

דו"ח לתוכנית מחקר מספר 459-4381-10

(459-4294-08)

## ממשק הזנה אופטימלי לרובוט חליבה בישראל

מוגש למועצת החלב והנהלת ענף בקר  
ע"י

אפרים מלץ מינהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית

אילן הלחמי מינהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית

אהרון אנטלר מינהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית

Ephraim Maltz ARO, Institute of Agricultural Engineering, P.O. Box  
6, Bet Dagan, 50250

Ilan Halachmi ARO, Institute of Agricultural Engineering, P.O. Box  
6, Bet Dagan, 50250

Aharon Antler ARO, Institute of Agricultural Engineering, P.O. Box  
6, Bet Dagan, 50250

2010 ספטמבר

תשרי תשע"א

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים  
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים כן/לא

## תקציר

אחת הבעיות בהתמודדות עם טכנולוגיית החליבה הרבוטית היא בעיית ההזנה. הטכנולוגיה הזאת מבוססת על הקצאת מזון מרוכז במאביסים מבוקרי מחשב ברובוט החליבה למשיכת הפרה לעמדת החליבה. בחלק מהמקרים משתמשים במאביסים חיצוניים לרובוט להקצאת מ"מ.

מטרות העבודה הן הקצאה אופטימלית של מזון מרוכז ברובוט החליבה בתנאי האבסת בליל בסיסי באבוס שיאפשר תדירות חליבה אופטימלי מחד (לפחות 3 ביממה) ותנובת חלב בהרכב כלכלי.

העבודה בשנה זאת בוצעה ברפת חפר המצוידת ב- 8 רובוטים. בכל קבוצה קיים מאביס פרטני מבוקר מחשב שהגישה אליו חופשית והפרות יכולות להשלים את צריכת המזון שהוקצה להן מחוץ לרובוט במידה ולא הספיקו לצרוך אותו בזמן החליבה. בקבוצה אחת (טיפול) הופסקה לחלוטין ההקצאה במאביס החיצוני. כלומר כל הקצאת המ"מ היא ברובוט החליבה. ביחד עם תהליך זה, הוסרו מגבלות תדירות החליבה בשתי הקבוצות, כך שהפרות בקבוצת הניסוי שרוצות מ"מ יכולות להיכנס לרובוט ולקבלו תוך כדי חליבה. ההנחה הייתה שתדירות הביקורים ברובוט החליבה תעלה בקבוצת הטיפול כתוצאה מהרצון לצרוך מ"מ ועם העליה בתדירות הביקורים תעלה גם תדירות החליבות ואיתה תעלה תנובת החלב.

כצפוי לא הצליחו הפרות בקבוצת הטיפול לצרוך את מלא המ"מ שהוקצה להן אך הדבר השפיע אך במעט על תנובת החלב וזאת כתוצאה מהגדלת תדירות החליבה וכנראה הגדלת צריכת הבליל באבוס.

הקצאת מ"מ רק ברובוט החליבה מגבילה את הכמות שניתן להקצות לפרה ברמה היומית. יתכן שבתאי תנובה גבוהים יותר, כשהפרות שוהות זמן רב יותר ברובוט ניתן להקצות יותר מ"מ מאשר כ- 6 ק"ג ליממה. ביטול המאביס החיצוני בתנאי ההפעלה ברפת הנידונה מגדיל את מספר הכניסות לרובוט ומאפשר הגדלת תדירות החליבה

כדי לאשש את התוצאות שנתקבלו בשנה שעברה, חזרנו, השנה, על ניסוי השנה שעברה בהיפוך הקבוצות. הקבוצה ששמשה קבוצת ניסוי הפכה לקבוצת ביקורת עם האבסת מ"מ ברובוט ובמאביס החיצוני ואילו קבוצת הביקורת של שנה שעברה הפכה לקבוצת הניסוי שבה הופסקה הקצאת מ"מ במאביס החיצוני וכל ההקצאה היומית ניתנה במאביס רובוט החליבה.

לסיכום, העבודה ברפת מסחרית אינה מאפשרת בצוע ניסויים מבוקרים. כל זמן שאין זמינות לרובוט חליבה ברפת וולקני בבית דגן הדבר אף לא יתאפשר בעתיד וכמובן יפגע באיכות התמיכה שהמחקר יכול לתת למגדלים בנושא החליבה הרבוטית.

Abstract 459-4381-10

Feeding strategy is one of the biggest problems when adopting robot milking technology. This technology is based on attracting the cow to the milking stall by providing concentrates upon visit. In some robot milking dairies, concentrates are also provided by external computer controlled self feeders.

The purpose of this study was to evaluate the optimal concentrates rationing that will attract the cows to the milking stall frequently enough to allow optimal milking frequency.

The work was performed in Hefer dairy that is equipped with 8 milking robots. One robot per group and in each group there is an external computer controlled concentrates self feeder in which the cows can consume the daily ration if they did not consume it in the milking stall. In the treatment groups the rationing of concentrates in the external self feeders was stopped and all the daily concentrates allowance was given through the milking stalls. The milking frequency limitations were lifted in both treatment and control groups. The working hypothesis was that cows in the treatment group will increase their visits to the milking stall hence increase milking frequency that will increase milk production.

As expected the treatment cows did increase their visits to the milking robot and milking frequency was increased resulting in a small increase in milk production. However, the treatment cows could not consume the full daily concentrates allowance in the milking robot and the increase in production is related also to higher food consumption in the common feeding trough.

The trial was performed for another year when switching the groups. The treatment group was now control receiving the daily concentrates ration in both milking stall and external feeders, while the control group became treatment receiving the daily ration only in the milking stall. The results were the same as in the previous year.

We conclude that restricting the concentrates allowance only to the milking stall increases milking frequency, but under the conditions of this particular dairy it is impossible for the cows to consume more than 6 kg concentrates a day in the milking stall.

### **מבוא ותאור הבעיה:**

מכירת הרובוטים בעולם נמצאת במגמת עליה מתמדת ולקראת שנת 2007 נמכרו כבר כרוב ל- 6000 רובוטים. חליבה רובוטית היא טכנולוגיה ששינתה את גישת הממשק הקלאסית. גם בישראל מתעוררת דרישה לרובוטים הן ברפת המשפחתית קטנה (2-1 רובוטים) והן ברפתות גדולות (6-4 רובוטים). כ- 20 רובוטים נמכרו למשק המשפחתי רק בשלושת החודשים שבין אפריל ליוני 2006. אחת הבעיות בהתמודדות עם טכנולוגיה היא בעיית ההזנה. הטכנולוגיה הזאת מבוססת על הקצאת מזון מרוכז במאביסים מבוקרי מחשב ברובוט החליבה למשיכת הפרה לעמדת החליבה. תדירות החליבה הרצויה (בד"כ לפחות 3 חליבות ביממה) מחד והתנהגות האכילה של הפרה מאידך, כופים הקצאה משמעותית של מ"מ ברובוט. מכאן שהאבסה במנה כולית על כל הישגיה ונוחות השימוש בה אינה ניתנת ליישום בתנאים אלה. המנה חיבת להתחלק בין בליל בסיסי באבוס ומזון מרוכז ברובוט. האבסה בבליל בסיסי בריכוזיות גבוה עלולה להקטין את תדירות ביקורי הפרות ברובוט כתוצאה מאטרקטיביות מועטה של המזון המרוכז המוקצה בו מחד וירידה בריכוז השומן **בחלב כתוצאה** מעודף מזון מרוכז (צריכת בליל בריכוזיות אנרגטית גבוה באבוס פלוס המזון המרוכז ברובוט) מאידך. מאידך גיסא, בליל בריכוזיות נמוכה באבוס עלול לגרום עומס יתר על רובוט החליבה כתוצאה "מנהירת" הפרות לאכול מזון מרוכז מחד ופרות שאינן מצליחות לצרוך את מלוא ההקצאה בגלל עומס זה מאידך. על בעיה זאת מנסים להתגבר ע"י הוספת מאביסים פרטניים מבוקרי מחשב חיצוניים לרובוט. **מטרות העבודה** הקצאה אופטימלית של מזון מרוכז ברובוט החליבה בתנאי האבסת בליל בסיסי באבוס שיאפשר תדירות חליבה אופטימלי מחד (לפחות 3 ביממה) ותנובת חלב בהרכב כלכלי.

בשנה שעברה נבחרו שתי קבוצות בעלות ההרכב הדומה היותר של פרות בתחלובות השונות וזמנים לאחר ההמלטה. בשתי הקבוצות הייתה מדיניות זהה להקצאת מ"מ. בקבוצה אחת (טיפול) הופסקה לחלוטין ההקצאה במאביס החיצוני. כלומר כל הקצאת המ"מ היא ברובוט החליבה. ביחד עם תהליך זה, הוסרו מיגבלות תדירות החליבה בשתי הקבוצות, כך שהפרות בקבוצת הניסוי שרוצות מ"מ יכולות להיכנס לרובוט ולקבלו תוך כדי חליבה. ההנחה הייתה שתדירות הביקורים ברובוט החליבה תעלה בקבוצת הטיפול כתוצאה מהרצון לצרוך מ"מ ועם העליה בתדירות הביקורים תעלה גם תדירות החליבות ואיתה תעלה תנובת החלב.

המסקנות היו שהקצאת מ"מ רק ברובוט החליבה מגבילה את הכמות שניתן להקצות לפרה ברמה היומית. יתכן שבתנאי תנובה גבוהים יותר, כשהפרות שוהות זמן רב יותר ברובוט ניתן להקצות יותר מ"מ מאשר כ- 6 ק"ג ליממה. ביטול המאביס החיצוני בתנאי ההפעלה ברפת הנידונה מגדיל את מספר הכניסות לרובוט ומאפשר הגדלת תדירות החליבה. בשנה זאת חזרנו על הניסוי בהיפוך הקבוצות.

## שיטות וחומרים

העבודה בשנה זאת בוצעה ברפת חפר המצוידת ב- 8 רובוטים. בכל קבוצה קיים מאביס פרטני מבוקר מחשב שהגישה אליו חופשית והפרות יכולות להשלים את צריכת המזון שהוקצה להן מחוץ לרובוט במידה ולא הספיקו לצרוך אותו בזמן החליבה. יחד עם זאת, תוכנת הניהול אינה מאפשרת לפרה לצרוך מ"מ במאביס החיצוני כאשר הגיע זמנה להחלב. במילים אחרות כאשר הגיע זמנה של פרה להחלב היא תקבל מ"מ אך ורק ברובוט החליבה ורק אחרי שנחלבה, תהיה זכאית להשלמות במאביס החיצוני. הקבוצה שהייתה בשנה שעברה קבוצת טיפול הפכה קבוצת ביקורת המואבסת במ"מ גם ברובוט וגם במאביס החיצוני ולהיפך, קבוצת הביקורת הפכה לקבוצת הטיפול שקיבלה את הקצאת המ"מ רק ברובוט החליבה. המאביסים (ברובוט החליבה והחיצוניים) בשתי הקבוצות כוילו כל שבועיים. הנתונים נותחו בנפרד לפרות 10-150 יום מההמלטה ו- 151-300 יום מההמלטה. כמו כן בנפרד לתחלובה הראשונה, השנייה והשלישית ואילך.

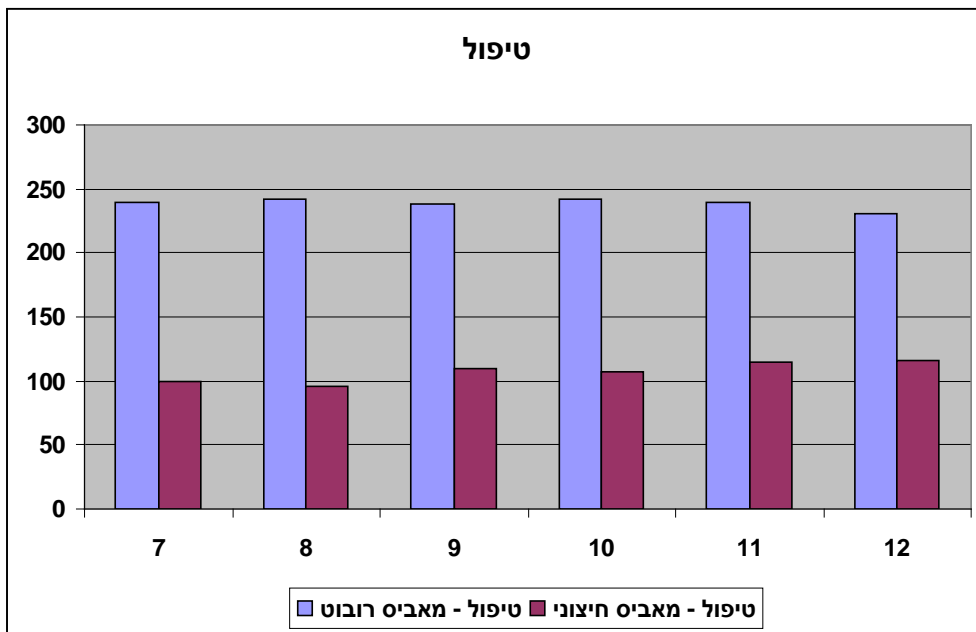
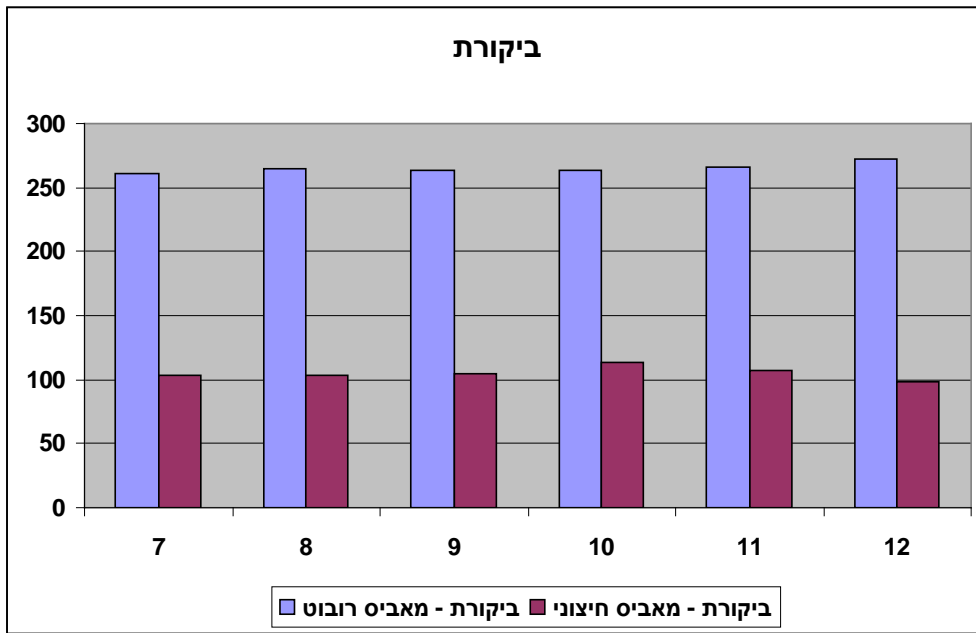
## תוצאות

בשלב ראשון הוחזרו המאביסים החיצוניים לתפקוד בקבוצה שהייתה קבוצת הניסוי בשנה שעברה. לאחר שבוע של התרגלות למצב החדש נמדדה צריכת מ"מ ברובוט החליבה ובמאביסים החיצוניים בשתי הקבוצות במשך שישה ימים רצופים (איור מס' 1). מהתוצאות עולה שהפרות חזרו להשתמש במאביסים החיצוניים ללא כל בעיות וחלוקת הצריכה שבין המאביס החיצוני למאביס ברובוט החליבה הייתה ביחס זהה בשתי הקבוצות. כ- 40% במאביס החיצוני ו- 60% ברובוט החליבה (איור מס' 1). תוצאות דומות נמדדו באותן קבוצות לפני תחילת הניסוי בשנה שעברה. והצריכה לפרה (טבלה מס' 1) גם היא הייתה דומה בשתי הקבוצות כמו גם מס' החליבות והכניסות לרובות של הפרות בתחלובות 2 ומעלה.

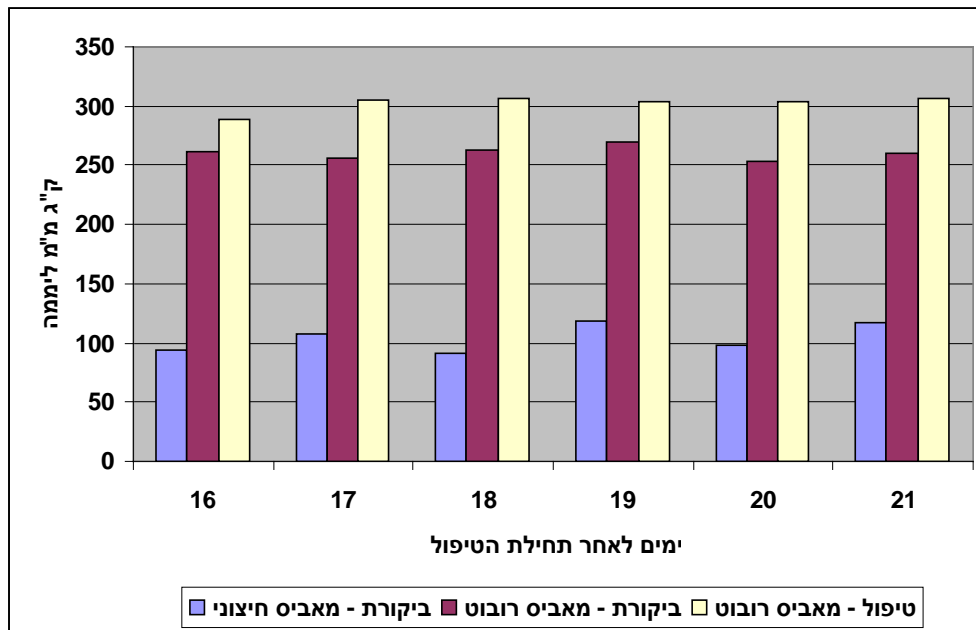
עם המעבר להקצאת המ"מ רק ברובוט החליבה (איור מס' 1), עלתה הצריכה ברובוט החליבה אך הגיע רק לכדי 88% מהצריכה קודם לסגירת המאביסים החיצוניים. תוצאה זאת תאמה את התוצאות שהושגו בניסוי הקודם. גם בשנה שעברה בקבוצה ששימשה עכשיו כקבוצת הביקורת עלתה צריכת ה- מ"מ ברובוט לאחר חסימת המאביסים החיצוניים אך לא הגיע לרמת הצריכה הכוללת רובוט – מאביס חיצוני. השנה ניסינו למדוד את צריכת הבליל באבוס והדבר עלה בידנו במספר ימים לא רצוף (תוצאות לא מוצגות) ובכל המדידות צריכת הבליל בקבוצת הטיפול היה גבוה בכ- 15-25% מזה של קבוצת הביקורת.

טבלה מס' 1. התפלגות הפרות, תחלובה, ימים מההמלטה, תנובות חלב, ביצועי רובוט, תדירות חליבה, הקצאת וצריכת מ"מ יומיים קודם לתחילת הטיפול, קרי לפני הפסקת הקצאת מ"מ במאביס החיצוני בקבוצת הטיפול

מס' תחלובה	מס' פרות	ימים בתחלובה	תנובת חלב (ק"ג)	מס' כניסות לרובוט (ק"ג)	מס' סירובים	מס' כישלונות	מס' חליבות	הקצאת מ"מ (ק"ג)	צריכת מ"מ (ק"ג)
<b>טיפול</b>									
1	2	401	21.2	4.13	1.94	0.06	2.013	4.13	4.03
2	28	216	35.5	4.38	1.03	0.01	3.34	5.98	5.97
+3	27	155	35.3	4.19	0.78	0.05	3.36	6.46	6.48
<b>ביקורת</b>									
1	7	428	24.6	3.14	0.84	0.13	2.18	4.65	4.70
2	30	160	34.1	4.20	0.77	0.08	3.35	6.30	6.48
+3	20	191	36.2	3.95	0.83	0.03	3.09	5.87	6.08



איור מס' 1. צריכת מ"מ (ק"ג ליממה) ברובוט החליבה ובמאביס החיצוני 7-12 ימים לאחר החזרה להקצאת ה- מ"מ גם במאביסים החיצוני (ביקורת) בהשוואה לצריכה בקבוצה שבה הייתה ההקצאה במאביס החיצוני מקדמא דנה (טיפול).



איור מס' 2. צריכת מ"מ (ק"ג ליממה) ברובוט החליבה ובמאביס החיצוני בקבוצת הניסוי משך 6 ימים רצופים שבוע לאחר סגירת המאביסים החיצוניים (טיפול), בהשוואה לצריכה בקבוצה שבה ההקצאה במאביס החיצוני וברובוט (ביקורת). עקב תקלה בתוכנת הניהול, לא עלה בידנו לבצע השוואת מדויקת של ביצועי רובוט חליבה בין שתי הקבוצות. ניסוי זה יושלם בשנה הבאה. יחד עם זאת לא חלה ירידה בתנובת החלב הקבוצתית בקבוצת הטיפול.

#### דיון ומסקנות

מאחר ואין באפשרותנו ברפת מסחרית לבצע חלוקת פרות אופטימלית בין קבוצת ניסוי וקבוצת ביקורת, אין מנוס משימוש במטודולוגיה של חזרה על ניסויים במהופך על מנת לבחון את תקפות התוצאות. תוצאות הניסוי שבוצע השנה, שחפפו לתוצאות שהושגו בשנה שעברה מצביעים על תקפות התוצאות. קרי, בתנאי הקיימים ברפת חפר בהם הפרות יכולות לצרוך חלק מה- מ"מ במאביס חיצוני ללא תנועה מאולצת דרך הרובוט כשהצריכה באחרון מותנית בזמן חליבה (כאשר מגיע זמנה של הפרה להיחלב, מ"מ ינתן אך ורק ברובוט החליבה), אין הפרות מסוגלות לצרוך מעל כ- 7 ק"ג מ"מ ביממה. כפי שמסתבר מהתוצאות השנה, מפצות הפרות את עצמן באבוס ע"י צריכה מוגברת של הבליל. מסתמן שחיסכון במ"מ יתכן ללא עובדן חלב יחד עם זאת הפיצוי בצריכת הבליל מתנה את כלכליות החיסכון ב-מ"מ במחירי המזונות.

#### סיכום

התוצאות מראות באופן איכותי שניתן להשפיע על תדירות הביקורים ברובוט החליבה ע"י מניפולציה בחלוקת הקצאת מ"מ בין רובוט החליבה והמאביס החיצוני. יחד עם זאת המקבלות שהוטלו עלינו בגין עבודה ברפת מסחרית לא אפשרו לתכנן ניסוי מבוקר ולכמת את התוצאות. חשוב לציין שגבלה זאת ("מחקר" ברפת מסחרית) לא תאפשר גם בעתיד מחקרים מבוקרים לתועלת הענף בכלל וחליבה רובוטית בפרט.



כדי לבצע ניסויים מבוקרים בתנאי חליבה רובוטית יש להעמיד רובוט חליבה ברפת המחקר בבית דגן ואז ניתן יהיה לתכנן ולהוציא לפועל מחקרים ברמה נאותה לתועלת הענף.