים מדבריים רגישים ?

ב. שאלות ברמת המיקרו

- מדוע לנטוע עצים ולא שיחים מקומיים?
- מדוע לנטוע מינים זרים / פולשניים ולא מקומיים?
- האם ניתן להקים סוללות נמוכות יותר ובמרחקים גדולים יותר שיקטינו את התלת מימדיות של השטח?

מימין : טרקטור המבצע פעולות ייעור. משמאל - שטח טבעי באזור הר חירן.
מהם הקריטריונים למערכת אקולוגית מדורדרת הדורשת התערבות?
צילום : אלון רוטשילד

תודות

תודתנו לאנשים הבאים שתרמו לכתיבת המסמך. עם זאת – כל טעות, אם תמצא, היא על אחריות המחברים בלבד:

עברו על טיוטת הפרק והעירו הערות מצוינות:

- דותן רותם, אקולוג שטחים פתוחים ברשות הטבע והגנים
- ד"ר אסף צוער, אקולוג מחוז דרום, רשות הטבע והגנים
- יואב פרלמן, חוקר במרכז הצפרות הישראלי
- אורי רמון, מנהל יחידת הסקרים, מכון דש"א
- ד"ר עפרי גבאי, החברה להגנת הטבע
- פרופ' יורם יום טוב, אוניברסיטת תל אביב
- ד"ר גד פולק, מכללת סמינר הקיבוצים
- ד"ר בעז שחם, החברה להגנת הטבע והאוניברסיטה העברית

תודה לגיא נזרי מיחידת הממ"ג של מכון דש"א על סיוע בהפקת חלק מהמפות.

לצורך כתיבת המסמך נפגשנו ושוחחנו עם האנשים הבאים, שהאירו את עינינו בנושאים שונים:

- ד"ר אורנע רייזמן ברמן, מחלקה לחקלאות באזורים צחיחים, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון, קמפוס שדה בוקר.
- ד"ר אסף צוער, אקולוג מחוז דרום, רשות הטבע והגנים.
- מר בועז פריפלד, יחידת ממ"ג רשות הטבע והגנים מחוז דרום.
- ד"ר ברטרנד בוקן, המחלקה לחקלאות באזורים צחיחים, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון, קמפוס שדה בוקר.
- ד"ר דרור הבלנה, מהמחלקה לאקולוגיה אבולוציה והתנהגות, האוניברסיטה העברית
- פרופ' חיים קיגל, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית
- הגברת טרין פז- כגן, המחלקה לפיסיקה של הסביבה, המכון לחקר המדבר בשדה בוקר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב.
- פרופ' מרסלו שטרנברג, המחלקה למדעי הצמח, אוניברסיטת תל אביב.
- פרופ' אבינועם דנין, המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה ואקולוגיה, המכון ע"ש סילברמן, האוניברסיטה העברית ירושלים.
- ד"ר מוטי היימן, המחלקה ללימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת בר אילן. וארכאולוג ברשות העתיקות
- מר איציק משה, סגן מנהל מרחב דרום, קרן קיימת לישראל

מקורות

[1] Baguette, M, Van Dyck, H. 2007. Landscape Connectivity and Animal Behavior: Functional Grain as a Key Determinant for Dispersal. Landscape Ecology;22:1117-29.
[2] Clara L, AM. 2004. Vegetation Monitoring in a Semi-Desert Afforestation Project. MSC thesis at the Jacob Blaustein Institute for Desert Research Albert Katz International School for Desert Studies, Ben-Gurion University of the Negev.
[3] Eldridge, DJ, Zaady, E, Shachak, M. 2002. Microphytic Crusts, Shrub Patches and Water Harvesting in the Negev Desert: The Shikim System. Landscape Ecology;17:587-97.
[4] Fahrig, L, Jonsen, I. 1998. Effect of Habitat Patch Characteristics on Abundance and Diversity of Insects in an Agricultural Landscape. Ecosystems;1:197-205.
[5] Fahrig, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics;34:487-515.
[6] Giladi, I, Ziv, Y, May, F, Jeltsch, F. Scale-Dependent Determinants of Plant Species Richness in a Semi-Arid Fragmented Agro-Ecosystem. Journal of Vegetation Science;22:983-96.
[7] Hawlena, D, Bouskila, A. 2006. Land Management Practices for Combating Desertification Cause Species Replacement of Desert Lizards. Journal of Applied Ecology;43:701-9.
[8] Hawlena, D, Salts, D, Abramsky, Z, Bouskila, A. 2010. Creation of an Ecological Trap for Desert Lizards with Addition of a Habitat Structure That Favors Predator Activity. Conservation Biology; 24: 803-809.
[9] http://amudanan.co.il.
[10] Kark, S, PHILIP, U, SAFRIEL, U, RANDI, E. 1999. Conservation Priorities for Chukar Partridge in Israel Based on Genetic Diversity across an Ecological Gradient. Conservation Biology;13:542-52.
[11] Koniak G, SE, Noy- Meir I. 2011. Recreation as an Environmental Service in Open Landscapes in the Mediterranean Region in Israel: Public Prefrences. Israel Journal of Ecology & Evolution;26:151-171.
[12] Lennon, JJ, Kunin, WE, Corne, S, Carver, S, Van Hees, WWS. 2002. Are Alaskan Trees Found in Locally More Favourable Sites in Marginal Areas? Global Ecology and Biogeography;11:103-14.
[13] McGill, B, Collins, C. 2003. A Unified Theory for Macroecology Based on Spatial Patterns of Abundance. Evolutionary Ecology Research;5:469-92.
[14] Rotenberg, E, Yakir, D. 2010. Contribution of Semi-Arid Forests to the Climate System. Science; 327:451-4.
[15] Safriel UN, Novoplansky A, Laronne JB, Karnieli A, Moshe I, Kharabsheh A, Mohammad AG, Kusek G. 2010. Soil Erosion- Desertification and the Middle Eastern Anthroscapes within: Kapur S, Eswaran H, Blum WEH (Eds) Sustainable Land Management Learning from the Past for the Future .Pp 57-124. Springer Publication.
[16] Sapir, N, Abramsky, Z, Shochat, E, Izhaki, I. 2004. Scale-Dependent Habitat Selection in Migratory Frugivorous Passerines. Naturwissenschaften;91:544-7.

[17] Sapir, N, Tsurim, I, Gal, B, Abranisky, Z. 2004. The Effect of Water Availability on Fuel Deposition of Two Staging Sylvia Warblers. Journal of Avian Biology;35:25-32.
[18] Shachak, M, Sachs, M, Moshe, I. 1998. Ecosystem Management of Desertified Shrublands in Israel. Ecosystems;1:475-83.
[19] Shochat, E, Abramsky, Z, Pinshow, B. 2001. Breeding Bird Species Diversity in the Negev: Effects of Scrub Fragmentation by Planted Forests. Journal of Applied Ecology;38:1135-47.
[20] Shochat, E, Tsurim, I. 2004. Winter Bird Communities in the Northern Negev: Species Dispersal Patterns, Habitat Use and Implications for Habitat Conservation. Biodiversity and Conservation;13:1571-90.
[21] Veech, JA, Crist, TO, Summerville, KS. 2003. Intraspecific Aggregation Decreases Local Species Diversity of Arthropods. Ecology;84:3376-83.
[22] www.kkl.org.il
[23] Zaady, E, Bouskila, A. 2002. Lizard Burrows Association with Successional Stages of Biological Soil Crusts in an Arid Sandy Region. Journal of Arid Environments;50:235-46.
[24] Zhao, HL, Zhao, XY, Zhou, RL, Zhang, TH, Drake, S. 2005. Desertification Processes Due to Heavy Grazing in Sandy Rangeland, Inner Mongolia. Journal of Arid Environments;62:309-19.

[25]אלון, ד, מירוז, א. 2002. פרק העופות הספר האדום של החוליתנים בישראל: רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
[26]אלון, ד, פרלמן, י. 2008. ציפורים בישראל בסכנת הכחדה: החברה להגנת הטבע.
[28] בוסקילה, ע. 2002. פרק הזוחלים. בתוך: פרבולוצקי, א, דולב, ע. (עורכים) הספר האדום של השפעות אקולוגיות מקורות
[29]שמידע, א, פולק, ג. 2010. הספר האדום. צמחים בסכנת הכחדה בישראל. הוצאת רשות הטבע והגנים.
[30]בלכר, מ. 2007. האירוס השחום של צפון הנגב: סקר, תוצאות ביניים. רשות הטבע והגנים.
[31]ברנשטיין, א. 2010. הלימנים בנגב מסמך מדיניות. הקרן הקיימת לישראל.
[32]גבאי, ע, שטרנברג, מ. 2011. פרק המגוון הביולוגי עמדים 90-106 במסמך היערכות לשינויי אקלים בישראל, סקירת ידע קיים, זיהוי פערי ידע ועדיפות להשלמתם. המשרד להגנת הסביבה.
[33]דולב, ע. 2002. סקר יונקים באזור להב. בתוך: צוער א, רמון, א. (עורכים) סקר להב. סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת. עמודים 76-85. הוצאת יחידת הסקרים מכון דש"א.
[34]דופור דרור, ז. 2010 הצמחים הפולשים בישראל . המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים.
[35]דופור דרור, ז. 2012 רשימת צמחי הנוי הזרים הלא רצויים בישראל . המשרד להגנת הסביבה
[36]הבלנה, ד. 2002. סקר זוחלים באזור להב. בתוך: צוער א, רמון, א. (עורכים) סקר להב. סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת. עמודים 86-92. הוצאת יחידת הסקרים מכון דש"א.
[37]הבלנה, ד. 2005 השפעות נטיעת עצים על אסופת מיני עופות וזוחלים בצפון הנגב. סיכום הרצאה למערך המקצועי של רט"ג.
[38]היימן, מ. 2001. מערכת חקלאות נגר מדברית מהתקופה הביזנטית בתחום סובב באר שבע. בתוך: רומם, א, רמון א. 2011. סקר סובב באר שבע. סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת. עמודים 34-47 . הוצאת יחידת הסקרים מכון דש"א.
[39]הלר, ד, לבנה, מע. 1993. אינציקלופדית החי והצומח של ארץ ישראל. כרך 10 צמחים בעלי פרחים א' עמודים 17-18. משרד הביטחון והחברה להגנת הטבע.

[40]טל, א. 2006. הסביבה בישראל. משאבי טבע, משברים, מאבקים ומדיניות- מראשית הציונות ועד המאה ה- 21 : הוצאת הקיבוץ המאוחד.
[41]ממ״י. 2011. דין וחשבון על פעולות מנהל מקרקעי ישראל לשנת התקציב 2010. ירושלים : http://www.mmi.gov.il/Osh/Aspx/DownloadTofes.aspx?Maarechet=71&TofesId=%20167&UserId=-1&RO=true.
[42]פולק, ג. 1992. צומח וצמחים. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.
[43]פרבולוצקי, א, פולק, ג. 2001. אקולוגיה התיאוריה והמציאות הישראלית : הוצאת כרטא.
[44]קליאוט, נ, פז, ש, קידר, א. 2008 מסגרת הבנה להיערכות לשינויי אקלים בישראל . דו״ח מסכם המוגש למדען הראשי של המשרד להגנת הסביבה.
[45]קפלן, י. 1988. יער וייעור בדרום השפלה. בתוך : אורמן, ד שטרן,א. (עורכים) אדם וסביבה בדרום השפלה. מחקרים בגיאוגרפיה והיסטוריה אזורית. עמוד 239. הוצאת מסדה.
[46]קק״ל. 2010. סיכום פעילות מרחב דרום. מנהל פיתוח הקרקע מרחב דרום.
[47]קק״ל. 2011. סיכום פעילות מרחב דרום מנהל פיתוח הקרקע מרחב דרום
[48] דה מלאך נ׳, אונגר י ד, פוט ה׳, יונתן ר׳, ברקאי ד׳, בן משה ע׳, ברעם ח׳, קיגל ח׳. 2012. רעיה ובצורת בספר המדבר - מגמות ארוכות טווח בכיסוי הצומח המעוצה. אקולוגיה וסביבה, כרך 2 גיליון 1, עמ׳ 173-166.
[49] http://rng.org.il/?p=5474
[50] דורמן מ׳, סבוראי ט׳, פרבולוצקי א׳. 2012. התייבשות עצים ביערות אורן ירושלים בישראל - מבט מגובה רב. אקולוגיה וסביבה, כרך 3 גיליון 3, עמ׳ 230 -237.
[51] סערוני ה׳, זיו ב׳, פרגמנט ר׳, חלפון נ׳, פורשפן א׳, אוסטינסקי צדקי א. 2012. תנודות בגשמי הנגב בחמישים השנים האחרונות - האמנם עדות לשינוי באקלים?. אקולוגיה וסביבה, כרך 3 גיליון 1, עמ׳ 62 -71.