

ביוקלימטולוגיה של פארקים עירוניים בתל-אביב

פנינית כהן, עודד פוצ'טר ואריה ביתן potchter@post.tau.ac.il, 51pninit@bezeqint.net
היחידה לקלימטולוגיה יישומית ובעיות הסובב, החוג לגיאוגרפיה ולסביבת האדם, אוניברסיטת תל-אביב, תל-אביב

תקציר

מחקר זה בדק את ההתנהגות האקלימית של פארקים עירוניים בעלי תצורות צומח שונות באקלים קיצי חם ולח ואת השפעתם על נוחות האדם בתל-אביב. המחקר נערך בשלושה פארקים עירוניים מטיפוסים שונים: פארק עם דשא ועצים נמוכים, פארק עם עצים בגודל בינוני ופארק עם עצים גבוהים ורחבי צמרת. תוצאות המחקר מראות, שפארקים עירוניים יכולים לשנות את התנאים המיקרו-אקלימיים בתוך המרחב העירוני, הן לחיוב והן לשלילה.

לפארק עירוני ובו עצים גבוהים ורחבי צמרת יש יכולת קירור מרבית במשך היום עד כ- 3.5°C וביכולתו להוריד את עומס החום בצורה משמעותית. פארק עירוני, עם עצים בינוניים בנטיעה צפופה, יכול להוריד את הטמפרטורות בשעות היום עד כדי 2.5°C ולהפחית את עומס החום ואילו בלילה עלול ליצור אי-נוחות אקלימית בעיקר בשל הפחתת מהירות הרוח ועלייה בלחות היחסית.

פארק עירוני מכוסה דשא עלול להיות חם יותר ולעתים אף לח יותר מסביבתו הבנויה במשך שעות היום ולגרום להעלאת ערכי עומס החום.

מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת): דשא, חורש עירוני, נוחות תרמית, פארק עירוני

מבוא

הבינוי העירוני גורם לשינוי הטופוגרפיה, לכיסוי השטח באבן ובאספלט, לסילוק גופי מים ולבירוא הצמחייה. כתוצאה מכך נגרמים שינויי אקלים המתבטאים בהפחתת הלחות, בשינוי משטר הרוחות, בהגברת זיהום האוויר ובעלייה משמעותית של הטמפרטורה. תופעה זו, הידועה בשם "אי החום העירוני", עלולה להחריף את תנאי אי-הנוחות לאדם, בפרט בעונת הקיץ.

אזורים ירוקים בתוך המרחב העירוני (פארקים וגינות) יכולים לגרום להורדת הטמפרטורות ולהגברת הלחות וליצור "איי קור" באזורים שבהם מתפתח אי חום עירוני (Oke, 1987; Sponken-Smith & Oke, 1998). לבחינת יכולת הקירור הפוטנציאלית של פארקים עירוניים באזורי אקלים חמים ישנה

חשיבות רבה, בפרט בערים השוכנות באקלים חם ולח, בשל העובדה שהצמחייה, תוך כדי תהליך הקירור, מביאה להעלאת ערכי הלחות היחסית ועלולה דווקא להגביר את עומס החום. מחקרים קודמים הציגו את אפקט הקירור של שטחים ירוקים בתוך המרחב העירוני הבנוי (Givoni, 1991). מחקרים במקומות השוכנים באזור אקלים חם ולח, למשל מלוזיה, יפן, הודו וקליפורניה, הראו שיכולת הקירור של פארקים עירוניים עשויה להיות משמעותית ונעה בין 3 ל- 6.5°C (Sham, 1991; Sponken-Smith & Oke, 1998; Sundersingh, 1991; Saito et al., 1991). מחקרים קודמים בארץ, שבחנו את השפעת הצומח על אקלים העיר, התמקדו בעיקר במין אחד של עצים – פיקוס השדרות, ומצאו שיכולת הקירור המרבית עמדה על 4 מ"צ בשעות היום ועל 1.5 מ"צ בשעות הלילה. עוד הסתבר, שפארק רובעי, כדוגמת גן מאיר בתל-אביב, ועצי פיקוס שניטעו לאורך שדרה יצרו אפקט קירור דומה (שעשוע-בר והופמן, 2002; פוצ'טר וחובי, 2002). קיימים גם מחקרים שמצאו, שאזורים ירוקים עלולים, בתנאים מסוימים, להיות חמים מסביבתם הבנויה ולגרום לתנאי אי-נוחות לאדם (פוצ'טר וחובי, 2002; Grimmond et al., 1996; Jauregui, 1991). מטרת מחקר זה הן לבחון את ההתנהגות האקלימית של פארקים עירוניים בעלי מרקמי צומח שונים ועיצוב נוף שונה ולהעריך את השפעתם על נוחות האדם. המחקר התמקד באקלים ים-תיכוני חם ולח, האופייני לעונת הקיץ במישור החוף, שבו מתגוררת מרבית אוכלוסיית ישראל.

מתודולוגיה

אזור המחקר: העיר תל-אביב מהווה גלעין של מטרופולין, המונה 2.2 מיליון נפש. האקלים בתל-אביב הוא ים-תיכוני (Cas) על-פי המיון של קפן (פוצ'טר וסערוני, 1998), והוא מתאפיין בקיץ חם ולח הגורם לעומס חום ברוב שעות היממה.

יחידות החקירה: שלושה פארקים עירוניים, אשר מייצגים את שלושת הטיפוסים של כיסוי צומח האופייניים לפארקים בתל-אביב, מוקפים בבנייה צפופה ומרוחקים בין 800 ל-1,400 מטר מקו החוף (איור 1).

1. גן ביר (Park A): מכוסה ברובו בדשא ובעצים מעטים

תוצאות

מדידות בתחנות הנייחות

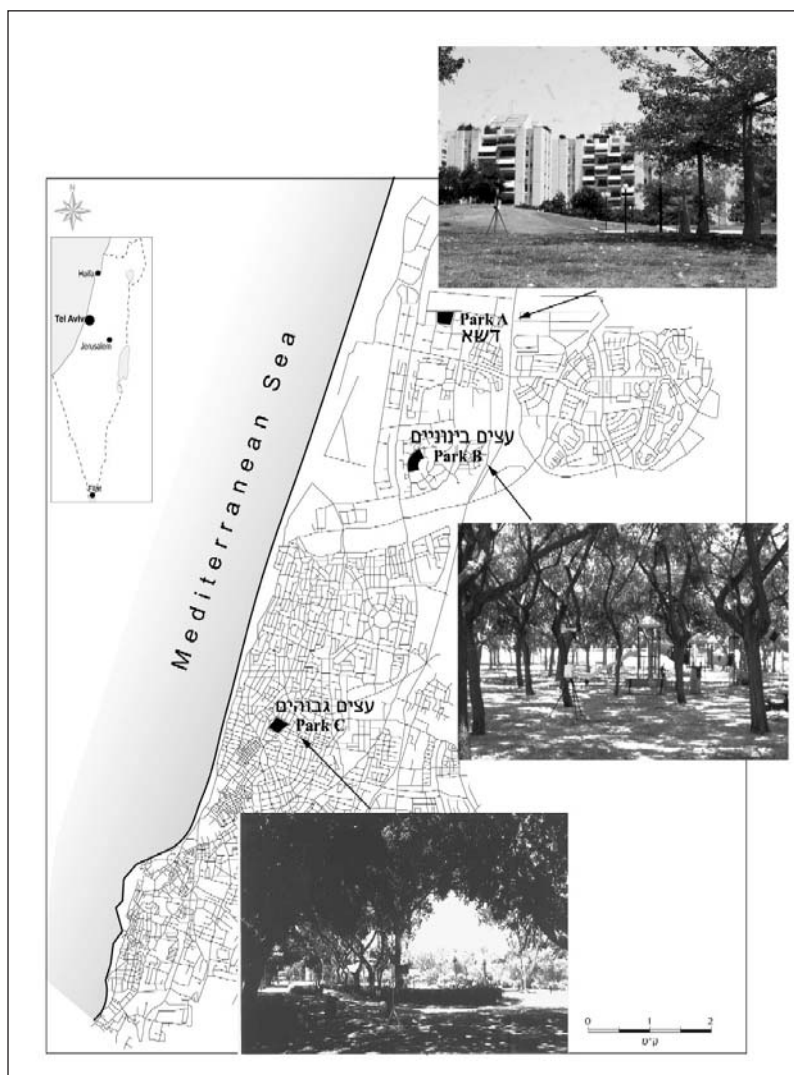
מהלך הטמפרטורות הימתית בשלושת הפארקים בתאריכים 6-7 ביוני 2002 הראה, שבשעות היום הטמפרטורות הנמוכות ביותר נמדדו בגן מאיר, שבו עצים רחבי צמרת, בעוד שהטמפרטורות הגבוהות ביותר נמדדו בפארק הדשא (גן ביר). ביום המדידות השני, עם התפתחותם של תנאי השרב, ההבדלים היו גדולים עוד יותר (איור a2). באזורים הבנויים הסמוכים לפארק הדשא ולפארק העצים הגבוהים, טמפרטורות המקסימום היו דומות – סביב 29 מ"צ (איור b2).

בעלי צמרת קטנה, כגון: זית, דקל ובומבקס צעירים, נטועים במפוזר. הפארק ממוקם בצפון העיר, ברמת-אביב ג', ושטחו כ-25 דונם.

2. **גן רידינג (Park B):** חורש עירוני צפוף של עצי מכנף נאה בגובה בינוני (6-10 מטר) ומוצל בכ-70% משטחו. הפארק ממוקם בצפון העיר, ברמת-אביב הישנה, ושטחו כ-35 דונם.
3. **גן מאיר (Park C):** ממוקם במרכז העיר, שטחו כ-28 דונם והוא מוצל היטב. במרכזו עצי פיקוס גבוהים (10-15 מטר), ירוקי עד ורחבי צמרת. מצויים בגן ריכוזים של עצי אשל, איקליפטוס וברוש. בשנת 2001 בוצעו בגן עבודות שיקום, שכללו גיזום אגרסיבי של צמרות העצים. באיור 7 מוצגת ההשוואה בין הנתונים משנת 2000, טרם פעולת הגיזום, לנתונים מהתקופה שלאחריה.

מכשירים ושיטות החקירה: איסוף הנתונים האקלימיים נעשה באמצעות שש תחנות מטאורולוגיות נייחות מסוג Campbell. שתי תחנות הוצבו בכל יחידת חקירה, האחת במרכז הפארק והשנייה באזור הבנוי הסמוך לפארק. כל תחנה מדדה את טמפרטורת האוויר, טמפרטורת "כדור שחור" ולחות יחסית בגובה של 2 מטר מעל הקרקע, כיוון ומהירות הרוח בגובה של 2.5 מטר. טמפרטורת האוויר והלחות היחסית נמדדו על-ידי חיישנים מסוג Campbell HMP45C, שהוצבו בתוך סוכות מטאורולוגיות מאוררות מסוג Gill Multi-Plate 41002. מהירות הרוח וכיוונה נמדדו במכשיר מסוג YOUNG 0103. טמפרטורת "כדור שחור" נמדדה על-ידי Thermocouple מסוג T (עם תיל נחושת), שהוחדר לכדור נחושת חלול בקוטר 15.24 ס"מ (6 אינץ'), צבוע בצבע שחור-מט. הנתונים נאספו בכל שנייה ונשמרו באוגר נתונים אלקטרוני מסוג Campbell 21X. מדי חמש דקות נערך מיוצע של כל הפרמטרים. המכשירים כוילו, נבדקו והושוו לפני הניסוי ואחריו באותם התנאים. על סמך הנתונים שנאספו חושבו ערכי הנוחות האקלימית.

מועדי המחקר: עונת הקיץ, המתאפיינת במזג אוויר יציב יחסית עם שינויים יומיים קטנים. בדיקה מקדימה התקיימה בתאריך 22-23 ביוני 2000. המדידות העיקריות נערכו בשני אירועים שונים: האחד – בשני ימים עוקבים בין ה-31 ביולי ל-1 באוגוסט 2001, במזג אוויר יציב ואופייני – שמיים בהירים, טמפרטורות גבוהות ולחות יחסית גבוהה מלווים ברוחות קלות. השני – בשני ימים עוקבים בין ה-6 ל-7 ביוני 2002. הניסוי החל ב-6 ביוני כשמזג האוויר היה יציב ונוח יחסית. לפנות בוקר ב-7 ביוני התפתחו תנאי שרב שהתחזקו במהלך היום, כך שניתן היה להעריך את ההתנהגות האקלימית של הפארקים הנבחרים בתנאי מזג אוויר שונים. לפיכך, מאמר זה ידון בעיקר בתוצאות המדידות של 2002.



איור 1: מיקום הפארקים שנחקרו בעיר תל-אביב יפו ומראה כללי של כל פארק: (א) פארק דשא (ביר), (ב) פארק מכוסה עצים בינוניים (גינת רידינג), (ג) פארק עם עצים רחבי צמרת וירוקי עד (גן מאיר)
Fig. 1: Study area map of Tel Aviv and location of the research units with picture of each of the investigated urban parks: parks with grass and few low trees (A), park with medium-size trees (B) and park with high, wide-canopy trees (C)

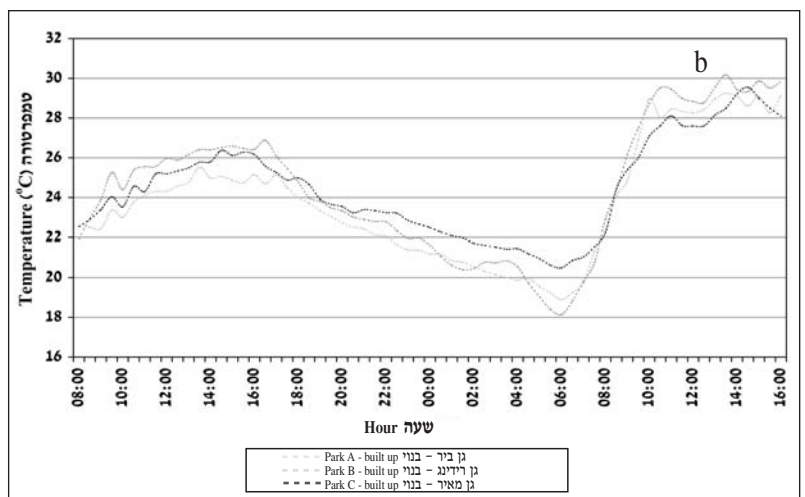
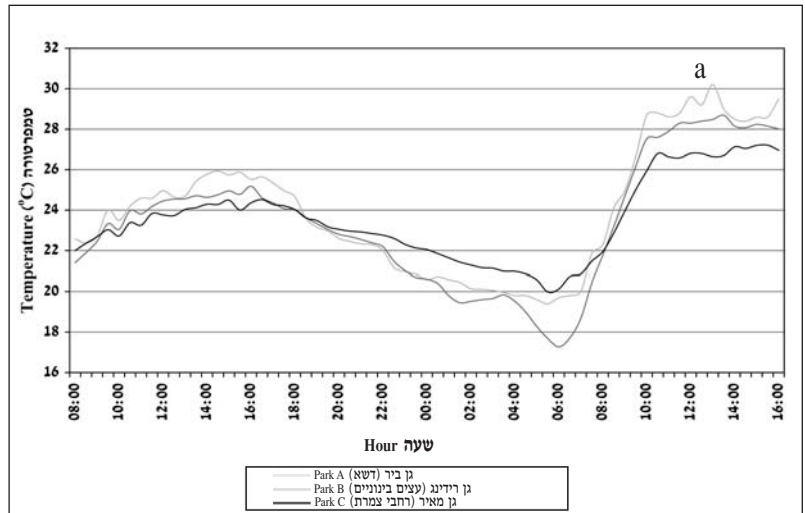
בלילה, טמפרטורות המינימום בפארק גן מאיר וכן טמפרטורות המינימום של האזור הבנוי במרכז העיר, הסמוך אליו, היו גבוהות מערכי הטמפרטורות בפרברים, בשל תופעת אי החום העירוני.

על מנת לבחון את ההתנהגות האקלימית של כל אחד מטיפוסי הפארקים, חושבו הפרשי הטמפרטורה השעתיים בין מרכז כל פארק לבין האזור הבנוי הסמוך לו. שני הפארקים שבהם עצים בעלי עלווה (גן מאיר וגינת רידינג) היו קרירים יותר מן האזור הבנוי הסמוך להם במשך כל שעות היום והלילה, תופעה שחזרה בשתי תקופות המדידה (2001 ו-2002). בשעות היום, הפארק שבו עצים רחבי צמרת (גן מאיר) היה קריר מסביבתו הבנויה עד כ-2.5 מ"צ; הפארק בעל עצים בינוניים (גן רידינג) היה קריר בשעות היום מסביבתו הבנויה ב-2.3 מ"צ (איור 3).

למדידת טמפרטורת הקרינה (Mean Radiant Temperature) באמצעות "כדור שחור" משמעות רבה בשל העובדה, כי הכדור מושפע מקרינת השמש החודרת מבעד לצמרות העצים. טמפרטורת הקרינה מבטאת את יעילות ההצללה ואת השפעתה על הנוחות התרמית של האדם. במדידות נמצאו שני דגמי התנהגות יומית. האחד – בפארקים עתירי עלווה (גן מאיר וגן רידינג), והשני – באזורים הבנויים ובפארק הדשא (גן ביר). הפרשי הטמפרטורות בין התחנות נצפו בעיקר בשעות היום. מחזור מדידה של 24 שעות ב-6-7 ביוני 2002 הראה, שבשעה 08:30 טמפרטורות הקרינה שנמדדו באזורים הבנויים ועל משטח הדשא היו גבוהות ב-5 מ"צ מאלו שנמדדו בתוך הפארקים עתירי העלווה. בצהרי היום, טמפרטורות הקרינה בפארק הדשא ובשלושת האזורים הבנויים נעו בין 46 ל-47 מ"צ (בשעה 15:00), בעוד שבפארקים עם העלווה נמדדו 25-27 מ"צ בלבד (כ-20 מ"צ פחות מאשר באזור הבנוי). לאחר השקיעה, בפארקים עתירי העלווה הטמפרטורות היו גבוהות מהטמפרטורות באזורים הבנויים. הטמפרטורה בפארק הדשא הייתה הנמוכה ביותר וערך מינימום של 14.5 מ"צ נרשם בשעה 05:00, בעוד שבשטחים הבנויים הטמפרטורה נעה בין 18 ל-20 מ"צ (איור 4).

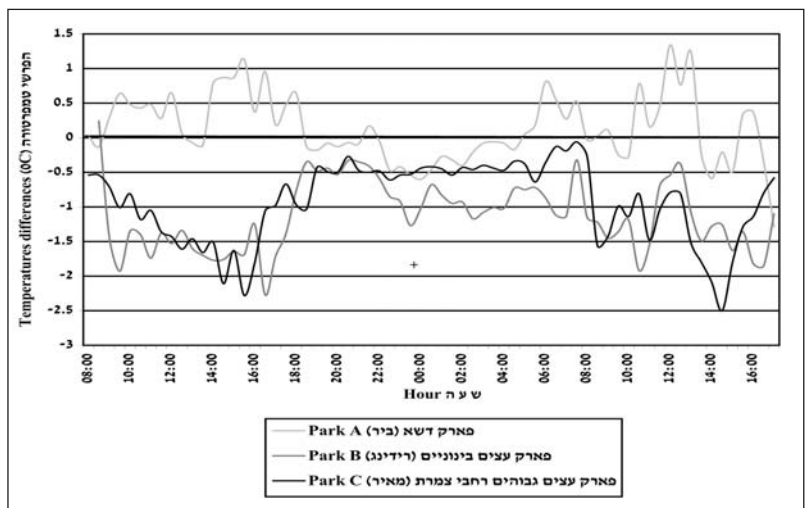
מדידות שיעורי הלחות היחסית הראו שהפארקים, כצפוי, לחים מהאזורים הבנויים הסמוכים להם. לענייננו, יש להבדיל בין הלחות המוחלטת – כמות אדי המים הקיימת בפועל בגוש האוויר – לבין הלחות היחסית – היחס בין הלחות המוחלטת הקיימת בפועל בגוש האוויר לבין הכמות המרבית שהוא יכול להכיל בטמפרטורה נתונה. זאת, מכיוון שתחושת הנוחות התרמית של האדם מושפעת בפועל מהלחות המוחלטת ולא מהלחות היחסית. חישובי עומס חום לפי פרמטרים שונים משקללים את הלחות המוחלטת או לחילופין את לחץ האדים. איור 5 מציג את הפרשי הלחות המוחלטת בין הפארק לשטח הבנוי הסמוך.

מדידות הרוח (איור 6) הראו, שככלל מהירות הרוח בכל הפארקים הייתה גבוהה יותר במשך היום מאשר בלילה, כצפוי ממשטר הרוחות השורר לאורך החוף. בהשוואה בין הפארקים



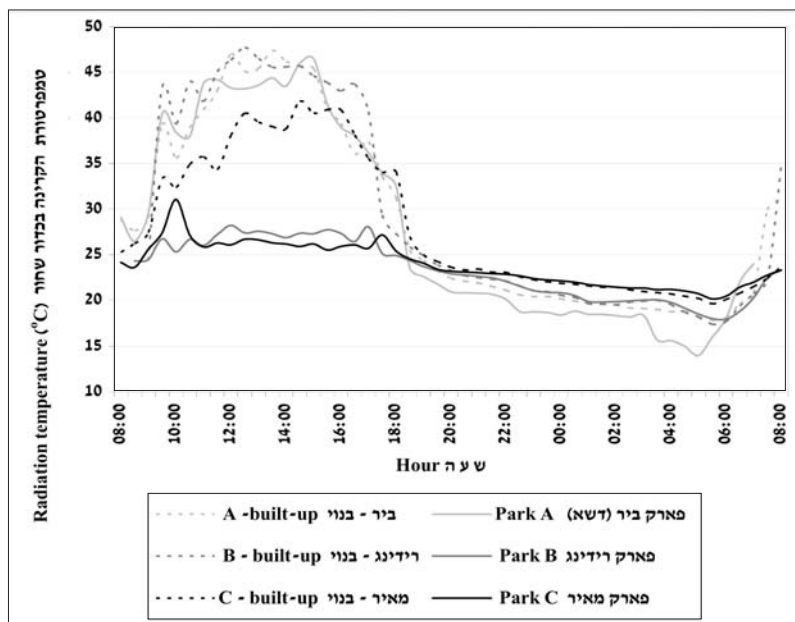
איור 2: מהלך שעתי של הטמפרטורות במרכזי הפארקים (a) ובאזורים הבנויים הסמוכים להם (b) בתאריכים 6-7 ביוני 2002

Fig. 2: Hourly temperatures in the centers of the different park types (a) and in the surrounding built-up areas (b) during 6-7 June 2002



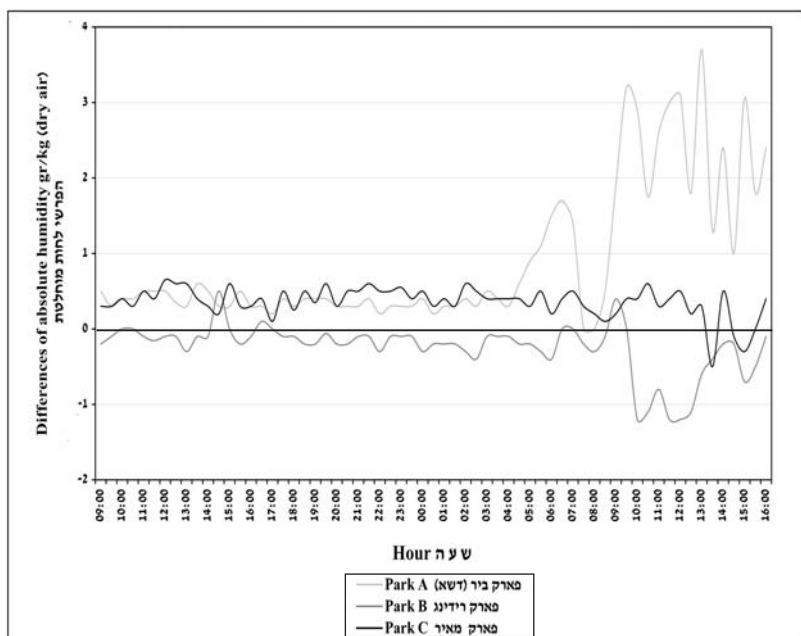
איור 3: הפרשי טמפרטורה בין האזורים הבנויים לבין מרכזי הפארקים בתאריכים 6-7 ביוני 2002

Fig. 3: Hourly temperature differences between the center of the parks and their surrounding built-up environments during 6-7 June 2002



איור 4: מהלך שעותי של טמפרטורת הקרינה ב"כדור שחור" בפארקים ובאזורים הבנויים הסמוכים להם בתאריכים 6-7 ביוני 2002

Fig. 4: Black ball hourly temperature at the center of each park type and its surrounding built-up environment during the measurement period of 6-7 June 2002



איור 5: השוואת הפרשי הלחות המוחלטת בין מרכזי הפארקים לבין האזורים הבנויים הסמוכים בתאריכים 6-7 ביוני 2002

Fig. 5: Hourly absolute humidity differences between the park center and the built-up environment in the three park types during 6-7 June 2002

עם העצים הבינוניים תנאי הנוחות לאדם במשך שעות היום טובים בהרבה מאלו ששררו בסביבה הבנויה ואילו בלילה, תנאי הנוחות שנמדדו בשטח הבנוי טובים מאלה שבפארק (טבלה 1). חישובי הנוחות התרמית לשנת 2002, שבה נמדד גם גן מאיר,

נראה, שבפארק עם עצים בינוניים הנוטעים בצפיפות מהירות הרוח הייתה החלשה ביותר במשך היום והלילה. בשעות היום ההבדלים במהירות הרוח בין הפארקים השונים היו קטנים יחסית; בשעות הלילה, שבהן עוצמת הרוח נחלשה, ההבדלים היו בולטים יותר. משעה 22:00 ועד שעות הבוקר מהירות הרוח בפארק עם עצים גבוהים ורחבי צמרת נעה בין 1-2 מטר לשנייה; בפארק הדשא מהירות הרוח נעה בין 0 ל-1 מטר לשנייה ובפארק עם עצים בינוניים וצפופים שררו תנאי שקט (רוח מתחת לסף הרגישות) במשך רוב שעות הלילה.

נוחות תרמית

הנוחות התרמית מוגדרת כטווח התנאים האקלימיים שבהם האדם נמצא, בין הזעה הנגרמת מחשיפה לחום לבין צמרמורת הנגרמת מחשיפה לקור (שפירא, 1989). ישנם פרמטרים רבים להערכת עומס חום; בעבודה זו השתמשנו במדד (PMV) Predicted Mean Vote, שהוצג לראשונה על-ידי Fanger (1970) ועודכן על-ידי Jendritzky et al. (1990). מדד זה מקובל ביותר בקרב ביו-קלימטולוגים ומבוסס על חישוב טווח התנאים שבהם הגוף שומר על מאזן החום עם הסביבה ונמצא בנוחות תרמית. בתנאים אלה, טמפרטורת העור והפרשת הזיעה משוקללים בהתאם לרמת הפעילות המטבולית, המבוטאת בייצור חום ליחידת שטח גוף. הנוחות פיסיולוגיות אלה שימשו לפיתוח שורה של נוסחאות המשקלות יחד את תנאי האקלים בסביבה נתונה (נתוני הקרינה, טמפרטורת האוויר, הלחות באוויר ומהירות תנועת האוויר), כפי שמתבטאים ביחס לגוף האדם, תוך התחשבות בסוג הביגוד ובפעילות המטבולית. התחושה התרמית מוערכת על-ידי שקלול המשוואות לערך (Predicted Mean Vote) PMV, המציינת את התחושה התרמית החזויה. הערכים השונים המתקבלים מציינים תנאי עומס קור, תנאי נוחות תרמיים ותנאי עומס חום (VDI, 1998). יתרונה של השיטה בכך שהיא משקלת את השפעת קרינת השמש וזרימת הרוח על הנוחות התרמית ומאפשרת להשוות בין תנאי הנוחות בנקודות שונות במרחב העירוני. חסרונה של השיטה הוא במורכבותה ובמספר הרב של משוואות וחישובים. חישוב ערכי PMV בעבודה זו נעשה על-ידי מודל ממוחשב RayMan שפותח על-ידי Matzarakis (2002).

חישובי הנוחות התרמית בשנת 2001 מראים תנאים שונים בכל אחד מהפארקים: בפארק הדשא שרר עומס חום כבד במשך 12 שעות, עומס חום בינוני במשך 4 שעות, ובמשך 4 שעות שררו תנאים נוחים לאדם. בפארק עם העצים הבינוניים לא שרר עומס חום כבד כלל, כך שתנאי הנוחות בפארק זה טובים בהרבה מאלו ששררו בגינת הדשא. השוואה בין תנאי הנוחות האקלימית בסביבה בנויה לבין אלה שבפארק מחזקת את הממצאים. ניתן לראות שבמשך שעות היום תנאי הנוחות בפארק הדשא דומים לאלה של הסביבה הבנויה ואילו בשעות הלילה תנאי הנוחות בפארק הדשא טובים מאלו שבשטח הבנוי. לעומת זאת, בפארק

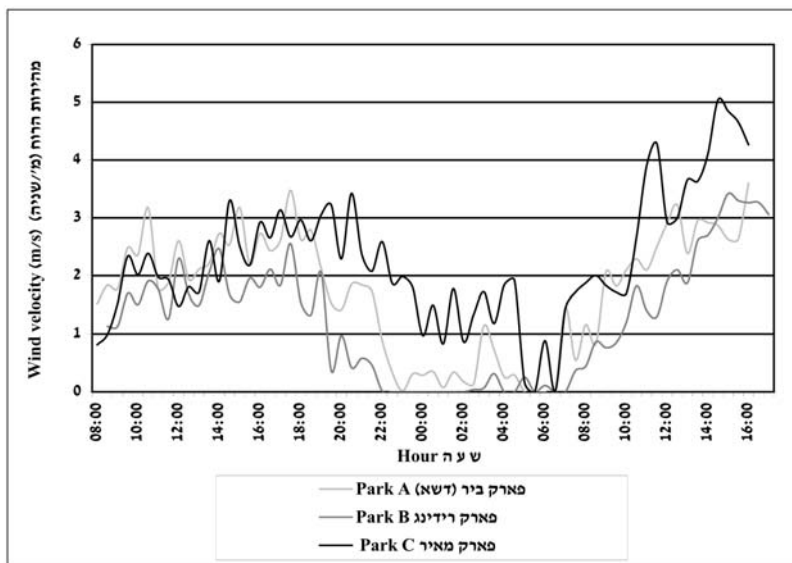
דיון ומסקנות

מטרת העבודה הייתה לבחון את ההתנהגות האקלימית של הפארקים העירוניים ולעמוד על השפעתם על נוחות האדם. נקודת המוצא הייתה, שפארק עירוני משמש כאי קור בתוך המרחב העירוני הבנוי בצפיפות. זאת, כתוצאה מ"אפקט האואזיס" – בליעת חום במהלך אידוי הלחות (Oke, 1987). הנחה זו אוששה רק חלקית במחקר זה. מצאנו שפארקים עירוניים שבהם עצים היו לחים וקרים מסביבתם הבנויה ושפארק הקירור המרבי היה בצהרי היום. הממצא המשמעותי ביותר במחקר זה הוא ההתנהגות האקלימית של פארק הדשא: בעוד שבבילת יכולת הקירור שלו היא כמו זו של פארקים עם עצים, במשך היום יכולת הקירור לא הייתה משמעותית ולעתים אף נמצא הפארק חם מסביבתו הבנויה ולח ממנה. ניתן להעריך שמיעוט הצללה תרם לעלייה בטמפרטורה. ההשקיה, ההכרחת למרבדי דשא, תרמה לעלייה בלחות. בתנאים של ערכי לחות יחסית גבוהה, יעילות הקירור באידי פוחתת ולכן עליית הלחות אינה מקררת דיה, אך תורמת לעליית עומס החום. אם כן, פארקים עירוניים תמיד יהיו לחים מסביבתם, אך לא בהכרח קרים מסביבתם כפי שסבר Oke (1987).

נקודה נוספת שנבדקה הייתה בחינת יחסי הגומלין בין מידת הצללה ומידת האוורור והלחות והשפעתם על יכולת הקירור של הצמחייה ועל התנאים התרמיים בתוך הפארק, כתוצאה מתצורת הצומח. נמצא שיכולת הקירור הטובה ביותר נמדדה בפארק עם העצים הגבוהים ורחבי הצמרת. מכאן שגורם הצללה היה משמעותי ביותר בהורדת הטמפרטורות. אולם מכיוון שגורם הצללה מושפע מגובה צמרת העץ ורוחבה, נטיעה צפופה עלולה להפחית את מהירות הרוח ולהביא לעלייה בלחות, כפי שאכן נמצא בגינת רידינג (עצים בינוניים וצפופים). לכן נראה, כי יש להדגיש את הצללה ואיכותה ולהימנע מנטיעה צפופה או לדלל ולרווח את העצים עם התבגרותם.

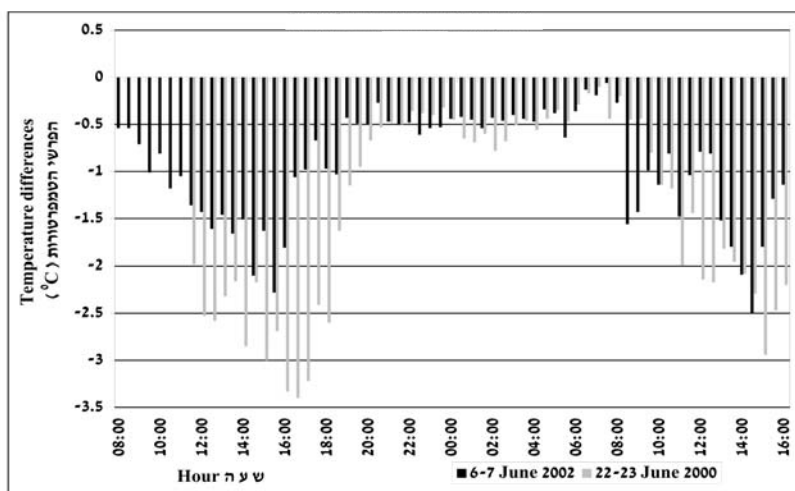
היבט נוסף המדגיש את חשיבות הצללה אפשר למצוא בהשוואת מדידות הטמפרטורה שנערכו בפארק עם העצים רחבי צמרת, בשני אירועים שונים ובתנאי מזג אוויר דומים. במדידות 2000 הפארק היה קריר מן האזור הבנוי הסמוך עד כ-3.4 מ"צ במשך היום, ואילו במדידות 2002, לאחר הגיוס, הפארק נמצא קריר ב-2.5 מ"צ בלבד מן האזור הבנוי הסמוך לו (איור 7). נמצא שגיוס מסיבי עלול לפגום ביכולת הקירור של הפארק, כתוצאה מפגיעה ביעילות הצללה של העצים, לפחות עד התחדשות הנוף. מכיוון שתנאי הנוחות האקלימיים מושפעים משילוב של פרמטרים אקלימיים שונים, כגון קרינת השמש, טמפרטורה, לחות ורוח, יש לבחון היטב את כל הפרמטרים האקלימיים הללו ולא להסתפק רק ביכולת הקירור של הפארק. אפשר לסכם את תנאי הנוחות האקלימיים לאדם המתפתחים בתוך שלושת הפארקים:

פארק עם עצים מפותחים, בעלי צמרת גבוהה ורחבה, נמצאו תנאים נוחים לאדם במשך רוב שעות היממה. ההשפעה המרבית



איור 6: מהלך שעתי של מהירות הרוח במרכזי הפארקים בתאריכים 6-7 ביוני 2002

Fig. 6: Hourly wind velocity in the centers of the three park types during 6-7 June 2002.



איור 7: גן מאיר – ההפרש בין טמפרטורת האזור הבנוי לבין טמפרטורת מרכז גן מאיר לפני הגיוס (בתאריכים 22-23 ביוני 2000) ואחרי (בתאריכים 6-7 ביוני 2002)

Fig. 7: Hourly temperature differences between the center of the park type C and its surrounding built-up environment, before pruning (22-23 June 2000) and after pruning (6-7 June 2002).

פארק עם עצים גבוהי צמרת, אשר עבר שיקום ושיפוץ בשנת 2001, מוסיף פן נוסף למחקר.

מדידות 2002 נערכו בחודש יוני במשך יומיים עוקבים. ביום המדידות הראשון שררו תנאים אקלימיים אופייניים לעונה וביום השני שררו תנאי שרב. טבלה 2 מראה בבירור שתנאי הנוחות בפארק הדשא פחותים בהשוואה לאלה של האזור הבנוי סביבו ואילו תנאי הנוחות בפארקים עם העלווה טובים מאלו שנמדדו באזורים הבנויים הסמוכים להם. תנאי הנוחות הטובים ביותר נמדדו בפארק עם עצים גבוהים ורחבי צמרת.

בפארק הדשא תנאי הנוחות האקלימיים לאדם, במשך היום, הם הפחותים ביותר מבין שלושת הפארקים ואף מאלה של הסביבה הבנויה. זאת כתוצאה משני גורמים: החשיפה לקרינה, שהיא הגבוהה ביותר בהשוואה לפארקים האחרים, ועליית הלחות המוחלטת, כתוצאה מההשקיה בהמטרה. בשעות החשכה תנאי הנוחות בפארק זה (פארק הדשא) טובים מאלה השוררים בשטח הבנוי. יש לזכור, שעיקר השימוש בפארקים הוא במשך שעות היום והערב ולכן ההקלה או ההחמרה בתנאי הנוחות בשעות הלילה חשובים פחות לצורכי המשתמשים.

מתוצאות המחקר עולה, כי במישור החוף, בתנאי האקלים הלח והחם השורר בעונת הקיץ, יש עדיפות לפארקים עם עצים מפותחים ובעלי צמרת גבוהה ורחבה על פני עצים בגודל בינוני. מומלץ להימנע ככל האפשר מפארקים עתירי דשא, שבנוסף להיותם צרכני מים גדולים אינם תורמים לנוחות האקלימית של האדם במרחב העירוני.

על הנוחות האקלימית באה לידי ביטוי בשעות החמות של היום. ההצללה היעילה יחד עם האורור מתחת לעצים אלה, שעלוותם מתחילה בגובה שמונה מטרים, משפרים את הרגשת הנוחות של האדם.

בפארק עם עצים בינוניים הנטועים בצפיפות תנאי הנוחות האקלימיים טובים מאלה השוררים בשטח הבנוי הסמוך לו, אך פחות טובים מאלה שבפארק עם העצים המפותחים. בשעות הלילה תנאי הנוחות התרמיים בפארק זה עלולים להיות פחותים מאלה שבסביבה הבנויה.

שיפור הנוחות האקלימית מתחת לעצים מעלה נקודה נוספת לדיון והיא השפעת הלחות על אי-הנוחות. בהכללה, ככל שערכי הלחות עולים מעל סף מסוים גוברת אי-הנוחות. כאמור, על אף העלייה בלחות היחסית בפארקים שבהם עצים בעלי עלווה, מסתבר שהלחות המוחלטת לא עלתה בצורה משמעותית אלא התקזזה עם ירידת הטמפרטורה.

טבלה 1: הנוחות האקלימית לפי מדד PMV בפארקים ובאזורים הבנויים הסמוכים להם בתאריכים 31 ביולי עד 1 באוגוסט 2001

Table 1: Hourly thermal comfort values according to the PMV index in the different park types and in their surrounding built-up areas during July 31st-August 1st 2001

פארק עצים בינוניים (רידינג) Medium Size Trees Park		פארק דשא (ביר) Grass Park		31 ביולי, 2001 שעה
רידינג - בנוי B - built-up	פארק רידינג Park B	ביר - בנוי A - built-up	פארק ביר Park A	July 31 st , 2001 Hour
				12:00
				13:00
				14:00
				15:00
				16:00
				17:00
				18:00
				19:00
				20:00
				21:00
				22:00
				23:00
				00:00
				01:00
				02:00
				03:00
				04:00
				05:00
				06:00
				07:00
				08:00
				09:00
				10:00
				11:00
				12:00
				13:00
				14:00
				15:00
				16:00
				17:00

Comfort Conditions	PMV	תנאי ע"ח
Light Cool Stress	(-)1.51 - (-)0.5	עומס קור קל
Comfortable	(-)0.51 - 0.5	נוח
Light Heat Stress	0.51 - 1.5	עומס חום קל
Medium Heat Stress	1.51 - 2.5	עומס חום בינוני
Severe Heat Stress	2.51 +	עומס חום כבד

פארק עצים גבוהים (מאיר)		פארק עצים בינוניים (רידינג)		פארק דשא (ביר)		6 ביוני, 2002
High & Wide Treed Park		Medium size Trees Park		Grass Park		שעה
מאיר - בנוי	פארק מאיר	רידינג - בנוי	פארק רידינג	ביר - בנוי	פארק ביר	June 6 th , 2002
C - built-up	Park C	B - built-up	Park B	A - built-up	Park A	Hour
						09:00
						10:00
						11:00
						12:00
						13:00
						14:00
						15:00
						16:00
						17:00
						18:00
						19:00
						20:00
						21:00
						22:00
						23:00
						00:00
						01:00
						02:00
						03:00
						04:00
						05:00
						06:00
						07:00
						08:00
						09:00
						10:00
						11:00
						12:00
						13:00
						14:00
						15:00
						16:00
						17:00

טבלה 2: הנוחות האקלימית לפי מדד PMV בפארקים ובאזורים הבנויים הסמוכים להם בתאריכים 6-7 ביוני 2002.

המקרא לטבלה מצורף לטבלה 1

Table 2: Hourly thermal comfort values according to the PMV index in the different park types and in their surrounding built-up areas during 6-7 June 2002

מקורות

פוצ'טר ע' וסערוני ה', (1998). בחינת האזורים האקלימיים בארץ ישראל לפי סיווג קפן, מחקרים בגיאוגרפיה של ארץ ישראל, ט'ו, 179-194.
 פוצ'טר ע', סערוני ה', יעקב י', לונקה א' וביתן א', (2002). השימוש בצמחייה ככלי לשיפור האיכות האקלימית באזורים מטרופוליניים בהדגמת תל-אביב, מחקרים בגיאוגרפיה של ארץ ישראל, ט"ז, 362-377
 שעשוע-בר ל' והופמן מ', (2002). תרומת הייעור האורבני לשיפור אקלים העיר, יער – כתב עת ליער, חורש וסביבה, 2, 63-52
 שפירא י', (1989). נוחות תרמית, בתוך: ד' דבוסקין ונ' גרנות, עורכים: מדריך לשימור אנרגיה במבני מגורים, משרד האנרגיה והתשתית וחשב, תל אביב

Fanger, P.O. (1970). Thermal comfort. Danish Technical Press, Copenhagen.
 Givoni, B., (1991). Impact of planted areas on urban environment quality: A review. Atmospheric Environment 25B(3): 289-299
 Grimmond C.B.S., Souch, C. & Hubble, M.D. (1996). Influence of tree cover on summertime surface energy balance fluxes, San Gabriel, Los Angeles. Climate Research 6: 45-57.
 Jauregui, E. (1991). Influence of large urban parks on temperature and convective precipitation in tropical cities. Energy and Buildings 15-16: 457-463.
 Jendritzky, G., Menz, G., Schirmer, H. & Schmidt-Kessen, W. (1990). Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen, Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 114, Hannover.
 Matzarakis A. (2002). Validation of modeled mean radiant temperature within urban structures. In: AMS, Fourth Symposium on the Urban Environment, 20-24 May 2002, Norfolk, Virginia. Abstr 7.3. American Meteorological Society, Boston, Mass, pp 72-73.
 Oke T.R. (1987). Boundary Layer Climate, Methuen Press, London, pp. 110-157, 165-167.
 Satio, I., Ishihara, O. & Katayama, T. (1991). Study of the effect of green area on thermal environment. Energy and Buildings, 15-16:493-498.
 Sham, S. (1991). Urban climatology in Malaysia: a review. Energy and Buildings 15-16:105-117.
 Sohar, E., Birenfeld, C., Schoenfeld, Y. & Shapiro, Y. (1978). Description and forecast of summer climate in physiologically meaningful terms. International Journal of Biometeorology, 22(2): 75-81
 Sponken-Smith, R.A. & Oke, T.R. (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. International Journal of Remote Sensing, 19 (11): 2085-2104.
 Sponken-Smith, R.A., Oke, T. R. & Lowry, W.P. (2000). Advection and the surface energy balance across an irrigated urban park. International Journal of Climatology 20:1033-1047.
 Sundersingh, S.D. (1991). Effect of heat islands over urban Madras and measures for its mitigation. Energy and Buildings 15-16:245-252.
 VDI, 1998, VDI 3787, Part I: Environmental meteorology, methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I. Climate. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, Düsseldorf.