

שיטות וכלים מדעיים וישומיים לחיזוי, למניעה ולכיבוי של שרפות יער

מור אשכנזי^{1*} | מאיה מלאת² | נעמי הומינר² | מוני שטרית³ | חן קרוא³

רויטל וויס¹ | חנוך צורף¹

1 אגף הייעור, קק"ל

2 מרחב דרום, קק"ל

3 מרחב צפון, קק"ל

* mora@kkl.org.il

מבוא

על המצב הפיזיולוגי של הצומח והתנאים המטאורולוגיים. נמצא כי השירות המטאורולוגי מפרסם מדי יום מדדי סכנת שרפה, המחושבים בעזרת מודל של שירות היערות האמריקאי (NFDRS). ממודל זה מתקבלים שני המדדים הבאים: 1. מדד התפשטות (BI – Burning Index), המבטא את מידת הקושי לשלוט בשרפה לאחר שניצתה; 2. מדד התלקחות (CI – Component Ignition), המבטא את הסיכוי בין 0 ל-100 שמקור אש יהפוך לשרפה שמצריכה פעולות כיבוי. מודל החיזוי האמריקאי פותח בארה"ב, ומתבסס על בסיס נתוני תכונות הצומח האופייניים לה (מינים שולטים, צפיפותם, רמות הדליקות שלהם ועוד). היות שכך, הוא מתאים לתצורות הצומח השונות שם, ולא דווקא לתצורות הצומח בישראל.

בישראל לא קיים בסיס נתוני צומח מתאים, ולכן החיזוי בארץ מתבסס על מודל אחיד של עשבוניים כדי לצמצם את השפעת השוני בסוגי הצומח על החיזוי. כלומר, החיזוי מתעלם מגורם הדלק הצמחי המצוי בשטח. זו הסיבה שבגינה אנו נדרשים לאפיין מחדש את הצורך בחיזוי סכנת השרפות ולכלול רכיב משתנה שייצג את מצב הצמחייה בהתאם לעונה. מן הממצאים עלו מספר המלצות, הכוללות המלצות לטווח הקרוב, ובהן: א. הגדרת מדד מתאים לישראל

העשור האחרון מאופיין בעלייה במספר שרפות היער ובעוצמתן בעולם בכלל ובישראל בפרט (Keely and Syphard, 2019). בדרך כלל שרפות מתרחשות בשילוב עם מדדים מטאורולוגיים חריגים (מהירות רוח גבוהה ולחות אוויר נמוכה) (Kutiel, 2012). למרות זאת, בעונת השרפות (מאי-נובמבר) בשנת 2021 כמעט לא נמצאה התאמה בין תנאי מזג האוויר לחומרת השרפה (אסם ושות', 2021). אי לכך, גובשו צוותי עבודה במסגרת תוכנית ההכשרה של "יערני העתיד", והם התבקשו לאפיין כלים נדרשים לשיפור המוכנות של קק"ל לעונות הבאות, לבחון את הכלים הקיימים, למצוא להם חלופות אפשריות, לבסס שיטות עבודה ולתת המלצות יישומיות.

צוותי העבודה של אנשי קק"ל התמקדו בשלושה היבטים עיקריים של השרפות:

א. תחזית סיכון שרפות

מטרת התחזית היא לאפיין מועדים שקיימת בהם סבירות גבוהה לפריצת שרפות, כדי לתגבר בהם את כוונות הכיבוי. הצוות האחראי ביצע סקירה נרחבת של הכלים הקיימים לחיזוי סכנת שרפות ברמה יומית, שבועית ועונתית, בדגש

המתאר את מצב הצומח; ב. הוספת מדד יובש המשקף את יובש הצמחייה (אחוז מים ממוצע בצמחייה) על פי העונה, ובחינה כיצד מדד היובש משפיע על מדד התפשטות האש. לטווח זמן רחוק (כעשור שנים) הומלץ להקים בסיס של נתוני צומח המתאימים לתצורות הצומח בישראל (חורש של אלון ואלה, יער אורנים, בתה, עשבונים) שיכללו את המדדים הבאים: אחוז תכולת המים בצומח, צפיפות הצומח ואחוז הכיסוי של הצומח לאורך עונות השנה, כפי שקיים במודל אמריקאי.

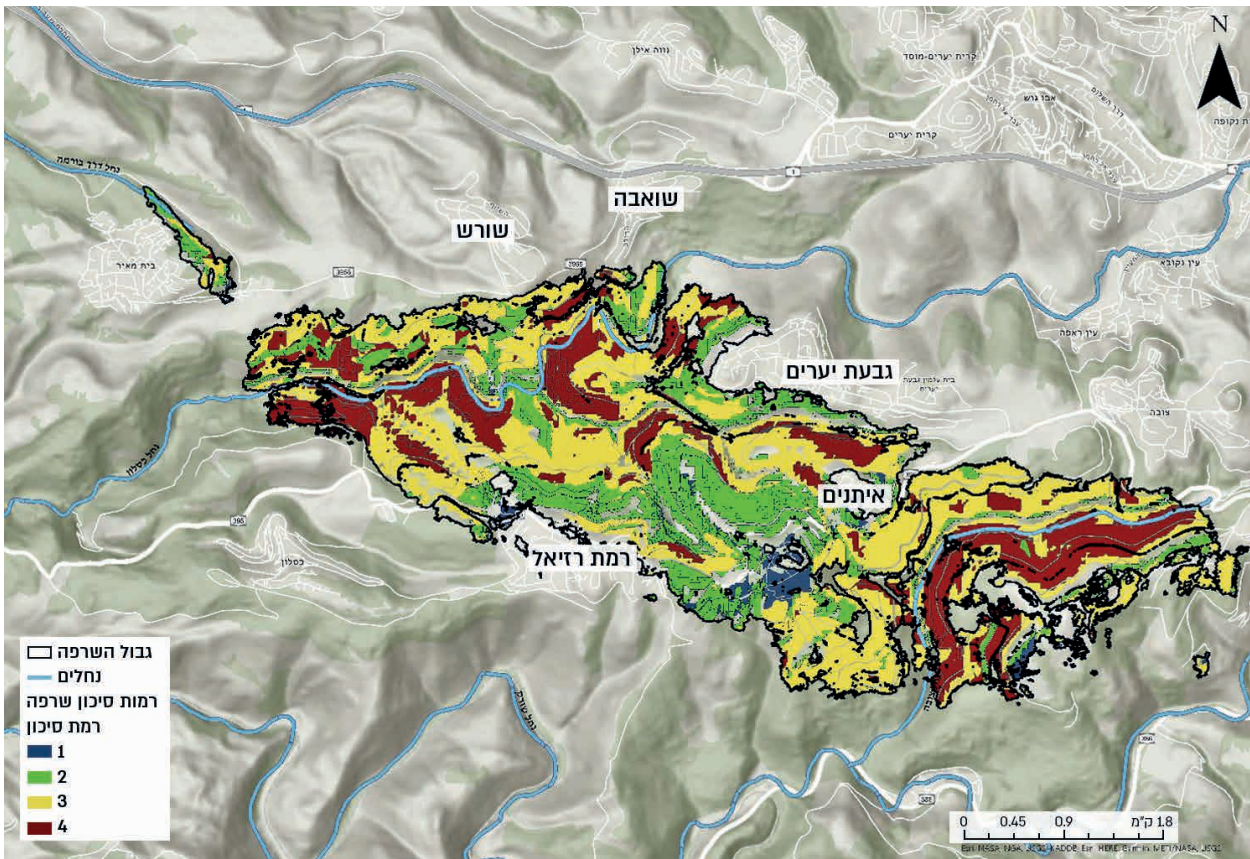
ב. מפת סיכון שרפות

מפת סיכון שרפות (איור 1) היא כלי לתכנון ממשק מניעת שרפות ולתכנון כיבוי אש במהלך השרפה. הצוות בחן את הידע הקיים בקק"ל, נערכה סקירת ספרות, ונלמדו מודלים מהעולם המשתמשים בנתוני צומח, טופוגרפיה וקרבה ליישובים. כמו כן, הוצגה שיטה לחישוב ערכי הפרמטרים המרכיבים את המפה לסכנת השרפה (מפה המכילה את הנתונים הקשורים למצבם הפיזיולוגי של הצמחים). לאחר ביצוע סקירת ספרות נרחבת (Zhang et al., 2014; Akay and Sahin, 2019; Adaktylou et al., 2020; Novo et al.,

ג. מעקב אחר שרפות בזמן אמת ולאחריהן

מטרות הצוות היו: 1. מציאת פתרונות יישומיים זמינים עבור קק"ל כדי לנטר שרפות תוך מתן חשיבות רבה להבדלים שבין ניטור מתמשך ארוך טווח לאחר השרפה לבין ניטור קצר מועד בזמן אמת המצריך נתונים מעודכנים בפרקי זמן קצרים ככל שניתן; 2. בחינת כלים כמותיים ואיכותיים (כגון תצלומי אוויר), סוגי מדדים צמחיים ואלגוריתמים שיאפשרו ניתוח מרחבי מפורט ככל שניתן הכולל בתוכו את שטח השרפה, עוצמות האש וסיווג הצומח; 3. גיבוש תוכנית פעולה מוכנה לשימוש לניטור שרפות החל מפריצתן ועד לשיקום היער.

עבודת הצוות כללה מספר דרכי פעולה, ובהן הערכת המגבלות הקיימות בניטור שרפות כיום, בחינת חלופות קיימות בארץ ובעולם לניטור שרפות באמצעות חישה



איור 1

מפת סיכון לשרפות באזור הרי יהודה

הנחיות מפורטות לשימוש בכל אחד מהכלים הזמינים, כולל פרקי זמן מציאותיים להמצאת הנתונים (טבלה 1, טבלה 2) ולבסוף, המלצה לסטנדרט אחיד בקק"ל, שיגדיר תוכנית פעולה סדורה לניטור שרפות.

סיכום

במהלך העבודה התבצעה סקירה מקיפה של נושאים הקשורים לשרפות יער וחורש בהיבטים של טרום שרפה, מהלך השרפה (זמן אמת) ולאחר שוך הלהבות. הצוותים השונים ריכזו מידע רלוונטי לכל נושא, מיקדו את הצורך הנדרש של קק"ל בכלים חדשים בתחומים השונים וכן העלו המלצות לפיתוח ולייעול של הכלים הקיימים לטובת הגדלת המוכנות לשרפות גדולות.

מרחוק וכלי ממ"ג (מערכות מידע גאוגרפי), אפיון סוגי הכלים השונים ומידת התאמתם לניטור שרפה בזמן אמת בתחומי ישראל, הגדרת דרכי פעולה עבור הכלים השונים לצורך המצאת הנתונים הנדרשים, מציאת פלטפורמות שונות לקליטת נתונים גולמיים על אודות השרפה, בחינת דרכים לעיבוד המידע והנגשתו לצוותים בשטח באופן אוטומטי ובמהירות ובחינת מודלים אפשריים לחיזוי חזית השרפה לטובת ניהול מאמצי הכיבוי.

התוצרים שעלו מעבודת הצוות כללו המלצות לכלים יישומיים זמינים עבור קק"ל (תצלומי לוויין, רחפנים, כטב"מים [כלי טיס בלתי מאוישים] וכיו"ב) ופירוט דרכי השימוש בהם. השימוש אמור לאפשר ניטור של חזית השרפה ועוצמת האש בזמן אמת, תיחום ועוצמה סופיים של השרפה לאחר הכיבוי, בחינת רמת הפגיעה בצומח וניטור ומעקב אחר התאוששות הצומח בטווח הארוך לאחר השרפה. כמו כן,

טווח זמן לפיתוח	משימה	תוצרים	תכיפות העדכון
קרוב	מיקום חזית האש	תמונה	2 בשעה
		שכבת ממ"ג	2 בשעה
	קו מתאר של השרפה	שכבת ממ"ג	1 ביום
בינוני	קצב התקדמות האש	שכבת ממ"ג	2 בשעה
	עוצמת האש	תמונה/שכבת ממ"ג	2 בשעה
רחוק	חיזוי התקדמות האש	שכבת ממ"ג	2 בשעה
	שיתוף מודיעין בזמן אמת	לוח בקרה אינטראקטיבי	6 ביום

טבלה 1

המלצות למיפוי בזמן השרפה

טווח זמן לפיתוח	משימה	תוצרים	תכיפות העדכון
קרוב	קו מתאר של השרפה	תמונה	1-3 ימים דרך כב"ה
	הערכה של עוצמת השרפה	שכבת ממ"ג	7 ימים דרך כב"ה
בינוני	ניטור השטח השרוף	שכבת ממ"ג	1 לשנה דרך פנים קק"ל
רחוק	דירוג תצורות הצומח על פי חומרת השרפה	שכבת ממ"ג	1-3 ימים דרך כב"ה

טבלה 2

המלצות למיפוי לאחר שרפה

- Kutiel H. 2012. Weather conditions and forest fire propagation – the case of the Carmel fire, December 2010. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 58.2–3, 113–122.
- Novo A, Fariñas-Álvarez N, Martínez-Sánchez J, González-Jorge H, Fernández-Alonso JM, and Lorenzo H. 2020. Mapping forest fire risk – A case study in Galicia (Spain). *Remote Sensing*, 12(22), 3705.
- Zhang Q, Wollersheim M, Griffiths S, and Maddox I. 2014. National fire risk map for continental USA: Creation and validation. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 18(1), 012134.
- אסם י, צורף ח, אוסטרובסקי ג, אשכנזי מ ופורת י. 2021. השרפה בהרי יהודה – ניתוח, תובנות והמלצות. *אקולוגיה וסביבה*, 12(4).
- Adaktylou N, Stratoulis D, and Landenberger R. 2020. Wildfire Risk Assessment Based on Geospatial Open Data: Application on Chios, Greece. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 516.
- Akay AE and Sahin HM. 2019. Forest fire risk mapping by using GIS techniques and AHP method: A case study in Bodrum (Turkey). *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 25–35.
- Keeley JE and Syphard AD. 2019. Twenty-first century California, USA, wildfires: Fuel-dominated vs. wind-dominated fires. *Fire Ecology*, 15.1, 1–15.



דרך בורמה, סמוך ליישוב בית מאיר. כאן פרצה השרפה בהרי יהודה באוגוסט 2021 צילום רחפי: כאמל עליאן, קק"ל