

# השפעות אקלים ותנודות אקלימיות על יצרנות בקר בישראל

## The effect of climate and climate changes on cattle production in Israel

דו"ח מדעי לתוכנית מחקר 277-0812-22

31/05/2023

גיא דוברת

המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני.

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

הממצאים הדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר .....

## תוכן עניינים

3	.1 תקציר
4	.2 תקציר באנגלית
5-6	.3 מבוא ורקע מדעי
7-9	.4 שיטות
9-15	.6 תוצאות
16-18	.7 דיון
18	.9 הבעת תודה
19	.10 רשימת ספרות
20-28	.11 נספח א

## השפעות אקלים ותנודות אקלימיות על יצרנות בקר בישראל

גיא דוברת המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי – מכון וולקני.

### תקציר

שינויי אקלים גלובליים מציבים אתגר בחיזוי יצרנות מערכות חקלאיות בעתיד הקרוב ולטווח הרחוק יותר. באזורים ים-תיכוניים השפעת מגמות אקלימיות ניכרת ברוב ענפי החקלאות, אך ההשפעה הבולטת ביותר צפויה בענפי החקלאות בהם ההשקעה במיתון תנאי סביבה היא נמוכה. כך במפטמות עגלים, בהן ההשקעה בצינון מוגבלת, וכן בגידול אקסטנסיבי של בקר במרעה. למרות שברור כי לתקופות חמסין ולשנים שחונות השפעה על מערכי הגידול, מידת ההשפעה של גורמי אקלים ואירועי קיצון אקלימיים על גידול בקר לבשר בישראל אינה ידועה. באמצעות ניתוח נתונים היסטוריים (2005-2021) בחנו את ההשפעות השנתיות והעונתיות של מדדי אקלים שונים (למשל, טמפרטורה, לחות, גשם) ושל מדדי רציפות אקלימית (למשל, פיזור גשם) על מדדי יצרנות במפטמה ובעדר הבקר לבשר במרעה. במהלך שנתיים אספנו נתוני מדדי יצרנות, היסטוריים ועדכניים, משבעה עדרים במרעה ומחמש מפטמות בקר הממוקמות באזורים גאוגרפים שונים לאורך החתך האקלימי בישראל. בין מדדים אלו, תוספת משקל יומית, אחוז הריון ואחוז גמילה. בסה"כ סוכמו 18 מדדי בסיס במפטמות ו- 23 מדדי בסיס בעדר במרעה. במקביל נאספו נתוני מדידות שעתיות ויומיות של גשם, לחות, וטמפ' בשבעה אזורים אקלים בהם נמצאים המשקים והמפטמות. נתוני האקלים שמשו לחישוב 17 אינדקסים אקלימיים שנתיים. נמצאו הבדלים מובהקים ביצרנות ובמדדי הגידול בין המשקים השונים. כצפוי, נמצאו הבדלים בין שנים ומשקים בכל מדדי האקלים. בנייתוחים לבחינת השפעות אקלים על מדדי יצרנות בעדרים במרעה נמצאה השפעה שלילית מובחנת של מדדי עומס חום וטמפ' לילה על אחוזי הריון, המלטה ותמותה בעדרים. כמו כן נמצאה השפעה חיובית של מדדי לחות בחורף לצד השפעה שלילית של עומס החום על תוספת משקל במפטמה. תוצאות המחקר מבליטות את היתרון של עדרים צפוניים והרגישות של עדרים דרומיים בגידול בקר, מדגישות את החשיבות של חורפים קרים ולחים ומראות טווחי שינוי ביצרנות מול שינוי בגורמי האקלים.

## **Abstract**

Global climate change poses a challenge for predicting agricultural systems' productivity in the near- and distant future. In Mediterranean regions, the impact of climate trends are noticeable in most agricultural sectors, but the most prominent effects are expected in agricultural sectors with low investment in moderation of environmental conditions. This is the case with cattle feedlots, where the investment in cooling is limited, as well as in extensive rangeland farming. Although it is clear that heat-waves and drought years have an effect on cattle production, the extent of the impacts of climate and extreme climatic events on beef cattle production in Israel is unknown. Using historical data (2005-2021) analysis, we examined annual and seasonal effects of various climate indices (e.g., temperature, humidity, rainfall) and climate continuity indices (e.g., rainfall distribution) on beef cattle production indices in rangelands and feedlots. Over two years, we collected cattle production indices data from seven grazing herds and five feedlots located in different geographic regions along Israel's climatic transect. Among these indices were daily weight gain, pregnancy, calving and weaning rates. A total of 18 basic indices were summarized for the grazing herds and 23 basic indices for the feedlots. Concurrently, hourly and daily measurements of rainfall, humidity, and temperature were collected from seven climatic regions, where the grazing herds and feedlots are located. The climate data was used to calculate 17 annual climate indices. Significant differences were found in cattle production and growth indices between the examined cattle farms. As expected, differences were found between years and farms in all climate indices. Analyzing the effects of climate on beef cattle production indices in grazing herds revealed a distinct negative influence of heat-loads and night-temperature indices, on pregnancy, calving, and mortality. Additionally, a positive effect of winter humidity indices was found alongside a negative effect of heat-load on weight gain in the feedlots. The research findings highlight the advantage of northern herds and the sensitivity of southern herds in cattle breeding, emphasizing the importance of cold and humid winters and indicating the level of changes in production in response to climate factors.

## מבוא

שינויי אקלים גלובליים מציבים אתגר בחיזוי והערכת יצרנות מערכות חקלאיות בעתיד הקרוב ולטווח הרחוק יותר לעוד שנים. כיום ברור כי שינויי אקלים משפיעים על כל ענפי החקלאות בישראל, אך ההשפעה הרבה ביותר צפויה בענפי החקלאות האקסטנסיביים, דוגמת גידולי פלחה, פיטום בקר וענפי המרעה, בהם ההשקעה במיתון תנאי סביבה נמוכה יחסית. ככלל, מידת ההשפעה של אירועי קיצון אקלימיים ושל שינויים אקלימיים מתמשכים על גידול בקר לבשר בישראל אינה ידועה, וזה נכון לגבי כמות התוצרת (למשל אחוזי גמילה, תוספת משקל) וגם לגבי מדדי איכות התוצרת.

גידול בעלי חיים במערכות אינטנסיביות, למשל לולי פטם וברכות דגי מאכל, מבוסס על מיתון והתאמה של תנאי הסביבה במערכת סגורה ומבוקרת אקלים. בענפים יצרנים מאוד נהוגים ממשקי מיתון תנאי אקלים גם במערכות לא מבוקרות. כך לדוגמה ברפת החלב, ע"י אוורור וצינון במים בארצות חמות, או לחלופין חימום רפתות סגורות בחורף בארצות קרות, בהן הטמפ' יורדות מתחת לאפס לאורך תקופה. גידול אקסטנסיבי של בקר וצאן במרעה מתבסס על התאמות התנהגותיות ופיזיולוגיות של בעלי החיים, למשל התאמת שעת ומרחב הרעייה במהלך היממה, ניצול צל ורוח, וברירת מזון. כל אלו, לצד התאמת ממשק גידול (למשל תזמון עונת ההמלטה) מסייעים בהתמודדות של בעלי החיים עם תנאי הסביבה. שינויי אקלים מהירים מאתגרים מאות אלפי שנות אבולוציה, אלפי שנות טיפוח ועשרות שנות ממשק מתועד.

בעקבות שינוי האקלים העולמי צפוי להיות חם ויבש יותר גם באזור אגן הים התיכון (IPCC 2019). מודלים אזוריים ועולמיים חוזים עלייה בטמפרטורה, ירידה בכמות המשקעים, וביתר שאת, התגברות אירועי קיצון (Black 2009, Kelly and Goulden 2008). במחקר קודם נמצא כי לאורך העשורים האחרונים נעשה האקלים בישראל יובשני יותר ברוב האזורים (Kafle and Bruins 2009). למגמות שינוי אקלים אלה השפעות ישירות, פיזיולוגיות, על הבקר במפטמה ובמרעה (Gauly et al. 2013) דוגמת עקות חום, התיבשויות בתנאי חמסין או היפותרמיה באזורים קרים. לצד ההשפעות הישירות מתועדות השפעות דרך משוב על ענפי הבקר, לדוגמה השפעה על יצרנות ואיכות הצומח בשטחים החקלאיים ובשטחי המרעה ממנו ניזונים בע"ח (Kochy et al. 2020, Henkin et al. 2008), או התפשטות תחלואה (Olwoch et al. 2008) ושינוי פאונה כמו התפשטות טורפים (Trouwborst et al. 2015). השינויים הנ"ל עשויים לעצב את האיכות ואת היצרנות של שטחי המרעה (Dovrat et al. 2021, 2020) ובהתאמה, את היצרנות של מגזר המגדלים. לכן, הערכה של מידת ההשפעה של גורמי אקלים שונים על מדדי העדר על יצרנות ותפקודו חשובים להבנת עתיד ענפי המרעה והגידול במפטמה, במיוחד באזורים יובשניים בהם שינויי אקלים חזויים להתגבר בעתיד.

הוצע כי שינוי האקלים הגלובלי צפוי להתבטא ביתר שאת בערעור יציבות מערכות יובשניות למחצה ותת-לחות (Weltzin et al. 2003, Turco et al. 2017). בתוך אלו נמנים החבלים הים תיכוניים בהם מתועדים שינויים במחזור החיים של בע"ח וביצרנות מערכות צומח (Peñuelas et al. 2008, Dato et al. 2008, Kochy et al. 2002). אזורים ים-תיכוניים מאופיינים בקיץ ארוך וחם וחורף קצר, גשום ומתון מבחינת טמפרטורות. סביבה זו מעצבת מערכת חקלאית שבה מחזור עונתי ברור. על כן, הסתכלות שנתית, לאורך שנים, על מחזורי ומדדי אקלים ועל ביצועים שנתיים של עגלים במפטמה ובקר במרעה, עשויה לחשוף מגמות מתמשכות לצד מידת ההשפעה של גורמי אקלים שונים ושל אירועי קיצון על מדדי המערכת החקלאית. הסתכלות שנתית כזו הוצגה

לאחרונה לצורך בחינת השפעות של מדדי אקלים שנתיים על מדדי איכות המרעית בשטחי מרעה (Dovrat et al. 2021) כמות ופיזור הגשם על יצרנות ועל הרכב צומח במרעה (Henkin et al. 2020) ולפני כן לגבי יצרנות הצומח בשטחי מרעה בישראל (Golodets et al. 2013, Dovrat et al. 2020).

הקשר שבין מדדי יצרנות שנתיים (למשל תוספת משקל יומית, אחוז הריון וגמילה) ומדדי פגיעה ונזק (פגיעה בכשרות, הפלות ותמותה) לבין מדדי אקלים יכול להיבחן כקשר ישיר בעל אופי מתמטי מסוים, למשל קשר לינארי או כעקומת רוויה. כמו כן, גם ללא קשר מתמטי מובהק, מגמות ביחסים שבין מדדי יצרנות (ומידת השונות במדדי יצרנות) למדד אקלימי עשויות להעיד על השפעה מעצבת של גורם זה על יצרנות ענפי הבקר.

בעוד שברפת החלב בישראל ממשקי ויסות אקלים הם חלק חיוני מהממשק, ההשקעות בוויסות אקלים במפטמה מוגבלות או לא קיימת, ואילו במרעה מסתכמות בהצלחה. בשל כך, לגורמי אקלים שונים ולאירועי קיצון אקלימיים השפעות דרמתיות על ביצועי הבקר במפטמה ובמרעה וניתן לאתר אותן בבחינת נתונים היסטוריים, למשל בהסתכלות שנתית. מכיוון שמשך הגידול של עגלים במפטמה ומחזורי היצור של בקר במרעה הם של שנה בקירוב, הסתכלות שנתית כזו תבליט השפעת מגמות אקלימיות וניתן להעריכה לצד ההשפעה של רצף שנות המדידה (המתאר שינוי המתמשך) וגורמים נוספים, דוגמת גזע הבקר.

בחינה לאורך שנים של הקשרים שבין מדדי אקלים ומדדי יצרנות במפטמות ובעדרים יכולה להאיר את התקופות הרגישות והפגיעות במערכי הגידול ולספק הערכה שנתית של יצרנות העדר, אך יותר מכך, לצפות לעתיד השפעות אקלימיות עתידיות על ענפי הגידול. במחקר בחנו את מידת ההשפעה של גורמים אקלימיים שונים על יצרנות עגלים במפטמה ויצרנות והישרדות בעדר הבקר במרעה, זאת על מנת: (1) לספק אפשרות להערכה שנתית של יצרנות העדר, ברמת בעלי החיים, מול מדדי אקלים כמו גם, (2) לסרטט תמונה עתידית להשפעות של גורמי אקלים על הענף.

## שיטות

### איסוף וסיכום נתונים

נתוני יצרנות מהשנים 2010-2021 נאספו מחמש מפטמות ושבעה עדרי בקר במרעה. נתוני אקלים רציפים משנים אלו נאספו מתחנות מטאורולוגיות המוצבות באתרים השונים או בסמוך להם. בשה"כ סוכמו 18 מדדי בסיס במפטמות ו-23 מדדי בסיס בעדר האימהות במרעה. נתוני מדידות שעתיות ויומיות של גשם, לחות, וטמפ' נאספו בשבעה אזורי אקלים בהם נמצאים המשקים והמפטמות. נתוני האקלים שמשו לחישוב 17 אינדקסים אקלימיים שנתיים (טבלה 1).

נתוני הבקר בעדרים ובמפטמות נאספו באמצעות גישה לתוכנת "נעה" במשקים השונים והושלמו מתוך רישומים עצמאיים של המגדלים. נבחרו משקים בחלוקה גאוגרפית רחבה, לאורך גרדיינט היובש מצפון לדרום בישראל, מצפון הגליל העליון ורמת הגולן ועד דרום שפלת יהודה. מרבית המדדים שאספנו נמצאו בתיעודי כלל המשקים, אך מדדים מסוימים, דוגמת גזע הבקר במפטמה או יציאות של פרים בוגרים בעדרים במרעה, נרשמו רק עבור המשקים אשר החזיקו תיעוד כזה. איסוף נתוני הבקר בוצע בשני שלבים, השלב הראשון כלל איגום של נתונים קיימים עד שנת 2020, השלב השני כלל סיכום של נתוני שנת 2021, במהלך השנה השנייה למחקר (2022). נתוני הבקר נאספו כנתוני מקור ברמת בעל החיים בעדר/מפטמה (דוגמת, משקלים, הריונות ויציאות מהמשק), ובהמשך שימשו לחישוב מדדי יצרנות ופגיעה (דוגמת תוספות משקל, אחוזי הריון), כממוצעים שנתיים ברמת המשק.

נתוני האקלים שכללו נתוני מדידות שעתיות ויומיות של גשם, לחות, וטמפ' סוכמו על בסיס אינדקסים אקלימיים (Yosef et al. 2019) וערכי קיצון שנתיים ועונתיים, בדגש על מדידות בתקופת החורף (טבלה 1). בשלב ראשון נסרקו הנתונים השעתיים מתחנות המדידה לאיתור סטיות שמקורן בתקלות בתכנות ופערי זמן בסדרות מדידה. נתונים שזוהו כשגויים הוחלפו במדידות מתחנות אחרות, סמוכות במרחב. בשני מקרים נעשו בנוסף בדיקות מול מדידות גשם של המגדלים. נתוני האקלים הבסיסיים סוכמו למדדים יומיים, חודשיים ותקופתיים (ערכים בחורף בקיץ ולאורך שנה) ומאלו לאינדקסים אקלימיים. בסך הכל סוכמו 17 מדדים אקלימיים עבור כל האתרים (7 עדרים 5 מפטמות) בכל השנים (83 "שנות אקלים" כפול 17 מדדים). טבלה 1 מסכמת את מדדי האקלים השונים שחושבו עבור המחקר בשבעת האזורים. נתונים שנתיים סוכמו בין תחילת חודש ספטמבר לסוף חודש אוגוסט.

נתונים נוספים מעדר הבקר במרעה שנאספו בשנים 2005-2020 בחוות כרי דשא שבגליל המזרחי שמשו להשלמת בסיס הנתונים. מקור נתונים אלו בניסוי ארוך-טווח בשטח המחולק לשמונה קבוצות, עם עדרי בקר נפרדים, בטיפולי רעייה הכוללים שתי רמות אכלוס: 18 דונם לפרה (רעייה בלחץ מתון) ו-9 דונם לפרה (רעייה בלחץ חזק). נתונים אלו כללו מדידות לחלק ממדדי העדר בתוך כך, הריון המלטה וגמילה. עונת הרעייה בכל שנה מתחילה בין סוף ינואר לפברואר בהתאם לגשמים ונמשכת מידי שנה עד סוף אוגוסט בלחץ רעייה חזק, או עד אוקטובר בלחץ רעייה מתון. שטחן של החלקות נע בין 255 ל-338 דונם והן נמצאות בגובה של 250-60 מטרים מעל פני הים. כמות הגשם השנתית הממוצעת היא 551 מ"מ ומתועדת מגמת ירידה בגשם לאורך השנים.

נתוני העדר כללו אחוזי הריון, אחוזי המלטה, אחוזי גמילה, תוספת משקל יומית של עגלים ועגלות במרעה, גיל גמילה ומשקל גמילה לעגלים ועגלות, תמותת פרים, יציאת פרים, אובדן הריונות ומדדי אקראיות (מעידים על מידת השליטה של הבוקרים בעדרים).

## ניתוח נתונים

ניתוח הנתונים בוצע בשלבים עבור כל אחד מבסיסי הנתונים (עדר ומפטמה). בשלב הראשון בדקנו קורלציות לינאריות, באמצעות מקדם המתאם של פירסון (Pearson), בין כל אחד מהמשתנים התלויים (בשני בסיסי הנתונים, עדר ומפטמה) ל- 17 מדדי האקלים שנבדקו. בהמשך לכך נבדקה קורלציה בין מדדי האקלים השונים אשר נמצאו מובהקים בקשר עם כל אחד ממדדי היצרנות. קשרים חזקים בין מדדי אקלים למדדי יצרנות נבדקו באמצעות רגרסיות לינאריות ובאמצעות רגרסיות לא לינאריות (למשל  $\ln(x)$ ). בשלב השני השתמשנו במודלים רב גורמים (Multifactorial mix ANOVA) המשלבים פקטורים רציפים (גורמי אקלים) ופקטורים בדידים (משק מוצא), לבחינת השפעת הפקטורים השונים על מדדי היצרנות והנוק השונים.

בשלב שלישי בוצעה השוואה נוספת בין מודלים לינאריים הכוללים מדדי אקלים ופקטורים בדידים, על מנת לבחון את טיב הניבוי של המודלים עבור כל אחד ממדדי היצרנות שנבחנו בניתוח המקדים באמצעות מדד AICc, להשוואה בין המודלים האלטרנטיביים.

**טבלה 1.** מדדים ואינדקסים אקלימיים, שנתיים ותקופתיים, שחושבו עבור המחקר. כל אחד מהמדדים סוכם עבור 83 שנים, הנחלקות בין שבעת האזורים האקלימיים. בשנים אלו נאספו נתוני יצרנות בעדרים ובמפטמות.

שם	הגדרה	צורת חישוב	סוג נתונים
1) גשם בתחילת החורף (ספטמבר עד דצמבר)	כמות גשם (מ"מ) בין החודשים ספטמבר עד דצמבר	סיכום כמות הגשם החודשית מספטמבר לדצמבר (שנה קודמת)	חודשים בהם מתחיל החורף עד דצמבר
2) גשם בסוף החורף (ממרץ)	כמות גשם (מ"מ) בין החודשים מרץ עד יוני	סיכום כמות הגשם החודשית ממרץ עד יוני בשנה הרצויה	חודשים בהם יש עדיין מעט גשם
3) גשם שנתי	כמות גשם (מ"מ) בין החודשים ספטמבר עד אוגוסט	סיכום כמות הגשם החודשית מספטמבר בשנה הקודמת עד לאוגוסט בשנה הרצויה	כמות הגשם בכל השנה
4) טמפרטורת מינימום בחורף (נובמבר-אפריל)	ממוצע טמפרטורת מינימום בין החודשים נובמבר עד אפריל	סיכום נתונים יומיים בחודשים הני"ל, חישוב טמפ' מינימום ממוצעת לחודשים הנבחרים	נתונים שעתיים ויומיים
5) טמפרטורת מינימום שנתית	ממוצע טמפרטורת מינימום בין החודשים ספטמבר עד אוגוסט	ביצוע ממוצע לנתוני טמפרטורת מינימום יומית וחודשית, מספטמבר שנה קודמת עד אוגוסט בשנה הרצויה	נתונים שעתיים ויומיים
6) טמפרטורת מקסימום בחורף (נובמבר-אפריל)	ממוצע טמפרטורת מקסימום בין החודשים נובמבר עד אפריל	סיכום נתונים יומיים בחודשים הני"ל, חישוב טמפ' מקסימום ממוצעת לחודשים הנבחרים	נתונים שעתיים ויומיים
7) טמפרטורת מקסימום שנתית	ממוצע טמפרטורת מקסימום בין החודשים ספטמבר עד אוגוסט	ביצוע ממוצע לנתוני טמפרטורת מקסימום מספטמבר שנה קודמת עד אוגוסט בשנה הרצויה	נתונים שעתיים ויומיים
8) לחות מינימום (נובמבר-אפריל)	ממוצע לחות יומית מינימלית בחודשים נובמבר עד אפריל	סיכום נתונים יומיים בחודשים הני"ל, חישוב לחות מינימום ממוצעת לחודשים הנבחרים	נתונים יומיים, פר תחנה, בצהריים
9) לחות מקסימום (נובמבר-אפריל)	ממוצע לחות יומית מקסימאלית	סיכום נתונים יומיים בחודשים הני"ל, חישוב	נתונים יומיים, פר תחנה, בצהריים

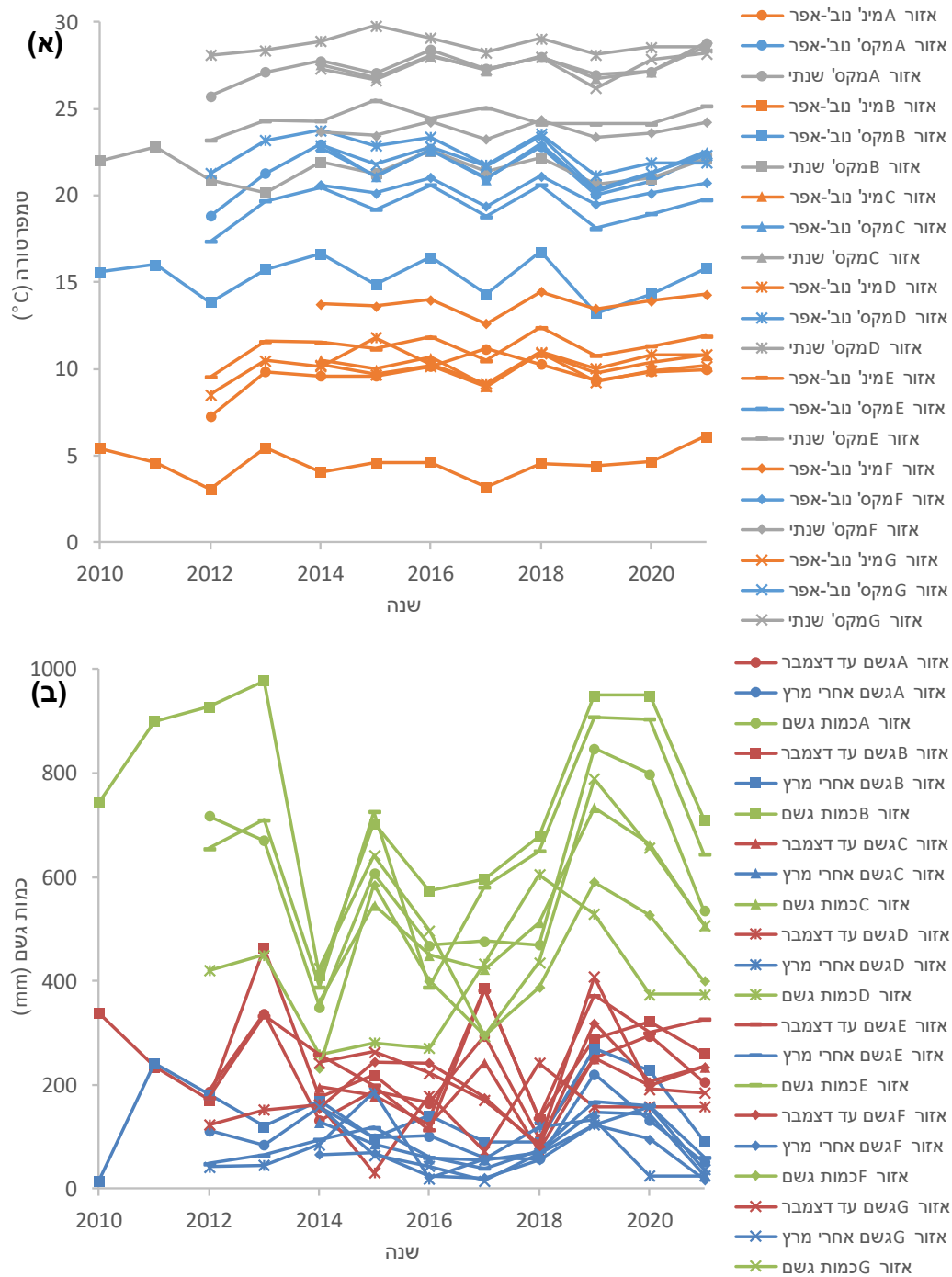


	בחודשים נובמבר עד אפריל	לחות מקסימום ממוצעת לחודשים הנבחרים
10) לחות שנתית	ממוצע לחות בין החודשים נובמבר עד ספטמבר	סיכום נתונים יומיים בחודשים הנ"ל, חישוב לחות מחודש נובמבר שנה קודמת לספטמבר.
R1(11)	כמות ימי גשם בהם כמויות הגשם שווה או גדולה מ-1 מ"מ	סיכום ימי גשם מספטמבר עד אוגוסט שכמות הגשם שווה ומעל 1 מ"מ
R10(12)	כמות ימי גשם בהם כמויות הגשם שווה או גדולה מ-10 מ"מ	סיכום ימי גשם מספטמבר עד אוגוסט שכמות הגשם שווה ומעל 10 מ"מ
SDII(13)	כמות גשם שנתית כללית לכמות ימי הגשם, בהם כמויות הגשם שווה או גדולה מ-1 מ"מ	מכל שנה בכל תחנה נלקח נתון של גשם מספטמבר לאוגוסט וחולק בסיכום ימי גשם הגדולים ושווים ל 1
CDD(14)	סה"כ ימים בחודשים נובמבר-אפריל בהם לא ירד גשם	החסרת נתון R1 מ-181 ימים מנובמבר עד אפריל
TR20(15)	מספר הלילות בחודשים נובמבר, אפריל בהם הטמפ' לא ירדה מ-20°	מס' ימים בהם ערך מינימום של טמפ' בשעות הלילה גבוה מ-20° בחודשים נובמבר-אפריל
SU30(16)	מס' הימים בחודשים ספטמבר-אפריל שבהם הטמפ' מגיעה ל-30° או יותר	מס' ימים בהם ערך המקסימום של טמפ', במהלך יממה, גבוה או שווה ל-30°, בחודשים ספטמבר-אפריל
SU35(17)	מס' הימים בחודשים ספטמבר-אפריל שבהם הטמפ' מגיעה ל-35° או יותר	מס' ימים בהם ערך המקסימום של טמפ', במהלך יממה, גבוה או שווה ל-35°, בחודשים ספטמבר-אפריל

## תוצאות

נתוני האקלים הבסיסיים אשר כללו מדידות טמפ' ולחות שעתיים וכמויות גשם יומיות סוכמו למדדים יומיים, חודשיים ותקופתיים ומאלו לאינדקסים אקלימיים. בסך הכל סוכמו 1,411 ערכים שנתיים של מדדים אקלימיים עבור כל האתרים (עדרים ומפטמות) בכל השנים. בחינת נתוני האקלים הראתה מנעד גבוה במדדי האקלים הבסיסיים, בין אתרי הדיגום ובין שנות הדיגום (איור 1). שונות בין שנתית גבוהה ביותר נמצאה במדדי הגשם השונים (מדדי כמות ופיזור) והטמפרטורה (ערכים בחורף, מקסימום ומינימום), שונות נמוכה יותר נמצאה במדדי הלחות. הבדלים בערכי מדדי האקלים בין האתרים נראו במנעד טווחי הטמפרטורות בחורף, בחודשים נובמבר עד אפריל (איור 1א).

נתוני עדר נאספו משבעה משקים ונתוני מפטמה נאספו בחמישה משקים. נתוני העדרים כללו 68 "שנות עדרים" עבור כל אחד ממדדי היצרנות. בסך הכל נאספו וסוכמו 1,524 מדדים שנתיים לעדרים במרעה ו- 848 מדדים שנתיים לעגלים ועגלות במפטמה. נמצאו הבדלים מובהקים במדדי היצרנות בעדרים ובמפטמות, בין המשקים השונים, בכלל המדדים שנבחנו (טבלאות א2 ו-א5, לדוגמא).



**איור 1.** שונות במדדי אקלים בין אתרי המחקר: (א) טמפי' יומית מקסימאלית ממוצעת שנתית (אפר), טמפי' יומית מקסימאלית ממוצעת בחודשי החורף (כחול), טמפי' יומית מינימאלית ממוצעת בחודשי החורף (כתום), ו- (ב) כמות הגשם הכללית בחורף (ירוק), כמות הגשם שירדה עד חודש דצמבר (אדום), וכמות הגשם שירדה אחרי חודש מרץ (כחול).

## השפעות אקלים על יצרנות עדרים במרעה

בבחינת הקשר בין מדדי האקלים השונים לאחוזי התעברות, אחוזי המלטה ואחוזי גמילה נמצאו "מדדי עומס חום" כבעלי קשרים החזקים ביותר למדדי הפיריון בעדרים (טבלה א1). אחוז התעברות והמלטה נקשרו בצורה שלילית לטמפרטורת מקסימום ואילו אחוזי הגמילה לימי עומס חום במהלך החורף (טבלה א1, איור 2). נמצאה ירידה ממוצעת של 20% בהתעברות ושל 15% בהמלטות בעדרים בטווח התחממות שבין 20° ל 28° (כממוצע יומי שנתי).

הבדלים במדדי הפוריות בלטו בין המשקים שנבדקו, כאשר במשקים באזורים חמים תועדו אחוזי הריון נמוכים יותר לאורך השנים (איור 2). ממצאים אלו לא נמצאו מובהקים במודל הלינארי השלם (כלל את משק המוצא), בשל הבדלים מכוננים במדדי האקלים בין המשקים השונים שהשוו. בכלל המודלים אשר בחנו השפעות אקלים על יצרנות בעדר ובמפטמה נמצאה השפעה מובהקת של משק המוצא. בטבלה א2 (נספח א) מוצגים רק מדדי עדר בהם נמצאה השפעה מובהקת של מדד אקלימי במודלים שכללו את משק המוצא.

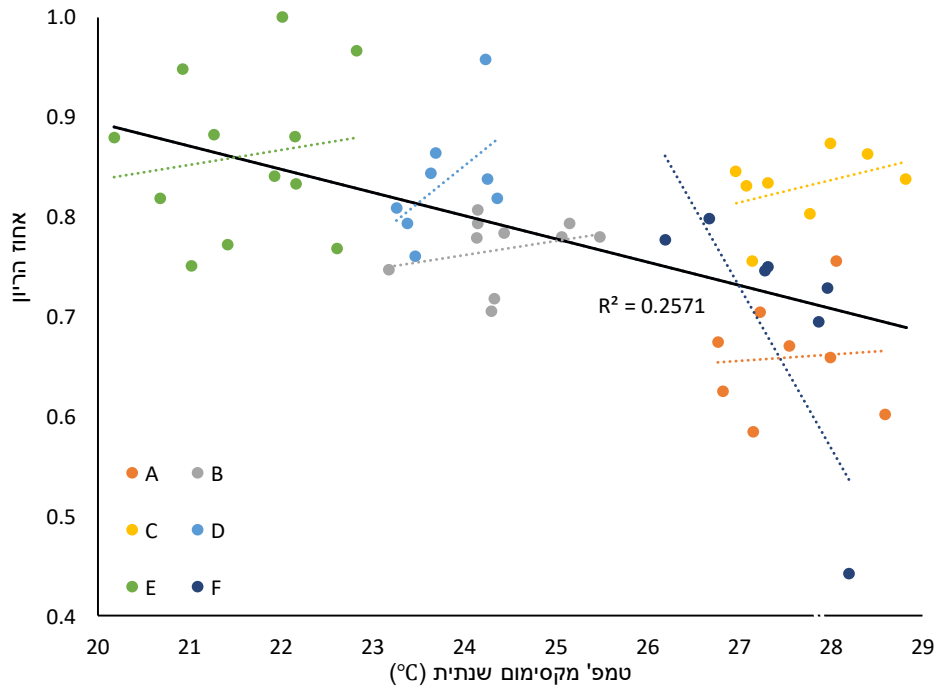
מושפע מאחוז ההתעברות, אחוזי הגמילה בעדרים הושפע מימי עומס חום בחורף (SU30), עם הבדלים פחות ברורים בין המשקים השונים (איור 3). בטווח שבין 5 ל 60 ימי חום בחורף נרשמה ירידה ממוצעת של 10% בגמילה ( $R^2 = 0.35$ ). מדדי חורף נוספים, דוגמאות טמפי' מקסימאלית ממוצעת בחודשי החורף נמצאו כמנבאים טובים גם לאחוזי התעברות, אחוזי המלטה ואחוזי גמילה בעדרים (טבלה א3).

גם גיל הגמילה וגם משקל הגמילה (איור 4) הושפעו בצורה מובהקת מטמפי' יומית מקסימלית ממוצעת לאורך השנה, משקל הגמילה הושפע כצפוי מהמין (זכרים כבדים מנקבות) אך גיל הגמילה לא הושפע ממין בעל החיים, אלא מהמשקל המגדל ומטמפי' יומית מקסימאלית לאורך השנה (השפעה שלילית איור 4, טבלה א2).

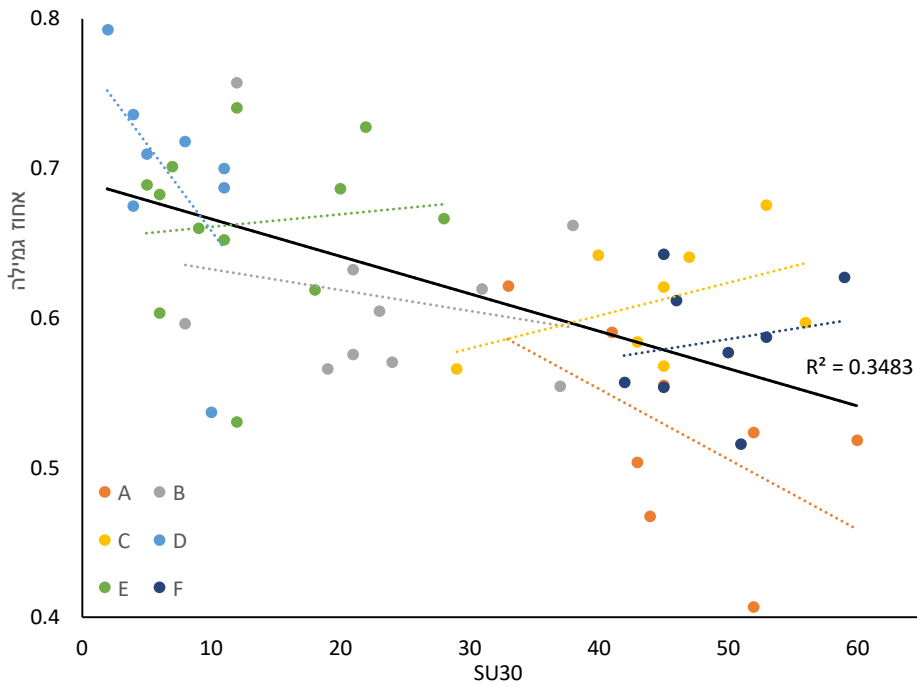
קצב עליית המשקל של עגלים (תמ"י), זכרים ונקבות, במרעה (עד גמילה) הושפע ממידת הלחות בחורף: חורפים יבשים בטווח לחות מינימלית של 10-32% הביאו לירידה ממוצעת בתוספת המשקל היומית של עגלים זכרים של עד 35 גרם ליום, ותוספות משקל נמוכות יותר של זכרים ונקבות בשדה (איור 5). השפעה זו נמצאה מובהקת גם ברמת המודל השלם אשר כלל גם את השפעת המשק (טבלה א2).

אובדן הריונות ותמותת פרים בעדרים נקשרו שלילית לטמפי' מיני בחורף ולאורך השנה, ולמספר הלילות החמים בחורף (טבלה א1). שנים קרות בטווח שבין 2° ל 22° הפחיתו את אובדן ההריונות ואת תמותת הפרים הפחיתו ב-15%, וב-12% (בהתאמה) בממוצע.

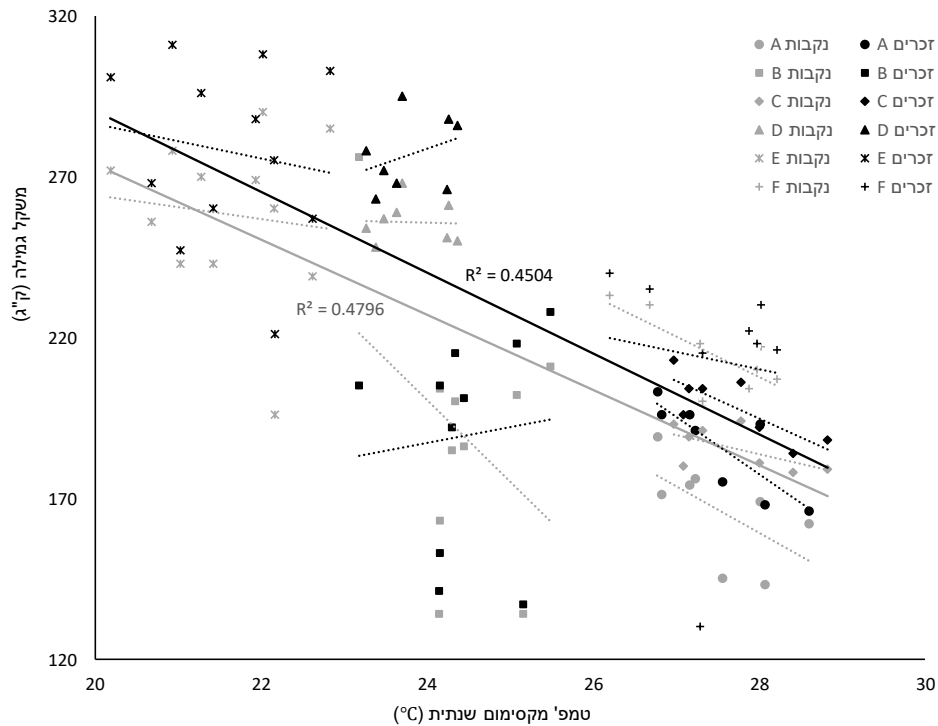
בבחינת התרומה של מדדי האקלים להסברת השונות במדדי היצרנות באמצעות מדד AICc נמצאו "מדדי עומס חום" כבעלי התרומה הגבוהה ביותר לניבוי במודלים שכללו את משק הגידול (טבלה א3, נספח א; ערך  $\Delta AICc$  קרוב יותר ל-0 מעיד על איכות גבוהה יותר ביחס לנתונים). מדדי לחות בחורף ולחות שנתית הציגו תרומה גבוהה לניבוי תמ"י של עגלים ועגלות. מדד פיזור גשם (R10) הציג תרומה נמוכה יותר במודלים לגיל ולמשקל גמילה של עגלים ועגלות במרעה ולמעשה נמצאו כמדד הגשם היחיד שנקשר למדדי העדר (מבין שורה של מדדי כמות ופיזור גשם). מלבד אחוזי ההמלטה בעדר ומדדי התמ"י במרעה, בהם הגורם האקלימי בעל הקורלציה הגבוהה ביותר נמצא גם כפקטור המשלים (למשק) הטוב ביותר, ברוב המקרים נמצאו מדדים אקלימיים שלא היו בעלי המתאם הגבוה ביותר למדד היצרנות בעדר/מפטמה, כבעלי התרומה הגבוהה ביותר במודל השלם (טבלה א3).



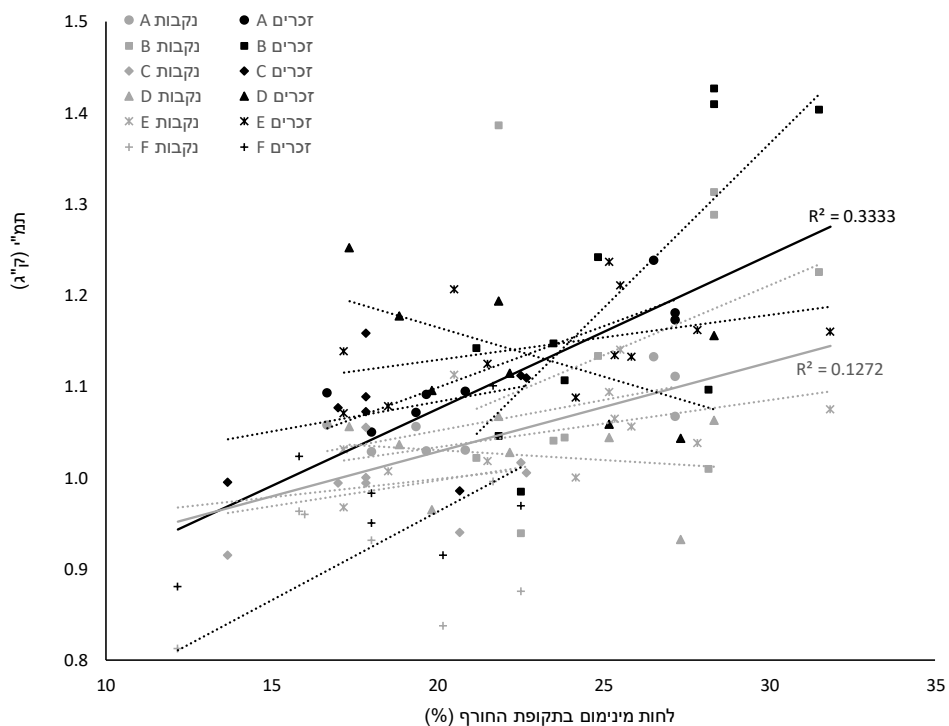
**איור 2.** קשר בין אחוז ההיריון של עגלות ופרות בעדרים השונים למידת החום (ממוצע טמפ' מקסימאלית יומית לאורך השנה). נקודות וקווים בצבעים מיצגים משקים שונים. קו שחור רציף מיצג מגמה בין העדרים (ערך  $R^2$  על גבי האיור).



**איור 3.** קשר בין אחוז גמילת עגלים (יחס ולדות גמולים לאימהות) בעדרים השונים למספר הימים החמים בחורף (SU30). נקודות וקווים בצבעים מיצגים משקים שונים. קו שחור רציף מיצג מגמה בין העדרים (ערך  $R^2$  על גבי האיור).



**איור 4.** קשר בין משקלי הגמילה של עגלים במרעה למידת החום (טמפ' מקס' יומית, שנתית). עדרים מיוצגים בסמנים שונים, זכרים בצבע שחור ונקבות בצבע אפור. קו שחור רציף מיצג מגמה בין זכרים וקו אפור מצג מגמה בין נקבות (ערכי  $R^2$  על גבי האיור).



**איור 5.** קשר בין תוספת המשקל היומית במרעה (תמ"י) של עגלים לאחוז הלחות בחודשי החורף (ממוצע לחות יומית מינימאלית בחודשים נוב'-אפר'). עדרים מיוצגים בסמנים שונים, זכרים בצבע שחור ונקבות בצבע אפור. קו שחור רציף מיצג מגמה בין עגלים זכרים בעדרים וקו אפור מצג מגמה בין נקבות (ערכי  $R^2$  על גבי האיור).

### השפעות אקלים על יצרנות עגלים במפטמה

כמו בעדרים במרעה, גם בבדיקת השפעות גורמי אקלים במפטמה, נמצאו מדדי עומס חום כבעלי הקשרים החזקים ביותר למדדי יצרנות. משקלי וגילאי היציאה מהמפטמה הממוצעים של זכרים הציגו קורלציה שלילית, וגבוהה מבין המדדים, לטמפי מיני יומית שנתית (טבלה א4, נספח א). למרות שונות גבוהה בערכים, בטווח שבין 20-5 מעלות (מיני יומי, כממוצע שנתי) נרשמה ירידה של עד 160 יום בגיל היציאה ( $R^2 = 0.61$ , איור 6), ושל עשרות ק"ג במשקל היציאה בממוצע ( $R^2 = 0.39$ ). ממצאים אלו באו לידי ביטוי גם במודל השלם שכלל את המשק המגדל (טבלה א5). נתוני הנקבות אשר כללו מדגם קטן יותר הראו קשרים דומים (טבלאות א4, א5).

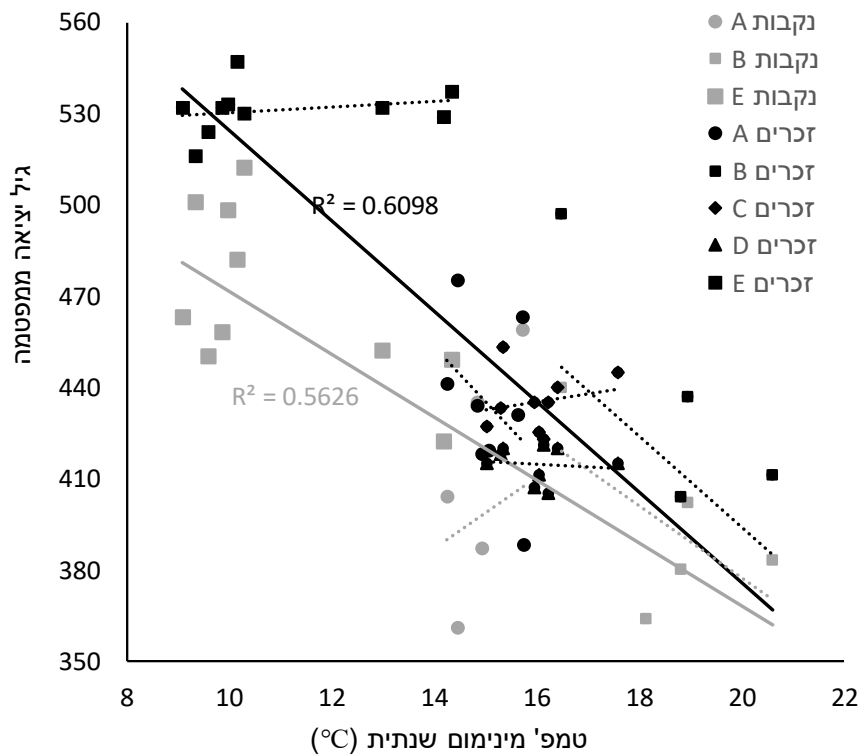
תוספת משקל יומית (תמ"י) של עגלים זכרים במפטמה הראתה קורלציה שלילית, גבוהה ביותר, לטמפי מקסי יומית שנתית ולטמפי מקסי יומית במהלך החורף. בטווח שבין 24-30 מעלות נראתה הפחתה של כ 20 ג' ליום בממוצע בין המשקים השונים (איור 7,  $R^2 = 0.29$ ). בנתוני התמ"י של עגלות נקבות שכללו פחות חזרות, נמצא קשר שלילי למדדי עומס חום (טבלאות א4, א5) וקשר חיובי למידת הלחות מינימאלית בחורף ( $R^2 = 0.43$ ).

אחוז יציאות מוקדמות ותמותה שנתית (יחסית) של עגלים במפטמה נמצאו כקשורות חיובית לטמפי מקסי יומית שנתית, ז"א עלו בשנים חמות והציגו קשר שלילי ללחות מקסי בחודשי החורף ז"א פחתו בחורפים לחים. בטווח שבין 24-30 מעלות נראתה עלייה ממוצעת של 9% באחוז תמותה במפטמה ( $R^2 = 0.26$ ). לצד עליה של 11% בסך היציאות מוקדמות של עגלים ועגלות מהמפטמה ( $R^2 = 0.18$ ).

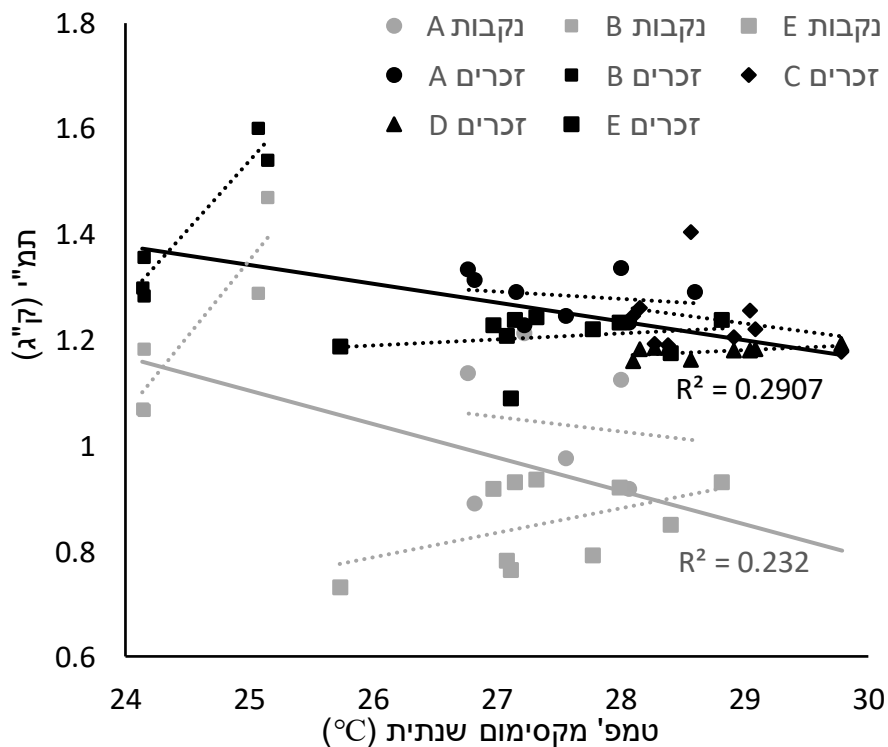
גיל הכניסה למפטמה של עגלים ועגלות ומשך הפיטום בימים, הושפעו מתנאי האתר, ונשמרו יציבים יחסית במשקים המגדלים. משך הפיטום הממוצע של עגלים נמצא ארוך יותר במשקים באזורים חמים, לפי מדד טמפי מקסי שנתית. קשר לינארי חיובי נמצא בין משך הפיטום נקבות ( $R^2 = 0.26$ ) וזכרים ( $R^2 = 0.26$ ) לטמפי מקסי שנתית.

בכלל המדדים שנבדקו במפטמה נמצאו הבדלים מובהקים בין משקי המוצא והבדלים אלו "מיסכו" את השפעת רוב מדדי האקלים, אשר לא נמצאו מובהקים בחלק מהמודלים שכללו את משק המוצא. בבחינת תרומת מדדי האקלים להסברת השונות ביצרנות ובמדדי פגיעה באמצעות מדד AICc נמצאו "מדדי עומס חום" בדגש על ערכי מינימום של טמפי, כבעלי התרומה הגבוהה ביותר לניבוי משקלי וגילאי יציאה ותוספות משקל, במודלים שכללו את משק הגידול (טבלה א6, נספח א).

מדדי לחות וגשם שנתי (ובתחילת החורף), הציגו תרומה גבוהה לניבוי תמותה ויציאות מוקדמות של עגלים ועגלות. מדד פיזור גשם (SDII לדוגמא) הציגו תרומה לתמ"י של עגלים ועגלות בשילוב עם מדדים נוספים (טבלה א6). להסברת המדדים משקל כניסה של עגלים ועגלות וגיל יציאה של עגלים זכרים, נמצא המשק המגדל (ללא תוספת מדדי אקלים) כמנבא הטוב ביותר (טבלה א6). בכל שאר המדדים במפטמה ובעדרים במרעה נמצאה תרומה של הגורמים האקלימיים לטיב הניבוי במודלים.



**איור 6.** קשר בין גיל היציאה של עגלים במפטמה (תמ"י) למידת החום (לטמפ' מיני יומית שנתית). מפטמות מיוצגות בסמנים שונים, זכרים בצבע שחור ונקבות בצבע אפור. קו שחור רציף מיצג מגמה בין עגלים זכרים בעדרים וקו אפור מצג מגמה בין נקבות (ערכי  $R^2$  על גבי האיור).



**איור 7.** קשר בין תוספת המשקל היומית של עגלים במפטמה (תמ"י) למידת החום (טמפ' מקסי יומית, שנתית). מפטמות שונות מיוצגות בסמנים שונים, זכרים בצבע שחור ונקבות בצבע אפור. קו שחור רציף מיצג מגמה בין עגלים זכרים בעדרים וקו אפור מצג מגמה בין נקבות (ערכי  $R^2$  על גבי האיור).

## דין

לתנאי האקלים השוררים במהלך השנה השפעה מעצבת על יצרנות העדרים במרעה ועל יצרנות עגלים במפטמה. שנים ממוזגות וחורפים לחים העלו את יצרנות ענפי הבקר והפחיתו מדדי נזק במשקים השונים. תוצאות המחקר חושפות השפעה ניכרת של מידת עומס החום במהלך השנה דרך מדדים שונים: טמפ' יומית מקס', לילות חמים, ימי עומס חום, על פוריות העדרים ויצרנות במפטמה. כמו כן עולה מתוצאות המחקר יתרון מובנה למשקים צפוניים ומשקים באזורים קרים לאורך תקופת החורף בגידול בקר במרעה.

### השפעות אקלים על יצרנות עדרים במרעה

בניתוח לבחינת השפעות גורמי האקלים על מדדי יצרנות בעדרים במרעה מצאנו השפעות שליליות מובחנות של תנאי החום והיובש בחודשי החורף על אחוזי ההתעברות, אחוזי ההמלטה ויחס העגלים הגמולים לפרות (אחוזי גמילה בעדרים). מידות החום, כממוצע טמפרטורה יומית מקסימאלית, נמצאו כמנבא המסביר ביותר להתעברות ולאחוזי המלטה בעדרים. הבדלי הטמפ' במדד הנ"ל כללו טווח רחב של תשע מעלות בין השנה הקרה ביותר לשנה החמה ביותר בין האזורים, ומעידים כי כל התחממות עתידית או עליה בתדירות אירועי חמסין תפגע ביצרנות העדרים בארץ. אחוזי הגמילה בעדרים פחתו בשנים חמות בכ-10% ונקשרו לממוצע טמפרטורה יומית מקסימאלית. אך ניבוי טוב יותר התקבל ממדד הימים החמים בחורף (SU30). מדד זה מתאר את עומס החום בתקופת ההמלטה וגידול העגלים במרעה ומהווה מדד פשוט בו ניתן להשתמש לערכת עומס חום בתקופה רגישה זו.

שלושת מדדים אלו משקפים את היתרון היחסי של העדרים הצפוניים המנוהלים באזורים ממוזגים יותר לאורך השנה בהשוואה לעדרים הדרומיים (איורים 2,3). ניתן לראות התבדלות של משקים בין תנאי אקלים ברמות היצרנות ופוריות העדר. הממצאים שלנו מרמזים כי התחממות עתידית ו/או עליה בימי חמסין הצפויה באזור (IPCC 2019) תשפיע בעיקר על העדרים באזורים החמים יותר בדגש על תנאי החום והלחות בתקופת החורף. תוצאות העבודה מראות כי משקים באזורים חמים הראו לאורך השנים אחוזי גמילה נמוכים יותר, בהשוואה למשקים באזורים קרירים יותר.

בשונה מאחוזי ההיריון והגמילה, תוספת המשקל של עגלים במרעה (תמ"י) הוסברה בצורה הטובה ביותר ע"י הלחות היומית המינימאלית בחודשי החורף. נראה קשר חיובי בין תמ"י של עגלים ועגלות שעלה עם העלייה במידת הלחות במהלך חודשי החורף והאביב. טווח הלחות שנמדד מנובמבר ועד אפריל מיצג משרעת לחות גבוהה בין שנים ומשקים בתקופת הגידול של העגלים במרעה. מדד זה נמצא בעבר כקשור לתנאי המרעה, למשל כמות ואיכות המרעית בשטח (Dovrat et al. 2020, 2021), בתקופת גידול העגלים במרעה.

באופן מפתיע, לכמות הגשם השנתית בשטחי המרעה נמצאה השפעה נמוכה, באופן יחסי למדדים האחרים, על מדדי היצרנות. אף על פי כן, מדדי פיזור גשם (למשל, R10), המתארים את כמות ימי הגשם ופיזור ימי הגשם נקשרו למדדי יצרנות שונים בעיקר לאחוזי הגמילה של עגלים ועגלות ולתוספת משקל יומית הקשורים לגידול בחורף. חשוב לציין כי החלוקה השנתית של המדדים האקלימיים בעבודה זו התבצעה על בסיס עונתי, כך ששנה אקלימית חושבה למעשה מספטמבר או נובמבר שבשנה שקדמה לה ועד לסוף אוגוסט או סוף ספטמבר (בהתאמה).

לצד השפעה מובחנת של המשק המגדל, מידת הלחות היומית המינימאלית השפיעה בצורה רוחבית על תוספת המשקל של עגלים במרעה. קרי, כלל המשקים, צפוניים ודרומיים, נפגעו



בחורפים יבשים לכדי ירידה של עד 35 גר' ליום בתוספת המשקל היומית של עגלים במרעה. ירידה משמעותית זו מגיעה כתוצאה משילוב של כמה גורמים: דלות המרעה המשפיעה על העגלים והאימהות, השפעה פיזיולוגית ישירה על בעלי החיים, התפשטות תחלואה, כנראה משמעותי מאחרים – גמילות מוקדמות בשנים שחונות.

מבין מדדי היצרנות שנבדקו, נמצאו שני דפוסים מובחנים להשפעות מדדי האקלים: השפעת גורם אקלימי כתלות במיקום הטופוגרפי של המשק (איור 2), והשפעת אקלים רוחבית על כלל המשקים (איור 5). דפוסים אלו מאירים את הרגישות של אתרי הגידול הדרומיים מחד, ומאידך, את הגורמים המשפיעים שנתית על יצרנות כלל הענף. עלייה בחום וירידה בלחות החזויה באזור אגן הים התיכון (IPCC 2019) בטווחים שנמצאו בעבודה זו, צפויה להפחית את יצרנות העדרים בשני העשורים הקרובים. כך למשל ירידה בלחות הממוצעת בחורף-אביב של 15% תביא לפחיתה של 20 גר' בממוצע בתוספת המשקל היומית של עגלים עד גמילה.

#### השפעות אקלים על יצרנות עגלים במפטמה

הממצאים שלנו הראו הבדלים גדולים בין המשקים לצד השפעות אקלים על תוספות משקל ומדדי נזק. שנים חמות הפחיתו את היצור במפטמה ושנים ואזורים קרים הדגישו את הפוטנציאל היצרנות של בעלי החיים. תוספת משקל יומית של עגלים ושל עגלות נשמרה ברמת המשקים אך הייתה גבוהה יותר באזורים קרים. פערים אלו הגיעו להבדלים של עד 20 גר' ליום בעליית המשקל של העגלים לאורך תקופת הגידול.

הבדלים בין המשקים בלטו בגיל המכירה של עגלים ועגלות כאשר באזורים ממוזגים יותר עגלים נמכרו בגיל מאוחר יותר, כנראה בשל יעילות גבוהה יותר בפיטום. גיל המכירה מהמפטמה ומשקל יציאה נקבעות ע"י החלטות המגדלים, אך גם אלו מושפעות, כפי שמשקף מהתוצאות, מתנאי האקלים. ניתן לקשור לכך השפעות ישירות כמו קצב גידול ותוספות משקל, והשפעות עקיפות כמו עלויות מזון, סכנת תחלואה וירידה באיכות ובדירוג העגלים שנמכרים מהמפטמה.

במקרה של עגלים מעורבים המגיעים למפטמה (מהעדר במרעה), חורף קר וארוך יעלה את משך הגידול במרעה ואת גיל הכניסה למפטמה ובהמשך עשוי להעלות גם את גיל העגלים במפטמה או לקצר את משך הפיטום. העבודה שלנו מראה הבדלים בין המשקים: שמירה על גיל מכירה קבוע בחלק מהמשקים מול שינויים בין השנים במשקים אחרים. יש לזכור כי הנתונים אותם סיכמנו ונתחנו הם ממוצעים שנתיים, שיכולים לערפל הבדלים ממשקיים כמו גיל ומשקל יציאה מהמשק. במחקר מצאנו קורלציה גבוהה בין מדדי אקלים שונים שנבדקו. קורלציה בין מדדי עומס חום שונים (למשל ימי עומס חום, וטמפ' מקס) מתבקשת, אך קשרים חזקים נמצאו בין מדדי לחות גשם וטמפ' שונים. קשרים כאלו הם טבעיים במערכת בה עונתיות חזקה, כמו במערכת הים תיכונית העונתית בישראל. לכן ברירת מדדים, כפי שנעשה בעבודה זו, יכולה לסייע בחיפוש אחר מדדי אקלים המתארים את התנאים האקלימיים הכלליים בחורף/לאורך השנה, כמנבאים מיטביים של מדדי יצרנות. ולאו דווקא לבחינת השפעה ישירה של הממד עצמו.

יש לציין כי קורלציה בין שני מדדים, גם שהיא חזקה ומבהקת אינה בהכרח מעידה על קשר ישיר בין המדדים, היא יכולה להעיד על קשר דרך משוב עם גורם שלישי, או דרך מסלול סבוב יותר. למרות זאת, מגמות שנשמרו בקשרים שבין מדדי יצרנות לבין מדדי אקלים שונים, המעידים על התנאים בחורף ועל עומס החום, מחזקות את הקשר בין קבוצות המדדים. כמו כן, למרות הבדלים ברורים ביצרנות של המשקים שנבדקו (בעדרים ובמפטמות), נשמרה מגמה בקשר שבין תנאי האקלים ליצרנות, ממצא המחזק את הערכה שלנו לתלות שבין יצרנות ותנאי אקלים.

בשונה מעדרים במרעה שם מרווח ההתערבות האפשרי במיתון תנאי סביבה הוא נמוך, היכולת להתערב במיתון תנאי אקלים במפטמה גבוהה יותר. הממצאים שלנו מרמזים כי שיפור תנאים במפטמה יעלה יצרנות באזורים חמים ובתקופת הקיץ. פתרונות אוורור, צינון (התזה/ערפול ואוורור) והגבהת סככות יכולים לשפר את היצרנות במפטמה. ידע שנצבר בצינון פרות במשק החלב יכול לסייע בהכוונת פתרונות צינון ובבדיקת הכלכליות שלהם עבור גידול בקר במפטמה. במסגרת עבודה זו סוכם בסיס נתונים נרחב למדדי הבקר והאקלים במשקים השונים. נעשה מאמץ לרכז נתוני עדרים וקבוצות, במשקים גדולים ומסודרים, לכדי ממוצעים שנתיים. משימה זו לא הייתה פשוטה, בישראל ישנו מחסור בתיעוד מסודר של ואחיד של ביצועי בקר בעדרים במרעה ומפטמות ואין משקים רבים השומרים על תיעוד אירועים רציף. למרות שמשקים שונים עושים שימוש בתוכנת "נעה" בחלק מהמשקים השימוש הזה מוגבל או חלקי, ותיעוד מתבצע עדיין ביומנים ומחברות. האשמה בכך אינה רק במגדלים. קיים צורך בתוכנה בעלת ממשקים קלים וזמינים יותר עם גישה מהירה גם בשטח (אפליקציה לטלפון) והתאמה למשתמשים חסרי ניסיון. תוכנה כזו תסייע קודם כל למגדלים בניהול העדר והערכת תפקודו ותעזור גם לנו בהערכות מסוג זה.

#### **הבעת תודה**

אני רוצה להודות מקרב לב לכל המגדלים והחוקרים שסייעו בעבודת מחקר זו. תודה רבה לגל פלג על העזרה החשובה באיסוף נתוני המגדלים, ליעל פינטו על עזרתה הרבה באיסוף וסיכום מדדי האקלים, לנטע גולדנברג אגיון ואבתהאל אבו ראס שסייעו בעבודה על הנתונים. ולבסוף, רבה תודה למועצת החלב על התמיכה במחקר זה.

- Black E. 2009. The impact of climate change on daily precipitation statistics in Jordan and Israel. *Atmospheric Science Letters* 10: 192-200.
- Dato DG, Pellizzaro G, Cesaraccio C, et al. 2008. Effect of warmer and drier climate conditions on plant composition and biomass production in a Mediterranean shrubland community. *Forest - Biogeosciences and Forestry* 1: 39-48.
- Dovrat G, Meron E, Shachak M. et al. 2020. Functional reorganization and productivity of a water-limited annual plant community. *Plant Ecology* 221: 191–204.
- Dovrat G, Sheffer E, Landau SY, Deutch T, Gorelik H, Henkin Z. 2021. Can Grazing Moderate Climatic Effects on Herbage Nutritional Quality? *Agronomy*. 11(4): 700.
- Gauly M, Bollwein H, Breves J G, Brügemann K, et al.. 2013. Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe—a review. *Animal* 7: 843-859.
- Golodets C, Sternberg M, Kigel J, et al. (2013). From desert to Mediterranean rangelands: will increasing drought and inter-annual rainfall variability affect herbaceous annual primary productivity? *Climatic Change*, 119: 785-798.
- Henkin Z, Perevolotsky A, Ungar ED, et al. 2020. Transition trends in herbaceous productivity and quality based on long-term experiment in the Eastern Galilee. *Ecology and environment*, 40: 38-46.
- IPCC 2019. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policy-makers/>.
- Kafle HK, and Bruins HJ. 2009. Climatic trends in Israel 1970–2002: Warmer and increasing aridity inland. *Climatic Change* 96: 63-77.
- Kelly AE, and Goulden ML. 2008. Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. *PNAS* 105: 11823-11826.
- Kochy M, Mathaj M, Jeltsch F, and Malkinson D. 2008. Resilience of stocking capacity to changing climate in arid to Mediterranean landscapes. *Regional Environmental Change* 8: 73-87.
- Olwoch JM, Reyers B, Engelbrecht FA, and Erasmus BFN. 2008. Climate change and the tick-borne disease, Theileriosis (East Coast fever) in sub-Saharan Africa. *Journal of Arid Environments* 72: 108-120.
- Peñuelas J, Filella I, and Comas P. 2002. Changed plant and animal life cycle from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 8: 531-544.
- Trouwborst A, Krofel M, and Linnell JD. 2015. Legal implications of range expansions in a terrestrial carnivore: the case of the golden jackal (*Canis aureus*) in Europe. *Biodiversity and Conservation* 24 2593-2610.
- Turco M, Levin N, Tessler N, Saaroni H. 2017. Recent changes and relations among drought, vegetation and wildfires in the Eastern Mediterranean: The case of Israel. *Global and Planetary Change* 151: 28-35.
- Weltzin JF, Loik ME, Schwinning S, et al. 2003. Assessing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation. *BioScience* 53: 941-952.
- Yosef Y, Aguilar E, Alpert P. 2019. Changes in extreme temperature and precipitation indices: using an innovative daily homogenized database in Israel. *International Journal of Climatology* 39: 5022-5045.

## נספח א'

טבלה 1א. בחינת הקשרים שבין מדדי יצרנות (ופגיעה) בעדרים במרעה לבין מדדי אקלים. קורלציות לינאריות בין מדדי מפתח שנבדקו. קורלציות שליליות מעידות על קשר שלילי.

Variable	Index	Explanation	Pearson Correlation	P	N
אחוז הריון	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.495	***	68
	T_maxW	טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	-0.456	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.456	***	68
	SU35	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°	-0.316	*	68
	T_minY	טמפי מיני יומית שנתית	-0.278	*	68
אחוז המלטה	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.421	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.363	**	68
	T_maxW	טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	-0.325	*	68
אחוז גמילה	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.565	***	68
	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.428	***	68
	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.398	***	68
	SU35	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°	-0.345	**	68
	R10	מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.34	**	68
גיל גמילה זכרים	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	0.671	***	68
	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.661	***	68
	TR20		-0.457	***	68
	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.426	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.425	***	68
גיל גמילה נקבות	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.677	***	68
	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	0.661	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.492	***	68
	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.48	***	68
	R10	מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.427	***	68
משקל גמילה זכרים	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.694	***	68
	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	0.651	***	68
	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.615	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.596	***	68
	R10	מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.482	***	68
משקל גמילה נקבות	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.722	***	68
	H_max	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	0.664	***	68
	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	-0.619	***	68
	SU30	מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	-0.604	***	68

	R10	מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.517	***	68
תמ"י זכרים	H_minW	לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	0.577	***	54
	Rain_year	כמות גשם שנתית	0.395	**	54
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 30°	-0.377	**	54
	T_maxY	טמפ' מקס' יומית שנתית	-0.353	*	54
	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.348	*	54
תמ"י נקבות	R10	מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.328	*	54
תמ"י עדר	H_minW	לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	0.457	***	108
	Rain_year	כמות גשם שנתית	0.312	*	108
	R10	מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	0.312	*	108
	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.269	*	108
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 30°	-0.259	*	108
תמותת פרים	T_minY	טמפ' מיני יומית שנתית	-0.468	***	54
	T_minW	טמפ' מיני יומית בחודשי החורף	-0.326	*	54
	TR20	לילות חמים בחורף	-0.278	*	54
איבוד הרינונות	TR20	לילות חמים בחורף	-0.332	*	68
	T_minW	טמפ' מיני יומית בחודשי החורף	-0.288	*	68
	T_minY	טמפ' מיני יומית שנתית	-0.281	*	68
	H_maxW	לחות ממוצעת יומית בחודשי החורף	0.263	*	68
	H_year	לחות ממוצעת יומית שנתית	0.257	*	68

**טבלה 2.** ניתוחי שונות רב גורמיים לבחינת השפעה של המשק ומדדי האקלים על מדדי יצרנות בעדרים במרעה. מוצגים מודלים בהם מדדי האקלים נמצאו מובהקים. בכלל מדדי העדרים נמצאה השפעה מובהקת של המשק.

Variable	Factor	df	F	P
תמ"י זכרים	משק	5	8.88	**
	H_minW	1	2.31	*
משקל גמילה בעדר	משק	5	23.38	***
	מין	1	8.91	**
	מין×משק	5	0.64	ns
	T_maxY	1	5.24	*
גיל גמילה בעדר	משק	5	34.9	***
	מין	1	0.34	ns
	מין×משק	5	0.32	ns
	T_maxY	1	3.75	*
תמ"י בעדר	משק	5	4.25	***
	מין	1	29.26	***
	מין×משק	5	2.01	ns
	H_minW	1	11.87	*

**טבלה 3.** מבחני טיב ניבוי למודלים לינאריים לבחינת ההשפעה של המשק וגורמי האקלים על מדדי יצרנות בעדרים במרעה, באמצעות מדד אקיאקי מתוקן לגודל מדגם (Akaike information criterion corrected for a small sample size AICc) אשר שימש להשוואת חוזק מודלים חלופיים מתחרים. במקרים בהם לא היתה קורלציה בין מדדי האקלים נבדקה ההשפעה המשולבת של שני מדדים. גורמים בלתי-תלויים מסודרים מהגבוה לנמוך מול כל מדד יצרנות.

Variable	Factors	Explanation	AICc	ΔAICc
אחוז הרינון	Far+T_minY+T_maxY	משק, טמפ' מיני יומית שנתית, טמפ' מקס' יומית שנתית	130.452	0.00

	Far+T_minY+SU30	משק, טמפי מיני יומית שנתית, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	130.652	0.2
	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	132.99	2.538
	Far+T_maxY	משק, טמפי מקסי יומית שנתית	133.2	2.748
	Far+T_minW	משק, טמפי מיני יומית בחודשי החורף	133.24	2.788
	Far	משק	135.6	5.148
אחוז המלטה	Far+T_maxY	משק, טמפי מקסי יומית שנתית	172.62	0.00
	Far+T_maxW	משק, טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	172.68	0.06
	Far	משק	175.26	2.64
	Far+SU30	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	176.9	4.28
אחוז גמילה	Far+SU35+H_max	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°, לחות ממוצעת יומית בחודשי החורף	165.99	0.00
	Far+SU35+rain_9_10	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°, כמות גשם בתחילת החורף	168.16	2.16
	Far+SU35	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°, לחות ממוצעת יומית בחודשי החורף	168.53	2.54
	Far+H_max	משק, לחות ממוצעת יומית בחודשי החורף	168.63	2.64
	Far+SU30	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	169.78	3.79
	Far	משק	171.09	5.1
גיל גמילה זכרים	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	637.999	0.00
	Far	משק	638.881	0.882
	Far+R10+T_minY	משק, מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם, טמפי מיני יומית שנתית	639.961	1.962
	Far+R10	משק, מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	640.33	2.331
	Far+SU30+T_minY	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°, טמפי מיני יומית שנתית	640.571	2.572
	Far+T_maxW	משק, טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	640.869	2.87
גיל גמילה נקבות	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	645.532	0.00
	Far	משק	646.957	1.425
	Far+T_minY+H_Year	משק, טמפי מיני יומית שנתית, לחות ממוצעת יומית שנתית	647.662	2.13
	Far+R10+T_minY	משק, מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם, טמפי מיני יומית שנתית	647.817	2.285
	Far+R10	משק, מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם,	648.778	3.246
	Far+H_year	משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	649.016	3.484
משקל גמילה זכרים	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	630.108	0.00
	Far	משק	630.967	0.859
	Far+T_minY+H_Year	משק, טמפי מיני יומית שנתית, לחות ממוצעת יומית שנתית	631.718	1.61

	Far+R10+T_minY	משק, מסי ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם, טמפי מיני יומית שנתית	632.366	2.258
	Far+H_year	משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	632.522	2.414
	Far+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	633.264	3.156
משקל גמילה נקבות	Far	משק	622.652	0.00
	Far+T_maxW	משק, טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	623.213	0.561
	Far+T_minW	משק, טמפי מיני יומית בחודשי החורף	623.234	0.582
	Far+H_year	משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	623.61	0.958
	Far+T_maxY	משק, טמפי מקסי יומית שנתית	624.227	1.575
	Far+SU30	משק, מסי ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	624.411	1.759
	תמ"י זכרים	Far+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	68.57
Far+TR20		משק, לילות חמים בחורף- טמפי $\leq 20^\circ$	68.6	0.03
Far+H_year		משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	69.67	1.1
Far+TR20+H_minW		משק, לילות חמים בחורף- טמפי $\leq 20^\circ$ , לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	69.713	1.143
Far		משק	71.21	2.64
Far+H_minW		משק, לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	71.89	3.32
תמ"י נקבות		Far+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	71.051
	Far+H_year	משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	71.083	0.032
	Far+TR20	משק, לילות חמים בחורף- טמפי $\leq 20^\circ$	71.937	0.886
	Far	משק	73.68	2.629
תמותת פרים	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	119.8	0.00
	Far+T_minW	משק, טמפי מיני יומית בחודשי החורף	119.87	0.07
	Far+TR20	משק, לילות חמים בחורף- טמפי $\leq 20^\circ$	120.43	0.63
	Far	משק	122.56	2.76
איבודי הריונות	Far+T_minY+H_year	משק, טמפי מיני יומית שנתית, לחות ממוצעת יומית שנתית	174.03	0.00
	Far+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	176.33	2.3
	Far+H_year	משק, לחות ממוצעת יומית שנתית	176.72	2.69
	Far+T_minW	משק, טמפי מיני יומית בחודשי החורף	176.92	2.89
	Far+TR20	משק, לילות חמים בחורף- טמפי $\leq 20^\circ$	177.16	3.13
	Far	משק	178.93	4.9

**טבלה 4א.** בחינת הקשרים שבין מדדי יצרנות (ופגיעה) של עגלים במפטמה, לבין מדדי אקלים. מוצגות קורלציות לינאריות בין מדדי מפתח שנבדקו. קורלציות שליליות מעידות על קשר שלילי.

Variable	Index	Explanation	Pearson Correlation	P	N
גיל כניסה למפטמה - זכרים	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	-0.609	***	42
	Rain_year	גשם שנתי	0.528	***	42
	T_maxW	טמפי' מקסי' יומית בחודשי החורף	-0.515	***	42
	Rain_Sep_Dec	גשם ספט' עד דצמ'	0.499	***	42
	T_minY	טמפי' מיני' יומית שנתית	-0.427	**	42
משקל כניסה למפטמה - זכרים	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	-0.737	***	45
	Rain_year	גשם שנתי	0.658	***	45
	T_maxW	טמפי' מקסי' יומית בחודשי החורף	-0.654	***	45
	Rain_Sep_Dec	גשם ספט' עד דצמ'	0.608	***	45
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפי' מעל 30°	-0.581	***	45
גיל יציאה מהמפטמה - זכרים	T_minY	טמפי' מיני' יומית שנתית	-0.781	***	41
	TR20	משק, לילות חמים בחורף-טמפי' ≤ 20°	-0.501	***	41
משקל יציאה מהמפטמה - זכרים	T_minY	טמפי' מיני' יומית שנתית	-0.629	***	41
	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	0.757	***	41
משך פיטום - זכרים	T_maxW	טמפי' מקסי' יומית בחודשי החורף	0.631	***	41
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפי' מעל 30°	0.61	***	41
	Rain_year	גשם שנתי	-0.598	***	41
	Rain_Sep_Dec	גשם ספט' עד דצמ'	-0.541	***	41
	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	-0.539	***	41
תמ"י זכרים	T_maxW	טמפי' מקסי' יומית בחודשי החורף	-0.454	**	41
	Rain_Sep_Dec	גשם ספט' עד דצמ'	0.41	*	41
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפי' מעל 30°	-0.402	*	41
	SDII	כמות גשם שנתית כללית לכמות ימי גשם	0.352	*	41
	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	0.503	***	41
אחוז תמותה - זכרים	T_maxW	טמפי' מקסי' יומית בחודשי החורף	0.459	**	41
	Rain_year	גשם שנתי	-0.427	**	41
	R10	מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	-0.414	*	41
	Rain_Sep_Dec	גשם ספט' עד דצמ'	-0.404	*	41
	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי' יומית בחודשי החורף	0.461	*	21
משקל כניסה למפטמה - נקבות	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי' יומית בחודשי החורף	0.529	*	21
	T_maxY	טמפי' מקסי' יומית שנתית	0.492	*	21
גיל יציאה מהמפטמה - נקבות	SU35	מס' ימים בחורף בהם הטמפי' מעל 35°	0.541	*	21



	H_Year	לחות שנתי	-0.546	*	21	
	T_minY	טמפי מיני יומית שנתית	-0.75	***	21	
משקל יציאה מהמפטמה - נקבות	SU35	מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°	0.535	*	21	
משך פיטום - נקבות	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	0.578	*	21	
	SU35	מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°	0.478	*	21	
	T_maxW	טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	0.475	*	21	
	T_minY	טמפי מיני יומית שנתית	-0.456	*	21	
	SU30	מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	0.436	*	21	
	תמ"י נקבות	H_minW	לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	0.659	***	21
TR20			0.65	***	21	
T_minY		טמפי מיני יומית שנתית	0.589	**	21	
T_minW		טמפי מיני יומית בחודשי החורף	0.575	*	21	
T_maxY		טמפי מקסי יומית שנתית	-0.482	*	21	
אחוז תמותה - נקבות		H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	-0.465	*	21
		Rain_year	גשם שנתי	-0.445	*	21
אחוז תמותה בעדרים - זכרים + נקבות	T_maxY	טמפי מקסי יומית שנתית	0.508	***	41	
	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	-0.508	***	41	
	T_maxW	טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	0.477	**	41	
	Rain_year	גשם שנתי	-0.45	**	41	
	R10	מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	-0.445	**	41	
	אחוז יציאות מוקדמות בעדר	H_maxW	לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	-0.503	***	41
Rain_year		גשם שנתי	-0.436	**	41	
T_maxW		טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	0.433	**	41	
T_maxY		טמפי מקסי יומית שנתית	0.427	**	41	
Rain_Sep_Dec		גשם ספט' עד דצמ'	-0.396	*	41	

**טבלה 5א.** ניתוחי שונות רב גורמיים לבחינת השפעה של המשק ומדדי האקלים על מדדי יצרנות של עגלים במפטמה. מוצגים מודלים בהם מדדי האקלים נמצאו מובהקים. בכלל מדדי המפטמות נמצאה השפעה מובהקת של המשק.

Variable	Factor	df	F	P
משקל יציאה זכרים	משק	4	7.16	***
	T_minY	1	6.19	*
משך פיטום זכרים	משק	4	45.31	***
	SU30	1	10.62	*
משך פיטום נקבות	משק	4	5	*
	T_minY	1	5.74	*
אחוז יציאות מוקדמות בעדר	משק	4	6.14	***
	H_maxW	1	7.02	*
אחוז תמותה בעדר	משק	4	6.14	**
	H_maxW	1	7.02	*

**טבלה 6.** מבחני טיב ניבוי למודלים לינארים לבחינת השפעת המשק וגורמי האקלים, על מדדי יצרנות במפטמה, באמצעות מדד אקיאקי מתוקן לגודל מדגם ( Akaike information criterion corrected for a small sample size AICc) אשר שימש להשוואת חוזק מודלים חלופיים מתחרים. במקרים בהם לא היתה קורלציה בין מדדי האקלים נבדקה ההשפעה המשולבת של שני מדדים. הגורמים בלתי-תלויים מסודרים מהגבוה לנמוך מול כל מדד יצרנות.

Variable	Factors	Explanation	AICc	$\Delta AICc$
גיל כניסה למפטמה- זכרים	FAR+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	363.782	0
	FAR	משק	365.109	1.327
	FAR+T_minY+Rain_year	משק, טמפי מיני יומית שנתית, גשם שנתי	365.222	1.44
	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	365.955	2.173
	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	366.879	3.097
	FAR+T_maxY+T_minY	משק, טמפי מקסי יומית שנתית, טמפי מיני יומית שנתית	366.886	3.104
משקל כניסה למפטמה- זכרים	FAR	משק	356.573	0
	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	357.022	0.449
	FAR+R10	משק, מס' ימים בשנה בהם ירדו יותר מ 10 מ"מ גשם	357.334	0.761
	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	358.782	2.209
	FAR+SDII		358.9	2.327
	FAR+Rain_Sep_Dec	משק, גשם ספטי עד דצמי	359.123	2.55
גיל יציאה מהמפטמה- זכרים	FAR	משק	388.619	0
	FAR+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	390.955	2.336
	FAR+TR20	משק, לילות חמים בחורף- טמפי $20^{\circ} \leq$	391.86	3.241
משקל יציאה מהמפטמה- זכרים	FAR+T_minY	משק, טמפי מיני יומית שנתית	405.436	0
	FAR	משק	406.476	1.04
משך פיטום- זכרים	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°	412.187	0
	FAR	משק	413.371	1.184
	FAR+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	413.785	1.598
	FAR+SU30+Rain_Sep_Dec	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 30°, גשם ספטי עד דצמי	414.448	2.261
	FAR+SDII		415.024	2.837
	FAR+SU30+SDII		415.19	3.003
תמ"י זכרים	FAR+T_maxW	משק, טמפי מקסי יומית בחודשי החורף	94.511	0
	FAR+SU35	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל 35°	94.585	0.074
	FAR+T_minW	משק, טמפי מיני יומית בחודשי החורף	94.627	0.116
	FAR+Rain_Sep_Dec	משק, גשם ספטי עד דצמי	94.887	0.376

	FAR+SDII		95.206	0.695
	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 30°	95.317	0.806
אחוז תמותה זכרים	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	156.198	0
	FAR+Rain_Sep_Dec	משק, גשם ספט' עד דצמ'	156.412	0.214
	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 30°	156.513	0.315
	FAR+T_maxY	משק, טמפ' מקס' יומית שנתית	156.685	0.487
	FAR+T_maxW	משק, טמפ' מקס' יומית בחודשי החורף	157.181	0.983
	FAR	משק	159.092	2.894
גיל כניסה למפטמה- נקבות	FAR	משק	200.46	0
	FAR+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקס' יומית בחודשי החורף	203.692	3.232
משקל כניסה למפטמה- נקבות	FAR	משק	197.003	0
	FAR+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקס' יומית בחודשי החורף	200.494	3.491
גיל יציאה מהמפטמה- נקבות	FAR+T_minY	משק, טמפ' מינ' יומית שנתי	213.905	0
	FAR+SU35	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 35°	214.151	0.246
	FAR	משק	214.37	0.465
	FAR+T_maxY	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 35°	215.273	1.368
	FAR+H_Year	משק, לחות שנתי	215.852	1.947
	FAR+T_maxY+T_minY	משק, טמפ' מקס' יומית שנתית, טמפ' מינ' יומית שנתית	216.17	2.265
משקל יציאה מהמפטמה- נקבות	FAR+SU35	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 35°	222.439	0
	FAR	משק	230.237	7.798
משך פיטום- נקבות	FAR+T_minY	משק, טמפ' מינ' יומית שנתי	222.89	0
	FAR+T_minY+SU35	משק, טמפ' מינ' יומית שנתית, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 35°	224.673	1.783
	FAR	משק	225.502	2.612
	FAR+T_minY+T_maxY	משק, טמפ' מינ' יומית שנתית, טמפ' מקס' יומית שנתית	225.729	2.839
	FAR+SU35	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפ' מעל 35°	225.753	2.863
	FAR+T_maxY	משק, טמפ' מקס' יומית שנתית	226.938	4.048
תמ"י נקבות	FAR+SDII+T_minW	משק, יחס כמות לימי גשם, טמפ' מינ' בחורף	15.651	0
	FAR+SDII+H_minW	משק, יחס כמות לימי גשם, טמפ' מינ' בחורף	16.045	0.394
	FAR+SDII	משק, יחס כמות לימי גשם	19.09	3.439
	FAR+T_minW	משק, טמפ' מינ' יומית בחודשי החורף	19.349	3.698

	FAR+H_minW	משק, לחות ממוצעת מיני יומית בחודשי החורף	19.541	3.89
	FAR+TR20	משק, לילות חמים בחורף- טמפי $20^{\circ} \leq$	19.609	3.958
אחוז תמותה -נקבות	FAR+H_maxW	משק, לחות ממוצעת מקסי יומית בחודשי החורף	68.403	0
	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	69.847	1.444
	FAR	משק	71.876	3.473
אחוז תמותה - בעדרים + זכרים נקבות	FAR+SU35+Rain_Sep_Dec	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $35^{\circ}$ , גשם ספטי עד דצמי	151.959	0
	FAR+SU35+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $35^{\circ}$ , מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $30^{\circ}$	152.674	0.715
	FAR+SU35	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $35^{\circ}$	154.84	2.881
	FAR+Rain_Sep_Dec	משק, גשם ספטי עד דצמי	154.985	3.026
	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	155.046	3.087
	FAR	משק	157.704	5.745
	FAR+SU30+Rain_Sep_Dec	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $30^{\circ}$ , גשם ספטי עד דצמי	144.41	0
יציאות מוקדמות מעדר	FAR+T_maxY	משק, טמפי מקסי יומית שנתית	145.519	1.109
	FAR+Rain_Sep_Dec	משק, גשם ספטי עד דצמי	145.881	1.471
	FAR+Rain_year	משק, גשם שנתי	145.899	1.489
	FAR+SU30	משק, מס' ימים בחורף בהם הטמפי מעל $30^{\circ}$	146.002	1.592
	FAR	משק	148.018	3.608