

פיתוח מודל לתכנון וניהול שוטף של עדר במרעה

Development of management algorithms for beef herds on pasture

מוגש לקק"ל ולהנהלת ענף מרעה, דרך מדען ראשי משרד החקלאות

ע"י

היחידה לבקר לבשר נווה יער, המחלקה לבקר, מנהל המחקר החקלאי
 היחידה לבקר לבשר נווה יער, המחלקה לבקר, מנהל המחקר החקלאי
 היחידה לבקר לבשר נווה יער, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי
 שה"מ

אריה ברוש
 יואב אהרונים
 זלמן הנקין
 מאורי רוזן

Arieh Brosh, Section of Beef Cattle. Newe-Ya'ar P. O. Box 1021,

Ramat Yishay, 30-095 Email: brosha@volcani.agri.gov.il

Yoav Aharoni, Section of Beef Cattle. Newe-Ya'ar P. O. Box 1021,

Ramat Yishay, 30-095 Email: yoavah@volcani.agri.gov.il

Henkin Zalman, Section of Beef Cattle, Newe-Ya'ar P. O. Box 1021,

Ramat Yishay, 30-095 Email: henkin@volcani.agri.gov.il

Meori Rosen Chief extension Scientist, Beef Production. P.O. box 28 Beit Dagan 50250.

Email: mrosn@shaham.moag.gov.il

מאי 2006

האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח כן מחק את המיותר*

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים



• חתימת החוקר

תקציר

הדו"ח הנוכחי הנו סיכום של 5 שנות עבודה שמומנו ממקורות שונים.

רשימת פרסומים

Rothman, S.J., Brosh, A., Henkin, Z., Aharoni, Y. and Gutman, M. (1999). Estimation of diet selection of Mediterranean shrubland by cattle and goats. The Fifth Int. Symp. on the Nutrition of Herbivores, April 1999, San-Antonio, Texas.

Brosh, A., Aharoni, Y., Shargal, E., Choshniak, I., Sharir, B., Holzer, Z. and Gutman, M. (1999). Seasonal effects on the 24-h pattern of heart rate and energy expenditure of free ranging cows. The Fifth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, April 1999, San-Antonio, Texas.

Aharoni, Y., Brosh, A., Shargal, E., Choshniak, I. and Gutman, M. (1999). Effects of season and stocking rate on Intake, digesta kinetics, and energy balance of free-ranging beef cows. The Fifth Int. Symp. on the Nutrition of Herbivores, April 1999, San-Antonio, Texas. הנושא הוצג בהרצאה בכנס Energy metabolism of animals.

A. Brosh, Y. Aharoni, E. Shargal, I. Choshniak, B. Sharir, Z. Holzer, and M. Gutman (2000). The use of heart rate to measure energy expenditure and energy balance of cattle. 15th Symp. on Energy Metabolism in Animals. The royal Veterinary & agricultural University, Danish Institute of Agricultural Sciences. Copenhagen 10-16 September 2000.

Barkai, D., Landau, S., Brosh, A., Baram, H., Molle, G. (2002) Estimation of energy intake from heart rate and energy expenditure in sheep under confinement or grazing condition. Livest. Prod.Sci. 73: 237-246.

- Aharoni, Y., Brosh, A., Kourilov, P., Arieli, A., 2003. The variability of the ratio of oxygen consumption to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. *Livest. Prod. Sci.* 79, 107–117.
- Arieli, A., Kalouti, A., Aharoni, Y., Brosh, A., 2002. Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement - validation with energy accretion in sheep. *Livest. Prod. Sci.* 78, 99–105.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Holzer Z., 2002. Energy expenditure estimation from heart rate: validation by long-term energy balance measurement in cows. *Livest. Prod. Sci.* 77, 287–299.
- Aharoni, Y., Brosh, A., Orlov, O., Shargal, E. and Gutman, M. (2003). Measurements of energy balance of grazing beef cows in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 1. Digesta kinetics, faecal output and digestible dry matter intake. The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH6), 19 - 24 October 2003. Merida, Yucatan, Mexico. Eds: J. Herrera-Camacho and Sandoval-Castro. 397-402.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Shargal, E., Choshniak, I., Sharir, B. and Gutman, M. (2003). Measurements of energy balance of grazing beef cows in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure estimation from heart rate and the energy balance. The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH6), 19 - 24 October 2003. Merida, Yucatan, Mexico. Eds: J. Herrera-Camacho and Sandoval-Castro. 391-396
- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Gutman, M., Dolev, A. and Aharoni, Y. (2003). Grazing behaviour and energy expenditure of cows during three seasons of the year: Measurements by GPS and heart rate techniques. The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH6), 19 - 24 October 2003. Merida, Yucatan, Mexico. Eds: J. Herrera-Camacho and Sandoval-Castro. 385-389.
- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Gutman, M., Dolev, A. and Aharoni, Y. (2003). The use of GPS and heart rate for studying grazing behavior and energy expenditure of cows during three seasons. The 11th Convention of the Israeli Society of Pasture. Kfar Blum, 7 April 2003. pp. 1-7 (in Hebrew).
- Aharoni, Y., Brosh, A., Orlov, A., Shargal, E. and Gutman, M. (2004). Measurements of energy balance of grazing beef cows on Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 1. Digesta kinetics, faecal output and digestible. *Livestock Production Science* 90 (2004) 89–100.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Shargal, E., Choshniak, I., Sharir, B. and Gutman, M. (2004). Measurements of energy balance of grazing beef cows in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure estimation from heart rate and oxygen consumption, and the energy balance. *Livestock Production Science* 90 (2004) 101–115.
- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Dolev, A., Orlov, A., Yehuda, Y., and Aharoni, Y. (2006). Energy cost of cows' grazing activity: the use of heart rate GPS methods for direct field estimation. *Journal of Animal Science* (84) (In press, February 2006).
- Brosh, A., Henkin, Z., Orlov, A., and Aharoni, Y. (2006). Diet composition and energy balance of cows grazing on Mediterranean woodland. *Livestock Production Science* (Situating paper, November 2005, In press)

דו"ח מסכם לתוכנית מחקר לשנת 2005 הנהלת ענף מרעה ולמדען ראשי משרד החקלאות

קוד זיהוי: 360-0080-05

א. נושא המחקר

פיתוח מודל לתכנון וניהול שוטף של עדר במרעה

GrazMod Final Rep05.doc

מחלקה	המוסד	קוד המחלקה	ב. צוות חוקרים
מנהל המחקר החקלאי	360	חוקר ראשי: אריה ברוש בקר לבשר	
email: brosha@volcani.agri.gov.il			חוקרים שותפים:
מנהל המחקר החקלאי	360	בקר לבשר	יואב אהרונ
מנהל המחקר החקלאי	360	בקר לבשר	זלמן הנקין
שה"ס	870	בקר	רוזן מאורי
תקופת המחקר	תאריך משלוח דו"ח קודם	ג. כללי סוג הדוח	
2005	מרץ 2006	דו"ח מסכם הנהלת ענף מרעה וק"ל	
מקורות מימון עבור מיועד הדו"ח			
שם מקור מימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תקצוב הדוח	קק"ל
מדען ראשי באמצעות הנהלת ענף מרעה			
תקופת המחקר עליה מוגש הדו"ח:			2001-2005

תקציר

דו"ח זה מסכם 3 מערכות ניסויים: 1. ניסוי מאזן אנרגיה בחורש טבעי, בהם נמדדו בשלוש עונות רעייה, הצריכה ההרכב והאיכות של המזון הנאכל על ידי שימוש בשיטת האלקאנים, ונמדדה הוצאת האנרגיה (האנ) בשיטת קצב הלב. נמצא שהצומח המעוצה יכול לשמש כמזון עיקרי של פרות בחורש והוא מאפשר להן לשמור על מאזן אנרגיה חיובי. נמצא שתוספת זבל עופות חיונית בעונות בהן מצאי המזון העשבוני נמוך באיכות ובכמות. 2. ניסויים בפרות במרעה עשבוני שנעשה בשני לחצי רעייה בחלקות בשטח של 280 דונם (ח' קטנות), בהם נמדדו במהלך 4 עונות פעילויות הפרות (מנוחה, עמידה, רעייה והליכה) בוזמנית עם מרחקי ההליכה ומדידת האנ. העונה ולחץ הרעייה יצרו שונות באיכות המזון ובביומסה. האנ במהלך היממה חושבה בשיטת קצב הלב. קולר ובו יחידת תקשורת למיקום בעזרת לווינים (GPS) ולמדידת תנועות הפרה שימש לקביעת מיקומה מרחקי הליכה ופעילותה. ההוצאות האנרגטיות לפעילות הרעייה ולתנועה האופקית במהלך הרעייה היו 6.14 ו 6.07 [J/(kgBW^{0.75}*meter)] בהתאמה שהם גם 3.79 ו 2.59 kJ/(kgLW^{0.75}*h) בהתאמה. ההוצאה האנרגטית היומית [kJ/(kgLW^{0.75}*day)] הושפעה באופן מובהק ($P < 0.001$) מהתנאים השונים והשתרעה (ממוצע טיפולים ועונות) בטווח של 469 עד 1092. בהשוואה להאנ במנוחה סה"כ הוצאת האנרגיה היומית לפעילויות של רעייה נעה בטווח של 13 עד 48 kJ/(kgLW^{0.75}*day) וסה"כ הפעילויות (רעייה עמידה ותנועה אופקית) נעו בטווח של 38 עד 74 kJ/(kgLW^{0.75}*day), שהם 5.8% עד 11.4% מהוצאת האנרגיה היומית. התנועה האנכית והאופקית היו בטווח של 75 עד 174 מטר ושל 1.5 עד 4.2 ק"מ בהתאמה. משך התנועה היומית בהליכה (ללא רעייה) וברעייה נעו בטווח של 0 עד 32 דקות ושל 4.4 עד 12.1 שעות בהתאמה. משך הרעייה, מרחקי הרעייה והאנ עבור הרעייה היו קטנים

יותר ככל שאיכות המרעה והביומאסה היו נמוכים יותר. 3. ניסויים בפרות במרעה עשבוני בחלקות גדולות (1400 דונם) שנעשו בשלוש עונות (מרץ מאי וספטמבר) בדומה למערכת ניסוי 2. המטרה הייתה לבדוק האם גודל החלקה משפיע על אומדני הפעילות. אומדני האנ עבור ביצוע הפעילויות לסוגיהן בחלקות הגדולות היה דומה לזה שנמצא בחלקות הקטנות משך פעילויות העמידה והרעייה היה בטווחים שנמצאו בחלקות הקטנות בהתאם לעונות השונות. כאשר המרעה היה יבש והביומסה נמוכה (אוגוסט בחלקה הקטנה בהשוואה לספטמבר בגדולה) משכי הזמן והמרחקים בביצוע הליכה ללא רעיה היו גבוהים יותר בחלקות הגדולות לעומת הקטנות, 1.0 לעומת 0.37 שעה ליממה בהתאמה ו 2.0 לעומת 0.69 ק"מ ליממה בהתאמה. מאחר שהעלות האנרגטית של פעילות הליכה ללא רעיה היא בין 62.2 ל 87.7 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ בקטנות ובגדולות בהתאמה והעלות של התנועה האופקית היא בין 2.92 ל 2.84 $\text{J}/(\text{kgBW}^{0.75})$ לתנועה של m/day בהתאמה הרי שהפרש של 0.63 שעת הליכה ו 1310 מטר ביום, ההפרש בין החלקה הגדולה לקטנה משמעותו עלות של 5.74 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ שהוא 1.22% מסה"כ הוצאת האנרגיה היומית המינימאלית שנמדדה בניסויים.

לסיכום בשנות המחקר האחרונות נמדדו מאזני האנרגיה של פרות בעונות השונות במרעה עשבוני ומרעה חורש, נמצא שצומח מעוצה בתוספת זבל עופות מאפשר לקיים איזון אנרגטי, נמדדו וחושבו העלויות האנרגטיות של הפעילויות של פרות במרעה עשבוני בעונות שונות ובלחצי רעייה שונים. נתונים אלו ישמשו (וחלקם כבר בשימוש) לכתיבת המודל לניהול עדר במרעה. נמצא שלגודל החלקה אין השפעה משמעותית על אומדני הוצאת האנרגיה. אפיון התנהגות הרעייה ועלויות הפעילויות במרעה חורש נחקרת כעת במסגרת מחקר זה ותדווח בהמשך.

1. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן.

חוקר ראשי מנהל מחלקה מנהל מכון אמרכלות רשות המחקר תאריך



15/3/06

2. הדו"ח המפורט

מבוא:

רקע כללי: בימי אברהם אבינו ואף לפניו התבססה פרנסת חלק נכבד מהאוכלוסייה האנושית במזרח התיכון על גידול מקנה. ניהול העדר בתקופה ההיא היה פשוט יותר מאשר כיום מאחר שכמות המקנה שפרנסה את המשפחה הייתה קטנה מגודל העדר הדרוש היום לפרנסת משפחה ומאחר שהמגדל חי עם העדר הכיר אותו פרטנית מתחילת חייו ולכן היה ערני לכל שינוי בסביבה ובעדר. בממשק של היום דרישות הייצור מהעדר גבוהות יותר אך הפיקוח הפרטני נמוך יותר. כמו כן המידע על הגורמים שקובעים את מאזן האנרגיה הנו לקוי מאוד בהשוואה לתנאים במכלאה. מהסיבה הזאת מחקרים רבים עסקו ועוסקים בפיתוח שיטות לאומדן הגורמים המשפיעים על מאזן האנרגיה ומרכיבי ההזנה של העדר, במטרה לשפר יכולת הניטור של מדדים אלו.

מרעה בחורש: המקנה שרעה בשטחי חורש טבעי בארץ ישראל בממשק המסורתי היה עדרים מעורבים של עזים וכבשים. כושר אכילה הצומח המעוצה ע"י עזים הוא גבוה, כך שהעזים בעדר ניצלו בעיקר את הצומח המעוצה, ובכך פתחו את החורש לרעיית הכבשים, שניצלו בעיקר את

הצומח העשבוני בין השיחים והעצים. אולם, בימינו עדרי הבקר לבשר הם הגורם המרכזי הרועה בשטחי החורש הטבעי. לצורך ניהול ממשק רעייה נבון של עדרי בקר לבשר בחורש טבעי והערכת תרומת הצומח המעוצה להזנתם חשוב לדעת מהו הרכב הצומח הנאכל, מהי כמות המזון הנאכלת, ערכו התזונתי ומאזן האנרגיה של הפרות. מידע כזה, המסתמך על מדידות ישירות כמעט ולא היה קיים, הן בארץ והן בעולם.

שיטות מודרניות של שימוש בפרפינים טבעיים (אלקאנים) הנמצאים בקוטיקולת העלים מאפשרות כיום לאמוד את הרכב המזון הנאכל על ידי בעלי חיים במרעה. שימוש בסמנים מלאכותיים של אלקאנים המוחדרים לכרס ומשחררים סמן בכמות קבועה מאפשרים לאמוד את סה"כ צריכת המזון. מדידת צריכת המזון והרכבו בשילוב עם הערכת ערכו ביחידות אנרגיה מטבולית שמחושבות מנעכלות במבחנה מאפשרים לאמוד את הצריכה של כל אחד ממרכיבי הצומח, את ערך האנרגיה המטבולית של המנה ואת צריכת האנרגיה המטבולית הנאספת ברעיה. שיטת מדידת קצב הלב לאומדן הוצאת האנרגיה מאפשרת לאמוד את הוצאת האנרגיה של מקנה הרועה בשטח באופן חופשי. מאזן האנרגיה (להוציא בהמות עבודה) מוגדר על ידי שלושה מרכיבים בלבד ואלו הם: צריכת אנרגיה מטבולית (MEI), הוצאת אנרגיה (EE) וההפרש בין צריכה להוצאה, שהוא ערך האנרגיה הנאצרת (ER). השילוב בין מדידת צריכה בשיטת האלקאנים (טבעיים ומלאכותיים) עם מדידת הוצאה אנרגטית בשיטת קצב הלב מאפשרים אומדן של מאזן האנרגיה השלם של מקנה במרעה טבעי – צריכת מרכיבי מזון ואנרגיה, הוצאה אנרגטית ואנרגיה נאצרת.

הוצאת האנרגיה הנגרמת מפעילות הרעייה של פרות נמדדה בכמה מחקרים (CSIRO, 1990, p28; Marco and Aello, (1998) מדדו את הוצאת האנרגיה הנובעת מהליכה, דנו בשיטות הזמינות לחקר הנושא והשוו את התוצאות שהתקבלו במחקר שלהם לעבודות אחרות. השיטות שצוינו על ידי החוקרים הנ"ל הן יקרות מאוד לביצוע ומשפיעות בצורה משמעותית על התנהגות בעל החיים. בנוסף לכך פרקי המדידה שדרושים לאיתור ההשפעה הנם ארוכים יחסית, פרקי זמן אשר בגלל אורכם בעל החיים מקיים באותו פרק מדידה כמה דגמי התנהגות.

Arieli et al. (2002) Robertshaw and Brosh et al. (1998, 2002), Aharoni et al., 2003., Rawson (2001). הראו בתנאי מכלאה ששיטת קצב הלב למדידת הוצאת אנרגיה הנה שיטה אמינה. בשיטה זו מודדים בזמן קצר את היחס צריכת חמצן לקצב לב וכופלים את היחס הזה במדידת קצב הלב במהלך היממה כולה. (Brosh et al. (2004) הראו את אמינות השיטה גם בתנאי מרעה.

מדידת מיקום החיה פעילותה ומרחקי הליכתה מתאפשרים על ידי שימוש בקולר מחובר לצוואר שמיוצר על ידי חברת LOTEK שמכיל מתקן לאיתור מיקום לוויני (GPS) ומד פעילות. **המטרה של תוכנית המחקר** היא לשלב שיטות מודרניות שפותחו כדי לשפר את יכולת הניטור של הגורמים המשפיעים על ייצור הבקר במרעה ולהשתמש בניטור זה ליצירת מודל חכם יותר לניהול העדר במרעה.

במסגרת מחקר זה

א. סוכמו מאזני האנרגיה של פרות במרעה עשבוני (Aharoni et al., 2004; Brosh et al., 2004)

ב. **סוכמו הניסויים שבוצעו בחורש** למדידת הרכב המזון הנאכל ומאזן האנרגיה (Brosh et al., 2006, in press)

ג. **בוססו משוואות החיזוי של מאזן האנרגיה** המתבססות על התלות של מדדי מאזן האנרגיה (צריכה הוצאה ואצירה) באיכות המרעה, בביומסה ובמצב הרבייתי של הפרות (Aharoni et al., 2004; Brosh et al., 2004).

ד. **בוצעו וסוכמו ניסויים במרעה העשבוני** בשילוב של מדידת הוצאת האנרגיה בו זמנית עם מדידת מיקום הפרה ופעילותה (Brosh et al., 2006, In press). הניסויים נעשו במטרה לקבוע את הקשר בין מרחקי ההליכה ופעילות החיה (מנוחה, עמידה, רעייה והליכה) לבין הוצאת האנרגיה. לאמוד בפרקי זמן קצרים את השפעת איכות המרעה ועונת השנה על פעילות הפרות ועל העלות האנרגטית של הפעילות. לאמוד את השפעת ממשק של לחץ רעייה גבוה מול לחץ רעייה נמוך וכן את השפעת בתי הגידול ואיכות המרעה בהם על הפעילות והעלות האנרגטית של הפעילות.

ה. **הניסויים שתוארו בסעיף ד' בוצעו בחלקות ניסוי גדולות** במטרה לבחון האם לגודל החלקה יש השפעה על אומדני הפעילויות ועלותם האנרגטית.

שיטות וחומרים

הניסויים בחורש בוצעו בחוות חט"ל (חורש טבעי למרעה) שבגליל המערבי, גודל שטח המרעה כ- 1260 דונם, גודל חלקת הניסוי כ- 40 דונם.

הניסויים במרעה עשבוני בוצעו בחוות מחקר כרי דשא בתקופות שונות המייצגות מגוון איכויות מזון וביומאסה. המדידות בוצעו בשתי חלקות של 280 דונם ובשטחי מרעה גדולים של 1400 דונם. בחלקות הקטנות הפרות נחשפו ללחץ רעייה גבוה (9 דונם לפרה ברעייה רציפה) וללחץ רעייה נמוך יחסית (18 דונם לפרה ברעייה רציפה). בכל חלקה (בקטנות) הוגדרו 5 בתי גידול בהתאם לרמת הכיסוי הסלעי ולשיפוע החלקה.

הוצאת האנרגיה חושבה מתוך מדידת קצב הלב שנמדד ברווחי זמן של דקה אחת, שכוילה להוצאת אנרגיה בעזרת מדידת צריכת החמצן. קולר מתוצרת LOTEK ובו יחידת תקשורת למיקום בעזרת לווינים (GPS) ויחידה למדידת תנועה שימשו לקביעת פעילות הפרה ולחישוב מרחקי ההליכה ברווחי זמן של 5 דקות. כל נתוני המדידה חושבו לפרקי זמן של 5 דקות. גרסיה רב ממדית שימשה לניתוח ההשפעות של הפעילות (עמידה רעייה והליכה לעומת שכיבה במנוחה), מרחקי ההליכה, שינוי מיקום גובה של הפרה בשטח, טיפול לחץ הרעייה ובית הגידול על הוצאת האנרגיה. לצורך חישוב התרומה היומית של כל פעילות להוצאת האנרגיה של הפרות סוכם משך הזמן בו בוצעה כל פעילות והעלות של סה"כ הפעילות במשך היממה שוקללה מתוך עלות הפעילות כפול משך הפעילות ביממה. לצורך סיכומים אלו נלקחו בחשבון רק נתונים שבהם משך המדידה היה של יממה שלמה ושל כפולה שלמה של היממה.

תוצאות ודיון

1. רעייה בחורש:

המשקל הממוצע של הפרות בתקופות 1, 2 ו-3 היה 18 ± 418 , 30 ± 384 ו- 18 ± 405 ק"ג בהתאמה; מצבן הגופני (BCS בדירוג 1-5) היה 0.11 ± 2.93 , 0.06 ± 2.67 ו- 0.04 ± 2.93 בהתאמה. שיעור גדילת העגלים היה 117 ± 630 גרם ליום במהלך המדידות של תקופה 2 ו- 33 ± 968 גרם ליום בין תקופה 2 לתקופה 3.

ההרכב התזונתי, הנעכלות במבחנה, וערך האנרגיה המטבולית המחושב של הצמחים השונים ושל דגימות העשב שנלקחו בעונות השונות מוצג בטבלה 1. כל ערכי המזון והצריכה מוצגים ביחידות של חומר יבש (ח"י). ההרכב הבוטאני של מרכיבי המזון שנאכלו על ידי הפרות בעונות השונות, שנקבע מתוך הרכב האלקאנים במזונות ובצואה של כל פרה, וכן השיעור היחסי של זבל העופות במנה הנאכלת, שנקבע קבוצתית על ידי שקילת הכמות שנאכלה, מוצגים בטבלה 2. הצריכה היומית של כל מרכיבי הצומח וזבל העופות של הפרות בתקופות השונות מוצגת בטבלה 3. צריכת האנרגיה המטבולית, הוצאת האנרגיה ומאזן האנרגיה של הפרות בתקופות השונות מוצגת בטבלה 4.

תלות הוצאת האנרגיה (EE) ותלות האנרגיה הנאצרת (RE) בחישוב קבוצתי בצריכת האנרגיה המטבולית (MEI) {יחידות האנרגיה הן $\text{kJ}/(\text{kg LW}^{0.75} \cdot \text{day})$ } היו מובהקות ביותר ומיוצגות בהתאמה על ידי המשוואות $EE = 0.282 \cdot \text{MEI} + 342$ ($R^2 = 0.794$), $RE = 0.718 \cdot \text{MEI} - 342$ ($R^2 = 0.916$).

דינו:

התכולות התזונתיות של הצומח שנדגם בשטח וערכי ה ME שחושבו מתוך הנעכלות במבחנה (טבלה 1) מצביעים על כך שכל המזונות שנדגמו בחורש מתאימים להזנת הבקר. יתכן שהמצאות חומרים שניוניים, אשר חלקם ידועים כבעלי השפעה שלילית על צריכה ונעכלות, תהיה השפעה על בחירת מיני הצומח, כמו גם על צריכתו. אלו מוצי הוא מקור המזון החשוב ביותר בחורש זה כאשר זמינות העשב נמוכה. מעניין לציין שהערכים הממוצעים של נעכלות האלו מוצי שנבדקה כנעכלות חומר אורגני במבחנה וערכי החלבון שנמצאו בניסוי זה הנם כמעט זהים לערכים שנמדדו בנווה יער בעגלים בניסוי עיכול in-vivo (Perevolotsky et al., 1993). הניסוי כפי שבוצע מאפיין את שטחי החורש הטבעי בגליל המערבי בעונות שנבדקו. בגלל הצורך באיסוף תדיר של הפרות לדיגומים ומדידות, המחקר בוצע בשטח, מייצג, מצומצם יחסית (50 דונם). גודל החלקה ומספר הפרות בניסוי זה תוכנן כך שבכל תקופת מדידה השינוי באומדן היבול יהיה מינימלי, אך למרות זאת יתכן שהזמינות של חלק ממרכיבי הצומח השתנתה במידה קטנה במהלך התקופה. ההרכב הבוטאני שנאכל (טבלה 2) מצביע על כך שהפרות יכולות לצרוך כמות משמעותית ביותר של צומח מעוצה. כאשר זמינות העשב הייתה נמוכה ביותר (ספטמבר), 63% מהמזון היה מורכב מצומח מעוצה, זאת כאשר באותו זמן אלו מוצי המהווה את המרכיב החשוב בשטח היווה כ-52% מהמנה. צריכת זבל העופות עמדה על 37% מהמנה הנצרכת, ערך שהוא בהחלט בתחום האופטימלי של הצריכה. הממצאים הנ"ל מצביעים על כך שצומח מעוצה יכול לשמש בעונות מסוימות כמקור הזנה עיקרי לבקר. בספרות המקצועית נחשב הבקר כטיפוס המעדיף ליחוד עשב. וכן כאשר העשב היה זמין בכמות משמעותית ובאיכות טובה העדיף הבקר לאכול אותו, לכן בחודשים פברואר ומאי כאשר צומח זה היה זמין צריכת העשב עמדה על 50% ו-42% מהמנה

הנאכלת בהתאמה. אך גם בחודש מאי, כאשר עדיין לא הוגשה תוספת של זבל עופות לפרות היווה הצומח המעוצה מרכיב עיקרי במנה (58% מהמזון הנאכל).

כאמור, שילוב של שיטת מדידת קצב הלב לאומדן הוצאת האנרגיה עם מדידות צריכת האנרגיה המטבולית בשיטות שהוצגו כאן מאפשר לאמוד את מאזן האנרגיה השלם של פרות רועות באופן חופשי בשדה ללא כל הפרעה (טבלה 4). בהתאמה למקובל בספרות, גם בניסוי זה נמצא כי צריכת המזון עלתה עם העלייה בערך המנה הנעכלת. כפי שמצאנו בעבר, גם בניסוי זה הוצאת האנרגיה נמצאת בהתאמה טובה לצריכת האנרגיה, וכמובן שגם האנרגיה הנאצרת (RE) נמצאת בהתאמה טובה לצריכה. צריכת האנרגיה המטבולית בפברואר, כאשר הפרות מניקות, איכות המזון גבוהה וזבל העופות זמין, הייתה גבוהה בכמעט 40% מזו של הפרות במאי כאשר איכות המזון הייתה הנמוכה ביותר, כאשר לא הוגש זבל עופות והפרות היו ללא ולדות.

בסה"כ מאזן האנרגיה נמצא חיובי מאוד בפברואר בפרות המניקות, עם אנרגיה נאצרת של 46% מהאנרגיה המטבולית הנאכלת. תוצאה זאת תואמת את קצב הגידול הגבוה של העגלים עד הגמילה, 968 גרם ליום ואת העלייה במצבן הגופני מ-2.67 ל-2.93 מפברואר למאי. גם בתקופות האחרות הערך הממוצע של מאזן של הפרות היה חיובי וככל הנראה אפשר הריון תקין. חשוב לציין שאמנם בממוצע המאזן היה חיובי בכל העונות אך בספטמבר לשתי פרות מבין השש נמדד מאזן אנרגיה שלילי. כמו כן המאזן כפי שאנו מחשבים כולל בתוכו את האנרגיה שבחלב שיונק העגל ומכאן שמאזן חיובי אין פירושו עדיין שהפרה נמצאת במצב של אגירת אנרגיה.

מהמשוואה שמייצגת את תלות הוצאת האנרגיה בצריכת האנרגיה מטבולית שחושבה בניסוי זה ניתן ללמוד את ערך הוצאת האנרגיה ($\text{kJ}/(\text{kg BW}^{0.75} \cdot \text{day})$) בצום (Intercept המשוואה) ובמצב של קיום ($\text{MEI}=\text{EE}$). ערך הוצאת האנרגיה בצום (342) הנו דומה לצפוי לפי NRC (1984) שהוא 322 ולזה שנמצא על ידינו בפרות במרעה עשבוני (328) בכרי דשא (Brosh et al., 2004). ערך הוצאת האנרגיה במצב של קיום שחושבה מהמשוואה (476) הוא נמוך מהערך שנמצא בפרות בכרי דשא (525) על מרעה עשבוני וערך היעילות האנרגית של ME לייצור 0.718, אחד פחות שיפוע הרגרסיה, הנו גבוה מהערך שנמצא בכרי דשא (0.625). ממצאים אלו מצביעים על כך שהפרות בחט"ל, פרות שהן קטנות יותר ומכילות יותר דם בלדי הן פרות יעילות יותר בניצול האנרגיה המטבולית לייצור.

לסיכום חלק א: המחקר המוצג כאן מראה לראשונה מאזן אנרגיה שלם של פרות הרועות בשטחים של חורש ים-תיכוני. ממחקר זה ניתן לראות כי מרכיב הצומח המעוצה מספק חלק משמעותי מצריכת האנרגיה של הפרות בחורש. תוספת זבל העופות מהווה מרכיב חיוני במנה בספטמבר ובפברואר והיא נאכלת (כאשר הצומח המעוצה זמין) ביחס אופטימלי במנה. מחקר זה מראה בצורה ברורה שניתן לקיים עדר פרות בחורש טבעי ללא פגיעה בבעלי החיים. מובן שההכללות הנ"ל נכונות רק כאשר גודל השטח העומד לרשות הפרות אינו מגביל בצורה משמעותית את צריכת המזון. נושא לחץ הרעייה האופטימלי בחורש לא נבדק במחקר זה.

טבלה 1. ההרכב התזונתי (אחוז מהחומר היבש), נעכלות חומר אורגני (OM) במבחנה (אחוז מהחומר האורגני) וערך האנרגיה המטבולית (ME), מנה קלוריות בק"ג חומר יבש) המחושב של

הצמחים השונים ושל דוגמת העשב שנלקחו בשלוש עונות שונות (תקופות) בפרות רועות במרעה של חורש טבעי.

תקופה	מזון	חומר אורגני	חלבון כללי	NDF	ADF	מיצוי באתר	נעכלות (OM)	ME
ספטמבר	זבל עופות	86.0	23.4	34.8	21.7	9.3		1.56
ספטמבר	קמל	85.2	5.4	65.8	49.4	5.9	54.1	1.63
ספטמבר	אלה א"י	93.2	8.5	37.1	33.2	6.5	43.5	1.38
ספטמבר	אשחר	90.8	9.8	30.7	28.9	12.9	63.0	2.13
ספטמבר	אלון מצוי	94.2	6.6	48.5	41.0	2.8	48.6	1.61
ספטמבר	בר זית בינוני	95.4	7.2	38.3	32.3	10.7	65.8	2.38
פברואר	זבל עופות	86.6	25.0	32.2	19.9	10.8		1.56
פברואר	עשב טרי	82.8	17.8	47.0	31.0	4.4	85.8	2.75
פברואר	אשחר	91.1	11.2	40.5	29.0	6.1	70.2	2.43
פברואר	אלון מצוי	94.0	7.3	50.4	48.1	4.6	48.8	1.62
פברואר	בר זית בינוני	96.0	7.6	40.4	39.7	5.5	60.6	2.17
מאי	קמל	90.4	4.8	66.0	46.8	5.5	58.5	1.93
מאי	אלה א"י	94.9	9.3	45.7	40.9	3.3	47.6	1.59
מאי	אשחר	94.7	12.9	31.1	27.1	3.5	61.3	2.17
מאי	אלון מצוי	95.4	5.9	57.6	47.4	5.1	44.5	1.46
מאי	בר זית בינוני	96.1	8.0	46.2	40.4	3.5	68.7	2.52
מאי	עוזר	92.7	8.2	42.0	27.7	4.4	70.9	2.51

טבלה 2. ההרכב הבוטאני של המזון שנאכל על ידי פרות בעונות השונות (אחוז מסה"כ הצריכה \pm שגיאת התקן), שנקבע מתוך הרכב האלקאנים במזונות ובצואה של כל פרה, ואחוז זבל העופות במנה הנאכלת, שנקבע קבוצתית על ידי שקילת הכמות שנאכלה.

התקופה	המרכיב					
	זבל עופות	אשחר	אלון מצוי	אלה א"י	עוזר	עשב
ספטמבר	36.8 \pm 3.12	0.03 \pm 0.03	51.6 \pm 4.56	11.6 \pm 4.85	-	-
פברואר	35.4 \pm 2.44	9.0 \pm 1.41	6.0 \pm 1.13	-	-	49.6 \pm 2.55
מאי	-	20.8 \pm 2.25	10.6 \pm 2.77	-	27.1 \pm 3.26	41.5 \pm 3.68

טבלה 3. הצריכה היומית (ק"ג ח"י ליום) של כל מרכיבי המזון (בוטאני וזבל עופות) בשלושת התקופות של השנה של פרות הרועות במרעה של חורש טבעי.

תקופה	זבל עופות	אשחר	אלון מצוי	אלה א"י	עוזרר	עשב	סה"כ	% ממשקל גוף
ספטמבר	3.1±0.13		4.5±0.63	1.0±0.41			8.6±0.52	2.1±0.16
פברואר	3.4±0.30	0.9±0.16	0.6±0.08			4.8±0.51	9.6±0.70	2.5±0.17
מאי		1.6±0.21	0.9±0.24		2.1±0.24	3.3±0.33	7.9±0.49	2.0±0.10

טבלה 4. משקל הפרות (ק"ג), ערך אנרגיה מטבולית (ME) מחושב של המזון שנאכל על ידי הפרות בניסוי (מגה קלוריות לק"ג חומר יבש נאכל). צריכת האנרגיה המטבולית (MEI), הוצאת האנרגיה (EE) ומאזן האנרגיה (RE) של הפרות בתקופות השונות. מאזן האנרגיה חושב מההפרש שבין צריכת האנרגיה מטבולית והוצאת האנרגיה. כל הנתונים האחרונים מוצגים ביחידות של מגה קלוריות לפרה ליממה (ממוצע ± שגיאת התקן). N מציין את מספר הפרות שבהם נמדד הערך.

תקופה	משקל גוף	ME	MEI	EE	RE
ספטמבר	418±18	1.56±0.01	13.44±0.84	11.61±1.09	1.83±1.78
N	6	6	6	6	6
פברואר	384±30	2.23±0.03	21.47±1.75	13.11±0.93	8.36±2.41
N	6	6	5	6	5
מאי	450±18	1.95 ±0.10	15.41±1.12	10.26±0.80	5.15 ± 0.74
N	6	6	6	6	6

2. עלויות פעילויות במרעה עשבוני:

הערה: נושא זה על מורכבותו סוכם במאמר (Brosh et al., 2006 In press) לקורא שרוצה להעמיק בנושא מומלץ לקרוא את המאמר (אשמח לספק את ה proof של המאמר). דוגמא של הרישום הבסיסי של פעילויות הפרה, מהירות הליכתה והוצאת האנרגיה במשך 24 שעות בחודש אפריל מוצגת בצור 1. מהצור נראה שבאפריל מתקיימות שתי תקופות רעייה עיקריות, שעות הבוקר ושעות אחה"צ והערב. באופן מפתיע נמצא שסביב חצות הלילה מתקיימת פעילות רעייה ובעקבותיה עליה בהוצאת האנרגיה. פעילות לילית זאת נרשמה בכל עונות השנה ולכן נראה שהפעילות אינה קשורה לבעיית של משק חום. יתכן שהיא נובעת מצורכי איזון תנאים במערכת העיכול ובעיקר בכרס.

העלויות האנרגטיות של הפעילויות השונות שנבחנו ב 14 מודלים מוצגות ב Table 4. העלויות מוצגות ביחידת הספק $[kJ/(kgBW^{0.75} \cdot day)]$ שהיא הוצאת אנרגיה ליחידת זמן. מכאן שבאם נרצה לתרגם עלות של פעילות לסה"כ העלות היומית נצטרך לכפול את ערך הפעילות ביחידות ההספק במשך הזמן בו בוצעה הפעילות (ביחידות של חלקי היממה).

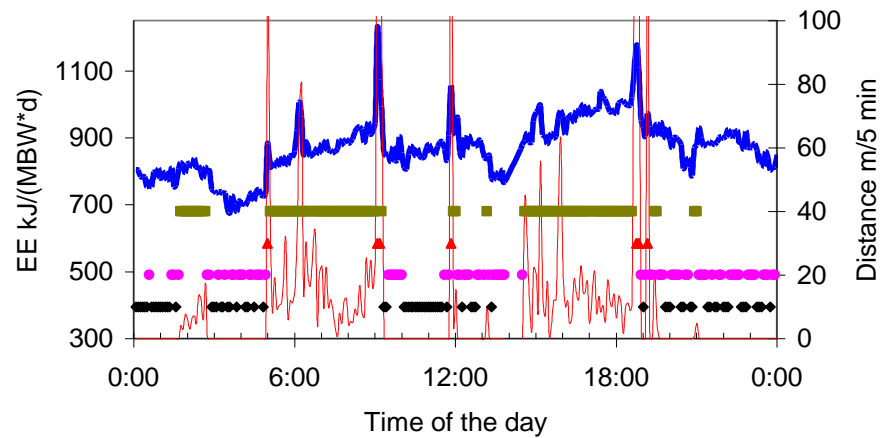


Figure 1: Activity records of one cow during one day. Energy expenditure (thick line, $MBW = BW^{0.75}$) and locomotion distance (thin line) are depicted on the 24-h scale. Body activity symbols: \diamond lying; \bullet standing; \blacktriangle traveling (walking without grazing); \blacksquare grazing.

עלות הפעילויות הנוספות מעל למצב של מנוחה היו 46.2, 62.2 ו 91.1 לעמידה, הליכה ללא רעייה, ופעילות הרעייה בהתאמה. העלויות המוצגות של הליכה ורעייה אינן כוללות את העלות של מרחק ההליכה מאחר ועלות זאת מיוחסת באנליזה למרחק. דבר זה מסביר מדוע עלות הרעייה גבוהה מעלות ההליכה. עלות התנועה בציר האופקי כפי שנמדדה וחושבה (בהפרישי זמן של 5 דקות) הנה 0.84 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75})$ למעבר של מטר ב 5 דקות, ערך זה שווה ל 2.84 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75})$ להליכה של 1 ק"מ ביממה. עלות פעילות ההליכה שנמדדה על הציר האופקי היא 62.2 $[\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})]$ כלומר זהו המחיר האנרגטי לעצם ביצוע פעילות הליכה אם הייתה מבוצעת לאורך יממה שלמה. חישוב עלות הליכה במהלך היממה יחושב מכאן כסכום של עלות השהיה במצב הליכה (משך השהייה X עלות השהייה במצב) בתוספת המרחק שעשתה הפרה X עלות מעבר המרחק; לדוגמא: עלות ההליכה של 1 ק"מ ביממה במשך שעה תחושב כ: $X^{1/24}$ 62.2 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$, עלות פעילות רעייה $+ 1 \text{ ק"מ} \times 2.84 \text{ kJ}/(\text{kgBW}^{0.75})$ להליכה של 1 ק"מ ביממה, כלומר סה"כ של 5.43 $[\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})]$. בהתאמה עלות רעייה של 12 שעות ביממה בהן הלכו הפרות 2.72 ק"מ בלחץ רעייה נמוך בפברואר (Table 5) תחושב כ $(91.1 \times X^{12/24}) + (2.84 \times 2.72)$ כלומר סה"כ של 53.3 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$. לפי (Brosh et al 2004) הוצאת האנרגיה לקיום של פרה במרעה היא 525 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ כלומר העלות המרבית של רעייה בניסוי (פברואר לחץ רעייה נמוך) היא 10.1% מההוצאה לקיום; מאחר שהוצאת האנרגיה היומית בפברואר בלחץ הנמוך היה 954 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ (Table 6) הרי שעלות הרעייה בחודש זה הייתה 5.58% מההוצאה האנרגטית היומית.

Table 4. Models¹ estimations of coefficients of energy expenditure (EE) of grazing cows attributed to their activities, distances of movement (horizontal, vertical, and vertical positive locomotion), and to their reproductive state.

	Activity ² above lying down						Movement ³ , m/5 min									RS3 ⁴				RS2 ⁴		
Model	R ² ⁵	ST	TR	GR	SEM	P <	HOR	SEM	P <	VER	SEM	P	VRP	SEM	P	PR	L	SEM	P <	SEM	P <	
M1	0.81	40.2	68.0	72.6	5.1	0.001	0.733	0.044	0.001	0.655	0.275	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
M1a	0.81	40.2	67.6	71.4	5.1	0.001	0.700	0.044	0.001	---	---	---	1.900	0.410	<0.001	---	---	---	---	---	---	
M2	0.75	47.4	70.6	96.1	5.9	0.001	0.820	0.051	0.001	0.647	0.321	0.04	---	---	---	-495	206	9.7	0.001	---	---	
M2a	0.75	47.4	70.3	95.0	5.9	0.001	0.787	0.051	0.001	---	---	---	1.832	0.478	<0.001	-496	206	9.7	0.001	---	---	
M2b	0.68	46.2	65.3	94.6	6.6	0.001	0.823	0.058	0.001	---	---	---	1.225	0.539	<0.001	---	---	---	---	---	---	
M2c	0.73	47.8	52.8	88.9	6.1	0.001	0.890	0.053	0.001	---	---	---	1.514	0.496	0.002	---	---	---	---	440	6.7 0.001	
M3	0.70	47.5	53.3	92.0	6.5	0.001	0.918	0.055	0.001	0.635	0.351	0.07	---	---	---	161	497	6.3	0.001	---	---	
M3a	0.70	47.5	52.9	91.4	6.5	0.001	0.897	0.056	0.001	---	---	---	1.076	0.521	0.04	161	497	6.3	0.001	---	---	
M3b	0.60	44.9	59.8	104.6	7.7	0.001	0.915	0.064	0.001	---	---	---	0.085	0.602	0.89	---	---	---	---	---	---	
M3c	0.69	47.0	53.5	95.7	6.6	0.001	0.911	0.057	0.001	---	---	---	0.863	0.532	0.105	---	---	---	---	496	6.1 0.001	
M4a	0.76	48.3	73.9	96.1	5.8	0.001	0.768	0.050	0.001	---	---	---	1.658	0.467	<0.001	-563	160	9.6	0.001	---	---	
M4b	0.69	47.0	66.6	95.0	6.6	0.001	0.820	0.057	0.001	---	---	---	1.044	0.532	0.05	---	---	---	---	---	---	
M4c	0.74	48.5	54.2	89.4	6.0	0.001	0.886	0.052	0.001	---	---	---	1.353	0.490	0.006	---	---	---	---	430	6.7 0.001	
Stepwise	0.82	40.2	64.2	70.7	5.1	0.001	0.730	0.044	0.001	---	---	---	1.531	0.410	<0.001	---	---	---	---	---	---	
Statistics across models M1 groups to M4 groups																						
N=		13	13	13	---	---	13	---	---	3	---	---	10	---	---	5	5	---	---	3	---	
Mean		46.2	62.2	91.0	---	---	0.84	---	---	0.645	---	---	1.250	---	---	-247	314	---	---	455	---	
Median		47.4	47.4	94.6	---	---	0.82	---	---	0.647	---	---	1.290	---	---	-495	206	---	---	440	---	
CV%		6.0	12.3	9.8	---	---	8.8	---	---	1.6	---	---	42.7	---	---	-151	53.8	---	---	7.9	---	

¹ Full description of the models is presented in the appendix. ² Activities (kJ/(MBW•d): ST = standing, TR = traveling (walking without grazing), GR = grazing.

³ Movement (kJ·m⁻¹·MBW⁻¹ per 5 min): HOR = horizontal locomotion, VER = vertical locomotion, VRP = vertical positive locomotion.

⁴ Reproductive state, defined either in 3 levels (RS3): empty, 180 d pregnant up to calving (PR), and lactating (L), or 2 levels (RS2): non-lactating, and lactating.

⁵ R² defines the fraction of total variance that was accounted for by the entire model.

Table 5. Partition of time (h/d) spent by cows on the various activities in high (HSR) and low (LSR) stocking rate treatments during 4 mo of the year, and horizontal and vertical locomotion (m/d) of the cows during these months.

Activity ²	Treat	February	April	June	August	<i>SEM</i> ¹			<i>P</i> ¹		
						mo	TRT	Mo × T	mo	TRT	Mo × T
LY	HSR	7.95	6.46	7.48	7.00	---	---	---	---	---	---
	LSR	4.51	5.22	6.26	8.32	1.08	0.74	1.55	0.36	0.52	0.18
ST	HSR	5.16 ^a	6.94 ^a	11.84 ^b	11.28 ^b	---	---	---	---	---	---
	LSR	7.21 ^a	6.28 ^a	11.42 ^b	9.67 ^b	0.92	0.63	1.33	<0.001	0.31	0.28
TR	HSR	0.00	0.42	0.29	0.19	---	---	---	---	---	---
	LSR	0.29	0.37	0.53	0.37	0.19	0.13	0.28	0.56	0.34	0.19
GR	HSR	10.89 ^b	10.18 ^b	4.40 ^a	5.53 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	11.99 ^b	12.14 ^b	5.80 ^a	5.64 ^a	1.32	0.90	1.89	<0.001	0.69	0.90
HORG	HSR	1,507 ^b	2,263 ^c	1,025 ^a	967 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	2,724 ^b	2,889 ^b	1,179 ^a	969 ^a	306	209	439	<0.001	0.97	0.22
HORT	HSR	0	782	622	357	---	---	---	---	---	---
	LSR	648	1,350	1,157	690	418	286	600	0.29	0.13	0.98
HOR	HSR	1,507 ^a	3,045 ^b	1,647 ^a	1,324 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	3,372 ^b	4,239 ^b	2,336 ^{ab}	1,659 ^a	663	454	951	0.03	0.33	0.68
VRPG	HSR	157 ^b	149 ^b	83 ^a	83 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	163 ^b	159 ^b	77 ^a	71 ^a	23	16	33	<0.001	0.15	0.96
VRPT	HSR	0 ^a	16	7	1 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	2 ^a	15	19 ^b	5 ^a	7	5	10	0.04	0.42	0.17
VRP	HSR	157 ^b	166 ^b	90 ^a	85 ^a	---	---	---	---	---	---
	LSR	165 ^b	174 ^b	97 ^a	75 ^a	27	18	38	0.003	0.30	0.98

¹ Effects: mo = month; TRT = treatment; mo × T = interaction of month and treatment. ² LY = lying; ST = standing; TR = traveling; GR = grazing; HORG = horizontal locomotion while grazing; HORT = horizontal locomotion while traveling; HOR = total horizontal locomotion; VRPG = positive vertical locomotion while grazing; VRPT = positive vertical locomotion while traveling; VRP = total positive vertical locomotion.

^{a,b,c} Means within a row that do not have a common superscript differ, $P < 0.05$.

Table 6. Average heart rate (HR, beats/min) and energy expenditure [EE, kJ/(MBW•d)] by treatment¹ and month.

Variable	Treatment	Month				<i>SEM</i> ²			Significance <i>P</i> ² <		
		February	April	June	August	T	M	T×M	T	M	T×M
HR	HSR	82.5 ^e	89.4 ^f	54.4 ^a	60.5 ^d	----	----	----	----	----	----
	LSR	96.5 ^g	98.7 ^h	58.9 ^c	58.0 ^b	0.20	0.28	0.39	0.001	0.001	0.001
EE	HSR	789 ^e	886 ^f	469 ^a	507 ^c	----	----	----	----	----	----
	LSR	954 ^g	1,092 ^h	477 ^b	545 ^d	1.9	2.6	3.6	0.001	0.001	0.001

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Means within rows and columns of the same variable that do not have a common superscript differ, $P < 0.05$; superscripts (a) to (h) rank the variable values from smallest to greatest respectively.

¹ HSR = high stocking rate; LSR = low stocking rate.

²Treatment Effects: T = treatment; M = month; T × M = interaction treatment on month.

Table 7. Estimations by 4 models of the daily energy cost of activity [kJ/(MBW•d)], above lying down energy, in high (HSR) and low (LSR) stocking rate treatments during the trial months.

Activity ¹	eatment	February				April				June				August			
		M1a	M2a	M3a	M4a	M1a	M2a	M3a	M4a	M1a	M2a	M3a	M4a	M1a	M2a	M3a	M4a
ST	HSR	8.6	10.2	10.2	10.4	11.6	13.7	13.7	14.0	19.8	23.4	23.4	23.8	18.9	22.3	22.3	22.7
	LSR	12.1	14.2	14.3	14.5	10.5	12.4	12.4	12.6	19.1	22.6	22.6	23.0	16.2	19.1	19.1	19.4
TR	HSR	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.9	1.3	0.8	0.8	0.6	0.9	0.5	0.5	0.4	0.6
	LSR	0.8	0.8	0.6	0.9	1.0	1.1	0.8	1.1	1.5	1.6	1.1	1.6	1.0	1.1	0.8	1.1
GR	HSR	32.4	43.1	40.4	43.1	30.3	40.3	37.8	40.3	13.1	17.4	16.3	17.4	16.4	21.9	20.5	21.9
	LSR	35.7	47.4	44.5	47.5	36.1	48.0	45.1	48.1	17.3	23.0	21.5	23.0	16.8	22.3	20.9	22.3
HOR	HSR	3.7	4.1	4.7	4.0	7.4	8.3	9.5	8.1	4.0	4.5	5.1	4.4	3.2	3.6	4.1	3.5
	LSR	8.2	9.2	10.5	9.0	10.3	11.6	13.2	11.3	5.7	6.4	7.3	6.2	4.0	4.5	5.2	4.4
VRP	HSR	1.0	1.0	0.6	0.9	1.1	1.1	0.6	1.0	0.6	0.6	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5
	LSR	1.1	1.0	0.6	0.9	1.1	1.1	0.7	1.0	0.6	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4
Sum E _{AC}	HSR	45.7	58.4	55.9	58.4	51.6	64.6	62.5	64.6	38.3	46.7	45.8	47.0	39.6	48.9	47.7	49.2
	LSR	57.8	72.8	70.5	72.8	59.1	74.2	72.1	74.1	44.2	54.1	52.9	54.3	38.5	47.5	46.3	47.8
% of TEE	HSR	5.8	7.4	7.1	7.4	5.8	7.3	7.1	7.3	8.2	10.0	9.8	10.0	7.8	9.6	9.4	9.7
	LSR	6.1	7.6	7.4	7.6	5.4	6.8	6.6	6.8	9.3	11.3	11.1	11.4	7.1	8.7	8.5	8.8

¹ST, standing; TR = traveling; GR = grazing; HOR = horizontal locomotion; VRP = positive vertical locomotion; Sum E_{AC} = sum energy cost for activity; % of TEE =, percentage of Sum E_{AC} in total daily energy expenditure (TEE).

סיכומי העלות האנרגטית היומית של פעילויות הפרות בעונות השונות ובשני לחצי הרעייה מוצגים ב Table 7. העלות אנרגטית של כל הפעילויות יחד נעה בין ערכים של 5.8% ל 11.4% מסה"כ ההוצאה האנרגטית של הפרה. ככל שסה"כ הוצאת האנרגיה יורדת היחס: של עלות הרעייה/סה"כ עלות האנרגיה עולה. כאשר איכות המרעית יורדת הפרות מורידות את משך הרעייה, את עלות הרעייה ואת סה"כ ההוצאה האנרגטית. **ניסויים בפרות במרעה עשבוני בחלקות גדולות** (1400 דונם) שנעשו בשלוש עונות (מרץ מאי וספטמבר) בדומה למערכת ניסוי 2. המטרה הייתה לבדוק האם גודל החלקה משפיע על אומדני הפעילות. אומדני האנרגיה עבור ביצוע הפעילויות לסוגיהן בחלקות הגדולות היה דומה לזה שנמצא בחלקות הקטנות משך פעילויות העמידה והרעייה היה בטוחים שנמצאו בחלקות הקטנות בהתאם לעונות השונות. כאשר המרעה היה יבש והביומסה נמוכה (אוגוסט בחלקה הקטנה בהשוואה לספטמבר בגדולה) משכי הזמן והמרחקים בביצוע הליכה ללא רעיה היו גבוהים יותר בחלקות הגדולות לעומת הקטנות, 1.0 לעומת 0.37 שעה ליממה בהתאמה ו 2.0 לעומת 0.69 ק"מ ליממה בהתאמה. מאחר שהעלות האנרגטית של פעילות הליכה ללא רעיה היא בין 62.2 ל 87.7 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ בקטנות ובגדולות בהתאמה והעלות של התנועה האופקית היא בין 2.92 ל 2.84 $\text{J}/(\text{kgBW}^{0.75})$ לתנועה של m/day בהתאמה הרי שהפרש של 0.63 שעת הליכה ו 1310 מטר ביום, ההפרש בין החלקה הגדולה לקטנה משמעותו עלות של 5.74 $\text{kJ}/(\text{kgBW}^{0.75} \cdot \text{day})$ שהוא 1.22% מסה"כ הוצאת האנרגיה היומית המינימאלית שנמדדה בניסויים.

לסיכום: הנתונים המוצגים בדו"ח זה הם ייחודיים וחדשנים במובנים רבים למדע. ניתן ליישם בהחלטות על הממשק הרצוי של ניהול העדר והמרעה. דרך יישומם מורכבת; בבסיס תוכנית המחקר הצענו שמדידת קצב הלב של פרות מדגם בעדר (שתעשה במכשור שיפותח על ידי חברה פרטית) ישמש ככלי הניהול. תוצאות המחקרים תומכות היטב ביכולת יישום זאת. מכשיר לניטור אוטומטי של קצב הלב, נמצא בהליך פיתוח במימון מדען ראשי של משרד המסחר והתעשייה בחממה טכנולוגית. אנו מקווים שתוך שנתיים שלוש יעמוד לרשות המגדלים. דרך היישום השניה הנה חיזוי המאזן האנרגטי מתוך מדידת איכות המרעית. ראינו שיש בעיה גדולה בשימוש בדרך זאת דווקא בתנאים בהם החיוניות של קביעת המאזן גדולה יותר, כלומר בתנאים בהם המרעית נמוכה באיכותה וכאשר מוגש זע לבקר. הפתרון לדרך זאת יבוא כאשר ניתן יהיה לקבוע את איכות המרעית מתוך דגימות צואה של הפרות בשטח. נראה שפתרון זה הנו קרוב והוא יבוא מתוצאות תוכנית מחקר במימון מדען ראשי של משרד החקלאות שנמצאת כבר היום בשלב מתקדם.

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח

היו 1. לסכם את בניסויים לאפיון הרכב המזון הנאכל ומאזן האנרגיה של פרות רועות בחורש ים תיכוני. 2. למדוד את משך הפעילויות העיקריות של הפרות במרעה בעונות שונות ואת המחיר האנרגטי של הפעילויות השונות ושל עלות התנועה האופקית. 3. לאפיין את השפעת בית הגידול ואיכות המזון בו על הוצאת האנרגיה ועלות הפעילויות. 4. לבחון האם לגודל החלקה יש השפעה על מדדי הפעילות והוצאת האנרגיה הכרוכה בכך.

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

סוכמו ניסויי מאזן האנרגיה בחורש. בוצעו הניסויים בפרות במרעה בעונות שונות בכל עונה נמדדו מרחקי ההליכה והתנהגות הפרות בו זמנית עם קצב הלב אשר כויל לחישוב הוצאת אנרגיה על ידי מדידת צריכת החמצן של הפרות. חושבו עלויות הוצאת האנרגיה של פעילויות הפרות במרעה.

הניסויים שבוצעו היו ראשוניים בקנה מידה עולמי. בניסויים נמצאו קשרי תלות מובהקים בין המשתנים שנמדדו.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

המדידות שבוצעו השנה מראות את הקשר בין איכות המרעה עונת המדידה התנהגות הרעייה והוצאת האנרגיה. נתונים אלה יהוו בסיס לבניית המודל לניהול עדר. יש להמשיך באיסוף נתונים בשטחים בעלי אופי וגודל שונה (מרעה בחורש) על מנת לבחון את כלליות הקשרים שנמצאו.

4. הבעיות שונתרו לפתרון.

יש להמשיך לאסוף נתונים מרובים בכמות ובמגוון כדי לגבש מסקנות ברורות לקשר בין המרעה, תנאי האקלים התנהגות הפרות ומאזן האנרגיה. לאפיין את פעילות הפרות באופי שטח שונה, לדוגמה בחורש ים תיכוני. יש לבדוק האם מתוך נתוני התנהגות ניתן לחזות את מאזן האנרגיה של הפרות.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע?

תוצאות המחקר של שנה שעברה ושנים קודמות פורסמו בכנסים בין לאומיים וכנסים בארץ, שני מאמרים פורסמו בעיתונות בין לאומית. ראה פרק ספרות בפתיחת ובסיום דו"ח זה.

ספרות:

- Aharoni, Y., Brosh, A., Kourilov, P., Arieli, A., 2003a. The variability of the ratio of oxygen consumption to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. *Livest. Prod. Sci.* 79, 107 – 117.
- Arieli, A., Kalouti, A., Aharoni, Y., Brosh, A., 2002. Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement - validation with energy accretion in sheep. *Livest. Prod. Sci.* 78, 99–105.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A., Wright, D., Young, B.A., 1998. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. *J. Anim. Sci.* 76, 3054-3064.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Holzer Z., 2002. Energy expenditure estimation from heart rate: validation by long-term energy balance measurement in cows. *Livest. Prod. Sci.* 77, 287-299.

- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). 1990. Feeding Systems for Australian Livestock: Ruminants. CSIRO Publications, Melbourne, Australia.
- Marco, O.N., Aello, M.S., 1998. Energy cost of cattle walking on the level and on gradient. *J. Range Manag.* 51, 9-13.
- Marco, O.N., Aello, M.S., Mendez. D.G., 1996. Energy expenditure of cattle grazing on pastures of low and high availability. *Anim. Sci.* 63, 45-50.
- Mendez, D.G., Di Marco, O.N., Corva, P.M., 1996. Energy expenditure of cattle walking on a flat terrain. *Anim. Sci.* 63, 39-44.
- NRC, 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Perevolotsky, A., Brosh, A., Ehrlich, O., Gutman, M., Henkin, Z. and Holzer, Z. (1993). Nutritional value of common oak (*Quercus calliprinos*) browse as fodder for goats: Experimental results in ecological perspective. *Small Ruminant Res.* 11: 95-106.
- Robertshaw, D., Rawson, R.E., 2001. Heart rate and oxygen consumption: the effect of heat dissipation. In: 34th International Congress of Physiological Sciences IUPS (Int. Union of Physiological Sciences) Christchurch, New Zealand.
- Aharoni, Y., Brosh, A., Orlov, A., Shargal, E. and Gutman, M. (2004). Measurements of energy balance of grazing beef cows on Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 1. Digesta kinetics, faecal output and digestible. *Livestock Production Science* 90 (2004) 89–100.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Shargal. E., Choshniak, I., Sharir, B. and Gutman, M. (2004). Measurements of energy balance of grazing beef cows in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure estimation from heart rate and oxygen consumption, and the energy balance. *Livestock Production Science* 90 (2004) 101–115.
- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Dolev, A., Orlov, A., Yehuda, Y., and Aharoni, Y. (2006). Energy cost of cows' grazing activity: the use of heart rate GPS methods for direct field estimation. *Journal of Animal Science* (84) (In press, February 2006).

Brosh, A., Henkin, Z., Orlov, A., and Aharoni, Y. (2006). Diet composition and energy balance of cows grazing on Mediterranean woodland. *Livestock Production Science* (Situating paper, November 2005, In press)