

# פיתוח מודל ומכשור לשימוש במדד קצב הנשימה להערכת עומס חום בבקר

## לחלב

דו"ח לתוכנית מחקר 870-1292-04

מאורי רוזן, הלל מלכא,

ישראל פלמנבאום ועזרא שושני

### מבוא

עקת חום בבקר מביאה לירידה ביצור. כבר בעבר הוצע כי אינדקס טמפרטורה – לחות (THI) יכול לשמש להערכת עקת החום הסביבתית. למרות שאינדקס זה יכול לשמש כמחווך חשוב כאשר עקת חום מתרחשת, הוא אינו מודד את עקת החום האמיתית של הבקר. עקת חום מתרחשת כאשר הבקר אינו מסוגל להפיג חום במידה כזו שיוכל לשמור על טמפרטורת גוף נורמטיבית. עשוי להיות מצב שבו בקר לא יחווה עקת חום למרות שאינדקס טמפי' לחות עומד על רמה הגבוהה מ72 יח' (גבול הנוחות התרמית). בכדי למדוד זאת יש לבצע מדידת טמפרטורת גוף. מדידת טמפרטורת גוף כרוכה במשאבי זמן וכוח אדם. לכן, חשוב לחפש מדדים אחרים המאפשרים מעקב אחר עקת חום שלא באמצעות מדידת טמפרטורה רקטלית. איבוד חום נשימתי היא אחת מהדרכים החשובות של איבוד חום בבקר. מדידת קצב הנשימה (RR) הינה דרך קלה למעקב אחר מצבה התרמי של הבהמה. כמו כן, מדידת RR יכולה לשמש כמדד פיסיוולוגי רב ערך בתוספת למדדים אחרים כגון: טמפי' סביבה, לחות יחסית, עוצמת הקרינה ותנועת אוויר להערכת רמת עומס החום בבקר.

שימוש ב RR בניסויים עם בקר הנמצא בעומס חום יכולים לשמש את המגדלים בהכרת ההתנהגות תחת עקת חום ולשפר את ממשק הקלת עומס החום. מחקרים שונים מצביעים על עלייה ב RR עם העלייה בעומס החום. שימוש ב RR בצורה פשוטה יכול לעזור לזהות בע"ח רגישים לעומס חום ולטפל באלה. טיפול כזה עשוי להקטין את נזקי עומס החום בעדר החלב ובמפטמה. מדידות קצב נשימה בישראל נעשו בד"כ באמצעות מעקב ויזואלי אחר תנועת הכסליים (ספירה). מדידה כזו אינה מדויקת מספיק ודורשת עבודה רבה (אם רוצים לשמור על רצף ותדירות מדידה גבוהה). ניתן לבנות מכשיר שימדוד קצב נשימה רציף באופן אוטומטי ולהגביר את תדירות המדידות. כתוצאה מכך ניתן יהיה לנתח את התגובה לעומס חום בצורה דינאמית ולהפחית העבודה הכרוכה בכך.

### מטרות העבודה

לפתח כלי פשוט לניטור קצב נשימה בבקר. הכלי שיבנה ישמש בביצוע ניסויים בהפגת חום בבקר. כמו כן, ללמוד על הקשר קצב נשימה וטמפרטורה רקטלית בכדי לפתח מודל קצב נשימה – עקת חום בבקר שימנע את הצורך במדידת טמפרטורה רקטלית בעת ביצוע תצפיות עומס חום.

### חומרים ושירותים

נבנתה מערכת מכאנית לניטור קצב נשימה (תמונה 1). המערכת בנויה משני מרכיבים עיקריים: רגש לחץ ומערכת רצועות המשמרת מתח ומקבעת את הרגש במקומו. הרגש בנוי מערכה הומאנית למדידת לחץ דם וכולל שעון (מד לחץ) שהוסב באמצעות מערך רצועות למדידת שינויים בנפח בית החזה. המכשיר שימש למדידת קצב נשימה בפרות התצפית.

נבחרו 2 משקי חלב במושב רמת צבי

1. משק בקר לחלב תחת משטר צינון אינטנסיבי בחצר ההמתנה וללא צינון בסככת הרביצה.
  2. משק בקר לחלב בעל צינון מינימאלי בסככת הרביצה וללא משטר צינון אינטנסיבי בחצר ההמתנה.
- נבחרו פרות חלב מאפיינות ודומות (על פי מרחק מהמלטה ורמת תנובה) בשני המשקים..  
ביום התצפית נאספו נתוני קצב הנשימה, עמס החום וטמפי עור ורקטלית.  
הותקנו אוגרים אלקטרוניים למדידת טמפרטורת האוויר והלחות היחסית ונבחר יום לביצוע התצפית שהיה חם ולח במיוחד. נתוני עומס חום לאורך כל היום, נתוני קצב נשימה וטמפרטורה רקטלית נאספו בשלושה מועדים: בוקר,צהריים וערב.  
עם סיום התצפית נערך ניתוח סטטיסטי של כלל הנתונים באמצעות מודל GLM בתוכנת ה JMP. נלמדו הקשרים בין תנאי הסביבה ונתוני היצור להערכת קצב הנשימה כמדד בשיפור ממשק הצינון.

### תמונה 1 – מכשיר מכאני שניבנה לצורך מעקב אחר קצב הנשימה בתצפית



### תוצאות

#### רמת היצור במשקי התצפית

לצורך השוואת התנאים בתצפית נעשה ניסיון לבחור פרות דומות בשני המשקים הן מבחינת התנובה והן מבחינת מספר תחלובה וימים מתחילת התחלובה. ממוצע פשוט שחושב הצביע על 36.02 ו 36.72 ליטר ליום במשק 1 ו 2 בהתאמה. כפי שאפשר לראות מתוך טבלה 1 הפרות שנבחרו לא נבדלו בצורה מובהקת במספר התחלובה וימי התחלובה. אולם, היות ולמספר התחלובה ולמשך התחלובה יש השפעה מובהקת על התנובה נערך ניתוח רב גורמי שתיקן את ממוצעי התנובה לשני הגורמים כמתואר בטבלה 2.

**טבלה 1 תנובת החלב הממוצעת ליום בשני משקי התצפית**

מובהקות	שגיאת תקן	2	1	משק
P=0.548	0.234	2.9	3.1	תחלובה מספר
P=0.085	16.6	104	145	ימים בתחלובה
p=0.703	1.290	36.72	36.02	תנובה

**טבלה 2 תנובת החלב הממוצעת ליום המתוקנת למספר תחלובה וימי תחלובה בשני משקי התצפית**

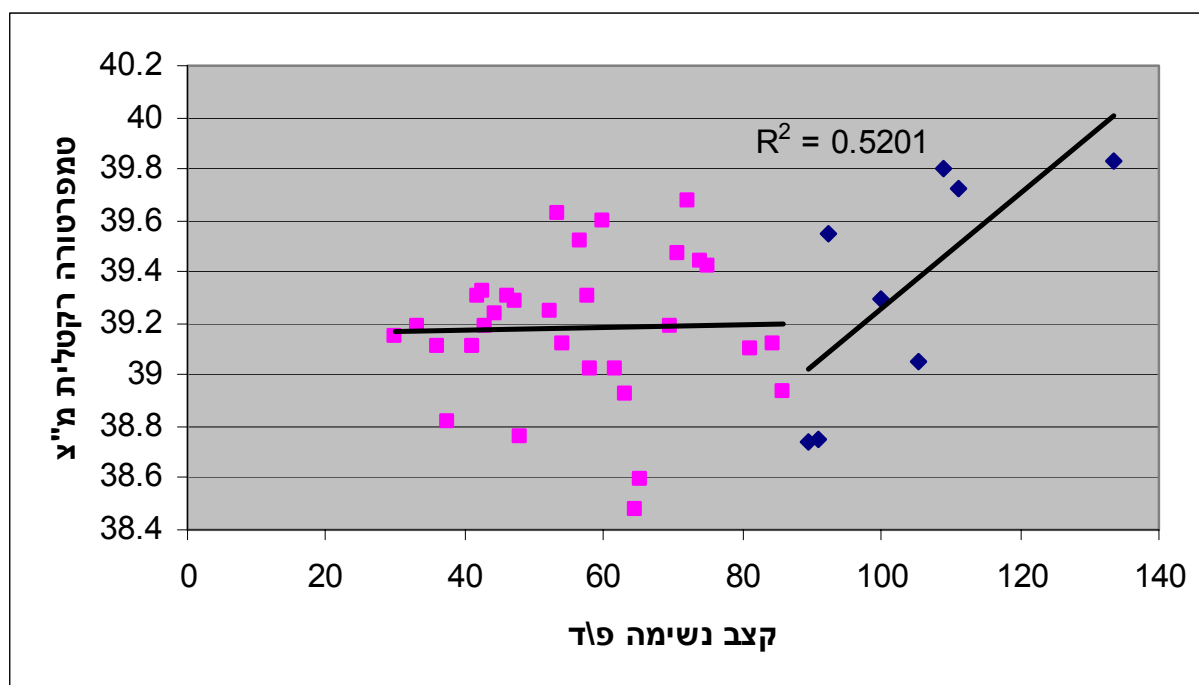
מובהקות	שגיאת תקן	2	1	משק
p=0.143	1.162	37.86	35.20	תנובה

השפעת שני מדדי התיקון על התנובה הייתה מובהקת  $p < 0.001$ . גם לאחר התיקון ההבדלים בתנובת החלב נשארו בלתי מובהקים  $p > 0.05$ .

**הקשר בין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית**

כידוע הטמפרטורה הרקטלית הנמדדת באמצעות מדחום משמשת כמדד ליכולת ההתמודדות של הפרה עם עומס החום, והיות וקצב הנשימה משמש כאחד המנגנונים לויסות טמפרטורת הגוף, נעשה ניסיון ללמוד על הקשר שבין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית.

**איור 1 הקשר שבין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית בשני משקי התצפית**



מתוך איור 1 ניתן לראות כי קיימות שתי פאזות בקשר שבין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית. הפאזה הראשונה מציינת את העלייה הראשונית בקצב הנשימה מקצב נשימה נורמטיבי של כ 30 פעימות לדקה לקצב של כ 80 פעימות לדקה. עלייה ראשונית שכזו אינה גוררת עלייה בטמפרטורה הרקטלית אלא

נהפוך הוא. עליה בקצב הנשימה מטרתה לעזור בשמירת טמפרטורת גוף נורמטיבית. כאשר עומס החום ממשיך להעיק וקצב הנשימה נימצא ברמה של כ 80 פעימות לדקה אין באפשרות מנגנון הנשימה להמשיך ולווסת את טמפרטורת הגוף ולמרות העלייה בקצב הנשימה קיימת עלייה מקבילה בטמפרטורת הגוף המיוצגת ע"י הטמפרטורה הרקטלית.

### **הבדלים במדדי עקת חום בין ממשקי הצינון**

#### **קצב נשימה**

קצב הנשימה של פרות התצפית נימדד 3 פעמים במהלך היום – בוקר , צהריים וערב (טבלה 3). פרות משק 1 המפעיל צינון מסיבי בחצר ההמתנה במהלך היום מציגות קצב נשימה נמוך יותר מאלה של משק 2 שאינו נוקט בצינון מסיבי. לכן, פרות משק 1 מסיימות את היום בקצב נשימה נמוך יותר ומתחילות את הבוקר במצב של קצב נשימה נמוך יותר. בשעת הצהריים קצב הנשימה במשק 1 גבוה ודומה לזה של פרות משק 2 שאינם חשופות לצינון מסיבי. אולם צינון שניתן בתקופה שבין מדידת הצהריים ומדידת הערב גרם לירידה חדה בקצב הנשימה של הפרות המצוננות במשק 1. במשק 2 ללא צינון מסיבי הפרות מתחילות את הבוקר עם קצב נשימה גבוה יותר וממשיכות בקצב נשימה גבוה לאורך היום כולו ומסיימות את היום בקצבי נשימה השונים רק במעט מקצבי הנשימה הנורמטיביים הממוצעים במהלך היום. ההבדלים בין פרות משק 1 ומשק 2 בבוקר ובערב מובהקים ביותר  $p<0.01$ . היות וההבדל בין המשקים בצהריים אינו מובהק מעניין לעקב אחר השינוי בקצב הנשימה בין המדידות.

#### **טבלה 3 קצב הנשימה הממוצע שנימדד בשלושת מועדי המדידה ובשני משקי התצפית.**

מובהקות	שגיאת התקן	הפרש	ללא צינון	עם צינון	
<b>P&lt;0.01</b>	<b>4.877</b>	<b>24.73</b>	<b>64.89</b>	<b>40.16</b>	<b>בוקר</b>
<b>p&gt;0.05</b>	<b>5.200</b>	<b>-3.63</b>	<b>88.85</b>	<b>92.48</b>	<b>צהריים</b>
<b>P&lt;0.01</b>	<b>4.765</b>	<b>23.11</b>	<b>78.36</b>	<b>55.25</b>	<b>ערב</b>

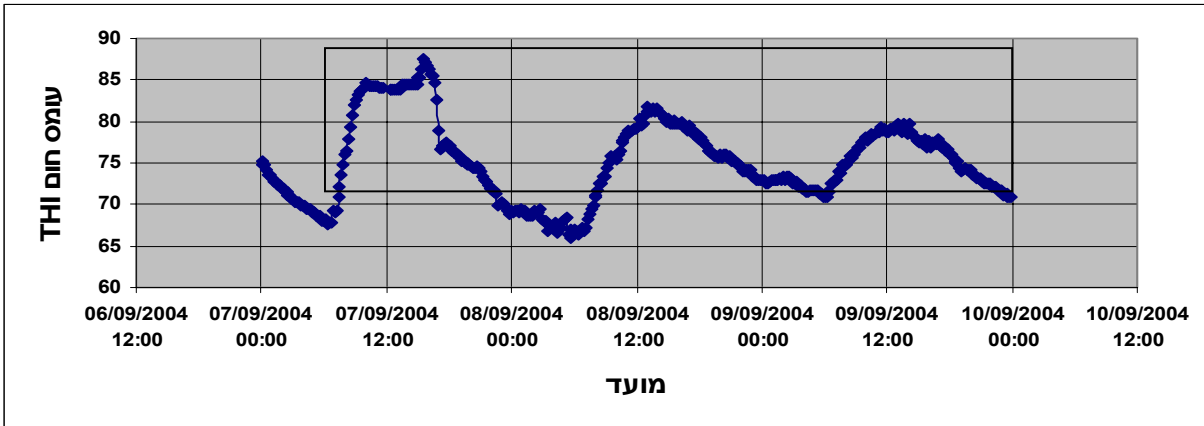
השינוי בקצב הנשימה בין שתי מדידות מוצג בטבלה 4. פרות המתחילות את היום עם קצב נשימה נמוך משתמשות במנגנון הנשימה טוב יותר מפרות שמתחילות את היום בקצב נשימה גבוה. התחלת היום עם קצב נשימה נמוך מאפשר להגביר את קצב הנשימה של הפרות באופן חד יותר מאשר התחלת היום עם קצב נשימה גבוה לכן ההפרש מובהק ביותר  $p<0.01$ . מאידך, השפעת הצינון על ירידת קצב הנשימה בין הצהריים לערב גם היא מובהקת ביותר  $p<0.01$ .

#### **טבלה 4 השינוי קצב הנשימה הממוצע שנימדד בשלושת מועדי המדידה ובשני משקי התצפית.**

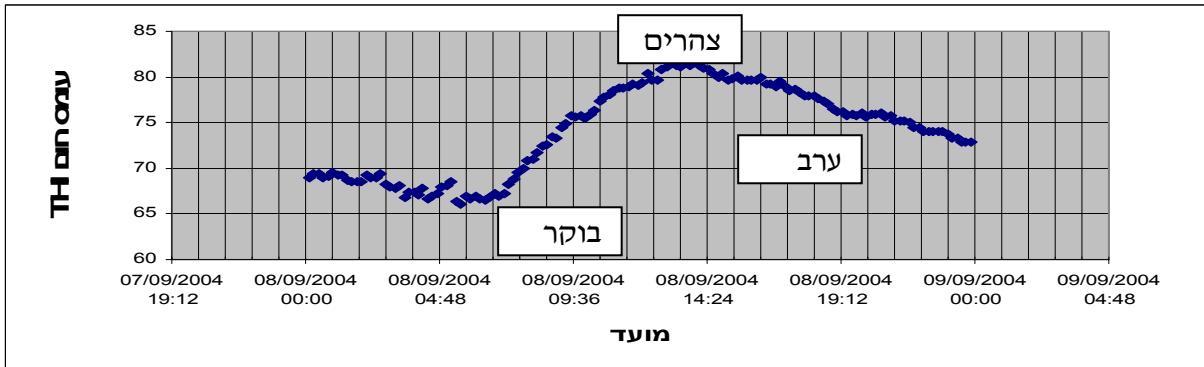
מובהקות	שגיאת התקן	הפרש	ללא צינון	עם צינון	
<b>P&lt;0.01</b>	<b>4.654</b>	<b>-28.37</b>	<b>23.96</b>	<b>52.33</b>	<b>בוקר-צהריים</b>
<b>P&lt;0.01</b>	<b>4.785</b>	<b>26.74</b>	<b>-10.49</b>	<b>-37.23</b>	<b>צהריים-ערב</b>

**הקשר בין עומס החום וקצב הנשימה במשקי התצפית**

איור 2 עומס החום המחושב במהלך שלושה ימים – יום לפני תחילת התצפית, יום התצפית ויום לאחר יום התצפית.



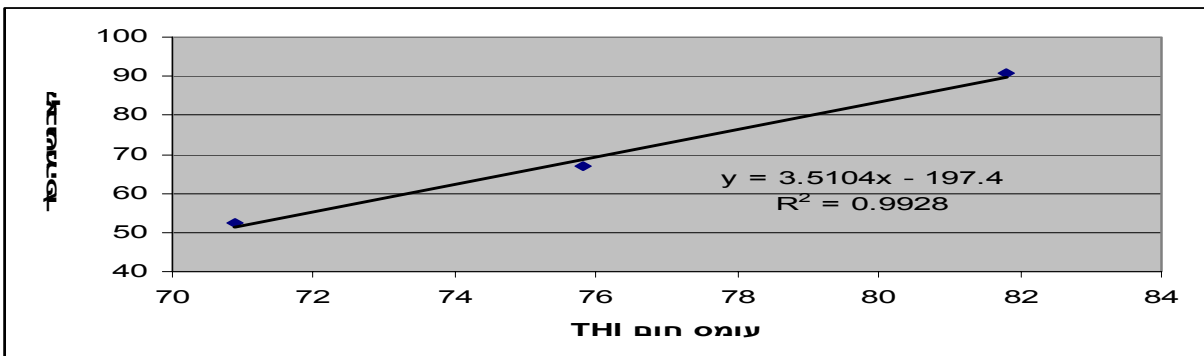
איור 3 עומס החום המחושב במהלך יום התצפית.



איור 2 ו 3 מתארים את מהלך עומס החום במהלך התקופה שבה נערכה התצפית. עומס החום (אינדקס טמפרטורה-לחות -THI) מחושב ע"פ נוסחת החישוב המקובלת מתוך טמפרטורת האוויר והלחות היחסית. באיור 2 ניתן לראות כי היום שקדם ליום התצפית היה בעל נתוני עומס חום גבוהים יותר מיום התצפית. אולם, הלילה שבין היום שקדם לתצפית ויום התצפית היה בעל עומס חום נמוך יחסית. שאינו נחשב לעומס חום חריג.

איור 4 מציג את הקשר שבין עומס החום וקצב הנשימה בשלושת מועדי המדידה בשני משקי התצפית הקשר מרמז על עליה של כ 3.5 פעימות נשימה לדקה על כל עליה של יחידה אחת בעומס החום.

איור 4 הקשר שבין עומס החום וקצב הנשימה בשלושת מועדי המדידה בשני משקי התצפית



### טמפרטורה רקטלית

הטמפרטורה הרקטלית של פרות התצפית נמדדה 3 פעמים במהלך היום – בוקר , צהריים וערב (טבלה 5). פרות משק 1 המפעיל צינון מסיבי בחצר ההמתנה במהלך היום מציגות טמפ' רקטלית נמוכה יותר מאלה של משק 2 שאינו נוקט בצינון מסיבי. לכן, פרות משק 1 גם מסיימות את היום בטמפ' רקטלית נמוכה יותר ומתחילות את הבוקר בטמפ' רקטלית נמוכה יותר. היות והגברת קצב הנשימה של הפרות במשק אחד יותר יעילה הן מצליחות לשמור על טמפרטורת גוף נמוכה יותר אפילו לפני צינון הצהריים. צינון שניתן בתקופה שבין מדידת הצהריים ומדידת הערב גרם לירידה חדה בטמפ' הרקטלית של הפרות המצוננות במשק 1. במשק 2 ללא צינון מסיבי הפרות מתחילות את הבוקר עם טמפ' רקטלית גבוהה יותר וממשיכות בטמפ' רקטלית גבוהה לאורך היום כולו ומסיימות את היום בטמפ' רקטלית השונה רק במעט מהטמפ' הרקטלית הנורמטיבית הממוצעת במהלך היום.

ההבדלים בין פרות משק 1 ומשק 2 בבוקר ובערב מובהקים ביותר  $p < 0.01$ . היות וההבדל בין המשקים בצהריים אינו מובהק מעניין לעקב אחר השינוי בטמפרטורה רקטלית בין המדידות (טבלה 6).

#### טבלה 5 הטמפרטורה הרקטלית הממוצעת שנמדדה בשלושת מועדי המדידה ובשני משקי התצפית.

מובהקות	שגיאת התקן	הפרש	ללא צינון	עם צינון	
$p < 0.01$	0.1246	1.10	39.45	38.36	בוקר
$p < 0.01$	0.1246	0.91	39.96	39.05	צהריים
$p < 0.01$	0.1246	1.15	39.80	38.65	ערב

#### טבלה 6 השינוי בטמפרטורה הרקטלית הממוצעת שנמדדה בשלושת מועדי המדידה ובשני משקי התצפית.

מובהקות	שגיאת התקן	הפרש	ללא צינון	עם צינון	
$p > 0.05$	0.1292	0.19	0.507	0.694	בוקר-צהריים
$p > 0.05$	0.1202	0.24	0.161	0.405	צהריים-ערב

השינוי בטמפרטורה רקטלית בין שתי מדידות מוצג בטבלה 6. פרות המתחילות את היום עם טמפרטורה רקטלית נמוכה יכולות להרשות לעצמן עלייה גבוהה יותר בטמפרטורת הגוף 0.19 מעלות יותר מפרות במשק 2. למרות זאת ההפרש אינו מובהק  $p = 0.32$ . מאידך, השפעת הצינון על ירידת הטמפרטורה הרקטלית בין הצהריים לערב גם הוא אינו מובהק סטטיסטית אבל משמעותי יותר 0.24 מעלות -  $p = 0.16$ .

### סיכום ומסקנות

#### מכשיר למדידת קצב נשימה

קיימת אפשרות למדוד קצב נשימה בניסויים באמצעות מכשור מכאני הנבנה באמצעים פשוטים כמתואר בגוף הדו"ח.

### **הקשר שבין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית**

קיימות שתי פאזות המתארות את הקשר שבין קצב הנשימה והטמפרטורה הרקטלית. הפאזה הראשונה במתחילה בקצב נשימה נורמטיבי של כ 30 פעימות לדקה לקצב של כ 80 פעימות לדקה אינה משפיעה על הטמפרטורה הרקטלית אלא נהפוך הוא. עליה בקצב הנשימה מטרתה לעזור בשמירת טמפרטורת גוף נורמטיבית. כאשר עומס החום ממשיך להעיק וקצב הנשימה נימצא ברמה של כ 80 פעימות לדקה אין באפשרות מנגנון הנשימה להמשיך ולווסת את טמפרטורת הגוף ולמרות העלייה בקצב הנשימה קיימת עלייה מקבילה בטמפרטורת הגוף המיוצגת ע"י הטמפרטורה הרקטלית.

### **הבדלים במדדי עקת חום בין ממשקי הצינון**

#### **קצב נשימה**

פרות במשק המפעיל צינון מסיבי בחצר ההמתנה במהלך היום מציגות קצב נשימה נמוך יותר מאלה של משק שאינו נוקט בצינון מסיבי. צינון שניתן בתקופה שבין מדידת הצהריים ומדידת הערב גורם לירידה חדה בקצב הנשימה של הפרות המצוננות. במשק ללא צינון מסיבי הפרות מתחילות את הבוקר עם קצב נשימה גבוה יותר וממשיכות בקצב נשימה גבוה לאורך היום כולו ומסיימות את היום בקצבי נשימה השונים רק במעט מקצבי הנשימה הנורמטיביים הממוצעים במהלך היום. פרות המתחילות את היום עם קצב נשימה נמוך משתמשות במנגנון הנשימה טוב יותר מפרות שמתחילות את היום בקצב נשימה גבוה. התחלת היום עם קצב נשימה נמוך מאפשר להגביר את קצב הנשימה של הפרות באופן חד יותר מאשר התחלת היום עם קצב נשימה גבוה.

#### **טמפרטורה רקטלית**

פרות משק המפעיל צינון מסיבי בחצר ההמתנה במהלך היום מציגות טמפי רקטלית נמוכה יותר מאלה של משק שאינו נוקט בצינון מסיבי. לכן, פרות אלה מסיימות את היום ומתחילות את הבוקר בטמפי רקטלית נמוכה יותר. היות והגברת קצב הנשימה של הפרות במשק מצנן יותר יעילה הן מצליחות לשמור על טמפרטורת גוף נמוכה יותר אפילו לפני צינון הצהריים. צינון שניתן בתקופה שבין מדידת הצהריים ומדידת הערב גורם לירידה חדה בטמפי הרקטלית של הפרות המצוננות.

### **הקשר בין עומס החום וקצב הנשימה במשקי התצפית**

נימצא קשר ליניארי המצביע על עליה של כ 3.5 פעימות נשימה לדקה על כל עליה של יחידה אחת בעומס החום ( אינדקס טמפרטורה-לחות – THI).

## **DEVELOPMENT OF A RESPIRATION RATE MONITOR AND MODEL FOR HEAT STRESS ASSESSMENT IN DAIRY COWS**

### **ABSTRACT**

A study was conducted investigating bioenergetics responses of dairy cows to heat challenges using respiration rate as one of the primary measures. Respiration rate (RR) was measured using monitor designed from commercially available blood pressure sensors. The monitor was designed, fabricated, and tested to provide us a basis, for evaluating RR behavior of stress responses associated with environmental conditions. Details about the monitor and the suitability of obtained records as an indicator of stress is described based on measures obtained on farm during a hot day. Respiration rate, rectal temperature (RT), and weather data (THI) were obtained on 20 Israeli- Holstein cows managed under two cooling systems on a very hot day in 2 family dairy farms. Cows were paired at the onset of the trial according to days postpartum, lactation number, and milk production. The 2 methods of cow cooling were evaporative cooling, a fine mist onto the surface of the cows in the resting area several times a day (T1), or a system that showered heavy drops of water onto the surface of the cows and forced air over them during noon time (T2). A model describing Body temperature (BT) as a function of RR was developed. There are two phases exhibiting different patterns of relationship between RR and RT. In the first one increase in RR from 30 to 80 BPM due to increase in THI has been done with no change in BT. Increase in RR in this range takes care of heat losses, so that RT is not influenced by the increase in THI. In phase 2, RR from 80 BPS and up considered as inefficient in comparison to phase one range and therefore BT is increased with the increase in THI. It looks like when THI inducing RR in the range of 30-80 BPM, the use of RR as an indicator of heat stress measurement is better method than RT. Cows under T1 management have a lower morning and evening RR than cows of T2 management. Cows which start the morning with a lower RR, be capable of controlling RT more efficiently. Therefore, RT is significantly lower in T1 cows during an extremely hot day  $p < 0.01$ . It was found that one unit of THI increases RR by 3.5 BPM.