

פיזורן המרחבי והעתי של שרפות יער וחורש בכרמל 1978–2006: פיתוח ארכיון המבוסס על מ"ג

נעמה טסלר⁽¹⁾, דן מלקינסון^(1,2), לאה ויטנברג⁽¹⁾, אלון חלוצי⁽¹⁾ naamat@rmh.org.il

(1) החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה, הר הכרמל

(2) המכון לחקר הגולן, אוניברסיטת חיפה, הר הכרמל

תקציר

שרפות יער הן תופעה שכיחה בארץ, בעיקר בחודשי הקיץ. המאפיין הבולט של השרפות קשור בעובדה שהן אינן ניתנות לחיזוי והן מהוות גורם סביבתי לא רציף. שרפות יער גורמות לשינויים בתהליכים אקולוגיים וגיאומורפולוגיים ולעיצובו המחודש של הנוף, שתלויים בעצמת השרפה, בחומרת השרפה ובמשטר השרפות באזור.

במסגרת עבודה זו תועדו השרפות בכרמל ונבנה ארכיון המבוסס על מערכות מידע גיאוגרפיות (מ"ג) של כלל השרפות שאירעו בין השנים 1978-2006. שיטות איסוף הנתונים כללו ניתוח תצלומי אוויר, איסוף מפות ממחקרי עבר, קליטת נתונים מגופים העוסקים בשמירת השטחים הפתוחים וכן מיפוי עצמי ועיבוד נתונים קיימים מתוך הארכיב של קק"ל.

באמצעות פלטפורמת המ"ג נותחו הדגמים המרחביים של פיזור השרפות. נמצא כי ב-28 השנים אחרונות אירעו באזור הכרמל מספר רב של שרפות יער, מתוכן תשע שרפות בשטח העולה על 1,200 דונם. חלק מהשרפות פגע בשטחים שנשרפו בעבר. שתי השרפות הגדולות, האחרונות, התרחשו בינואר וביולי 2006. כמחצית משטח חורש הכרמל הגבוה והכרמל התיכון נשרף לפחות פעם אחת בתקופת המחקר. כמו כן, נמצא כי פיזור השרפות במרחב אינו אקראי, אלא בסמיכות לאזורים שבהם קיימת פעילות אדם מוגברת. ממצא זה תואם את ההנחה, כי כלל אירועי השרפות בארץ הן מעשה ידי אדם. השימוש במ"ג מאפשר את שילובן של שכבות מידע נוספות – טופוגרפיה, אקלים, קרקעות, צומח, שימושי קרקע, ועוד במטרה להרחיב את ישימות הכלי ואת תחומי השימוש הפוטנציאליים במערכת המידע.

מילות מפתח: כרמל, מאגר נתונים מרחבי, מיפוי שרפות יער, מ"ג

מבוא

במהלך העשורים האחרונים מתרבים הדיווחים על שרפות יער

הנפוצות בסובב הים-תיכוני וגורמות להשפעות סביבתיות ניכרות (Moreno & Oechel, 1994; קליאוט וקידר, 1992; נאמן, 1996). תפוצתן העולמית של שרפות יער, עוצמתן, תדירותן וכתוצאה מכך גם גודל השטחים הפגועים נמצאים במגמת עלייה נמשכת. בשלושת העשורים האחרונים אירעו באזור הכרמל שרפות יער רבות, מתוכן תשע שרפות גדולות. המונח "שרפה גדולה" מבוסס על גודל השטח שנפגע. על-פי הגדרה זו, שרפה גדולה היא זו שבה נשרפים מעל 200 דונם (Levin & Saaroni, 1999). חלק מהשרפות פגעו בשטחים שנשרפו בעבר. שלוש השרפות הגדולות, האחרונות, שהתרחשו בכרמל אירעו במהלך 18 חודשים (2005-2006) וכללו יחד 4,100 דונם. שרפות יער הן תופעה שכיחה בארץ בחודשי הקיץ ובאזורי אקלים ים-תיכוניים בכלל. השרפות מושפעות מתנאים אטמוספריים ומקץ יבש ללא גשמים. השילוב בין תקופת יובש ארוכה, הנמשכת מיוני ועד אוקטובר, לבין הצטברות של חומר צמחי יבש וכיסוי גבוה ורציף של צמחים בעלי פוטנציאל רב לדלק, מעלה את הסיכויים להתפשטותן של השרפות (קוטיאל פ', 1992; קידר, 2001; Keeley et al., 1981). בישראל כל שרפות היער הן תוצאה מפעילות אדם, בין אם במתכוון ובין אם בשוגג (נאוה, 1981; ספריאל, 1996; קוטיאל ח', 1992), בעוד שבמקומות שונים בעולם ניצתות שרפות יער באופן טבעי. בקנדה, למשל, נמצא כי כ-85% מהשטחים השרופים הם תוצאה משרפות ברקים (Podur et al., 2003; Rorig & Ferguson, 2002). לאור העלייה הניכרת במספר שרפות היער ובחומרת הפגיעה בשטחי חורש טבעי ויער נטע אדם, יש חשיבות רבה לממשק יער המכוון לאירועי שרפות. המידע הנאסף על היסטוריית השרפות באזור הוא אחד הגורמים החיוניים לניהול בר-קיימא של היער למניעת שרפות ויש לו משקל ניכר בהבנת תהליכי שיקום הקרקע והחורש, באיתור ובאפיון אזורים מועדים לשרפות ובתכנון הפעולות הממשקיות בשטח. מאגר כזה לא היה קיים עד כה בכרמל, בין השאר בגלל חלוקת השטח בין גורמי ניהול שונים.

מטרות המחקר: המחקר בוצע לשם איסוף ויצירה של מאגר נתונים על היסטוריית השרפות בכרמל וכן לשם מיפוי אזורי השרפות הגדולות ותיחומן, בסיוע מערכות מידע גיאוגרפיות.

אזור המחקר

שטח המחקר משתרע מכביש ואדי מילך (כביש 70) בדרום ועד שכונת דניה בצפון, ומכביש השרון (כביש 4) במערב ועד כביש יוקנעם-ג'למה במזרח, שטח הכולל כ-157,000 דונם. שטח זה מתייחס רק לשטחי החורש והיער, ללא השטחים הבנויים (שכונות חיפה, עיר הכרמל ומושבי מישור החוף).

הכרמל הוא גוש הררי מבודד, ששטחו כ-270 קמ"ר, סמוך לים, ומתנשא לרום מרבי של 546 מטר. האזור תחום מצפון ומצפון מזרח על-ידי עמק זבולון ועמק יזרעאל, ממזרח ומדרום-מזרח על-ידי רמת מנשה וממערב על-ידי מישור החוף והים (איור 1). ייחודו הגיאומורפולוגי של הכרמל קשור לשילוב בין השבירה של ההר לרבגוניות בטופוגרפיה ובביתור, שיוצרות את צורת הנוף ההרריות, את הרמתיות והגבעיות שבו. בשל כך, ניתן לחלק את הכרמל לשלוש יחידות גובה מורפולוגיות: הכרמל הנמוך, הכרמל התיכון והכרמל הגבוה. פרשת המים עוברת בשיאו של הכרמל וגורמת לאי-סימטריות באופיים ובאורכם של הנחלים בכרמל: מזרחה מקו פרשת המים המדרון תלול וקצר ואילו הצד המערבי מתאפיין בנחלים ארוכים בעלי שיפועים מתונים יחסית (ניר, 1989).

אקלים הכרמל הוא ים-תיכוני. ממוצע המשקעים העונתי נע בין 550 מ"מ במישור החוף ועד 750 מ"מ במעלה ההר. חודשי הגשם העיקריים הם דצמבר עד פברואר, שבהם יורדים כ-65% מכמות הגשם השנתי. שיעור ההתאיידות השנתי מוערך בכ-1,500-1,600 מ"מ/שנה (אשבל, 1970; Wittenberg et al., 2006a). צומח הכרמל מאופיין במגוון חברות צומח: חורש, גריגות ובתות. במפנה הדרומי נפוצה חברת חרוב-אלת המסטיק ובמפנה הצפוני חברת אלון מצוי-אלה ארץ-ישראלית. אורן ירושלים ומלווי מאפיינים את הקירטונים. בנוסף לחורש הטבעי נשתלו בפעולות ייעור נרחבות שביצעה קק"ל בשטח הכרמל למעלה מ-12 אלף דונם של עצי יער, אורנים וברושים (וייץ, 1970).

שיטות העבודה

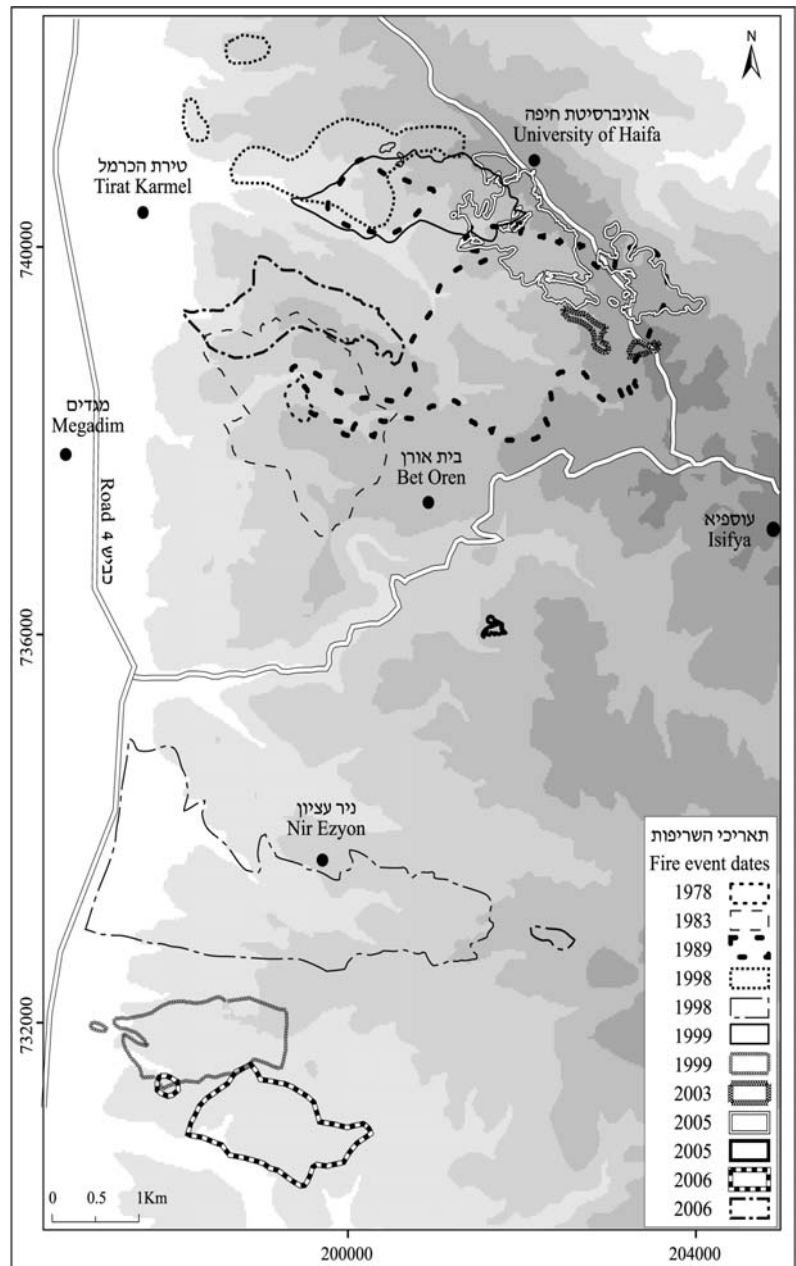
במסגרת העבודה נאספו נתונים על כלל השרפות שהתחוללו בכרמל בין השנים 1978-2006 ונבנה ארכיון מ"גי המתאר את שטחי השרפות בתקופה זו. שיטות איסוף הנתונים כללו: ניתוח תצלומי אוויר, איסוף מפות ממחקרי עבר, קליטת נתונים מגופים העוסקים בשמירה על השטחים הפתוחים, כגון קק"ל ורשות הטבע והגנים וכן מיפוי עצמאי ועיבוד נתונים קיימים מתוך ארכיב הממ"ג של קק"ל.

ניתוח תצלומי אוויר: עבודה זו כללה עיגון של תצלומי האוויר לרשת ישראל החדשה ותיחומן של השרפות על-ידי דיגיטציה. **מיפוי באמצעות GPS:** באמצעות מכשיר GPS (Magellan Sportrak, דיוק על-פי הגדרות היצרן עד 10 מטרים), נאספו ונדגמו נתונים בשטח ונקודות המעבר בין השטח השרוף לשטח הלא שרוף. לאחר איסוף הנתונים בשדה הועברו הנתונים לפורמט דיגיטלי ונבנתה שכבה פוליגונית מ"גית.

עיבוד נתונים ארכיוניים: איסוף מידע ממחקרי עבר ומגופים רלוונטיים (רשות הטבע והגנים, קק"ל), העברת הנתונים לפורמט של גיליון אלקטרוני ובניית שכבות מ"גיות.

עיבוד נתונים נקודתיים: המרת נתונים נקודתיים (נ"צ) של שרפות ישנות לשכבות מ"גיות נקודתיות (איור 2).

בשלב איתור הנתונים מהגופים השונים העוסקים, ישירות או



איור 1:

אזור המחקר ומפת השרפות הגדולות בכרמל (איגוד ערים אזור חיפה, שירותי כבאות, 1998, 1999, 2003; מינהל וב' אופק תצלומי אוויר, 2005; בארי, 2004; ויטנברג, 1994; להב, 1989; לוי, 1999; מורד, 2003; מינהל המחקר החקלאי, 1983 וב' מינהל פיתוח הקרקע, 1999; פארק הכרמל, 2006 וב' קק"ל, 2005)

Fig. 1:

Research area and delineation of the large forest fires 1989-2006, Mt. Carmel, Israel

השרפה, מספרה הסידורי, מועד השרפה וזמנה. מתוך מאגר נתונים זה מופו השרפות שלהן היו נקודות ציון.

רשות הטבע והגנים: הוקמה בשנת 1998 על ידי איחודן של שתי רשויות שפעלו בנפרד והיו מופקדות האחת על שמורות הטבע בישראל והשנייה על הגנים הלאומיים ואתרי המורשת². מבחינת רשות הטבע והגנים נחלק הכרמל לגן לאומי המשתרע על שטח של 63,950 ולשמורת טבע ששטחה 37,640 דונם³. פרויקט הכרזת הכרמל כשמורה ביוספרית על-ידי אונסקו (1997) החל בעקבות השרפה הגדולה בשנת 1989⁴. המערך המינהלי של פארק הכרמל הוקם כחלק מהקמת הגן ומהכרזה על היותו שמורת טבע בשנת 1971 (פז, 1981). בארכיב של פארק הכרמל נמצאו מספר מפות שהופקו לאחר שרפות בכרמל. כך אותרה מפת שרפת 2003 (מורד, 2003), מפת נייר של השרפה בינואר 2006, מפת נייר של השרפה ביולי 2006 וכן דוחות כתובים על השרפות בשנים 1983 ו-1989. מיפוי השרפה ביולי 2006 נעשה לפי מידע אישי של אנשי פארק הכרמל. מפת שרפת 1989 מוצגת בעבודותיהם של ויטנברג (1994) ותמיר (1994). בעבודת המחקר של להב (1989) מוצגת מפת השרפה משנת 1983 וכן מוצג בה גם שטח שנשרף בשנת 1978. במקביל, אותר בפארק הכרמל דוח של מינהל המחקר החקלאי, שיצא לאחר השרפה בשנת 1983 (מינהל המחקר החקלאי, 1983 א' וב'). במחקרה של אשכנזי (2004) קיים תיעוד ראשוני של היסטוריית השרפות בכרמל, אולם גם במחקר זה לא נערך מיפוי.

שירותי כבאות חיפה: סיפקו את הדוחות (כולל מפות) של שירותי הכיבוי בנוגע לאירועי השרפות הגדולות בכרמל הגבוה ובאזור עין הוד – ניר עציון בשנים 1998 ו-1999 (איגוד ערים אזור חיפה, 1998, 1999 א' וב'). עניינם של מכבי האש קשור, בראש ובראשונה, למהות ההצתה ולהפקת לקחים בתפקוד מערך הכיבוי⁵.

בנוסף לנתונים אלו, אותרו או נרכשו תצלומי אוויר של אזורי השרפות. בחלק מהמקרים ניתן היה להשוות בין המפה המצוירת לתצלום השטח במטרה לקבל תמונה מלאה על אודות היקף השטח השרוף. שטח השרפה מ-2005 מופה באמצעות תצלום אוויר שנרכש מאופק תצלומי אוויר (2005). שטח השרפה מ-1998 באזור דניה מופה אף הוא על-ידי תצלומי אוויר שאותרו אצל בארי (2004) ולוי (1999). שטח השרפה מ-1989 צולם אף הוא לאחר השרפה והתצלום שימש לצורך השוואה עם המיפוי הקיים (אופק תצלומי אוויר, 1989).

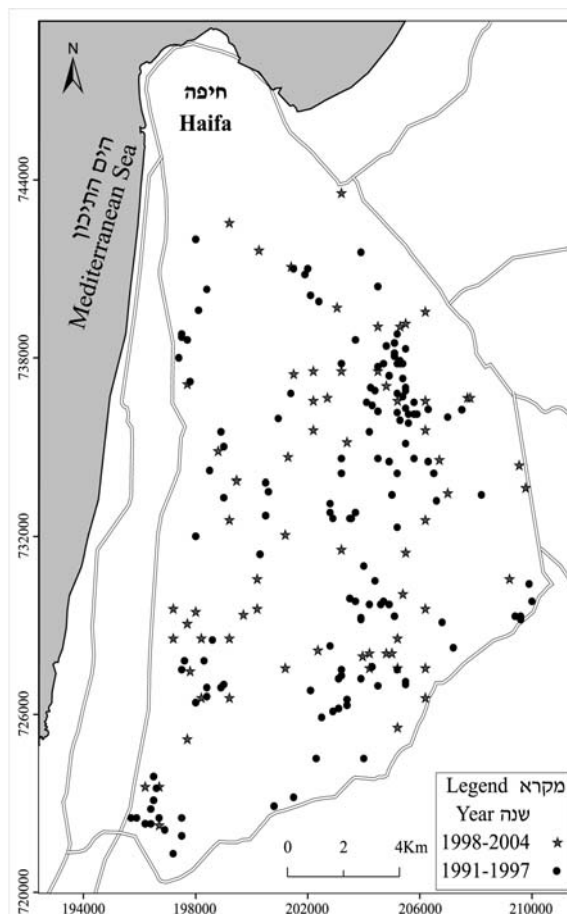
תוצאות

מכלול המידע שנאסף עובד ומופה באמצעות מערכות המידע הגיאוגרפיות ומערך מיפוי ממוחשב במהלך שנת 2005-2006. מתוך מסד הנתונים עולה, כי קיים תיעוד על 11 תחומי שרפות, כולל גודל השטחים שנשרפו, מתוכן תשע שרפות גדולות בשטחים העולים על 1,200 דונם (טבלה 1). כמו כן, קיים מידע נקודתי על 373 שרפות נוספות, שהתרחשו בין 1987-2005.

בעקיפין, בשרפות בכרמל התברר, כי קיימת שונות רבה באופן איסוף נתוני שרפות, שמירתם ומהותם. הסיבות לכך הן שטחי האחריות ואופיים של הגופים העוסקים בשמירה על הטבע ועל השטחים הפתוחים בארץ והשינויים הארגוניים שחלקם עברו. גופים אלה הם:

קרן קימת לישראל (קק"ל): הוקמה בראשית המאה ה-20 והתוותה את הדרך לפיתוח אדמות הארץ ולטיפוחן. למן הקמתה, ייסדה קק"ל מפעל ייעור ונטעה למעלה מ-200 מיליון עצים¹. מתוך כך עולה עניינה של המחלקה לניהול יער באגף הייעור בקק"ל בתופעת השרפות ובהיקפן. עם זאת, כיוון שקק"ל פועלת באזורי יערות נטועים, מתייחסים עיקר נתוני השרפות הקיימים בה לאזורים אלו. מהמחלקה לניהול יער בקק"ל נתקבלו שתי מפות פוליגונליות של שרפות גדולות מאזור עין הוד וניר עציון, שהתרחשו בשנים 1998-1999 (קק"ל, 2005). בנוסף, התקבלו שלוש טבלאות של נתונים המתארות נקודות ציון של 373 שרפות מהשנים 1987-2005 (קק"ל, 2006).

הטבלאות כללו את הנתונים הבאים: נקודות ציון של שרפות (חלקי), סך גודל השטחים השרופים (חלקי), שנת השרפה, גורמי



איור 2:

נקודות ציון של שרפות בכרמל בין השנים 1991-2004 (קק"ל, 2006)

Fig. 2:

Point location of forest fires at Mt. Carmel between 1991-2004

ממשק, שיקום וניהול ארוך טווח של שטחים מועדי שרפות חייב לכלול מאגר נתונים עדכני ומפורט. הצורך בממשק יעירני בר-קיימא, הכולל מידע באשר להסתברות של תאי שטח להישרף, עולה ככל שהשרפות חוזרות ונשנות. מידע מסודר ומאורגן על שרפות יער, זמן חזרתן, אופן הופעתן ופגיעתן במערכת האקולוגית יכול, במידה רבה, לאפשר לחוקרים ולמקבלי ההחלטות לתכנן מבחינה אסטרטגית את תהליך הממשק ואת הערכת הסיכונים לפני שרפה ואחריה (Morgan et al., 2001; Rollins et al., 2001). טוענים, כי גודל שרפה, מאפייניה ותדירותה בסוגים שונים של ממשק יעירני יכולים להשפיע על כמות חומרי הבערה ותכונותיהם. מניעת שרפות ביער אורנים, למשל, תלויה בעלייה בכמות חומרי הדלק המצטברים בו. לכן, הורדת מספר השרפות עלולה להוביל בסופו של דבר להתפרצות שרפות גדולות, שתהיה להן השפעה נרחבת יותר על המערכת האקולוגית (Rollins et al., 2001). מידע היסטורי, הכולל הקמת בסיס נתונים על אודות היקפן של שרפות ועיתוין, עשוי לתרום אף להבנת הדינמיקה בין גורמי אקלים, טופוגרפיה, צמחייה ומשטר שרפות היער (Morgan et al., 2001; Rollins et al., 2001). מיפוי שרפות מבוצע בעיקר על ידי מערכות מידע גיאוגרפיות (GIS) או באמצעי חישה מרחוק. מידע בפורמט זה עשוי לשמש למגוון צרכים:

מיפוי אזורי סיכון: שרפות יער עלולות להוביל להאצה ניכרת בקצבי הנגר העילי ולשיעורי סחיפת הקרקע, בעיקר במהלך החודשים הראשונים לאחר השרפה (ענבר וחוב', 1996; Fox et al., 2006). בנוסף על כך, חלים שינויים פיזיים וכימיים בקרקע המשפיעים אף הם על משטר הנגר ועל הסחף מאזורים פגועים (Neary et al., 1999). כלי ממשקי מיידי לאחר שרפה יהיה, אם כן, פיתוח מפת סיכונים לזיהוי אזורים בעלי פוטנציאל מוגבר לסחף קרקע, לפגיעה בערוצי נחלים או במשאבי טבע נוספים (Fox et al., 2006).

מהניתוח הסטטיסטי של הממצאים עולה, כי יותר מ-19% משטחי החורש והיער באזור המחקר כולו נשרפו לפחות פעם אחת; 50% משטחו של הכרמל הגבוה נשרפו לפחות פעם אחת במהלך 1978-2006. בממוצע, נשרפו 3.3% משטח המחקר בכל אחת מהשרפות הגדולות. יש להדגיש, כי מסד הנתונים אינו מלא; קיימות שנים שלגביהן אין כל נתון או שקיים מידע חלקי בלבד (טבלה 2).

נמצא כי השרפות אינן מפוזרות באקראי במרחב. ממצא זה תואם את העובדה, כי כל אירועי השרפות בארץ נרממים כתוצאה מפעילות אנתרופוגנית (קליאוט וקידר, 1992). בהתאם לכך, ניתן לזהות ריכוזי שרפות בסמיכות לאזורים שבהם קיימת פעילות אדם מוגברת. השרפות הגדולות בכרמל התיכון ובכרמל הגבוה מתרחשות בשני אזורים מרכזיים: (א) בחניוני פארק הכרמל, סמוך לאוניברסיטת חיפה, שכונת דניה ואזור החי-בר; (ב) בסמוך לקיבוץ בית אורן, "שוויצריה הקטנה" וטירת הכרמל. בכרמל הנמוך מרבית השרפות הגדולות התרחשו בסמוך לשטחי האש שליד ניר עציון, עין הוד ונחל מערות.

השרפה הגדולה ביותר שהתרחשה בכרמל, במהלך תקופת המחקר, אירעה בשנת 1989. שרפה זו כילתה כ-5,300 דונם של חורש טבעי ונטע אדם בחי-בר וב"שוויצריה הקטנה". שרפה גדולה נוספת (בשטח של 5,167 דונם) אירעה בשנת 1998 בסמוך ליישוב עין הוד (טבלה 1).

סקירה ודיון בחשיבות מיפוי השרפות

אחת הבעיות המרכזיות העולה ממחקר זה וקשורה ישירות לממשק אזורים מועדי שרפות נובעת מהיעדר מאגר אחיד ומרוכז של כלל נתוני שרפות היער (בארץ בכלל ובכרמל בפרט), בפורמט אחיד הכולל גם את מיפוי השטחים השרופים. בהתייחס לנתון המדאיג המצביע על עלייה עולמית במספר שרפות היער ובהיקף השטחים הפגועים, השלב הראשון והבסיסי בכל פעולת

טבלה 2: השטחים שנשרפו בכרמל ותועדו, בין השנים 1978-2006

Table 2: The known burnt areas of Mt. Carmel, 1978-2006

שטח שרוף (בדונם) Burnt area (0.1 ha)	תקופה period
3,322	1978-1987
9,595	1987-1990
2,236	1991-1997
12,433	1998-2005
2,562	2006 (עד חודש יולי)
30,148	סה"כ

טבלה 1: אירועי השרפות הגדולות, שתועדו בכרמל בשנים 1983-2006

Table 1: The large forest fires of Mt. Carmel, 1983-2006

המיקום העיקרי Site	שטח שרוף (בדונם) Burnt area (0.1 ha)	תאריך השרפה Date
בית אורן	2842	3.11.1983
חי-בר, שוויצריה הקטנה	5300	19.9.1989
דניה	1616	11.10.1998
עין הוד	5167	12.10.1998
ציר 420 פארק הכרמל	1582	4.12.1999
שטח אש סמוך לניר עציון	1304	6.12.1999
פארק הכרמל, אוניברסיטה	1540	8.4.2005
כרם מהר"ל	1316	3-4.1.2006
טירת הכרמל - נחל אורנית	1246	9-11.7.2006

סיכום

סכנת שרפות היער, חומרתן והיקף השטחים הנפגעים מדי שנה בארצות אגן הים התיכון ובכללן בישראל נמצאים במגמת עלייה מובהקת. ככלל השרפות מקורן בפעילות אדם. המשך הלחץ האנתרופוגני – דוגמת פיתוח, תיירות וצה"ל – על השטחים הפתוחים בארץ, צפוי להחמיר את התופעה. מגמה זו מקבילה למגמות דומות המתועדות ברחבי העולם.

מתהליך איסוף המפות והמקורות עולה חשיבות ארגון המידע בצורה שיטתית מבוססת ממ"ג. הכרמל, בדומה לאזורים רבים בארץ, היה נתון באלפי השנים האחרונות להשפעת האדם, שאחד מביטוייה הוא ריבוי שרפות (ספריאל, 1996). תיעוד מקרי השרפות, תפרוסתן המרחבית והעתית עשוי לסייע בהבנת הגורמים והתרחישים להתפרצות האש, לפגיעה הצפויה בנוף ולדפוסי השיקום בשטחים הפגועים. ההתייחסות המקובלת היום לשרפה, לגרמיה ולהשפעותיה המרחביות רואה באש אירוע בודד. הגישה המוצעת בעבודה זו בוחנת אירוע שרפה כחלק ממשטר שרפות אזורי ורב-שנתי. תיעוד משטר האש ב-30 השנים האחרונות בכרמל מלמד על למעלה מ-350 אירועים, מהם תשע שרפות ששטחן עלה על 1,200 דונם. ההסתברות לחזרה של שרפה ביחידת שטח בכרמל הגבוה ובכרמל התיכון, במהלך תקופת המחקר, קרובה ל-50%. חישוב ערכים אלו ומכלול ההשלכות האקולוגיות, הסביבתיות והנופיות הנגזרות מהם מתאפשרים רק בעקבות ההתייחסות לאירוע בודד כחלק ממשטר אזורי. בהסתמך על ממצאים אלו אנו מציעים, כי בניית מאגר נתונים כולל של שרפות באזור נתון חיוני לפיתוח מערכות ממשק וניהול יער באזורים המועדים להפרעה מסוג זה.

שינויים עתיים קצרי טווח וארוכי טווח: ארכיון השרפות המוצג במאמר זה נאסף כחלק ממחקר העוסק באיתור ובאפיון תמורות קצרות טווח וארוכות טווח בתכונות הקרקע ובחינת השינויים המרחביים והעתיים בהתחדשות הצומח באמצעות חישה מרחוק בכרמל (Wittenberg et al., 2006b). באמצעות המיפוי ניתן לאתר אזורים שנשרפו בעבר ולבחון את קצב השינוי וההשתקמות, כפי שבאים לידי ביטוי בנקודות הזמן השונות. **השוואות מרחביות:** Rollins et al. (2001) מדגישים את חשיבות השימוש ב'אטלס דיגיטלי' ככלי השוואתי לבחינת דפוסי ההתנהגות של שרפות יער במקומות שונים בעולם. זאת, לאור השונות הגבוהה הקיימת בשיטות העבודה ובאיסוף הנתונים. דוגמה לכלי מסוג זה מביאים Mouillot et al. (2003) אשר מיפו שרפות וצומח בקורסיקה (צרפת) לצורך זיהוי הגורמים המרחביים המשפיעים על תפוצת השרפות באזור.

מיפוי משולב רב-פרמטרי: ממשק אקולוגי מתבסס על שכבות מיפוי שונות לצורך פיקוח וניטור המשאבים האקולוגיים. לרוב, המפות הקיימות מתארות את מאפייני הצומח – מפת כיסוי צומח, והקרקע – מפת קרקעות וכדומה. לעתים קרובות, חסרות מפות נושאות, כגון בריאות היער וניהול המערכת האקולוגית. הקמת מערך מיפוי אינטגרטיבי מאפשר לעקוב אחר מספר גורמים במקביל. למשל, כאשר שלושה סוגי צומח ביער מאפיינים באופן מרחבי מספר תכונות אקולוגיות, כגון: צפיפות הצומח, התנהגות השרפות ביחס לתצורת הנוף ורגישותם של חרקים מסוימים. דוגמאות מצפון-מערב ארצות הברית ממחישות את השימוש בגישה זו לצורכי תיאור המאפיינים של חומרי הדלק בשדה והיכולת להתמודד עם סכנת השרפות בקנה מידה גדול (Sampson et al., 2000).

תודות

אנו מבקשים להודות לישראל טאובר ולג'ון וודקוק, המחלקה לניהול יער, מידע וממ"ג, מינהל פיתוח הקרקע – אגף הייעור, קרן קימת לישראל; לפרופ' אמוץ דפני, החוג לביולוגיה, אוניברסיטת חיפה; לנפתלי גדליהו, מנהל פארק הכרמל, רשות הטבע והגנים; לאלון לוי, פקח רשות הטבע והגנים באזור הכרמל. לכולם תודה על הנכונות הרבה ועל העזרה החיונית באיסוף החומר ובהפקת המפות. תודה מיוחדת לרשף משנה חזי לוי, דובר שירותי כבאות חיפה, שסייע רבות באיסוף הנתונים במשרד ובמהלך השרפות עצמן.

מקורות

- איגוד ערים אזור חיפה, שירותי כבאות (1998). דין וחשבון על אירועי הדלקות מיום 11.10.98 בשכונת דניה ומיום 12.10.98 בדלת אל-כרמל
 איגוד ערים אזור חיפה, שירותי כבאות (1999א). דין וחשבון על הדלקה ביערות הכרמל ביום שבת 4.12.99
 איגוד ערים אזור חיפה, שירותי כבאות (1999ב). דין וחשבון על אירועי הדלקה, שרפת חנוכה, פארק הכרמל 4.12.99
 אופק תצלומי אוויר (1989). תצלום אוויר של השרפה בכרמל – 1989. צולם בתאריך לא ידוע
 אופק תצלומי אוויר (2005). תצלום אוויר של השרפה בכרמל – אפריל 2005. צולם בתאריך 17.4.2005
 אשבל, ד' (1970). אקלימה של חיפה רבתי. האוניברסיטה העברית, (מספורים שונים) ירושלים
 אשכנזי, ש' 2004. ממשק הצומח המעוצה של הכרמל בדגש על ממשק יערות אורן ירושלים. ירושלים: הקרן הקיימת לישראל, רשות הטבע והגנים, עמ' 159
 בארי, ע' (2004). תצלומי אוויר ומידע שבעל פה – שרפת דניה, 1999
 ויטנברג, ל' (1994). נגר עילי במדרונות קארסטיים לאחר שרפה – גורמים מורפולוגיים ואקלימיים. חיבור לצורך קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת חיפה וייץ, י' (1970). היער והייעור בישראל. רמת גן: מסדה, 622 עמ'
 להב, ח' (1989). התחדשות צומח לאחר שרפה ביער טבעי של אורן ירושלים בכרמל. תל אביב: חיבור לצורך קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת תל אביב

- לוי, ש' (1999). תצלום אוויר אלכסוני של הכרמל מגובה 2.5 ק"מ, שרפת 1999. חיפה: המעבדה לאקולוגיה של האבקה, המכון לאבולוציה, אוניברסיטת חיפה
- מורד, ד' (2003). מפה – שרפה בכרמל, 1:5,000. רשות הטבע והגנים, מרכז מג"א, 20.05.2003
- מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, המכון להגנת הצומח (1983). שרפת יער בכרמל, נובמבר 1983, אילנות: דוח הערכת הנוק שנגרם על-ידי השרפה הגדולה מחודש נובמבר 1983 ביער טבעי בבית אורן, 5.12.1983
- מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, המכון להגנת הצומח (1983). מפת שטח יער כולל שנשרף בנובמבר 1983 – יער טבעי בית אורן. אילנות: דוח הערכת הנוק שנגרם על-ידי השרפה הגדולה מחודש נובמבר 1983 ביער טבעי בבית אורן, 9.12.1983
- נאוה, ז' (1981). אקולוגיה של אדם ונוף. חיפה: הוצאת גסטליט
- נאמן, ג' (1996). התחדשות יער אורן טבעי בכרמל לאחר שרפה והשפעת טיפולים על התהליך. אקולוגיה וסביבה 2-1, כרך 3: 43-53
- ניר, ד' (1989). גיאומורפולוגיה של ארץ-ישראל. ירושלים: אקדמון, האוניברסיטה העברית ירושלים
- ספריאל, א' (1996). ההיבטים האקולוגיים-ממשקיים של השרפה בכרמל – נקודת המוצא בספטמבר 1989. אקולוגיה וסביבה 2-1, כרך 3: 5-15
- ענבר, מ', ויטנברג, ל', תמיר, מ' (1996). תהליכי נגר עילי וסחיפה – השפעת טיפולים ממשקיים לאחר שרפת יער. אקולוגיה וסביבה 2-1, כרך 3: 25-33
- פארק הכרמל (2006). מפת שרפת ינואר 2006. רשות הטבע והגנים, חיפה: פארק הכרמל
- פארק הכרמל (2006). מפת שרפת יולי 2006. רשות הטבע והגנים, חיפה: פארק הכרמל
- פז, ע' (1981). ארץ הצבי והיעל: שמורות וטבע בישראל, רמת גן: מסדה (2 כרכים)
- קוטיאל, ח' (1992). השפעת תנאי מזג האוויר על שרפות יער בישראל. אופקים בגיאוגרפיה, 36-35, 41-35
- קוטיאל, פ' (1992). השפעת השרפה על מערכת אקולוגיות ים-תיכוניות בישראל. אופקים בגיאוגרפיה, 36-35, 67-59
- קידר, ג' (2001). גורמים לשרפת יערות נטועים חורש טבעי ושטחים פתוחים בישראל. חיפה: חיבור לצורך קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת חיפה
- קליאוט, נ' וקידר, ג' (1992). שרפות יער והצתות וגורמיהן האנושיים בישראל. אופקים בגיאוגרפיה, 36-35, 34-23
- קרן קימת לישראל (1999). תחקיר שרפה בכרמל 6-5 בדצמבר 1999. מינהל פיתוח הקרקע, אגף הייעור – אשתאול
- קרן קימת לישראל (2005). שכבות פוליגוניות של השרפות באזור ניר עציון ועין הוד 1998/99. המחלקה לניהול יער, מידע וממ"ג, מינהל פיתוח הקרקע-אגף הייעור, פס הירק: קרן קימת לישראל
- קרן קימת לישראל (2006). נקודות ציון של שרפות בין השנים 1991-2005. המחלקה לניהול יער, מידע וממ"ג, מינהל פיתוח הקרקע – אגף הייעור, פס הירק: קרן קימת לישראל
- תמיר, מ' (1994). השפעת השריפה בכרמל על תהליכי נגר עילי וסחיפה. חיפה: חיבור לצורך קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת חיפה, 96 עמ'
- Fox, D., Berolo, W., Carrega, P. & Darboux, F. (2006). Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France. *Earth surface processes and landforms*, 31: 606-621
- Keeley, S.C., Keeley J.E., Hutchinson, S.M. & Albert, W.J. (1981). Post fire succession of the herbaceous flora in southern California Chaparral. *Ecology*, 62, No. 6
- Levin, N. & Saaroni, H. (1999). Fire weather in Israel - Synoptic climatological analysis. *Geo Journal*, 47 (4), pp: 523-538
- Moreno J.M. & Oechel W.C. (Eds.). (1994). The role of fire in Mediterranean: Type ecosystems. *Ecological studies* 107, New York: Springer-Verlag, 201p
- Morgan, P., Hardy, C.C., Swetnam, T.H., Rollins, M.G. & Long, G.D. (2001). Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wild Land Fire*, 10: 329-342
- Mouillot, F., Ratte, J.P., Joffre, R., Moreno, J. M. & Rambal, S. (2003). Some determinants of the spatio-temporal fire cycle in Mediterranean landscape (Corsica, France). *Landscape Ecology*, 18: 665-674
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano L.F., & Ffolliott, P.F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: A review and synthesis. *Forest ecology and management*, 122: 51-71
- Podur, J., Martell, D.L. & Csillag, F. (2003). Spatial patterns of lightning caused forest fire in Ontario, 1976-1998, *Ecological Modelling*, 164:1-20
- Rollins, G. M., Swetnam, T.W. & Morgan, P. (2001). Evaluating a century of fire patterns in two rocky mountain wilderness areas using digital fire atlases. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 2107-2123
- Rorig, M. L. & Ferguson, S.A. (2002). The 2000 fire season: Lightning-caused fires. *Journal of Applied Meteorology*, 41, 7: 786-791
- Sampson, R.N., Atkinson, R.D. & Lewis, J.W. (Eds.). (2000). Mapping wildfire hazards and risks. New York: Food products press
- Wittenberg L., Kutiel, H., Greenbaum, N. & Inbar, M. (2006a). Short-term changes in the magnitude, frequency and temporal distribution of flood in the eastern Mediterranean region during the last 45 years. Nahal Oren, Mt. Carmel, Israel *Geomorphology* (in press)
- Wittenberg, L., Malkinson, D., Beerli, O., Halutz, A. & Tesler, N. (2006b). Spatial and temporal patterns of vegetation recovery following sequences of forest fire in a Mediterranean landscape, Mt. Carmel, Israel, *Catena* (in press)

מקורות מקוונים

- (1) http://www.kkl.org.il/kkl/hebrew/nosim_ikaryim/al_kakal/mianachnu 2/9/2006
- (2) http://www.parks.org.il/BuildaGate5/general2/company_search_tree.php?Cat=147~Card8~~~~&ru=&SiteName=parks&Cl=&Bur=213691583 2/9/2006
- (3) <http://www.parks.org.il/BuildaGate5/portals/parks/imagesFILES/Advanced1152090643.xls> 4/9/2006
- (4) http://www.parks.org.il/BuildaGate5/general2/data_card.php?no=&SiteName=parks&Item D=908757504&ValuePage=Card2 2/9/2006
- (5) <http://www.102.co.il/default.aspx?TabId=1&PageID=P006&StationID=15> 3/9/2006