



מסמך מדיניות והנחיות מקצועיות

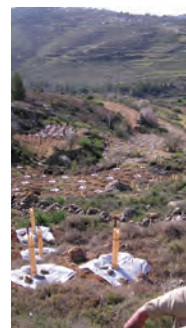
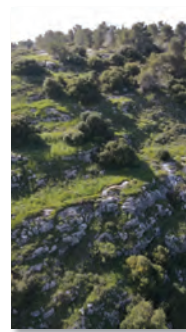
היערכות ניהול היער בישראל לשינוי האקלים



קרן קיימת לישראל
K K L - J N F

תוכן העניינים

3.....	דבר יו"ר קרן קימת לישראל.....
4.....	דבר מנהל מפ"ק.....
5.....	הקדמה
6.....	מבוא
6.....	1. הנחות יסוד
7.....	2. עקרונות ניהול יער עידן שינוי אקלים.....
8.....	3. שינוי אקלים סקירת מגמות.....
10.....	4. דרכי פעולה.....
הבעיות הנובעות משינוי אקלים	
11.....	והמלצות לפעולה.....
12.....	1. חיוניות היער.....
16.....	2. שרפות יער.....
20.....	3. ארועי קיצון.....
24.....	4. בריאות היער.....
27.....	5. צמחים פולשים.....
30.....	6. אספקת שירותי המערכת האקולוגית.....
34.....	סיכום
36.....	נספח מקורות.....



צוות כותבים: גלעד אוסטרובסקי, אסף קרואני, יהל פורת, אביב אייזנבנד, גיל סיאקי, נורית היבשר, כליל אדר, שני רוהטין-בליץ, מור אשכנזי, חן קרוא, נעמי הומינר, רפאל פיטון, עומר גולן, חגי יבלוביץ, ניצן בירנבאום, ענת אידלמן, שני גלייטמן, ענת צפריה, עומרי שלו וחנוך צורף

צוות עריכה: שני רוהטין-בליץ, חנוך צורף, גלעד אוסטרובסקי

עריכה: שחר בוקמן

עריכת לשון: ענבר קמחי-אנגרט

עיצוב גרפי והפקה: מח' פרסומים, מערך ההסברה, קק"ל

צילום עטיפה: חנוך צורף

תודה מיוחדת ליגיל אסם ודניאל אורנשטיין שעזרו בגיבוש מסמך זה.

אלול תשפ"ד ספטמבר 2024

דבר יו"ר קרן קימת לישראל

ההשלכות החמורות של שינויי האקלים משפיעות על כלל האנושות, והשפעתן במזרח הים התיכון צפויות אף להיות קיצוניות וקשות עוד יותר וכך גם בארצנו האהובה. על פי התחזיות והמודלים, מדינת ישראל תסבול מגלי חום ארוכים יותר, מתקופות יובש ממושכות, מהפחתה בכמות המשקעים וביובש הולך וגובר שמאיים לשנות ולצמצם את כמות הצומח והרכבו. ליערות תפקיד כפול בהתמודדות עם שינויי האקלים: היערות מהווים מרכיב חשוב בקיבוע פחמן ומיתון עליית שיעור הפחמן הדו חמצני וכן בהיערכות להתמודדות עם ההשפעות הרבות והמסוכנות של השינויים הצפויים. היערות תורמים להורדת הטמפרטורה המקומית, מספקים הגנה מפני השמש הקופחת, מצמצמים נזקים של סחף קרקע ותורמים לשימור מים.

אני מברכת את אגף הייעור בקק"ל על פרסום מסמך מדיניות שעוסק בהיערכות ניהול היער לשינויי אקלים. זהו מסמך חשוב שמנחה אותנו כיצד לנהל את היער באופן שיבטיח את המשך קיומו ושגשוגו בתנאים אקלימיים מחמירים ובחוסר ודאות ניכר. המסמך נשען על עקרונות מתקדמים של ניהול יער בר קיימא שבו מנהלי השטח שואפים ליצור יער מגוון בעל יכולת עמידות וחוסן גבוהים יותר, התבססות על תהליכים טבעיים וחידוש טבעי, שמירה על ערכי טבע ומורשת וקביעת מטרות מדויקות לכל תא שטח בהתאם לבית הגידול ולתנאי הסביבה.

עם פרסום מסמך המדיניות בנושא שינויי האקלים, קרן קימת לישראל מצטרפת לשרותי ייעור מובילים באירופה ובארצות הברית שהעמידו תורה סדורה והנחיות מקצועיות המבוססות על מחקר מדעי ארוך שנים.

תודה לכל העוסקים במלאכה.

בברכה,

יפעת עובדיה לוסקי

יו"ר קרן קימת לישראל

דבר מנהל מפ"ק

ליערות בישראל ובעולם נועד תפקיד חשוב בהיערכות להשפעות מרחיקות הלכת של שינוי האקלים. היערות שלנו מהווים נדבך חשוב בהתמודדות עם העליה הצפויה בטמפרטורות, גלי חום ממושכים וקיץ ארוך ויבש. המשימה העיקרית שלנו היא להבטיח את המשך קיומם של היערות גם כאשר התנאים האקלימיים והסביבתיים מחמירים ונעשים קשים יותר.

לצורך כך, הוקם צוות עבודה באגף הייעור שמטרתו חיבור מסמך מדיניות שמטרותיו העיקריות הן: מיפוי התחומים הנוגעים לשינוי האקלים ולבעיות העיקריות שהוא מעורר זיהוי פערי ידע; ומתן המלצות להיערכות ניהול היער בעת שינוי האקלים.

הצוות למד לעומק את הבעיות הצפויות על בסיס מחקרים עדכניים וגיבש את המדיניות וההנחיות המקצועיות שיש לבצע בממשק היער על מנת להבטיח המשך שגשוגו של היער ואספקת שרותי מערכת אקולוגיים לציבור הרחב.

בכך קק"ל מצטרפת לשרותי יעור מובילים בארצות הברית ובאירופה שגיבשו מדיניות סדורה להתמודדות עם שינוי האקלים והיערכות להשפעותיו.

המסמך שלפניכם נותן ליערנים ומנהלי השטח הנחיות ברורות בנושא עמידות היער ליובש, פעולות למניעת שריפות, ממשק מתאים לצמצום נזקים מסוכפות וארועי קיצון וכן התמודדות עם מינים פולשים שהשפעתם יכולה להחמיר עם שינויי האקלים הצפויים. טיפול יערני מוקפד ובמועד הנכון הוא מהלך חיוני להמשך קיום היערות בישראל.

תודה לכל אנשי הצוות שעסקו בכתיבת המסמך. עכשיו מוטל על כולנו ליישם אותו בעבודה בשטח.

בברכה,

ירון אחיון

מנהל מפ"ק



הקדמה

צילום: חנוך צורף

כחלק מהמאמץ להיערכות ניהול היער בישראל לשינוי האקלים הוקם צוות עבודה באגף הייעור לשם חיבור מסמך מדיניות שמטרותיו העיקריות הן: א. מיפוי התחומים הנוגעים לשינוי האקלים ולבעיות העיקריות שהוא מעורר; ב. זיהוי פערי ידע בנושא ההיערכות לשינוי האקלים ותחומים להעמקה ולפיתוח נוסף ג. המלצות להיערכות ניהול היער בעת שינוי האקלים. תחילה מיפוי את המאפיינים של שינוי האקלים שהשפעתם על היער היא הגדולה ביותר: תקופות יובש ארוכות, מיעוט משקעים, עלייה בטמפרטורות, עלייה בתדירות ובעוצמה של סופות, אירועי שלג ושיטפונות. בהמשך הגדרנו מהן התופעות שצפויות להתלוות למאפיינים האלה: תמותת עצים מיובש, ירידה בהתחדשות הטבעית, פלישה של צמחים, חרקים מזיקים ומחלות. לאחר מכן הגדרנו סדר עדיפויות, ובהתאם לו נכתבו המלצות לפעולה. חשוב לציין שההמלצות נסמכות על העקרונות המקובלים בארץ ובעולם לניהול יער בר-קיימא, והם מפורטים בין היתר, בתורת ניהול היער בישראל. במסמך זה נסקור את ההשפעות הישירות והעקיפות של שינוי האקלים על היערות ונציג סל של פעולות להתמודדות עימם.

המסמך מורכב משני חלקים עיקריים:

1. מבוא, סוקר את העקרונות והנחות היסוד העומדות בבסיס המסמך. המבוא כולל הנחות יסוד של התמודדות עם שינוי אקלים, עקרונות ניהול יער בר קיימא בעידן שינוי אקלים, סקירה של מגמות שינוי אקלים צפויות, השפעותיהן על היער ודרכי פעולה.
2. החלק השני עוסק בשש הסוגיות העיקריות הנוגעות לניהול יער בעידן שינוי האקלים. לכל סוגיה מוקדש פרק, כדלקמן: חיוניות היער, שרפות יער, אירועי קיצון, בריאות היער, צמחים פולשים ואספקת שירותי מערכת אקולוגית. כל פרק כולל את אפיון הבעיה, מדרג החשיבות, מידת הוודאות שלה, יכולת ההתערבות והמלצות לפעולה, שהן החלק העיקרי.

כתיבת המסמך הייתה עבורנו הזדמנות נוספת לדיון ולחידוד סוגיות מקצועיות ברוח תורת ניהול היער. לכתובתו תרמו רבים במערך הייעור של קק"ל, ואנו מבקשים להודות לכולם על המאמץ והשותפות בהכנת מסמך חשוב זה.

גלעד אוסטרובסקי
מנהל אגף הייעור

מבוא

פרק זה נועד לרכז ולהבהיר את העקרונות והנחות היסוד של אורן נכתב המסמך כולו. עקרונות והנחות אלו מהווים בסיס משותף לפרקים העוסקים בסוגיות העיקריות הנוגעות לניהול יער בעידן שינוי אקלים, פרקים המופיעים בחלקו השני של המסמך.

הנחות היסוד

להלן שלוש הנחות היסוד של המסמך, המתבססות על תפיסות ומידע המקובלים בארץ ובעולם:

שינוי האקלים בא לידי ביטוי במגוון תופעות ותקופות זמן

השפעות שינוי האקלים ניכרות על פני פרקי זמן שונים, החל ממאות אלפי שנים ועד לעשרות השנים האחרונות, ובאות לידי ביטוי בשלוש תופעות מרכזיות: עלייה בטמפרטורות, שינוי בכמות המשקעים ובמשטר המשקעים, ועלייה בתדירות של אירועי קיצון (בצורת, סופות ושלגים).

אופק ההתייחסות של מסמך זה הוא שלוש שנה

בטווח זמן זה המשך המגמות הקיימות בישראל, של גידול אוכלוסייה והתרחבות השטח הבנוי, מוביל לצמצום שטח היערות ולהגברת קיטועם. לצד זאת, שינוי האקלים עלול לפגוע בתפקוד היערות ובכושרם לספק שירותי מערכת אקולוגית חיוניים לאדם ולסביבה.

הסתגלות היא האסטרטגיה המרכזית להתמודדות היער עם שינוי האקלים בישראל

קיימות שתי אסטרטגיות עקרוניות להתמודדות עם שינוי האקלים: אפחות (mitigation) והסתגלות (adaptation). האסטרטגיה הראשונה, אפחות, מתמקדת בצעדים שיפחיתו את ההתחממות הגלובלית עצמה על ידי הפחתת פליטות גזי חממה והגברת קיבוע הפחמן. ליערות תפקיד מרכזי בקיבוע פחמן, ולכן, במבט עולמי,

מושם דגש על הגנת היערות מפני בירוא, על שיקום יערות ועל נטיעת יערות חדשים. לישראל, הקטנה בשטחה, השפעה מזערית על היקף קיבוע הפחמן ברמה העולמית, אולם, כבכל בעיות הסביבה העולמיות, מוטל עלינו לתרום את חלקנו כחלק ממאמץ עולמי משותף לצמצום פליטות גזי החממה, וליער תפקיד חיוני בכך. האסטרטגיה השנייה, הסתגלות, מתמקדת בצמצום ההשפעות של שינוי האקלים על האדם ועל המערכת האקולוגית. דוגמאות לצעדי הסתגלות הן שתילת עצים בסביבה העירונית להפחתת עומס החום, דילול היער לשם הקטנת צריכת המים שלו, נטיעת מיני עצים ושיחים בעלי רמת התאמה* גבוהה לחום וליובש ועוד. **כדי לספק את שירותי המערכת האקולוגית הנדרשים לחברה (לרבות שירות ויסות של קיבוע פחמן) ולהבטיח את קיימות יערות ישראל לאורך זמן לנוכח שינוי האקלים וגידול האוכלוסייה הצפויים, ההסתגלות תהווה את האסטרטגיה המרכזית להתמודדות של יערות ישראל עם שינוי האקלים.**

מטרת-העל של ניהול היער בישראל היא לשמור על יכולת היערות לספק את שירותי המערכת האקולוגית

הנחת היסוד המקובלת בעולם היא שיכולתה של מערכת אקולוגית להתמודד עם שינוי האקלים מותנית בחוסן המערכת. חוסן של מערכת אקולוגית מוגדר כיכולתה של המערכת להתמודד עם שינויים ועקות תוך שמירה ככל הניתן על התפקוד, המבנה, היצרנות וכושר ההתחדשות שלה. ככל שמערכת אקולוגית תהיה בעלת רמת מורכבות גבוהה יותר, עם מגוון מינים ותצורות צומח גדול יותר, מבוססת יותר על מינים ותצורות צומח מקומיים וכזו שעברה תהליכים ארוכים של התפתחות והתאמה, כך תהיה מערכת זו חסונה יותר. לפיכך, מטרת-העל היא לשמור לאורך זמן על יכולתם של יערות ישראל לספק את שירותי המערכת האקולוגית הנדרשים גם בעידן שינוי האקלים, תוך שמירה על חוסן היער והגברתו.

*התאמה (tolerance) - יכולת של פרט או אוכלוסייה להמשיך להתקיים ולתפקד, במשרעת של תנאים ביוטיים ואביוטיים. רמת התאמה גבוהה, משמעה משרעת רחבה של תנאים בהם הפרט או האוכלוסייה יכולים להתקיים.

עקרונות ניהול יער בעידן שינוי האקלים

להלן עקרונות ניהול היער בישראל בעידן שינוי האקלים. העקרונות האלה מתבססים על הנחת היסוד בדבר הצורך לשמור על חוסן היער, ונשענים על עקרונות ניהול היער המופיעים בתורת ניהול היער ובמסמכים נוספים.

1. **ממשק מסתגל מוכוון מטרה:** תכנון וביצוע של פעולות הממשק ביער בהתאם למטרה מוגדרת (או מספר מטרות); ליווי פעולות הממשק בניטור הבחון לאורך זמן את מידת ההצלחה שלהן, בין היתר, לנוכח שינוי האקלים, ומכוון בהתאם את התכנון ואת פעולות הממשק בעתיד.

2. **מגוון, מורכבות וכתמיות:** שימור וטיפוח של מגוון נופים, תצורות צומח, מינים וגנוטיפים ביער כמרכיב יסודי, המאפשר את תפקוד היער ואת חוסן המערכת האקולוגית שלו.

3. **עידוד תהליכים טבעיים:** הישענות רבה ככל האפשר על תהליכים טבעיים, התארגנות עצמית ומינים מקומיים שעברו תהליכים של ברירה והסתגלות, ועל כן יכולים לתרום לחוסן המערכת בהתמודדות עם הפרעות בכלל ועם שינוי האקלים בפרט.

4. **התערבות מושכלת:** חתירה להשגת מטרות ניהול היער שהוגדרו, על ידי התערבות מותאמת לשטח, קרי, נקיטת רמות שונות של התערבות בהתאם למטרות הניהול ותנאי בית הגידול ותוך התחשבות בסדרי עדיפויות ובחיסכון במשאבים.

5. **אי-ודאות:** הכרה בכך שקיימת אי-ודאות ביחס לקצב, לעוצמה ולביטוי במרחב של שינוי האקלים בישראל וכן ביחס למידת השפעתו על המערכת האקולוגית בכלל ועל היער בפרט. מענה לאי-ודאות יינתן על ידי מגוון פתרונות שיותאמו להשפעות בפועל על היער, וכן ניטור מתמשך ומחקר ארוך טווח.



כתמיות ביער - מגוון תצורות צומח הכוללות, יער מחטני, חורש, שיחייה ושחתי חקלאות ביער עדולם. צילום: גידי בשן

אגן הים התיכון מתאפיין בעונת קיץ יבשה וארוכה ובריכוז המשקעים בעונת חורף קצרה. התחזיות לאזור זה מצביעות כי קצב ההתחממות השנתי וכן הקצב בעונת הקיץ צפויים להיות גדולים ב-20% וב-50% מקצב ההתחממות השנתי הממוצע בעולם, בהתאמה. ישראל ממוקמת באזור המעבר בין אקלים צחיח לאקלים ים תיכוני לח. דו"ח השירות המטאורולוגי (יוסף ושות', 2019) מציג מגמה ברורה ומובהקת של עלייה בטמפרטורה הממוצעת בישראל בכ-1.4 מעלות מאז אמצע המאה הקודמת. השירות המטאורולוגי חוזה כי עד אמצע המאה הנוכחית תהיה עלייה נוספת של כמעלה אחת בתרחיש האופטימי ושל כ-1.2 מעלות בתרחיש הפסימי. בעוד שמגמת השינוי במשטר המשקעים אינה מובהקת ומראה שונות מרחבית גבוהה בשיפועה ובכיוונה, ניכרת ירידה של כ-4 מ"מ בעשור בממוצע הארצי. מגמות (לא מובהקות) נוספות שנצפו היו התארכות עונת היובש, עלייה בתדירות אירועי גשם גדולים וירידה בתדירות אירועי גשם קטנים. למרות מגמת ההתחממות, תדירות אירועי הקיצון, הכוללים גם חורפים קשים ואירועים משמעותיים של קרה ושלג, עלתה באזורנו בעשורים האחרונים, ומגמה זו צפויה להתגבר. מודלים אקלימיים של תחזיות לאזורנו מצביעים גם על עלייה מובהקת בשכיחות של אירועי בצורת (יוסף ושות', 2019).

לסיכום, אף על פי שכיום אין בידינו עדיין האמצעים הנדרשים לתחזית מדויקת של השינויים הצפויים בישראל, מגמות השינוי הצפויות בישראל הן:

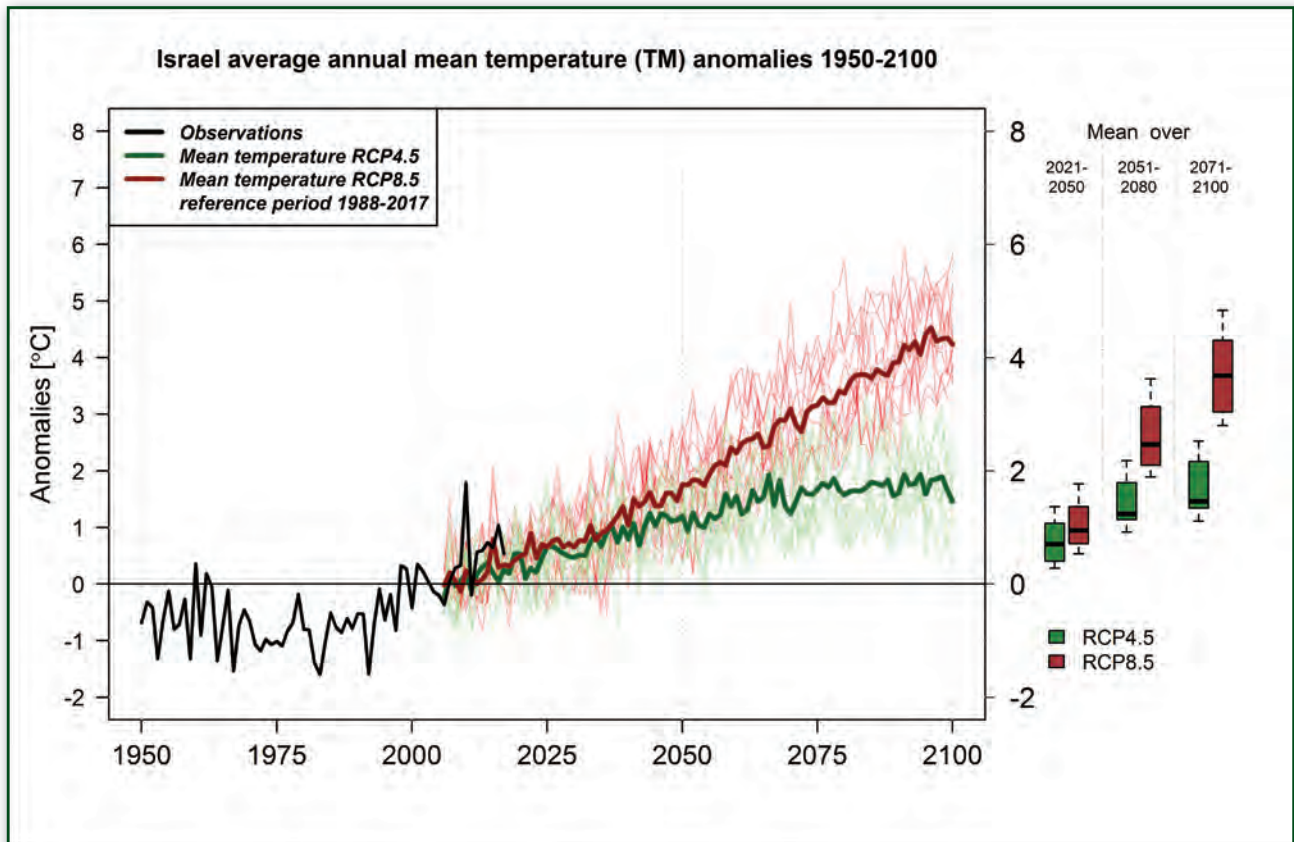
- התארכות עונת הקיץ והופעה של קיץ חם ויבש (לחות אוויר נמוכה) יותר.
- ירידה במשקעים באזורים מסוימים, וחשוב מכך, שינוי בפיזור המשקעים – מרבית המשקעים ירדו באירועי קיצון, והעונה הגשומה תתקצר.
- עלייה בתדירות הופעתם של אירועי קיצון מסוגים שונים – גשמים, שלגים, רוחות, יובש וחום.

ניטור ומחקר ככלי מרכזי להתמודדות עם שינוי האקלים

אחת מהנחות היסוד בניהול יער בר-קיימא היא התבססות על ממשק מסתגל מוכוון מטרה. ממשק מסתגל משמעו ביצוע פעולות התערבות בעלות מטרה מוגדרת תוך ניטור מתמשך ומחקר בשטחים המנוהלים והתאמת פעולות הממשק לתובנות המתקבלות מהמחקרים ומהסקרים. הניטור והמחקר של קק"ל מתבססים כיום על מערך קבוע וארוך טווח של חלקות מחקר וניטור לצד מחקרים וסקרים נקודתיים קצרי טווח. כל אלה עומדים לעזרתנו גם במתן מענה לפערי הידע הקיימים במגוון תחומים, וגם בזיהוי שינויים ומגמות במצב המערכת האקולוגית ביערות ובשטחים הפתוחים. על בסיס תובנות מערך הניטור והמחקר נכתבו ונכתבים מסמכי מדיניות רבים המשמשים לניהול היערות בישראל ולהגנה עליהם. המשך קיומו של מערך זה הוא בסיס הכרחי לניהול יער בר-קיימא, והוא הממקם את מערך הייעור של קק"ל בחזית המדע ובחזית מקצוע היערנות לצד גופי ניהול יערות במדינות רבות אחרות.

שינוי האקלים: סקירת מגמות והשפעות על היער

שינוי האקלים הוא תוצאה ישירה של פליטות גזי חממה ושינויים בשימושי הקרקע עקב צמיחה וגדילה של אוכלוסיית האדם ושינויים באורח החיים. דו"ח ההערכה השישי של הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי האקלים (IPCC, 2023), שפורסם במרץ 2023, מצביע באופן חד-משמעי על עלייה של 1.1 מעלות צלזיוס בטמפרטורה העולמית הממוצעת מאז תחילת המהפכה התעשייתית. הדו"ח מתריע כי מערכות טבעיות רבות נפגעו באופן בלתי הפיך, וכי קצב השינוי במדיניות האקלים ובשיעור הפליטות של גזי החממה אינו מספיק כדי להבטיח שעליית הטמפרטורה העולמית הממוצעת תוגבל ל-1.5 מעלות. שינוי האקלים בא לידי ביטוי במגוון תופעות בעלות השפעה ניכרת על המערכת הטבעית ועל האדם.



איור מס' 2: השינוי בטמפרטורה הממוצעת (TM) השנתית בישראל ביחס לתקופת יחוס 1961-1990. ממוצע התצפיות (בשחור) ממוצעי תרחישי שינוי אקלים (בירוק ובאדום). מתוך דוח מחקר שינוי אקלים בישראל של השירות המטאורולוגי הישראלי, 2019.

אורן ירושלים ואלון מצוי, ובעקבות זאת לירידה בחיוניות של המינים האלה ובתצורות הצומח שהם שותפים בהם: יער מחטני, חורש, יער מעורב וכן הלאה. לעומת זאת, לחלק ממיני רחבי העלים, כגון שיזף מצוי ומיני שיטים, יש עמידות לטמפרטורות גבוהות, ולכן הם צפויים לשגשג בתנאים המשתנים. מבחינת משק המים והתגובה לירידה בכמות המים הזמינים לעצים, אורן ירושלים והאלון המצוי מראים רמת התאמה גבוהה ביחס למינים אחרים, אך תיתכן פגיעה ביכולת ההתחדשות שלהם ובשרידות הזרעים הצעירים.

הנחת יסוד מרכזית ביחס ליכולתה של מערכת אקולוגית להתמודד עם שינוי האקלים, הנכונה גם למסמך זה, היא שחוסן המערכת גובר, ככל שמגוון המינים, תצורות הצומח והגילים בה גדול יותר. יער המכיל מיני מחטניים לצד מיני רחבי עלים ותצורות צומח נמוכות, שנבדלים במאפייני

היערות בישראל יושפעו באופן ישיר ועקיף משינוי האקלים (פרייזלר ושות', 2022). עלייה בטמפרטורה וביובש האוויר, כמו גם שינוי במשטר המשקעים, גורמים לפגיעה ישירה בעצים ובמערכת האקולוגית של היער: פגיעה חלקית שתתבטא בייובש ובירידה בחיוניות הצומח, ופגיעה מלאה שתתבטא בתמותת עצים ואף בקריסה של המערכת האקולוגית.

למינים שונים יש מגוון תכונות ומנגנונים המאפשרים רמות התאמה שונות להתמודדות עם שינוי האקלים. תצורות הצומח העיקריות של היער בישראל הן יערות מחטניים שהמין הדומיננטי בהם הוא אורן ירושלים, חורש ים תיכוני הכולל מגוון רחבי עלים, יער מעורב המשלב בין היער המחטני לשכבת יער מתחדשת של מחטניים ותצורות צומח נמוכות של בתה ושיחיה. מחקרים מצביעים כי העלייה בטמפרטורה צפויה להביא לירידה בפעילות של

לאורך זמן. יודגש שרציפות וגודל מתייחסים לא רק לשטחי יער, אלא גם לשטחים פתוחים אחרים, כגון גנים לאומיים ושמורות טבע ושטחי חקלאות.

6. **מכלולי יער – חלוקת כלל שטח היער על פי תפקוד** ורמת התערבות, כפי שהוגדר בתוכנית האסטרטגית ליער. חלוקה זו תאפשר ריכוז משאבים בשטחים שהכרחי להשיג בהם כיסוי עצי גבוה או לבצע פעולות אחרות המחייבות השקעת משאבים רבה ומתמשכת.

7. **ממשק מותנה ניטור –** עלינו ללוות את פעולות הממשק בניטור מתמשך לשם בחינת השפעת שינוי האקלים בכל שטח ושטח ולשם בחינת הצלחת פעולות הממשק והתאמתן למצב וליעדים שהוגדרו.

8. **התאמת מינים לבתי גידול –** בנטיעת יער יש לעשות מאמץ מוגבר להתאמת מינים לבית הגידול הספציפי בדגש על האקלים המקומי. ההתאמה מחייבת מחקר וניטור ייעודיים.

משק המים ובמערכות ההגנה, יהיה חסון יותר ומותאם יותר להשפעות שינוי האקלים. בהתאם לכך, ניהול יער המוכוון לשינוי האקלים יהיה מבוסס על שיפור משק המים של העצים, על התאמת מיני העצים לבית הגידול ועל שמירה על מערכת אקולוגית מגוונת ככל האפשר.

דרכי פעולה

לנוכח הנחות היסוד, עקרונות ניהול היער ומגמות שינוי האקלים, הוגדרו דרכי פעולה כלליות אפשריות להתמודדות היער עם שינוי האקלים. יודגש שיש להתאים את דרכי הפעולה ולפרטן לפי איום הייחוס הספציפי. דרכי פעולה ספציפיות מופיעות בפרקים המפורטים בהמשך המסמך. להלן דרכי הפעולה הכלליות:

1. **תוכניות יער וממשק –** תוכניות יער וממשק ארוכות טווח ליער הן כלי מרכזי בתכנון דמות היער וממשקו, ובבסיסן עומד הרצון לספק שירותי מערכת אקולוגית מיטביים תוך שמירה ככל הניתן על חוסן היער. התוכניות מתייחסות במפורט לכל שטח יער על פי תנאי בית הגידול שלו, וכן מגדירות תצורות צומח רצויות ותוכניות ממשק וניטור.

2. **שינוי מבנה היער –** השינוי יושג על ידי הקטנת רמת כיסוי העצים ויצירת כתמיות בכלל היער. השינוי המבני יגדיל את התאמת היער לעקות השונות שגורם שינוי האקלים, או יאפשר להשיג מטרה ספציפית, כדוגמת מניעת שרפות.

3. **שינוי הרכב המינים –** יש ליצור מעבר יזום (על ידי נטיעה ודילול בריני) למינים בעלי רמת התאמה גדולה יותר ליובש, לחום או לאיומים אחרים.

4. **תצורת צומח רצויה –** חשוב להתאים את תצורת הצומח לבית הגידול, לתפקוד השטח ולרמת ההתערבות הרצויה.

5. **רציפות וגודל –** שמירה ואף הגדלה של שטחי היער ומניעת קיטועם הן כלי מרכזי בהבטחת חוסן היער



הבעיות הנובעות משינוי האקלים והמלצות לפעולה



חינויות היער

עלייה בתמותת עצים וירידה בהתחדשות טבעית

אפיון הבעיה

הצומח בישראל חווה במשך עשרות ומאות אלפי שנים גלי בצורת ושינויי אקלים רבים. בהתאם לכך, הצמחייה המקומית פיתחה יכולת התאמה והתחדשות בתנאי יובש. יערות ישראל, הנטועים והטבעיים, בייחוד אלה המצויים באזורי הספר, עמדו ועומדים בתנאי יובש קיצוני, ואלה ששרדו עברו ברירה בעצם חשיפתם לתנאים הקיימים בשטח. ספר המדבר הוא אזור המאופיין בכמות משקעים שנתית של 100–400 מ"מ ונתון לתנודות בין-שנתיות ותוך-עונתיות גבוהות בכמות המשקעים ובפיזורם. בשנים האחרונות אנו עדים לתקופות בצורת ממושכות ולשינוי

בפיזור המשקעים לאורך העונה. השינויים האלה צפויים לגרום לנדידה צפונה של ספר המדבר (הרצועה שבין האזורים הצחיחים למחצה לאזורים הים תיכוניים) לתוך האזור המאופיין כיום באקלים ים תיכוני, ונדידה זו עלולה לגרום להתייבשויות נרחבות בשטחי הייעור. אנו צופים כי ההחרפה במגמות ההתמעטות בכמות המשקעים והעלייה באירועי הקיצון, בדגש על גלי חום והתארכות העונה היבשה, יגרמו לתמותת עצים ולכגיעה בהתחדשות הטבעית.

היובש הגובר והעלייה בטמפרטורות הם האיום המרכזי על חינויות היער ובהתאם לכך גם על קיומו של היער, תפרוסתו ושירותי המערכת האקולוגית שהוא מספק.



תמותת עצים כתוצאה מעקת חום ויובש, יער יתיר. צילום: יקר פרייזלר

המלצות לפעולה

בידי קק"ל סל פעולות הניתנות ליישום למזעור נזקי בצורת. השאלה המרכזית שעלינו לשאול היא אילו מהפעולות הללו יש לבצע כבר עתה, מתוך מחשבה כי אנו בעיצומו של תהליך ירידה בכמות הממוצעת של הגשמים, ובאילו מקרים עלינו להסתמך על תהליכים טבעיים ולהמתין עם התערבות אקטיבית. היער מכסה שטחים נרחבים, ופעולות הממשק שניתן ליישם מוגבלות בתקציב ומבחינת יכולת הביצוע המעשית. לפיכך, עלינו לקבוע סדר עדיפות לאזורים לפי מדרג הפגיעה בשירותי הנופש והטיילות.

דילול

הקטנת מספר העצים לדונם היא הכלי החשוב ביותר בהכנת היער להתמודדות עם מחסור במים. ככל שצפיפות העצים קטנה, כך כמות המים הזמינה לכל עץ גדלה. ההנחיה היא לדלל מוקדם ככל האפשר ולא לדחות טיפולי דילול. דילול היערות בקק"ל מתבצע בהתאמה

למסמך 'תורת ניהול היער בישראל' המציג את המדיניות וההנחיות המקצועיות בנושא דילול היער המחטני (אסם וצורף, 2019). בטבלת הדילולים שבמסמך מומלץ לדלל יער מחטני בוגר באזור צחיח למחצה ל-20 עצים לדונם, באזור ים תיכוני יבש ל-25 עצים לדונם, וביער ים תיכוני ל-30 עצים לדונם (קק"ל, 2002). לנוכח הצפי שרצועת ספר המדבר תלך ותצפין, כדאי להגדיר כבר כעת מספר נמוך יותר של עצים לכל בית גידול, ובהתאם לכך לדלל יותר כדי להקדים רפואה למכה.

בפעולות הדילול מומלץ להעדיף להשאיר מינים ותצורות צומח המותאמים לתנאי יובש וחום. מעבר לתצורות צומח ממינים מותאמים לתנאי יובש וחום יגדיל את יכולת היער להתמודד עם תנאים אלו ואת חוסנו.

הנחיות מפורטות ניתן למצוא במסמך המדיניות וההנחיות המקצועיות בנושא דילול היער המחטני (אסם וצורף, 2019).



דילול: יער בוגר מדולל היטב, יער עמינדב. צילום: חנוך צורף

רעייה

לרעייה ישנן השפעות ישירות ועקיפות על משק המים של העצים ועל רמת הכיסוי של הצומח. הכנסת מרעה לשטח היער מקטינה את תת-היער ובכך מגדילה את כמות המים הזמינה לעצים. נוסף על כך, הצאן והבקר ניזונים מהעלווה של המינים המעוצים (בעיקר רחבי עלים) וכך מקטינים את הצימוח ואת כמות המים המתנדפת מהעץ ומשפרים את משק המים שלו. רעייה היא אחד מכלי הממשק החשובים ביותר שיש ברשות קק"ל, אך שימוש ברעייה צריך להיות מבוקר ומנטר. יש להקפיד על לחץ רעייה מתאים לכושר הנשיאה של השטח, כיוון שלחץ גבוה מדי יכול להזיק יותר מאשר להועיל, ולהביא לדרדר המערכת האקולוגית.



רעייה: בקר רועה ביער ברעם. צילום: פול גינצבורג

המתחדשים הם כבר דור שני או שלישי לעצים שחוו תקופות קצרות או ארוכות של בצורות, והופעלו עליהם לחצי ברירה למנגנוני התאמה מגוונים. עם זאת, חשוב לזכור שההתחדשות הטבעית, גם אם קיימת, לא בכל מקרה תספק את דמות היער הרצויה לנו, ותחייב התערבות באמצעות נטיעה או פעולות אחרות.



התחדשות טבעית: אלון מצוי מתחדש ביער ברוטיה ותיק לאחר דילול, יער הקדושים. צילום: חנוך צורף

במהלך תכנון חידוש והקמה של היער יש להתחשב בשינוי האקלים ובמשמעויות הנגזרות ממנו עבור גורמים רבים, כגון מבנה היער, הרציפות, רמת כיסוי הצמרות והרכב המינים, ועבור פעולות אגרו-טכניות תומכות, כגון השקיה, קלטור, קציר נגר, דישון וכדומה. ניסיון העבר מלמד כי המינים העיקריים שמתמוטטים מיובש הם אורנים ואיקליפטוסים, בעוד עצי חורש ים תיכוניים נפגעים באופן מועט, ובדרך כלל משתקמים בעונת החורף. בחידוש ובהקמה של יער יש להעדיף מינים מקומיים מאזורים יובשניים יותר על פני אורנים ואיקליפטוסים. נוסף על כך, יש לשמור על מגוון מינים רחב ככל האפשר. ככל שהיערות יהיו מגוונים יותר, כך יכולות ההתאמה שלהם ליובש והחוסן שלהם יהיו רבים יותר.

הנחיות מקצועיות להקמה ולחידוש של יער ניתן למצוא במסמך המדיניות וההנחיות המקצועיות בנושא, שעתיד להתפרסם בסוף 2024 (אסם וצורף, בעריכה).

חידוש והקמה של יער

קיימות מספר אפשרויות לחידוש ולהקמה של יער: נטיעה, התחדשות טבעית או שילוב ביניהן. אנו מעוניינים להישען ככל הניתן על התחדשות טבעית. עם זאת, אפשרויות אלה מתאימות רק לקו משקעים מעל ל-350 מ"מ לשנה. היערות והעצים הנטועים באזורי ספר המדבר אינם מתחדשים בהיקפים משמעותיים (אם בכלל), אלא על ידי נטיעה. באזורים מעל ל-350 מ"מ גשם קיימת התחדשות נרחבת של מחטניים ועצי חורש ים תיכוניים, והמחטניים

מינים פולשים. במחקרים שנערכו במרחב דרום, נמצא כי עשר שנים לאחר הפרת תוואי השטח לא התגלה הבדל בקרום הקרקע בין האזורים המופרים לאלה שלא הופרו. ככל שכמות המשקעים רבה יותר, בית הגידול ישתקם וייתייצב מהר יותר.



קציר נגר: לימן מוצף מים נטוע עצי אשל ליד ירוחם. צילום: נעמי הומינר

השבחה ואקלום

יערות ישראל, בייחוד אלה המצויים באזורי הספר, עמדו ועומדים בתנאי יובש קיצוני במשך עשרות ומאות אלפי שנים, ואלה ששרדו עברו ברירה בעצם חשיפתם לתנאים שהיו קיימים בשטח. להשבחה יש תפקיד חשוב ביצירת מגוון אקוטיפיים עמידים לתנאי קיצון, כגון יובש וחום. ניתן לשלב תוצרי השבחה בהקמה ובחידוש של יערות כדי להגדיל את החוסן וההתאמה של היערות לשינוי האקלים, כפעולה משלימה להתחדשות הטבעית. איסוף זרעים מתבצע כיום מעצים מובחרים שהראו פוטנציאל צימוח רב. עם זאת, במינים מקומיים נטיעת הזרעים מתבצעת חזרה באותו אזור במטרה לשמר אקוטיפיים מקומיים. יש לשער כי לפרטים מאזורים יובשניים המראים פוטנציאל צימוח רב יש תכונות אקו-פיזיולוגיות המאפשרות התמודדות טובה עם תנאים יובשניים. יש לבחון אפשרות של שימוש בזרעים שנאספים מאזורים דרומיים יותר ונטיעתם בשטחים צפוניים (סיוע בהגירה – assisted



נטיעות: התפתחות אורן ברנטייה שנתיים לאחר נטיעה בהכנה ידנית ללא השקיה, גוש עציון. צילום: חנוך צורף

קציר נגר ופעולות אגרו-טכניות

שינוי של תוואי השטח ותכסיתו מאפשר להגדיל את כמות המים הזמינה לעץ. מערכות קציר נגר מנקזות מים מאגן הניקוז ויכולות להגדיל את כמות המים הזמינה לצמח בעשרות ואף במאות אחוזים. ככל שהשטח התורם גדול יותר, פוטנציאל הנגר ונפח האיגום במבלעים גבוהים יותר. פרקטיקה זו נהוגה במרחב דרום החל משנות ה-90. שיחים, תלמים ולימנים, מגדילים את כמות המים הזמינה לעץ, ונטיעה בהם משפרת את סיכויי ההישרדות של העצים. פעולה אגרו-טכנית (למשל, קלטור) מעלה את חדירות המים לקרקע, מקטינה את ההתאדות, ומקטינה את התחרות עם מינים חד-שנתיים. קק"ל מבצעת פעולות קלטור בתחזוקת מטעים הנמצאים בשטחי הייעור (ברנד ושות', 2015).

עם זאת, יש לזכור כי פעולות אגרו-טכניות עלולות לבוא במחיר של פגיעה בקרום הקרקע ובצומח הטבעי עליו. הפרה גדולה של קרקע פורייה עלולה לעודד חדירה של

שרפות יער

עלייה בהיקף, בעוצמה, בתפוצה ובנזקים של שרפות יער

אפיון הבעיה

בעשורים האחרונים אנו עדים לעלייה בהיקף, בעוצמה, בתפוצה ובנזקים של שרפות יער, וכן בנזקים הנגרמים מהן, באזורי אקלים ים תיכוני בכלל ובאזורי האקלים האלה בישראל בפרט. משך הזמן שבין שרפות הענף בישראל הולך ומצטמצם. התגברות תופעה זו מקורה בשינוי האקלים המתבטא בקיצור עונת הגשמים, בירידה בכמות המשקעים ובעלייה בתדירות אירועי שרב וגלי חום. שינוי האקלים מביא להתארכות עונת השרפות, לעלייה ברמת הדליקות של הצומח וכן לעלייה דרמטית בימים המוגדרים כסכנה קיצונית מבחינה מטאורולוגית.

כל הדברים האלה קורים על אף ביצוע פעולות יערניות נרחבות למניעת שרפות יער וחורש ועל אף שיפור במאמצי הכיבוי. חשוב להדגיש שעל פי נתונים שנאספו לאחרונה, נראה שההתייבשות הקשה של הצומח מביאה להתפתחות שרפות ענק גם בתנאי מזג אוויר רגילים, ולא רק בתנאי מזג אוויר קיצוני כבעבר.

מקורן של כל השרפות בישראל הוא בפעילות אדם (בזדון או ברשלנות), ולפיכך יש הכרח לטפל בפעילויות האדם על סוגיהן השונים כדי למנוע ככל האפשר גרימת שרפה.

שרפות יער בעוצמה ובתדירות גבוהות מאיימות על היכולת של המערכת האקולוגית להמשיך לתפקד לאורך זמן. לעומתן, שרפות בתדירות ובעוצמה נמוכות ובינוניות אינן מהוות איום על המשך תפקוד המערכת, ואף עשויות להביא לשגשוג ולהקטין את התדירות והעוצמה של השרפות בעתיד.

שרפות יער הן בעיה ודאית שחומרתה קשה מאוד. נזקי השרפות מתבטאים הן בפגיעה משמעותית ביער ובמערכת האקולוגית כולה הן בנזקים ישירים בהיקפים

(migration). התערבות זו תסייע באופן מלאכותי לתהליך הטבעי שהיה צפוי להתרחש אם שינוי האקלים יהיה תהליך איטי ומתון. סיוע בהגירה יכול לתרום למגוון הגנטי ולהרחבת סל התכונות להתאמה ליובש של עצים, אך מאידך גיסא גורר "זיהום גנטי" של צמחי הבר המקומיים וערבוב אוכלוסיות. ככלל, אנו נשענים על פעולות השבחה כדי לשפר את יכולת ההתאמה והחוסן של היער. שימוש במינים לא מקומיים בתהליך של אקלום ייעשה אך ורק במקרים ובמצבים שלא נמצא בהם פתרון אחר, ולאחר בחינה ודאית על פי פרוטוקול סדור שיבטיח כי לא ייגרם נזק למערכת האקולוגית המקומית.

על קק"ל לקדם תוכנית השבחה מתוך ראייה ארוכת טווח (עשרות שנים). תוכנית ההשבחה צריכה להישען על מגוון גנטי רחב ככל האפשר. התמקדות צרה במגוון גנטי נמוך ובתכונה אחת תוביל בהכרח להזנחה של תכונות התאמה אחרות, וליצירת מגוון גנטי צר ורגיש לתנאי סביבה.

מיני עצים בנטיעה

מתוך רצון לבסס צמחייה ארץ-ישראלית בת-קיימא ככל האפשר, ומתוך רצון לעבוד בהתאם למסמך תורת ניהול היער, עלינו להתבסס בנטיעות על מינים מקומיים. נטיעת מינים לא מקומיים עלולה לגרום להתפרצויות של מינים פולשים ומתפרצים, על אחת כמה וכמה בזמן תהליכי שינוי אקלים. עם זאת, יש לבחון מיני בר ארץ-ישראליים נוספים ומינים מדבריים מאזור סיני וירדן לשימוש בנטיעות קק"ל. עצים ושיחים מהפלורה המקומית יכולים להגביר את השונות ובכך להגדיל את יציבות המערכת האקולוגית בעת שינוי האקלים. מיני עצים ושיחים שניתן לבחון לשימוש רחב יותר בהם לנטיעות, הם צפצפת הפרת, פיקוס בת-שקמה, זקום מצרי, עוזרר סיני, מתנן שעיר, קרקש צהוב ועוד.

טיפולים בצומח למניעת שרפות

יש לקבוע כי רמת הדליקות של העצים תהיה שיקול מרכזי במניעת שרפות, הן בממשק יער קיים הן בחידוש יער. אי לכך, יש לדרג את קבוצות מיני העצים ותצורות הצומח ביער בהתאם לרמת הדליקות שלהם.

יש לחלק את שטחי היער לשלושה סוגי אזורים שיבוצעו בהם טיפולים יערניים למניעת שרפות. לכל אזור תוגדר המטרה של הטיפול המניעה, סדר העדיפות לביצוע, עוצמת הטיפול וסל הפעולות המומלצות. להלן פירוט של שלושת סוגי האזורים, על פי סדר העדיפות לביצוע ועוצמת הטיפול המומלצת:

1. **אזורים בעדיפות ראשונה –** אזורי חיץ שהם שטחים שמתוכננת בהם עצירת האש על ידי כוחות הכיבוי. בשטחים האלה יטופל הצומח כך שקצב התקדמות חזית האש ועוצמתה יקטנו בצורה משמעותית, כדי לאפשר פעולה בטוחה ויעילה של כוחות הכיבוי. אזורי חיץ ימוקמו **סביב יישובים**, **ביער ולאורך כבישים ותשתיות**.



אזור חייץ סביב ישוב: לאחר ביצוע, שכונת יפה נוף ירושלים. צילום: חנוך צורף

משמעותיים לרכוש ולחיי אדם. חשוב להדגיש שבניגוד להשפעות אחרות של שינוי האקלים, שרפות יער הן סכנה ברורה, ודאית ומיידית. זו בעיה ראשונה בחשיבותה, ולכן היא צריכה להימצא בעדיפות גבוהה לטיפול.

ככל הנראה, יכולת ההתערבות קצרת הטווח של האדם בתנאי מזג האוויר אפסית. לעומת זאת, בנושא מניעת השרפות והתגוננות מאש כממשק יערני יש לנו, כמנהלי השטח, מגוון רחב של פעולות אפשריות להתמודדות עם שרפות בשטחים הפתוחים ולהפחתת היקף השרפות והנזק שהן גורמות.

המלצות לפעולה

הכנת תוכנית הגנה מאש לכל יער

התוכנית תכלול תכנון אזורים ייעודיים להתגוננות מאש (כמפורט בהמשך), דרכים לניוד כוחות, נקודות מילוי מים ועוד.



אזור חייץ סביב ישוב: לפני ביצוע, שכונת יפה נוף ירושלים. צילום: חנוך צורף



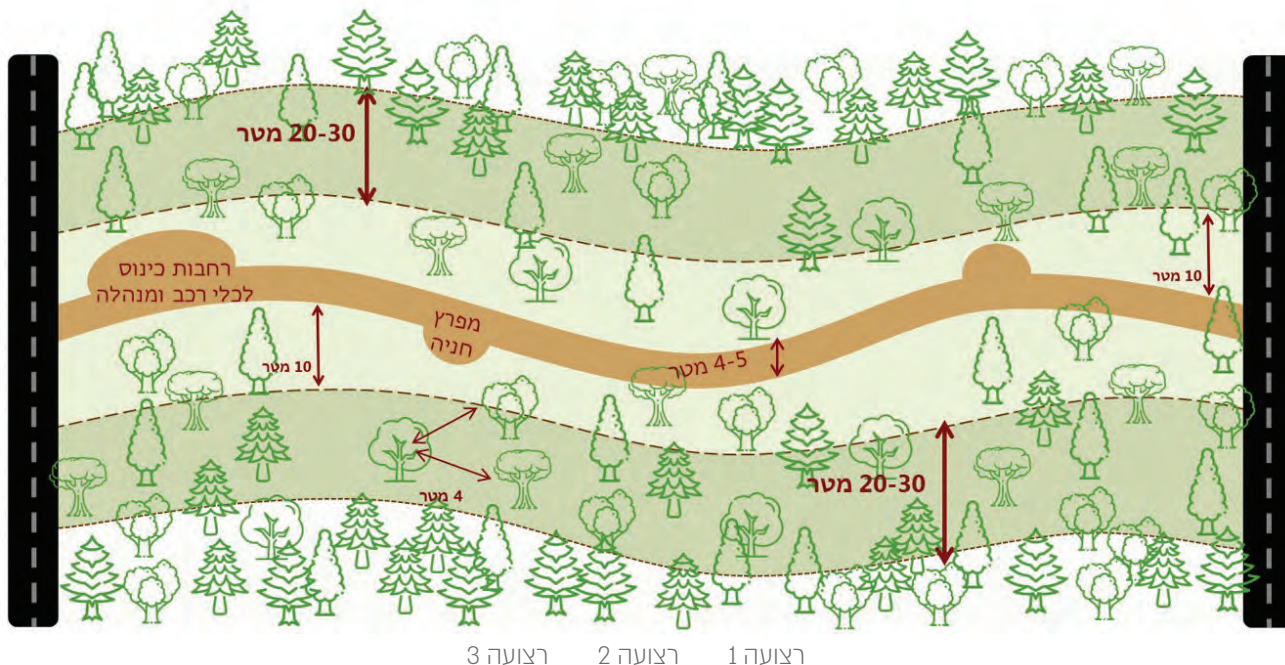
יעילות אזור חיץ: אזור חיץ סביב בית חולים איתנים לאחר שריפת הרי יהודה 2021, לא נגרם נזק לבית החולים וחי 140 חוסים ואנשי צוות נצלו, אל אף שלא היו המקום כוחות כיבוי. צילום: הדר תדהר

4. **אזורים בעדיפות שלישית** – שטחי יער המטופלים במגוון דרכים להקטנת סכנת שרפה באמצעות קיטוע רצף גדול ומסוכן של צמחייה צפופה ודליקה. מטרת הטיפול בשטחים אלה היא לצמצם את הסיכון להתפשטות שרפות ענק. בחירת השטחים תיעשה רק לפי ניתוח סכנת השרפה בשטחי יער גדולים מאוד ורצופים, במקומות אסטרטגיים ונגישים.

סל טיפולים כללי להקטנת הסכנה ולצמצום האיום משרפה: הטיפולים באזורים הייעודיים לבלימת שרפות יכללו פעולות שונות ומגוונות, כגון דילול, גיזום, טיפול בחומרי עץ שוכבים, שינוי הרכב המינים והשקיה. פירוט לעניין זה מופיע בנספח 1 – **טיפולים בצומח למניעת שריפות**.

2. שטחי יער שמתקיימת בהם פעילות קהל ענפה (ריכוז חניונים, מחנות נוער, מרכזי שדה וכו') יטופלו בעוצמה לניתוק אנכי של רצף חומרי דלק, תוך השארת כיסוי צמרות גבוה וטיפול חזק ומתמשך בתת-היער.

3. **אזורים בעדיפות שנייה** – שטחי יער (שאינם אזורי חיץ) המטופלים כדי לצמצם את איום השרפות על יישובים ותשתיות סמוכים. הגדרת שטחים אלה ואופן הטיפול בהם אינם קשיחים כבאזורי חיץ, והם מותאמים לטופוגרפיה, לצמחייה, לייעוד השטח ולשיקולים נוספים. שטחים העונים להגדרה זו הם שולי אזורי חיץ סביב יישובים וביער, שטחים שמצויים בקרבת יישובים ותשתיות ואינם אזורי חיץ, ואזורי פעילות קהל ביער ואתרי מורשת.



איור סכמתי מבנה אזור חייץ ביער: רצועה 1 דרך מתאימה לפעולות כיבוי, רצועה 2 צמודה לדרך דילול חזק של הצומח, רצועה 3 דילול מתון של העצים, הסרת צומח בתת היער בקרבת הדרך והרמת נוף העצים הנותרים בכלל השטח. איור: נעה עייני

כיבוי אש

תוך התייחסות למצב הצומח, שיפור מערך הכיבוי בדגש על כיבוי אווירי והתאמת מערך הכיבוי הקרקעי לטיפול בשרפות יער וחורש. יש לפתח תשתיות לתמיכה בכיבוי שרפות, כדוגמת דרכים נגישות, שטחי התארגנות, נקודות מילוי מים, שילוט ומערכות המטרה בלחץ גבוה (במקומות רגישים).

יש להקים גוף מתכלל שירכז ברמה ארצית את כלל פעולות המניעה והמוכנות לכיבוי. גוף זה יבצע תחקירים ויפרסם דו"חות מסודרים בנושא שרפות בשטחים פתוחים. נוסף על כך, יש לגרום לשיפור יכולת הכיבוי של שרפות יער, באמצעות הנמכת הסף לכוננות, פיתוח מודלים לחיזוי התפשטות שרפות, מפות עדכניות לחיזוי סכנת שרפות



כיבוי אווירי עם מעכב כיבוי, שרפת הרי יהודה 2021, קיבוץ צובה. צילום: חנוך צורף



שרפה היער: שרפה מטפסת לראש הר איתן, יער סטף, יום השני של שרפת הרי יהודה 2021. צילום: חנוך צורף

פעילות אדם

יש להתאים את פעולות האדם ביער כך שתמנע ככל הניתן התלקחות השרפה. הפעולות המומלצות הן:

1. איסור בחקיקה על הדלקת אש ביערות בעונת הקיץ.
2. ריכוז פעילות האדם האינטנסיבית ביער באזורים מוגדרים, מוגנים מאש ובשולי היער (ככל הניתן).
3. פיקוח ואכיפה למניעת הצתות ורשלנות אדם וכן הקפדה זהירה בביצוע עבודות ביער על ידי גורמי תשתית, קבלני ביצוע של קק"ל, צבא וגורמים אחרים.
4. הגברת מודעות הציבור לשרפות יער באמצעות חינוך והסברה.

שרפות עתידית. יש לנצל את העובדה כי חידוש היער לאחר שרפה יוצר הזדמנות לשינוי תצורת הצומח או הרכב המינים.

הנחיות מפורטות לממשק יערני למניעת שרפות ניתן למצוא [במסמכי המדיניות וההנחיות המקצועיות בנושא הקמת אזורי חיץ ביער](#).

אירועי קיצון

עלייה בתדירות ובעוצמה של סופות ושלגים

אפיון הבעיה

שינוי האקלים מביא עימו שינויים בתזמון, בתדירות ובעוצמה של סופות מסוגים שונים – גשמים, רוחות עזות ושלגים (Keenan, 2015). השילוב בין סוגי הסופות גורם לנזקים שונים ליער. הנזק העיקרי הוא לעצים, בעיקר התהפכות עצים, שבירת הגזע במרכזו, שבירת ענפים ושבירת הכותרת (ספיר, 1992).

יער חיוני ובעל חוסן אמור להתאושש באופן מהיר מהפרעה. עלייה בתדירותם של אירועי קיצון עלולה לגרום לכך שהיער לא יספיק להתאושש מהפרעה בטרם תפגע בו הפרעה נוספת. האפקט המשולב עלול להגדיל את הנזק ולהוביל למצב ארוך טווח חדש לפגיעה בחוסן היער לטווח הארוך. למשל, סופת שלגים יכולה לגרום לנפילת עצים ביער. היעדר טיפול מתאים בעצים שנפלו, עלול להוביל לשרפה שתפגע ביער באופן ניכר. דוגמה נוספת יכולה להיות היחלשות היער בעקבות סופה קיצונית, שלאחריה יש ליער רגישות גבוהה למזיקים, כגון חיפושיות קליפה (אסם ושות' 2014; Virginia et al., 2001).

נזקים משלגים

ירידת שלגים בהיקף שגורם לנזקים יכולה להתרחש כל שנה. בעשורים האחרונים ירד שלג משמעותי לפחות אחת לעשור (למשל 1991, 2002, 2013) ואירוע שלג



מודעת איסור הדלקת אש בשטחים פתוחים

בבואנו לחדש יער לאחר שרפה, ראשית יש לבחון מהי מידת הנזק למערכת. בשרפות שהנזק שנגרם בהן למערכת האקולוגית הפיך, יש להישען ככל הניתן על תהליכי התחדשות טבעית תוך השלמה בנטיעות ממוקדות בהתאם לתצורת הצומח הרצויה. בשרפות שהנזק בהן בלתי הפיך, יש למקד את פעולות חידוש הצומח בנטיעות, בהתאם לתצורת הצומח הרצויה וייעוד השטח. בשני המקרים פעולות חידוש היער ייעשו בהתחשבות במניעת

נוסף על כך, ישנו נזק עקיף לעצים משבירת הענפים: עצים שנפגעו ונחלשו עלולים להתייבש בחלק מהנוף או בכולו; מזיקים עלולים לתקוף את העץ; פגיעה פיזיולוגית עלולה לגרום להאטת קצב הגידול (ספיר, 1992).



נזקי שלגים: התמוטטות עצי אורן ירושלים כתוצאה של סופת השלג 2013, הר איתן יער סטף. צילום: חנוך צורף

קיצוני התרחש אחת לכ-25 שנה. אירועי שלג משמעותיים מתרחשים כיום בגובה של 600 מטר מעל פני הים ומעלה. יש להיערך לכך שעם שינוי האקלים ייתכן שאירועי השלג יהיו תכופים יותר, קיצוניים יותר, ויתרחשו אף באזורים שנמוכים מ-600 מטר.

לעיתוי של אירוע שלג יש השפעה על הנזק הפוטנציאלי. בתחילת העונה הקרקע יבשה יחסית, ושורשי העצים נאחזים בה היטב, ולכן הנזק ממשקל השלג מתבטא בעיקר בשבירה של ענפים וצמרות (לדוגמה, בשנת 2013). באמצע החורף או בסופו (כמו גם באירועי שלג המתרחשים מייד לאחר ימים גשומים) הקרקע רוויה, ואחיזת השורשים בקרקע חלשה יותר, ולכן משקל השלג גורם לחלק מהעצים להתהפך על שורשיהם או להישבר במרכז הגזע. ביער ובו עומד צפוף, וכן במדרונות ובשיפועים חדים, הנזק צפוי להתעצם בגלל "אפקט דומינו" - עצים הנופלים ופוגעים זה בזה (לדוגמה, ביער בירייה ב-2016).



נזקי שלגים: התמוטטות מסיבית של עצי אורן ירושלים ותיקים ביער מעלה החמישה, כתוצאה מסופת השלג של דצמבר 2013. צילום: חנוך צורף

גורמים נוספים, כמו גם אינטראקציות בין הפרעות, יכול להשפיע על מידת הרגישות של היער (Virginia et al., 2001).

נזקים מרוחות ומגשמים מרובים מתרחשים לרוב כאשר שתי התופעות מתקיימות יחדיו. ירידת משקעים רבים בזמן קצר (מעל ל-60 מ"מ תוך 24 שעות) גורמת להחלשת תאחיזת השורשים בקרקע הרוויה, ומשבי רוח חזקים עלולים להפיל עצים. שילוב של רוחות ושלגים ייצור נזק רב עוד יותר. שלגים, רוחות וכמות משקעים חריגה יכולים אף לגרום לנזק לתשתיות ביער: סחיפה של דרכים, פגיעה בחינונים מעצים שנכלו ועוד.



נזקי רוח: שורש עץ אורן ירושלים שהתמוטט כתוצאה מסופת רוח עזה 3/2020, לאחר 70 מ"מ גשם. צילום: חנוך צורף

ישנו הבדל ניכר בהתאמת מיני עצים שונים לשלג:

1. לרוב המינים המחטניים יש התאמה יחסית הודות למבנה הסגור והצריפי, המונע הצטברות שלג על ענפיהם. עם זאת, ישנם מחטניים בעלי מבנה פתוח שמאפשר היערמות של שלג במשקל רב, שגורם נזק רב. יוצאי דופן הם מחטניים בעלי מבנה פתוח וגמישות רבה (כגון ארזים), שהשלג המצטבר עליהם מכופף את הענף עד לנפילת השלג.
2. עצים שמותאמים באופן יחסי לשלג הם: ארז (מינים שונים), אורן קנרי, ברוש מצוי, ברוש אטלנטי, אורן הצנובר וברוש אריזוני.
3. פגיעה באורן קפריסאי מתבטאת בשבירה של הכותרת וענפים, אך הוא אינו נוטה ליפול, ויש לשקול את נטיעתו בהתאם לצורך.
4. אורן ירושלים נפגע קשה בשלג, ולכן אין לנטוע אותו באזורים שהסבירות לשלג בהם משמעותית (ויץ, 1968). תמונה מס' 17.
5. למינים רחבי עלים ירוקי-עד, כדוגמת חרוב מצוי וזית אירופי, נשברים ענפים בעקבות הצטברות שלג על העלווה ועל הענפים הצפופים. חרוב נוטה להישבר גם בגזע. ההתאוששות של רחבי עלים מפגיעת שלגים מהירה באופן יחסי.
6. מינים רחבי עלים נשירים, כדוגמת אלה ארץ-ישראלית ושקד מצוי, נפגעים פחות, אך עדיין ניכר נזק של שבירת ענפים בעקבות השלג, שמידתו תלויה בצפיפות העצים ובמועד השלג (שלג מוקדם בעונה עשוי להצטבר על העלים טרם נשירתם). כאמור, התאוששות רחבי העלים מהירה באופן יחסי.

נזקים מרוחות ומגשמים

הקשר בין עוצמת הסופה לחומרת הנזק או ההפרעה משתנה בין יערות ובין מינים. בעומדים דלילים עם מינים שאינם מעמיקי שורש, הסיכוי לנזק גבוה יותר. שילוב של

המלצות לפעולה

טיפול ביער

דילול היער הוא הטיפול החשוב ביותר במניעת נזק משלגים ומרוחות. בדילול מתקבל יער שיש בו עצים בריאים וחסונים בעלי קוטר גבוה ביחס לגובהם. עצים כאלה יהיו מותאמים יותר ויקרסו פחות. נוסף על כך, מרווח גדול יותר בין העצים יצמצם את "אפקט הדומינו" שתואר מעלה. חשובה ההקפדה על דילול במועד המתאים בהתאם לגיל היער ולצפיפותו, שכן דילול מאוחר עלול להגדיל את הסיכוי לשבירות מרוח או לנפילות בשל חשיפת העץ לרוחות לפני שהוא הספיק להתעבות לאחר הדילול.

במקרה של דילול יער מבוגר וצפוף יש לשקול את עוצמת הדילול ואת מספר הטיפולים בהתאם למצב בשטח, לייעוד ולתוכנית השטח. לדוגמה: דילול חזק בטיפול אחד ילווה בנפילת עצים מרוחות, אך מאידך גיסא יפתח פערים בשטח להתחדשות מזריעים או לגיוון היער במינים נוספים. דילול במספר שלבים יאלץ התערבות ופגיעת כלים כבדים בשטח יותר מפעם אחת, אך יאפשר לעצים להתעבות לאורך זמן ויצמצם נפילות עצים. הוראות לדילול מקצועי ומתאים נמצאות במסמך המדיניות וההנחיות המקצועיות בנושא דילול היער המחטני (אסם וצורף, 2019).

באזורים קולטי קהל יש לטפל ביער בצורה קפדנית יותר, תוך התייחסות להיבט הבטיחות. באזורים האלה יש לגזום גם מינים רחבי עלים, באופן שיצמצם נזק משלגים – בעיקר קיצור ענפים ארוכים ופתיחת חופה צפופה בהתאם לצורך.

נטיעת מינים מתאימים

כפי שנכתב לעיל, המינים המתאימים לנטיעה באזורים מועדים לשלגים הם: מחטניים – ארז (מינים שונים), אורן קנרי, אורן הצנובר, ברוש מצוי, ברוש אריזוני, ברוש אטלנטי; רחבי עלים – אלה ארץ-ישראלית, אלה אטלנטית,

אלון התולע, שקד מצוי, אגס סורי, כליל החורש, מיש דרומי. אורן קפריסאי יסבול משברים, אך יתאושש.

אין לשתול אורן ירושלים שרגיש במיוחד לשלגים, וכן לא חרוב (ויץ, 1968).

בעבר נבחנה התאמתו של אורן שחור ליער הגבוה בישראל. כמות העצים שקיימים כיום ביערות אינה מספיקה להסקת מסקנות חד-משמעית, אך כדאי לבחון את האפשרות לשימוש במין זה, בייחוד לנוכח שינוי האקלים (בונה והראל, 2015).

בימים אלה בוחנת קק"ל אורן קפריסאי ממקור טורקי (tasyayla)) שנחשב מותאם לשלגים. מקור זה מאופיין בתצורת נוף המאפשרת לשלג הנערם על גבי הענפים להחליק מטה ולמנוע נזק לעץ. יש להמשיך לעקוב אחרי התפתחותו ועמידותו של מקור זרעים זה בשטח.

רוב המינים יכולים להתאים לנטיעה באזורים המועדים לרוחות ולגשמים קיצוניים, תוך מתן תשומת לב לכך שעלול להיווצר עץ שצורתו דומה לדגל, שנופו פונה לכיוון הרוח. תופעה של תלישת עלים נראית לעיתים בעצים רחבי עלים, אך לא בעצי מחט, ולכן באזורים מוכי רוח יש עדיפות לנטיעת עצי מחט (כגון ברושים).

בריאות היער

עלייה בחדירה ובהתפרצות של מזיקים ומחלות

אפיון הבעיה

לעצים מערכות הגנה פיזיות וכימיות הפועלות באופן ישיר דרך רעילות או מניעת אכילה, ובאופן עקיף על ידי הורדת הערך התזונתי של רקמת הצמח (Smith, 2015). שינוי האקלים הצפוי בישראל עלול להחליש את מערכות ההגנה של עצי היער ואת עמידותם כנגד מזיקים. נוסף על כך, העלייה בתדירותם של אירועי קיצון מטאורולוגיים, כדוגמת שלג כבד, סופות רוח ואירועי בצורת, עלולה להגדיל את זמינות מצע ההזנה וההתפתחות למזיקים ובכך להאיץ התפרצות של אוכלוסיות חרקים מזיקים ובו בזמן לגרום לפגיעה משמעותית באויבים הטבעיים שלהם (Furlong and Zalucki, 2017).

באשר למחלות צמחים – התחממות החורף הישראלי עלולה לאפשר תנאים הדומים לגשמי אביב וקיץ באזורים ממוזגים, שיוצרים תנאים נוחים לפתוגנים פטרייתיים ולחיידקיים רבים, ובכך להגביר את הסיכוי להתפתחות של מחלות בעצי יער. כמו כן, עקות יובש ממושכות עלולות להוביל לירידה ביכולתו של העץ לייצר חומרי הגנה ובכך להוביל להכנעתו על ידי מחלות כרוניות, שבזמינות מים רגילה לא היו גורמות לתמותה (Sturrock et al., 2011).

פלישה של מיני מזיקים חדשים לישראל צפויה אף היא להיות מושפעת משינוי האקלים. מחד גיסא, התחממות האקלים עשויה להקטין את הסיכוי להתבססות של פרוקי רגליים מאזורים ממוזגים, ובהם גם חרקים המזיקים לאורנים, לאלונים ולמינים נוספים השייכים לחברות של אקלים ממוזג. מאידך גיסא, מינים ממקור טרופי או תת-טרופי יוכלו להתבסס בישראל ביתר קלות, בעיקר עקב התחממות החורף הישראלי, ובכך לזה התחממות הלילות בעונות המעבר (Grünig et al., 2020).

לא ניתן לחזות את ההשפעות המורכבות של שינוי

האקלים על התפרצות מזיקים ומחלות ביער, אך ישנן עדויות מהארץ ומהעולם – מהשטח וממחקר – המראות כי ישנם מיני מזיקים שמגדילים את מספר הדורות בשנה ומביאים לתמותה נרחבת של עצים (Björkman and Niemelä, 2015; Pernek et al., 2019), כמו גם להתפרצות מחלות שהיו שוליות עד כה. לפיכך, אנו צופים עלייה במקרי ההתבססות של חרקים טרופיים בישראל והרחבת תפוצה של מזיקים המוגבלים כיום לאזור שפלת החוף.

עקות יובש מתמשכות עלולות לגרום לשינוי במעמד של נוברי גזע וענפים של עצים רחבי עלים, ממעמד של מזיקים משניים למזיקים ראשוניים (Björkman and Niemelä, 2015). נוסף על כך, ישנן עדויות שלפיהן עקות יובש ממושכות מעלות את הסיכוי למוות של עצים בגלל פעילות פתוגנים כרוניים או אופורטוניסטים, כגון פטריית הבוטריוספריה (*Botryosphaeria spp.*) שגורמת למחלות (שטיינברג ושות', 2017). התחממות האקלים עלולה להגביר את פעילות החרקים המזיקים גם במהלך החורף ואת הפגיעה בעצי היער.

סביר כי לחץ הפלישה מצד חרקים ומחלות יישאר דומה לעבר, בעוד שאחוזי ההתבססות של מזיקים טרופיים יגדלו. המזיקים האלה יוכלו לגרום נזקים נרחבים עקב היעדר שלושה גורמים מרסנים: אויבים טבעיים, תנאי אקלים מגבילים ומנגנוני הגנה מתאימים של העצים המקומיים.

יכולת ההתערבות כנגד חרקים מזיקים, מינים פולשים ומחלות עצים מוגבלת עקב הקושי לזהות התפרצות, חדירה או מחלה בשלביהן הראשונים. לנוכח היקפי השטח הגדולים שצפויים לסבול לאחר רצף שנות בצורת, יידרשו עלייה באינטנסיביות ובהיקפי הטיפול במזיקים, בד בבד עם בחינת ממשקים למיתון אוכלוסיות מזיקים בשטחים נרחבים, הקצאת משאבים טכנולוגיים ומעקב של מנהלי השטח.

טיפול במחלות עצים נעשה, על פי רוב, על ידי שיפור משק



התנוונות עצי שקד ותיקים בהר כנען על רקע תקיפה של מחלת הבוטריוספריה. הפטריה מאכלסת באופן לטנטי עצים רבים ומתפרצת על רקע של יובש מתמשך. צילום: ניצן בירנבוים

המלצות לפעולה

ביערות הקיימים

- 1. ביצוע עבודות יערניות בעונה המותאמת לרקע האקלימי:** ביצוע הפעולות בתזמון המתאים מונע יתרון להתפתחות אוכלוסיות משמעותיות של מזיקים על הגזם והעצים הנותרים בחלקה. יש לבצע פעולות דילול ביער מחטני בוגר (מעל 25 שנה) בעונה החמה, גיזום מחטניים ורחבי עלים בחורף ודילול חליפיים באיקליפטוס מסוף הסתיו ועד לאביב בלבד.
- 2. הקפדה על פעולות דילול בגיל ובעוצמה המתאימים:** יש להקפיד בייחוד כאשר ישנו איחור משמעותי בממשק הדילול או טיפול ביער ותיק. לפעולות האלה צריכים להתלוות כלים יעילים לצמצום אוכלוסיות של חיפושיות קליפה ונוברי גזע וענפים.

המים של העץ או בעזרת טיפולים כימיים אינטנסיביים ורחבי טווח, אך פעולות כאלה אינן מעשיות בשטחי יער נרחבים, ולכן יכולת ההתערבות מוגבלת לשטחים מצומצמים.

כנגד מינים פולשים נדרשים משאבים רחבים לניטור מוקדם של מזיקים חדשים ופעולה מהירה ואגרסיבית לביעורם טרם יתבססו בישראל, תוך שיתוף פעולה נרחב עם גופי שמירת טבע וחקלאים. לאחר התבססות המזיק המאמצים לביעורו עלולים להיות יקרים, קשים וחסרי תועלת משמעותית.



קריסות מחזוריות של אקליפטוסים בבית שאן נובר האקליפטוס תוקף עצים מוחלשים, על פי רוב על רקע עקת מים. הערכת העונה היבשה בישראל תחשוף עצים רבים יותר לסכנת תקיפה צילום: ניצן בירנבוים

3. **תברואה לאחר אירועי קיצון:** יש להקפיד על עבודה על פי ההנחיה המקצועית לטיפול לאחר אירועי קיצון תוך שימת לב למין העג, למיני המזיקים ולעונת השנה.
4. **טיפול שגרתי ויעיל בגזם:** ערמות גזם מהוות מצע מזון ומשכן מתאים למזיקי שלד רבים. ריסוק הגזם וטיפול כימי כנגד המזיקים בו יצמצמו את גודל האוכלוסיות שעלולות לתקוף עצים הנתונים בעקה בסביבת הגזם.
5. **התערבות לצורך ניהול אוכלוסיות חרקים:** בחלקות בעלות ערכיות נופית ונראות גבוהה יש להשתמש בעצי מלכודת מבוססי פיתיונות, במלכודות ללכידה המונית של חיפושיות קליפה של מיני מחטניים ובחיישני ניטור אוטומטיים.
6. **הקפדה על ניקוי כלים:** לאחר עבודה עם עצים או בשטח הנגוע בפתוגנים מדבקים או במזיקי קרקע יש לשטוף את הגלגלים ולחטא את כלי הגיזום באקונומיקה.

ביערות המיועדים לחידוש או להקמה

1. **מחקר והשבחה:** יש לקדם מחקר והשבחה שיאפשרו איתור גנוטיפים של מיני עצים הסבילים למזיקים השכיחים, כגון כנימת המצוקוקוס, או למחלות, כגון סאירידיום של הברוש. לחלופין, הם יאפשרו העלאת עמידות העצים ליושב ולחום, שנמצאו כגורמים משמעותיים בפתוגנזה.
2. **אפיון קפדני של בתי הגידול:** יש לאפיין את בתי הגידול היערניים ואת האתרים המיועדים לנטיעה או לחידוש באופן קפדני, שיאפשר להצביע על הגורמים המגבילים את התבססות העצים או את שגשוגם, כגון עומק הקרקע ומרקמה, תכולת המים בקרקע במהלך השנה ואחוז הגיר הפעיל בבית הגידול. הצומח שיישתל באתרים האלה, מחטני או רחב עלים, צריך להיות מותאם לבית הגידול הכללי של החלקה ולבתי גידול נקודתיים, וזאת כדי להפיק את

המרב מהפוטנציאל היערי של תא השטח.

3. **הקפדה על ממשק דילול ופיטוסינטיציה:** במטרה לצמצם את השפעות מזיקי אורן יש להקפיד מייד לאחר הדילול הראשון על פיטוסינטיציה ועל ממשק דילול כדי לקדם סבילות שדה גבוהה באתרים שמתבצע בהם חידוש מזריעים. יש להקפיד על טיפול מתאים, על הצבת מלכודות להפחתת אוכלוסיית חיפושיות קליפה סביב ערמות הגזם ועל העדפת ביצוע פעולות יערניות בעונה המתאימה.
4. **מתן טיפול קפדני לעצים הניטעים בשנותיהם הראשונות:** כדי לבסס את יתרונם של עצים על צומח מתחרה בשנים הראשונות לנטיעתם יש להקפיד על מתן טיפול קפדני, בייחוד לרחבי עלים. בכלל זה, יש לתת דגש להכוונת הצימוח ולמניעת גיזומים אגרסיביים והחלשת העמידות כנגד מזיקי שלד. את הגיזומים יש לבצע במהלך חודשי החורף.
5. **יער רב-מיני ברמה הנופית או המקומית:** קיטוע של יער חד-מיני או הקמת יער רב-מיני, יכולים לקטוע או להאט התפשטות של מזיקים מתמחים. זאת ועוד, יער רב-מיני יכול להמשיך לתפקד כיער גם לאחר פגיעה במין רגיש.

מחקר, פיתוח והדרכה

1. **שיפור היכולת לזיהוי פתוגנים:** יש להתקשר עם מכוני אבחון מוסמכים לזיהוי של נגעים חדשים, או כאלה שאין להם סימפטומים מיוחדים ומובהקים. כמו כן, יש לבחון רכישה של מבחני שדה קיימים לאבחון נגעים נפוצים בשטח.
2. **שימוש באמצעי ניטור:** לשם זיהוי מוקדם של התפרצויות מזיקים יש לקדם את השימוש בכלים המבוססים על פתרונות טכנולוגיים, כגון חישה מרחוק בעזרת אמצעים רב-ספקטריים ועל-ספקטריים, ושימוש במלכודות ניטור מתקדמות.

צמחים פולשים

הגברת הקצב והעוצמה של החדירה וההתפשטות של מינים זרים

אפיון הבעיה

צמחים פולשים הם מיני צמחים זרים לבית הגידול, שנוכחותם היא תוצאה של פעילות האדם. הם נחשבים לאחד מהגורמים המרכזיים לאובדן המגוון הביולוגי ולפגיעה בתפקוד מערכות אקולוגיות. נוסף על כך, הם עלולים לגרום נזקים לתשתיות, לחקלאות, לבריאות האדם ועוד.

במסגרת ניהול בר-קיימא של השטחים הפתוחים בכלל, ושל שטחי היער בפרט, אנו שואפים למזער חדירה והתפשטות של מינים פולשים. עם זאת, לטיפול במינים פולשים עלולות להיות השלכות כלכליות וסביבתיות שונות עקב מורכבות הטיפול והשימוש בתכשירי הדברה, שמחייבים תכנון ארוך טווח וקביעת סדרי עדיפויות.

חשוב להדגיש שרוב הצמחים הזרים לא נעשים פולשים וזאת בשל חוסר יכולתם לשרוד או להתרבות במערכות האקולוגיות החדשות שהם מוצאים את עצמם בהן. שילוב של שלושה גורמים מאפשר לחלק מהצמחים הזרים לפלוש למרחב נתון, להתבסס ולהתפשט בו: היעדר אויבים טבעיים; תכונות ביולוגיות ואקולוגיות מיוחדות (כגון צימוח מואץ, ייצור זרעים מהיר ובכמות גדולה, רבייה וגטטיבית, תרדמת זרעים, יכולת התחדשות ותחרותיות); מידת הרגישות של המערכות האקולוגיות המקומיות לצמחים פולשים. בהקשר זה נציין שני בתי גידול רגישים במיוחד בישראל: בתי גידול חוליים ובתי גידול לחים.

שינוי האקלים, המתבטא בקיצור עונת הגשמים, בירידה בכמות המשקעים ובעלייה בתדירות ובהיקף של אירועי שרפות, עלול להוביל לשינויים בתפוצת מינים. היתרונות שיש למיני צמחים פולשים שונים על פני מינים מקומיים עשויים לגדול ועקב כך להגביר את הקצב והעוצמה של התפשטות המינים הפולשים.

3. **ביצוע הדרכות והעלאת מודעות:** יש להעביר השתלמויות ממוקדות לגבי נזקים אופייניים למיני המזיקים הקיימים, ונזקים הצפויים ממזיקים פולשים, כדי לאפשר זיהוי פגעים חריגים ולהגביר את יכולת הזיהוי המוקדם.

התמודדות עם מינים פולשים

1. **הגברת שיתוף פעולה בין-ארגוני:** יש לחזק את ממשקי העבודה עם חוקרים ועם אנשי המשרד להגנת הסביבה והשירותים להגנת הצומח במשרד החקלאות כדי להקל על זיהוי של פלישות חדשות והתבססותן ודיווח עליהן.

2. **ניטור פלישות של חרקים צפויים:** יש לפרוס ולתחזק מערך מלכודות באזורים הסמוכים לגבולות המדינה כנגד מזיקים פוטנציאליים שהתבססו במדינות שכנות.

3. **ניטור מהיר ורחב של מזיקים חדשים:** זיהוי כזה יועיל להגדרת אזורים לפעולות ביעור, להכלה ולמניעת התפשטות. אם היקף ההתפשטות של מזיק מסוים עבר את היקפי השטח הסבירים לטיפול, יש להסב את מאמצי הטיפול לניהול המזיק, שכן ביעור מלא אינו אפשרי.

4. **העמדת תקציב מיוחד:** יש לדאוג לתקציב שיאפשר פעולות ביעור דחופות של מיני חרקים פולשים בעלי השלכות שליליות על היער והחורש בישראל, כולל מסלולי התקשרות מהירים להבטחת פעולה מהירה.



אמברוזיה מכונסת, צמח פולש חדש יחסית בארץ, בעל קצב התפשטות מהיר ביותר. צילום: שני גלייטמן

הצורך בטיפול במוקדים קיימים (ובכלל זה שימוש בתכשירי הדברה), היא נותנת מענה למאגר הזרעים הקיים בקרקע, מייתרת פעולות שיקום ועוד. לכן, העלות של מניעה נמוכה יחסית, ויעילותה גבוהה.

לאחר הגעת הצמח הפולש לשטח, הטיפול יעיל יותר ככל שהוא מבוצע בשלב מוקדם יותר, כאשר מספר המוקדים קטן, וגודלם מצומצם. עם המשך ההתבססות וההתפשטות, כאשר לצמח הפולש אוכלוסיות צפופות בשטח, פוחתת היכולת לטפל בו באופן יעיל. בשלב זה חשוב להתמקד בבלימת המשך ההתפשטות ובהגנה על בתי גידול רגישים ועל שטחים טבעיים סמוכים שהצמח הפולש טרם הגיע אליהם.

המלצות לפעולה

מניעה

א. **נטיעות:** יש להימנע מנטיעת מינים הידועים כפולשים – בארץ או בעולם. ככלל, מומלץ שלא לטעת מינים חדשים אקזוטיים בישראל בגלל חוסר הוודאות והסיכונים הכרוכים בכך.

ב. **מזעור הפרת הקרקע:** את העבודות היעריניות השוטפות המבוצעות ביער, כגון דילול, חידוש והקמה של יערות, יש לעשות תוך הקפדה על צמצום הפרה



פריחת שיטה כחלחלה, עץ פולש אלים קשה להדברה. צילום: אריה סעדה

חשיבות הטיפול בצמחים פולשים נגזרת מפוטנציאל הנזק שלהם ומשלב הפלישה, ומשתנה בין מינים ובין תאי שטח שונים. ככלל, **חשיבות הטיפול הגבוהה ביותר היא עבור מינים בעלי פוטנציאל נזק גבוה ושלב פלישה התחלתי**, ואילו לטיפול במינים בעלי פוטנציאל נזק נמוך ובשלב התבססות מאוחר יש חשיבות פחותה.

חדירה לבתי גידול רגישים, כגון בתי גידול חוליים או לחים, עלולה לגרום להתדרדרות מהירה יחסית בתפקוד האקולוגי ובמגוון הביולוגי של המערכת, ומכאן חשיבות הניטור של בתי הגידול האלה לצורך טיפול מהיר בעת הצורך.

לשיטה כחלחלה, הצמח הפולש הנפוץ ביותר במקרקעי הייעור, קיימים מנגנוני התאמה ידועים בפני שרפות, הכוללים עמידות של הזרעים בשרפות ויכולת התחדשות גבוהה של פרטים בוגרים לאחר שרפה. אנו צופים, בסבירות גבוהה יחסית, האצה בהתפשטות שיטה כחלחלה ביערות עקב העלייה בתדירות ובהיקף של שרפות היער.

מידת הוודאות של השפעת שינוי האקלים על התפשטות מיני צמחים פולשים נוספים נמוכה יחסית.

מניעה היא הטיפול היעיל והמשתלם ביותר במינים פולשים. היא חוסכת את הפגיעה במגוון הביולוגי, את



הדברת שיטה כחלחלה בחיתוך והזלפה. צילום: שני גלייטמן



הדברת שיטה כחלחלה בריסוס נוף ביער נווה אילן. צילום: אריה סעדה

עדיפות הטיפול בהתאם לשלבי הפלישה השונים

- א. **טיפול בשלב פלישה מוקדם:** יש לתת עדיפות גבוהה לטיפול במינים בעלי פוטנציאל נזק גבוה, הנמצאים בשלבי התבססות ראשונים בשטח היער. יש לבצע את הטיפול בתדירות גבוהה במטרה להגיע לביעור מוחלט של מוקדים קטנים ולמנוע הפצה.
- ב. **טיפול בשלבי פלישה מתקדמים:** יש לתת עדיפות משנית לטיפול במיני צמחים פולשים הנפוצים בשטח, מתוך מטרה לבלום את המשך ההתפשטות לשטחים טבעיים, לשטחים בעלי ערך נופי גבוה ולבתי גידול רגישים. יש לתת עדיפות נמוכה לטיפול במוקדים צפופים ביותר ובבתי גידול מופרים.

וחישוף של הקרקע. כמו כן, יש לנקוט פעולות למניעת הפצת מינים פולשים דרך כלי עבודה וכלי רכב שעוברים בין אזורי יער שונים.

ג. **עבודות תשתית:** יש לערוך עבודות תשתית שונות ביערות תוך התייחסות להיבטים של מניעת הפצה וחדירה של מינים פולשים. על העבודות האלה לכלול הנחיות ופיקוח לטיפול בקרקע נגועה, שימוש בקרקע ממקור חיצוני, שיקום נופי וכן ניטור וטיפול במינים פולשים במהלך מספר שנים עם תום העבודות.

ניטור ומעקב

כדי לאתר פלישות בשלבים מוקדמים ככל הניתן חשוב להקפיד על ניטור בשטחים ובמצבים הבאים: חלקות נטועה של מיני עצים זרים, בתי גידול רגישים, שטחי יער בעלי ערכיות אקולוגית גבוהה במיוחד ושטחי יער לאחר שרפה.

תכנון ארוך טווח, מבוסס סדרי עדיפויות

קביעת סדר עדיפויות לטיפול היא נגזרת של שלב הפלישה, מידת הערכיות והרגישות של השטח ופוטנציאל הנזק של המין הפולש. יש לבצע את הטיפול בהתאם לתכנון מרחבי ארוך טווח שילווה בניטור.

עדיפות הטיפול בהתאם למאפייני השטח

א. **שטחים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה:** יש לתת עדיפות גבוהה לטיפול בשטחים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה, כגון בתי גידול חוליים ולחים, וכן לאתרים עם ריכוזים משמעותיים במיוחד של מינים בסכנת הכחדה או מיני דגל בעלי מופע פריחה מרשימים במיוחד (דוגמה לכך היא התפשטות שיטה כחלחלה באתרים המהווים מקור משיכה לאלפי מטיילים באביב בשל פריחת האירוסים המרהיבה: בריכוזי אירוס הארגמן ביער אילנות ובריכוזי אירוס הגלובע במלכישוע).

ב. **טיפול לאורך נתיבי הפצה:** במטרה לבלום את המשך ההתפשטות, יש לנטר צידי דרכים, נחלים ותעלות מים המשמשים נתיבי הפצה (למשל בשטחי אגמון החולה, שם יש חשש להתפשטות אמברוסיה מכונסת), ולטפל במינים הפולשים בהם.

מחקר ופיתוח כלים

יש צורך בקידום מחקר ובשיתוף פעולה במחקרים בתחום ממשק מינים פולשים. יש לפתח ולכתוב מפרטי עבודה אחידים לטיפול ולניטור.

שיתוף פעולה בין-ארגוני

יש לתאם סדרי עדיפויות לטיפול מול גופים נוספים העוסקים בתחום, לשותף פעולה בפרויקטים שונים של ניטור וטיפול, ולהשתתף בוועדות לטובת שיתוף ידע מקצועי בתחום.

הנחיות מפורטות לצומח פולש ניתן למצוא באתר קק"ל.

אספקת שירותי המערכת

האקולוגית

ירידה ביכולת אספקת שירותי המערכת האקולוגית ביער

אפיון הבעיה

שינוי האקלים הוא מהמחוללים העיקריים והישירים של השינוי לרעה בתפקוד המערכת האקולוגית ביער וביכולתם של היערות לספק את שירותי המערכת האקולוגית. תופעות הקשורות לשינוי האקלים צפויות לגרום לירידה בשטחם של היערות הבוגרים בישראל, לשינוי במבנה ובהרכב שלהם ובעקבות זאת לפגיעה בתפקודם ובכושם לספק שירותי מערכת אקולוגית חיוניים. ההתחממות במזרח הים התיכון צפויה לשנות את אזורי התפוצה של מינים שונים ולשבש דפוסי צמיחה וגידול של צמחים ובעלי חיים. תהליכים אלה מעלים חשש לשינויים בהרכב חברות ולירידה במגוון הביולוגי. נוסף על כך, ביערות מתקיימות מערכות אקולוגיות נוספות, כגון נחלים ומעיינות, ששירותי המערכת האקולוגית שהם מספקים צפויים להיפגע עקב הירידה בכמות המים ובאיכותם.

אנו צופים שתי מגמות הפוכות: מצד אחד ירידה ביכולת היער לספק שירותי מערכת אקולוגית, ומצד שני עלייה בביקוש לכלל שירותי המערכת האקולוגית. עלייה זו צפויה בשל שינוי האקלים, שהשלכותיו צפויות להגדיל את הצורך בכלל שירותי המערכת האקולוגית, וכן בשל גידול האוכלוסייה הצפוי בעשורים הקרובים, שיעצים את הביקוש לשירותים מסוימים.

שירותי תרבות

זהו שירות המערכת העיקרי של היערות בישראל, המייחד אותם משאר השטחים הפתוחים בארץ. כבר כיום עולה משמעותית הדרישה לשירותים אלה (פנאי, נופש, חינוך והשראה) בישראל המצטופפת. לנוכח התהליכים שצוינו



עובדי קק"ל בדיון ביער. צילום: חנוך צורף

הביולוגי. השינויים הצפויים בישראל עלולים לפגוע בשני המרכיבים הללו. שירותי אספקה, כגון צל למרעה, האבקה, מרעה דבורים, טיהור מים וכן עץ לתעשייה, להסקה ולרסק לחיפוי, עלולים אף הם להיפגע. ירידה בשטח היער הבוגר והתדרדרות (degradation) בית הגידול תצמצם את יכולת היערות לספק שירותים אלה.

לשירותי המערכת האקולוגית של היערות בישראל אין תחליף. העלייה העקבית בדרישה לשירותי המערכת האקולוגית, שנובעת מגידול האוכלוסייה ומהעלייה באיכות החיים לצד צמצום השטחים הפתוחים בישראל, מדגישה את הצורך בשירותים האלה ובשימורם. קיימת אי-ודאות בהערכת עוצמת הפגיעה של שינוי האקלים ביכולת היער לספק שירותי מערכת אקולוגית ובהערכת התפרוסת המרחבית של פגיעה זו. עם זאת, עלינו להיערך לירידת היכולת לספק שירותי מערכת אקולוגית, עם סל פתרונות שיותאם למציאות שתתפתח. ודאות רבה קיימת ביחס לעליית הביקוש לשירותי מערכת אקולוגית לנוכח גידול האוכלוסייה הצפוי, שיתבטא גם בגידול ניכר בשיעור השטחים הבנויים, דבר שיגרום לפגיעה משמעותית בגודל השטחים הפתוחים, ברציפותם ובחוסנם.

בין מחוללי השינוי לרעה בשירותי המערכת האקולוגית

מעלה והצפי לירידה בשטחי יערות בוגרים, בריאים ומצילים, תיתכן ירידה בשטח היערות המספקים שירותי פנאי ונופש אינטנסיבי בסביבה מוצלת שמספקת נוחות תרמית.

שירותי ויסות

שירות ויסות הנגר הוא מהשירותים המשמעותיים של היער בשימור מים ובמניעת נזקי שיטפונות. התייבשות הצומח ביערות עלולה להוביל לתדירות גבוהה יותר של שרפות ענק. מגמה זו, יחד עם צמצום שטח היערות בעקבות פיתוח, עלולה להפחית מיכולתם לווסת נגר וסחף קרקע ולתרום להצפות גוברות. נוסף על כך, ירידה בשטח היער הבוגר ושינויים במבנה ובהרכב שלו עלולים לפגוע ביכולת היערות לווסת את מזג האוויר ואת איכות האוויר סמוך לריכוזי האוכלוסייה ולווסת מזיקים ואספקת מאביקים באזורים חקלאיים.

שירותי תמיכה ואספקה

היכולת לספק את השירותים השונים של המערכת האקולוגית מותנית במידה רבה בשירותי התמיכה המאפשרים את קיומה של המערכת האקולוגית. שירותי התמיכה כוללים בין היתר ייצור ראשוני ושמירה על המגוון

- וזאת בד בבד עם שיקום האתרים המדורדרים.
3. יש לערוך ניהול ובקרה של המשתמשים – יש להגביל פעילות קהל ברוב שטח היער לשעות היום בלבד. יש להגביל פעילויות הרסניות, כגון ספורט מוטורי, בכלל שטח היער או לאשר את קיומו באתרים ייעודיים לכך. יש לנטר ולנהל את הביקושים לפעילויות ביער, תוך הכוונת קהל פעילה.
 4. יש לשמר נופי תרבות של מראה היערות, בייחוד באזורים בעלי ערכיות נופית חשובה, כגון העליות לירושלים. יש לשמר אתרי מורשת ביער.
 5. יש לעצב את מבנה היער על פי מטרה מוגדרת, כגון נוף, תרבות, קליטת קהל או אתר מורשת.



קהל ביער: זוג רוכב בטקס חנוכת שביל אופניים מונש, גבעת חציר, עמק יזרעאל. צילום: יואב דביר

ביער, מלבד שינוי האקלים, יש למנות שינויים בשימושי קרקע ובתכסית (כגון התמרת יערות לטובת בנייה, תשתיות וחקלאות), זיהום ממקורות שונים ומינים פולשים. מחוללי שינוי אלה ניתנים לצמצום על ידי הגברת ההגנה הסטטוטורית, תכנון היערות בהתאם לשינויים הצפויים, דירוג חשיבותם באספקת שירותי מערכת אקולוגית והתאמתם לתנאי הסביבה, לצורכי האדם וליתרונות היחסיים בכל מקום. כמו כן, ניתן לנקוט פעולות להסתגלות אליהם לצד התאמת ממשק היער לתנאים המשתנים וטיפול במינים פולשים. על קק"ל להסתגל גם לשינוי האקלים הצפוי ולמצוא דרכים לצמצם את השפעותיו על היער, כדי שאספקת שירותי המערכת האקולוגית תוכל להימשך כסדרה (אורנשטיין, 2022).

המלצות לפעולה

שירותי תרבות

מטרת-העל של הפעולות השונות בתחום שירותי התרבות היא הגדלת קיבולת קליטת הקהל של היער, תוך הבטחת חוויית המשתמש מצד אחד ושמידת המערכת האקולוגית מצד שני.

1. יש לתכנן את אתרי קליטת הקהל ביער תוך חלוקה בין אתרים לקליטת קהל אינטנסיבית (על הפיתוח הרב הכלול בה) ואתרים לקליטת קהל אקסטנסיבית. יש לעשות מאמץ לחבר פיתוח לפיתוח, כלומר להקים ולהגדיל אתרים אינטנסיביים צמוד ליישובים או צמוד לאתרים שפותחו בעבר. חשוב לשמר את שטחי היער המרוחקים לפעילויות אקסטנסיביות, כגון הליכה, ריצה ואופניים. יש לתכנן את האתרים תוך התחשבות בכושר הנשיאה והרגישות האקולוגית של כל אחד מהם.

2. יש להגדיל את שטחי היער המיועדים לקליטת קהל אינטנסיבית באתרים קיימים ובשטחים לפיתוח עתידי. יש להכשיר שטחים שיוכלו לשמש בעתיד אתרי קליטת קהל במקרה של התדרדרות אתרים קיימים,

6. שירותי ויסות

1. יש לתכנן את היערות בראיית "שלמות מערכתית" (ecosystem integrity), כך ששטחי היער ישמרו את התנאים הרצויים לשמירה על משאבים (מים, קרקע ונוטריינטים) בתוך המערכת, שתאפשר פוריות ומגוון בתנאים משתנים. לשם כך, מומלץ להגביר את ויסות הנגר בתוך היערות כבר במעלה אגני הניקוז יחד עם שימור קרקע ומניעת פגיעה במערכת הקיימת.

יש לשמר את המגוון הביולוגי הקיים ביערות. שמירה על מגוון, תוך יצירת פסיפס של בתי גידול, מאפשרת לשטחים הפתוחים בכלל, וליערות בפרט, להיות בעלי חוסן גבוה יותר.

2. יש לשים דגש על נחלים ומעיינות ביערות לטובת שמירה על כמות מים ואיכות מים מספקות לתמיכה במגוון הביולוגי ובשירותי התרבות של בתי גידול אלה. נוסף על כך, יש לזהות נחלים ומעיינות הניתנים לשיקום או לשיפור אקולוגי, לטובת שיפור איכות המים והמגוון הביולוגי ביערות והגברת התאמתם לשינויים.

שירותי אספקה

1. יש לתכנן את היערות והנטיעות בעזרת תוכניות יער וממשק תוך שימת דגש על שירותי האספקה מכל יער.

2. יש לזהות את שירותי האספקה שהיערות מספקים ולדרג אותם בהתאם לחשיבותם כדי להבטיח את המשך הקיום של השירותים האלה.

המלצות כלליות

1. **הגנה על שטחי היער** – יש להגביר את ההגנה הסטטוטורית והציבורית על שטח היער בישראל. כיום מופעלים על היערות לחצי פיתוח רבים, וכאמור, צמצום שטחם הוא מהגורמים המרכזיים שפוגעים

ביכולת שלהם לספק שירותי מערכת אקולוגית. הגדלת ההגנה צריכה להיעשות בראייה של הצורך בשטחי יער גדולים ורציפים, המסוגלים לתמוך במגוון הביולוגי ולספק שירותי מערכת אקולוגית מגוונים.

2. **תוכניות יער וממשק** – התוכניות האלה מאפשרות להיערך לשינוי האקלים ביערות תוך תכנון היער לטובת שימור שירותי המערכת האקולוגית (כגון זיהוי אזורי פנאי ונופש הדורשים צל וכן פוטנציאל הוויסות של היער), דירוג חשיבותם וזיהוי כלי הממשק הנדרשים לטובת השגת מטרות אלה. כחלק מתוכניות אלה יש לדרג את החשיבות של אזורי שונים לטובת אספקת שירותי המערכת האקולוגית והתאמת הממשק היערי לטובת שירותים אלה. תוכניות אלה צריכות להיבנות על בסיס ניהול מבקרים ביער על פי מדדים, מטרות וכושר נשיאה מוגדרים.

3. מחקר, ניטור ופיתוח

3.1 מחקר וניטור השפעות ארוכות הטווח של שינוי האקלים על שטחי היער השונים ויכולתם לספק שירותי מערכת אקולוגית.

3.2 מחקר וניטור לטובת פיתוח כלי ממשק יעריים המתאימים לשינוי האקלים. בין כלי הממשק השונים יש לבחון נטיעות לטובת אספקת שירותי תרבות וחיזוק היערות בהתמודדות עם תנאים יובשניים בעזרת רעייה, חידוש ודילול.

4. **שיתוף פעולה בין-ארגוני** – תיאום והדגשת החשיבות של שטחי היער לטובת אספקת שירותי המערכת האקולוגית לרווחת האדם.

סיכום

שינוי האקלים מעמיד בפני האנושות אתגר חסר תקדים של שינוי סדרי בראשית. עוצמת השינוי, השפעתו על הקיום האנושי והיכולת לשרוד בתנאי אקלים קיצוניים טרם הובררו, וספק אם יוכלו להתברר עד תום, אך ברור שיש מקום לדאגה עמוקה. זהו אתגר שלא היה כדוגמתו, משום שהוא כרוך בדפוסי הפיתוח והקדמה, והוא תוצאתה של התקדמות טכנולוגית חסרת תקדים שגרמה לצמיחה כלכלית רבת היקף שנסמכת על שרפת דלקי מחצבים. הנורמות וההסדרים החברתיים כולם מבוססים על צמיחה כלכלית בלתי פוסקת ועל ניצול גובר של משאבים, וזו הסיבה שמדינות העולם מתקשות לקדם מהלכים משמעותיים לצמצום פליטות גזי החממה.

כאמור בדברי ההקדמה, ליערות תפקיד חשוב במיתון האקלים, אולם מסמך זה עוסק בהיערכות לשינוי האקלים ומתמקד בהשפעותיו על היערות. תרומתו העיקרית של המסמך היא במיקוד תשומת הלב להשפעות שינוי האקלים על יערות ישראל ובמסגור היבטים שונים של ניהול היער כבעלי פוטנציאל לתת מענה לבעיות האקלים המחריות.

במסמך מתוארים ששת האתגרים המרכזיים העומדים לפתחנו בבואנו להיערך לניהול יער בעידן של שינוי האקלים. עבור כל אתגר מוגדרת הבעיה ומוצגות המלצות מעשיות לפעולה, חלק מהן עקרוניות וחלק נטועות במישור התכנוני והביצועי:

- א. **חיוניות היער:** עלייה בתמותת עצים וירידה בהתחדשות טבעית;
- ב. **שרפות יער:** עלייה בהיקף, בעוצמה, בתפוצה ובנזקים של שרפות יער;
- ג. **אירועי קיצון:** עלייה בתדירות ובעוצמה של סופות ושלגים;
- ד. **בריאות היער:** עלייה בחדירה ובהתפרצות של מזיקים ומחלות;
- ה. **צמחים פולשים:** הגברת הקצב והעוצמה של חדירה והתפשטות של מינים זרים;
- ו. **אספקת שירותי המערכת האקולוגית:** ירידה ביכולת אספקת שירותי המערכת האקולוגית ביער.

אנו חותמים מסמך זה בסיפוק ובאמונה שכנדבך נוסף בתורת ניהול היער בישראל, שימוש בו יתרום לחוסן המתמשך של היער ולהגברת התאמתו לשינוי האקלים.



יער אורנים עם תת יער עשיר במיני צמחים ופריחות, יער ברעם. צילום: פול גינסבורג

מקורות

9. בונה ע והראל ר. 2015. התאמת אורן שחור לנטיעה בהר הגבוה בישראל. יער, 14, 50-53.
10. ברנד ד, משה י ושחק מ. 2015. שיקום תפקודי של מערכות אקולוגיות ממודברות בצפון הנגב – נייר עמדה לפעולות השיקום של קרן קימת לישראל בצפון הנגב. ירושלים: קרן קימת לישראל.
11. ויץ י. 1968. שלג ורוח בעצי היער. ליערן, 1, 50-54.
12. יוסף י, בהר"ד ע, אזן ל, ואחרים. 2019. שינוי האקלים בישראל – מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים. דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2019-0000075. השירות המטאורולוגי הישראלי.
13. ספיר ג. 1992. סיכום נזקי שלג תשנ"ב. עלון מידע ליערנים, 5, 2-3.
14. פרייזלר י וזית י. 2022. התמודדות יערות עם שינוי האקלים ההדרגתי ועם אירועי קיצון: התייחסות לעולם והתמקדות בישראל. יער, 22, 15-27.
15. צורף ח, אלרון מ ואידלמן ע. 2024. טיפול בצומח לא רצוי. קרן קימת לישראל.
16. קק"ל. 2002. דו"ח נזקי בצורת יערות מרחב דרום. מנהל פיתוח הקרקע מרחב דרום, גילת.
17. רם י. 2021. שירותי תרבות – הפרק המלא. בתוך: לוטן א. מערכות אקולוגיות ורווחת האדם. המארג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע.
18. שטיינברג ד, פרימן ס, עזרא ד ואחרים. 2017. מיזם חוס"ן בוטריוספריה: חקר הגורמים הפתוגניים המעורבים ופיתוח שיטות למניעת הנזק באבוקדו, נשירים ומנגו.
19. Björkman C and Niemelä P (Eds). 2015. Climate Change and Insect Pests. CABI Climate Change Series #7.
1. אונגר י, רוטנברג א, רז-יסיף נ וכהן ש. 2014. ממשק יער מונחה מאזן מים – מודל פשוט והשלכות על צפיפות העצים ביער יתיר. אקולוגיה וסביבה, 5(2), 172-180.
2. אורנשטיין ד. 2022. שירותי תרבות ביערות מחטניים לנוכח שינוי האקלים: להמשיך ליהנות מיער מסוג אחר. יער, 22, 104-107.
3. אורנשטיין ד, לב מ, פורת י וצוק א. 2019. ערכיות חזותית בעיני מטיילים ביערות ביריה ומירון בעקבות טיפולים לאחר נזקי שלג. דו"ח מסכם של מחקר על תפיסות נוף של מבקרים ביערות קק"ל. קרן קימת לישראל.
4. אסם י. 2017. האם וכיצד יש להתערב ביערות המחט הנטועים בישראל אל מול יובש גובר ושינוי אקלים? אקולוגיה וסביבה, 8(4), 80-81.
5. אסם י, ברנד ד, טאובר י ואחרים. 2014. תורת ניהול היער בישראל – מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער. ירושלים: אגף הייעור ויחידת הפרסומים, קשרי ציבור, קרן קימת לישראל.
6. אסם י וצורף ח. 2020. תורת ניהול היער בישראל – דילול יער מחטני. ירושלים: אגף הייעור, קרן קימת לישראל.
7. אסם י וצורף ח (בעריכה). הקמה וחיידוש יער. ירושלים: אגף הייעור, קרן קימת לישראל.
8. ארגמן א וויסמן ל. דו"ח התקדמות אתר מחקר אקולוגי ארוך טווח (LTER) לחקר נטיעות בצפון הנגב ביער השגרים – שנה הידרולוגית 2017-18. התחנה לחקר הסחה, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

26. Negev M, Sagie H, Orenstein DE, et al. 2019. Using the ecosystem services framework for defining diverse human-nature relationships in a multi-ethnic biosphere reserve. *Ecosystem Services*, 39, 1–14.
27. Pernek M, Lacković N, Lukić I, et al. 2019. Outbreak of *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae) on Aleppo Pine in the Mediterranean Region in Croatia. *South-East European Forestry*, 10, 19–27.
28. Russell GT, McCaffrey SJ, and Theresa B (Tech. Eds). 2004. Science basis for changing forest structure to modify wildfire behavior and severity. General Technical Report RMRS-GTR-120. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 43 p.
29. Smith KT. 2015. Compartmentalization, resource allocation, and wood quality. *Current Forestry Reports*, 1(1), 8–15.
30. Sturrock RN, Frankel SJ, Brown AV, et al. 2011. Climate change and forest diseases. *Plant Pathology*, 60, 133–149.
31. Virginia H, Dale LA, McNulty JS, et al. 2001. Climate change and forest disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience* 51(9), 723–734.
20. Furlong MJ and Zalucki MP. 2017. Climate change and biological control: The consequences of increasing temperatures on host–parasitoid interactions. *Current Opinion in Insect Science*, 20, 39–44.
21. Grünig M, Mazzi D, Calanca P, and Karger DN. 2020. Crop and forest pest metawebs shift towards increased linkage and suitability overlap under climate change. *Communications Biology*, 3, 233.
22. Herrero A, Ruiz-Benito P, Andivia E, et al. 2021. Mediterranean pine forest distribution: Assessing vulnerability and resilience under climate change. In: Ne’eman G and Osem Y (Eds). *Pines and Their Mixed Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Cham: Springer. pp. 251–277.
23. IPCC. 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Lee H and Romero J (Eds)]. Geneva (Switzerland: IPCC.
24. Keenan RJ. 2015. Climate change impacts and adaptation in forest management: A review. *Annals of Forest Science* 72(2), 145–167.
25. Meyer MD, Long JW, and Safford HD (Eds). 2021. Postfire restoration framework for national forests in California. General Technical Report PSW-GTR-270. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 204 p.

