

תחנות המחקר והניטור ארוכי הטווח של קק"ל – חשיבותן לממשק מותאם ולבקרה על התהליכים במערכת האקולוגית לנוכח שינוי האקלים

שילי דור-חיים^{1,2*} | יגיל אסם³ | תמיר קליין⁴ | אלי ארגמן⁵ | ניצן שגב¹ | אסף קרואני⁶

- 1 מו"פ מדבר וים המלח
- 2 המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
- 3 המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי-מרכז וולקני
- 4 המחלקה למדעי הצמח והסביבה, מכון ויצמן למדע
- 5 התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- 6 אגף הייעור, קק"ל
- * shaylidh@post.bgu.ac.il

מבוא

האקולוגיה (כדוגמת שינוי נופי, שינוי בהרכב המינים ועוד), וכן לעקוב אחר תפקודה, ויציבותה של המערכת האקולוגית לנוכח שינוי האקלים. הידע שנצבר ממחקרים אלה מאפשר להבין כיצד המערכת פועלת ולשחזר תהליכים המתקיימים בה, לדוגמה – נגר עילי במערכות מדבריות. המידע הנאסף במסגרת מערך המחקר מסייע בהערכת הבריאות והחיוניות של היער, בכימות שירותי המערכת וגם בניהול היער או השטח הפתוח באופן בר-קיימא. הקשר בין תוצאות המחקרים והניטור ארוך הטווח לממשק הוא נדבך מרכזי בניהול שטחי קק"ל. במאמר זה נסקור את המחקר בתחנות המחקר ארוך הטווח, כבסיס לסדרת מאמרים שיעסקו במחקר בתחנות אלה. המחקר האקולוגי ארוך הטווח יוצר בסיס מידע להתמודדות של ישראל עם שינוי האקלים וליכולת לתת מענה לשאלות ולאתגרים מרכזיים בנושא זה. הממצאים משמשים עוגן לביצוע פעילויות ממשק שמטרתן העיקרית היא התמודדות עם בצורות ושיטפונות (Pratt et al., 2014).

מערך המחקר ארוך הטווח (Long Term – LTER Ecological Research) בקק"ל הוקם לפני כ-30 שנה עם תחנת המחקר הראשונה, פארק סיירת שקד. המטרה הייתה פיתוח דרכי ממשק של מערכות אקולוגיות יובשניות וחקר פעולות ממשק באזורים יובשניים ובתנאים של אקלים משתנה. במהלך השנים הורחב המערך, ונוספו תחנות מחקר ארוך טווח נוספות באזורים עם מערכות אקולוגיות מגוונות המצויות בניהול קק"ל, כמו יערות וסוגים שונים של שטחים פתוחים. כמו כן, נוספו חלקות ניטור ארוך טווח (Long Term Monitoring). כיום המערך כולל חמש תחנות מחקר ארוך טווח (איור 1) וכ-80 חלקות ניטור ארוך טווח שמודדות פרמטרים כמו כמות הגשם, עומק חלחול מי הגשם, אחוז המים בקרקע, הרכב מיני צומח ושטפי חומר ואנרגיה (כמו קיבוע פחמן וייצור ביומסה). מטרת מערך המחקר והניטור ארוכי הטווח היא לסייע בהבנת תהליכים (למשל מדבור) והשפעתם על מבנה המערכת

כחלק מפיתוח מערך המחקר והניטור בקק"ל ומהתאמתו למטרות, ליעדים ולצרכים של מערך הייעור, נערכה חשיבה משותפת של נציגי אגף הייעור עם המנהלים המדעיים של תחנות המחקר ארוך הטווח בקק"ל. בתום התהליך גיבשה כל תחנה מטרות-על ארוכות טווח, מטרות ביניים ומדדים לניטור ארוך טווח. בשנת 2014 החל מערך המחקר לאסוף מידע מתחנות המחקר באמצעות פרוטוקולים אחידים, כדי שתתאפשר השוואה ביניהן. להלן סקירה מפורטת של המחקר שנעשה בתחנות המחקר.

הרשת העולמית של תחנות המחקר האקולוגי ארוך הטווח

תחנות המחקר ארוך הטווח (LTER) של קק"ל (אתר קק"ל) הן חלק מרשת LTER ישראל (אתר רשת LTER ישראל). התחנות הן חלק מהרשת האזורית האירופית (eLTER) ומהרשת הבין-לאומית למחקר אקולוגי ארוך טווח (רשת ILTER). הרשת הבין-לאומית מורכבת ממערך של תחנות מחקר במדינות שונות. מדענים מעורבים במחקר ובניטור של מערכות אקולוגיות בגישה רב-תחומית. החזון של רשת התחנות למחקר ארוך טווח הוא יצירת חברה שהמדע העכשווי והעדכני תורם למניעה ולפתרון של בעיות סביבתיות בה. בתחנות נאספים מדדי אקלים (כגון משקעים), נתונים על מגוון המינים ועל הרכב מינים, שטפים של פחמן דו-חמצני ומים, פירוק חומר אורגני ועוד. נוסף על כך, הידע והנתונים שנאספים בתחנות משמשים חומר לימודי לסטודנטים ולתלמידים במגוון גילים, ובתחנות מתבצעים ימי סיור הפתוחים לקהל הרחב.

מטרות הרשת הבין-לאומית הן: 1. ייסוד וכינון של גוף ידע על מערכות אקולוגיות באמצעות מחקר בין-תחומי בקנה מידה נרחב בזמן ובמרחב; 2. סינתזה של המידע המצטבר באתרי המחקר; 3. בנייה ומיסוד של מאגרי נתונים שיעזרו לקהילה המדעית ולחברה האזרחית למצוא מענה הולם לשאלות סביבתיות חשובות; 4. יצירת ארכיון נגיש לתצפיות ולניסויים ארוכי טווח; 5. הכשרה, הוראה ולמידה של השינויים ארוכי הטווח ורחבי ההיקף של המערכות האקולוגיות העיקריות של כדור הארץ, וחינוך דור חדש של מדענים ואנשי ממשק לחשיבה בין-תחומית ומתכללת תוך שקיפות ושיתוף מידע; 6. פיתוח שיתופי פעולה ותאימים ברמה הארצית, האזורית והבין-לאומית בין רשתות למחקר אקולוגי ארוך טווח (Mirtl et al., 2018).



איור 1

פריסת תחנות המחקר ארוך הטווח ברשות קק"ל

תחנת יער הקדושים (KDM); תחנת יער יתיר (YTR); תחנת יער השגירים (SF); תחנת פארק שקד (PSK); תחנת נחל שיטה (WSH). מקור: Google Earth, 2015.

תחנות המחקר האקולוגי ארוך הטווח של קק"ל

חמש התחנות למחקר ארוך הטווח באחריות קק"ל ממוקמות מהערבה בדרום ועד הרי יהודה במרכז ומייצגות סוגי ממשק שונים. תחנות מחקר יער הקדושים, יער יתיר ויער השגירים מייצגות יערות נטע-אדם באזור הים תיכוני (יער הקדושים) והצחיח למחצה (יער יתיר ויער השגירים). תחנת מחקר פארק שקד ממוקמת באזור צחיח למחצה ומייצגת שטח טבעי ללא ממשק ורעייה. התחנה היא מודל למערכת אקולוגית מדברית שעברה קריסה ושיקום טבעי. תחנת מחקר נחל שיטה היא תחנת מודל להבנת המערכת האקולוגית של אוכלוסיית השיטים כמין מפתח באזור צחיח קיצון, המושפע בעיקר מתדירות השיטפונות בנחלי הערבה ומעוצמתם.

תחנת LTER יער הקדושים

תיאור כללי

התחנה הוקמה בשנת 2008 והיא ממוקמת על המדרונות המערביים הנמוכים של הרי ירושלים. גובה האתר 390–510 מטר מעל פני הים, ושיפוע המדרון הממוצע הוא כ-25%. האקלים ים תיכוני, עם ממוצע משקעים רב-שנתי של 550 מ"מ. יער הקדושים הוא יער נטע-אדם חד-מיני וחד-גילי של אורן ירושלים (*Pinus halepensis*), שניטע בשנת 1968. הצמחייה הטבעית היא צמחייה מעוצה דלילה המורכבת בעיקר מאלון מצוי (*Quercus calliprinos*), אשחר ארץ-ישראלי (*Rhamnus lyciodes*), אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus*), קידה שעירה (*Calicotome villosa*) וסירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*). כמו כן, גדלה באתר צמחייה עשבונית עשירה של חד-שנתיים, עשבים רב-שנתיים וגאופיטים.

מערך המחקר הוקם כ-40 שנה לאחר נטיעת היער, והוא מתפרס על שטח של כ-200 דונם שחולק לחמישה בלוקים (איור 2). בחלקות הניסוי בוצעו טיפולי דילול בעוצמות שונות.

מטרות

התחנה מיועדת למחקר, לממשק ולניהול של יערות אורן ירושלים בוגרים לטובת עיצוב דור היערות הבא בישראל כיערות בני-קיימא. המחקר מתמקד בדינמיקה של הצמחייה תוך התבססות על תהליכים טבעיים של סוקצסיה ותמיכה במגוון הביולוגי על ידי טיפוח תת-היער.

תובנות מרכזיות

ממצאים מ-15 שנות מחקר ביער הקדושים הראו שדילול



איור 2

תחנת יער הקדושים, מערך חלקות הניסוי

צילום אוויר (2010) של חלקות הניסוי לאחר ביצוע טיפולי הדילול ביער הקדושים. הדילול בוצע בקיץ-סתיו 2009.

היער גרם לשיפור ניכר (עד פי שלושה) בקצב התעבות הגזע וייצור הביומסה של עצי האורן ולירידה ניכרת בשיעור התמותה של העצים (עד פי עשרה). השיפור הניכר במצבם של העצים שנתרו לאחר הדילול מוסבר בעלייה בזמינות המשאבים (אור, מים) בעקבות הפחתת התחרות (Calev et al., 2016). עם זאת, היות שהיער טרם הדילול היה צפוף מאוד (כ-60 עצים לדונם) ודולל בגיל מאוחר יחסית (40 שנה), עוצמת התגובה של עצי היער לדילול מבחינת ממדי החופה הייתה מוגבלת (Kolb et al., 2007), ורמת כיסוי הצמרות של היער נותרה קבועה במהלך השנים שלאחר הדילול, בניגוד לצפוי ביערות צעירים יותר (חת ושפטר, 1983).

התחדשות טבעית וצמיחה של זרעי אורן ירושלים בתת-היער גברו במידה ניכרת (עד פי חמישה ופי שלושה, בהתאמה) בעקבות הדילול, ולעומת זאת, קצב ההתחדשות של זרעי אלון מצוי פחת עקב הדילול. עם זאת, קצב הצמיחה של אלונים שהתבססו טרם הדילול גבר. נוסף על כך, הדילול השפיע על הרכב מיני הצמחים בתת-היער וגרם לעלייה ניכרת במגוון המינים, שיוחסה אף לעלייה בזמינות המשאבים, בעיקר במשאב האור (Zangy et al., 2021). כמו כן, הדילול הביא לצמצום צריכת המים של היער ולשיפור יעילות ניצול המים לקיבוע פחמן.

תחנת LTER יער יתיר

תיאור כללי

התחנה הוקמה בשנת 2000 והיא ממוקמת על הגבול הדרומי של האזור הים תיכוני בחלק הצפוני של הנגב. השטח מאופיין בגבעות בגובה של כ-600–800 מטר מעל פני הים. האתר נמצא ביער שניטע בשנים 1965–1969, ורובו אורן ירושלים (איור 3).

בשנת 2020 צוינו שני עשורים להקמת התחנה ועשור להקמת מערך המחקר ארוך הטווח באתר. כחלק ממערך המחקר הוקמו חלקות ניסוי, ובוצעו בהן ארבעה טיפולי דילול בעוצמות שונות.

הצמחייה מתחת לעצים מורכבת מבני-שיח וממינים עשבוניים חד-שנתיים ורב-שנתיים שמהווים חלק מצומצם מהביומסה של המערכת האקולוגית. בשנים האחרונות נוספו למערך הניטור בתחנה מדידות של ניצול מים בעצים, ומדידות בתת-ההקרע ובמערכות השורשים שבה (רטיבות מים בקרקע וייצור שורשים עדינים).

מטרות

התחנה מיועדת לתרום להבנת השפעות ממשק יער צחיח למחצה על יצרנות היער וחיוניותו, על החידוש הטבעי ועל המגוון הביולוגי. נוסף על כך, באמצעות המחקר בתחנה

בגיליון זה). בחינת רטיבות הקרקע ופוטנציאל המים של הקרקע הראה כי לעצים השפעה ישירה על ייבוש הקרקע בשל צריכת המים. נמצא כי רטיבות הקרקע הולכת ויורדת ככל שמתקרבים אל העצים, גם בדילול הבינוני וגם בדילול החזק. מדד פוטנציאל המים בקרקע מצביע על זמינות מים נמוכה יותר, ככל שצפיפות העצים בחלקה גבוהה יותר. לשינויים בכיסוי היערות עקב שינוי האקלים ופעילות אדם יש השלכות מורכבות אבל חשובות על המים, על קיבוע הפחמן ועל המערכת האקולוגית המקומית (Klein, 2020; Qubaja et al., 2020; Rotenberg et al., 2021).

תחנת LTER פארק שקד

תיאור כללי

התחנה הוקמה בשנת 1997 וממוקמת בפארק האקולוגי סירת שקד בצפון-מערב הנגב ליד אופקים, בגובה 200 מטר מעל פני הים, עם ממוצע גשם שנתי של 200 מ"מ. ככל הנראה, האזור היה נתון ללחץ רעייה כבד במשך אלפי שנים עד להקמת הפארק בניהול קק"ל ב-1987 (Shachak et al., 1998). הניהול כולל רעייה, איסוף מי נגר ושתילת עצים.

מנסים להבין את הגורמים הסביבתיים המשפיעים על קיום היער, לרבות אקלים, צפיפות היער, רעייה והתחדשות טבעית, ולהעריך את הסיכויים להמשך קיומו.

תובנות מרכזיות

יער יתיר כחקר מקרה ליער נטוע באזור מדברי מוכיח כי לאזור צחיח למחצה יש פוטנציאל גדול מהצפוי בקיבוע פחמן. נוסף על כך, תוצאות המחקר לטווח ארוך מראות שיעור באזור צחיח למחצה מוריד באופן משמעותי את טמפרטורת פני השטח. בהיקפים גדולים שינויים אלה יכולים להשפיע על האקלים המקומי. כמו כן, ניסוי הדילול מראה עלייה בקצב צמיחת העצים שנותרו לאחר הדילול. בבחינת הקשר בין הצפיפות וקצב הגדילה מתקבל כי הגידול בהיקף הגזע תלוי בצפיפות החלקה, והגידול המשמעותי חל בצפיפות יער נמוכה של 10 עצים לדונם. מאידך גיסא, בצפיפות זו יכולת ההתחדשות של היער נמוכה מאוד. עם העלייה בצפיפות יש עלייה בנביטה של אורן ירושלים. הזרעים של אורן ירושלים מתים בקיץ הראשון, ורק זרעים בודדים מתפתחים, בעיקר ביער הנטוע בצפיפות הנמוכה. כלומר, אין צפיפות מיטבית שתתמוך בהתחדשות היער ביתיר (ראו מאמרם של פוזנר ושות'



איור 3

תחנת יער יתיר
צילום: אלה פוזנר

המערכת האקולוגית (Paz-Kagan et al., 2014). כמו כן, נצבר ידע על תהליכי התחדשות של הצומח והמערכת האקולוגית באגני היקוות לאחר קריסה, ועל תפקודי הנגר והחומר האורגני כמוסתי התאוששות והתחדשות לאחר עקת בצורת.

מטרות

מטרות המחקר הן הבנת מבנה המערכת האקולוגית, תפקודה ותהליכי שיקום במערכות אקולוגיות צחיחות למחצה, מעקב אחר מערכות משוקמות, בחינת חוסן להתמודד עם שינויים לא צפויים, זיהוי השירותים האקולוגיים הנובעים מפעולות השיקום והפקת המרב משירותים אלה.

תובנות מרכזיות

המחקר ארוך הטווח בפארק סיירת שקד אפשר לחקור את המערכת האקולוגית לפני קריסתה בשל בצורות חוזרות ולאחריהן (Argaman et al., 2020). הוא אפשר לכמת את השפעת השיחים שמתו וקרומי הקרקע הביולוגיים (מיקרואורגניזמים בפני השטח) שנותרו כמהנדסי סביבה על התפתחות המערכת האקולוגית. קיים מחסור במידע לגבי תפקידו של נשר צומח המורכב מחומר אורגני מהצמחייה, פיזורו במערכת והיחס בינו לבין קרומי קרקע ביולוגיים, צמחים עשבוניים, שיחים וקרקע (Zaady et al., 2021). נתונים שיתקבלו ממערכת זו יסייעו לבחון את השתנות המערכת המשוקמת, את מסלול התפתחות המערכת האקולוגית בתנאי סביבה משתנים ואת עמידות המערכת האקולוגית לשינויים סביבתיים לאחר שיקום.

תחנת LTER יער השגרירים

תיאור כללי

התחנה הוקמה בשנת 2008 וממוקמת באגן כרכור-פטיש, 10 ק"מ צפונית לבאר שבע ומערבית ליער דודאים. האקלים יובשני למחצה, וממוצע הגשמים הרב-שנתי כ-230 מ"מ. כתמי הצומח האופייניים מורכבים מקבוצות של עצים נטועים ומצומח עשבוני עונתי. פני השטח באזור נחשפו לתהליכי דלדול של הצומח והקרקע נוכח שינוי האקלים המקומי ולחצי רעייה בלתי מבוקרים, שהובילו לפגיעה מקומית ביציבות המערכת האקולוגית באזור. פגיעה זו התאפיינה בעלייה משמעותית של חתירת בתרונות וסחיפת קרקע מואצת לאורך מדרונות הלס. נדבך חיוני בפעילות קק"ל הוא מיתון תהליכי סחיפה ומניעת הגרעת הקרקע, שימור קרקע ומים עבור פעולות ייעור ופעולות שיקום (קרקע וסביבה) נוכח שינוי האקלים ואסונות טבע (כגון שרפות). כחלק ממערך ניהול השטח התאפשרה רעייה

תחנת המחקר מגודרת (למניעת רעייה) וממוקמת בתוך הפארק, ושטחה כ-300 דונם. אזור התחנה המגודר מייצג שטח טבעי ללא ממשק. בפארק עצמו שטחי קציר נגר שמייצגים את ממשק קק"ל המבוסס על ממצאי המחקרים שנעשו בתחנת המחקר. עד לשנת 2008 הצמחייה השלטת באתר הייתה שיחים: נואית קוצנית (*Noaea mucronate*), חורשף קטן קרקפות (*Atractylis serratuloides*) ומתנן שעיר (*Thymelaea hirsuta*). בשנת 2008 התמוטטה המערכת האקולוגית בעקבות רצף בצורות, והפכה ממערכת שנשלטת בידי שיחים למערכת הנשלטת על ידי עשבוניים חד-שנתיים (איור 4).

המחקר בתחנת פארק שקד בוחן את השפעתן של בצורות חוזרות על תמותה של צמחים מעוצים, שתוצאותיה קריסת



איור 4

פארק סיירת שקד, מצב המערכת האקולוגית בתחנת המחקר לפני קריסת המערכת בעקבות בצורות ואחריה

- שנת 1999 – מערכת אקולוגית שיחית;
- שנת 2008 – קריסת המערכת השיחית – תמותת השיחים שהביאה לתמותה של חלזונות;
- שנת 2021 – שינוי מצב המערכת האקולוגית ממערכת שיחית למערכת עשבונית.

תחנת LTER נחל שיטה

תיאור כללי

התחנה הוקמה בשנת 2015 וממוקמת בנחל שיטה, צפונית לקיבוץ יהל, בגובה של כ-230 מטר מעל פני הים, באגן ניקוז המשתרע על פני כ-18,000 דונם. האקלים צחיח קיצוני, המשקעים מעטים (כ-30 מ"מ בשנה), הלחות נמוכה, והטמפרטורות גבוהות. התחנה היא תחנת מודל להבנת השינויים באוכלוסיות השיטים כמין מפתח בסביבה מדברית, במטרה להבין איך לנהל שטחים פתוחים באזורים צחיחים. תחנת המחקר של נחל שיטה היא היחידה בישראל שנערך בה מחקר העוסק בהשפעה של אגן הניקוז על עצי שיטה. הצמחייה בנחל כוללת שני מינים של שיטה (שיטת הנגב [*Vachellia gerrardii*] ושיטה סלילנית [*Vachellia raddiana*]), שיחי בתה (רכפתן מדברי [*Ochradenus baccatus*]), יפרוק המדבר [*Anabasis articulata*], זוגן השיח [*Zygophyllum dumosum*]), ומגוון רחב של עשבוניים חד-שנתיים המופיעים לאחר אירועי גשם (כגון מלעניאל [*Stipa capensis*], כוכב ריחני [*Asteriscus graveolens*], חומעה ורודה [*Rumex cyprius*]). במדבר צחיח קיצוני רוב קיבוע הפחמן נעשה על ידי עצי שיטה. לכן, לעצים חשיבות עצומה כיצרנים ראשוניים במארג המזון. העצים הם מין מפתח, והם משנים את זמינות הנוטריינטים ואת תכולת המים בקרקע. בריאות ושגשוג של אוכלוסיית השיטים ובריאות המערכת האקולוגית כולה תלויים בזמינות מים. מקור המים בשיטפונות בזק, שתדירותם ועוצמתם משתנים בזמן ובמרחב. בתחנה נערכים מחקרים בתחומי האקו-הידרולוגיה (איור 6). המחקר בנחל שיטה מתמקד באוכלוסיית השיטים ובזמינות המים לעצים, בעוד שיעדי הניטור עוסקים בהטרוגניות אביוטית ובמגוון מינים.

מבוקרת ומפוקחת באתרים שניטעו בהם עצים שנתמכים במערכות קציר נגר של שיחים ולימנים, המסייעות לשיפור זמינות המים לצומח. פעולות הייעור באתר החלו בשנת 2005 ונמשכות עד ימים אלה (איור 5).

מטרות

מטרות המחקר הן בחינת ההשפעות של שינויים ארוכי טווח של נטיעת עצים במערכות קציר נגר על שירותי המערכת האקולוגית (ויסות, אספקה ותרבות) ועל תכונות הקרקע לאחר הפרת פני הקרקע, ניטור יחסי גשם-נגר-סחף וניטור יחסי גומלין קרקע-צמח-מים. נוסף על כך, מבוצע מעקב אחר התפתחות הצומח המעוצה והעשבוני באזורי הנטיעה השונים.

תובנות מרכזיות

בחינת התפתחות הקרקע והצומח באזור לאחר בניית שיחים ולימנים העלתה כי המערכת השתקמה לאחר תשע שנים. כשנבחנה תרומת הנגר בלימנים בשני אתרים שונים נמצא כי מדדי קרקע, כגון פוריות הקרקע, טובים יותר באתרים שהוקמו בהם מערכות של קציר נגר, כדוגמת לימנים (Argaman and Tikotzki, 2021).

ניתוח תצלומי לוויין מצביע על עלייה בביומסה הצמחית העשבונית באתרים שניטעו בשנים 2005 ו-2009, לעומת אזור נטיעות צעיר (2016) שהצמחייה בו עדיין בשלבי התפתחות ראשוניים. כמו כן, נמצא שיפור בזמינות המים לצומח לאחר בניית מערכות קצירי הנגר בשני האתרים הוותיקים בהשוואה לאתרי ביקורת שלא הוקמו בהם מערכות קציר נגר (Stavi et al., 2015; Stavi and Argaman, 2016).



איור 5

תחנת יער השגירים, חלקות הדגימה

ימין: אתר נטיעות 2016, בשנת 2019; שמאל: אתר נטיעות 2009, בשנת 2019. צילום: אלי ארגמן



איור 6

תחנת נחל שיטה

ימין: ניטור פרפרים. מרכז: דנדרומטר רושם, מודד באופן רציף את קצב גדילת הגזע של עצי השיטה. צילומים: ניצן שגב שמאל: ניטור עקרבים. עביד צהוב (*Scorpio palmatus*) בתאורה רגילה ובתאורת פנס אולטרה סגול (UV). צילום: איברהים סלמאן

מטרות

מטרות המחקר הן ביסוס ידע להבנת התפקוד, המבנה והבריאות של מערכות אקולוגיות הכוללות עצי שיטה במדבר צחיח קיצון, והתמקדות בעצי השיטה כמהנדסי סביבה וכסמנים לבריאות ולחיוניות של המערכת האקולוגית. כמו כן, נבחנת השפעת עצי השיטה על המגוון הביולוגי, על ההטרונגניות האביוטית ועל מאזני המים והחומר, ומתבצעת הערכה של שירותי המערכת שמספקות מערכות אקולוגיות הכוללות עצי שיטה.

תובנות מרכזיות

אגן הניקוז שהמחקר נערך בו מורכב מערוץ מרכזי ומערוצים משניים. המחקר מדגים את השונות בבית הגידול, בנתוני גודל העץ ובגדילת הגזע. נמצא כי עצים הגדלים בערוץ המרכזי גדולים וגבוהים יותר מעצים הגדלים בערוצים משניים, וכי לעצים בחלקה שנמצאת במעלה ערוץ הזרימה יש עלווה מלאה יותר מאשר לעצים במורד ערוץ הזרימה. תוצאות המחקר הנוגעות למגוון הביולוגי אומנם ראשוניות, אך כבר ניתן לראות כי נחל שיטה הוא בית גידול שתומך

במגוון רחב ביותר של בעלי חיים שמצויים בסכנת הכחדה, וכי חלק מהם מאפיינים בתי גידול שונים באגן הניקוז – ערוץ מרכזי, ערוץ משני ושטח פתוח – ושנבדלים במיקום החלקה – במעלה הנחל או במורדו (Benyamini, 2017). המידע שנאסף בנחל מקדם אותנו בהבנת המערכת האקולוגית הייחודית לאקלים צחיח קיצון המאופיין בעושר מינים ובמגוון מינים גבוה ובלתי צפוי.

סיכום

ברשת תחנות המחקר והניטור ארוכי הטווח של קק"ל הצטבר ידע רב המאפשר בניית מודל משותף לצורכי מחקר, ניטור וממשק, שמשמש מפת דרכים להערכת מצב המערכות הנחקרות. מחקר כזה יקדם את ההבנה ואת כושר החיזוי באשר להשפעות השינויים במשטר הגשמים על המערכות האקולוגיות, ויאפשר לפתח כלי ממשק למיתון ההשפעות של שינוי האקלים.

מקורות

- Benyamini D. 2017. A swarm of millions of *Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758) in winter–spring 2015–2016 in the south-east Mediterranean – The missing link. *Atalanta*, 48, 103–128.
- Calev A, Zoref C, Zukerman M, Moshe Y, Zangy E, and Osem Y. 2016. High intensity thinning treatments in mature *Pinus halepensis* plantations experiencing prolonged drought. *European Journal of Forest Research*, 135(3), 551–563.
- eLTER regional network – European Long Term Ecological Research. <https://elter-ri.eu/>
- ILTER – International Long Term Ecological Research. <https://www.ilter.network/>
- Klein T. 2020. A race to the unknown: Contemporary research on tree and forest drought resistance, an Israeli perspective. *Journal of Arid Environments*, 172, 104045.
- חת ד ושפטר א. 1983. התפתחות אורן ירושלים ואורן ברזיה בהשפעת עצמות דלול שונות. **ליערן**, 33(4–1), 13–18.
- פזנר א, בר און פ, ליבנה-לוזון ס, מורן א, צמיר-רימון מ, דנר א ושות'. 2022. יובש מגביל את ההתחדשות ביער יתיר: הסכנה ליער מתעצמת בשל שינוי האקלים. **יער**, 22, 49–59.
- קק"ל. אתר תחנות LTER קק"ל: https://www.kkl.org.il/forestry_research_lter
- רשת LTER ישראל. אתר. <http://lter-israel.org.il>
- Argaman E, Barth R, Moshe Y, and Ben-Hur M. 2020. Long-term effects of climatic and hydrological variation on natural vegetation production and characteristics in a semiarid watershed: The northern Negev, Israel. *Science of The Total Environment*, 747, 141146.
- Argaman E and Tikotzki I. 2021. Final Report – *Ambassadors Forest LTER: Water Harvesting Impact on Surface Processes 2000–2021*. Submitted to KKL–JNF.

- Rotenberg E, Qubaja R, Preisler Y, Yakir D, and Tatarinov F. 2021. Carbon and energy balance of dry Mediterranean pine forests: A case study. In: Ne'eman G and Osem Y (Eds). *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Cham: Springer. pp. 279–301.
- Shachak M, Sachs M, and Moshe I. 1998. Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. *Ecosystems*, 1(5), 475–483.
- Stavi I and Argaman E. 2016. Soil quality and aggregation in runoff water harvesting forestry systems in the semi-arid Israeli Negev. *Catena*, 146, 88–93.
- Stavi I, Fizik E, and Argaman E. 2015. Contour bench terrace (shich/shikim) forestry systems in the semi-arid Israeli Negev: Effects on soil quality, geodiversity, and herbaceous vegetation. *Geomorphology*, 231, 376–382.
- Zaady E, Stavi I, and Yizhaq H. 2021. Hillslope geodiversity effects on properties and composition of biological soil crusts in drylands. *European Journal of Soil Science*, 72(5), 2308–2315.
- Zangy E, Kigel J, Cohen S, Moshe Y, Ashkenazi M, Fragman-Sapir O, et al. 2021. Understory plant diversity under variable overstory cover in Mediterranean forests at different spatial scales. *Forest Ecology and Management*, 494, 119319.
- Kolb TE, Agee JK, Fulé PZ, McDowell NG, Pearson K, Sala A, et al. 2007. Perpetuating old ponderosa pine. *Forest Ecology and Management*, 249(3), 141–157.
- Mirtl M, Borer ET, Djukic I, Forsius M, Haubold H, Hugo W, et al. 2018. Genesis, goals and achievements of long-term ecological research at the global scale: A critical review of ILTER and future directions. *Science of the Total Environment*, 626, 1439–1462.
- Paz-Kagan T, Panov N, Shachak M, Zaady E, and Karnieli A. 2014. Structural changes of desertified and managed shrubland landscapes in response to drought: Spectral, spatial and temporal analyses. *Remote Sensing*, 6(9), 8134–8164.
- Pratt RB, Jacobsen AL, Ramirez AR, Helms AM, Traugh CA, Tobin MF, et al. 2014. Mortality of resprouting chaparral shrubs after a fire and during a record drought: Physiological mechanisms and demographic consequences. *Global Change Biology*, 20(3), 893–907.
- Qubaja R, Grünzweig JM, Rotenberg E, and Yakir D. 2020. Evidence for large carbon sink and long residence time in semiarid forests based on 15-year flux and inventory records. *Global Change Biology*, 26(3), 1626–1637.



תחנת פארק שקד, 2022
צילום: שילי דור-חיים