רשות הטבע והגנים
מחוז צפון
מרחב כרמל

סיכום דיגום איכות שמי הלילה (SQM) בפארק הכרמל, שטח אש 108 והצעה להמשך בחינה של קידום מפלט אור כוכבים עירוני בפארק הכרמל

אורי שפירא ועידן ידין

1. רקע:

בכוונת מרחב כרמל לקדם את שטח הפארק כ"מפלט אורבני לאור כוכבים" בכדי לחזק את מעמדו של הפארק כאתר טבע מרכזי, בכדי להנחיל ערכים של שמירת טבע לתושבים הגרים בסמיכות לפארק **ובעיקר בכדי לייצר מסגרת מוסכמת לשמירה על שמי הכרמל (כשטח פתוח ערכי במרכז הארץ) חשוכים ככל הניתן לאור לחצי פיתוח משמעותיים בסביבה**. השלב הראשון לבדיקת היתכנות לקידום השטח כ Urban night sanctuary על פי ה -Dark sky association, הינו מיפוי של איכות שמי הלילה במדידה קרקעית (SQM) לאורך האזור המוצע לקידום כמפלט אור כוכבים. בתאריכים 23-24/08 בוצעה מדידה של איכות שמי הלילה באמצעות מד SQM לאורכו ולרוחבו של שטח אש 108, לאחר שעיון במדידות לווין הראה שזהו האזור החשוך ביותר בכרמל. מסמך זה מסכם את תוצאות המדידה הראשונית אשר צפויה להימשך לאזורים אחרים בכרמל במהלך החודשים הבאים.

2. אירגון DarkSky international ומפלט אור כוכבים עירוני:

ארגון DarkSky international הינו ארגון בינלאומי ללא כוונות רווח אשר חרת על דגלו את נושא שמירת שמי הלילה נקיים ככל הניתן מזיהום אור ממקור אנתרופוגני. מטרתו המוצהרת של הארגון הינה: *"...לשקם את המאפיינים הסביבתיים של הלילה ולהגן על קהילות אדם וחיות בר מפני זיהום אור..."*. הארגון נוקט בגישה של קידום מיזמים הקשורים באור כוכבים באמצעות תקינה יוקרתית, תמיכה במחקר, חינוך ומתן כלים מקצועיים לבעלי עניין שונים. מבחינת תקינה, קיים מדרג של אזורים בהם שמי הלילה מוגנים מפני פיתוח, החל ממפלט או שמורת אור כוכבים (International Dark Sky Reserves or Sanctuaries) כמו למשל במכתש רמון (שמורת אור הכוכבים היחידה במזה"ת) ועד לאזורים אורבניים בהם שמי הלילה מוגנים יחסית (Urban Night Sky Places). כאמור, בכוונת מרחב כרמל להגיש את פארק הכרמל רבתי לקבלת התקן של מפלט אור כוכבים עירוני שתכליתו הינה אזור שמירת טבע שמיישם עקרונות של תכנון תאורה נכון יחד עם הקהילות הסובבות אותו. לקריאה נוספת על סוגי מפלטי אור הכוכבים ומידע נוסף ניתן להיכנס לקישור זה.

3. מידע מקדים:

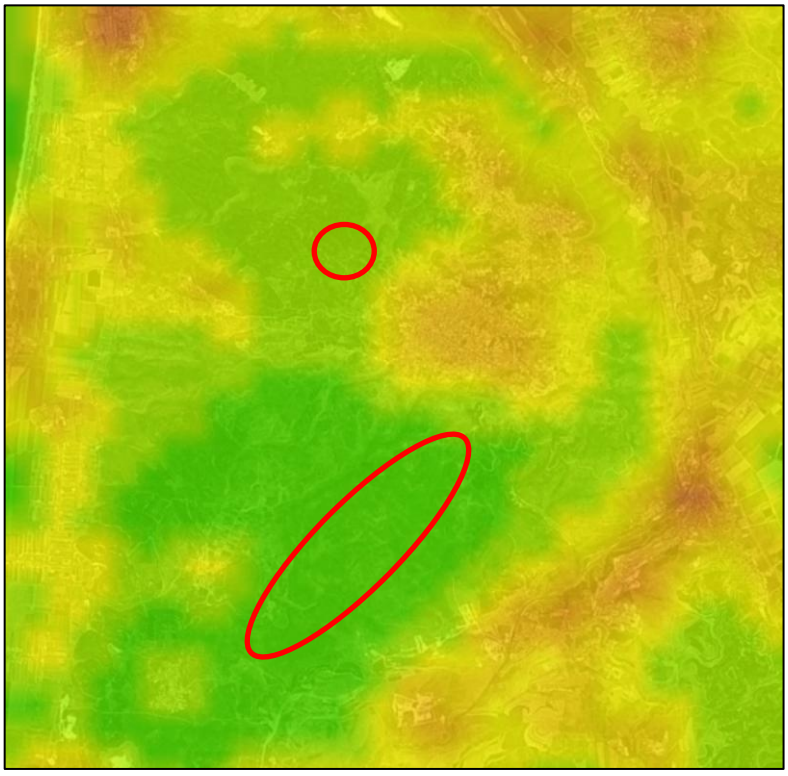
על מנת לאתר אזורי חושך ליבתיים בהם תבוצע הדגימה, נעשה שימוש בנתונים מלויין VIIRS והופקה מפת זיהום אור המבטאת ממוצע שנתי של כמות הקרינה ($nW*cm^2*sr$) אשר נקלטה בחיישני הלווין בשנת 2024. על פי איור זה, רוב שטח פארק הכרמל מופרע על ידי זיהום אור מהישובים השכנים ותשתיות שכנות: חיפה, נשר, עספיא, דלית אל כרמל, טירת כרמל, יקנעם, כביש 4, כביש 6 ועוד, אולם עדיין ניתן לזהות בשטח אזורים חשובים יותר אשר עשויים

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

להיחשב שטחי ליבה. לשם ההמחשה, ערכים שנמדדו בלב אזורים אלו, מתאימים בהקבלה לאזורים בהם זיהום האור הוא בינוני עד נמוך שהערך המירבי שנמדד הוא 2 nW*cm^2*sr (איור 1., בן משה ורנן, 2022). על כן, תכנית הדיגום נקבעה על פי אזורי הליבה עם השלמות נקודתיות בחניוני לילה.



איור 1: כיול של ערכים הנמדדים בלווין VIIRS למדד ביולוגי אינטואטיבי המבוסס על תאורת אור ירח



*איור 2 :זיהום אור בפארק הכרמל, ערך ממוצע שנתי בשנת 2024. צבע ירוק מעיד על חושך יחסי וצבע אדום מעיד על תאורה חזקה יחסית. ניתן לראות בחלק הדרומי של הכרמל קרינת אור לילית יחסית נמוכה (בלב השטח 1.18 nw/cm^2*sr) וגם באזור הר שוקף (עיגול אדום), ערכים יחסית נמוכים (2.5 nw/cm^2*sr)*

4. <u>שיטת הדיגום:</u>

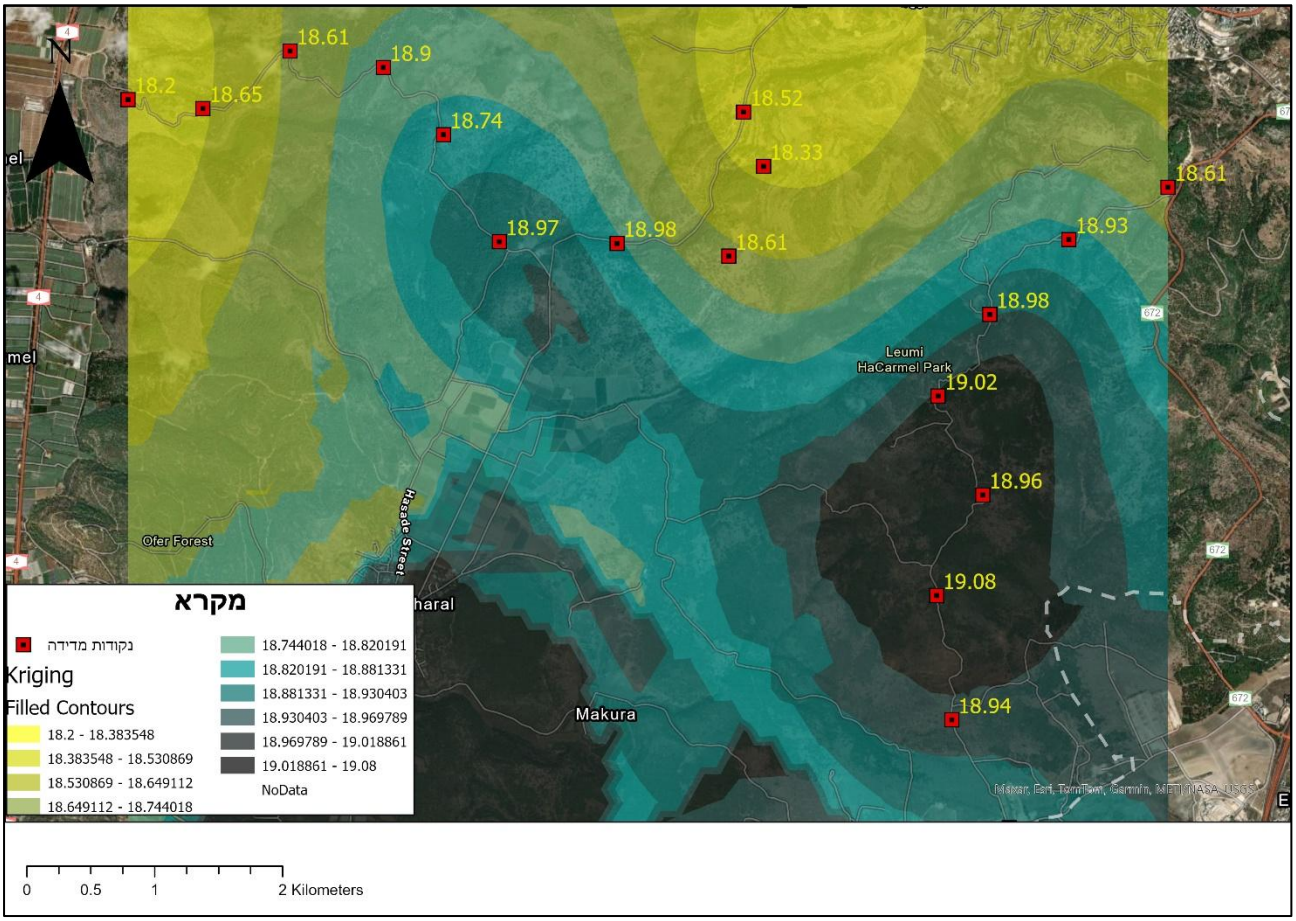
הדיגום התבצע בשני לילות עוקבים בתאריכים 23-24/08/2025 בלילות ללא אור ירח, החל מהשעה 22:00 ועד השעה 01:00 לערך. בשני הלילות העננות הייתה בינונית והלחות יחסית גבוהה. הדיגום התבצע על בסיס צירי רכב 4*4 קיימים, כאשר מתחנה ראשונה בבל מסלול, עצרנו בכל 1 ק"מ (מדידה עם מד מרחק של הרכב) וביצענו שלוש מדידות עוקבות בטווח של 5 דקות עם מכשיר SQM תקני. יחידות המידה במכשיר הינן magnitudes/Arcsec2

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il

כאשר הערכים נעים בין 16 (זיהום אור מוחלט) ל-22 (שמיים חשוכים לחלוטין). סולם המדידה הינו סולם לוגריתמי כאשר שינוי של יחידה אחת משקף למעשה שינוי של "פי 2.5". כלומר, מדידה בה הערך שהתקבל הינו 17 הינה חשוכה פי 2.5 מאשר מדידה בה הערך שהתקבל הינו 16. לשם ההשוואה, מדידה של ליל ירח מלא בהיר (תאורה ביולוגית טבעית מקסימלית) הינה ער של 17.5 לערך. רישום המדידות התבצע בתפריט יעודי בתוכנת סייבר פקח ולאחר פריקת הנתונים בוצע ממוצע של שלושת המדידות. סט נתונים מרחבי זה הועלה לתוכנת Arcgis Pro, שם בוצע משטח חיזוי בהתבסס על שיטת Kriging הלוקחת בחשבון את המבנה של הקורולציה המרחבית בין נקודות.

5. <u>תוצאות:</u>

בסה"כ נמדדו 20 תחנות שונות בדרום הכרמל, בשטחי האש 108 ו-111. אורך המסלול עליו נסענו היה 24 ק"מ לערך. הערך הממוצע לכל המדידות היה 18.75 (±0.26) והערך הממוצע המירבי שנמדד היה 19.08. הערך האבסולוטי הגבוהה ביותר שנמדד היה 19.11 והנמוך ביותר 17.52. מיפוי הנקודות ומשטח חיזוי המתאר את איכות שמי הכוכבים (טיב התאמה בנספח 1) מוצגים באיור 3. ניתן לראות את החלקים החשובים ביותר במרכז השטח ובבקעת מהר"ל.



שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 st.mearot@npa.org.il / www.parks.org.i

6. דיון והתאמה לקריטריונים של DarkSky International:

המדידות הקרקעיות של SQM בחלקו הדרומי של הכרמל, שהינו אחד מאזורי הליבה החשובים הראו כי מצד אחד השטח מופרע במידה מסוימת מזיהום אור ממקור אנתרופוגני, אולם הוא עדיין שומר באופן יחסי על שמיים במופע טבעי. כלומר, איכות שמי הלילה משקפת תאורה שהינה חשוכה פי 2.5 לפחות מתאורת ליל ירח מלא. מובן שזהו אינו מצב אידאלי אולם בהתחשב בלחצי פיתוח והישובים הסובבים את הכרמל, ניתן לומר שהחלק הליבתי של השטח מופרע במידה מועטה. ממצא זה מקבל חיזוק גם ממדידות של לווין VIIRS המראות זיהום אור בעוצמה נמוכה. בהקשר של תו תקן למפלט אור כוכבים עירוני, הארגון דורש עמידה במספר קריטריונים (טבלה 1 ונספח 1). על פי קריטריונים אלו, נוכל להמשיך ולקדם מפלט אור כוכבים עירוני בפארק הכרמל, כך שנשיג הן מטרות שמירת טבע והן מטרות חינוך, ניהול וקליטת קהל משמעותיות.

קריטריון	פארק הכרמל עומד או לא עומד בקריטריון	הערות
בעלות ציבורית או פרטית אך בעל הגנה סטטוטורית	עומד בקריטריון	גן לאומי ושמורת טבע
גישה ציבורית לשמי הלילה	עומד בקריטריון	בכרמל מספר רב של חניוני לילה פתוחים לקהל הרחב חינם או בתשלום
איכות שמי הלילה – מתחת לסף של פארק אור כוכבים (21.2)	עומד בקריטריון	ערך ממוצע נמדד הינו 18.75 ושטחי ליבה גבוהים מ-19.
בתחום של עד 50 ק"מ מישובים המכילים K10 תושבים	עומד בקריטריון	חיפה, יקנעם, כפרים דרוזיים, חוף הכרמל.
ניתן לזהות ולהגדיר את הישובים/קהילות המשפיעות ביותר	עומד בקריטריון	חיפה, נשר, כפרים דרוזיים, צה"ל
יש מקום לשיתוף פעולה לצמצום זיהום אור עם בעלי עניין	עומד בקריטריון	נת"י, צה"ל, עיריות ומועצות
חינוך – על האתר לשלב תכני שמירת שמי הלילה למבקרים וקהילות	עומד בקריטריון	באמצעות מחוו"ה כרמל
התחייבות לעמידה בקריטריונים		

שמורת נחל מערות, ד"נ חוף הכרמל, 3085600 טל' 04-9841750/2 / פקס 04-9843144 www.parks.org.i / st.mearot@npa.org.il