

אופטימיזציה של כיסוי מטע בננות ברשת:

השפעת מרקם הרשת על תצרוכת המים, המיקרואקלים, הגידול וההנבה

Optimization of covering banana plantations with screens: The effect of the screen texture on the water consumption, microclimate, growth and yield

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

יוסף טנאי	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.
יאיר ישראלי	מרכז אזורי למחקר חקלאי צמח ומו"פ צפון.
שבתאי כהן	המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.
יוספה שחק	המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי.
מאיר טייטל	המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי.
אור שפירא	מרכז אזורי למחקר חקלאי צמח ומו"פ צפון.

Josef Tanny, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: tanai@volcani.agri.gov.il

Yair Israeli, Regional Center for Agricultural Research, Zemach 15132. Email: yairi@zemach.co.il

Shabtai Cohen, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: vwshap@volcani.agri.gov.il

Yosepha Shahak, Institute of Plant Sciences, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: shahaky@volcani.agri.gov.il

Meir Teitel, Institute of Agricultural Engineering, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. Email: grteitel@agri.gov.il

Or Shapira, Regional Center for Agricultural Research, Zemach 15132. Email: orshapira.nrd@gmail.com

יולי 2012

אב תשע"ב

הוכן בהשתתפות מורן פירקנר, מרכז וולקני.

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים.

הממצאים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר: _____

תוכן עניינים:

תקציר	עמ' 2
מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח	עמ' 2
פירוט הניסויים והתוצאות	עמ' 3
סיכום עם שאלות מנחות	עמ' 19

תקציר

הצגת הבעיה: גידול הבננה באזור בקעת כנרות ועמק-הירדן מייצר כשליש מהיבול הארצי. אולם גידול זה צורך כמויות גדולות של מים. מחקרים קודמים שבצענו הראו כי כיסוי המטע ברשת שקופה מאפשר להפחית את מנת המים לכ - 65%-80% משיעורה במטע בלתי מכוסה, תוך שיפור באיכות הפרי וללא פחיתה ביבול. תצפית שנערכה במחקר הקודם הצביעה על השפעה של מרקם הרשת על מאפיינים שונים כמו משקל האשכול ותכונות הפרי.

מטרות המחקר: המטרה העיקרית של עבודה זאת היא לזהות את תכונות הרשת האופטימאלית לכיסוי מטעי הבננה מבחינת יעילות השימוש במים. המטרה תושג ע"י חקירת השפעת מרקם הרשת על צריכת המים, המיקרואקלים, התאורה והיבול.

שיטות העבודה: המחקר התבצע בבית רשת ייעודי בקיבוץ תל קציר במזרח הכנרת. בית הרשת מבוסס על 4 רשתות שקופות בתחום אחוז הצללה התחלתי של 8-13%, בעלות מרקם שונה. בפועל הוצבו במטע שלוש רשתות שונות. השטח הכולל הוא כ - 26 דונם והוא חולק ל - 18 חלקות של כ- 1.5 דונם כ"א, 4 עד 5 חזרות לכל סוג רשת. בשלוש שנות המחקר נערכו מדידות מיקרואקלים וקרינה בבית הרשת, הופעלו מודלים להערכת תצרוכת המים, ונערך מעקב אחרי מאפייני היבול.

תוצאות עיקריות: מדידות מיקרואקלים (טמפרטורה, לחות, מהירות רוח, קרינה נטו) בוצעו בבית הרשת בתל קציר תחת שתי רשתות בעלות 10% צל: סרוגה וארוגה. תחת הרשת הסרוגה מהירות הרוח הייתה גבוהה בכ - 18%, הלחות מעל לצמחים הייתה נמוכה בכ - 8% ולא נמצא הבדל בטמפרטורת האוויר ובקרינה נטו בין הרשתות. מודלים של אופוטורנספירציה הראו אפשרות הפחתה של עד כ - 16% בצריכת המים תחת הרשת הארוגה ביחס לסרוגה. ההפחתה נובעת עקב הפחתת מהירות הרוח וגרעון לחץ האדים. במדידות קריעת עלים בבית הרשת בתל קציר נמצא שתחת רשת סרוגה 10% היה באופן מובהק מספר גבוה יותר של קריעות עלים בהשוואה לרשת הארוגה, בהתאמה עם ההבדל במהירות הרוח. לא נמצאה השפעה מובהקת של טיפולי הרשת על מאפייני היבול.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: במדידות בבית הרשת בתל קציר נמצאו הבדלים קטנים במיקרו אקלים, בעיקר במהירות הרוח ובגרעון לחץ האדים. מודלים הראו כי הבדלים אלה יכולים לתרום להפחתה של עד 16% בצריכת המים תחת הרשת הארוגה ביחס לרשת הסרוגה. עם זאת, לא נמצאו הבדלים מובהקים במאפייני הגידול והיבול. מכאן שתיתכן עלייה קטנה ביעילות השימוש במים תחת הרשת הארוגה, ויש עדיפות לשימוש ברשת זו.

מבוא – רקע מדעי ומטרות המחקר לתקופת הדו"ח

הבננה היא גידול בעל חשיבות כלכלית רבה בעמק הירדן, בחוף ובגליל המערבי. למרות הבדלי האקלים בין אזורים אלה, קיימים בהם תנאים המתאימים לגידול בננה, במיוחד טמפרטורות מתונות יחסית בחורף. מאידך, גידול זה מחייב השקיה במנות גדולות של מים, לדוגמה, כ - 2200 מ"מ לשנה במטע חשוף בעמק הירדן. גורמים המגבירים את תצרוכת המים של הבננה הם טמפרטורה גבוהה ולחות נמוכה בקיץ ורוחות עונתיות.

אחת הדרכים האפשריות לחסכון במים היא הקטנת הטנספירציה, אך הקטנה לא מבוקרת יכולה לגרום להחמרה במאזן האנרגיה ולנזקים בלתי הפיכים. קרינת השמש היא מקור האנרגיה העיקרי לאידוי מים דרך הצמח ועל כן, הקטנת שטף הקרינה שאליו נחשף הנוף עשויה להקטין את צריכת המים. הדרך הנפוצה להקטנת הקרינה ועומס החום הנובע ממנה היא השימוש ברשתות צל.

מחקרים קודמים שביצענו בעמק הירדן הראו כי בגידול בננה בבתי רשת עם רשת שקופה ניתן להפחית את מנת המים ב - 20% עד 35% מבלי לפגוע ביבול ואף להשיג שיפור באיכותו עקב הגנת הרשת. מודלים של אוופוטנספירציה הראו כי ההפחתה נובעת משילוב של הפחתת הקרינה והרוח.

המעבר לגידול בננות בבתי רשת מהווה פריצת דרך בחקלאות ישראל הן בהיבט הגידולי, והן בהפחתת תצרוכת המים. כיום כ - 65% משטחי הבננה בישראל גדלים בבתי רשת, והשטח של בתי הרשת הולך וגדל. שוק רשתות ההגנה הוא רחב ומציע רשתות שונות מיצרנים שונים בארץ ובחו"ל. הרשת הנפוצה כיום היא רשת שקופה באחוז הצללה שנע בין 10 ל - 15%. אולם, בחירת הרשת נעשית כיום לפי קריטריונים שאין להם ביסוס מחקרי נאות. לפיכך הגידול נעשה כיום בתנאים לא אופטימאליים. ניסויים בשדה ומידע מצטבר מעידים על הבדלים בהשפעת בתי רשת על בננות הנובעים ממרקם הרשת (בנוסף להשפעת שיעור ההצללה והצבע). לצפיפות הרשת, צורת החורים, עובי החוטים, ואולי גם לשבירת האור במעבר דרך החוט עשויה להיות השפעה על תנועת האוויר בבית הרשת ועל הקרינה ובשל כך גם על תגובת הצמחים לכיסוי ברשת. עד כה אין בידינו מידע מבוסס בנוגע להשפעות אלו. מאחר שיותר ויותר מטעי בננות בארץ נטעים בבתי רשת, גוברת החשיבות שבהבנת מכלול הגורמים המעורבים כדי להגיע לתועלת המרבית מבתי הרשת.

מטרת המחקר: לבחון מספר רשתות בעלות אחוז הצללה דומה אך מרקמים שונים כדי ללמוד את השפעת המרקם על מדדי מיקרואקלים, תאורה, גידול ויבול, וכדי להגדיר את הרשת האופטימאלית (מבחינת תצרוכת מים ויבול) לגידול בננה בבתי רשת בעמק הירדן.

המטרות הספציפיות של המחקר היו:

- א. בחינה של מאפייני מעבר קרינה ואוויר דרך רשתות שונות.
- ב. בחינת השפעת מרקם הרשת על המיקרואקלים במטע בננה, ועל צריכת מים מחושבת לפי מודל מיקרו מטאורולוגי.
- ג. השפעת מרקם הרשת על מאפייני יבול במטע בננה.

פירוט הניסויים והתוצאות

חלק ראשון: ניסויים בבית דגן

א. מדידות עבירות קרינה דרך הרשתות (בית דגן)

מטרות: כימות עבירות הקרינה הכללית והקרינה הישירה דרך שלוש הרשתות הנבחנו בניסוי השדה, ובניית מודל לחיזוי עבירות הקרינה עבור כל רשת.

חומרים ושיטות

שלוש הרשתות (זהות לרשתות הפרוסות בניסוי בתל קציר, ראה פירוט בהמשך) הוצבו על גג הבניין של המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה במנהל המחקר החקלאי בבית דגן. המיקום גבוה משאר המבנים באזור - גורם המצמצם את השפעת החזרי הקרינה מעצמים קרובים. כל רשת הונחה על מסגרת אופקית של 2.5 מ' על 3 מ' בגובה של 0.6 מ' מעל משטח הגג וכיסתה את המסגרת כולה. רשת צל שחורה (90%) הונחה על פני משטח הגג על מנת לצמצם את השפעת החזרי הקרינה. שתי מערכות של מדי קרינה הוצבו מעל ומתחת לרשת. כל מערכת מדדה שטפי קרינה מעלה ומטה של: (א) קרינה גלובלית (300-2500 nm), (ב) קרינה פוטוסינתטית (400-700 nm), (ג) קרינה ארוכת גלים בתחום הקרוב (692-2800 nm), (ד) קרינה מפורזת.

תוצאות עיקריות

טבלה 1 מציגה ריכוז של תוצאות ההחזרה, עבירות ובליעה של הרשתות השונות. הסימונים E-W (מזרח-מערב) ו-N-S (צפון-דרום) מציינים את כיווניות החוט העבה בהצבת הרשתות הסרוגות 10%k ו-13%k (k מציין סרוגה). ברשת הארוגה 10%w לא נמדדה הקרינה הישירה. עבור הקרינה הגלובלית ו-NIR לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הרשתות השונות; קרינת ה-NIR עוברת כמעט במלואה דרך כל הרשתות (עבירות של 92-97%), בעוד שעבירות הקרינה הגלובלית נמוכה יותר ונעה בין 75% ברשת 10%w (w מציין ארוגה) ועד 69% ברשת 13%k (N-S). לעומת זאת, הבדלים גדולים יותר בין הרשתות נמצאו עבור הקרינה הפוטוסינתטית והקרינה הישירה; העבירויות נעו בין 85% ו-70% ברשת (E-W) 10%k ועד 63% ו-57% ברשת (N-S) 13%k עבור הקרינה הפוטוסינתטית והישירה בהתאמה.

Radiation Type	net properties	10%w	10%k (E-W)	10%k (N-S)	13%k (E-W)	13%k (N-S)
Global	Reflectance	0.08	0.09	0.09	0.09	0.11
	Transmittance	0.75	0.73	0.71	0.72	0.69
	Absorptance	0.17	0.18	0.20	0.19	0.20
PAR	Reflectance	0.09	0.10	0.10	0.10	0.13
	Transmittance	0.76	0.85	0.84	0.82	0.63
	Absorptance	0.15	0.05	0.06	0.08	0.24
NIR	Reflectance	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
	Transmittance	0.97	0.96	0.95	0.97	0.92
	Absorptance	0.01	0.02	0.03	0.00	0.04
Direct	Transmittance		0.70	0.59	0.59	0.57

טבלה 1: מאפייני הקרינה (החזרה, עבירות ובליעה) של הרשתות השונות. הערכים הינם ממוצע של שלושה ימים עבור זווית זנית נמוכה מ-60°.

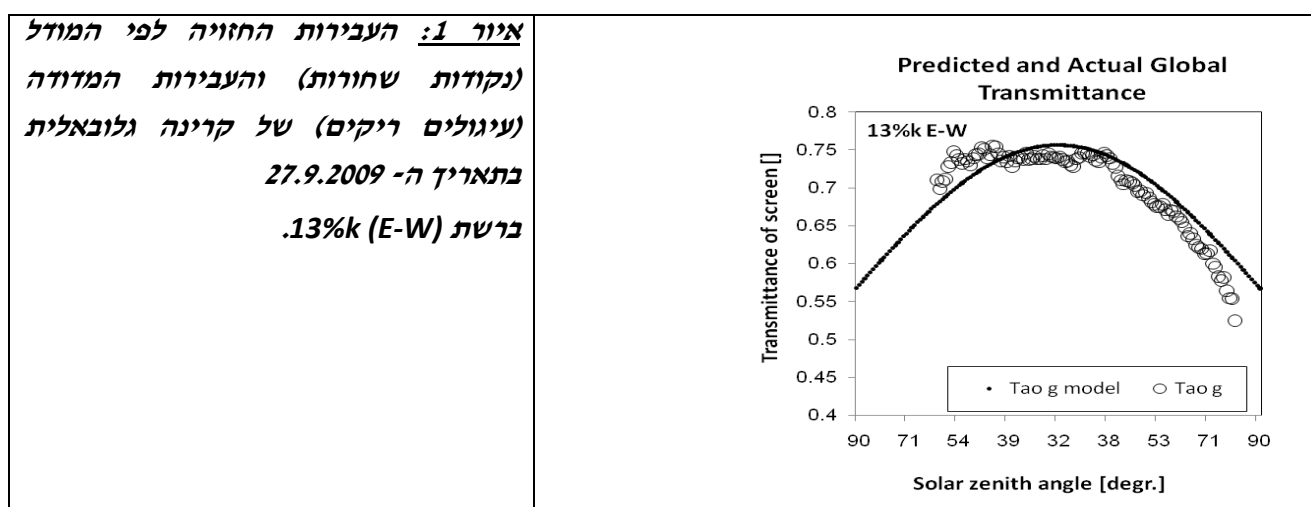
מקדמי ההחזרה, עבירות ובליעה של הרשתות השונות משתנים עם זווית הזנית (θ) של השמש. כאשר השמש בזנית, זווית הזנית שווה ל-0°. כצפוי, העבירות עלתה ככל שזווית השמש התקרבה לזנית עבור הקרינה הגלובלית והישירה גם יחד. מתוצאות הניסוי נבנה מודל אמפירי לצורך חיזוי עבירות הקרינה הגלובלית על פי זווית הזנית של השמש. המודל מתבסס על העיקרון כי היחס הכללי בין עבירות לבין זווית הזנית של השמש הוא קוסינוסואידאלי, ומשום כך בהצבת העבירות המדודה במהלך היום כנגד קוסינוס זווית הזנית מתקבלות נקודות שניתן לבטאן ברגסיה ליניארית לפי המשוואה:

$$\tau_{screen} = a \cos \theta + b \quad (1)$$

ניתוח זה בוצע עבור הרשתות השונות, כאשר נלקחו ערכים מיום מדידות אחד ללא עננות עבור זווית זנית נמוכה מ-60°. ערכי a ו-b שהתקבלו מניתוח זה מוצגים בטבלה 2.

טבלא 2: ערכי a- ו- b במשוואה 1 שנמצאו לרשתות השונות עבור זווית זנית נמוכה מ- 60° וערך המתאם (r^2) של כל משוואה.	Screen type	a	b	r^2
	10%w	0.58	0.26	0.97
	10%k (E-W)	0.48	0.40	0.88
	10%k (N-S)	0.53	0.29	0.24
	13%k (E-W)	0.57	0.21	0.92
	13%k (N-S)	0.56	0.25	0.09

זווית הזנית של השמש משתנה בהתאם למיקום האזור הנבדק (זוויות קו האורך וקו הרוחב), היום בשנה והשעה במהלך היממה. בדיקת המודל מול מדידות בשטח התבצעה בסקלה שעתית מול מהלך יומי ממוצע של העבירות המדודה בניסוי בגג (איור 1) ובסקלה עונתית מול מדידות עבירות קרינה גלובלית בתל קציר (איור 6 בהמשך).



דיון ומסקנות מפרק זה

הקרינה הפוטוסינתטית הינה המדד החשוב לצמח. עבירות הקרינה הפוטוסינתטית הגבוהה ביותר נתקבלה ברשת 10%k, בשני כיווני הצבתה, אחריה ברשת 13%k (E-W) ואח"כ ברשת 10%w. כיוון הצבת הרשתות הסרוגות (k) נמצא כמשפיע מעט על עבירות הקרינה דרך הרשת; הצבת החוטים העבים בכיוון צפון-דרום כנראה מאפשרת יותר זמן שהייה של קרני השמש על החוטים העבים ובכך מורידה את עבירות הרשת לקרינה. אפקט זה נמצא חזק יותר ברשת 13%k מאשר ברשת 10%k, כנראה עקב צמת החוטים הצפופה יותר.

ב. מדידות מפל לחץ על הרשתות השונות (בית דגן)

מטרות: מטרת הבדיקות לאפיין מפלי לחץ על רשתות צל בעלות אחוזי הצללה קרובים ומבנה רשת שונה (ארוג לעומת סרוג) כשאוויר זורם דרכן.

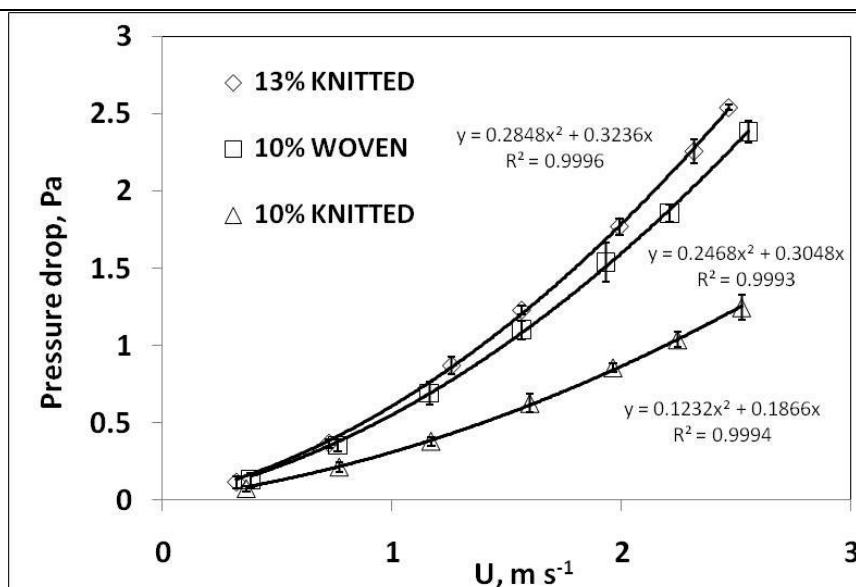
חומרים ושיטות

הרשתות שנבדקו בניסויים הן: 13% סרוג, 10% סרוג ו 10% ארוג מתוצרת פולישק (רשתות זהות לאלו שהוצבו בניסוי בתל קציר). המדידות נערכו במנהרת רוח במכון להנדסה חקלאית, בבית דגן. המנהרה היא בעלת חתך 12 X 12 סמ"ר ומהירויות האוויר היו בתחום 0 – 2.5 משנייה. כל רשת הוצבה במנהרת הרוח בניצב לזרימה ומפל הלחץ על הרשת ומהירות האוויר במנהרה נבדקו ע"י מד לחץ (Furness control, FC011, UK) וחוט להט (TSI, model 8450) בהתאמה. מד חוט הלהט הוצב במעלה הזרם לפני הרשת על מנת למנוע הפרעות זרימה כתוצאה

מהרשת. מפלי הלחץ על כל רשת נבדקו במהירויות שהיו פחות או יותר בערכים הבאים: 0.4, 0.8, 1.2, 1.7, 2.0, 2.3 ו 2.5 מ'שנייה. הנתונים ממד הלחץ וחוט הלהט נדגמו ע"י אוגר נתונים מסוג Campbell Scientific 23X בקצב של 1Hz, ונרשמו לזיכרון.

תוצאות עיקריות

איור 2 מציג את מפלי הלחץ על הרשתות שנבדקו כפונקציה של מהירות האוויר במעלה הזרם. מהאיור רואים כי לרשת 13%k סרוגה הייתה ההתנגדות הגבוהה ביותר לזרימה, כצפוי. ברשת זו יחס שטח פתוח לסה"כ שטח הרשת הוא הנמוך ביותר ולכן גם החסימה הגדולה לזרימה וכתוצאה מכך מפל הלחץ הגבוה ביותר. במהירות אוויר 2.5 מ'שנייה היה מפל הלחץ על הרשת כ 2.6 פסקל. מפלי הלחץ על רשת 10%w ארוגה היו מעט נמוכים מאלה שעל רשת 13% סרוגה, כצפוי, ובמהירות אוויר 2.5 מ'שנייה היה מפל הלחץ על הרשת כ 2.4 פסקל. מפלי הלחץ הנמוכים ביותר נמדדו על רשת 10%k סרוגה. ברשת זו היו מפלי הלחץ נמוכים משמעותית מאלה שנמדדו על רשת 10% סרוגה. במהירות אוויר 2.5 מ'שנייה היה מפל הלחץ על הרשת כ 1.25 פסקל. מכאן שרשת זו בעלת עבירות גבוהה יותר למעבר אוויר.



איור 2: מפלי לחץ על הרשתות שנמדדו כפונקציה של מהירות האוויר במעלה הזרם. קווי רגרסיה של פונקציות ממעלה שנייה הותאמו לנתונים המדודים. הערכים הגבוהים של R^2 מראים על התאמה טובה מאוד של הנקודות הניסוייות לקווים.

חלק שני: מדידות בבית הרשת בתל קציר

חומרים ושיטות

הניסוי התבצע בחלקת בננות בקיבוץ תל קציר, נטיעת אביב 2008. הבנות מהזן גרנד ניין (AAA) נטועות במרווח 4 מ' בין השורות ו- 3 מ' בין הבתים לאורך השורה, כיוון השורות צפון-דרום, 3 צמחים לבית. לבית הרשת מסגרת עמודים בגובה 5.7 מ' המוצבים במרווח 8 מ' בצפון ובדרום בינם נמתחים כבלים בכיוון צפון-דרום. לאורך מוצבים עמודים במרווח 12 מ' ועליהם כבלי רוחב צולבים. הרשת בפסים ברוחב 8 מ' שנתפרים לכבל העליון וזה לזה (צפון-דרום). בהיקף החלקה מורכבת "שמלה" אלכסונית. ה "גג" שטוח.

המגדר חולק לצורך הניסוי ל- 18 חלקות משנה (שכוסו ברשתות שונות לפי הטיפולים השונים) באורך 36 מ' (12 בתים) ורוחב 40 מ' (9 שורות) כל אחת ונתונים נלקחים מ- 3X8 הבתים הפנימיים, סה"כ 24 בתים ו- 70-60 אשכולות לחזרה (שטח גבול ניכר, המאפשר דיוק יחסי במדידת השפעת הרשתות על הצמחים). החלקות

ערוכות בשלושה מגדרים, לפי 4 טיפולים ב- 4.5 חזרות (שני טיפולים ב-4 חזרות ושניים ב-5 חזרות), בגושים באקראי. החלקה מושקית בטפטוף ומקבלת הזנה וטיפול כללי אחיד כמקובל באיזור. סוגי הרשתות שנבחנו בניסוי הן כלהלן:

טיפול סוג הרשת

- 1 ארוגה, 10%w הצללה
- *2 ארוגה, "ביאנקה" 8% הצללה
- 3 סרוגה, 13%k הצללה
- 4 סרוגה, 10%k הצללה

* לצערנו התברר במהלך הניסוי שהרשת בטיפול 2 אינה מתאימה להצהרת היצרן והיא זהה או דומה מאוד לרשת שבטיפול 1.

א. מדידות מוקדמות של קרינה בבית הרשת בתל קצינ

המדידות בוצעו בצהרי היום של 18.9.08 על הדרך שבתוך בית הרשת. זאת, כדי למזער השפעת הצמחים שהיו כבר גבוהים למדי. המדידה בשטח פתוח בוצעה מדרום לבית הרשת לפני (20:12) ואחרי (45:12) המדידות בבית הרשת. המדידות בוצעו בעזרת מד אור LiCor LI-189 עם סנסור קוונטום (400-700 נ"מ) ומד UV (Lutron UV-340, 290-390 נ"מ) על תלת-רגל בגובה של כ-150 ס"מ מהקרקע. פני הסנסור כוונו לזווית ישרה לקרני השמש (Sun oriented). בוצעו 7 נקודות מדידה בכל טיפול. היום היה בהיר (ללא עננות) אך עם קצת אובך. תכולת האור המפוזר בחוץ הייתה כ-30% מכלל האור (ב-PAR). בימים צלולים תכולת האור המפוזר היא 12-15%. זה לא היה יום טוב למדידת פיזור אור ע"י הרשתות, אך סביר למדידת % הצללה.

להלן התוצאות:

PAR

טיפול	שטף קרינת PAR מיקרומול/מ"שני	STD	% הצללה	אור מפוזר מיקרומול/מ"שני	STD	% אור מפוזר (Scat/Total)
שטח פתוח	1905.1A	9.1	-	581.4A	16.2	30.5
ארוגה 10% (א)	1317.0C	0.8	30.9	443.3D	4.4	33.7
*ארוגה 8% (ב)	1300.0D	2.0	31.8	468.9B	0.4	36.1
סרוגה 13% (ג)	1271.0E	2.0	33.3	416.6E	0.7	32.8
סרוגה 10% (ד)	1419.1B	2.5	25.5	459.7C	0.5	32.4

אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת 99.9% לפי מבחן Student-T.

UV

טיפול	שטף קרינת UV מיקרומול/מ"שני	STD	% הצללה	אור מפוזר מיקרומול/מ"שני	STD	% אור מפוזר (Scat/Total)
שטח פתוח	657.0A	1.4	-	159.3A	1.9	24.3
ארוגה 10% (א)	458.3C	4.3	30.2	130.7D	0.4	28.5
*ארוגה 8% (ב)	452.0D	1.0	31.2	140.0C	0.0	31.0
סרוגה 13% (ג)	448.8E	1.4	31.7	129.0E	0.0	28.7
סרוגה 10% (ד)	501.0B	2.0	23.7	141.0B	0.0	28.1

אותיות שונות מעידות על מובהקות ברמת 99.9% לפי מבחן Student-T. *בדיעבד התברר כי רשתות (א) ו- (ב) היו זהות או מאד דומות, שתייהן מסוג: ארוגה 10%.

מסקנות מפרק זה :

1. שתי הרשתות הארוגות והסרוגה הצפופה יותר, כולן מגיעות עם עומד אבק מרבי לאחוזי הצללה דומים (31-33% ב-PAR, 30-32% ב-UV). לעומת זאת, ההצללה של הרשת הסרוגה הדלילה (ד) נמוכה משמעותית מכל השאר.

2. ההפרש לעומת הרשת הארוגה המקבילה לה (א), היה 5.4% הצללה ב-PAR, ו-6.5% ב-UV. מכאן, שכושר ספיחת האבק נמוך יותר ברשת סרוגה לעומת ארוגה בעלת % הצללה התחלתי זהה (בהתבסס על נתוני יצרן).

ב. מדידות מיקרו-אקלים בבית הרשת בתל-קציר

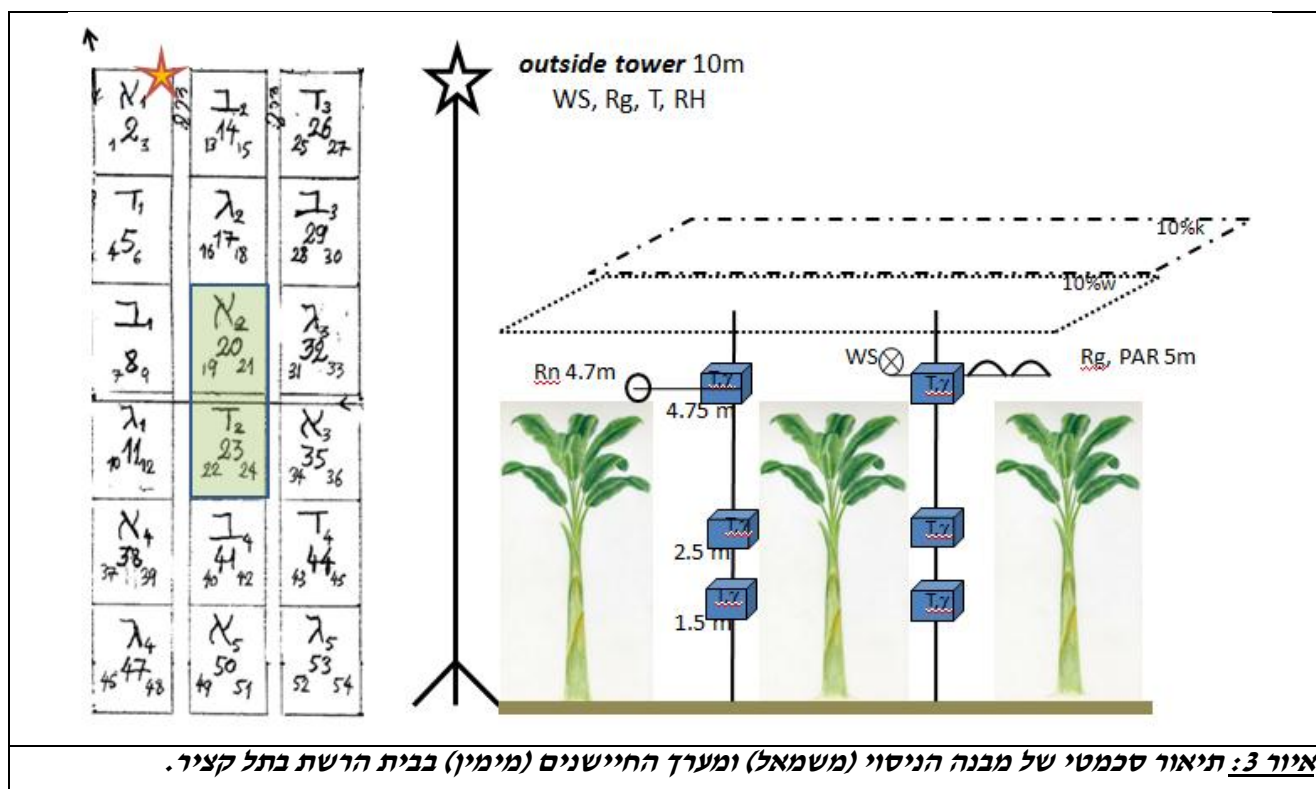
נמדדו הקרינה נטו, מהירות רוח, טמפרטורה ולחות ועבירות קרינה גלובלית תחת שתי רשתות: רשת 10% סרוגה (10%k) ורשת 10% ארוגה (10%w). נבחרו שתי רשתות אלו כי הן בעלות אותו אחוז הצללה אך מרקם שונה. נבחרו שני טיפולים במרכז בית הרשת למניעת השפעות קצה (איור 3).

פירוט החישובים למדידות מיקרו-אקלים בניסוי:

סוג מדידה	דגם	גובה [מ']	*תאריכי מדידה
**מדידות בבית רשת			
מהירות רוח	(model 010C, Met One Instruments, Inc., Wa, USA)	5	נוב'-דצמ' 10 אוג'-נוב' 11 ינו'-פבר' 12
קרינה נטו	(Q*7.1, REBS, Seattle, WA, USA)	4.7	אוק'-ינו' 11
קרינה גלובלית	(CM5, Kipp and Zonen, Delft, NL)	5	יולי 10- אוק' 11, ללא פבר' ומאי 11
קרינה בתחום הפוטוסינתזה	(Licor LI-190 Quantumsensor, Lincoln, NE, USA)	5	אוג' 10- יולי 11, ללא דצמ' 10 ומאי 11
טמפרטורה ולחות	פסיכרומטרים ייצור מעבדתי	1.5	טמפ': אוג' 10-אוק' 11, ללא ספט' 11 לחות: נוב'- דצמ' 10, אוג' 11
		2.5	
		4.75	
תחנה חיצונית			
מהירות וכיוון רוח	(model 05103, R. M. Young, USA)	10	ספט' 10- פבר' 11
טמפרטורה ולחות	(HMP 45AC, Campbell Scientific, Inc., USA)	8	ספט' 10- פבר' 11
קרינה גלובאלית	(CM5, Kipp and Zonen, Delft, NL)	8	ספט' 10- פבר' 11

* התאריכים מציינים את הזמנים בהם המדידות היו טובות, לאחר השמטת תקופות של מדידות לא אמינות עקב: בעיות באספקת חשמל, קריעה ובלאי של כבלים בשטח, הצללת מדי קרינה, גשם, התייבשות פתיל הפסיכרומטרים וכו'.

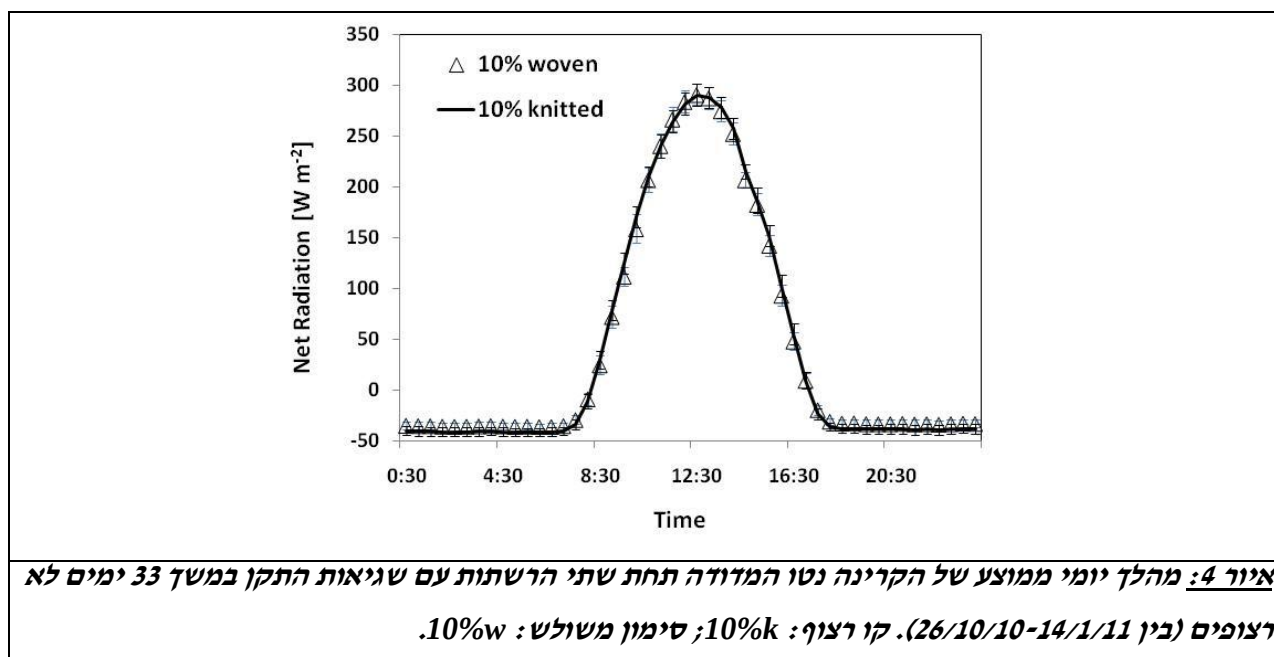
** המדידות תחת שתי הרשתות השונות התבצעו סימולטנית במכשירים מאותו סוג.

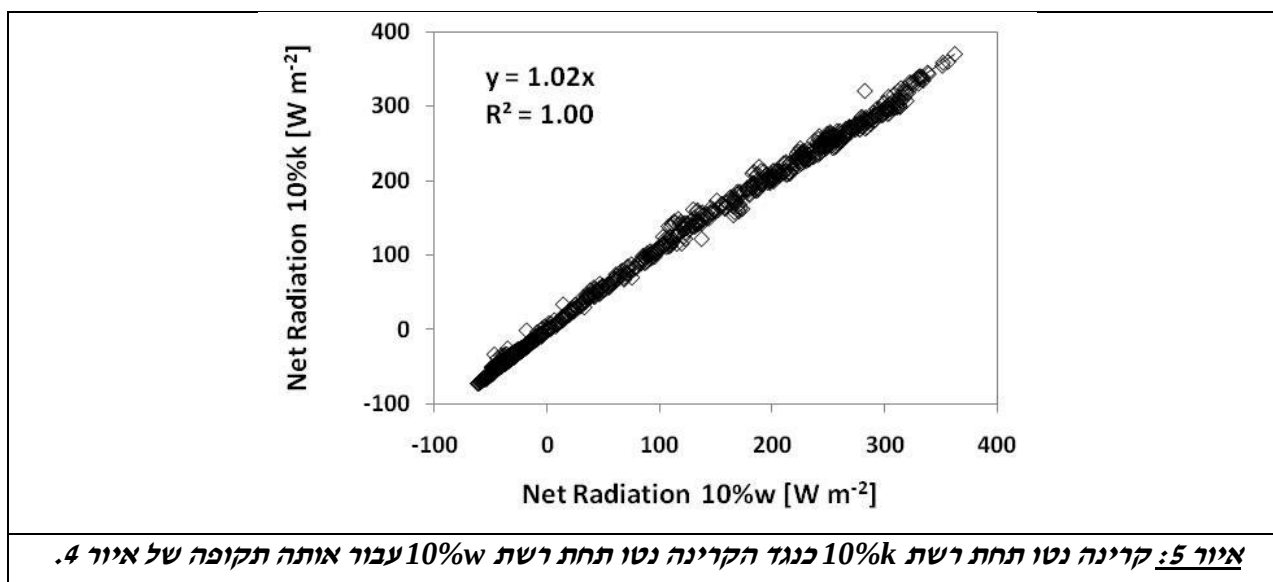


תוצאות עיקריות

קרינה נטו

איור 4 מציג מהלך יומי ממוצע של הקרינה נטו תחת שתי הרשתות במהלך 33 ימים. לא נמצא הבדל מובהק בין המדידות. איור 5 מציג את אותם הנתונים כגרף תלות בין הקרינה נטו תחת רשת 10%k לבין זו שנמדדה תחת רשת 10%w. לא נמצא הבדל משמעותי בין הערכים המדודים. תוצאות דומות התקבלו עבור תקופות שונות שנבדקו.

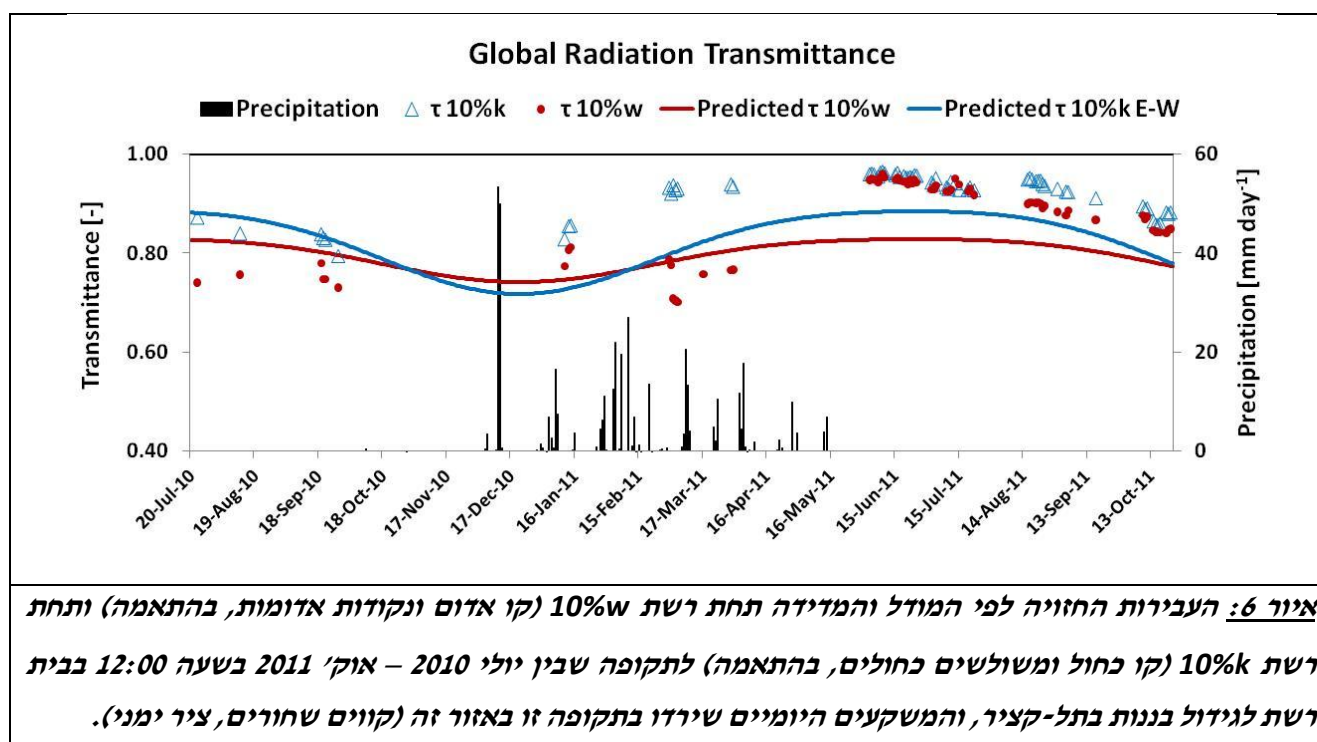




הגרסיה ליניארית בין הקרינה נטו הממוצעת במהלך היום לבין הקרינה הגלובלית החיצונית הממוצעת במהלך היום בוצעה עבור שתי הרשתות והניבה תוצאות דומות מאוד. משוואת הגרסיה עבור רשת 10%w שנתקבלה: $Rn_{10\%w} = 0.55Rg_{out} - 35.58$. משוואת הגרסיה עבור רשת 10%k שנתקבלה: $Rn_{10\%k} = 0.56Rg_{out} - 39.49$. על פי משוואות אלו חושב מודל פנמן-מונטית' לחיזוי ההתאדות תחת שתי הרשתות (ראה איור 16 בהמשך).

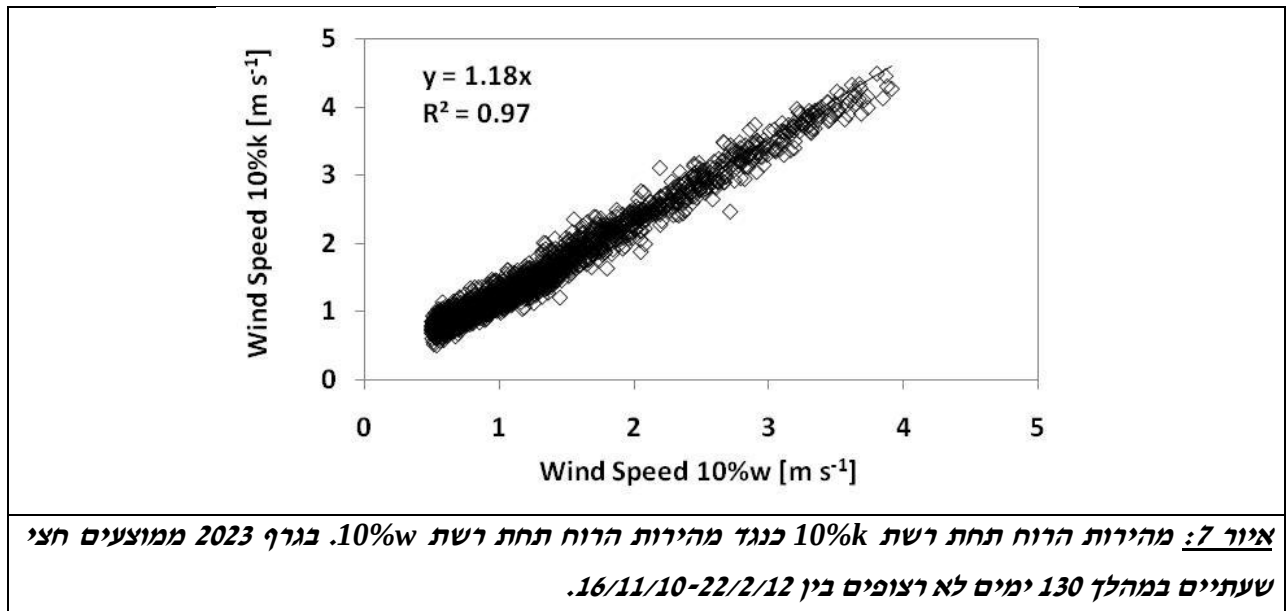
עבירות קרינה גלובלית

עבירות הקרינה הגלובלית שנמדדה בניסוי תחת שתי הרשתות מוצגת באיור 6 בסקלה עונתית יחד עם תוצאות המודל האמפירי לחיזוי עבירות הקרינה (משוואה 1) שיושם עם המקדמים המתאימים לשתי הרשתות על-פי טבלא 2. ניתן לראות עבירות נמוכה יותר דרך הרשת הארוגה ביחס לסרוגה. רק בחלק מהתקופה נמצאה התאמה טובה בין המדידות למודל.

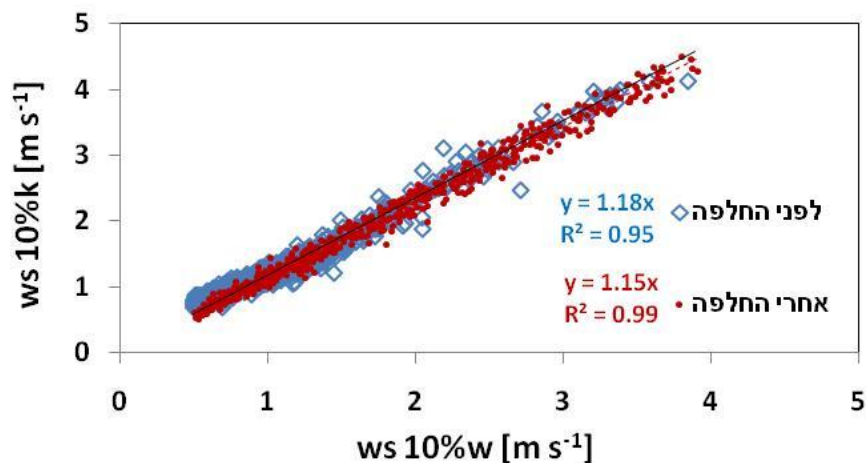


מהירות האוויר בבית הרשת

מהירות האוויר נמדדה תחת כל רשת מעל הצמחייה בגובה 5 מטר ע"י מד רוח כפות MET-ONE. איור 7 מראה את הקשר בין מהירות הרוח תחת שתי הרשתות עבור ערכים הגבוהים מ-0.5 מ/ש במשך 130 ימים. ניתן לראות כי מהירות הרוח תחת רשת 10%k גבוהה יותר בכ-18% מרשת 10%w. תוצאות דומות התקבלו עבור תקופות שונות שנבדקו. ממצא זה הוא בהתאמה להתנגדות הנמוכה יותר למעבר אוויר של הרשת הסרוגה לעומת הארוגה (איור 2), וממצאי קריעת העלים (ראה איור 17 בהמשך).

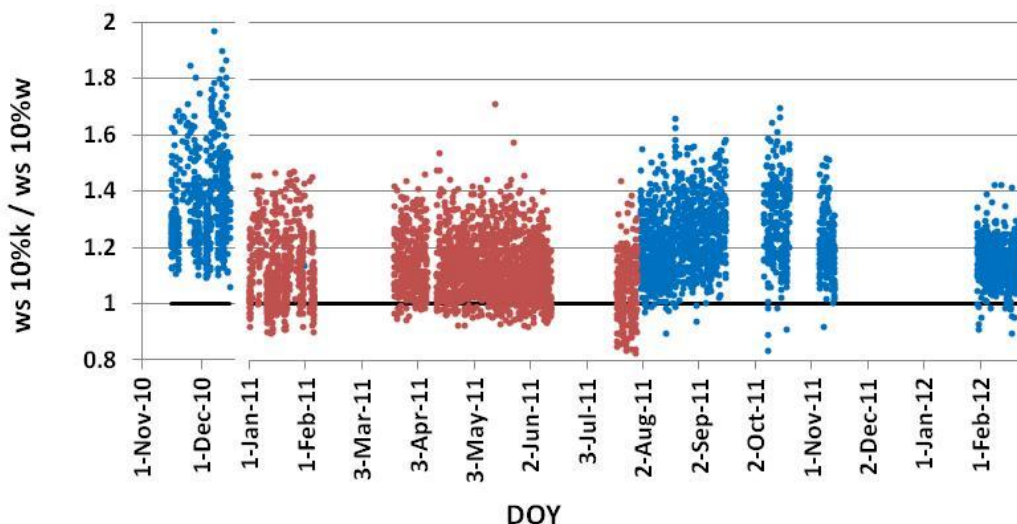


בינואר 2012 הוחלפו מדי הרוח בין הטיפולים על מנת לשלול אפשרות שהתוצאה שנתקבלה מקורה בהבדל בין המכשירים. איור 8 מציג את מהירות הרוח תחת הרשת הסרוגה (10%k) כנגד מהירות הרוח תחת הרשת הארוגה (10%w) לפני החלפת החיישנים (1/8/2011-15/11/2011, מעוינים כחולים) ואחרי ההחלפה (-23/1/2012) נקודות אדומות) עבור מהירויות רוח גבוהות מ-0.5 מ/ש. התקבל יחס דומה מאד בין מהירויות הרוח לפני ואחרי ההחלפה, ממצא התומך בהבדל במהירות הרוח בין הרשתות. בנוסף, מיד לאחר פירוק הניסוי הוצבו שני מדי הרוח על גג הבניין של המכון למדעי הקרקע, מים וסביבה, במרכז וולקני ונמצאו בהתאמה טובה מאוד האחד לשני.



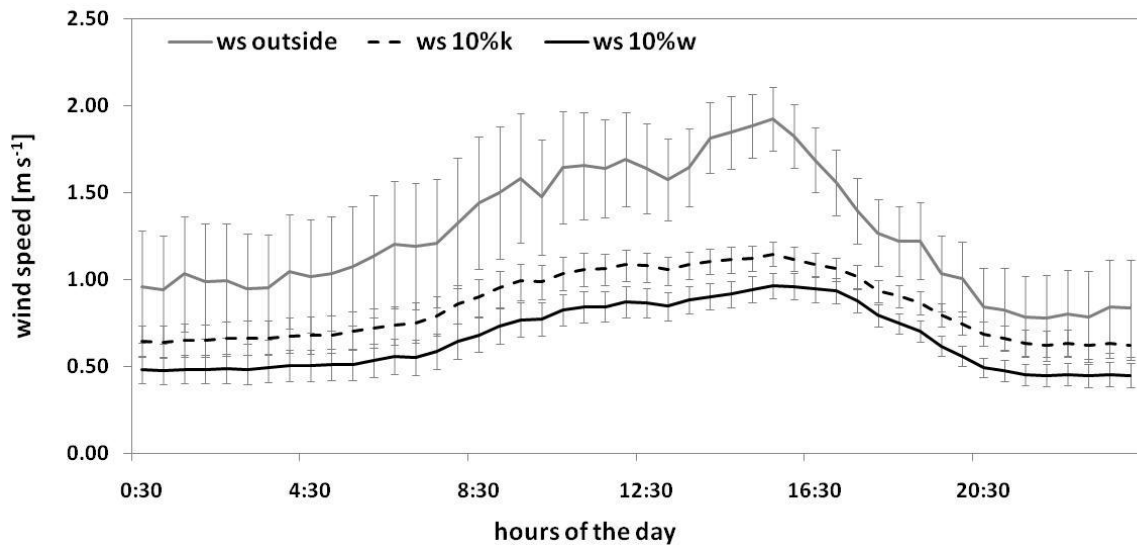
איור 8: מהירות הרוח (WS) תחת רשת 10%k כנגד מהירות הרוח תחת רשת 10%w לפני (מעוינים כחולים) ואחרי (נקודות אדומות) החלפת מדי הרוח. התקופה שלפני ההחלפה מיוצגת על ידי 1423 ממוצעים חצי שעתיים במהלך 100 ימים לא רצופים בין 1/8/11-15/11/11. התקופה שאחרי ההחלפה מיוצגת על ידי 670 ממוצעים חצי שעתיים במהלך 23 ימים רצופים בין 23/1/12-22/2/12. הנתונים הינם עבור מהירות רוח גבוהה מ- 0.5 מ/ש.

היחס בין מהירויות הרוח תחת שתי הרשתות מוצג באיור 9 ומראה בברור כי הרשת הסרוגה העבירה יותר רוח מהרשת הארוגה. התקופה המוצגת באיור 7 מיוצגת באיור 9 בנקודות כחולות, ואילו הנקודות האדומות מייצגות יחס זה לתקופה בה מד הרוח תחת הרשת הארוגה היה מוצב 60 ס"מ גבוה יותר (5.6 מ') מזה תחת הרשת הסרוגה (ינואר - אוג' 2011). התוצאות ממחישות כי למרות שהיה מוצב נמוך יותר (ולכן צפויה מהירות רוח נמוכה יותר) החיישן תחת הרשת הסרוגה מדד מהירות רוח גבוהה יותר מהחיישן שתחת הרשת הארוגה. יחס מהירויות הרוח ($WS_{k/w}$) הממוצע היה גבוה יותר בחודשים אוק'-דצמבר וקטן במהלך ינואר-יוני. לאורך התקופה של 130 ימי מדידה (בכחול), היחס הממוצע היה: 1.24 ± 0.14 עבור מהירויות רוח גבוהות מ- 0.5 מ/ש.



איור 9: מהלך תקופתי (16/11/10-22/2/12) של היחס החצי שעתי בין מהירות הרוח תחת רשת 10%k לבין 10%w. הנקודות הכחולות מייצגות את היחס ממדידות שהתבצעו בגובה זהה (5 מ'). נקודות אדומות מייצגות את היחס ממדידות שהתבצעו עם הפרש גבהים בין החיישנים (5 מ' - רשת הסרוגה, 5.6 מ' - רשת הארוגה).

מהלך יומי ממוצע של מהירות הרוח החיצונית וזו שנמדדה תחת שתי הרשתות מוצג באיור 10. רואים בברור את הפחתת הרוח החיצונית ע"י שתי הרשתות, ואת ההבדל בין שתי הרשתות.

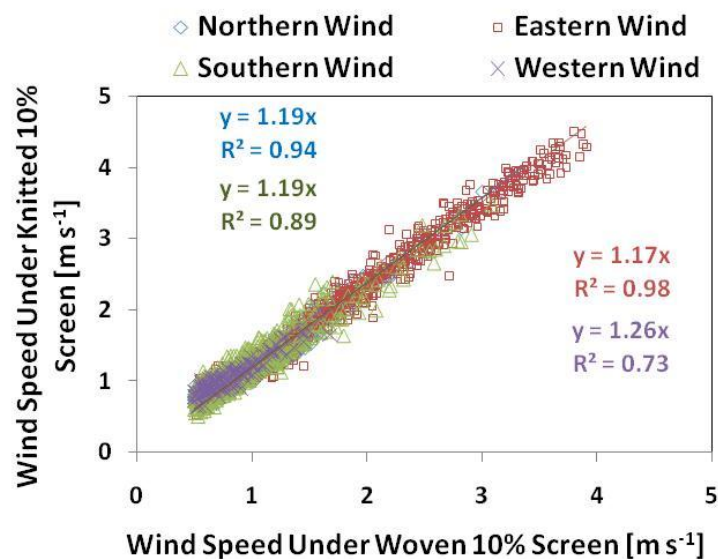


איור 10: מהלך יומי ממוצע של מהירות הרוח החיצונית (קו אפור), מהירות הרוח תחת רשת 10%k (קו מקווקו) ומהירות הרוח תחת רשת 10%w (קו שחור) עם קווי שגיאת התקן במהלך 260 ימים בין 15/11/10-22/2/12.

הערכים הממוצעים וסטיות התקן של עבירות מהירות הרוח החיצונית דרך שתי הרשתות מסוכמים בטבלא 3. הערכים הינם ממוצעים של 2693 ערכים חצי שעתיים של מהירויות רוח גבוהות מ- 0.5 מ/ש למשך 260 ימים לא רצופים בהם מדי הרוח היו בגובה זהה. הרשת הסרוגה בעלת עבירות לרוח טובה יותר בכ- $24\% \pm 14\%$ מאשר הרשת הארוגה. הרשת הסרוגה מפחיתה את מהירות הרוח החיצונית ב- $35\% \pm 30\%$, ואילו הרשת הארוגה מפחיתה את הרוח החיצונית ב- $47\% \pm 24\%$.

טבלא 3: היחס הממוצע בין מהירות הרוח תחת שתי הרשתות – סרוגה כנגד ארוגה וסטיית התקן, והיחסים הממוצעים בין מהירות הרוח תחת כל רשת לבין מהירות הרוח החיצונית וסטיות התקן.	Avg ratio		Avg stdev
	ws_k / ws_w	1.24	
	ws_k / ws_{out}	0.65	
	ws_w / ws_{out}	0.53	

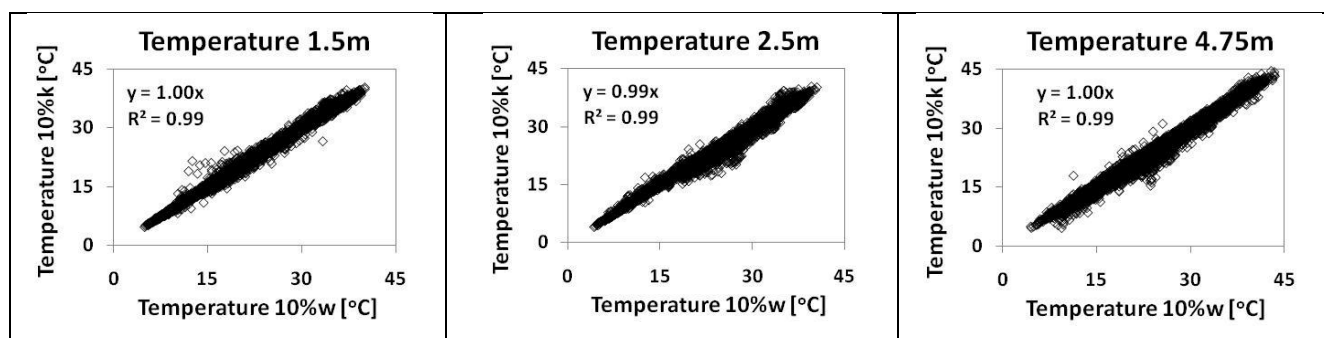
בדיקה נוספת של אמינות תוצאות מדידת מהירות הרוח כללה ניתוח של מהירות הרוח תחת הרשת הסרוגה כנגד מהירות הרוח תחת הרשת הארוגה (עבור מהירויות רוח גבוהות מ- 0.5 מ/ש) עבור ארבעה כיווני אוויר שונים; רוח צפונית- בין 315° - 44° , רוח מזרחית- בין 45° - 134° , רוח דרומית- בין 135° - 224° ורוח מערבית- בין 225° - 314° . תוצאות ניתוח זה מוצגות באיור 11. היחסים הדומים שנתקבלו בין מהירויות הרוח תחת שתי הרשתות בכל ארבעת כיווני האוויר מחזקים את ההשערה כי היחסים שנתקבלו בין הרשתות מקורם במרקם הרשת השונה ולא כתוצאה של הפרעה מקומית (לדוגמה, עקב עלים) במהירות הרוח תחת אחת הרשתות.



איור 11: מהירות הרוח תחת הרשת הסרוגה (10%k) כנגד מהירות הרוח תחת הרשת הארוגה (10%w) בארבעה כיווני רוח שונים: רוח צפונית (מעוין כחול), דרומית (משולש ירוק), מזרחית (מרובע אדום) ומערבית (איקס סגול) עבור מהירויות רוח גבוהות מ- 0.5 מ/ש במשך 260 ימים לא רצופים בין נוב' 2010 לפברואר 2012.

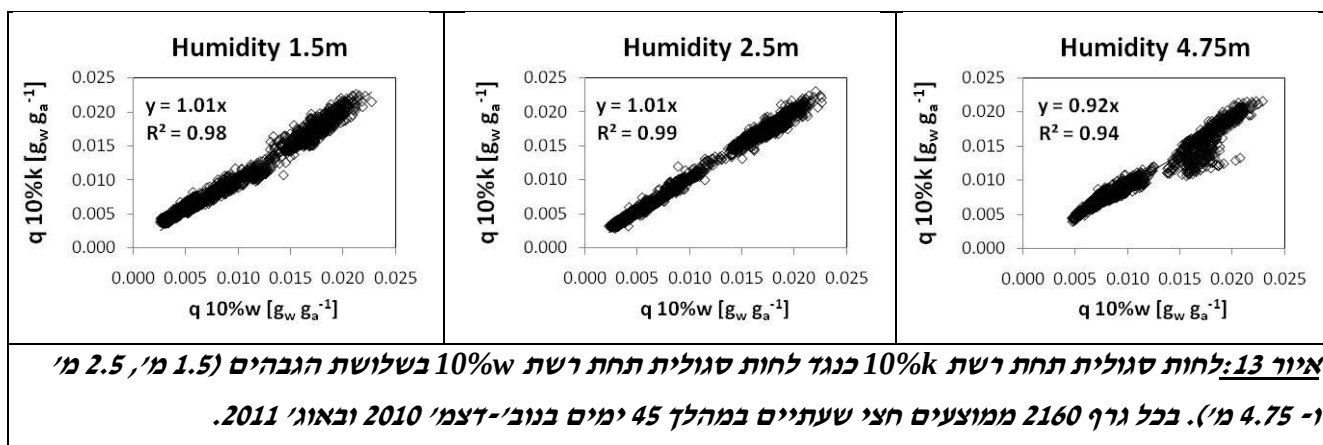
טמפרטורה ולחות אוויר

הטמפרטורה והלחות נמדדו בעזרת פסיכרומטרים מאווררים: תחת כל רשת הוצבו 3 פסיכרומטרים בגבהים של 1.5 מ', 2.5 מ' ומעל הנוף ב- 4.75 מ', בשתי חזרות במרחק 12 מ'. סה"כ 12 פסיכרומטרים. בכל רשת חושב ממוצע עבור כל גובה בין שתי החזרות. איור 12 מראה את טמפרטורת האוויר בשלושת הגבהים שנמדדו במהלך 291 ימי מדידה. בכל הגבהים לא נמצא הבדל משמעותי בטמפרטורות בין שתי הרשתות. תוצאות דומות התקבלו עבור תקופות נוספות שנבדקו.

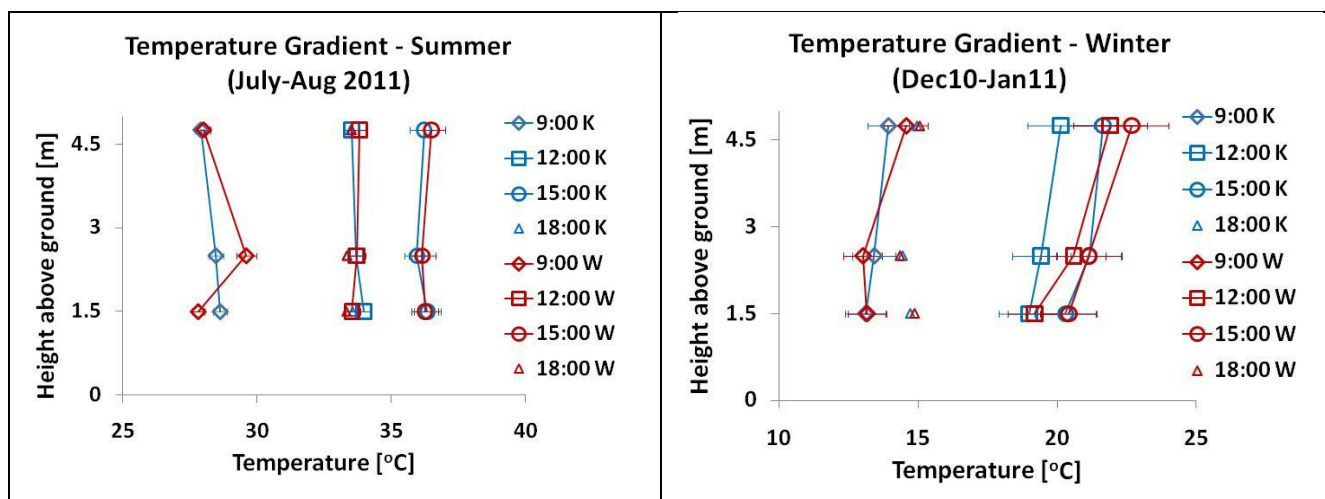


איור 12: טמפרטורת אוויר תחת רשת 10%k כנגד הטמפרטורה תחת רשת 10%w בשלושת הגבהים (1.5 מ', 2.5 מ' ו- 4.75 מ'). בכל גוף 13968 ממוצעים חצי שעתיים במהלך 291 ימים בין 23/8/10-24/10/11.

איור 13 מראה את הלחות הסגולית של האוויר בשלושת הגבהים שנמדדו במהלך 45 ימי מדידה בחורף (נוב'-דצמ' 2010) ובקיץ (אוג' 2011). בגובה 1.5 מ' ו- 2.5 מ' (בתוך הנוף) לא נמצא הבדל משמעותי בלחות בין שתי הרשתות. לעומת זאת בגובה 4.75 מ', קיים הבדל והלחות תחת הרשת הסרוגה נמצאה נמוכה יותר בכ- 8% מהלחות תחת הרשת הארוגה.

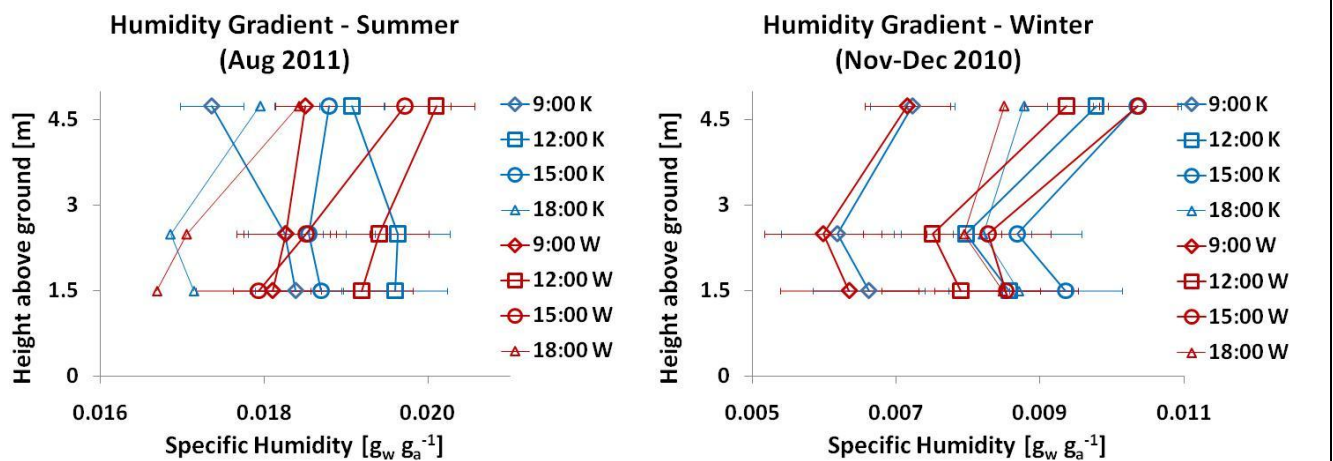


איור 14 מציג גרדיאנטים אנכיים של טמפרטורה תחת שתי הרשתות שנבדקו. הגרף מראה שבקיץ הטמפרטורה הייתה כמעט אחידה עם הגובה ולא היה הבדל מובהק בין הרשתות. לעומת זאת בחורף נצפתה מגמה לא מובהקת של עליית הטמפרטורה עם הגובה. יתר על כן, בחורף בשעות הצהריים (12:00 ו-15:00), הגרדיאנט היה גדול יותר תחת הרשת הארוגה לעומת הסרוגה. ממצא זה תואם את הממצא הקודם שתחת הרשת הארוגה הייתה רוח חלשה יותר לעומת הרשת הסרוגה, ולכן ערבוב חלש יותר של האוויר, מה שאיפשר את היווצרות גרדיאנט הטמפרטורה.



איור 14: גרדיאנטים אנכיים של טמפרטורה בקיץ (גרף שמאלי ובחורף (גרף ימני) תחת הרשת הסרוגה (סימונים כחולים) והארוגה (סימונים אדומים) בשעות שונות של היום. הערכים הם ממוצעים חצי שעתיים של 48 ימים בקיץ (1/7/11-31/8/11) ו-39 ימים בחורף (1/12/10-31/1/11).

איור 15 מציג גרדיאנטים אנכיים של לחות סגולית תחת שתי הרשתות. בקיץ נצפה הבדל מובהק בלחות בין הרשתות בשעות 9:00 ו-12:00 בגובה של 4.75 מ', כאשר הלחות תחת הרשת הסרוגה הייתה נמוכה מזו תחת הרשת הארוגה, שוב כנראה בגלל אוורור יותר טוב תחת הרשת הסרוגה. בין הגבהים השונים לא נמצא הבדל מובהק בלחות. לעומת זאת, בחורף לא נצפה הבדל מובהק בלחות בין הרשתות בכל הגבהים, אך הלחות נמצאה גבוהה יותר מעל הצמחים בגובה 4.75 מ' מאשר בגבהים הנמוכים יותר, בעיקר ברשת הארוגה.



איור 15: גרדיאנטים של לחות סגולית בקיץ (גרף שמאלי) ובחורף (גרף ימני) בשלושת הגבהים שנמדדו (1.5 מ', 2.5 מ' ו- 4.75 מ') תחת הרשת הסרוגה (סימונים כחולים) והארוגה (סימונים אדומים) בשעות שונות של היום. הערכים הם ממוצעים חצי שעתיים של 19 ימים בקיץ (2/8/11-20/8/11) ו- 26 ימים בחורף (-18/11/10-15/12/10).

מודל מיקרומטאורולוגי להערכת האופוטורנספירציה תחת הרשתות

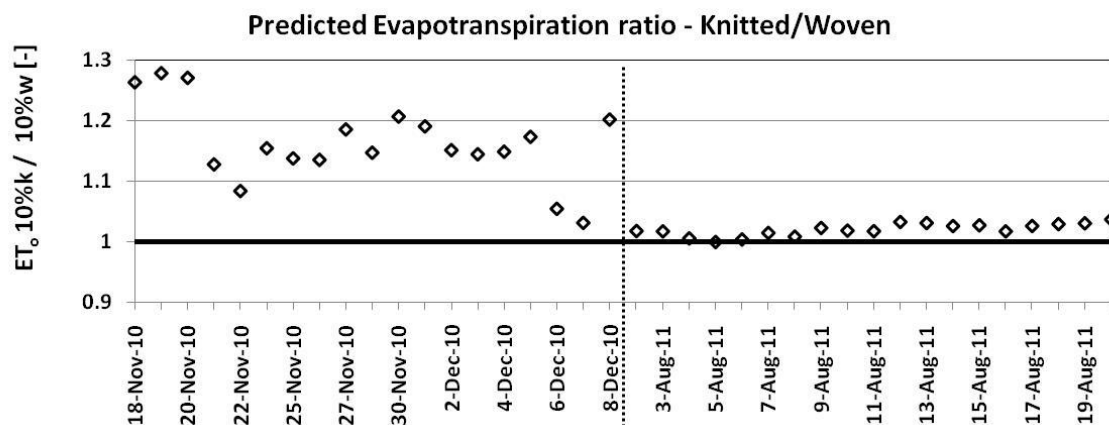
כדי לקבל הערכה להשפעה של ההבדלים במיקרואקלים שהוצגו לעיל על האופוטורנספירציה תחת הרשתות השונות הופעל מודל הייחוס ET_0 – משוואת פנמן-מונטג' המותאמת לגידול דשא היפותטי בעל פרמטרים קבועים. למודל זה שימוש נרחב בחקלאות ככלי לחיזוי התאדות פוטנציאלית עם הכפלתו במקדמי גידול המתאימים לגידול ספציפי בשלבי גידול שונים. בעבודה זו לא הוכפל המודל במקדם גידול ובכך משקף המודל הדרישה למים של האטמוספירה בלבד.

משוואת המודל היא :

$$LE = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{\rho_a C_p (e_s - e)}{208}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{70}{208} \frac{u_{2m}}{u_{2m}} \right)}$$

כאשר LE – אופוטורנספירציה $[J s^{-1} m^{-2}]$, Δ – שיפוע עקומת לחץ האדים $[kPa \text{ } ^\circ C^{-1}]$, R_n – קרינה נטו $[J s^{-1} m^{-2}]$, G – שטף חום לקרקע $[J s^{-1} m^{-2}]$, ρ_a – צפיפות האוויר $[Kg m^{-3}]$, C_p – חום סגולי של האוויר $[J Kg^{-1} \text{ } ^\circ K^{-1}]$, e_s – לחץ אדים ברוויה $[kPa]$, e_a – לחץ אדים $[kPa]$, γ – קבוע פסיכרומטרי $[kPa \text{ } ^\circ K^{-1}]$, u_{2m} – מהירות הרוח בגובה 2 מ' $[m s^{-1}]$.

מכיוון שאנו מעוניינים לבחון את ההבדל הפוטנציאלי בהתאדות בין שתי הרשתות השונות, שמקורו בהבדלים במיקרואקלים, ולא את הערכים המוחלטים של האופוטורנספירציה, התייחסנו בעבודה זו ליחס בין האופוטורנספירציה תחת שתי הרשתות שחושב על פי מודל זה. באיור 16 מוצג היחס בין ההתאדות החזויה תחת הרשת הסרוגה לבין ההתאדות החזויה תחת הרשת הארוגה למשך 19 ימים בחורף (18/11/2010-8/12/2010) ובקיץ (2/8/2011-20/8/2011).



איור 16: מהלך תקופתי (19 ימים בחורף ו- 19 ימים בקיץ) של היחס בין ההתאדות היומית החזויה לפי מודל פנמן-מונטית' תחת הרשת הסרוגה (10%k) לבין זו תחת הרשת הארוגה (10%w). הקו המקווקו מדגיש את ההפרדה בין תקופת החורף לקיץ.

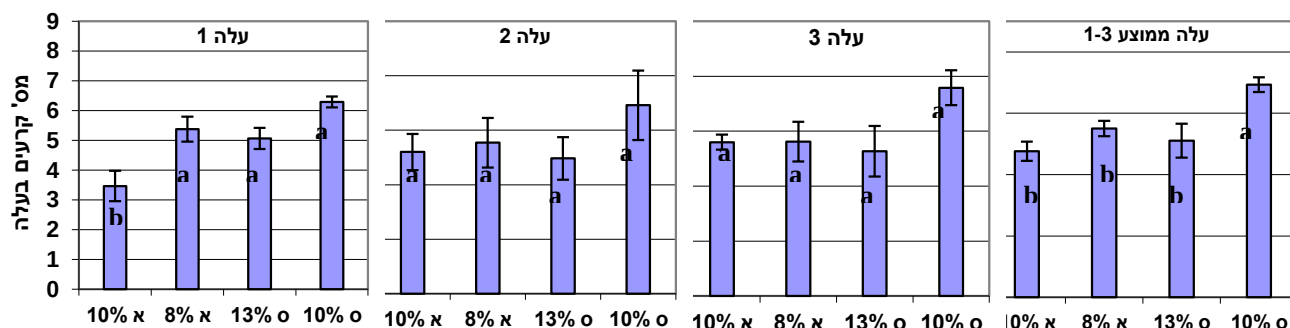
ניתן לראות באיור 16 כי בתקופת הסתיו-חורף המוצגת, האופוטורנספירציה תחת הרשת הסרוגה גבוהה ב- $16\% \pm 7\%$ בממוצע בהשוואה לזו תחת הרשת הארוגה. לעומת זאת, בתקופת הקיץ המוצגת יחס זה יורד ל- $2\% \pm 1\%$ בלבד. ממצאים אלו מתאימים לתוצאות הרוח, הקרינה והלחות, שכן בנוב'-דצמ' נמצא אזור טוב יותר ולחות נמוכה יותר תחת הרשת הסרוגה מאשר תחת הרשת הארוגה, לעומת חודש אוגוסט. בחודש אוג' יחסי הנתונים האקלימיים בין הרשתות מצטמצמים, ולכן גם יחסי ההתאדות קטנים יותר. מכאן נראה כי תחת הרשת הארוגה ניתן לקבל הפחתה של עד כ- 16% בצריכת המים ביחס לרשת הסרוגה, בעיקר בסתיו-חורף.

ההיבט ההורטיקולטורי

התוצאות החקלאיות בחלקה, בסיכום 4 שנות יבול, הן משביעות רצון: פריחה סביב 20 לאוגוסט, עד 225 עד 235 פרחים לדונם, משקל אשכול כ-27 ק"ג (בקטיפים העיקריים כ- 29 ק"ג) ויבול העולה על 6 טון לדונם (טבלה 4). השנתיים הראשונות היו פחות טובות, אולם בדיקות עלים וקרעק הביאו לתיקונים במשטר ההשקיה והדישון ובעקבותיהם שיפור ניכר בתוצאות ההורטיקולטוריות ביבול השלישי והרביעי. הפריחה ביבול השלישי התרחשה במועדים רצויים (ממוצע פריחה בחלק השני של חודש יולי 2010), מספר הפרחים לדונם היה כראוי לבית רשת (כ- 220 לדונם) והגובה והיקף הגזעול תקינים (כ- 295 ס"מ ו- 65 ס"מ בהתאמה). מספר הכפות באשכולות (כ- 12 כפות) מבטיח משקל אשכול סביר. ואמנם בקטיפ נרשם משקל אשכול של 33.3-34.4 ק"ג (בממוצע לטיפולים השונים) ויבול בפועל לדונם 6700 עד 7300 ק"ג; ערכים בהחלט ראויים. משקל האצבעות בקטיפ היה כ- 180 גרם וארכן מעל 22 ס"מ, פרי באיכות טובה מאוד.

עם זאת, באף אחד מהמדדים ההורטיקולטוריים הנזכרים לעיל לא נרשם הבדל בין הטיפולים. המדד היחיד בו נרשמה השפעה למרקם הרשתות היה שיעור קריעת העלים (איור 17). ברשת הסרוגה, באחוז הצללה של 10%, נרשם מספר קרעים גבוה באופן מובהק בהשוואה לאחרות: 6.9 קרעים לעלה בשלושת העלים העליונים בממוצע, לעומת 4.8 עד 5.5 קרעים ברשתות האחרות; ההפרש מובהק מאוד ($P=0.0114$). ההסבר הוא שרשת סרוגה 10% מעניקה פחות הגנה מהרוח בהשוואה לרשתות האחרות; אך ההפרש לא הספיק כדי להביא להבדלים הורטיקולטוריים (בתנאי הניסוי). יש להדגיש שההפרש הנ"ל במספר הקרעים בעלים העליונים חזר על עצמו ב-3 שנות המחקר ובשתיים מ-3 השנים היה מובהק מאוד.

איור 17: שיעור קריעת עלים -נבדק בעלים 1, 2 ו- 3 מלמעלה ב- 24/6/10. נספרו הקרעים ב-3 העלים העליונים ב- 10 צמחים בכל חזרה בכל טיפול, בצמחים שהיו בשלב פריחה מלאה (האשכול נפתח במלואו). הנתונים המוצגים כאן הם ממוצעי 4-5 החזרות. בוצעו ניתוח שונות ומבחן תחום. טיפולים שיש להם אות משותפת אינם נבדלים באופו מובהק זה מזה. א = ארוגה ס = סרוגה.



טבלה 4: השפעת מרקם הרשת על מהלך הפריחה והיבול בחלקת הניסוי בתל קציר בממוצע ל- 4 שנות יבול (שנים 2008/9 עד 2011/12)

טיפול					מובהקות
א ארוגה 10%	ב ארוגה 8%	ג סרוגה 13%	ד סרוגה 10%		
פריחה וקטיף (ממוצע 4 שנים)					
22/8	20/8	18/8	22/8	ל.מ.	תאריך פריחה ממוצע
230	229	225	237	ל.מ.	מספר פרחים לדונם
27.2	27.2	26.9	26.9	ל.מ.	משקל אשכול, כל הקטיפים, ק"ג
6213	6204	6005	6352	ל.מ.	יבול מחושב, קג"ד לשנה
5644	5609	5499	5756	ל.מ.	יבול בפועל, קג"ד לשנה
29.1	29.0	29.3	29.1	ל.מ.	משקל אשכול קטיפים עיקריים
1/2	29/1	28/1	31/1	ל.מ.	תאריך קטיף
205	203	201	211	ל.מ.	מס' אשכולות משווקים לדונם
אצבע מייצגת (ממוצע 4 שנים)					
155	156	155	154	ל.מ.	משקל אצבע מכף 3, גר'
21.2	21.0	21.0	21.1	ל.מ.	אורך חיצוני, ס"מ
11.9	11.9	11.9	11.9	ל.מ.	היקף, ס"מ

דיון מסכם

מהתוצאות הנ"ל נראה כי מרקם הרשת (סרוגה מול ארוגה) השפיע על מהירות תנועת האוויר ועל לחות האוויר. לא התקבלו הבדלים בין הטמפרטורה והקרינה נטו תחת שתי הרשתות שנבחנו. ההבדלים שנצפו באו לביטוי בשיעור קריעת העלים אך לא נמצאו הבדלים משמעותיים בפרמטרים של הגידול וההנבה. שינויי המיקרואקלים עשויים להביא להפחתה של עד 16% בתצרוכת המים תחת הרשת הארוגה בהשוואה לרשת הסרוגה, בעיקר בסתיו. נראה שכדי לקבל השפעות ברורות יותר על המטע יש להרחיב את טווח הטיפולים.

הבעת תודה: תודה למורן פירקנר שביצעה את מדידות המיקרואקלים בבית הרשת בתל קציר ועיבדה את הנתונים. תודתנו לחברות "פולישק" ו"מטאור" על אספקת הרשתות. תודה לפסח יוסף ולצוות ענף הבננות בקיבוץ תל קציר על הנכונות ושיתוף הפעולה. תודה לג'ורג' חודי, לאבנר גולן ולעידן אלינגולד על ביצוע המעקב ההורטיקולטורי.

אופטימיזציה של כיסוי מטע בננות ברשת:

השפעת מרקם הרשת על תצרוכת המים, המיקרואקלים, הגידול וההנבה

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה

תוכנית העבודה תאמה את מטרת המחקר ובוצעו המדידות המתוכננות. בוצעו מדידות מיקרואקלים מקיפות בבית הרשת בתל קציר ונערך אפיון של היבולים. מסיבות שמוסברות בהמשך לא בוצעה מדידת זרימת המים בגזעול (ראה סעיף 4 למטה). אולם, הופעל המודל המיקרומטאורולוגי לקבלת הערכה של תצרוכת המים על סמך מדידות המיקרואקלים. מודל זה נמצא בעבר בהתאמה טובה עם מדידות ישירות של אוופוטנספירציה בבתי רשת של בננה ולכן מספק את דרישות המחקר.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח

מדידות מיקרואקלים (טמפרטורה, לחות, מהירות רוח, קרינה נטו) בוצעו בבית הרשת בתל קציר תחת שתי רשתות בעלות 10% צל: סרוגה וארוגה. תחת הרשת הסרוגה מהירות הרוח הייתה גבוהה בכ - 18%, והלחות מעל הצמחים הייתה נמוכה בכ - 8% ביחס לרשת הארוגה. לא נמצא הבדל בטמפרטורת האוויר ובקרינה נטו בין הרשתות. מודלים של אוופוטנספירציה הראו אפשרות של הפחתה של עד כ - 16% בצריכת המים תחת הרשת הארוגה ביחס לסרוגה בסתיו. ההפחתה נובעת עקב הפחתת מהירות הרוח וגרעון לחץ האדים. במדידות קריעת עלים בבית הרשת בתל קציר נמצא שתחת רשת סרוגה 10% היה באופן מובהק, מספר גבוה יותר של קריעות עלים בהשוואה לרשת הארוגה, בהתאמה עם ההבדל במהירות הרוח. לא נמצאה השפעה מובהקת של טיפולי הרשת על מאפייני היבול.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

נמצא בכל המדידות, כי רשת סרוגה 10% היא בעלת עבירות גבוהה יותר לרוח בהשוואה לרשת הארוגה עם אותו אחוז הצללה. מסיבה זו, תחת הרשת הסרוגה ומעל לצמחים נמצאה לחות אוויר נמוכה יותר. ייתכן והצטברות האבק בקיץ מגדילה את הפער בעבירות הרשתות. לא נמצאה השפעה מובהקת של טיפול הרשת על מאפייני היבול וכן על הטמפרטורה והקרינה נטו במטע. ההפחתה הקטנה האפשרית בצריכת המים תחת הרשת הארוגה והממצא המצביע על יבול אחיד בכל הטיפולים מעלים אפשרות של הגדלת יעילות השימוש במים תחת הרשת הארוגה. משיקולים אלה מומלץ להשתמש ברשת זו בהשוואה לרשת הסרוגה. במחקר עתידי (מתוכננת הגשת הצעה נפרדת) אנו מתכננים לבחון רשתות בטווח הצללה רחב יותר, בין 5% ל - 20%, שעשויות לתת הבדלים מובהקים יותר במדדי הגידול.

4. הבעיות שונתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה

בשנים השנייה והשלישית נערכו מדידות מקיפות של מיקרואקלים שמאפשרות הפעלת מודל להערכת האוופוטנספירציה של המטע. שיטה זו הועדפה על פני המדידה הישירה בשיטת דיסיפציית החום (גראנייה). הסיבה היא שעקב ההבדלים הקטנים במיקרואקלים ומכאן, ההבדלים הקטנים הצפויים באוופוטנספירציה, הערכנו כי עקב שונות בין הצמחים שיטת גראנייה לא תצליח להבחין בהבדל כלשהו בצריכת המים. לעומת זאת, המודלים המיקרו-מטאורולוגיים מושפעים ישירות ממשתני המיקרואקלים ולכן מאפשרים לנו לקבל הערכה על ההבדלים הצפויים בתצרוכת המים, גם אם הם קטנים יחסית.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח? חלק מהתוצאות הוצג בכנס CIPA – פלסטיקה בחקלאות, תל אביב, מאי 2012.

6. פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט).