
אפיון הקשר בין התנהגות אכילה ורעיה לבין כמות ואיכות המרעה ומאזן האנרגיה של הבקר במרעה ואפיון תבניות התנהגותיות לאירועי רבייה ובריאות בעדר.

Defining the relationship between feeding and grazing behavior to the amount and quality of the pasture and to the energy balance of grazing cattle, and characterizing behavioral patterns of reproductive and health events in the herd.

מגישים: דר' אביב אשר, מו"פ צפון, מיג"ל
דר' אריה ברוש, מווניטור בקר בע"מ, (חוקר אמריטוס מנהל המחקר החקלאי)

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים.



חתימת החוקר הראשי:

במערכות ייצור של בקר לבשר ברחבי העולם, רוב האנרגיה הנדרשת לעדר הבקר מקורה במרעה, וההחלטות בנוגע לדרך ניהול העדר במרעה הן אשר יקבעו את כמות האנרגיה הזמינה לבקר. הערך התזונתי של הצומח במרעה מוכתב על ידי השפעות הדדיות בין משתנים אקולוגיים המשפיעים על כמות המזון ואיכותו (משקעים, טמפרטורה, טופוגרפיה), לבין מידת התחרות בין הפרות על המזון (לחץ רעיה). לכן, על מנת להגיע לניצול מרבי של המרעה ולחיסכון בתוספות מזון ממקור חיצוני, יש לקיים ממשק מיטבי שיאפשר לבע"ח להגיע לאיזון נכון בין מדדי הוצאת האנרגיה מחד גיסא, ובין קליטת האנרגיה ומרכיבי המזון החיוניים מאידך גיסא. מחקרים שבוצעו בעשור האחרון בארץ ובעולם מלמדים, כי התנהגות הרעיה של הבקר במרעה (משך הרעיה ומנוחה במשך היממה ופיזור הפרטים במרעה), יכולה לשקף את כמות ואיכות המרעה ואת המצב הפיזיולוגי של החיה. עד היום, האמצעים שעמדו לרשות החוקרים לא אפשרו לבחון את הקשר שבין התנהגות אכילה (מספר ארוחות, משך ארוחה) לאיכות וכמות המרעה ובנוסף, לא התאפשר לספק תמונת מצב רציפה של התנהגות העדר (התנהגות רעיה ומיקום הפרטים במרחב) בזמן אמת, ולכן המידע והניסיון המחקרי שהצטבר לא הגיע לידי מימוש במשקים המסחריים.

מטרות המחקר הן: (1) לאפיין את הקשר בין התנהגות אכילה ורעייה ומיקום הפרטים במרחב לבין כמות ואיכות המרעה, ומאזן האנרגיה של הבקר במרעה. (2) לעקוב אחר שינויים בדפוסי התנהגות כתוצאה משינוי במצב רבייתי ובריאותי, ולוודא האם ניתן לאפיין תבניות התנהגותיות למצבים פיזיולוגיים כגון: המלטה, הפלה, דרישה, תחלואה, עקה נקודתית (עומס חום, אירועי טריפה, גמילה). במחקר המוצע נשתמש בטכנולוגיה חקלאית מדייקת חדשנית המאפשרת מעקב רציף ועדכני לאורך היממה באמצעות קולר המשדר את נתוני מיקום הפרה במהלך היממה ואת נתוני ההתנהגות (מספר ארוחות, משך ארוחה, משך מנוחה, רעיה והליכה) באמצעות תקשורת לוויינית. במקביל לנתוני ההתנהגות נבצע בדיקות ביומסה לקבלת כמות המרעה ותקבע איכות המזון הנאכל ואיכות המרעה הצומח ואיכותו תקבע באמצעות ניתוח דוגמאות צואה ומרעה בשיטת NIRS. כמו כן, נבצע מדידות פרטניות להוצאת האנרגיה בשיטת קצב הלב ופעילות החמצן ומדידות מצב גופני ומשקל שישמשו לחישוב מאזן האנרגיה של הפרות במרעה. חשיבותו של המחקר בתרומתו הפוטנציאלית ליעול ממשק הרעיה של עדרי בקר לבשר, לניצול יעיל יותר של המרעה, לשיפור ביצועי העדר ושמירה על שטחי המרעה. ייחודו של המחקר הוא שבאמצעות ניטור התנהגות של הבקר במרעה ניתן יהיה לקבל מידע עדכני ומדויק על מצב המרעה והבקר ובהתאם לסייע לבוקר בקבלת החלטות ניהוליות של העדר כגון: החלטה על מועד הכנסה או הוצאה של העדר מחלקה, מעבר מחלקה לחלקה, זמן התחלת הגשת תוספות מזון, זמן הפסקת הגשת מזון, קביעת מועד גמילה לאור מאזן האנרגיה ומצב הייחומים ומועד הכנסה והוצאה של הפרים מהעדר. כמו כן, איתור תבניות התנהגותיות המאפיינות אירועי ייחום, התעברות, המלטה ואירועי בריאות בעדר יוכל לשפר את ביצועי הבקר במרעה ויגדיל את הרווח מהעדר.

מבוא

על מנת להגיע לרמת ייצור מרבית בעדר הבקר לבשר במרעה, יש לקיים ממשק מיטבי בתנאי שטח נתון, ממשק שיאפשר לבקר להגיע לאיזון נכון בין הוצאת האנרגיה, קליטת האנרגיה ובין מרכיבי המזון החיוניים. ממשק רעייה רווחי למגדל מותנה ביכולתם של בעלי החיים הרועים לספק חלק ניכר מצרכיהם התזונתיים מהמרעה המצוי בשטח. כלומר, לאורך השנה המרעה צריך לספק לפרה את רוב האנרגיה לצרכי הקיום, ייצור העובר ותוספת רקמות של האם התומכות בגידול העובר, ולפרות מיניקות – את האנרגיה הנוספת הנדרשת לייצור החלב ולהבטחת הכניסה להריון ושמירתו בעונה היבשה (Bondi, 1987). יש גורמים רבים המשפיעים על מאזן האנרגיה של בע"ח במרעה, כגון: עונת השנה, לחץ רעייה, זמינות ואיכות המרעה, הזמן המוקדש לאכילה ועיכול, התנהגות, משקל גוף, גיל הפרה ומצב רבייתי (NRC, 2000; Brosh et al., 2006a; Brosh et al., 2006b). כלומר,

בכל יחידת זמן, מאזן האנרגיה תלוי בו-זמנית במספר גורמים היכולים להשפיע על היחסים שבין מרכיביו. קיים קושי במדידת המאזן האנרגטי של בע"ח בכלל, ועל אחת כמה וכמה במרעה. באמצעות שיטת מדידת קצב הלכ-פעימת החמצן (HR-O₂ Pulse) ניתן למדוד את הוצאת האנרגיה של הפרה ללא השפעה משמעותית על התנהגותה (Brosh, 2007). שיטה זו נמצאה אמינה הן בתנאי מכלאה (Arieli et al., 2002; Brosh, 2007) והן בתנאי מרעה (Brosh et al., 2006b; Brosh, 2007). בנוסף, נמצא שמאזן האנרגיה של הפרות במרעה היה בקורלציה חיובית ומובהקת לאיכות המרעה.

איכות המרעה בתקופת המרעה הירוק מושפעת משמעותית מממשק הרעייה. לחץ רעייה אופטימלי בעונה הירוקה ישמור על מרעה צעיר יותר עם ערך אנרגטי גבוה יותר ופוטנציאל יצור מרעית גבוה יותר, ויאפשר אספקת אנרגיה גבוהה יותר לעדר מיחידת שטח של מרעה. שמירה על ממשק רעייה אופטימלי יאפשר גם להשאיר מספיק קמל לתקופה היבשה. ניהול כזה יכול לאפשר גם יצירת אזורי חיץ למניעת מעבר שרפות ללא גרימת נזק לביצועי העדר. ניהול ממשק זה כמעט שאינו ניתן לביצוע ללא ניטור בזמן אמיתי של איכות המרעה, כמות הביומסה, ומאזן האנרגיה של העדר.

בשנים האחרונות, החל שימוש בטכנולוגיות המאפשרות קבלת מדדים אמינים לגבי פיזור מרחבי והתנהגות בעלי החיים במרעה, באמצעות התקנת קולרים הכוללים בתוכם מכשירי GPS ומדי פעילות (Ungar et al., 2005). במקביל, פותחו אמצעים עקיפים למדידת איכות המנה במרעה באמצעות שיטת (NIRS) Near Infrared Reflectance Spectroscopy (Landau et al., 2006). כלים אלה אפשרו לחוקרים בארץ ובעולם לבחון את הקשר שבין איכות המזון במרעה ובין התנהגות רעייה, באמצעות ניטור תנועת הבקר במרעה, ומדידת משך שהייתו בבתי הגידול (Henkin et al., 2012; Brosh et al., 2006b; Turner et al., 2000). התנהגות הרעייה מושפעת מגורמים סביבתיים כגון שעות האור, טמפרטורה, לחות ומצב המרעה (כמות, איכות ופיזור), ומדרישות המזון של הבקר, המושפעות מגזע הבקר, מצב פיזיולוגי, גודל, גיל וקצב הנגיסות (Arnold, 1981; Parsons et al., 2003; Brosh et al., 2006b; Taweel et al., 2006). נמצא שבאזורים ובעונות שבהם איכות המרעה האיכותי פחותה, קצב הנגיסות יורד, זמן הרעייה והשהייה בכל תחנת רעייה קטן, קצב ההליכה מהיר יותר, ומרחק ההליכה ארוך יותר (Bailey et al., 1996; Brosh et al., 2006b; Ganskopp and Bohnert, 2006; Schlecht et al., 2006). מאידך, מחקרים אחרים מצאו כי כאשר איכות המרעית יורדת, שוהה הבקר יותר זמן במרעה ומקטין את מהירות ההליכה (Arnold, 1981; Ganskopp et al., 1997). כלומר, קיימות מסקנות מנוגדות בנושא השפעת איכות וכמות המרעה על התנהגות רעייה, שעשויות לנבוע משוני בגורמים אביוטיים באזורי הגידול השונים בהם נעשו המחקרים. גורמים כגון אורך יום, טמפרטורה ולחות יחסית, הם גורמי מפתח בקביעת סוג וזמן פעילות הבקר, מעבר לאיכות וכמות המרעה (Arnold, 1981; Parsons et al., 2003; Taweel et al., 2006). כמו כן, ההבדל בתוצאות המחקרים יכול גם לנבוע משוני בגזעים, בגודל הבקר ומגיל הבקר שנבחנו.

לאחרונה, פותחה טכנולוגיה חקלאית מדייקת חדשנית (MOOnitor, LTD), המאפשרת מעקב רציף ועדכני לאורך היממה על מיקום העדר והתנהגותו (מנוחה, רעייה והליכה). הנתונים מועברים אל המגדל באמצעות תקשורת לוויינית (העברה בענן), ללא כל צורך בתשתיות בשטח. נתוני פעילויות הפרות מתורגמים בתכנת הענן ה (HMS) Herd Management System לנתונים של איתור אירועים פרטניים, תחלואה ייחוס ועוד ואירועים בעדר מגפה, גמילה וכן להצגת מאזן האנרגיה של העדר ואיכות המרעה.

שאלת המחקר הנוכחי היא האם באמצעות ניטור ושידור רציף בזמן אמת של נתוני התנהגות בקר במרעה ניתן לזהות שינויים באיכות וכמות המרעה, ושינויי במאזן האנרגיה של הפרות בעונות השונות של השנה ובמצבי רבייה שונים, לאתר אירועי רבייה ובריאות בעדר ולשפר את ביצועי העדר.

1. לאפיין את הקשר בין התנהגות אכילה ורעייה של הבקר ומיקום הפרטים במרחב לבין מצב המרעה (המושפע מעונת השנה ולחץ הרעיה).
2. לאפיין את הקשר בין התנהגות אכילה ורעייה של הבקר לבין מאזן האנרגיה של העדר במרעה.
3. לעקוב אחר שינויים בדפוסי התנהגות כתוצאה משינוי במצב רבייתי ובריאותי, ולוודא האם ניתן לאפיין תבניות התנהגותיות למצבים פיזיולוגיים כגון: המלטה, הפלה, דרישה, תחלואה, עקה נקודתית (עומס חום, אירועי טריפה, גניבה, גמילה).

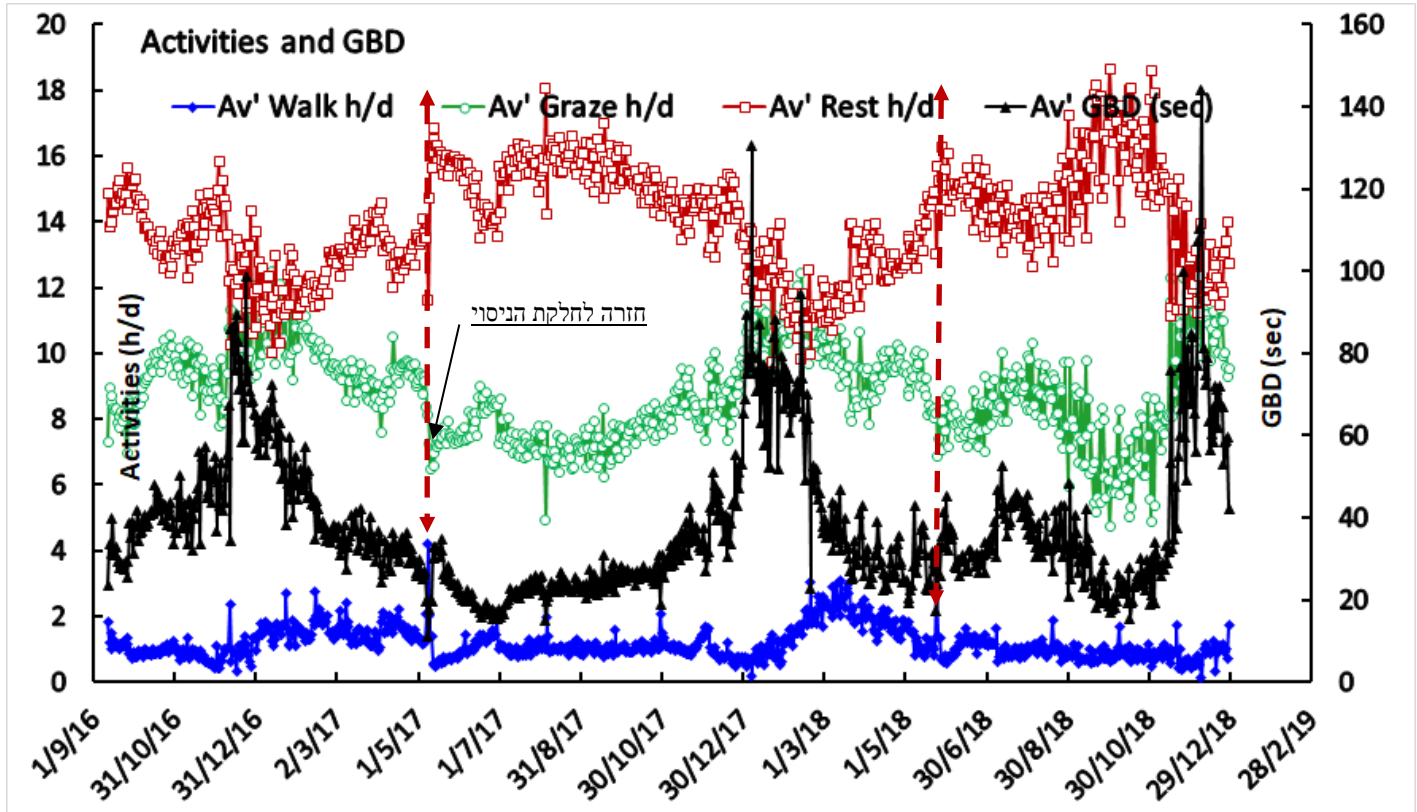
מהלך הניסוי

הניסוי פורמאלי החל בחודש ינואר 2018 בחוות כרי דשא. הדו"ח מתייחס גם לניסוי המקדים שהחל ב-12/9/16. מתוך עדר הבקר של כרי דשא נבחרו 42 פרות מגזע סימנטל מעורב, מספר המלטה ממוצע 3.2, משקל ממוצע 490 ק"ג. כל הפרות היו בהריון. על 23 פרות הורכבו קולרים של חברת MOOnitor. (הערה: 6 פרות לא בהריון הוכנסו בהמשך לקבוצה ולכן כללנו גם אותם בחישובים). לאחר הרכבת הקולרים החל תיעוד הפרות במערכת המידע לנתוני ניהול העדר (Herd Management System, HMS). הנתונים היומיים מכל הפרות עם הקולרים שודרו בתקשורת לוויינית ונאספו באופן רציף לאורך תקופת הניסוי ונשמרו במערכת ה-HMS לניתוחים נוספים. אוגרי הנתונים (Loggers) שבקולרים הופעלו באופן שוטף בתצורת הפעלה (Logging Mode) של קביעת מיקום אחת לשעה, ורישום פעילות אחת ל-5 דקות, נתונים אלו נשמרים כל הזמן אך בינתיים לא נותחו כלל. עד מועד כתיבת הדו"ח, המצב גופני והמשקל של הפרות נמדדו 12 פעמים. רוב הניסוי בוצע בחלקות 9, 10 ו-10 צפון, ביחד שטח של 778 דונם (77.8 הקטאר, Hectare=10 Donam), רוב הזמן כל התת חלקות היו פתוחות לרעייה. דיגום הצומח התבצע כשבוע לאחר כניסת הפרות לחלקת הניסוי, ובוצעו דיגומי צומח בתדירות של כאחת אחת לחודש או חודשיים לאורך תקופת הניסוי. הבדיקות בוצעו בתדירות גבוהה כאשר השינויים במרעה היו גדולים ותדירות נמוכה כאשר השינויים היו קטנים. כאשר הפרות היו מחוץ לחלקת הניסוי וכאשר הביומסה (צומח ירוק צעיר) הייתה נמוכה מיכולת הקביעה (פחות או יותר נמוך מ-300 ק"ג חומר יבש (ח"י) להקטאר לא נבדקה הביומסה. דיגום הצומח נעשה ע"י קציר של 80 דגימות בחלקה, בריבועים של 25 x 25 ס"מ כל אחת. כמו כן, בזמן דיגום הצומח נלקחות דגימות צואה טריות מהפרות בשטח לצורך אנליזה ספקטרוסקופית באורך גל אדום רחוק NIRS, ממנה הוגדרו איכות המרעה (תכולת אנרגיה מטבולית, ME) הרכבו ונעכלותו. בתקופות שבהן ניתן זבל עופות כמזון מוסף, נלקחו דגימות זבל לקביעת אחוז ח"י, חלבון ואפר. כמות הזבל שהוספה לקבוצה נרשמה, ובהתאם למספר הפרות בקבוצה חושבה צריכת המזון הממוצעת לפרה בעדר. תועדו מדדי פוריות (בדיקות הריון על ידי וטרינר, וההמלטות לפי תצפיות בשדה). אירועי תחלואה זוהו על ידי מערכת ה-HMS. זיהוי ייחומים נעשה באמצעות ניתוח נתוני הפעילות שמתקבלים ב-HMS. אימות של זיהוי הייחום האחרון נעשה באופן חלקי על ידי השוואת תאריך הייחום לפי ה-HMS לתאריך ההמלטה. הפרים היו בעדר מאוקטובר עד מאי (הוצאה בתאריך הגמילה). כל הפרות עברו בדיקת היריון (אוגוסט – אוקטובר) ותועדו ביצועי הרבייה (התעברות, המלטה, גמילה).

תוצאות ודיון ראשוני בתוצאות

פעילות הפרות לאורך כל תקופת הניסוי (כולל החלק המקדים, 2016) מוצגת באיור 1.

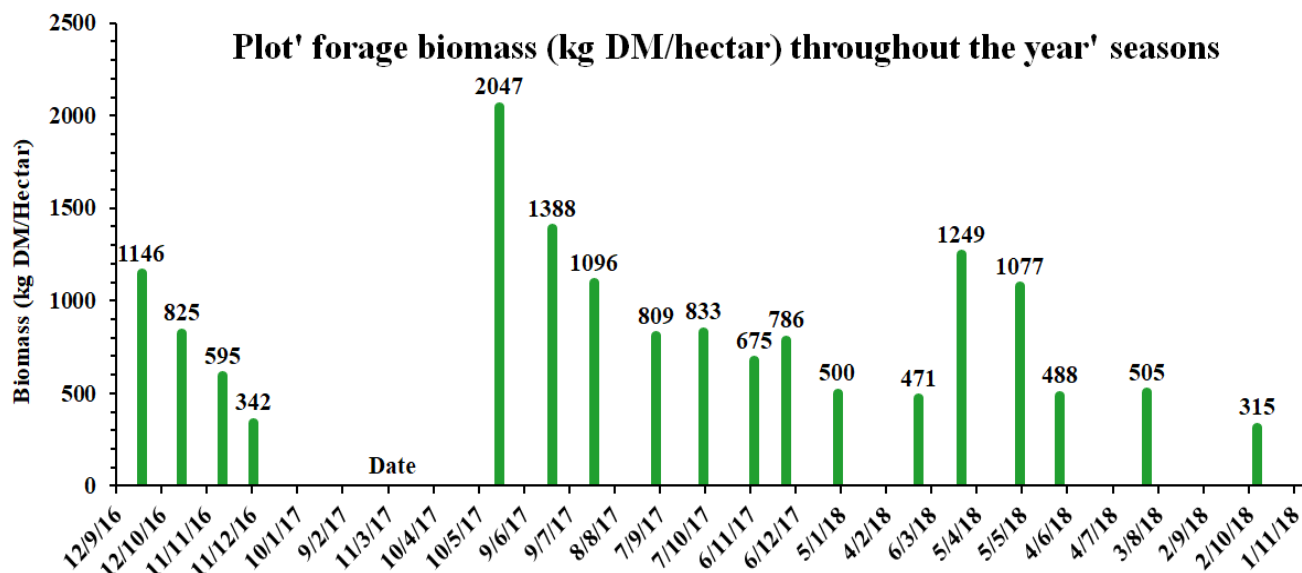
מהנתונים שמכסים 3 תקופות של סתיו ותחילת חורף ניתן לראות שהרעייה וגם ההליכה עולות בחורף עם צמיחת המרעה הירוק האיכותי ויורדות במהלך האביב עם התייבשות המרעה והירידה באיכותו. הרעייה עולה באופן מתון גם בסוף הסתיו עם ירידת הביומסה לערכים נמוכים משמעותיים (איור 2), בתקופה זאת מדד ה GBD עולה. כאשר כמות הביומסה היא נמוכה מאוד (מתחת סף מדידה) והמרעה הוא מרעה ירוק צעיר ועסיסי באיכות גבוהה ערכי ה GBD קופצים עד משך ממוצע יומי של כ 100 שניות רעייה ללא כל הפסקה (GBD).



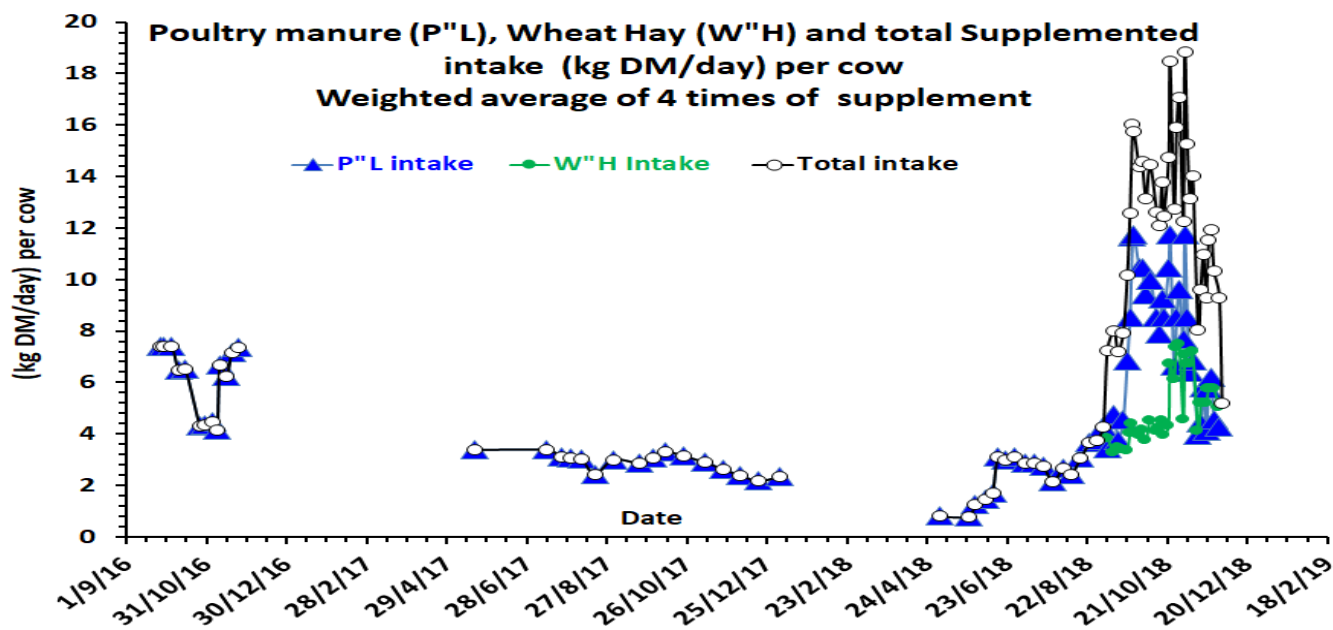
איור 1. פעילות הפרות (שעות ביממה, h/d) לאורך תקופת המדידות, הליכה (Walk), רעייה (Graze), מנוחה (Rest), ציר אנכי שמאלי ומשך רעייה ללא הפסקה (מעבר מרעייה להליכה או מנוחה) ממוצע ליממה (GBD) ציר אנכי ימני, גמילות (■) 9/5/17, 24/5/18.

בשנה הראשונה הוכנסו הפרות לחלקה בסוף הקיץ כאשר **היבול (הביומסה)** בחלקה (איור 2) היה 1146 ק"ג ח"י להקטאר (= Hectare 10 דונם). עם ירידת היבול לרמות נמוכות (ב 11/12/16 ביומסה של 342 ק"ג ח"י להקטאר) משך הרעייה התחיל לעלות והירידה ביבול התבטאה בעיקר בעלייה ב GBD. בתאריך 2/12/17 ירד גשם משמעותי. ב 13/12/16 הפרות כבר נראו רועות על מרעה ירוק וצעיר וערכי ה GBD של העדר היו גבוהים מאוד, 60 ומעלה (איור 1). לאור המצב הירוד של הביומסה הירוקה בחלקת הניסוי ובמטרה לאפשר גידול המרעה, הועברו הפרות (24/1/17) למשך כ 4 חודשים לחלקות שכנות (11-14) בשטח כולל של 2040 דונם (20.40 הקטאר). בגלל קשיים לוגיסטיים פרות הניסוי נשארו בחלקה עד הגמילה ב 9/5/17. בתאריך 11/5/17 (לאחר בדיקות וגמילה של רוב הפרות) הוחזרו הפרות לחלקות 9, 10 ו 10 צפון המקוריות בהם הביומסה הייתה כבר גדולה מאוד (2047 ק"ג ח"י להקטאר) ובהתאמה המרעה, שהיה ללא רעייה, היה במצב בוגר באיכות נמוכה יותר. באיור 1. ניתן להבחין בירידה הגדולה במשך הרעייה כתוצאה מהשינוי

הגדול באיכות המרעה במעבר חזרה לחלקת הניסוי (מסומן בחץ). בשנת 2017 עם ירידת איכות המרעה ירד משך הרעייה. צריכת זבל העופות במנה שהוגשה אחרונה בשנת 2016 (24/11/16) הייתה 7.3 ק"ג ח"י לפרה ליממה (איור 3). בכל השנים לאור המצוקה הצפויה במרעית, הז"ע הוגש לפרות כבר בחודש מאי והופסק (כולל השחת חיטה, בשנה שהוגשה) כאשר הפרות חדלו לאכול ממנו. הגמילות גורמות לירידה ברעיה ובמנוחה ולעליה משמעותית בהליכה. השפעות העונות, על דגם התנהגות של הפרות בשנים 2017 ו 2018 היו דומות לאלו שבשנת 2016, עלייה מתונה ברעייה בסתיו ותחילת החורף לפני הגשמים כאשר הביומסה ירדה מערכים של כ 800 ק"ג ח"י להקטאר (איור 2). בתנאים אלו העלייה ב GBD הייתה משמעותית יותר. לאחר הגשמים הראשונים כאשר המרעה היה צעיר ואיכותי אך הביומסה הייתה נמוכה (מתחת סף יכולת מדידה) שעות הרעיה עלו עוד יותר וערכי ה GBD עלו למעל 50-60 ועד למעל 100 שניות בממוצע של משך רעייה רציפה. עם התבססות הביומסה



איור 2. כמות היבול (Forage biomass) הממוצעת (משוקלל) בחלקות הניסוי בתקופת הניסוי, הקטאר = 10 דונם.



איור 3. צריכה יומית לפרה (kg DM/day) של מזונות מוגשים, זבל עופות (P"L) ושחת חיטה (דגן) (W"H) במהלך הניסוי.

לערכים שנתינים למדידה (לקראת חודש מרץ) ובהמשך ירדו מעט הרעיה וההליכה עם ירידת איכות המרעה אך השינוי (ירידה) ב GBD שמהווה מדד רגיש מאוד לרמת הביומסה היה משמעותי הרבה יותר. בהמשך האביב לקראת חודש אפריל, הביומסה עלתה משמעותית לערך של 1249 ק"ג ח"י להקטאר (איור 2). אך הכמות הייתה הרבה יותר נמוכה מאשר בשנה הקודמת בה לא היו פרות בחלקה בשיא החורף וברוב עונת האביב.

בקיץ בסתיו ובחורף של 2018 התנהגות הרעייה הייתה דומה לזאת של 2017 אך שעות הרעייה וה GBD היו נמוכים יותר למרות שהביומסה ב 2018 (קיץ סתיו) הייתה נמוכה יותר. השונות נובעת מכך שבקיץ וסתיו 2018 צריכת הז"ע (איור 3) הייתה הרבה יותר גבוהה, כי הביומסה הייתה נמוכה וכמו כן בגלל מצב הביומסה הוגש לפרות שחת חיטה (איור 3) החל מ 29/8/18.

הערה: הקולרים מזהים אכילה מאבוס כמו אכילה במרעה, רק שהספק צריכת המזון באבוס (ק"ג מזון בשעה) הוא בערך פי 5 יותר גדול מאשר במרעה.

צריכת הז"ע כמזון מוסף במהלך תקופות הניסוי בעונות סוף האביב הקיץ והסתיו (איור 3) הושפעו באופן ישיר מרמת הביומסה בשטח (איור 2). כאמור בשנת 2017 הפרות בחורף ובתחילת האביב רעו בחלקות 14-11 כתוצאה מכך הביומסה בחלקות הניסוי הגיעו לרמה גבוהה וצריכת הז"ע הייתה נמוכה בשנה זאת (איור 3).

לאור בעיות הבריאות והתמותה שנגרמו לפרות בחלקות הגדולות (יתואר ויוסבר בהמשך) החלטנו בחורף סוף 2017 ו 2018 להשאיר את הפרות כל הזמן בחלקות הניסוי ולהוסיף בחורף שחת חיטה (איור 3) כדי להקטין את לחץ הרעייה בשטח.

בהשוואה בין שנות הניסוי, צריכת המזון המוגש (בעונת הקמל) עלתה עם הירידה בביומסה. **בהתבוננות עמוקה יותר** ניתן לראות שה GBD מהווה מדד הרבה יותר מדויק ורגיש לחוסר ביומסה לפרות בחלקה.

הסבר: בקיץ 2018 כבר בסוף חודש מאי הביומסה הייתה נמוכה מ 500 ק"ג ח"י להקטאר אך ערכי ה GBD היו פחות מ 30 שניות. ערך שמצביע על כך שלפרות יש מספיק מרעית בשטח והפרות לא משקיעות יותר זמן באיסוף המזון. לכן החלטנו להשאיר את הפרות בחלקה ולא לתת להם תוספת של שחת. אמינות המדד (GBD) הוכחה על ידי שני גורמים: (1) צריכת המזון המוסף (הז"ע) לא עלתה (איור 3), (2) משך הרעייה לא עלה (איור 1). למעשה גם מיקום הפרות (מידע מה HMS מפעילות GPS) תמך בהחלטה לא לתת תוספת שחת חיטה. התחלת תוספת השחת לפרות בחלקה הייתה ב 29/8/18 כאשר ערך ה GBD הממוצע של הפרות עלה ל 48 שניות. **כלומר חסכנו שחת או לחלופין הארכנו את משך הרעייה בחלקה ב 2.5 חודשים הודות למידע שקבלנו ממדד ה GBD שמסתמך על התנהגות הפרה בשטח,** כלומר המצאות אזורים בשטח עם מספיק מרעה שלא נצפים על ידי המגדל ועל ידי בדיקת הביומסה בשטח.

אימות הממצא של אמינות מדד ה GBD התקבל משני מדדים: (1) שמירה על צריכת ז"ע נמוכה (פחות מ 4 ק"ג ח"י ליממה לפרה), (2) בבדיקות חוזרות של המשקל וה BCS נמצא שהפרות שמרו היטב על המשקל ועל המצב הגופני בתקופה זאת (תאריכי בדיקה 19/8/18 ו 8/10/18, איורים 8 ו 9 בהתאמה).

ירידת ערכי ה GBD והרעייה לאחר ה 29/8/18 (התחלת הגשת שחת חיטה) נבעה מהעלייה המשמעותית בצריכת המזון המוגש. כאמור שיעור צריכת מזון ליחידת זמן אכילה של מזון מוגש היא כמעט פי 5 מאשר בזמן רעייה.

סה"כ צריכת המזונות המוגשים, ז"ע ושחת חיטה בשנות הניסוי 2017-18 (טבלה 1) חושב לאחר שבשנת 2018 הפרות הפסיקו לאכול מזון מוגש וצרכו מרעית (ירוקה ובעלת איכות גבוהה) בלבד.

טבלה 1. צריכת יומית של מזון מוגש (ק"ג חומר יבש, DMI) לפרה וסה"כ לפרה בתקופת הגשת המזון.

Feed	Year	Number of cows	Days (N)	Total period Given (kg DM)/cow	Average daily DMI (kg DM/day)
Poultry manure (PL)	2017	37.4	228	695	3.05
Poultry manure (PL)	2018	40.0	212	948	4.47
	Supplemented Wheat hay			Supplemented Wheat hay	
Wheat Hay (WH)	2018	40.0	107	392	3.66
PL + WH	2018	Total kgDM/cow		1,340	6.32

PL = זבל פטימים, WH = שחת דגן.

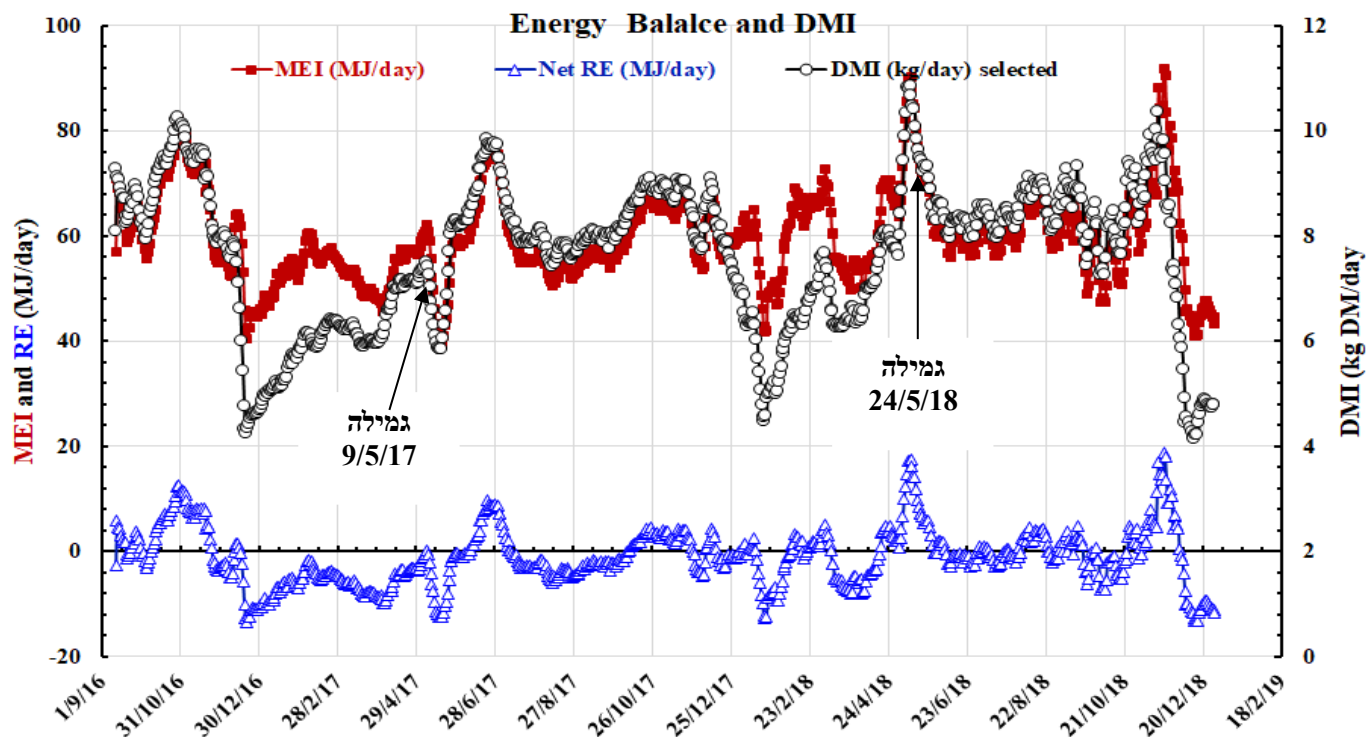
משך הגשת המזון המוסף היה דומה בין השנים ונקבע בעיקר לפי מועד הגשמים המשמעותיים ונביטת העשב. סה"כ צריכת הז"ע בשנת 2018 הייתה פי 1.36 מאשר בשנת 2017, סה"כ צריכת מזון מוגש לתקופה הייתה פי 1.93 והצריכה היומית הממוצעת של מזון מוגש ב-2018 הייתה פי 2.07 מאשר ב-2017 (טבלה 1). הצריכה היומית הממוצעת של הז"ע וסה"כ צריכת המזון המוגש בחודשים אוקטובר-נובמבר בשנת 2018 (שיא צריכת המזון המוסף) היו 7.76 ו-13.29 ק"ג ח"י בהתאמה. לעומת זאת צריכת ז"ע הממוצעת בחודשים אלו בשנת 2017 הייתה רק 3.01 ק"ג ח"י. כפי שדווח מעל, בחורף 2016-17 הפרות לא היו בחלקת הניסוי ולכן בכניסתן לחלקת הניסוי (תחילת מאי 2017) הבימסה בחלקה הייתה גדולה מאוד (איור 2).

הערה: כל החישובים נעשו לפי רישום הכמויות שהוגשו ללא חישוב של פחת בין הגשה לאכילה.

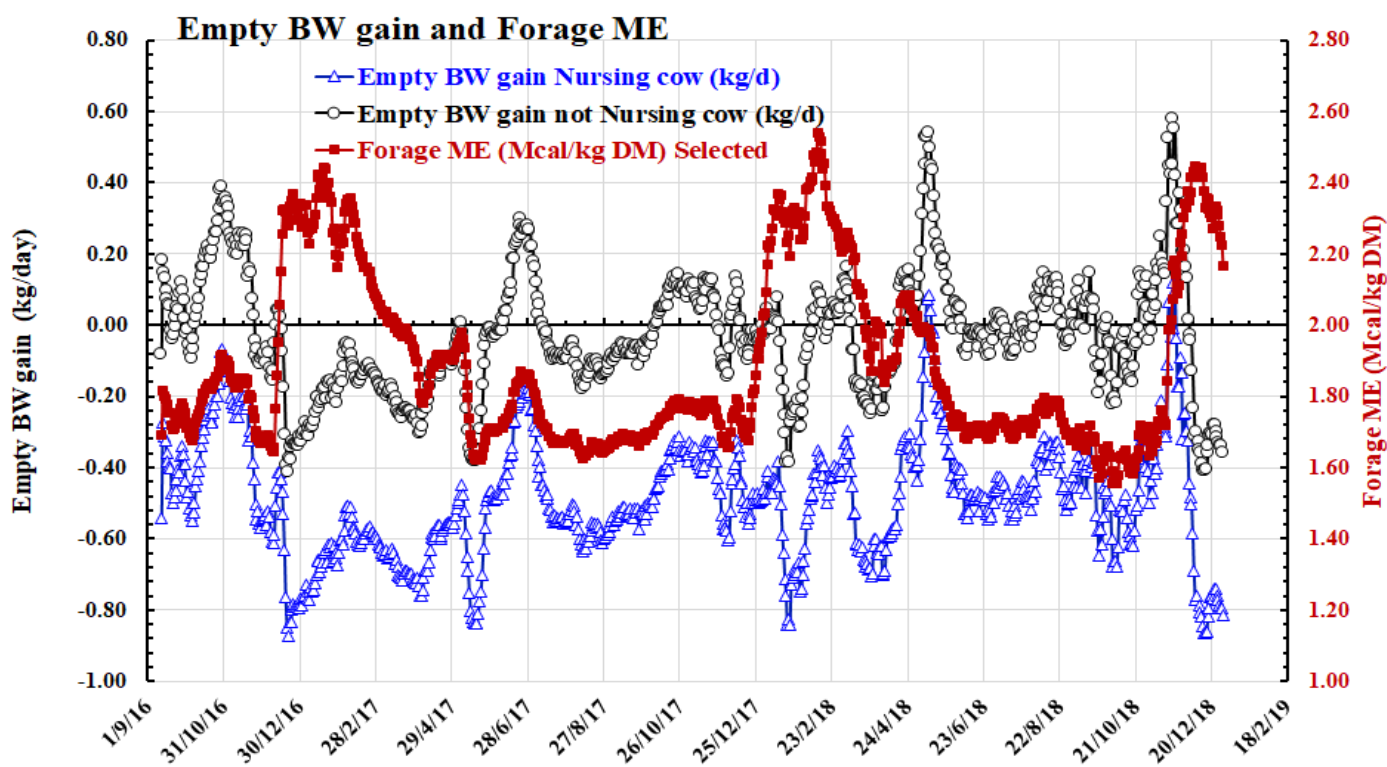
מדדי מאזן האנרגיה ואיכות המרעית של הפרות בניסוי

מאזן האנרגיה של הפרות (איור 4) חושב על ידי האלגוריתם של MOOnitor, האלגוריתם מותאם לפרות ברעיה והוא מתבסס על משך הרעיה היומית בתיקון לפי מדד ה GBD שמאפיין מצבים של ירידה משמעותית בביומסה, בתיקון לעלות האנרגטית של ההליכה ושל הרעיה ובתיקון למצב בו מוגש מזון מוסף לפרות אך צריכת המרעית עדיין משמעותית. סביר להניח שבמצב בו עיקר ההזנה היא מהמזון המוגש האלגוריתם לא חוזה במדויק את המאזן. כצפוי ה MEI השתנה משמעותית במהלך השנה. אך בניגוד לצפוי ערכי ה MEI ובהתאמה ערכי ה DMI וה RE הגיעו לערכים הגבוהים בקיץ ובסתיו כאשר הפרות מקבלות תוספות מזון ולא בחורף ובאביב (חודשים מרץ-אפריל מאי) כאשר איכות המרעית גבוהה (איור 5). במאי 2018 כאשר הפרות כבר קבלו ז"ע, כל מדדי מאזן האנרגיה היו גבוהים. במצב תקין בחודשי החורף (לא בתחילתו) והאביב איכות המרעה וזמינותו (ביומסה) הם במצב הטוב ביותר. בניסוי הנוכחי מאזן האנרגיה ה RE של הפרות בחודשי החורף והאביב היה ברובו שלילי (איור 4).

מאזן האנרגיה במערכת MOOnitor מתורגם לנתוני שינוי משקל גוף ריק (Empty BW) כלומר השינוי האמיתי במשקל רקמות הגוף של פרה בוגרת כלומר רקמות השומן. חישוב זה מנטרל שינויים בנפח מערכת העיכול שמשפיעים מאוד בשקילה והוא אינו מתאים למצב של רעב קיצוני בו הפרות מנצלות חלבון כמקור לאנרגיה. ההנחה בחישוב הייתה שבמצב שבו נבדקו הפרות השינוי האמיתי במשקל נובע מפרוק או יצירה של רקמת שומן. הצגה זאת מקלה על המשתמש ומאפשרת בניסוי השוואה למדידות ישירות של משקל ומצב גופני. שינויי המשקל של פרה מניקה (Nursing cow) ופרה לא מניקה (not Nursing cow) ואיכות המרעית (Mcal/kg) הנאכלת בפועל על ידי הפרות מוצג באיור 5, לצורך החישוב הנחנו שבממוצע הפרות בניסוי מניקות 5 ק"ג ליממה. לקחנו בחשבון ערך האנרגיה של 2.97 MJ לק"ג חלב (NRC 2001) וערך של 32.51 MJ לק"ג רקמת שומן (Asher et al., 2018, Appendix chapter). חישוב זה מאפשר להשוות בין נתוני המאזן האנרגטי לפי השינויים ב BW וב BCS ואלו המחושבים ב HMS.



איור 4. צריכת אנרגיה מטבולית (MEI), אנרגיה נאצרת בגוף ובחלב (RE) וצריכת המזון (DMI) בתקופת הניסוי.

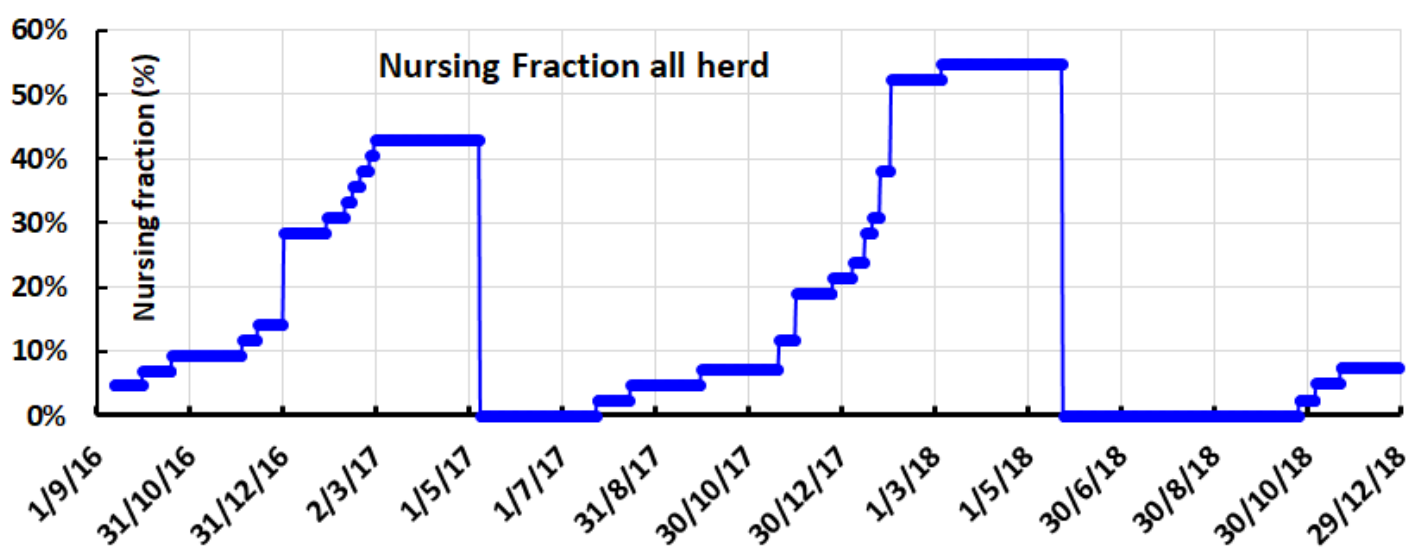


איור 5. ערך האנרגיה המטבולית (ME) של המרעית הנצרכת בפועל ושינויי משקל ריק מחושבים ממאזן האנרגיה של הפרות, מניקה, ולא מניקה.

מהנתונים (איור 5) ניתן לראות שבהתאם לצפוי ערכי האנרגיה המטבולית של המרעית הנאכלת בפועל גבוהים מאוד בחורף ונמוכים אך בהחלט ברמה סבירה (בין 1.6 ל 1.8 Mcal/kg DM) בקיץ. תכולת ה ME של המרעית מתחילה לרדת כבר לקראת סוף חודש פברואר.

מחשובי שינויי משקל הגוף מתוך מאזן האנרגיה של הגוף ניתן לראות בברור שפרה מניקה (לצורך השוואה מוצג לאורך כל תקופת הניסוי), בתנאים של הרעיה בכרי דשא בניסוי זה, מאבדות הפרות ממשקל גופן במשך רוב השנה. בחישוב של ממוצע שינויי המשקל מגמילה לגמילה כלומר מ 9/5/17 ל 24/5/18, פרה בתקופת ההנקה מאבדת 470 גרם ליממה. בפרה לא מניקה שינויי המשקל נע סביב האפס (מאוזנת אנרגטית) ובהתאמה בחישוב הממוצע מגמילה לגמילה איבוד המשקל הממוצע הוא 16 גרם ליממה. הערה לחישובים! החישובים מתבססים על נתוני כל הפרות עם הקולרים, הנתונים לא לוקחים בחשבון שפרה מניקה בדרך אוכלת יותר מאשר פרה לא מניקה.

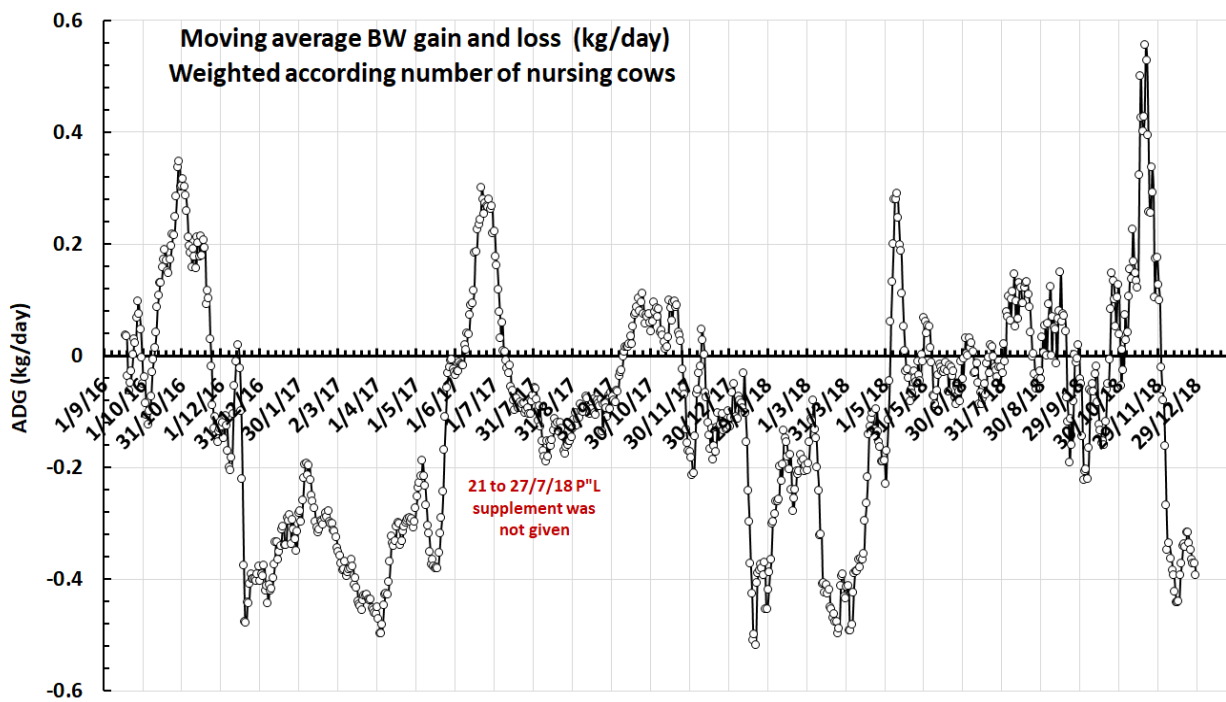
כאשר לוקחים בחשבון את אחוז הפרות המניקות בקבוצה בתאריכים השונים (איור 6) מקבלים את המאזן האנרגטי המחושב לשינוי משקל הפרות (שינוי רקמת שומן) משוקלל לפי מצב ההנקה של הפרות (איור 7).



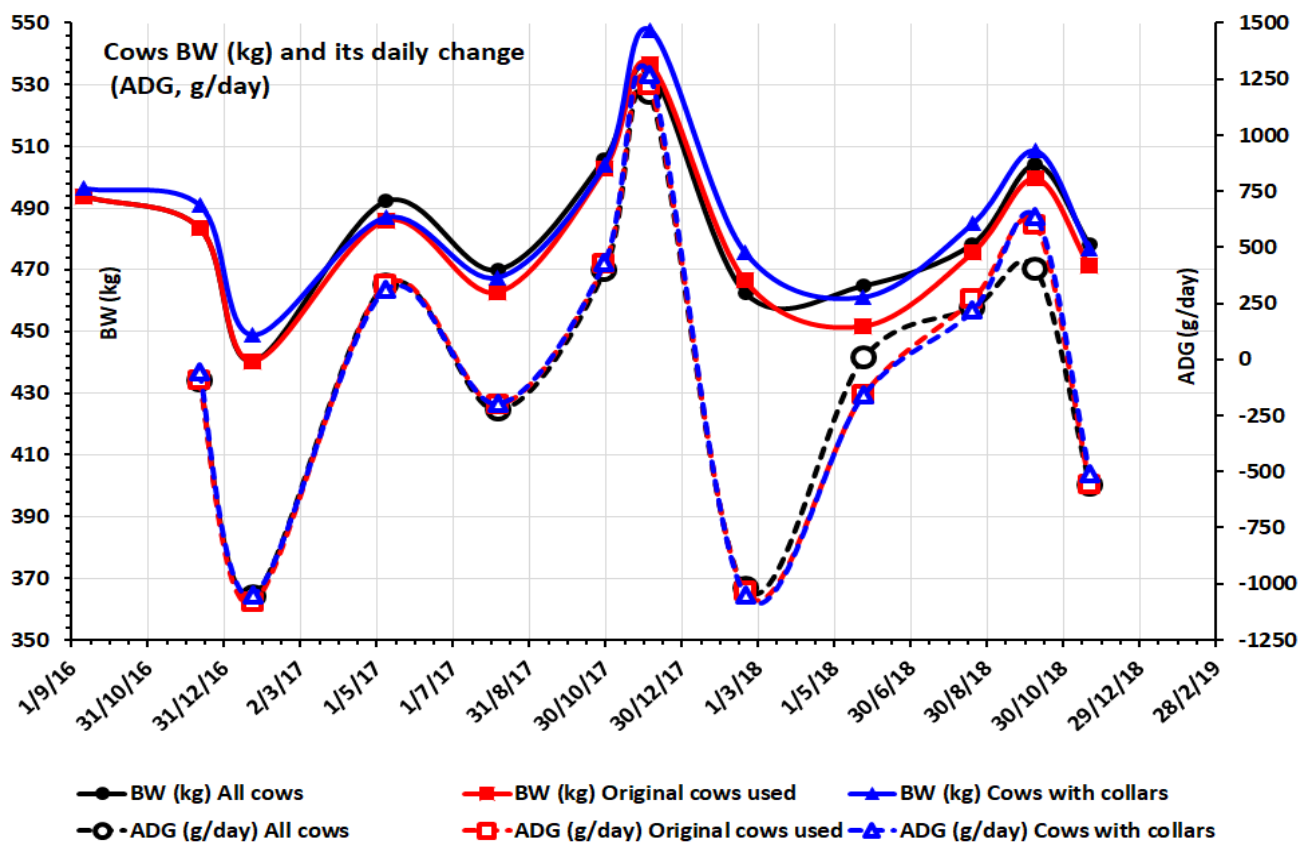
איור 6. אחוז הפרות המניקות (Nursing) לאורך תקופת הניסוי. גמילות של כל הפרות בעד 9/5/17 ו 24/5/18.

מאזן האנרגיה של הפרות שמחושב לשינוי משקל גוף ריק, כלומר שינוי מסת רקמת שומן שמוצג ב**איור 7** מראה שבממוצע משוקלל למספר הפרות המניקות בעדר, הפרות היו במאזן אנרגיה שלילי (איבוד רקמת שומן) בחודשי החורף והאביב. לאורך כל תקופת הניסוי מה 11/9/16 ועד ה 29/12/18 הפרות איבדו בסה"כ 59.3 ק"ג של רקמת שומן. בחישוב עד לתאריך 20/11/18 התאריך האחרון בו נבדק המצב הגופני והמשקל הן איבדו 52.1 ק"ג.

משקלי הפרות ושינויי המשקל הישירים מושפעים מההמלטה מההיריון ומשינוי נפח תוכן מערכת העיכול (gut fill). מאחר שהקולרים לא היו על כל הפרות ומאחר שהייתה תחלופה של פרות בעדר במהלך תקופת הניסוי, משקלי הפרות ושינויי המשקל היומי (ADG) שחושבו פרטנית מוצגים (**איור 8**) גם לתת קבוצות: (**א**) לכל הפרות בעדר הניסוי, (**ב**) לפרות שהיו בעדר מתחילת הניסוי, (**ג**) לפרות עם הקולרים. בהתאמה מוצגים כך המצב הגופני ושינוי המצב הגופני ליממה במקביל לשינוי משקל הגופני (**איור 9**).



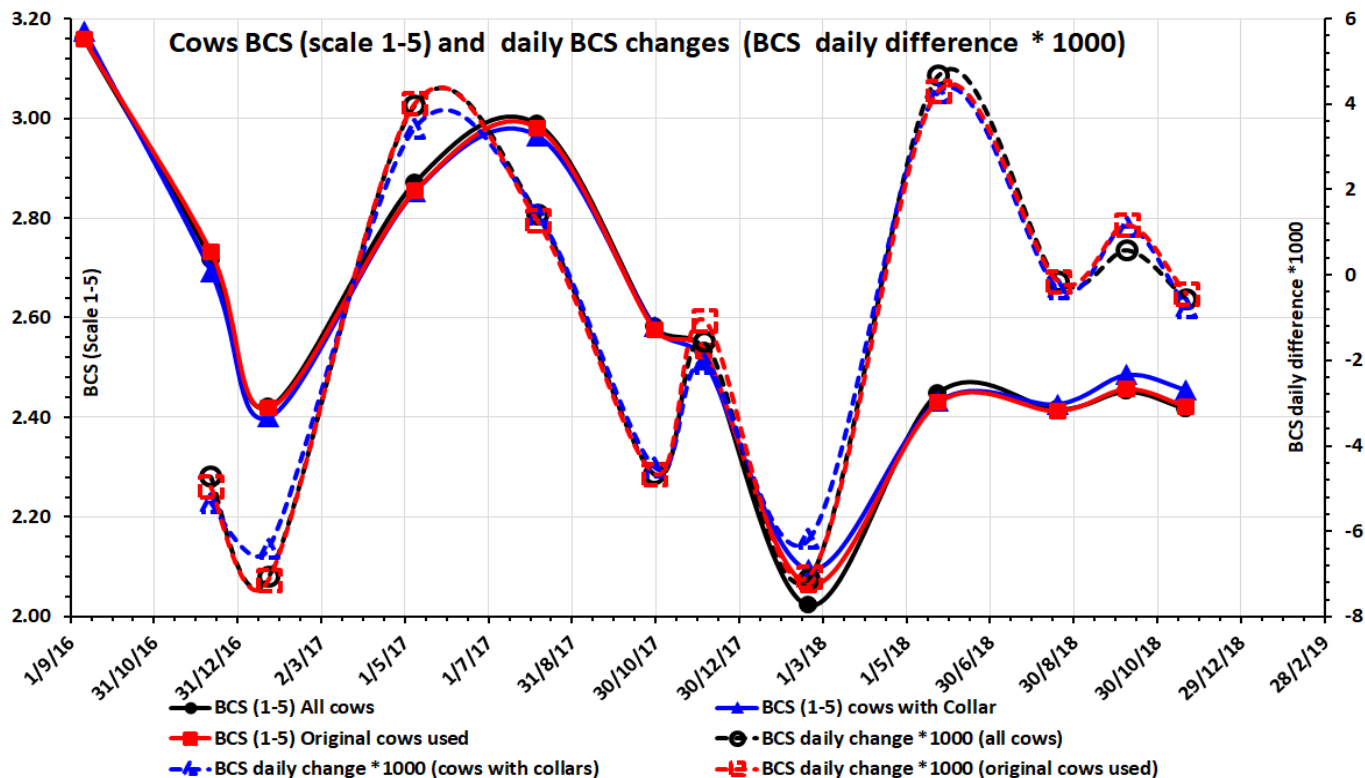
איור 7. חישוב שינויי משקל יומי (ADG) של הפרות בניסוי בהתאם למאזן האנרגיה לפי ה HMS ואחוז המניקות בעדר בפועל.



איור 8. משקלי הפרות (kg) ושינוי המשקל היומי (g/day) של הפרות במהלך הניסוי.

משקלי הפרות והמצב הגופני משתנים משמעותית בין המדידות, ערכי שינויי המשקל המצב בגופני משתנים בהתאמה (איורים 8, 9). ההתאמה בין התת קבוצות (א, ב, ג) בכל המדדים הייתה גדולה מאוד. כלומר לצרכי השוואה המדידות שנעשו בפרות עם הקולרים (בין 24 ל 16 פרות בתקופות השונות) מייצגות היטב את כל העדר.

משקל הפרות בשנת הרבייה 2016-17 מראה ירידה גדולה, ו ADG- (מאזן אנרגיה שלילי) בחורף, מדידות 12/12/16 ו 23/1/17 ועלייה במשקל ו ADG+ בתקופה שכוללת את כל האביב עד לתאריך 9/5/17 (תאריך הגמילה).



איור 9. המצב הגופני (BCS Scale 1-5) ושינוי המצב הגופני בין הבדיקות (BCS daily change*1000) של הפרות בניסוי.

משקל הפרות בשנת הרבייה 2017-18 לאחר הגמילה (9/5/17) יורד מעט (-ADG) בקיץ עד בדיקת 6/8/18, משקל הפרות עולה ושינוי המשקל נעשה חיובי באופן רצוף בהמשך הקיץ והסתיו עד 5/12/17. בשיא החורף מ 5/12/17 עד 19/2/18 הירידה במשקל גדולה מאוד ופרות יורדות 1050 גרם ליממה, שינוי זה יכול לנבוע חלקית מירידת המשקל של הפרות בעקבות ההמלטות. בהמשך עד 24/5/18 ירידת המשקל קלה מאוד ובמהלך הקיץ והסתיו עד 8/10/18 משקל הפרות עולה (+ADG) ואחר יורד בסתיו עד 20/11/18 (-ADG).

השינויים במצב הגופני (BCS) והשינויים בו בכל תקופת הניסוי עד כה שמחושבים בהמשך לשינוי במשקל רקמת השומן (מאזן האנרגיה) דומים לשינויים במשקל עד הגמילה ב 9/5/17. בהמשך בקיץ עד 6/8/17 המצב הגופני עולה, אחר כך עד 19/2/18 הוא יורד בהתאמה לירידה במשקל. מגמת השינויים ב BCS בהמשך (19/2/18 עד 20/11/18) דומה לשינויים במשקל פרט לכך שהשינוי במשקל בין ה 8/10/18 ל 20/11/18 גדול יותר מאשר ב BCS.

השוואה בין מאזן האנרגיה המחושב מתוך נתוני ה HMS (אלגוריתם של מוניטור) לאלו המוצגים על יד שינויי המצב הגופני והמשקל, כל הנתונים מוצגים כשינוי משקל גוף:

נתוני ה-HMS האנרגטיים מחושבים כממוצע לכל העדר ולא פרטנית. זאת משום שהשונות הפרטנית ביעילות של הפרות (כלומר במעבר מצריכת מזון וצריכת אנרגיה מטבולית לקיום ולייצור) גדולה מאוד. לכן זה לא יהיה נכון ליחס לפרט ערכי יעילות ממוצע של העדר ולבצע סטטיסטיקה. נתוני ה-HMS מוצגים לכל יום ואילו נתוני המשקל וה-BCS נבדקים בהפרש של חודשים.

נתוני המשקל והמצב הגופני ונתוני ה-HMS מראים מאזן אנרגיה שלילי בחורף בתקופה בה איכות המזון היא מקסימלית (איור 5). הסיבה לכך היא רמת הבימוסה הנמוכה (איור 2) הבאה לידי ביטוי בערכי GBD גבוהים מאוד (איור 1) בעונה זאת.

מתחילת הניסוי המקדים ועד מדידת המשקל וה-BCS האחרונה (11/9/16 עד 20/11/18, 800 ימים), הסיכום המצטבר לכל הפרות בניסוי של שינוי המשקל (ק"ג) לפי השקילות היה 21.2-, לפי שינוי ה-BCS מתורגם לשינוי משקל גוף היה 51.7- ולפי ה-HMS שינוי משקל הגוף היה 52.1-. כאמור שינויי משקל שנמדדים ישירות אינם מבטאים במדויק את מאזן אנרגיה משום שהם מושפעים מאוד מתכולת המעכל במערכת העיכול (Gut fill), היריון והמלטה.

זיהוי איכות המרעית והמנה הנאכלת על ידי הפרות

לבדיקת נושא זה היו שתי מטרות, (1) תיאור תנאי הניסוי, כאשר איכות המזון שבמרעה (**המרעית**) והמנה הנצרכת בפועל על ידי הבקר (אכילה סלקטיבית) מהווים חלק משמעותי ביותר בממשק העדר ובקביעת ביצועי העדר, (2) השוואה בין זיהוי איכות המרעית הנאכלת בפועל באמצעות שיטת ה-NIRS (Landau et al., 2006) לזאת הנקבעת על ידי ה-HMS. דיגומי צואות ומרעית בוצעו אחת לחודש או בהפרשים גדולים יותר. בתקופת המרעה הירוק ובזמן התייבשותו, דיגומי צואות ומרעית התבצעו בתדירות גבוהה יחסית היות ובתקופות אלו איכות המרעה משתנה משמעותית בציר הזמן; ובוצעו דיגומים בתדירות נמוכה יותר בקיץ כאשר כל המרעה הוא קמל יבש. זיהוי ה-HMS לאיכות המנה בפועל נעשה על בסיס יומי בהתאם להתנהגות הפרות, אך כדי לנטרל שינויים יומיים בהתנהגות שלא קשורים באיכות המרעית, איכות המרעית הנאכלת בפועל לפי ה-HMS מוצגת כממוצע נע (Moving average) של 7 ימים (**איור 5**).

הערכים התזונתיים של המרעית שנדגמה בחלקות הניסוי (3 חלקות) משוקללים לשטחן היחסי של החלקות ומיצגים את איכות המרעית המשוקלל בשטח הניסוי (**טבלה 2**). הערכים נבדקו בשיטת ה-NIRS בהתאם לעקומות כיוול.

נכון למצב הנוכחי רוב הדיגומים המוצגים נעשו במרעה קמל, בהתאם לכך ערכי ה-NDF הגבוה, החלבון הנמוך, הנעכלות הנמוכה וערכי ה-ME הנמוכים. רק דיגומים מהתאריכים 25/2/18 ו-25/3/18 נעשו במרעה ירוק איכותי ובהתאם לכך, ערכי האפר גבוהים יחסית (עשב ירוק עסיסי מכיל הרבה נוזלים ומינרלים נמסים בתוכו, האנליזות מחושבות לחומר היבש ולכן ריכוז האפר בהן גבוה) החלבון גבוה מאוד, ה-NDF נמוך והנעכלות הגבוהה ובהתאמה ערכי ה-ME גבוהים. הערכים התזונתיים שחושבו לדיגומים מהתאריכים 21/11/16, 11/12/16 ו-31/12/17, תקופות בהן הפרות אכלו יחסית יותר זבל עופות נראים נמוכים מהצפוי. ייתכן שעקומות הכיוול ל-NIRS לא מתאימות להם. הנושא צריך להיבדק. לכן בהשוואות של איכות (ME) המרעה שנדגמה בחתכים לזאת הנעכלת בפועל שהוערכה מדיגומים הצואה וזאת שהוערכה מה-HMS נלקחו בחשבון רק בדיקות בהן ערך המזון היה גבוה מ-1.35 Mcal/kg DM.

ערכי האנרגיה המטבולית של המרעית שחושבו מאנליזות דיגום חתכים בחלקה (**מוצגים גם בטבלה 2**), ושל המנה הנאכלת בפועל שמחושבת מאנליזות NIRS של דיגומים הצואה של הפרות וזאת שמחושבת על ידי ה-HMS (אלגוריתם מווינטור בקר בע"מ) **מוצגים בטבלה 3**. רוב הדיגומים באנליזות שנעשו עד כה הן מעונות בן הפרות אכלו קמל יבש כולל תוספת ז"ע. חיזוי המנה בעונת המרעה הירוק לפי ה-HMS מראה עליה משמעותית בחורף (ינואר 2017 וינואר פברואר 2018). בינואר 2017 לא נדגמה צואה ומרעית כי הפרות לא היו בחלקת הניסוי. בדיגומים מעונות המרעה הירוק אנליזות המרעית ב-NIRS בפברואר 2018 תואמת את אלגוריתם ה-HMS. איכות המנה לפי ה-NIRS של דיגומים הצואה ב-25/3/18 דומות מאוד לחיזוי של ה-HMS. לאחר מחיקת הנתונים הלא הגיוניים של ה-NIRS שמחשב את איכות המנה מדיגומים הצואה (איכות מנות נמוכות מ-1.35 Mcal/kg DM). נשארו 10 דיגומים לצרכי השוואה בין חיזוי

המנה לפי ה NIRS והחיזוי של ה HMS. בנייתו לפי מבחן Paired T test לא נמצא הבדל מובהק בין שתי המדידות של ערך ה ME ב NIRS וב HMS ערכי ממוצע של 1.74 ו 1.79 בהתאמה SD של 0.21 ו 0.26 בהתאמה, הממוצע של ההפרשים (NIRS-HMS) היה -0.05 עם SD של 0.34. $P = 0.67$ למבחן דו צדדי.

טבלה 2. הערכים התזונתיים של המרעית בשטח הרעיה של הפרות שנבדקו עד כה.

Date	Ash,%	NDF,%	ADF,%	ADL%	Protein,%	% Dig.	ME
28/9/16	8.49	73.62	43.92	2.50	3.53	40.57	1.46
25/10/16	8.80	72.73	43.92	3.11	3.41	42.26	1.52
21/11/16	6.81	77.10	47.76	3.74	3.17	34.40	1.24
11/12/16	5.95	78.18	50.49	5.20	3.45	27.54	0.99
23/5/17	8.61	72.06	42.46	4.00	4.13	51.49	1.86
28/6/17	9.75	72.27	41.68	2.88	3.56	53.82	1.94
25/7/17	10.27	71.00	42.16	3.04	3.23	52.16	1.88
4/9/17	10.66	70.33	41.92	3.08	3.45	52.78	1.90
4/10/17	9.54	71.41	41.98	3.22	3.19	52.69	1.90
8/11/17	9.52	75.32	47.50	2.93	3.02	42.39	1.53
26/11/17	10.73	70.61	45.05	4.08	4.60	46.22	1.67
31/12/17	8.02	75.10	49.17	6.87	3.94	32.05	1.16
25/2/18	13.07	39.06	20.12	2.48	21.24	74.61	2.69
25/3/18	10.62	46.51	26.59	2.70	16.45	77.34	2.79

% Dig. מייצג נעכלות חומר יבש, ME מייצג תכולת אנרגיה מטבולית של המרעית (Mcal/kg DM). חישוב ערך אנרגיה מטבולית $ME = (DM \text{ Dig}) * 4.4 \text{ (Mcal/kg DM)} * 0.82 \text{ (ME/DE)}$ של GE, ME = 4.4 Mcal/kg DM מייצג תכולת אנרגיה של פחמימה, 0.82 מייצג יעילות מעבר מאנרגיה נעכלת (DE) לאנרגיה מטבולית (ME), 18% מה DE נפלט בגזים ובשתן.

טבלה 3. ערכי האנרגיה המטבולית (Mcal/kg DM) של המרעית הנדגמת בחלקה, של המנה הנאכלת בפועל לפי אנליזת NIRS של הדגימות הצוואה ופי ה HMS (אלגוריתם מוניטור בקר בע"מ).

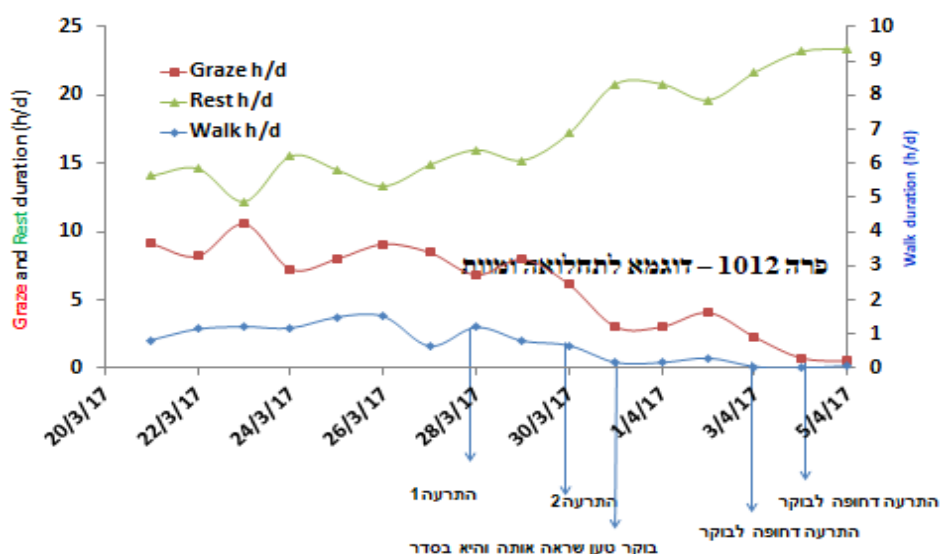
Date	Plot' forage ME	Diet ME by Faecal	
		NIRS	Diet ME by HMS
5/10/16	1.46	1.94	1.68
25/10/16	1.52	0.87*	1.85
21/11/16	1.24*	0.97*	1.80
1/12/16	0.99*	1.47	1.68
12/1/17		1.67	2.36
23/5/17	1.86	2.03	1.63
28/6/17	1.94	1.45	1.86
25/7/17	1.88	0.82*	1.68
4/9/17	1.90	1.35	1.67
5/10/17	1.90	1.61	1.70
8/11/17	1.53	2.06	1.76
29/11/17	1.67	1.83	1.68
31/12/17	1.16*	1.09*	1.66
15/1/18		1.11*	2.32
25/2/18	2.69	1.08*	2.30
25/3/18	2.79	2.03	1.90

מסומנים ב * אנליזות NIRS שלא נלקחו בהמשך לצרכי השוואה בגלל שערכם נמוך מדי ואינו הגיוני בתנאי הניסוי.

אירועי בריאות (תחלואה), המלטה וייחום והזיהוי שלהם על ידי ה HMS

אירועי הבריאות במערכת ה HMS, זוהו בתחילת הניסוי בפרמטר אחד בלבד (Sick) שנקבע כירידה בשעות הרעיה בערך % שנקבע מראש בהשוואה לממוצע של מספר ימים קודמים של אותה פרה. במהלך הניסוי נמצא שמדד זה רגיש מדי אך עדיין חשוב כהתרעה לאירועים בעדר. לכן שונתה תוכנת ה HMS וכעת התרעת התחלואה מבוססת על 3 הודעות: 1) DMI decrease שחופפת להתרעה הקודמת, 2) Sick שמאפיינת ירידה גדולה יותר ברעיה (בהשוואה לימים קודמים), 3) Severe sick שמתייחסת למצב חמור של מספר מוחלט של נמוך מאוד של שעות רעייה והליכה ביממה, ללא השוואה לימים קודמים. במהלך הניסוי כולל הניסוי המקדים החל מ 11/9/16 ועד למועד כתיבת הדו"ח 10/1/19, במשך 851 ימי ניסוי, נרשמו 25 ימים שבהם התקבלו התרעות תחלואה (חלקן כולל התראות חוזרות בימים עוקבים של אותן פרות) שהיו שותפים בהם 55 פרות (כולל חזרות של אותה פרה).

כפי שתואר בחורף 2017 כאשר הביומסה ירדה לערכים נמוכים בחלקות הניסוי והפרות היו בתקופת ההמלטות, הן הועברו (24/1/17) למשך כ 4 חודשים לחלקות שכנות (11-14) בשטח כולל של 2040 דונם (20.40 הקטאר). בגלל קשיים לוגיסטיים פרות הניסוי נשארו בחלקה עד 9/5/17 (תאריך הגמילה). בחודשים פברואר עד אפריל המערכת התריעה (תאריכים בין 11/12/17 ל 6/4/17) על 5 מקרים של תחלואה בדרגות מחמירות מיום ליום, בחלק מהמקרים, הבוקרים הגיעו (בעזרת שידור המיקום בעזרת ה GPS) אל הפרות והן לא הוערכו כחולות על ידי המבקר, אך מתו בהמשך (**איור 10**). חשוב לציין שבחלקה זאת קשה לטפל בפרות חולות. כל חמשת הפרות שצוינו מתו, אחת מהן בזמן קרוב לאחר ההמלטה. שידור המיקום הפרות אפשר לוודא את האירועים בוודאות. כאמור זיהוי אירוע התחלואה נעשה כיום רק לפי הירידה ברעייה ובהליכה. אך בצפייה בנתונים בחודשי החורף והאביב ניתן לקבל תמיכה ברורה לקביעת התחלואה גם מנתוני המיקום של הפרות (שלושת מיקומי הפרות במהלך היממה קרובים מאד אחד לשני).



איור 10. פעילות פרה (מספר 1012) לפני תחלואה ובמהלך התחלואה עד תמותה, ראה למטה סדר התרעות והתגובה להן.

פרה נוספת מתה בינואר 2018 לאחר שזוהתה קודם על ידי ה HMS כחולה אך בצפייה בנתוני המיקום וההתנהגות זוהתה כממליטה, בהמשך זוהתה כחולה אירוע שבא כנראה בעקבות ההמלטה, רופא הוזמן אך לא הצליח להציל. כל אירועי התמותה של פרות עם קולרים זוהו על ידי ה HMS כחולות כ 5-7 ימים לפני מותן. היו גם מקרים של פרות חולות לפי ה HMS שבהם הפרות החלימו ללא טיפול. תחלואה מגפתית בעדר בפרות רבות בו זמנית (קדחת שלושת הימים) זוהתה מיידית בעדר (20/9/18) ואף הימשכותה עד 3/10/18.

זיהוי אירועי המלטה עדיין לא מופיעה באלגוריתם ה-HMS אך בניתוח התנהגות הפרות שכולל את מיקום הפרות (לא נעשה כעת באופן אוטומטי) נראה שאפשר לזהות בקלות יחסית אירועי המלטה, סה"כ רשמנו 11 מקרים עם אימות בתצפית של זיהוי המלטה, כאשר ההתרעה הראשונית האוטומטית הייתה ירידה ברעיה אך ניתוח הנתונים כולל אלו שלפני ההתרעה הצביע אירוע המלטה.

זיהוי אירועי ייחומים מבוצע על ידי אלגוריתם ה-HMS. בכרי דשא זיהוי ההמלטות על ידי הבוקרים לא נעשה במדויק על בסיס יומי ולכן אי אפשר להיעזר בו בוודאות (הפרש ימים קבוע בין ההתעברות להמלטה) לוודא תאריך ייחום אחרון, וממנו לוודא (אם היו) ייחומים לפניו. נתוני העבר הראו על זיהוי ייחומים במערכת מוויטור עם False positive error (אירוע ייחום כאשר לא היה ייחום) של כ-20%, כלומר 80% זיהויים נכונים. עד כה לא התפננו לניתוח משמעותי של הנתונים שהצטברו בידינו. כאשר יאספו יותר נתונים יטופל נושא זה.

ביצועי רבייה של הפרות בניסוי

ביצועי הרבייה בניסוי נבחנו בכל שנה עד יום הגמילה. הן נבחנו לראשונה בניסוי המקדים בעונת רבייה 2016-17 שהחלה ב-12/9/16, כל הפרות שנבחנו לניסוי היו בהיריון שנבדק ב-27/7/16, הגמילה בוצעה בתאריך 9/5/17. השנה שנייה (2017-18) כוללת חשיפה לפרים, בדיקת היריון ב-6/8/17 עד גמילה ב-23/5/18, השנה השלישית (2018-19) נכון לתאריך כתיבת הדו"ח, כוללת חשיפה לפרים עד בדיקת היריון ב-6/8/18.

פרות שמתו בניסוי הוחלפו בפרות אחרות, וביצועי הרבייה (**טבלה 4**) כוללים רק פרות שהיו בתחילת התקופה (חשיפה לפרים) בקבוצת הניסוי. לצרכי השוואה (עדרים בתנאים דומים) מוצגים גם ביצועי כל עדרי כרי דשא כיחידה אחת. ביצועי הרבייה (**טבלה 4**) מוצגים א) ביצועי כל עדר כרי דשא, ב) ביצועי כל עדר הניסוי, ג) ביצועי רבייה לפרות בעדר הניסוי שהיו ללא קולרים, ד) ביצועי רבייה לפרות הניסוי שהיו עם קולרים.

בעונת רבייה 2016-17 כפי שתואר בפרק התחלואה בעונת ההמלטות העיקרית ועד הגמילה, הפרות הועברו לחלקה גדולה מאוד עם יכולת שליטה נמוכה. התרעות על תחלואה של פרות לא טופלו ברוב המקרים ותמותת פרות עם קולרים זוהתה בוודאות (המיקום התקבל מהקולר). ביצועי עדר הניסוי בחישוב יחסי לפרות בהיריון (המלטה מהיריון, וגמילה מהיריון) היו נמוכים משמעותית מעדר כרי דשא. אחוזי הגמילה מתוך הפרות ההרות (כפי שהתחיל הניסוי) שהיו עם הקולרים היו גבוהות ב-8% (הפרש) מהפרות ללא הקולרים ובאופן יחסי (פרות עם קולרים)\(פרות בלי קולרים) 22% יותר.

בעונת רבייה 2017-18 לאור המסקנות של ניסוי 2016-17 הושארו הפרות בחלקת הניסוי גם בחורף למרות הירידה המשמעותית בביומסה בתחילת עונת המרעה הירוק (איור 2). בחלק מהזמן בעונה זאת הוגש לפרות בליל אך הצריכה שלו הייתה נמוכה מאוד, כי הפרות העדיפו את המרעה הירוק הנמוך. התעברות פרות הניסוי הייתה גבוהה משמעותית מפרות כרי דשא, והתעברות הפרות עם הקולרים הייתה גבוהה משמעותית מהפרות ללא הקולרים. באופן יחסי (פרות עם קולרים)\(פרות כרי דשא) ההתעברות הייתה ב-50% יותר גדולה לפי מספרי הנחשפות לפרים וב-23% לפי מספרי הנחשפות שהיו בבדיקת ההיריון. בשורה התחתונה שהיא, ולדות נגמלים לפרות בחשיפה לפרים, עדר הניסוי היה גבוה (הפרש) ב-3% מעדר כרי דשא ובאופן יחסי ב-6%. לגבי הפרות עם הקולרים מול הפרות ללא קולרים בעדר הניסוי (גמילה מחשיפה) ההפרש היה 19% (גבוה יותר באלו עם קולרים) ובאופן יחסי 54% יותר גמילה בפרות עם הקולרים.

טבלה 4. ביצועי רבייה של הפרות בניסוי שליטה מרחוק מוצגים לפי: סיכום של כל עדר הניסוי, פרות בלי קולרים בניסוי והפרות עם הקולרים בניסוי, להשוואה מוצג עדר כרי דשא ללא פרות הניסוי (שליטה מרחוק).

שליטה מרחוק עם קולרים	שליטה מרחוק בלי קולרים	שליטה מרחוק כל הפרות	שליטה מרחוק כל עדר	שליטה מרחוק עם קולרים	שליטה מרחוק בלי קולרים	שליטה מרחוק כל הפרות	שליטה מרחוק כל עדר	שליטה מרחוק עם קולרים	שליטה מרחוק בלי קולרים	שליטה מרחוק כל הפרות	שליטה מרחוק כל עדר
2018-19	2018-19	2018-19	2018-19	2017-18	2017-18	2017-18	2017-18	2016-17	2016-17	2016-17	2016-17
18	21	39		20	28	48	691	639			
18	21	39	440	20	28	48	564	541	41	16	24
14	14	28	259	19	23	42	435	398	41	16	24
				12	11	23	341	305	20	6	13
				11	10	21	285	302	18	6	11
78%	67%	72%		95%	82%	88%	63%	62%			
78%	67%	72%	59%	95%	82%	88%	77%	74%	100%	100%	100%
				60%	39%	48%	49%				
				60%	39%	48%	60%	56%	49%	38%	54%
				63%	48%	55%	78%	77%	49%	38%	54%
				55%	36%	44%	41%	47%			
				55%	36%	44%	51%	56%	44%	38%	46%
				58%	43%	50%	66%	76%	44%	38%	46%
				92%	91%	91%	84%	99%	90%	100%	85%

בעונת רבייה 2018-19, נכון למועד כתיבת הדוח, מנתוני עדר כרי דשא יש לנו רק נתוני התעברות ביחס לנבדקות להריון (טבלה 4). התעברות עדר הניסוי גבוהה ב 13% (הפרש) יותר מעדר כרי דשא, התעברות הפרות עם הקולרים גבוהה ב 19% (הפרש) מעדר כרי דשא ובאופן יחסי גבוהה ב 32%.

דיון מסכם לניסוי עד כה.

בהתאם למטרות המחקר (עמוד 3) ניסוי זה ייחודי בספרות המדעית בכך שהוא מתאר ומסכם באופן רציף 850 יממות במהלך עונות השנה ובמצבי רבייה שונים את איכות המרעה הנאכל בפועל, הביטוח של המרעה (לא רציף) ואת התנהגות הפרות במצבים השונים.

אימות זיהוי אירועים פרטניים ואירועים בעדר

פעילויות הפרות והזיהוי שלהן על ידי אלגוריתם ה HMS: (1) זיהוי אירועי תחלואה אומתו היטב. (2) המלטה פרה ניתנת לזיהוי בצפייה על הנתונים (שינוי פעילות ומיקום יחסית לעדר) אך הזיהוי עדיין לא נכלל ב HMS. זיהוי טוב של אירוע המלטה יעשה כאשר גם מיקומי הפרות במרחב ינותחו באלגוריתם ה HMS. (3) זיהוי ייחומים (דרישה) נכלל ב HMS אך נכון לעכשיו הזיהוי לא אומת מספיק במחקר זה. צריך להשקיע יותר זמן בניתוח הנתונים ואולי גם לשלב בנושא ניתוח מיקום של הפרות. מבדיקות מקדימות של חברת מווינטור בע"מ נראה שנכון לעכשיו בזיהוי הייחומים יש כ False positive error 20%, כלומר כ 20% אירועים בהם יש זיהוי ייחום שלא אומת, (4) זיהוי הפלות לא נכלל עדיין באירועים אך למעשה הוא שילוב של זיהוי תחלואה, שהוא הזיהוי הראשוני והמהיר (אך לא ודאי, בגלל האפשרות הסבירה של תחלואה ללא הפלה) וזיהוי מאוחר יותר של ייחום, (5) זיהוי איבוד וולד (טריפה, גנבה וגמילה) נראה היטב בהתנהגות המידית (איור 1) אך הוא לא נכלל עדיין ב HMS.

מאזן האנרגיה ומצב המרעה (איכותו וירידה משמעותית בביטוח): אימות אלגוריתם ה HMS

חישוב הייצור בשטח מתוך מאזן האנרגיה של העדר: לאורך כל הניסוי נמדד מאזן האנרגיה של העדר. המדידות והחישובים כוללים את סה"כ צריכת האנרגיה המטבולית והחומר יבש מהמרעה ומהמזון המוגש של פרה בעדר. למרות שהניסוי נמשך 850 יממות, נכללת בניסוי רק תקופת רבייה שלמה אחת מגמילה עד גמילה (9/5/17 עד 24/5/18) וגם זה לא מדויק כי חלק מתקופת ההרבעות נכללת בחישובי הביצועים של שנה קודמת. חישוב שנה מלאה של צריכת המזון (צריכת המרעה והמזון המוסף) מהגמילה של עונת 2016-17,

ועד שבועיים לפני הגמילה של עונת 2017-18, מראה שפרה במשקל 481 ק"ג (מייצג את ממוצע הפרות בעדר) צורכת 5,433 Mcal אנרגיה מטבולית בשנה שהם 14.88 Mcal/day. צריכת החומר היבש השנתית היא 2,870 kg DM, שהם 7.86 kg DM/day לפרה. המזון המוסף (זבל עופות) בתקופה זאת הוגש במשך 228 ימים, והצריכה בממוצע לפרה בתקופה זאת הייתה 695 kg DM לעונה של (228 days) כלומר בממוצע 3.0 kg DM/day לפרה. מכאן שלאורך שנת הניסוי 2017-18, המזון המוגש היה $695/2870 = 24.2\%$ מצריכת המזון הכללית. מכאן שהמרעה שנסאפה במרעה לאורך שנה לפרה היא

$2,870 - 695 = 2,175 \text{ kg DM}$ חישוב לסה"כ שטח המרעה נותן $2,175 \text{ kg DM} \times 40 \text{ Cows} = 87,000 \text{ kg DM/year}$ תרומת המרעה ליחידת שטח של דונם היא: $(87,000 \text{ kg DM}) / (778 \text{ Donam}) = 111.8 \text{ kg DM/Donam/year}$. בתקופה זאת, (שנה 14 ימים) שבין שתי הגמילות, הפרות ירדו במשקל: 27.9 kg לפי השינוי במצב הגופני, 20.2 kg לפי השינוי במשקל ו-27.6 kg לפי החיזוי של ה-HMS. כלומר חיזוי מצוין של אלגוריתם ה-HMS.

חשוב לציין שבחורף המקדים שנה זאת 2017-18 כלומר רוב החורף של עונת 2016-17, הפרות לא רעו בחלקת הניסוי ולכן הבימוסה בכניסת הפרות לחלקה, לאחר הגמילה הראשונה הייתה גדולה, 2047 ק"ג/הקטאר (איור 2) המרעה היה כבר בשלבי בבגרות גבוהה ובאיכות ME (Mcal/kg DM) די נמוכה, של 1.86 לפי אנליזת דגימת המרעה בחלקה, 2.03 חיזוי לפי NIRS למנה הנאכלת ו-1.63 לפי חיזוי ה-HMS למנה הנאכלת (טבלה 3).

אימות מדידות מאזן האנרגיה ומצב המרעה

מאזן האנרגיה, איכות המרעה והשפעת העונה מניתוח ההתנהגות הפרות אומתו היטב בעזרת בדיקות המצב הגופני (ראה למעלה). מאזן האנרגיה בין בדיקות ובדיקת איכות המרעה אומתה באלו שנבדקו מתוך אנליזות ה-NIRS של דגימות צואה מול האלגוריתם של ה-HMS.

טווח האנליזות של ה-NIRS שנעשו עד כה לא כיסה את כל העונות של הדיגומים וצריך להשלים את הבדיקות והאימות. הוכח שמדד ה-GBD מזהה מדויק מאוד את הירידה בבימוסה שמשפיעה על משך הרעיה ותוקן בהתאם האלגוריתם לזיהוי מאזן האנרגיה. נמצא שמדד ה-GBD מזהה במדויק את המצב בו הבימוסה בשטח נמוכה מדי לאחזקת הפרות בשטח. הזיהוי נעשה בשלב בו הפרות עדיין מגבירות את משך הרעיה לצורך איסוף המזון בגלל הבימוסה הנמוכה, לפני השלב בו הרעיה יורדת בגלל חוסר המזון. הקביעה המדויקת, שאומתה בבדיקת המצב הגופני, אפשרה להשאיר את הפרות בחלקה בתוספת ז"ע בלבד במשך 2.5 חודש ללא עליה בצריכת הז"ע וללא תוספת חציר. מכאן שהמשמעות הכלכלית של השימוש במדד ה-GBD היא גדולה ביותר.

בהיבט הכלכלי של ביצועי עדר הניסוי (התעברות וגמילה) בכל שנות הניסוי הביצועים של הפרות עם הקולרים היו גבוהים מאלו של הפרות ללא הקולרים. בהשוואה לעדר כרי דשא ביצועי עדר הניסוי בשנה הראשונה (2016-17, שנה לא מלאה) היו נמוכים משמעותית מעדר כרי דשא. המידע על התחלואה (שלא טופלה בגלל הקשיים בשטח) ואירועי התמותה שזוהו בזמן אמיתי, הודות לשימוש בקולרים, הראו בברור שהעברת העדר בעונה הירוקה לשטח גדול וחדש לפרות, הייתה טעות ממשק משמעותית. ללא השימוש בקולרים לא ניתן היה להסיק את המסקנה הנ"ל. לאור מסקנות השנה הראשונה ושינוי הממשק (הפרות נשארו בחלקת הניסוי כל הזמן), ביצועי הגמילה מחשיפה לפרים של עדר הניסוי השתנו משמעותית ובאופן יחסי ביצועי הגמילה של עדר הניסוי (עדר הניסוי) (עדר כרי דשא) עלו ב-7.3% על עדר כרי דשא. בהתאמה יחסי ביצועי הגמילה מחשיפה של הפרות עם הקולרים בעדר הניסוי עלו ב-34% על ביצועי עדר כרי דשא. ביצועי הרבייה בשנת הניסוי האחרונה הגיעו רק עד שלב בדיקת ההיריון. והראו על תוספת משמעותית של השימוש בקולרים ומערכת ה-HMS בהשוואה לעדר כרי דשא, התעברות פרות הניסוי יחסית לעדר כרי דשא (עדר ניסוי) (עדר כרי דשא) גדולה ב-22% והתעברות הפרות עם הקולרים ביחס לעדר כרי דשא גדולה ב-32%.

מסקנות ממשקיות מהניסוי

הניסוי שבוצע היה קצר יחסית אך המדידות שנעשו בו, בן היתר בעזרת הקולרים ואלגוריתם ה HMS מספקים תמונה מקיפה מאוד על מאזן האנרגיה. ולכן בהסתייגות של משך הניסוי וביצועו באתר אחד בלבד ניתן לגבש גם מסקנות כלליות לממשק העדר והמרעה בשטח הניסוי. המאזן האנרגטי השלילי בסיכום התקופתי שזוהה במערכת ה HMS ואומת בבדיקות המצב הגופני והמשקל מראה באופן ברור שבתנאים של שטח הניסוי בכרי דשא צפיפות רעיה של 40 פרות לשטח של 778 דונם, כלומר כ 20 דונם לפרה לא מספקים את הצרכים האנרגטיים של הפרות גם כאשר הן ע"ע ניתן מוקדם יחסית, בתחילת או אמצע חודש מאי. כאשר הביומסה יורדת מתחת הערך הקריטי (קביעה בעזרת מדד ה GBD), כדי לאפשר ביצועים סבירים חייבים בנוסף לזבל עופות (פטמים) לספק מזון מוגש באיכות גבוהה יותר (חציר או בליל גידול). רצוי להימנע מהכנסה מוקדמת של הפרות ה למרעה בתחילת עונת המרעה הירוק, עד התבססות מרעה ברמת ביומסה סבירה, אך לא מאוחר מדי כי איכות המרעה (ה ME) יורדת משמעותית עם התבגרותו. לחלופין מומלץ להוריד את לחץ הרעייה, להעלות את השטח לפרה למעל 20 דונם לפרה.

כמות הגשמים בשנות הניסוי 2016-17 מ"מ 377 וב 2017-18 מ"מ 452 לא היו גבוהות, אך הפיזור של הגשמים היה כזה שלא היה מצב של התייבשות משמעותית של המרעה בעונת החורף והחורפים לא היו קרים. לכן נראה שמבחינת המשקעים ומזג האוויר ניתן להתייחס לשנות הניסוי כשנים מאפיינות של שטח המרעה.

ספרות מצוטטת

- Arieli, A., Kalouti, A., Aharoni, Y., Brosh, A., 2002. Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement - validation with energy accretion in sheep. *Livestock Production Science* 78, 99-105.
- Arnold, G.W. 1981. Grazing behavior. In: F.H.W, M. (Ed.), *Grazing animals*, pp. 79- 104.
- Asher, A., A. Shabtay, M. Cohen-Zinder, Y. Aharoni, J. Miron, R. Agmon, I. Halachmi, A. Orlov, A. Haim, L.O. Tedeschi, G. E. Carstens, K. A. Johnson and A. Brosh. (2018). The consistency of feed efficiency ranking and the mechanism explaining efficiency variation among growing calves. *J. Anim. Sci.* 96:990-1009.
- Bailey, D.W., 2005. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Rangeland Ecology & Management* 58, 109-118.
- Bailey, D.W., Gross, J.E., Laca, E.A., Rittenhouse, L.R., Coughenour, M.B., Swift, D.M., Sims, P.L., 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49, 386-400.
- Bailey, D.W., Keil, M.R., Rittenhouse, L.R., 2004. Research observation: Daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *Journal of Range Management* 57, 20-28.
- Bondi, A.A., 1987. *Animal nutrition*. Faculty of Agriculture, Hebrew Univ. Jerusalem, Rehovot, Israel.
- Brosh, A., 2007. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. *Journal of Animal Science* 85, 1213-1227.
- Brosh, A., Henkin, Z., Orlov, A., Aharoni, Y., 2006a. Diet composition and energy balance of cows grazing on Mediterranean woodland. *Livestock Science* 102, 11-22.

- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Dolev, A., Orlov, A., Yehuda, Y., Aharoni, Y., 2006b. Energy cost of cows' grazing activity: Use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. *Journal of Animal Science* 84, 1951-1967.
- Ganskopp, D., Bohnert, D., 2006. Do pasture-scale nutritional patterns affect cattle distribution on rangelands? *Rangeland Ecology & Management* 59, 189-196.
- Ganskopp, D.C., Bohnert, D.W., 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 110-119.
- Ganskopp, D., Myers, B., Lambert, S., Cruz, R., 1997. Preferences and behavior of cattle grazing 8 varieties of grasses. *Journal of Range Management* 50, 578-586.
- Henkin, Z., Ungar, E.D., Dolev, A., 2012. Foraging behavior of beef cattle in the hilly terrain of a Mediterranean grassland. *Rangeland Journal* 34, 163-172.
- Landau, S., Glasser, T., Dvash, L., 2006. Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. *Small Ruminant Research* 61, 1-11.
- NRC. 1984. Nutrient requirements of beef cattle, 6th revised edition. Washington (DC): National Research Council, National Academy Press.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th revised edition. Washington (DC): National Research Council, National Academy Press.
- Parsons, C.T., Momont, P.A., DelCurto, T., McInnis, M., Porath, M.L., 2003. Cattle distribution patterns and vegetation use in mountain riparian areas. *Journal of Range Management* 56, 334-341.
- Schlecht, E., Hiernaux, P., Kadaoure, I., Hulsebusch, C., Mahler, F. 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behavior of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agriculture Ecosystems & Environment* 113, 226-242.
- Taweel, H.Z., Tas, B.M., Smit, H.J., Tamminga, S., Elgersma, A., 2006. A note on eating behaviour of dairy cows at different stocking systems- diurnal rhythm and effects of ambient temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 98, 315-322.
- Turner, L.W., Udall, M.C., Larson, B.T., Shearer, S.A., 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* 80, 405-413.
- Ungar, E.D., Henkin, Z., Gutman, M., Dolev, A., Genizi, A., Ganskopp, D., 2005. Inference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. *Rangeland Ecology & Management* 58, 256-266.