

**שם ההצעה:** פיתוח פרוטוקול להגברת ההנבה החורפית של עגבניות צ'רי באמצעות שליטה

על טמפרטורות יום בבתי צמיחה ברמת נגב.

דו"ח לתוכנית מחקר מס' **884-0236-15**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

שבתאי כהן מו"פ רמת נגב .. [sab@inter.net.il](mailto:sab@inter.net.il)

מיכל עמיחי מו"פ רמת נגב - [ma3@netvision.net.il](mailto:ma3@netvision.net.il)

רמי גולן מו"פ רמת נגב. [gram@netvision.net.il](mailto:gram@netvision.net.il)

שלי גנץ שה"מ משרד החקלאות - [shegan@shaham.moag.gov.il](mailto:shegan@shaham.moag.gov.il)

חגי יסעור מרכז גילת מנהל המחקר החקלאי - [hagai@volcani.agri.gov.il](mailto:hagai@volcani.agri.gov.il)

שבתאי כהן המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מרכז וולקני -

[ywshep@volcani.agri.gov.il](mailto:ywshep@volcani.agri.gov.il)

נובמבר 2016

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים : לא

חתימת החוקר-----

## תקציר

**הצגת הבעיה-** בתקופת החורף יש ירידה משמעותית ברמת ההנבה ובקצב ההנבה בעגבניות צרי, הנובעת בעיקר מירידה בטמפרטורה. **מטרת התוכנית-** שיפור ההנבה בעונת החורף בעגבניות צ'רי רמת נגב, לקבלת יבול אחיד יותר ברמת ההנבה החודשית לאורך תקופת ההנבה, שיפור היבול ליחידת שטח ע"י שימוש בוילונות המבוקרים המאפשרים העלאת טמפרטורת החממה בשעות היום. **שיטות-** נשתלו 2 מבנים זהים בעגבניות צרי (1335) של חברת ה"זרע" בתאריך 1/8/15. מבנה אחד ביקורת פסיבית, מבנה שני בקרה והעלאה של טמפרטורת היום ע"י שליטה בטמפרטורת היום. **תוצאות-** בעונה זו התבצע הניסוי בשני מבנים זהים לחלוטין, הן מבחינת תנאי הקרקע והן מבחינת גודל המבנה ומיקומו, כאשר ההבדל היחיד ביניהם, הינו בממשק סגירת הוילונות. עונת גידול 2015-2016 אופיינה בסתיו חם במיוחד כאשר ירידת הטמפ' המשמעותית במהלך שעות היום החלה רק לקראת סוף חודש נובמבר-תחילת חודש דצמבר. כך שלמעשה ההבדל בין שני המבנים וסגירת הוילונות במהלך שעות היום, החלה רק בתחילת חודש דצמבר. על כן בעונה זו, לא היה פרק זמן משמעותי, לבניית הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. יחד עם זאת אנו רואים הבדלים משמעותיים בטמפרטורת היום במבנה הסגור לעומת המבנה הפתוח. אנו רואים יתרון ביבול במבנה המבוקר, בחודשי החורף, אך מאחר ופרק זמן הקטיפה בתקופה בה הטמפ' הנמוכות מהוות גורם מגביל, היה קצר, לא התפתח פער משמעותי ביבול.

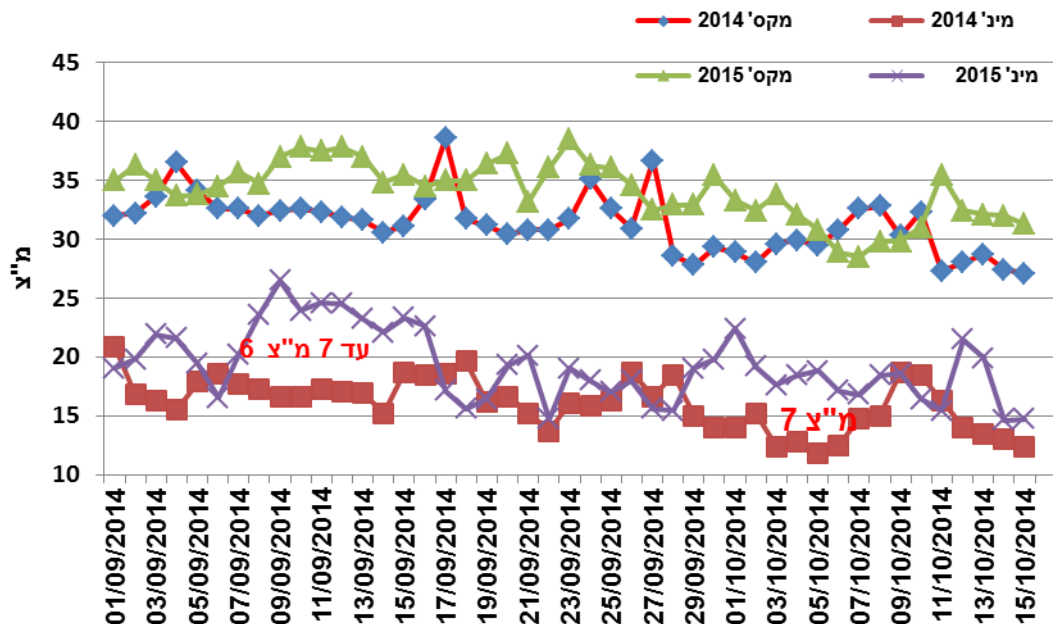
## מבוא

ברמת נגב, ענף הייצור העיקרי בתחום הירקות בבתי צמיחה הוא ענף עגבניות הצ'רי (אשכול). היקף הגידול הינו כ-2000 דונם. הענף מתפתח באזור בקצב של כ-15 אחוז מדי שנה. המוצר העיקרי הוא עגבניות צ'רי המשווקות כאשכול. שטח בתי צמיחה מחופי פלסטיק ברמת נגב הינו הגדול בארץ בתחום זה. אחת הבעיות העיקריות שעומדת בפני הענף, היא האטה משמעותית בקצב ההנבה בתקופת החורף, בהשוואה לתקופת הסתיו, הנובעת מירידה דרסטית בטמפרטורה הממוצעת היומית בחודשים דצמבר ינואר פברואר. קצב ההנבה יורד מ-4 ק"ג למ"ר, לכ-1 עד 1.5 ק"ג למ"ר. כיום מבוססת שיטת הגידול בבתי הצמיחה על חיפוי פלסטיק בגג ורשת 50 מ"ש' בהיקף המבנה, למניעת חדירת חרקים. עקב כך, האפקט התרמי במבנים אלו נמוך ובמהלך היום בחורף טמפרטורות המקסימום במבנה גבוהות בכ-2 עד 3 מ"צ בלבד מעל טמפרטורת הסביבה, לכן קצב ההבשלה נמוך ביותר בעונה זו. כיום, החקלאים אינם משתמשים באמצעים נוספים לשיפור המצב התרמי במבנה והם תלויים לחלוטין בתנודות האקלים המקומיות והעונתיות. בשעות הלילה הטמפרטורה במבנה ומחוץ לו שוות. יש לציין כי מצב זה הוא אופייני לכל מגדלי העגבניות לסוגיהן בישראל. העלאת הטמפרטורה במבנה תסייע בהגדלת קצבי ההנבה בעונה הקרה בה הטמפרטורות הם סב אופטימליות בכל קנה מידה ידוע. בתוכנית המחקר הנוכחית אנו מציעים להעלות את ממוצע הטמפרטורה היומית על ידי העלאת טמפרטורת היום, באמצעות סגירת וילונות בהיקף החממה, באופן מבוקר. השליטה על הווילונות תהיה באמצעות מנועים וחישני טמפרטורה. טכנולוגיה זו היא אופציה ותיקה, זולה ופשוטה אשר תאפשר ניצול מיטבי של אנרגיית השמש להשגת המטרה. **שאלת המחקר** העיקרית, מה היכולת להשפיע על קצבי הנבה ואיכות הפרי בעגבניות צ'רי באמצעות העלאת טמפרטורת היום בלבד, תוך ניצול אנרגיית השמש בתקופת החורף וכן ללמוד ממשק גידול זה, על יתרונותיו וחסרונותיו. לצורך כך, אנו משווים יבולים של הזן 1335, הזן המוביל ברמת נגב בממשקי האקלים השונים.

**מטרות המחקר:** שיפור ההנבה בעונת החורף בעגבניות צ'רי ברמת נגב, לקבלת יבול אחיד יותר ברמת ההנבה החודשית לאורך תקופת ההנבה, שיפור היבול ליחידת שטח ע"י שימוש בוילונות המבוקרים המאפשרים העלאת טמפרטורת החממה בשעות היום.

## פירוט עיקרי הניסויים

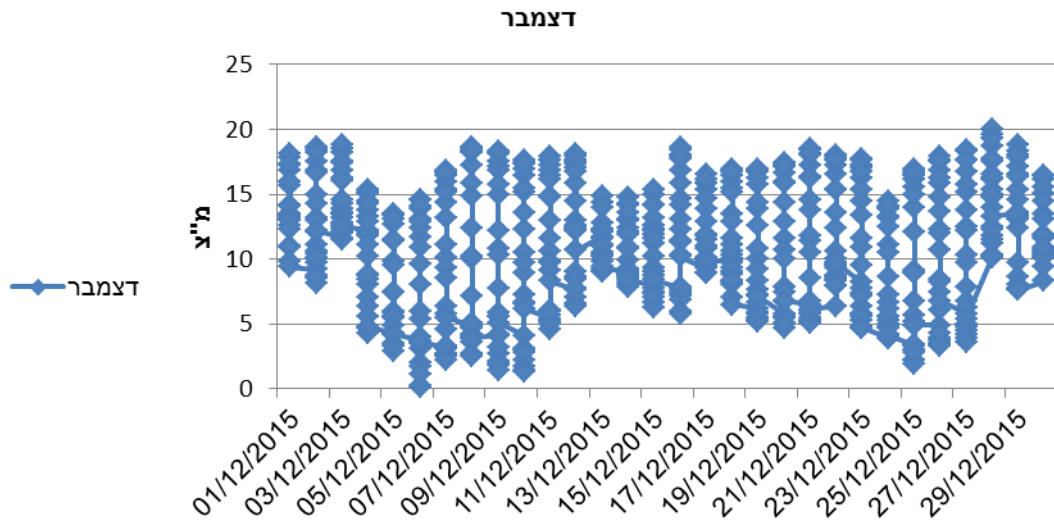
**שיטות**- הניסוי נשתל בשתי חממות זהות, המחופות פלסטיק 0.15 מ"מ IR על חופת הגג ורשת 50 מש' בהיקף, אשר על גביה הונחו וילונות ממונעים המחוברים למערכת חיישנים ובקרה. מועד השתילה היה 01/08/15. במבנה 1, להלן "חממה רגילה", בקרת הוילונות תוכנתה לסגור אותם במקרי סופות חול בלבד. במבנה 2, להלן "חימום יום פאסיבי", קיים מערך בקרת אקלים אשר תוכנת לסגור את הוילונות בהיקף במהלך היום, כאשר הטמפ' במבנה יורדת מ-25 מ"צ. הוילונות תוכנתו להיפתח במבנה זה במהלך היום, אך ורק באם רמת ה CO2 יורדת מ-200 ח"מ, ו/או אחוזי הלחות עולים על 80%. הקרקע בשני המבנים השונים היא קרקע חולית (דיונה) אשר הועשרה בזבל עוף מטופל בשיעור של 4 קוב"ד'. במבנים הוצבו מערכות ניטור CO2, טמפ' ולחות ומתקיים מעקב אינטנסיבי אחר הגורמים הללו, ללימוד התנאים המתקבלים נוכח סגירת הוילונות במהלך היום, בתקופת החורף ומתנהל פיתוח פרוטוקול המגדיר את תנאי הסף לפתיחה וסגירה של הוילונות במהלך היממה. בשני המבנים מתבצע קטיף אחת לשבוע, או פחות בהתאם לעונה, היבול ממוין ונשקל בכדי ללמוד על השפעת השינוי בממשקי האקלים על ההנבה ואיכותה. הזן הנבחן הוא שירן מורכב על הכנה רזיסטאר ומפוצל לשני ענפים. עומד השתילה 3300 ענפים לד'. הסתיו של שנת 2015 נחשב לאחד החמים שהיו מאז ומעולם ברקורד המטאורולוגי(איור 1)



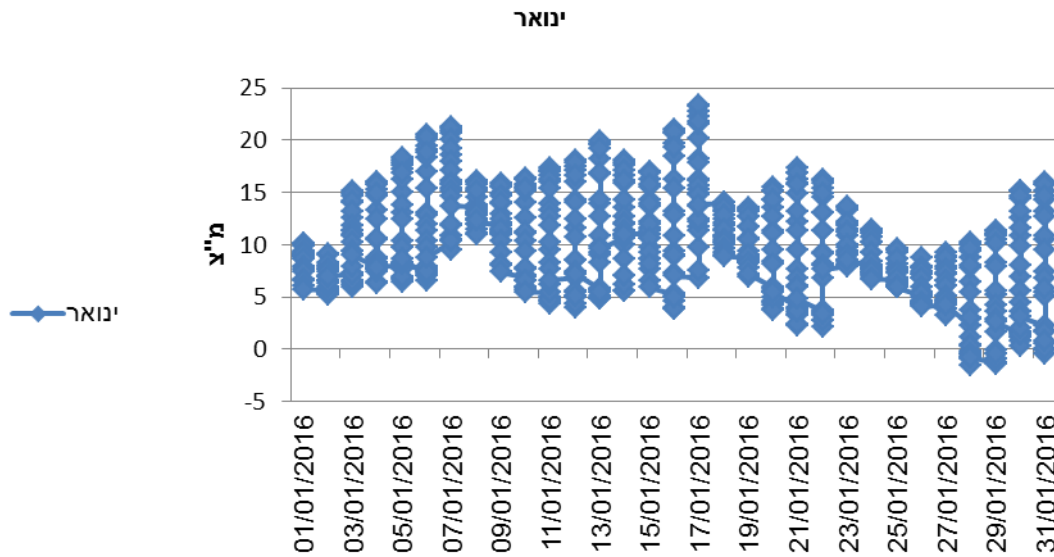
איור 1. השוואת טמפרטורות ספטמבר ואוקטובר מינימום ומקסימום בתחנת הניסויים ברמת הנגב.

כתוצאה מכך נפגעה החנטה בשלב הגידול הראשון , טמפרטורות קיצון גבוהות נמשכו לתוך חודש נובמבר לכן הניסוי הופעל לטיפול השליטה באקלים רק בחודש דצמבר כחודש מאוחר מהמתוכנן בשנה רגילה בהמשך אותה שנה בחודש דצמבר וינואר שררו טמפרטורות נמוכות מתחת לממוצע והגיעו גם לטמפרטורת קיפאון ולנזק בצמחים. טמפרטורות אשר יורדות מתחת ל-5 מ"צ גורמות לנזק מצטבר במצב הצמח וירידה לכיוון 0 מ"צ ומתחת לכך נגרם נזק הבא לידי ביטוי בצריבה קשה בעלים בפרי עם תמותת צמחים.

בתחילת חודש דצמבר עם הפעלת הטיפולים בתאריך 6 בדצמבר, ירדה הטמפרטורה אל מתחת ל-0 מ"צ אך לא נגרם נזק הנראה לעין לעומת זאת בחודש ינואר ירדו במשך ארבעת הימים האחרונים של החודש אל מתחת ל-0 מעלות ונגרם נזק ישיר בפרחים ובפרי (איור 3-4). עד לאירוע הקרה בחודש ינואר הצמחים בחממה המבוקרת נראו טוב יותר וקצב ההבשלה היה מהיר יותר (תמונות 1-2), אך אירוע הקרה גרם לנזק רב יותר בחממה המבוקרת. קשה לדעת אם ההשפעה היא פסיולוגית של קרה הפוגשת בצמחים המתפתחים בחום ואז יתכן כי הירידה החדה בטמפרטורה גורמת ליותר נזק מצמחים אשר מוקשחים יותר עקב חשיפתם המתמדת לטמפרטורה לא גבוהה.



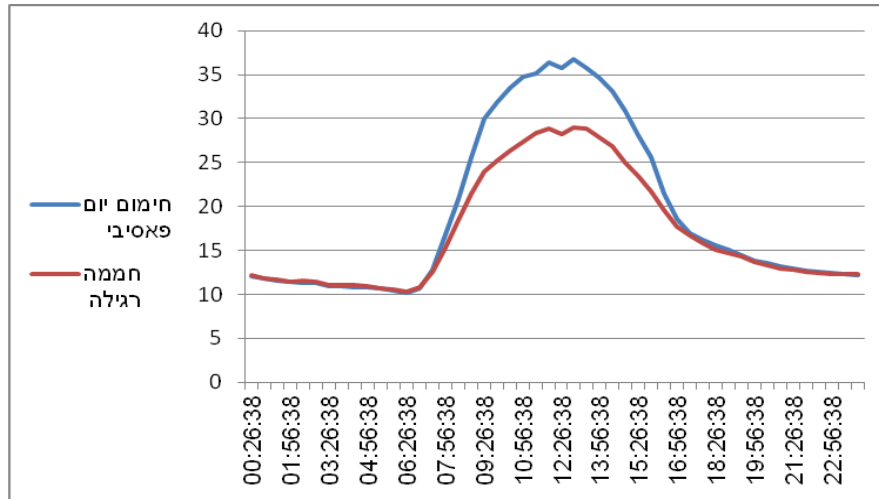
איור 2. מהלך טמפרטורות אויר (חוץ) בחודש דצמבר



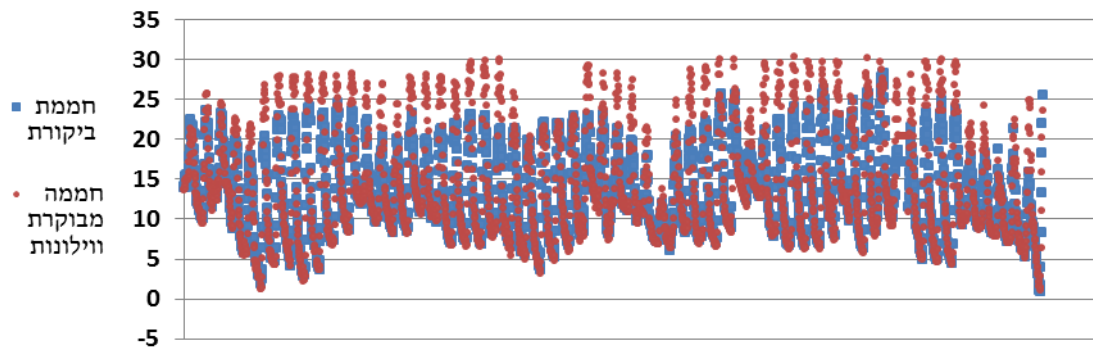
איור 3 מהלך טמפרטורות אויר חוץ (ינואר)

### תוצאות

תוצאות ניטור טמפ' במהלך חודש דצמבר בשתי החממות בעלות ממשק האקלים השונה, להלן הטיפולים, מוצג בגרף הבא כממוצע שעות לחודש דצמבר, בכל אחד מהמבנים בניסוי:



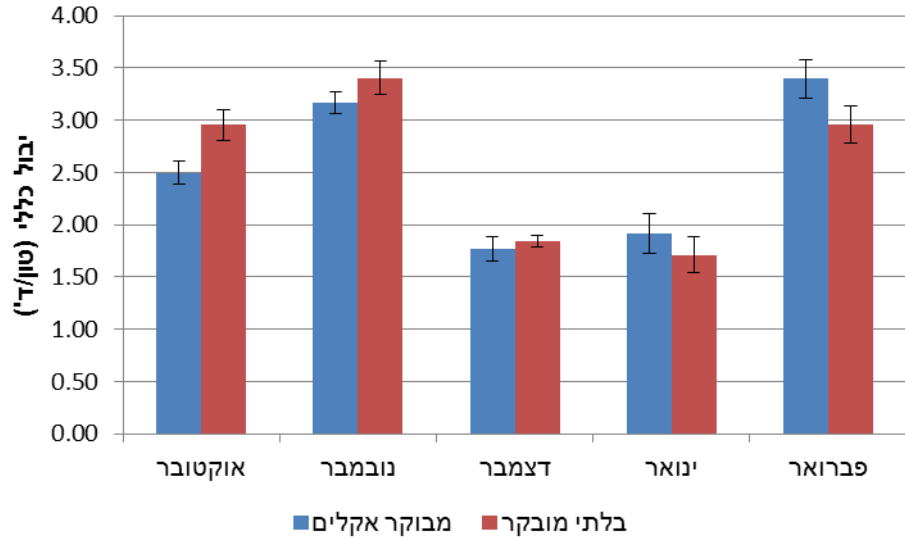
איור 4. ממוצע שעותי במבנים השונים במהלך חודש דצמבר



איור 5. טמפרטורה בחממה מבוקרת ויילונות לעומת ביקורת החל מ-1/12/15 עד 28/1/16

במשך היום נפתח פער גדול בטמפ' בין שני המבנים, כאשר בחממה בה מתבצע חימום יום פאסיבי אנו מגיעים לטמפ' של כ-30 מ"צ. במשך הלילה אין הבדל בין המבנים. (איור 4-5)

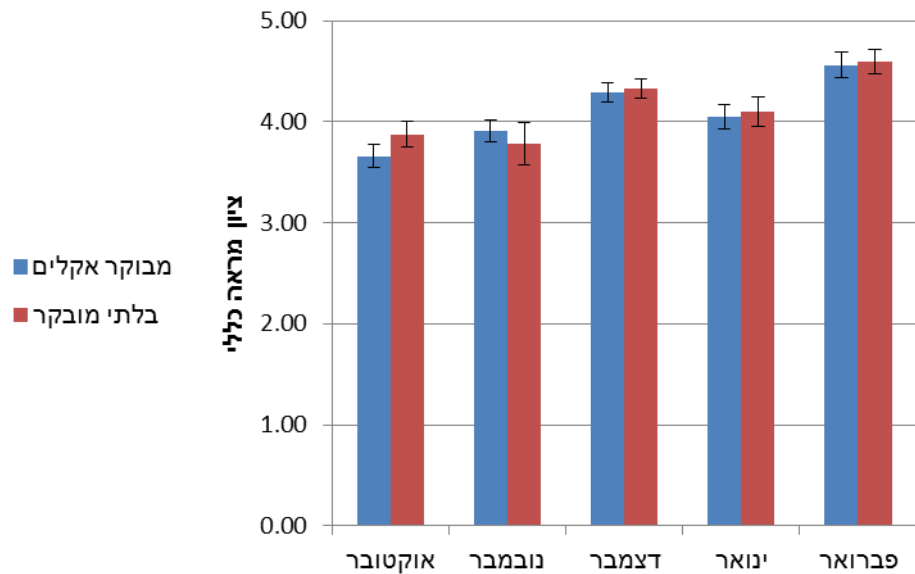
תוצאות ההתפלגות החודשית של היבול הכללי בשני המבנים השונים (מבוקר אקלים- עם סגירת היילונות במשך היום, ובלתי מבוקר- פתוח כל שעות היממה) מובאות בגרף הבא:



איור 5: התפלגות חודשית של היבול כללי בטיפולים השונים

ניתן לראות כי בתחילת העונה יבולי החלקה הבלתי מבוקרת היו אף גבוהים מזו המבוקרת, ככל הנראה בשל היות המבנה, מבנה צפוני ולכן היה בו קריר יותר. ניתן לראות כי החל מחודש דצמבר, עת התחלנו להפעיל את בקרת האקלים במבנה המבוקר, החלו להופיע הבדלים ביבול. בינואר ובפברואר כבר היה יתרון לחלקה המבוקרת. (איור 5)

תוצאות חיי המדף לאחר השהייה, כסימולציה של תהליך יצוא המוצר, מובאות בגרף הבא, במדד איכות כללי של אינדקס מראה כללי (1-5) המשקלל בתוכו את כל הקטגוריות שנבחנו



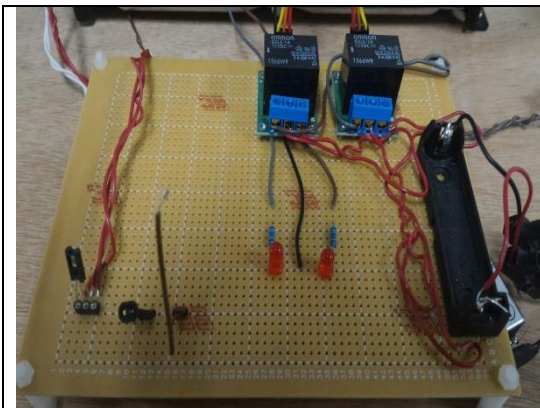


איור 6 מראה כללי של המוצר לאחר השהייה (סקלה 1-5)  
באיור 6 ניתן לראות כי לא נמצאו הבדלים בחיי המדף של המוצר, בין הטיפולים השונים,  
בחודשי הקטיפ השונים.

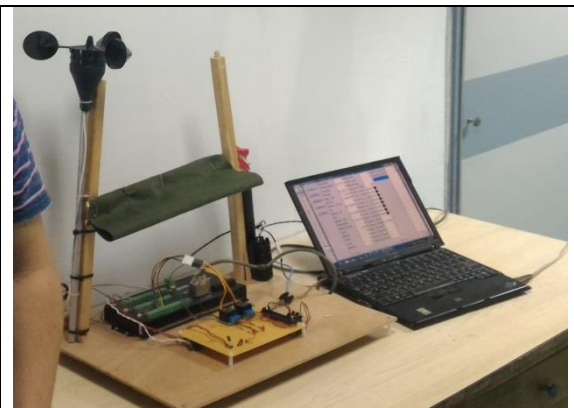
### בניית מערכת מבוססת מיקרו-מעבדים לבקרת פתיחת וילונות בחממה

בדו"ח הקודם סופר על שתי המערכות שנבנו ע"י סטודנטים לאלקטרוניקה מהמכון הטכנולוגי  
בחולון, כעבודות גמר. המערכת השנייה שנבנתה ע"י איגור איצקובץ היתה מוצר מוגמר  
שעוד לא עבד בשטח. בעונת תשע"ו נעשו שלושה ניסיונות להפעיל אותו בחממה. בימי  
ההתקנה המערכת עבדה וראינו שהיא פותחת וסוגרת וילונות בהדרגה כנדרש. כפי שסופר  
בדו"ח הקודם, בניסיון הראשון התברר שהתזמונים לפתיחת הוילונות לא היו נכונים ונדרש  
עדכון תוכנה, כדי להגדיר את הפרמטר של התזמון כמשתנה. בניסיון השני הצוות מוולקני לא  
הצליח להעביר את המערכת ממצב הגדרת- נתונים למצב עבודה נכון. לאחר מכן, ישבנו עם  
איגור והוא עשה שינויים קלים במערכת. בהתקנה הבאה בשטח צפינו עבודה תקינה של  
המערכת. אבל למחרת, עובדי המו"פ שבדקו את החממה מצאו שהמערכת נתקעה והעבירו  
את העבודה חזרה לבקר המסחרי. בגלל החשיבות של הצמחים לניסוי והחשש לנזק להם,  
החלטנו לחדול ממאמצים להפעיל את המערכת.

לקראת העונה הנוכחית (תשע"ז, 2016-2017) דוקטורנט של המחלקה לפיסיקה סביבתית  
והשקיה במרכז וולקני, אורי אחימן, כתב תוכנית לבקרת הוילונות באוגר נתונים של חברת  
Campbell Sci מסוג CR1000 בשפת תיכנות CRBasic (ראה נספח). עבודה עם אוגר  
נתונים זה בתכנות מתאים מאפשרת לנו להתחבר מבית דגן ולבחון את העבודה בחממה  
ברמת הנגב. כמו כן, נוכל לעדכן את התוכנית מרחוק ולטעון עדכונים לפי הצורך. אנו  
מתכננים להמשיך לבדוק את המערכת עם סימולטור פשוט במעבדה שלנו (ראה איור 1 ו-2)  
ולאחר מכן להתקין אותו בשטח לתקופת ניסיון, כאשר אנו נבדוק את ביצועי המערכת מרחוק  
מהמעבדה שלנו.



איור 8. חיישני אור, טמפ' ולחות (למטה משמאל), וממסרים לפתיחה וסגירת הוילונות (למעלה מימין). הנורות לד עוזרים בסימולציה.



איור 7. אוגר נתונים CR1000 עם לוח הבקרה, חיישני סביבה הכוללים מד רוח, וסימולטור של וילון.

**דין ומסקנות:** בעונה זו אנו משווים בין חממה בממשק מסחרי, המדמה את תנאי הגידול אצל החקלאים, לבין חממה שבה ממשק בקרת אקלים מיוחד, לצורך סגירת וילונות במהלך היום, להגברת אפקט החממה ולהשגת טמפ' יום גבוהות ככל שניתן במהלך היום, בעונת החורף. ללא שימוש במשאב אנרגיה חיצוני.

בעונה זו התבצע הניסוי בשני מבנים זהים לחלוטין, הן מבחינת תנאי הקרקע והן מבחינת גודל המבנה ומיקומו, כאשר ההבדל היחיד ביניהם, הינו בממשק סגירת הוילונות. עונת גידול 2015-2016 אופיינה בסתיו חם במיוחד כאשר ירידת הטמפ' המשמעותית במהלך שעות היום, החלה רק לקראת סוף חודש נובמבר-תחילת חודש דצמבר. כך שלמעשה ההבדל בין שני המבנים וסגירת הוילונות במהלך שעות היום, החלה רק בתחילת חודש דצמבר. על כן בעונה זו, לא היה פרק זמן משמעותי, לבניית הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. יחד עם זאת אנו רואים הבדלים משמעותיים בטמפרטורת היום במבנה הסגור לעומת המבנה הפתוח. אנו רואים יתרון ביבול במבנה המבוקר, בחודשי החורף, אך מאחר ופרק זמן הקטיף בתקופה בה הטמפ' הנמוכות מהוות גורם מגביל, היה קצר, לא התפתח פער משמעותי ביבול.