

דו"ח מסכם

יוני 2024

קוד המחקר: 118-0063-23

שם המחקר בעברית: ניתוח כלכלי-סביבתי של ייצור חלב בישראל – התייעלות ותקינה סביבתית.

שם המחקר באנגלית:

Economic and Environmental Analysis of Milk Production in Israel: Efficiency and Environmental Regulation

חוקר ראשי:	שם משפחה	שם פרטי	מוסד		
1.	קן	עדו	האוניברסיטה העברית בירושלים		
חוקרים משניים					
2.	קיסניג'ר	מידד	אוניברסיטת בן גוריון בנגב		
3.	קמחי	איל	האוניברסיטה העברית בירושלים		
4.	פינקלשטיין	ישראל	האוניברסיטה העברית בירושלים		
תאריכים	התחלת המחקר		סיום המחקר	הערות	
	שנה 2022	חודש פברואר	שנה 2024	חודש יוני	
מקורות מימון המחקר	מקור המימון		הסכום שתוקצב		הערות
1.	מועצת החלב		140,000		
2.					
3.					
סה"כ			140,000		

תוכן עניינים

1.....	תוכן עניינים	
2.....	מבוא	1
2.....	פליטות גזי החממה מהפקת חלב ברפתות לאורך מחזור החיים	2
3.....	2.1 רקע בדבר ניתוח מחזור חיים	2.1
3.....	2.2 מערך מחקר מחזור חיים	2.2
5.....	2.3 ממצאים עיקריים, ניתוח מחזור חיים ביצור חלב	2.3
8.....	2.4 סיכום תובנות, ניתוח מחזור חיים יצור חלב	2.4
9.....	3 עומס חום והשפעתו על כלכלת רפת החלב, ועל פגיעתה בסביבה	3
11.....	4 סט נתונים, ותיאור המשתנים	4
11.....	4.1 תיאור הנתונים	4.1
13.....	4.2 המשתנים התלויים	4.2
14.....	4.3 המשתנים המסבירים	4.3
14.....	5 ניתוח הגורמים המשפיעים על רווחיות הרפת והשפעתה הסביבתית	5
16.....	6 ניתוח ספר היעילות	6
19.....	7 דיון	7
20.....	8 מסקנות והמלצות	8
22.....	9 נספחי מחקר מחזור חיים ביצור חלב	9
30.....	10 נספח: בסיס הנתונים של ממצאי סקר הרפתות	10
31.....	11 נספח: ממצאי רגרסיות	11
46.....	12 מקורות: נתוני פליטת גזי חממה של החקלאות בישראל	12
46.....	13 מקורות: ניתוח מחזור חיים ביצור חלב	13
47.....	14 מקורות: השפעת שינוי אקלים על רפתות	14

1 מבוא

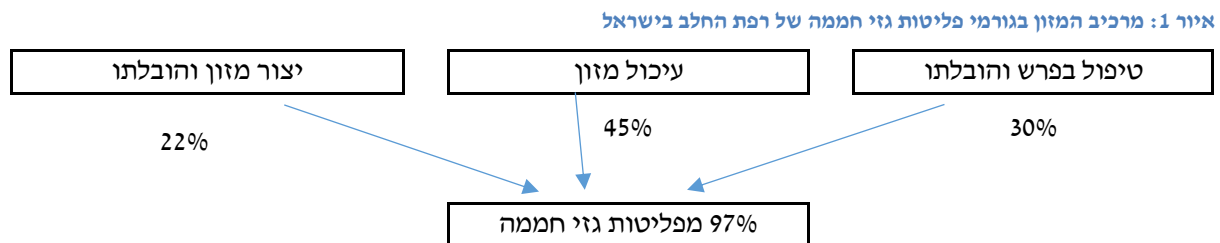
ייצור חלב ביעילות מנקודת ראותו הפרטית של בעלי רפת אינו בהכרח עולה בקנה אחד עם האינטרס של כלל הציבור לסביבה נקיה; כתוצאה מכך, ההשפעות הסביבתיות השליליות של רפתות מופנמות באמצעות תקנות סביבתיות, המשפיעות על רווחיות הרפת. מטרת מחקר זה היא לאפיין את הקשר בין יעילות כלכלית להשפעה על הסביבה, ומתוך כך להפיק המלצות לגבי ניהול יעיל במשולב עם השפעות סביבתיות מופחתות.

לצורך הניתוח השתמשנו בבסיס נתוני סקר הרווחיות שערכה מועצת החלב, ממנו הקמנו פאנל של 98 רפתות שנתונין נדגמו הן ב 2017 והן ב 2019. בשלב ראשון ניתחנו את מחזור החיים של יצור חלב והשפעתו הסביבתית. מתוך ניתוח זה חושו פליטות גזי החממה של הרפתות במדגם. באמצעות גרסיות פאנל בחנו את הגורמים המשפיעים על היעילות הכלכלית של הרפתות בישראל, ובה בעת את אלו המשפיעים על רמת הנזק הסביבתי שהרפתות מייצרות. באמצעות גרסיות אלה ובאמצעות ניתוח ספר היעילות (Frontier Analysis) בחנו את הקשר שבין רמת היעילות הכלכלית של הרפתות לבין השפעותיהן הסביבתיות.

הפרקים הראשונים במסמך זה מתארים את ניתוח מחזור החיים של יצור החלב בישראל והשפעתו הסביבתית. לאחר מכן מוצג בסיס הנתונים, ממצאי גרסיות להסברת הקשר בין עומסי חום ומאפיינים נוספים לבין הביצועים הכלכליים והסביבתיים של רפתות, ניתוחי ספר היעילות, לבסוף מתקיים דיון בממצאים והמלצות לפעולה.

2 פליטות גזי החממה מהפקת חלב ברפתות לאורך מחזור החיים

פרק זה מציג את ממצאי ניתוח מחזור חיים (LCA – Life Cycle Analysis) ביצור חלב, המוצג במלואו בנספח. ממצאי המחקר מלמדים על כך שרפת החלב הישראלית פולטת גזי חממה בממוצע של 1,170 גרם שווה ערך CO₂ ביצור של ק"ג חלב (FPCM - Fat and Protein Corrected Milk). ניתוח הפליטות מראה שצריכת המזון גורמת ל 97% מהנזק, לפי הפירוט המוצג באיור 1. שלושת המרכיבים המוצגים קשורים לכמות המזון הנאכלת על ידי העדר.



יצור חלב בישראל עומד על כ 1.6 מיליארד ליטר בשנה. לפי פליטות של 1.17 ק"ג לליטר, הרי שסך פליטות ענף החלב הן כ 1.8 מיליון טון CO₂ בשנה. לפי אומדני הלמ"ס עמדו סך פליטות גזי חממה בישראל ב 2019 על כ 79 מיליון טון שווה ערך CO₂. מהם פלטה החקלאות 2.23 מיליון טון שווה ערך CO₂. לליטר¹. נראה כי החישוב של הלמ"ס אינו כולל את הפליטות הנגרמות מחוץ לגבולות המדינה, אשר נגרמו כדי לספק תשומות לחקלאות הישראלית. לעומת זאת, חישובי הפליטות של ענף החלב המוצגות כאן כן כוללים מרכיב זה. לכן יש לבצע התאמות בשיטת החישוב של למ"ס כדי להעריך את החלק של ענף חלב הבקר בתוך פליטות חקלאות ישראל. עם זאת, גם ללא ההשוואה המלאה, ניתן לראות את החלק המשמעותי של ענף החלב בפליטות של החקלאות. בנייתו שנערך בלמ"ס (שמיר וינאי 2017),

¹ <https://www.cbs.gov.il/he/publications/Pages/2021/%D7%9E%D7%93%D7%93%D7%99-%D7%97%D7%A7%D7%9C%D7%90%D7%95%D7%AA-%D7%A1%D7%91%D7%99%D7%91%D7%94-2019.aspx>

נמצא שיצור פירות וירקות גורם לפליטת גזי חממה בטווח של 3 – 15 גרם לק"ג מיוצר של ירקות ופירות. גם אם חשבון זה אינו כולל פליטות בחו"ל, עדין בולט הפער מול האומדן שלנו: 1.17 ק"ג פליטות לליטר חלב.

הערך הכלכלי המיוחס לפליטות ה-CO₂ ניתן להערכה על פי מחיר השוק של מכסות לפליטת פחמן באיחוד האירופי, העומד נכון לסוף יוני 2024 על כ- 67 יורו לטון² (דהינו, לו היה גוף כלכלי באירופה יכול לזקוף לזכותו מניעת פליטות CO₂ ברפת ישראלית, אזי זה היה המחיר המקסימאלי אותו הוא היה מוכן לשלם עבור שירות זה). מכאן שערך הפליטות הוא כ- 31 אגורות לליטר.

2.1 רקע בדבר ניתוח מחזור חיים

הבנת הפליטות הקשורות בהפקת חלב ויישום צעדים לצמצום הפליטות דורש אימוץ גישה מערכתית אשר בוחנת את נקודות הממשק עם הסביבה באופן ישיר ועקיף. ניתוח מחזור החיים הוא כלי יעיל לזיהוי השפעות סביבתיות, ישירות ועקיפות, לאורך שלבי ייצור מוצר. שיטה זו מציגה את ההשפעות הסביבתיות בנקודות שונות לאורך מחזור החיים של מוצר, מהפקת חומר הגלם, ייצור המוצר, השימוש בו ועד לסילוקו ('מעריסה לקבר').

התפתחות המחקר בתחום זה קידמה שורה של הנחיות להליכי ניתוח, שיטות הקצאה בשלבים שונים ואינדיקטורים להערכת ההשפעה הסביבתית של הפקת חלב בקר (FAO, 2016a, b; IDF, 2005, 2010). יישום ניתוח בשיטה זו יכול לסייע בזיהוי נקודות חמות במערכות הנבדקות (ISO, 2006), להעלות את המודעות בקרב מגוון בעלי העניין, לתרום להפחתת ההשפעה הסביבתית וקידום שיטות לניהול בר-קיימא (Galliano & Siqueira 2021; Drews et al. 2020; Meul et al. 2014).

עד היום נערכו שלושה מחקרים אשר בדקו באופן ספציפי את פליטת גזי החממה של מערכת החלב הישראלית (Hagemann et al., 2011; Tricky and Kissinger, 2021; Kissinger et al. forthcoming). המחקר הראשון (Hagemann et al., 2011) השווה פליטות מרפתות במדינות שונות וכלל את המקרה של ישראל. המחקר מצא כי ייצור החלב בישראל הוא בעל רמת הפליטה הנמוכה ביותר בהשוואה למדינות אחרות. עם זאת, מחקר זה התבסס על נתונים מרפת ישראלית קטנה טיפוסית עם 63 פרות בלבד, לא בחן שורה ארוכה ומגוונת של רפתות, ולא התחשב בכל מחזור החיים של ייצור החלב.

המחקר השני (Tricky and Kissinger, 2021), אשר נערך בתמיכת קרן המחקרים של מועצת החלב, התמקד ב-12 מערכות ייצור הממוקמות באזורים שונים בארץ ואסף נתונים באמצעות ראיונות עם חקלאים בכל מערכת. בעוד מחקר זה סיפק הערכה מקיפה והציע הבנה ראשונית של פליטת גזי חממה הקשורים לייצור חלב בישראל, היקפו היה מוגבל ולא בהכרח מייצג את המערכת כולה. המחקר השלישי אשר הושלם לאחרונה מהווה בסיס לתוצאות המחקר המוצגות בדוח זה. המחקר שנערך בתמיכת קרן שה"מ וקרן המחקרים של מועצת החלב, כלל שיתוף פעולה בין גורמים שונים ממשרד החקלאות ואוניברסיטת בן גוריון, התבסס על שילוב נתונים מסקר הרווחיות וספר העדר וכלל לראשונה תמונה המייצגת את כלל מערכת החלב הישראלית (Kissinger et al. forthcoming). עיקרי תוצאות מחקר זה מוצגים כאן.

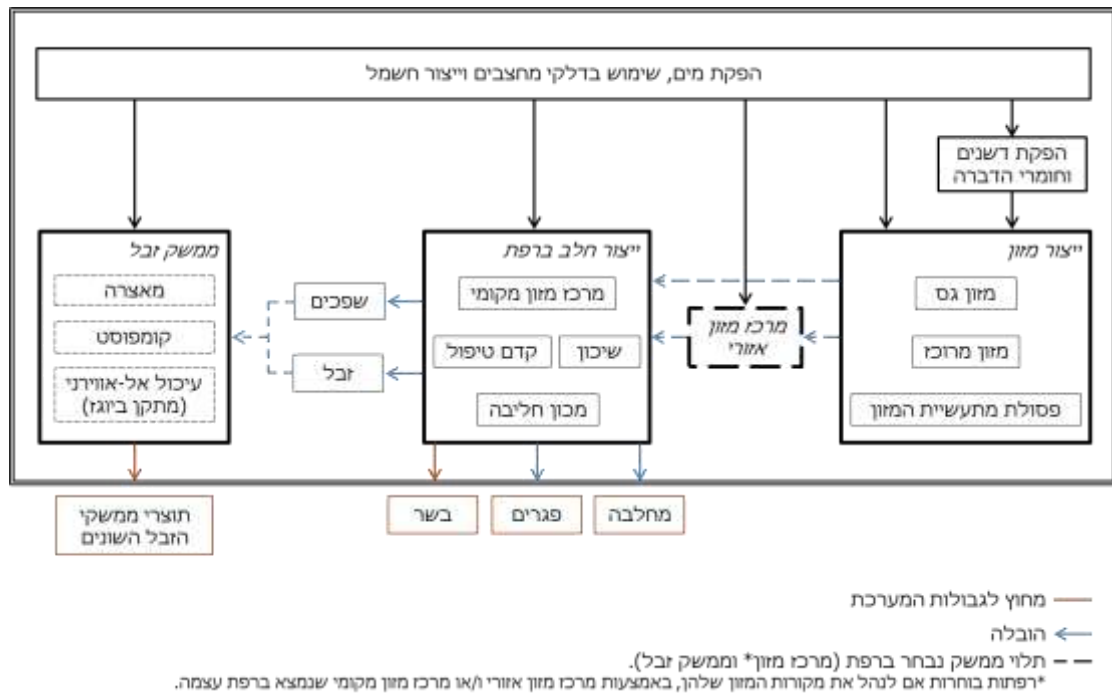
2.2 מערך מחקר מחזור חיים

גבולות המערכת - המחקר כלל את שלבי מחזור החיים "מעריסה לשער", החל משלב הפקת ואספקת חומרי הגלם ועד לשלב בו החלב הגולמי מגיע לשער המחלבה. המחקר עקב אחר המתודולוגיה הכוללת המתוארת ב-ISO 14040 (2006) ואימץ את שלבי המחקר המומלצים על ידי הפדרציה הבינלאומית לחלב (IDF) בשיתוף עם תוכנית ההערכה של בעלי חיים של ארגון המזון והחקלאות העולמי (FAO) (FAO, 2016; IDF, 2010; א,ב). גישה דומה הופעלה על ידי טריקי וקיסניג'ר (2021). על פי מסגרת זו, היחידה התפקודית המומלצת לניתוח היא 1 ק"ג חלב מתוקן שומן וחלבון (fat-protein corrected milk - FPCM).

² <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>

$$FPCM (kg/yr) = production (kg/yr) \times [0.1226 \times Fat\% + 0.0776 \times True Protein\% + 0.2534]$$

איור 2 : גבולות המערכת שנבחנה במחקר זה



הניתוח שילב נתונים ממגוון מקורות כדי להבטיח תוצאות מקיפות. מקורות אלו כללו :

(א) סקר הרווחיות של ענף החלב : מתוך סקר זה זוהו 105 רפתות בפריסה ארצית. הסקר סיפק תובנות לגבי ההתפלגות הגיאוגרפית/האקלימית, גודלי המשק, הבעלות ושיטות הניהול במערכת הרפתות. הסקר הקיף מגוון רחב של נתונים, לרבות הרכב מזון מפורט (דגנים ספציפיים, משקל גס), צריכת אנרגיה בחווה, מידע הקשור בזבל ועוד.

(ב) נתוני ספר העדר : מקור זה סיפק מידע מפורט ספציפי לכל משק שנכלל במחקר. הוא כיסה היבטים כמו מספר הפרות בשלבי חיים שונים, יחסי עגל-פרה, נפחי ייצור חלב, שומן חלב והרכב חלבונים ונתונים רלוונטיים נוספים.

(ג) מקורות נתונים שונים המתמקדים בפליטת גזי חממה על פני שלבים שונים של מחזור החיים של המערכת הנחקרת : לצריכת חשמל נעשה שימוש במקדמי המרה מקומיים שסופקו על ידי חברת החשמל. פליטות הקשורות לתחבורה חושבו על סמך מרחקים עבור הובלה יבשתית וימית, בשילוב עם מקדמי המרה לפליטת גזי חממה לטון/ק"מ. פליטות הקשורות למרכיבי המזון לפרה נגזרו משילוב של מחקרים מקומיים ומסד הנתונים הבין לאומי לניתוח מחזור חיים 2.2 ecoinvent. לבסוף, פליטות הקשורות לתסיסה במערכת העיכול ובזבל התבססו על הנחיות שהותוו על ידי הפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC) והפדרציה הבין לאומית של יצרני החלב (IDF), כפי שיפורטו בפסקאות הבאות.

ייצור מזון - ייצור ואספקת מרכיבי הזנה מהווה מרכיב משמעותי בניתוח הפליטות לאורך מחזור החיים. המחקר השתמש בשורה של מקדמי פליטה בין לאומיים (על בסיס 2.2 ecoinvent) כדי לאמוד את הפליטה מגידול מגוון רחב של מרכיבי הזנה, הכוללים שורה של מרכיבי מזון מרוכז, ומזון גס. הניתוח כלל גידולים כגון תירס, חיטה וסויה, שמקורם מאזורים שונים ברחבי העולם (צפון אמריקה ומזרח אירופה) לצד גידול מקומי. מרכיבי המזון הגס הכוללים בין היתר תחמיצים שחת ועוד גדלים בעיקר בתחומי מדינת ישראל. תוצרי לוואי אגרו-תעשייתיים משולבים בניתוח הרכב המזון, אולם ההנחה במחקר זה הינה שהפליטות הקשורות בייצור תוצרי לוואי אלו אינן חלק מהפליטות של הפקת החלב.

ייצור חלב – נתונים מגוונים הקשורים בפעילות הרפת התקבלו מהמקורות הנ"ל וכללו התייחסות לשורה של מרכיבים הכוללים: מבנה הרפת וסוג ניהול, היקף בעלי החיים בשלבי החיים השונים (מספר חולבות ויבשות, יחס עגלה פרה ועוד), מרכיבי ההזנה בכל רפת, שימוש במים וחשמל, אופן הטיפול בשפכים ובזבל ועוד. שלב זה כלל גם חישוב הפליטות הנובעות מתהליך עיכול המזון. חישוב הפליטות הקשורות בשלב זה התבסס על הנחיות המקורות הנ"ל (ראה פירוט בנספח לדוח זה).

ניהול זבל – ניהול זבל מהווה מרכיב משמעותי בממשק הסביבתי של הפקת חלב בכלל ובפליטות גזי החממה בפרט. בכל אחת מהרפתות שנכללה במחקר נבחנה גישת הטיפול בזבל: (א) בור אחסון זבל: זבל מאוחסן בבור ומתרוקן מעת לעת לשדות סמוכים. (ב) קומפוסטציה: הזבל מועבר למתקן קומפוסטציה סמוך לשם עיבוד. (ג) מתקן עיכול אנאירובי: על בסיס יומי מועבר זבל לאחד משלושת המתקנים בארץ, שם הוא מנוצל להפקת ביוגז באמצעות עיכול אנאירובי. חישוב הפליטות הקשורות בזבל ובאופן הטיפול בו התבסס על הנחיות המקורות הנ"ל (ראה פירוט בנספח לדוח זה).

הובלה – המחקר כלל תיעוד תשומות ופליטות הקשורות בהובלה במספר נקודות: (א) הובלה ימית: יבוא מזון ממדינות ייצוא גדולות כרוך בהובלה ימית. (ב) הובלה יבשתית מקומית: הובלת מזון מהנמל או השדה למרכזי הזנה אזוריים או מקומיים ברחבי הארץ. (ג) הובלת מזון: אספקת מזון ממרכזי הזנה אזוריים למשקים בודדים. (ד) הובלת חלב: הובלת חלב מהמשקים למחלבה.

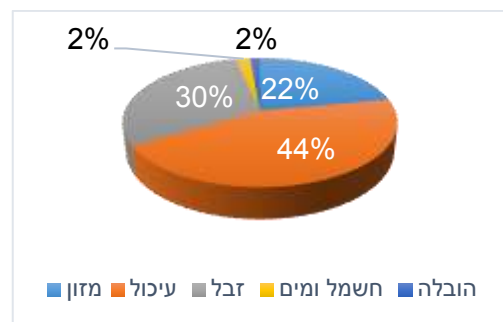
הקצאה – מחקר זה לא כלל את ההשפעות של תשתית, ייצור ותחזוקת מיכון (טרקטורים וכו'), אנטיביוטיקה והורמונים. מחקרים קודמים על מערכות חלב הדגישו את התרומה המזערית של גורמים אלו לטביעת הרגל הפחמנית הכוללת (Baldini et al., 2017; Meul et al., 2014; Yan et al., 2011). בעוד שהמחקר בחן כמויות שפכים ופליטות נלוות, הוא לא התייחס לניצול נוסף של שפכים או שימוש בביוגז שנוצר מטיפול בפסולת במהלך ייצור חלב.

2.3 ממצאים עיקריים, ניתוח מחזור חיים ביצור חלב

המחקר מצא כי בממוצע, ייצור של 1 ק"ג חלב (FPCM) לאורך כל מחזור החיים שלו מייצר 1.17 ק"ג של CO₂e. עם זאת, הפליטות משתנות בין המערכות שנחקרו, ונעות בין 0.8 ל-1.6 ק"ג CO₂e.

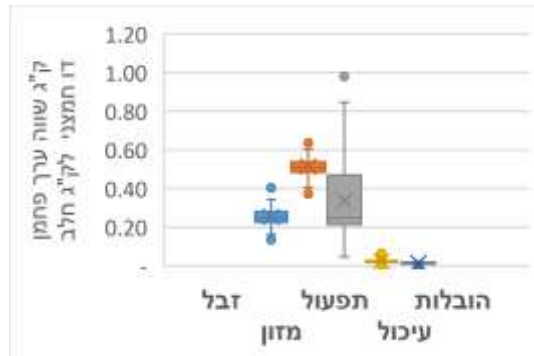
האיור הבא מציג את חלקו של כל שלב במערכת מחזור החיים של ייצור החלב. שני המקורות העיקריים לפליטת גזי חממה הם תסיסה ממערכת העיכול (0.51 ק"ג CO₂-eq) והזבל (0.36 kg CO₂-eq), אשר יחד מהווים בממוצע 75% מפליטת גזי החממה. עם זאת, חלק ניכר מהפליטות מיוחס גם למרכיב ההזנה, כאשר חלק מהפליטות נובע מגידול חקלאי בתחומי ישראל ורובו מעבר לים.

איור 3: התפלגות הפליטות



בעוד שמקורות הפליטות במערכת המנותחת מוגדרים היטב, מצא המחקר מגוון משמעותי של פליטות עבור כל רכיב. כפי שעולה מאיור 4, הפליטות הנובעות ממערכת העיכול והזבל הינן המרכיבים העיקריים של טביעת הרגל הפחמנית של חלב, כאשר טווחי הפליטות נעים בין 0.4 ל-0.6 ק"ג CO₂e עבור פליטות העיכול ו-0.1 עד 0.8 ק"ג CO₂e עבור זבל.

איור 4: מגוון הפליטות בכל אחד מהרכיבים



שורה של גורמים יכולים להסביר את טווחי הפליטה בין מערכות הפקת החלב במחקר זה – מיקום הרפת (אקלים), גודל המשק (משקים קטנים, בינוניים וגדולים), צורת ניהול הרפת (בבעלות משפחתית שיתופית) והרכב העדר (יחס עגלה פרה). עם זאת, מניתוח סטטיסטי של הממצאים, אין גורם אחד שיכול להסביר במלואו את שיעורי הפליטה. במקום זאת, כל גורם תורם לפליטות שונות המושפעות משיטות ניהול והחלטות ספציפיות.

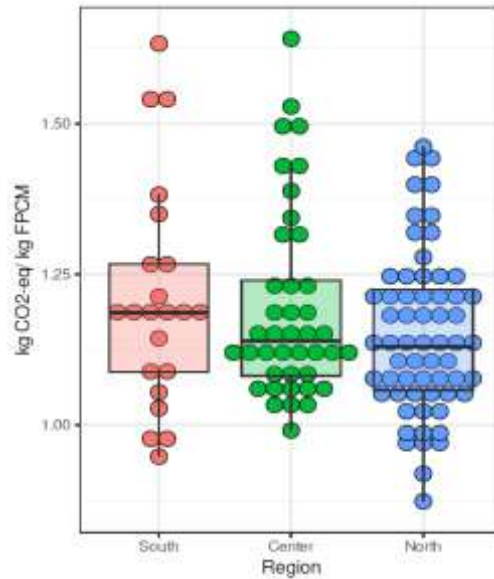
טבלה 1 מציגה את טווח הפליטות עבור כל רכיב לאורך מחזור החיים של הפקת החלב, בהתחשב בגורמים המסבירים לעיל. בממוצע, התוצאות מראות כי רפתות שיתופיות גדולות הממוקמות באזור המרכז מציגות את ביצועי הפליטה הטובים ביותר. עם זאת, לאחר סקירת תוצאות משולבות אלו, מתברר כי ההבדלים הממוצעים בין מערכות הייצור הם קטנים יחסית

טבלה 1: פליטות ממוצעות של כל רכיב לאורך מחזור החיים של החלב

אזור			גודל רפת			ק"ג שווה ערך פחמן דו חמצני לק"ג חלב
צפון	מרכז	דרום	גדולה (<300)	בינונית (150-300)	קטנה (>150)	
72	47	26	52	34	60	N
1.17	1.16	1.18	1.16	1.17	1.18	ממוצע
0.94-1.51	0.80-1.60	0.93-1.64	0.93-1.45	0.99-1.49	0.80-1.64	טווח
0.17-0.37	0.18-0.31	0.17-0.29	0.17-0.37	0.21-0.33	0.17-0.36	מזון
0.04-0.17	0.04-0.09	0.03-0.08	0.03-0.15	0.04-0.16	0.04-0.17	מזון גס
0.05-0.22	0.13-0.24	0.12-0.21	0.12-0.22	0.14-0.24	0.05-0.23	מזון מרוכז
0.62-1.12	0.73-1.13	0.64-1.38	0.72-1.12	0.71-1.19	0.62-1.38	רפת
0.02-0.13	0.04-0.13	0.02-0.09	0.02-0.13	0.03-0.09	0.02-0.13	תפעול הרפת
0.49-0.74	0.43-0.78	0.46-0.66	0.46-0.74	0.50-0.78	0.43-0.71	עיכול
0.09-0.49	0.14-0.54	0.11-0.72	0.09-0.45	0.12-0.44	0.09-0.72	זבל
0.01-0.02	0.01-0.02	0.02-0.03	0.01-0.03	0.01-0.02	0.01-0.02	תחבורה
תפוקת חלב לפרה			צורת ניהול			ק"ג שווה ערך פחמן דו חמצני לק"ג חלב
נמוכה (> 11,000 L)	בינונית (11,001-14,000L)	גבוהה (<14,000 L)	משפחתית	שיתופית		
9	93	43	93	52	N	
1.38	1.17	1.13	1.18	1.16	ממוצע	
1.10-1.52	0.93-1.64	0.80-1.34	0.80-1.64	0.93-1.45	טווח	
0.28-0.38	0.17-0.36	0.18-0.30	0.17-0.36	0.17-0.38	מזון	
0.07-0.17	0.03-0.17	0.04-0.15	0.04-0.17	0.03-0.15	מזון גס	
0.16-0.22	0.05-0.24	0.12-0.21	0.05-0.24	0.12-0.22	מזון מרוכז	
0.76-1.24	0.73-1.38	0.62-1.10	0.62-1.38	0.71-1.12	רפת	
0.04-0.13	0.02-0.13	0.02-0.09	0.02-0.13	0.03-0.13	תפעול הרפת	
0.54-0.78	0.46-0.72	0.43-0.63	0.43-0.78	0.46-0.74	עיכול	
0.16-0.49	0.09-0.72	0.11-0.45	0.09-0.72	0.09-0.45	זבל	
0.01-0.02	0.01-0.03	0.01-0.02	0.01-0.02	0.01-0.03	תחבורה	

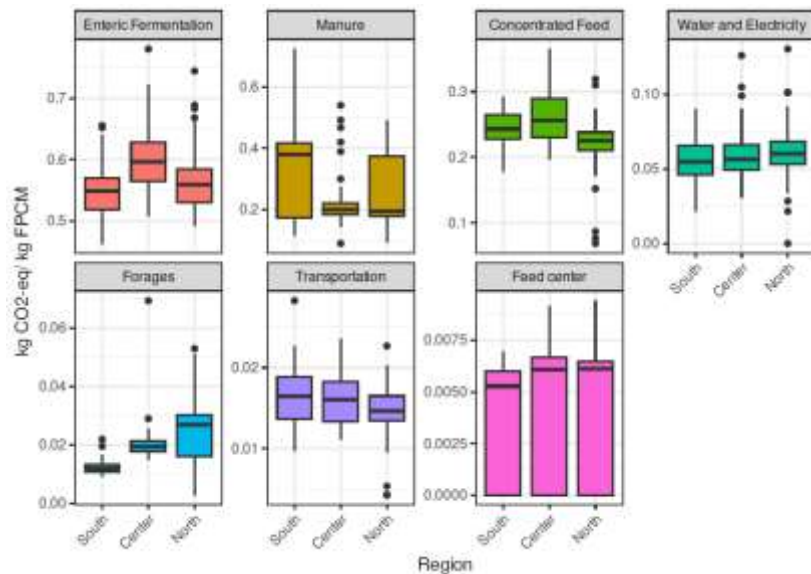
כפי שעולה בטבלה הנ"ל ומוצג באיורים הבאים, ניתן להבחין בהבדלים בין המערכות המנותחות בכל אחד מהאזורים האקלימיים/גיאוגרפיים הנחקרים, וכן בין רפתות בגדלים שונים ובעלות סוג מערכות ניהול שונות. האיור הבא ממחיש את טווח הפליטות ליחידת חלב בשלושת האזורים הגיאוגרפיים/האקלימיים המנותחים. כפי שעולה מהטבלה הנ"ל, רפתות באזור הדרום מציגות שיעור פליטות ממוצעת גבוהה יותר, אשר ניתן לייחס חלקית להיעדר מתקני ניהול זבל ולמרחק הגבוה יחסית והשימוש המוגבל במזון מקומי. יחד עם זאת, חלק מהרפתות באזור המרכז והצפון מציגות אף שיעורי פליטות גבוהים יותר. מכך ניתן להסיק כי בעוד שתנאי האקלים עשויים להשפיע על ביצועי הפליטות, גורמים נוספים מעצבים גם כן את היקף הפליטות של כל רפת בנפרד. עם זאת, כפי שמתואר באיור הבא, הניתוח האזורי מדגיש משקים ספציפיים בכל אזור המדגימים 'ביצועי פליטות' נמוכים יחסית או גבוהים מאוד. זיהוי משקים אלה יכול לשמש בסיס לשיפורים פוטנציאליים ואמצעי ללמוד משיטות עבודה מומלצות.

איור 5: התפלגות הפליטות לפי אזורים



בהתבסס על הניתוח שהוצג לעיל, איור 6 ממחיש את טווח הפליטות הקשורות לכל רכיב שנבחן במערכות שנחקרו בכל אזור. ניתן לראות הבדלים בפליטות בכל אזור.

איור 6: התפלגות הפליטות לפי רכיבים ואזורים



2.4 סיכום תובנות, ניתוח מחזור חיים יצור חלב

מערכות ייצור חלב מציגות מגוון רחב של מאפיינים, לרבות מיקומן הגיאוגרפי והאקלימי, הגדלים, שיטות הניהול והתשתיות הקיימות. כתוצאה מכך, ניצול המשאבים והפליטות הישירות והעקיפות של כל רפת מושפעות משילוב של גורמים אלו. בהתאם לכך, כל תוכנית לאומית להפחתת פליטת גזי חממה הקשורות למוצרי חלב, צריכה לכלול אסטרטגיות הפחתה הלוקחות בחשבון את המאפיינים והמגוון הייחודיים של המערכת.

בחינת הפליטות הקשורות בייצור חלב באמצעות הגישה שאומצה במחקר זה, מאפשרת לזהות נקודות חמות חיוביות ושליליות – כלומר מרכיבים שאחראים על עיקר הפליטות ולצידם מרכיבים בעלי פליטה נמוכה.

מניתוח תוצאות חלק זה של המחקר עולה כי למרכיב ההזנה של בעלי החיים (כמות וסוג) השפעה משמעותית על הפליטות לפרה וליחידת ייצור של חלב. מרכיב חשוב זה משפיע הן בהיבט של הפליטות הנובעות ממחזור החיים של כל גידול חקלאי / מרכיב הזנה עד הגעתו לרפת והן מהשפעתו על הפליטות מהפרה עצמה.

מרכיב ההזנה משפיע על כמות הפליטות הנובעות מתהליך העיכול והן מכמויות הזבל. הניתוח שהוצג בדוח זה משלב עד כמה שאפשר את כל המרכיבים הנ"ל – סוג המזון (כולל הפליטות מייצורו ואספקתו), כמות ההזנה והשלכותיה על הפליטות מעיכול, כמות הזבל וסוג הטיפול בזבל.

מרכיב נוסף אשר בא לידי ביטוי בניתוח המוצג כאן קשור ביחס בין בעלי חיים יצרניים וכאלו שאינם, ובעיקר בכל מה שקשור במספר העגלות והפרות. בחלק מהמערכות שנבחנו נמצא כי כמות לא מבוטלת של מזון ופליטות קשורות בעגלים המהווים חלק חשוב במערכת הייצור לאורך השנים.

ניתוח הפליטות ממספר גדול של מערכות ייצור חלב המבוססות על סקר מייצג של המערכת הישראלית, מאפשר לזהות מרכיבים ורפתות המתנהלות בצורה יעילה יותר מבחינת ניצול התשומות והפליטות הקשורות ולהצביע על כיוונים אפשריים לצמצום הפליטות מפעילות ייצור החלב. שלב עתידי במחקר מסוג זה יאפשר עבודה מול בעלי העניין, הבנת הסיבות לניהול יעיל יותר והנכונות להתאים צעדים לצמצום הפליטות.

כל הנ"ל מושפע כמובן בין היתר מהמרכיב הכלכלי. החיבור בין הכלכלה לסביבה, כפי שמוצג בדוח הנוסף שהוגש במסגרת מחקר זה, יכול להצביע על כיוונים אפשריים לחיזוק, המשך ביסוס, וקידום קיימות המערכת.

3 עומס חום והשפעתו על כלכלת רפת החלב, ועל פגיעתה בסביבה

בספרות עולה הטענה שהחום משפיע על הביצועים, ואז פעולות הגנה שהרפתנים נוקטים, הם אלה שמגבירים בחלקם את הנזק לסביבה במעגל קסמים. בפרק זה נסקור את הסוגיה, טרם בדיקתה על בסיס הנתונים שיש בידנו. מחקרים שנעשו משנות ה-80 ועד העשור הראשון של המאה הנוכחית, הציגו רמת THI (מדד עומס חום המבוסס על שילוב טמפרטורה-לחות) שממנה והלאה יש ירידה בתנובת החלב של הפרות. הם קבעו את הרף של THI 76 – 70 כעומס חום שממנו והלאה יש פגיעה בביצועים. אולם מחקרים אלה התבססו על נתונים של אותן שנים, ומאז גדלה מאד תנובת הפרות, ובמקביל עלתה רגישות תנובת החלב לחום. על כן, במחקרים שנערכו בשנים האחרונות נמצאה השפעה כבר מרף נמוך יותר של THI 68 – 65. עומס חום משפיע על מספר פרמטרים ובהם: עליית חום הגוף, ירידה בתנובת חלב, ירידה בצריכת מזון, הרעה בניצולת המזון ליצור חלב (חלק מהמחקרים מציגים הרעה של ניצולת המזון, ובחלקם תוצאות לא חד-משמעיות), השפעה על רכיבי חלבון ושומן (חלק מהמחקרים מראים ירידה, ובחלקם תוצאות לא אחידות), הגדלת שיעור התאים הסומטיים בחלב, פגיעה בשיעורי ההתעברות והגדלת שיעור התמותה.

מרבית המחקרים בדקו את ביצועי הפרות בתקופה מוגבלת בזמן, בין כמה ימים לבין כמה שבועות ויתכן שאף חודשים בודדים, לאחר הופעת עומס חום. מחקרים אלה בדקו רק פרות חולבות (לא בדקו פרות יבשות ולא את העגלות), ורק את הפרות הספציפיות שהשתתפו בניסוי – בודדות עד כמה עשרות. מחקרים שבוצעו על ידי ה-USDA, בחנו תוצאות רפתות שלמות על פני שנים, או בהשוואה בין קיץ לחורף. אולם אלה עדין התמקדו רק בנתוני תנובת החלב הממוצעים לפרה חולבת. מחקרים אלה לא בחנו במקביל גם את השינוי בצריכת המזון, כנראה בשל היעדר נתונים.

היו מחקרים שהתמקדו בהשפעת עומס חום על פרות ברגע קריטי בו הן קרובות להמלטה. המחקרים מצאו השפעה קצרת טווח של ירידה בתזונה ובייצור החלב, וכן תוצאות ארוכות טווח על ביצועי הפרות הספציפיות שחוו עומס חום על סף המלטה. בחלק מהמחקרים נערכה הפרדה בין עומס חום ארוך טווח (longrun average THI load), שהשפעתו נמצאה מובהקת, לבין עומס חום קיצוני חד פעמי – השפעתו לא נמצאה מובהקת.

המחקרים מראים שבמקביל לירידה בתנובת החלב יש גם ירידה בצריכת המזון של הפרות. ממצאי חלק מהמחקרים מעלים את ההשערה שצריכת המזון משתקמת מהר יותר מאשר תנובת החלב. מחקרים נוספים מצאו שהירידה בצריכת המזון מהווה רק 35% - 50% מההסבר לירידה בתנובת החלב, ועל כן השיקום המהיר יחסית בצריכת המזון

עדיין לא מחזיר את תנובת החלב ליצור מלא. נצילות מזון היא היעילות שבה ממירות הפרות את המזון לחלב. ככל שיותר אנרגיה מהמזון מומרת לחלב, כך צריכות הפרות פחות מזון ליצור חלב. הנחת העבודה היא שבתנאי עומס חום צריכת רכיבי מזון מופנית יותר לניהול חום הגוף ופחות ליצור חלב, ולכן הנצילות נפגעת. מחקרים מציינים שנושא הנצילות לא הובהר דיו, טעון העמקה והבנה נוספת.

אשר להשפעת החום על פליטות, עד כה לא נמצאו מודלים שבדקו השפעת עומס חום על פליטת מתאן. יש מודלים שבוחנים השפעה זו באמצעות אומדנים אך לא באמצעות מדידה. לעומת זאת, כן נמצא מחקר שמדד את פליטת המתאן של פרות בעלות ניצולת מזון גבוהה לעומת פרות בעלות ניצולת מזון נמוכה. המחקר מצא שניצולת מזון גבוהה גורמת לפליטות מתאן נמוכות לכל ליטר מיוצר. חלק גדול יותר של האנרגיה במזון משמש ליצור חלב, ועל כן פליטת המתאן בעיכול קטנה בממוצע לליטר חלב. לפי ממצא זה, אם עומס חום משפיע על ניצולת המזון, אז הוא גם משפיע על פליטת המתאן בעיכול ומשפיע על מידת הנזק הסביבתי.

במחקרים מציינים אמצעי הגנה של הרפתנים מפני שינוי אקלים, אך בדרך כלל לא מדדו את מידת ההתגוננות, בעיקר סככות, התקנת מאווררים ומערכות צינון, התאמת אסטרטגיית הזנה ותזמון המלטות.

קשה להשוות את ממצאי המחקרים שכן אלו משתמשים במדדים שונים לבחינת השפעת עומס חום. חלק בודקים השפעות טווח ארוך למול אחרים שבודקים השפעות טווח קצר, חלקם בודקים השפעות עומס חום מתמשך לעומת אחרים הבודקים עומס חום חד פעמי. יש מחקרים הבודקים השפעות על כלל החולבות ולעומתם כאלה המציגים השפעות על פרות ספציפיות בנקודות זמן רגישות.

בולט מחקר רב-שנתי שבחן את הביצועים המצרפיים של משק החלב בארה"ב. המחקר בדק את תנובת החלב ברפתות בארה"ב בשנים 1981 – 2018 ומצא ששינוי האקלים בשנים אלו הביאו לשיפור בתנובת החלב. החוקרים טוענים שבזכות פעולות ניהוליות של מנהלי הרפתות, פחתה הרגישות של הפרות לחום קיצוני. בנוסף לכך, לצד השפעת עומס החום, גם לקור קיצוני יש השפעה לרעה על תנובת הפרות. ההתחממות הביאה לשיפור בתנובה באזורים הקרים, אשר היה גדול יותר מהפגיעה באזורים החמים בזכות הפעולות הניהוליות. החוקרים חילקו את המדינות לאזורים חמים ואזורים קרים. הם מצאו שהרפתות במדינות קרות היו רגישות יותר לעומסי חום, לטענתם משום שהרפתנים במדינות החמות נקטו פעולות הגנה ובעיקר: הקמת סככות, מאווררים, מערכי צינון. הם גם חילקו את תקופת המחקר ל 20 שנים ראשונות ו 20 שנים אחרונות, ומצאו שבעשרים השנים הראשונות היתה השפעה גדולה יותר של עומסי חום על התנובה. הם מסיקים מכך שמערך הניהול היה טוב יותר ב 20 השנים האחרונות וגם טוב יותר במדינות החמות לעומת המדינות הקרות. לטענת החוקרים הרגישות של תנובת החלב לשינוי אקלים ירדה וזה מעיד על יכולות הניהול שהשתפרו ולכן בסה"כ מצאו ששינוי אקלימי הגדיל את תנובת החלב של הפרות בארה"ב. בבדיקה הם מצאו שהאקלים האופטימלי ליצור חלב נע בין 64.5 לבין 69.4 THI.

בסיס הנתונים העומד לרשותנו שונה מאלו ששימשו במקומות אחרים. הנתונים שלפנינו מציינים נתוני צריכה של כל העדר: חולבות, יבשות ועגלות, משך שנה שלמה. המחקרים שנסקרו לעיל בחנו רק את התנהגות החולבות, ולא כללו את המידע בדבר צריכת המזון של עגלות ושל הפרות היבשות, המשפיעה אף היא על רווחיות הרפת והשפעתה הסביבתית. ניתוח הנתונים מסקר החלב מראה יצור שנתי של חלב, מושווה רכיבים, על פני שנה שלמה. לפיכך, הוא בוחן השפעות ארוכות טווח של עומס חום, ונמנע מדיון בימים או שבועות הספציפיים שלאחר אירוע העומס. בזכות הגיוון האקלימי בישראל, ניתן להשוות תוצאות של רפתות שלמות, בתנאי עומס חום שונים במשך השנה כולה. עומס החום בנייתוח המוצג כאן נמדד לפי מספר השעות בשנה בהן עמד מדד THI על 75 ומעלה. זה שונה מאופן המדידה בחלק מהמחקרים, ויש לבחון מדדים נוספים בהמשך. נתוני סקר מועצת החלב מאפשרים אומדן ההשקעה של כל אחת מהרפתות במערכות איוורור, וכן את ההשקעה בסככות רביצה. זהו מידע שבדרך כלל אינו נתון בידי החוקרים, ולכן כנראה לא מוצג בממצאי המחקרים שעסקו בהשפעות שינוי אקלים על ביצועי הרפתות.

4 סט נתונים, ותיאור המשתנים

בסיס הנתונים, שעמד לרשותינו הוקם במסגרת סקר הרווחיות הדו-שנתי שעורכת מועצת החלב. הסקר נערך כחלק מניהול משטר המכסות ומטרתו לאמוד את עלות יצור החלב בישראל. הסוקרים מקבלים מהרפתנים נתונים אגרו-טכניים של הרפתות ואת דו"חות רווח והפסד שלהן, ועל בסיסו מחושב מחיר המטרה של חלב גולמי, כפי שקבוע בחוק. הסקר נתון לבקרה של וועדת היגוי הכוללת משרדי ממשלה ברשות משרד החקלאות, נציגי החקלאים ונציגי המחלבות. בסיס הנתונים כולל 468 תצפיות של נתוני עלות יצור החלב, בשנים 2015 – 2021 לפי הפירוט בטבלה 2.

טבלה 2: תצפיות בשנים 2015 - 2021

שנה:	2015	2017	2019	2021
מספר רפתות נדגמות	128	129	109	102

חלק מהרפתות נדגמו במסגרת הסקר מספר פעמים. בשה"כ נבדקו 307 רפתות, בחלוקה הבאה, כמפורט בטבלה:

- נצפו פעם אחת: 175
- נצפו פעמיים: 113
- נצפו שלוש פעמים: 15
- נצפו ארבע פעמים: 4
- סה"כ: 307 רפתות, מהן 106 נצפו ברצף פעמיים בשנים העוקבות 2017 - 2019

כדי לנתח פאנל מאוזן התמקדנו בתצפיות 2017 ו 2019. לאחר לימוד של הנתונים, הוצאנו מן המדגם רפתות שהציגו תוצאות קיצוניות שלא היה לגביהן הסבר מניח את הדעת, וכן רפתות שידענו כי חוו שנה מיוחדת במועד הסקר. למשל רפתות שחוו פגיעה בעדר, או כאלה שעסקו ביצור מזון עבור רפתות אחרות והיה חשש לעיוות ממצאי מרכיבי התזונה. כן הוצאו רפתות שלא הופיעו בשתי שנות הדגימה. המדגם המוצג כאן כולל 98 רפתות, מהן 60 מהמשק המשפחתי ו 38 משקים שיתופיים, שיש להן נתונים בשתי השנים 2017 ו 2019.

4.1 תיאור הנתונים

בטבלה 3 מוצגת סטטיסטיקה תיאורית של הפאנל של 98 הרפתות שנדגמו פעמיים ברצף ב 2017 וב 2019. המכסה הממוצעת עמדה על 3.25 מיליון ליטר בשנה. הרפת הקטנה ביותר החזיקה מכסה שנתית של 526,000 ליטר והגדולה 11.53 מיליון ליטר. מבחינת יצור ליטר מתוקן (לפי מחיר רכיבים של מועצת החלב בשנים הנדונות), הרי שהיצור הממוצע עמד על 3.3 מיליון ליטר בשנה.

כאמור, עומס החום נמדד לפי מספר השעות בשנה שהיה בהן עומס גבוה מ THI 75. לצורך המדידה רוכזו נתונים שנתיים בתחנות המטאורולוגיות הקרובות ביותר לרפתות שנדגמו, בשנים 2017 ו 2019. נמצא שעומס החום הממוצע היה 1,944 שעות מעל THI 75. הרפת הצוננת ביותר עמדה על 237 שעות והרפת בעלת העומס הגבוה ביותר חוותה 3,331 שעות שנתיות מעל THI 75.

נבדק באילו רפתות יש מרכז מזון המייצר את האוכל או רובו באופן עצמאי עבור הרפת. נמצא כי ב 35% מהרפתות היה מרכז מזון עצמאי.

הנתונים בדבר מאפייני הניהול ניתנו על פחות מ 100% של הרפתות כי לא כל הנדגמים השיבו. בדקנו את שנות הותק של מנהל/ת הרפת בענף, ונמצא כי בממוצע היו 32 שנות ותק. הנמוך ביותר עמד על 2 שנים והוותיק ביותר 64 שנים. שאלנו את מנהלי הרפת בדבר אופי ההתייעצות שלהם, והציון הוא איכותני בדירוג 0 (לא מתייעצים) עד 5 (מתייעצים הרבה מאד). התייעצות עם הדרכה מוסדית קיבלה ציון ממוצע 2.6 והתייעצות עם רפתנים קולגות קיבלה ציון ממוצע 3.7.

תנובת הפרות נמדדה לפי ליטר מתוקן משווק, כדי לתת ביטוי לרכיבים ולא דווקא לכמות בליטרים. התיקון חושב לפי ערך שומן וערך חלבון במחיר המטרה, ברבעון שני של שנת 2017 ושנת 2019 בהתאמה. בממוצע הניבו הפרות 30.7 ליטר מתוקן משווק ליום. התוצאה הנמוכה ביותר היא 21 ליטר מתוקן ליום, והגבוהה ביותר 37 ליטר ליום.

פליטות גזי חממה חושבו על בסיס ניתוח מפורט כפי שהוצג בפרק ניתוח מחזור החיים. קרי, אין מדובר בנתון שהתקבל בסקר אלא נתון שחושב לפי נתוני הרפתות. הממוצע עמד על 1.15 ק"ג שווה ערך פליטות לליטר מתוקן משווק. הנתון הנמוך ביותר עמד על 0.82 ק"ג פליטות לליטר מתוקן משווק והגבוה ביותר 2.3 ק"ג פליטות לליטר מתוקן משווק.

הרווח התפעולי (לפני פחת והון) נמדד כממוצע ביחס לליטר מכסה. מכסה היא נתון חיצוני שאינו בשליטת הרפתנים במהלך השנה התפעולית, ומהווה גורם עיקרי בקביעת גודל הרפת. הרווח התפעולי הממוצע לליטר מכסה היה 27.1 אגורות לפני פחת והון. הנתון הנמוך ביותר היה הפסד של קרוב ל 30 אגורות לליטר מכסה, והרווח הגבוה ביותר היה 79.5 אגורות לליטר מכסה.

נתון נוסף שנבדק הוא עלות נטו ביצור חלב, אשר מחושב לפי כל ההוצאות כולל הון ופחת פחות ההכנסות ממכירת בשר והכנסות שונות. הנתון הזה מבודד את עלות יצור החלב, בניטרול הכנסות אחרות שהעדר מניב. עלות ממוצעת עמדה על 204.6 אגורות לליטר מתוקן משווק. העלות נטו הנמוכה ביותר היא 150.4 אגורות בממוצע לליטר מתוקן משווק, והגבוהה ביותר היא 269.5 אגורות לליטר.

צריכת המזון נמדדה לפי סך המזון שהעדר כולו צרך: חולבות, יבשות ועגלות. בכך מיוחד סקר זה שאינו מציג את נתוני צריכת החולבות בלבד, אלא של כל העדר, ולכן מייצג את כלל הפעילות הכרוכה בייצור החלב. בממוצע צרכו הרפתות 0.98 ק"ג מזון יבש לליטר מתוקן משווק. הנתון הנמוך ביותר היה 0.79 ק"ג מזון יבש לליטר מתוקן משווק, והגבוה ביותר 1.36 ק"ג מזון יבש לליטר מתוקן משווק.

נבחן נתון צריכת המזון ביחס לק"ג פליטות שווה ערך CO₂ (שכאמור, מחושב כמתואר לעיל). נמצא כי בממוצע צרך העדר כולו 0.87 ק"ג חומר יבש לכל ק"ג פליטות. הנתון הנמוך ביותר היה 0.5 ק"ג מזון לק"ג פליטות, והנתון הגבוה ביותר 1.3 ק"ג מזון לק"ג פליטות.

יחס חלבון יוצא לחלבון נכנס, מדד את כמות החלבון בחלב שהניבו הרפתות ביחס לכמות החלבון שהיתה במזון הנצרך. בממוצע עומד נתון זה על 0.24 יוצא ביחס לנכנס. הנתון הנמוך ביותר היה 0.15 והגבוה ביותר 0.41 ק"ג חלבון יוצא ביחס לנכנס.

אחד הנתונים המייחדים את בסיס הנתונים שלנו הוא שיש בידנו את שטח הסככות, המשקף השקעה בשיכון הפרות. נמצא ששטח הסככות ביחס ל 1,000 ליטר מכסה עמד על 3.4 מ"ר בממוצע. הנמוך ביותר היה 1.2 מ"ר והגבוה ביותר 7.3 מ"ר ל 1,000 ליטר מכסה. נתון השקעה נוסף המייחד את הסקר ומשקף את תגובת הרפתנים למצבי אקלים שונים הוא ההשקעה במאווררים. הנתון מחושב לפי מחיר חידוש של הציוד המותקן. נמצא שבממוצע הושקעו 111 שקלים לכל 1,000 ליטר מכסה. הנתון הנמוך ביותר עמד על 8 שקלים ל 1,000 ליטר מכסה, והגבוה ביותר על 362 שקלים ל 1,000 ליטר מכסה.

נבחנה החריגה של היצור ברפתות מהמכסה של הרפת. בממוצע היתה חריגה של 0.89%. אולם הטווח נרחב. נמצאה רפת שיצרה פחות ממכסתה ב 23%, במונחי ליטר מתוקן משווק לעומת מכסה. מנגד היתה רפת שיצרה 22% יותר מהמכסה.

טבלה 3: סטטיסטיקה תיאורית של המשתנים

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
מכסה, אלפי ליטר בשנה	196	3,252	2,735	526	11,532
ליטר מתוקנן משווק, אלפי ליטר בשנה	196	3,309	2,806	458	11,352
שעות מעל עומס חום THI 75 בשנה	196	1,944	483	237	3,331
קיומו של מרכז מזון עצמאי	196	0.35	0.48	0	1
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	170	32	15	2	64
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	186	2.6	0.9	0	5
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	186	3.7	1.1	0	5
פליטות גרם לליטר מתוקנן משווק	190	1,146	218	821	2,308
ממוצע חלב לפרה, ליטר מתוקנן ביום	196	30.7	2.9	21.0	37.0
רווח תפעולי, EBITDA, אגורות לליטר מכסה	196	27.1	22.6	-29.8	79.5
עלות נטו, אגורות לליטר מתוקנן משווק	196	204.6	24.5	150.4	269.5
צריכת מזון של העדר, ק"ג ח"י לליטר מתוקנן משווק	196	0.979	0.09	0.79	1.36
צריכת מזון של העדר, ק"ג ח"י לק"ג פליטות	190	87.0	13.0	50.0	20.1
יחס חלבון יוצא לחלבון נכנס, באחוזים	196	24	3	15	41
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	196	3.4	1.0	1.2	7.3
השקעה במאזוררים, שקלים ל 1,000 ליטר מכסה	196	111	49	8	362
אחוז חריגה ממכסה: ליטר מתוקנן משווק / מכסה	196	0.89	7.45	-22	23

4.2 המשתנים התלויים

לצורך הניתוח הכלכלי-סביבתי, כמשתנים התלויים נבחרו אלה שמשקפים את הביצועים הכלכליים של הרפת ואת השפעתה הסביבתית. הרווח מוצג ביחס לליטר מכסה, שכן הנחת העבודה שהמכסה היא נתון חיצוני המוכתב לרפתנים, אינו ניתן למניפולציה במהלך השנה, ומהווה משאב במחסור שביחס אליו מנסים להפיק את המירב. לעומת זאת נתוני עלות היצור, צריכת המזון והפגיעה בסביבה מוצגים ביחס לכמות הליטרים המתוקננים ששווקו על ידי הרפתות. אלה המשתנים המוסברים:

- רווח תפעולי לפני פחת ומימון, בממוצע לליטר מכסה.
- עלות נטו, בממוצע לליטר מתוקנן משווק.
- פליטות בממוצע לליטר מתוקנן משווק, מבוסס על נתוני הפליטות כפי שחושבו, כמפורט בפרק ניתוח מחזור חיים.
- ניצולת מזון מחושבת לפי צריכת מזון של כל העדר בממוצע לליטר.
- תנובת פרות: ליטר מתוקנן בממוצע לפרה ביום.
- שיעור החריגה של הרפת ביחס למכסה.

4.3 המשתנים המסבירים

כמשתנים מסבירים נבחרו כאלה שניתן לייחס להם אקסוגניות, כמוצג בטבלה 4.

טבלה 4: הנחת עבודה בדבר אקסוגניות המשתנים המסבירים

משתנה מסביר	הסבר הנחת האקסוגניות
מכסה, אלפי ליטר	נתון קיים שאינו בשליטת הרפתנים
שעות עומס חום בשנה, מעל 75	אינו בשליטת הרפתנים
קיטור של מרכז מזון עצמאי	הקמת מרכז מזון היא השקעה גדולה. זה נתון שאינו בשליטת המיידית של הרפתנים
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	השקעה בסככות היא חד פעמית, ואינה בשליטת מיידית של הרפתנים
השקעה במאוררים	השקעה שאינה בשליטת מיידית של הרפתנים
שנות ותק של הרפתנים	נתון שאינו בשליטת הרפתנים במהלך השנה
מידת ההתייעלות של הרפתנים	מאפיין של הרפתנים, המבוסס על דיווחי הרפתנים בדבר דפוסי התנהגותם

5 ניתוח הגורמים המשפיעים על רווחיות הרפת והשפעתה הסביבתית

בסיס הנתונים נחקר באמצעות רגרסיות פאנל מסוג השפעות רנדומליות באמצעות פרוצדורת הנראות המקסימאלית (random effect, mle). הרגרסיות והממצאים מופיעים בפירוט בנספח (פרק 11).

ראשית נבחן הקשר בין פליטות לבין צריכת מזון. נמצא שהקשר מובהק ברמה של 0.01, ולפיו תוספת של גרם אחד של חומר יבש בצריכת המזון לליטר מתוקן משווק גורמת לעלייה של 0.89 גרם פליטות. קשר זה נותן למעשה ביטוי לאופן בו חושבו הפליטות על ידינו, כאשר 97% מהפליטות נגרמות למעשה במישרין או בעקיפין מצריכת מזון. על פי חישובים אלו, צריכת המזון הממוצעת לליטר מהווה נתון המשקף את הנזק הסביבתי של הרפת.

ערכנו שני סטים של רגרסיות לבחינת הגורמים המשפיעים על כל אחד מהמשתנים התלויים. הסיבה לכך היא שיש בידנו נתונים רק לגבי 84 רפתות בכל הקשור למאפייני הניהול, בשעה שהמדגם כולו הוא של 98 רפתות. הרגרסיה הראשונה נערכה ללא נתוני מאפייני המנהלים וכללה את המדגם המלא, והרגרסיה השנייה כללה את מאפייני הניהול אך נערכה על 84 רפתות בלבד. ריכוז הממצאים מוצג בטבלה 5, והפירוט נמצא בנספח. להלן פרשנות הממצאים.

משתנה תלוי: רווח תפעולי לפני פחת ומימון, אגורות לליטר מכסה: הרווח הממוצע במדגם עמד על 27.1 אגורות לליטר מכסה. הנחת העבודה היא שהמשאב הבסיסי של הרפתנים הוא המכסה, והם פועלים למיקסום הרווח על משאב זה. בהתייחס למכסה, השפעתה הכוללת באמצעות איבר ליניארי ואיבר ריבועי, כאשר זה האחרון מאפשר בחינה של ההשפעה השולית של גודל המכסה. נמצא שככל שמכסת הרפת גדולה יותר, ניתן לצפות לרווח גדול יותר. השיפור הממוצע הוא כ-13.8 אגורות לליטר מכסה לכל תוספת של מיליון ליטר מכסה. התרומה השולית של הגודל פוחתת, וכאשר המכסה גדולה מ-7.5 מיליון ליטר, מתהפך הסימן ואין תוספת רווח ממוצע לליטר מכסה כתוצאה מהגדלתה. עומס החום, לפי ממצאי הרגרסיה, פוגע ברווחיות. תוספת 100 שעות עומס חום מורידה בממוצע את הרווח על ליטר מכסה ב-0.63 אגורות. אשר למאפייני הניהול, נמצא שיש קשר חיובי בין התייעלות עם הדרכה מוסדית לבין הגדלת הרווח. לשאר המשתנים המסבירים לא נמצאה השפעה מובהקת סטטיסטית.

משתנה תלוי: עלות נטו ביצור חלב, אגורות לליטר מתוקן משווק: עלות נטו ממוצעת עמדה על 2.04 שקלים לליטר מתוקן משווק. נמצא קשר שלילי בין גודל המכסה לבין עלות היצור. נמצאה ירידה של עלות היצור של כ-15 אגורות לליטר מתוקן משווק בממוצע בכל עלייה של 1 מיליון ליטר מכסה. גם במקרה זה נמצא שהתועלת השולית פוחתת והסימן מתהפך סביב 7.5 מיליון ליטר. תוספת 100 שעות עומס חום שנתיות מעלה את עלות היצור בממוצע ב-0.68 אגורות לליטר. גם שטח הסככות נמצא קשור לעלייה בעלויות היצור. בממוצע הקיטור הרפתנים 3,400 מ"ר סככות לכל מיליון ליטר מכסה. תוספת של 100 מ"ר לכל מיליון ליטר מכסה מעלה את עלויות היצור בממוצע ב-0.36 אגורות לליטר משווק.

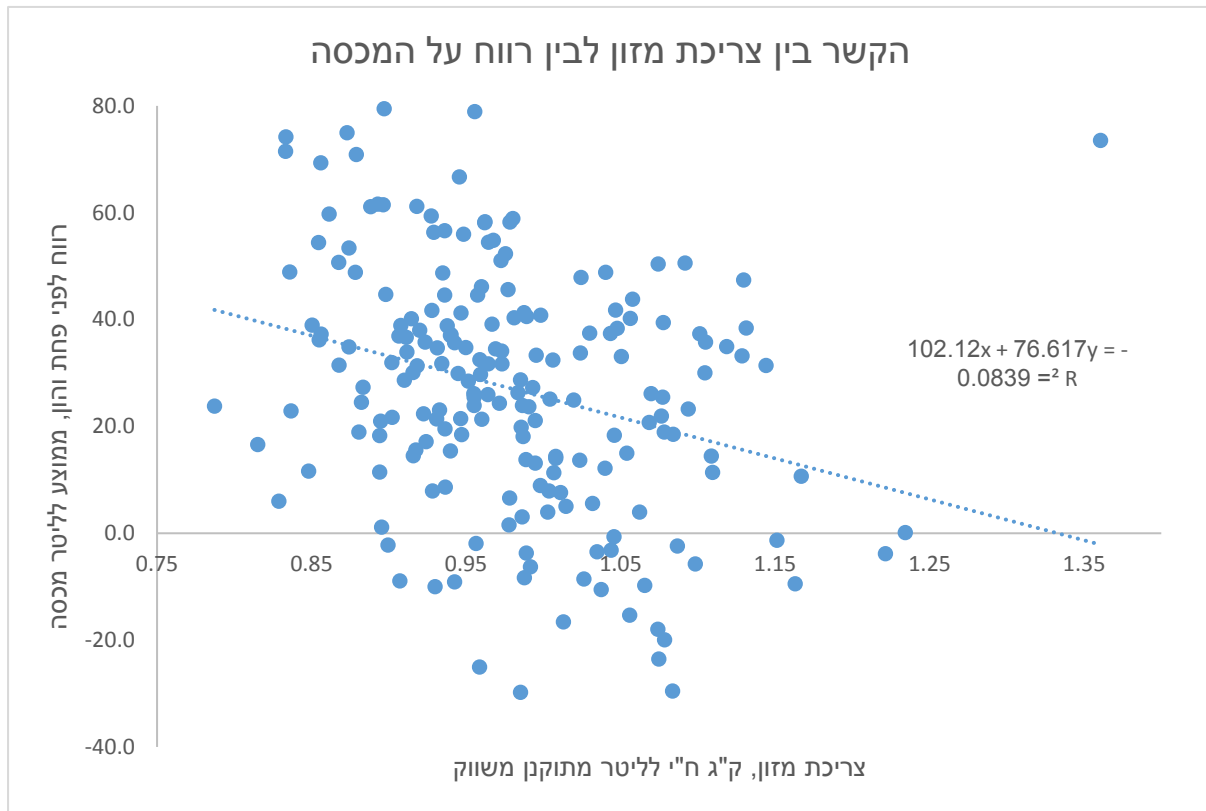
משתנה תלוי: צריכת מזון של העדר, ק"ג חיי לליטר מתוקן משווק: צריכת המזון הממוצעת של כל העדר היא 979 גרם חומר יבש לכל ליטר מתוקן משווק. נמצא קשר שלילי בין גודל המכסה לבין צריכת המזון. עליה של 1 מיליון ליטר מכסה מפחיתה בממוצע את צריכת המזון ב 17 גרם לליטר מתוקן משווק. תוספת של 100 שעות עומס חום שנתיות מעלה את צריכת המזון ב 2.7 גרם לליטר. קיומו של מרכז מזון עצמאי ברפת מעלה את צריכת המזון ב 35.8 גרם לליטר מתוקן משווק.

משתנה תלוי פליטות, גרם לליטר מתוקן משווק: ממוצע הפליטות עמד על 1.15 ק"ג לכל ליטר מתוקן משווק. נמצא כי תוספת 100 שעות עומס חום בשנה העלתה את הפליטות בממוצע ב 7.2 גרם לליטר. נמצא כי שנות ניסיון של הרפתנים והתייעצות עם קולגות קשורים להפחתה בפליטת גזי חממה.

משתנה תלוי ממוצע תנובת חלב לפרה, ליטר מתוקן ביום: ממוצע תנובת החלב במדגם עמד על 30.7 ליטר מתוקן משווק ביום. נמצא קשר חיובי בין גודל המכסה לבין תנובת הפרות. תוספת של מיליון ליטר מכסה קשורה לעליה ממוצעת של 1.3 ליטר בתנובה היומית של הפרות. התפוקה השולית פוחתת והסימן מתהפך סביב מכסה של 9 מיליון ליטר. לעומת זאת, עליה של 100 שעות בעומס החום קשורה לירידה ממוצעת של תנובת הפרות ב 0.19 ליטר ליום.

משתנה תלוי אחוז החריגה מהמכסה: אחוז החריגה הממוצע במדגם עמד על 0.89%. חריגה ביצור מעל המכסה מעידה על החלטה מודעת של הרפתנים להרחיב את היצור גם בידעה שהפדיון על הליטר השולי יהיה נמוך יותר מליטר המיוצר במסגרת המכסה. מנגד חריגה כלפי מטה עשויה לשקף, מלבד החלטה ניהולית, גם תקלה ביצור או ניהול גרוע. נמצא קשר חיובי בין גודל המכסה לבין גובה החריגה. תוספת של מיליון ליטר מכסה קשורה לעליה ממוצעת של 1.9% בגובה החריגה. השינוי השולי מתמתן, והסימן מתהפך סביב מכסה של 7.5 מיליון ליטר. מנגד, תוספת 100 שעות של עומס חום בשנה קשורה לירידה ממוצעת בחריגה של 0.4%. שנות ותק של מנהליות הרפתות ומידת התייעצותם עם הדרכה מוסדית נמצאו קשורים באופן חיובי לעליה בשיעור החריגה ממכסה.

הקשר בין רווח לבין צריכת מזון: נוכח הממצאים, נבדק הקשר (דהינו, הקורלציה) בין צריכת מזון ממוצעת לליטר מתוקן משווק לבין הרווח שהרפת מניבה ביחס לליטר מכסה. נמצא ברמת מובהקות של 0.01 כי עליה של 100 גרם בצריכת מזון בממוצע לליטר משווק, קשורה לפגיעה של 0.78 אגורות ברווח לליטר מכסה. הגרף הבא מציג בציר ה Y את הרווח הממוצע לליטר מכסה ובציר ה X את צריכת המזון של העדר בממוצע לליטר מתוקן משווק. המשמעות של קשר זה היא שממשק הרפת הישראלית מציג שילוב אינטרסים בין האינטרס הסביבתי לבין הרווחיות, שכן גם האינטרס הכלכלי וגם האינטרס הסביבתי תומכים בצמצום צריכת המזון ביצור החלב.



6 ניתוח ספר היעילות

בסיס הנתונים נותח במתודולוגיה של ספר היעילות, Frontier Analysis: לאחר שאמדנו את מקדמי היעילות של הרפתות ביחס לרווחיות וביחס לגרימת נזק לסביבה, ניסינו לאמוד את היעילות המירבית שניתן להגיע אליה, ולבחון עבור כל רפת מקדם יעילות המבטא את המידה בה ניתן לשפר את ביצועי הרפת בהינתן התנאים בה היא פועלת. נערכו ניתוחי ספר יעילות במגוון אופנים, ולבסוף בחרנו להציג ניתוח זה עבור הפאנל. אמנם הניתוחים לא העלו ממצאים מובהקים סטטיסטית, אך מוצגים כאן לדיון. תוצאות הניתוחים מוצגות בנספח בפרק 11.

ניתוח ספר היעילות של הפאנל מצריך יישום על נתונים המוצגים כלוגריתם הטבעי (ln) של הנתונים המקוריים. מוצגים כאן ממצאי ניתוח של שלושה נתונים תלויים: עלות נטו ביצור ליטר מתוקן משווק, צריכת המזון בממוצע לליטר מתוקן משווק, פליטות גזי חממה בממוצע לליטר מתוקן משווק (לא ניתן היה לכלול כמשתנה תלוי את הרווחיות, שכן לרווח שלילי לא ניתן לחשב לוגריתם). כמשתנים מסבירים נכללו גודל המכסה, שעות שנתיות של עומס חום, ושטח הסככות. ואלה תוצאות ניתוח ספר היעילות.

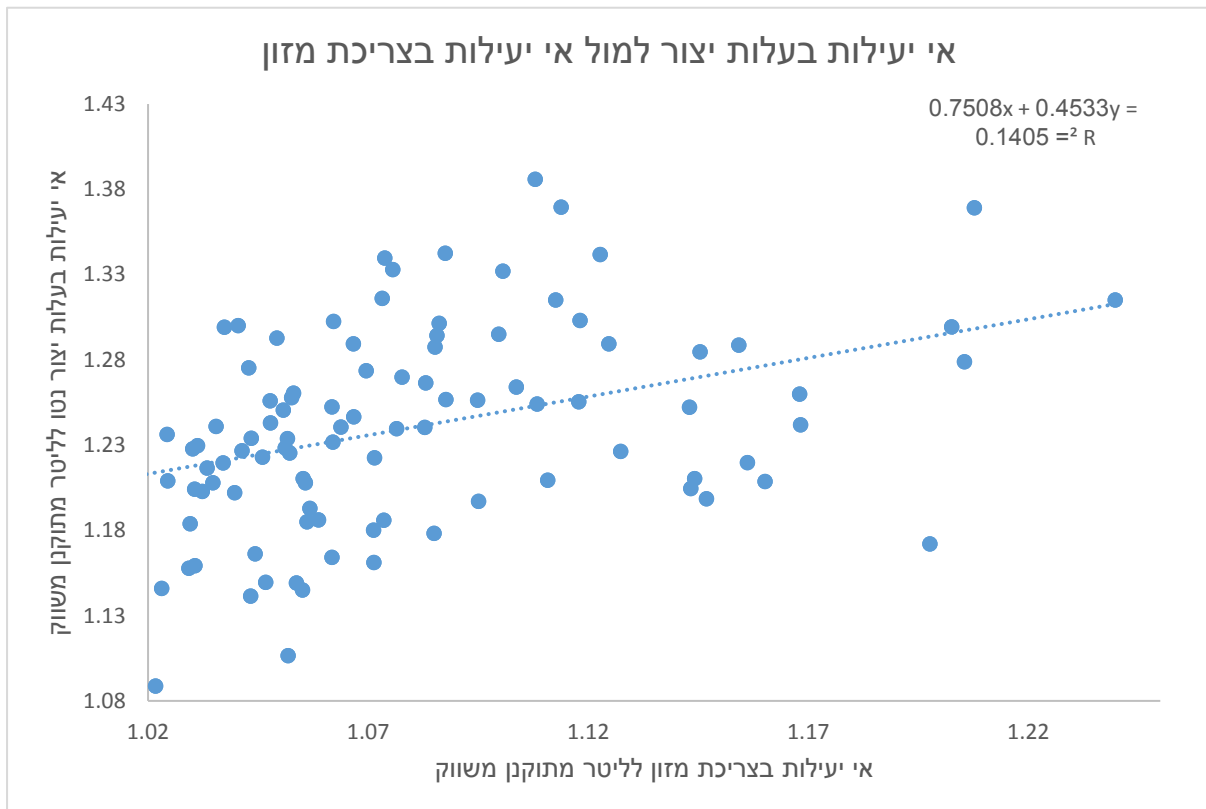
טבלה 5 מציגה את מידת חוסר היעילות ביצור חלב. בממוצע עלות היצור גבוהה פי 1.24 מהאופטימום (דהינו, מספר היעילות). הרפת הקרובה ביותר ליעילות עומדת על חריגה של פי 1.09 והגרועה ביותר חורגת פי 1.39. חוסר היעילות הממוצעת בצריכת מזון עומדת על צריכה עודפת של פי 1.08. הרפת היעילה ביותר חורגת פי 1.01 מיצור אופטימלי, והרפת הבזבזנית ביותר חורגת פי 1.24. מבחינת פליטות, חוסר היעילות הממוצע עומד על פי 1.21. הטווח נע בין 1.03 לבין 1.95.

טבלה 5: תיאור אומדן חוסר היעילות ביצור חלב

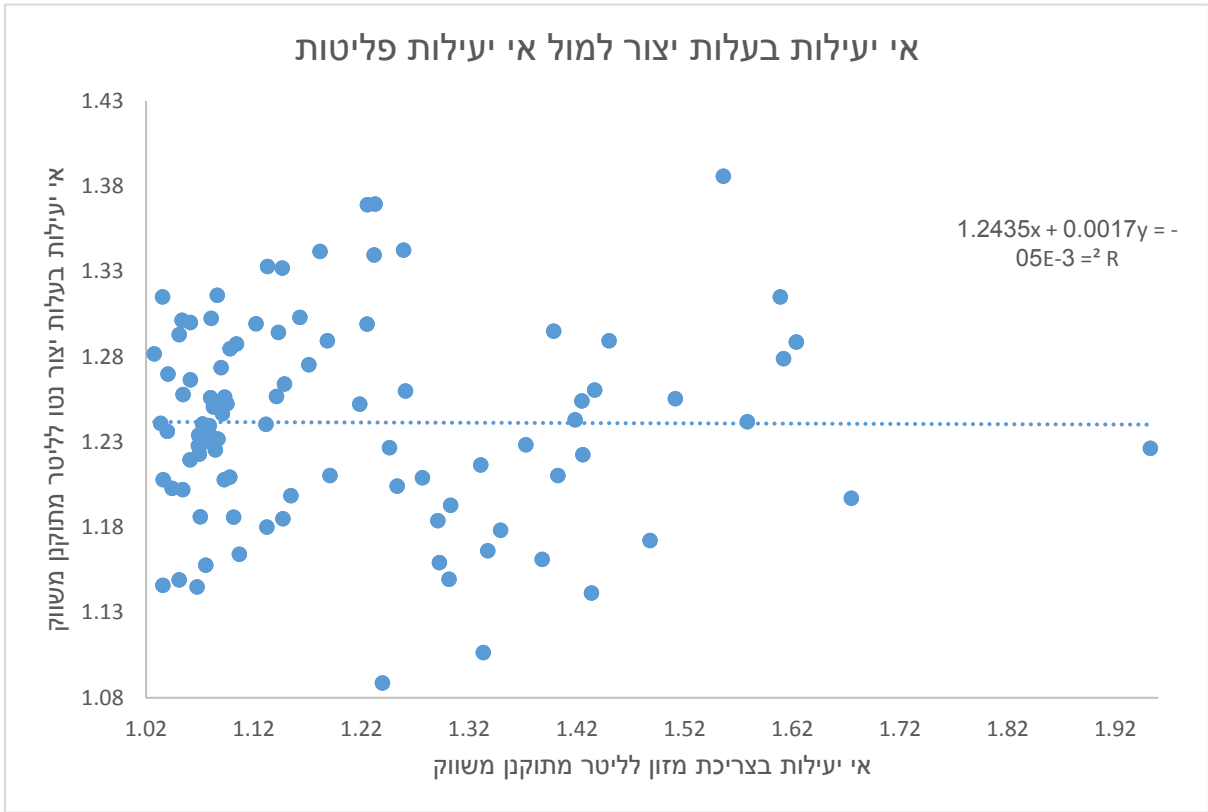
Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
אי יעילות : עלות נטו ביצור חלב	196.00	1.24	0.06	1.09	1.39
אי יעילות : צריכת מזון ביצור חלב	196.00	1.08	0.05	1.01	1.24
אי יעילות : פליטת גזי חממה ביצור חלב	190.00	1.21	0.18	1.03	1.95

כאשר בודקים את הקשר בין מרכיבי האי-יעילות עולים הקשרים הבאים. קיים קשר מובהק חיובי בין חוסר יעילות בעלות היצור לבין חוסר יעילות בצריכת מזון. לא נמצא קשר מובהק בין חוסר יעילות בעלות היצור לבין חוסר יעילות בפליטת גזי חממה (כפי שחושבו הפליטות כאן). כצפוי, בין חוסר יעילות פליטות לבין חוסר יעילות בצריכת מזון נמצא קשר מובהק. הקשרים האלה מוצגים בפירוט בנספח 11; כאן מוצג היצוג הגרפי שלהם.

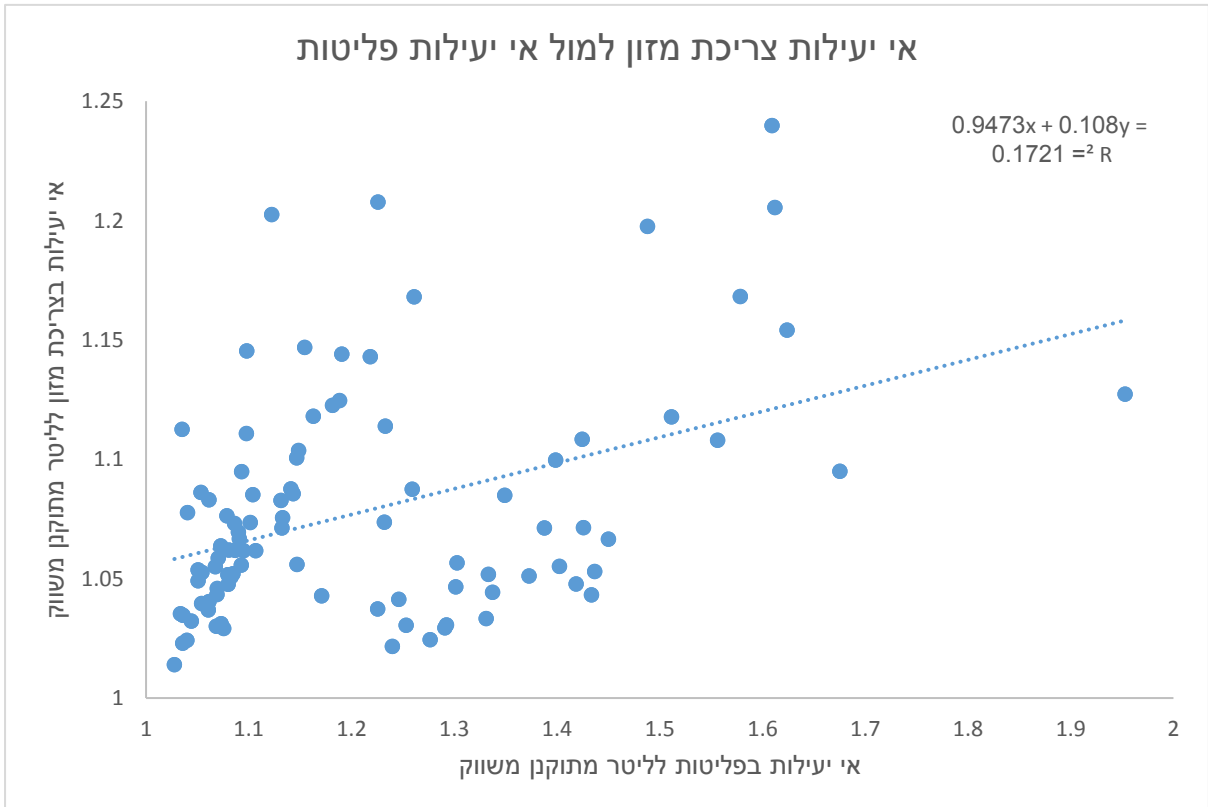
איור 8: הקשר בין אי יעילות בעלות יצור לבין אי יעילות בצריכת מזון



איור 9: הקשר בין אי יעילות בעלות יצור לבין אי יעילות בפליטות גזי חממה



איור 10: הקשר בין אי יעילות בצריכת מזון לבין אי יעילות בפליטות גזי חממה



בעבודה זו התמקדנו בנתוני 98 רפתות שיש לגביהן תצפיות בשנים 2017 ו 2019. נבחנו משתנים מסבירים אקסוגניים למספר משתנים תלויים ובהם: פליטת גזי חממה, רווחיות ביצור חלב, עלות יצור חלב, ניצולת מזון, תנובת הפרות. הניתוח נעשה באמצעות פרוצדורת אמידה של נתוני פאנל לשתי התקופות, random effect, mle, לבחינת מספר קשרים טכנולוגיים וכלכליים. כן נערך ניתוח ספר היעילות לבחינה עד כמה הרפתות במדגם קרובות לאופטימום יעילות יצור בהינתן התנאים בהן פועלת כל אחת מהן. נציג כאן את ההשפעה שיש לכל אחד מהמשתנים המסבירים על תוצאות הרפתות. הממצאים מוצגים באופן מרוכז בטבלה 6.

השפעת גודל מכסה על ביצועי הרפת: נמצא שככל שמכסת הרפת גדולה יותר, ניתן לצפות לרווח גדול יותר, ובהתאמה עלות יצור נמוכה יותר. התרומה השולית של הגודל פוחתת, וכאשר המכסה גדולה מ 7.5 מיליון ליטר, מתהפך הסימן ואין תוספת רווח ממוצע לליטר מכסה, כתוצאה מהגדלתה. תנובת הפרות קשורה גם היא לגודל המכסה, וגם ממצא זה מציג תפוקה שולית פוחתת והסימן מתהפך לשלילי לאחר 9 מיליון ליטר מכסה. נמצא קשר שלילי בין גודל המכסה לבין צריכת המזון, וקשר חיובי בין גודל המכסה לבין גובה החריגה ביצור מעבר למכסה. מסקנה: יש מתאם בין גודל הרפת לבין נכונות הרפתנים לחרוג מהמכסה, ולבין ביצועים כלכליים משופרים ונזק מופחת לסביבה.

השפעת עומס חום על ביצועי הרפת: נמצא קשר שלילי בין עומס חום לבין גובה החריגה של הרפת ביחס למכסת היצור. נראה שרפתנים באזורים חמים נוטים פחות להרחיב את נפח הפעילות אל מעבר למכסה. הפער בין הרפת החמה ביותר שנדגמה בסקר לבין זו הקרה ביותר עמד על כ 3,100 שעות שנתיות בהן עומס החום היה גבוה מ THI 75. לפי ממצאי הרגרסיה, לרפת הקרה ביותר יש סבירות של יצור עודף גבוה ב 12.4% (אחוז מהמכסה) לעומת רמת היצור העודף של הרפת החמה ביותר. הרגרסיה מראה שתנובת הפרות ברפת החמה ביותר נמוכה ב 5.9 ליטר מתוקן ביום לעומת הקרה ביותר.

בהתאם נמצא קשר בין עומס חום לבין פגיעה ברווחיות הממוצעת לליטר מכסה, שהרי במקומות החמים תנובת הפרות פוחתת. בממוצע לרפת הקרה ביותר יש נקודת פתיחה טובה יותר של 19.5 אגורות רווח לליטר מכסה על פני הרפת החמה ביותר. גם ניצולת המזון נפגעת בחום, והרפת החמה ביותר צורכת 84 גרם יותר לכל ליטר מתוקן משווק בהשוואה לרפת הקרה ביותר. זו תוצאה משמעותית מבחינת הנזק הסביבתי. מדובר ב 8.5% הבדל בצריכת המזון בין הרפתות הנמצאות בקצוות. נמצאה גם עליה בפליטות בממוצע לליטר מתוקן משווק, והוא נובע גם מהאופן בו חישבנו פליטות, שחלקן העיקרי קשור בצריכת המזון. הרפת החמה ביותר פולטת בממוצע 223 גרם יותר לליטר מתוקן משווק מאשר הרפת הקרה ביותר. מכל אלה עולה שעומס חום פוגע בביצועי הרפת בכמה מישורים, מזיק לרווחיות ובה בעת מגביר את הנזק הסביבתי של הרפתות.

אמצעי התגוננות בפני שינוי אקלים: בעבודה נבדק גם הקשר בין עומס חום לבין השקעה באמצעי התגוננות. הרגרסיה מוצגת בנספח 11. ההשקעה הממוצעת במאווררים עומדת של 111,000 שקלים לכל מיליון ליטר מכסה. בניתוח נמצא שתוספת 100 שעות חום מעלה את ההשקעה ב 2,300 שקלים לכל מיליון ליטר מתוקן משווק. לפי ממצא זה, הרפת החמה ביותר בישראל משקיעה במאווררים 71,000 שקלים יותר למיליון ליטר מתוקן משווק לעומת הרפת הקרה ביותר. יש אמצעי התגוננות נוספים בהם נוקטים הרפתנים, אך אם נתמקד במאווררים אז מדובר בהשקעה של 7.1 אגורות לליטר גדולה יותר ברפת החמה לעומת הקרה. בחישוב של 10 שנות חיים למאוורר, ומחיר הון 6%, מדובר בהוצאה שוטפת נוספת של אגורה אחת לליטר ברפת החמה לעומת הקרה. למרות השקעה זו באמצעי מיגון, עדין נמצאו הבדלים ברווחיות לטובת הרפתות הקרות.

אשר להקמת סככות רביצה, בממוצע הקימו הרפתות 3,400 מ"ר סככות לכל מיליון ליטר מכסה. הניתוח מראה שתוספת 100 שעות עומס חום מורידה את שטח הסככות ב 48 מ"ר לכל מיליון ליטר מכסה. הרפת החמה ביותר בונה פחות כ 1,500 מ"ר סככות לכל מיליון ליטר, לעומת הרפת הקרה ביותר. כאשר בדקנו את השפעת החום על שטח הסככות בממוצע לליטר מיוצר, לא התקבלה מובהקות בתוצאה. הדבר מעיד על כך ששטח הסככות לא נתפס על ידי הרפתנים כאמצעי עיקרי להתגוננות מחום.

קינמו של מרכז מזון עצמאי : נמצא קשר חיובי בין יצור עצמי של מזון לבין הכמות הנאכלת. רפתות שיצרו מזון צרכו בממוצע 36 גרם יותר לליטר מתוקנן משווק, כלומר קרוב ל 4% צריכה מוגברת בממוצע לליטר. עולה השאלה האם קניית מזון מגורם חיצוני מיעלת את הצריכה הכוללת, ובכך עשויה לשפר את הרווחיות ולהועיל לסביבה.

מאפיינים של מנהליות הרפת : נמצא קשר בין ותק המנהלים/ות ומידת ההתייעצות שלהם עם הדרכה ממסדית לבין הגדלת החריגה ביצור לעומת המכסה, עליה ברווחיות לליטר מכסה וכן ירידה בפליטות הממוצעות לליטר מתוקנן משווק.

הקשר בין רווח לבין צריכת מזון : ניתוח ספר היעילות וניתוח הרגרסיות מצביעים על התאמה בין אופטימיזציה של היצור בכל הקשור לצריכת מזון לבין אופטימיזציה של עלות היצור. מאלה עולה שממשק הרפת הישראלית מציג שילוב אינטרסים בין האינטרס הסביבתי לבין הרווחיות, שכן גם האינטרס הכלכלי וגם האינטרס הסביבתי תומכים בצימצום צריכת המזון ביצור החלב.

טבלה 6: תימצות ממצאי הרגרסיות (1) (2)

משתנה מסביר	רווח לליטר מכסה	עלות נטו ליטר מתוקנן משווק	פליטות לליטר מתוקנן משווק	צריכת מזון לליטר מתוקנן משווק	תנובת חלב ליטר מתוקנן משווק	יצור חורג מהמכסה
גודל המכסה	*** ↑	*** ↓		* ↓	*** ↑	*** ↑
מכסה בריבוע	*** ↓	*** ↑			*** ↓	*** ↓
עומס חום	*** ↓	* ↑	** ↑	* ↑	*** ↓	*** ↓
יש מרמ"ז עצמאי				*** ↑		
ותק המנהל/ת			** ↓			** ↑
הסתייעות בהדרכה	** ↑					*** ↑
הסתייעות בקולגות			* ↓			
שטח סככות		*** ↑				

(1) כאשר לא נמצא קשר מובהק בין המשתנה המסביר למוסבר, נותרה המשבצת ריקה

(2) *** מובהקות ברמת מובהקות של 0.01, ** מובהקות ברמת של 0.05, * מובהקות ברמה של 0.1.

8 מסקנות והמלצות

בעבודה נמצא קשר חיובי הדוק בין ניצולת המזון ביצור חלב לבין רווחיות הענף. המשמעות היא שממשק הרפת הישראלית מציג שילוב אינטרסים בין האינטרס הסביבתי לבין הרווחיות, שכן האינטרס הסביבתי והכלכלי הוא צימצום צריכת המזון ביצור החלב. אולם מן הממצאים עולה שניתן לנקוט פעולות נוספות, בתוך מסגרת ממשק הרפת בישראל, כדי לשפר את הרווחיות ולצמצם את הפגיעה הסביבתית, ואלה חלקן :

- מבחינה סביבתית עולה יתרון ברור לרפתות המצויות באזורים בהם עומס החום קטן. מדיניות פריסת הרפתות על פני הארץ קשורה בשיקולים מגוונים, ונראה שעומס החום אינו אחד מהם.
- נמצא שרפתות גדולות יותר מציגות תוצאות כלכליות ותוצאות סביבתיות טובות יותר.
- נראה לכאורה שרפתות המייצרות בעצמן את המזון לוקות בניצולת פחות טובה שלו. ניתן לבחון כיצד לרסן את צריכת המזון ברפתות המייצרות בעצמן את המזון. כדי להציע מדיניות בנושא זה, יש צורך ללמוד את הסיבות הגורמות לצריכה עודפת ברפתות אלה.

- מחקרים מראים שיש פער של מעל 20% בצריכת המזון בין פרות באותו עדר (ראה מחקר מ 2017 של בן מאיר וחבריו, שנערך במימון קרן המחקר של מועצת החלב). כיום מאכילים את הרפתות לפי אומדני ממוצעים של צרכי הפרות. האכלה אינדיבידואלית יכולה להניב חיסכון משמעותי בעלויות וצימצום בפגיעה הסביבתית.
- כאשר רפתנים מגדירים מטרות לטיפול העדר, הם בוחנים מספר שיקולים, ובדרך כלל בראש הרשימה עומדת תנובת הפרות. אולם הן האינטרס הסביבתי והן הכלכלי תומכים בטיפול עדר במטרה לשפר את ניצולת המזון.
- יש לבחון הכללת רכיבי מזון המצמצמים את פליטת גזי החממה בעת העיכול ובעת הטיפול בפרש ואת השפעתם על תנובת החלב.
- תמריצים מתאימים יעודדו התאמה של רכיבי המזון הנצרכים לצימצום הפגיעה הסביבתית המתרחשת בתהליך יצורם, ולא רק למחיר אופטימלי שלהם כחומר גלם, כפי שנעשה היום.
- יש לבחון האם ניתנים כיום למנהלי ומנהלות הרפתות תמריצים המכוונים לשיפור ניצולת המזון. לכאורה לא נמצאו תמריצים ישירים כאלה בסט התמריצים הקיים. הנה לדוגמא מגוון תמריצים שקיימים כיום בענף:

- שומן, חלבון, חלב קיץ
- פרסים על תאים סומטיים ועל חיידקים. הפרס נע בין 0.75% ל 1.25%
- כשרויות מהדרין, בד"צ, ואחר - מוערך בעוד אגורה וחצי לליטר
- פרסי המחלבה: מדרגים לפי פרמטרים ואם עומדים בתנאי סף מקבלים תגמול מוגדל
- אחסון החלב – חדר ייעודי רק למכל חלב, סגור ומובטח, ללא מפגעים, מוגן נגד בעלי חיים, מוגן נגד גנבות, רשם טמפרטורה שמבקר ומתריע על תקינות קירור החלב
- היגיינה ותברואה - קירות ורצפה רחיצים, סילוק מפגעים, ניקיון כללי, סילוק בעלי חיים משוטטים
- החזקה – החזקה מונעת, בקרה תקופתית של מכון החליבה
- בריאות העדר – חיסונים, בקרה, רישומים, נוהלי שימוש בתרופות
- ממשק חליבה – נוהלים קפדניים על חליבת חלב חריג
- מספוא לבעל חיים – מבוקרים ללא חומרים מזהמים
- מוצע לייצר סדרת נתוני השפעה על הסביבה, וליצור מנגנון תמרוץ כספי לרפתות לפי עמידה ביעדים שיוצגו. בראש המדדים: ניצולת מזון גבוהה של העדר, חלבון יוצא למול חלבון נכנס, תמהיל הזנה מועדף.

סוגיות להמשך מחקר

- מוצע להשתמש במקורות מידע נוספים שיש במועצת החלב בדבר הביצועים הטכנו-כלכליים של רפתות לאורך שנים, כדי להקים פאנל גדול יותר של ממצאים, ואז לערוך ניתוח ספר יעילות על בסיס סט נתונים גדול. מחקר זה מיקד את הנתונים שיש לבדוק, וכך יהיה קל יותר להעמיק את העבודה באמצעות הגדלת בסיס הנתונים.
- מוצע להעמיק את לימוד השפעת החום על הביצועים הסביבתיים של הרפתות.
- יש להבין מה הם הגורמים להגברת צריכת המזון ברפתות בעלות מרכז מזון עצמאי.
- מוצע לבחון עלות מול תועלת של השקעה מוגברת באמצעי התגוננות מחום, כדי לצמצם את הנזק הסביבתי של הרפתות.

סיכום פליטות לאורך מחזור החיים של יחידת חלב במחקרים שונים שנערכו ברחבי העולם:

Reference	Location and study systems	System boundary	FU	GWP (kg CO ₂ -eq)
Hospido et al. (2003)	Spain 2 farms (50-60 cows each) and 2 dairies. Over a year	Cradle to dairy gate	L package of milk	Total: 1.05 Milk production: 0.84
Cederberg & Flysjö (2004)	South-western Sweden 23 dairy farms, 9 Conventional-high production. 8 conventional-medium production. 6 organic. Over a year	Cradle to farm gate	Kg ECM	CH: 0.89
Casey & Holden (2005)	Ireland Average Irish dairy unit (100 cows) Data of 5 years	Cradle to farm gate	Kg ECM	Milk-meat allocation: Without allocation: 1.5 Economic allocation: 1.3
Thomassen, et al. (2008)	Netherlands 21 dairy farms, 10 con, 11 organic. Over a year	Cradle to farm gate	Kg FPCM	C: 1.4 O: 1.5
van der Werf et al. (2009)	France 47 dairy farms, 41 con, 6 organic. Over a year	Cradle to farm gate	Kg FPCM	C: 1.037 O: 1.082
Arsenault et al. (2009)	Canada Model of 2 typical dairy farms Pasture-based and confinement-based. Over a year	Cradle to farm gate	Kg unprocessed milk	P: 0.988 C: 0.974
Basset-Mens et al. (2009)	New-Zealand Typical dairy farm (315 cows) and 3 intensification systems: LI (low-input, pasture only), NF (N-fertilized), NFMS (N-fertilized and maize silage), Over a year	Cradle to farm gate	Kg milk (kg FPCM)	Av: 0.933 (0.856) LI: 0.646 NF: 0.762 NFMS: 0.754
FAO (2010)	World dairy sector Based on FAO and UN reports and peer-reviewed journals.	Cradle to retail	Kg FPCM	Total world dairy sector: 2.4 Cradle to farm-gate: 2.2 Farm-gate to retail: 0.2 Grassland based systems: 2.72 Mixed systems: 1.78
Henriksson et al. 2011	Sweden 1051 dairy farms	Cradle to farm gate	Kg ECM	Min.0.94 Max 1.33
Hagemann, et al.(2011); Hagemann, et al.(2012)	117 modelled typical dairy farm at 38 countries	Cradle to farm gate	Kg ECM	1.5 European countries: 1.22 Israel: 0.88
Weiss & Leip (2012)	27 EU countries	Cradle to farm gate	Kg row milk	1.3-1.7
O'Brien et al. (2012)	Ireland 2 dairy farm, 1 confined 1 pasture, Over a year	Cradle to farm gate	Kg FPCM	C: 1.0274 P: 0.8743
Thoma et al. (2013a)	United states 536 dairy farms and 50 dairy plants Over a year	Cradle to grave	Kg milk consumed	2.05
Thoma et al. (2013b)	United states 536 dairy farms (Small: <100 cows Medium: 100-500 cows Large: >500 cows)	Cradle to farm gate	Kg FPCM	1.23 small farm: 1.3 medium farm: 1.15 large farm: 1.25
Roer et al. (2013)	Norway Models of 3 typical farm (av. 20 cows) at 3 regions in Norway	Cradle to farm gate	Kg ECM	C: 1.59 CSE: 1.54 SW: 1.47

Yan et al. (2013)	Ireland 18 dairy farms (8-154 cows) Over a year	Cradle to farm gate	Kg ECM	1.23
Schoeneboom et al. (2014)	France 1 experimental dairy farm (120 cows), Comparison between Previous diet (PD) and Current diet (CD), Over a year	Cradle to farm gate	Kg FPCM	PD: 1.268 CD: 1.198
Daneshi et al. (2014)	Iran 7 dairy farms (25-1026 cows)	Cradle to dairy plant (include processing milk)	One litter of pasteurized milk packaged. At farm gate kg FPCM	L pasteurized milk: 1.73 Kg FPCM at farm gate: 1.57
Alqaisi et al. (2014)	Jorden 9 dairy farms	Cradle to farm gate	Kg ECM	Ave. 1.235 0.9-1.88
Gollnow et al. 2014	Australia 139 dairy farms Over a year	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.11
O'Brien et al. 2015	Ireland 221 dairy farms	Cradle to farm gate	kg FPCM	Avg. 1.20 Min 0.60 Max 2.13
Baldini et al. (2017)	Systematic review of LCA applied to milk production		Here result only for kg FPCM	Ave.: 1.125 Range: 0.65-1.65
Morais et al. (2018)	Portugal (Azores) 25 dairy farms	Cradle to farm gate	kg FPCM	0.89
Wang et al. (2018)	China (North China Plain) 25 dairy farms	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.34
Ledgard et al. (2019)	China and New-Zealand 3 dairy farm each	Cradle to farm gate	kg FPCM	China: 1.176 New-Zealand: 0.733
Jayasundara et al. (2019)	Canada 142 dairy farms Over 3 years	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.015
Pirlo & Lolli (2019)	Italy 14 dairy farm 6 con. 8 organic	Cradle to farm gate	kg FPCM	C: 1.24 O: 1.37
Wang et al. (2019)	China (south-east) 36 dairy farms	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.127
Baldini et al. (2020)	Italy 11 dairy farms	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.25
Rotz et al. (2020)	Pennsylvania 58 dairy farm.	Cradle to farm gate	kg FPCM	0.99±0.09
Berton et al. (2020)	Italy 37 dairy farms, Over a year	Cradle to farm gate	kg FPCM	1.02±0.26
Gislon et al. (2020)	Italy 46 dairy farms, 10 conventional corn	Cradle to farm gate	kg FPCM	Ave. 1.37 CONV: 1.37 MIXED: 1.36 HQFS: 1.18 WICE: 1.44 PR-DRY: 1.36 PR-FRESH: 1.51
Ledgard et al. (2020)	New-Zealand Commercial dairy farm of Fonterra company Over 8 years	Cradle to farm gate	kg FPCM	0.778
Sabia et al. (2020)	Italy 44 dairy farms Over a year	Cradle to farm gate	kg FPCM	Ave: 1.335 Range: 1.14-1.55

מצאי מגוון נתונים (LCI) בהם נעשה שימוש במחקר זה:

נתונים ישירים ממרכז מזון אזורי וממתקני טיפול בזבל.

מקור	צריכת סולר (L)	צריכת חשמל (kWh)	קרקע (m ²)	ליחידה	
(י' עופר, ראיון אישי, 26 יולי, 2016)	0.0003	3	1.62	טון בליל	מרכז מזון אזורי
(מתקן קומפוסט, 2016)	1.16		0.67	קוי"ב זבל נכנס	ממוסק זבל: מתקן קומפוסט
(משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015)			0.36	קוי"ב זבל נכנס	מטבי"ח

נתונים עקיפים למרכיבי המערכת השונים.

מקור	GWP (kg CO ₂ -eq)	ליחידה	
(EPA, 2016)	2.66	L	גידול מזון מקומי: סולר בשדה
צריכת אנרגיה (Opher & Friedler, 2016) שאר ההשפעות על בסיס צריכת החשמל בישראל	0.39	m ³	טיפול בקולחין
Ecoinvent)	4.57	kg	הפקת דשנים N
	2.025	kg	P
	0.5	kg	K
	16.67	kg	הפקת חומרי הדברה קוטלי מזיקים
	10.25	kg	קוטלי עשבים
	0.45	kg	מזון מרוכז
	0.01	tkm	הובלה ימית
(חברת החשמל, 2020)	0.45	kwh	הפקת חשמל
(המשרד להגנת הסביבה, 2014)	0.5	km	הובלה יבשתית

סיווג רכיבי המזון ומקורו

ישראל ; ארה"ב ; מזרח אירופה

מזון גס	מזון מרוכז	פסולת תעשייה (לוואי)*
חציר בוטנים	DDG	גזר
קש חיטה	DDGG	גלידה
קש חמניות	גלוטן פיד	גפת בירה
קש עגבניות	ג. כותנה אקלפי	גפת תירס
קש תירס	ג. כותנה פימה	זבל עופות
סיטריה	ג. חיטה	ירקות מילוטל
שחת אספסת	ג. שעורה לחוצה	לימונית
שחת אפונה	ג. תירס גרוס	לתת בירה
שחת דגן שחת תלתן	כ. חמניות	מאדר ליקר
שחת תלתן / בקיה	כ. לפתית	מולסה / פרמול
תחמיץ אספסת	כ. סויה	מי גבינה
תחמיץ חיטה	סובין	סוגוט / לבן מחלבות
תחמיץ סורגום	פימה+שיפון בחליפה	פסולת כותנה
תחמיץ ספילריה		קליפות הדר
תחמיץ תירס		קליפות סויה
		קש כותנה
		שאריות לחם
		שזרות תירס

* פסולת תעשייה – התייחסות רק למקורה ממפעלי תעשייה בארץ

Feed type	Kg CO2e/kg	Feed type	Kg CO2e/kg
Wheat grain	0.65	DDG	0.93
Barley	0.43	Sunflowers	0.31
Maize	0.47	Gluten feed	0.34
Oats	0.38	Turnip	0.58
Soy	0.46	Jojoba	0.31
Bran	0.25	Wheat silage	0.06
Peanuts, chickpea straw	0.01	Sorghum silage	0.03
Wheat straw	0.05	Clover straw	0.02
Maize hay	0.23	Alfalfa hay	0.01
Grain hay	0.13		

שיטת ה-IPCC והתורמים לפליטות.

מקדם	יחידה	ערך	מקור המקדמים	הערות / הסבר
<u>יישום דשנים בארץ¹</u>				
CO ₂	EF _{Urea}	0.2	IPCC 2006 tier 1	התנדפות CO ₂ לאחר יישום דשן אוראה.
פליטה ישירה של N ₂ O	EF ₁	0.01		מקדם פליטה (ישירה) ל-N ₂ O kg עבור דשן N שמיושמים בשדה.
פליטה עקיפה של N ₂ O	EF ₄	0.01		מקדם פליטה (עקיפה) ל-N ₂ O kg עבור דשן N שמיושמים בשדה, כתוצאה מהתנדפות ושקיעה אטמוספירית.
NH ₃	FracGASF	0.1		מקדם אובדן N כתוצאה מהתנדפות. kg NH ₃ ל-N kg מדשן המיושם בקרקע.
NO ₃	EF ₅	0.0075		מקדם פליטה (עקיפה) ל-N ₂ O kg עבור דשן N שמיושמים בשדה, כתוצאה מחלחול.
	FracLEACH	0.3		מקדם אובדן N כתוצאה מחלחול ונגר עילי. kg NO ₃ ל-N kg מדשן המיושם בקרקע.
NO _x	EF _{NOx}	0.026	Nemecek, 2013	מקדם אובדן N. kg NO _x ל-N kg מדשן המיושם בקרקע.
P	Kg P / dunam	0.175		כמות ממוצעת של אובדן P מנגר עילי, עבור שטח פתוח מעובד.
<u>תסיסת CH₄ ממערכת העיכול</u>				
ממשק זבל ² CH ₄	MCF	1-0.5		מקדם המרה ל-CH ₄ במערכת ממשק הזבל תלוי בטמפרטורה ובסוג ממשק זבל.
	קילטור מאצרה קומפוסט מטב"ח	5-4		
		1.5-1		
		10		
פליטה ישירה של N ₂ O	EF ₁	0	IPCC 2006 tier 1	
	קילטור מאצרה קומפוסט מטב"ח	0.005		
		0.1		
		0		
פליטה עקיפה של N ₂ O	EF ₄	0.01		מקדם פליטה (עקיפה) ל-N ₂ O kg כתוצאה מהתנדפות ושקיעה אטמוספירית.
				מקדם אחוז אובדן N בממשקי הזבל השונים כתוצאה מהתנדפות NH ₃ ו-N ₂ O.
	FracGIASM	7		
	קילטור מאצרה	45-30		

¹ על-מנת לוודא את ערכי המקדמים עבור פליטות גזי חממה, הם הושאו למקדמים בהם משתמשים בהלמ"ס לחישוב מצאי.

² ממשק זבל מרבץ : קילטור - daily spread ; ממשק זבל מדרכים : מאצרה - solid storage ; קומפוסט - intensive windrow - composting ; מטב"ח - anaerobic digester.

מקדם	יחידה	ערך המקדם	מקור המקדמים	הערות / הסבר
יישום דשנים בארץ:				
CO ₂	EF _{urea}	0.2	IPCC 2006 tier 1	התנדפות CO ₂ לאחר יישום דשן אוראה.
		$\frac{44}{12}$		קבוע המרה
		$kg\ CO_2 - C \leftarrow kg\ CO_2$		
N ₂ O		$\frac{44}{28}$		קבוע המרה
		$kg\ N_2O - N \leftarrow kg\ N_2O$		
פליטה ישירה של N ₂ O	EF ₁	0.01		מקדם פליטה (ישירה) ל-N ₂ O-kg עבור דשן N שמויזמים בשדה.
		$kg\ N_2O - N / kg\ N\ applied$		
פליטה עקיפה של N ₂ O	EF ₄	0.01		מקדם פליטה (עקיפה) ל-N ₂ O-kg עבור דשן N שמויזמים בשדה, כתוצאה מהתנדפות ושקיעה אטמוספירית.
		$kg\ N_2O - N / kg\ N\ applied$		
NH ₃	Frac _{gas}	0.1		מקדם אובדן N כתוצאה מחתנדפות NH ₃ -kg ל-N-kg מדשן המיוזם בקרקע.
		$kg\ NH_3 - N / kg\ N\ in\ fert$		
		$\frac{17}{14}$		קבוע המרה
		$kg\ NH_3 - N \leftarrow kg\ NH_3$		
NO ₂	EF ₅	0.0075		מקדם פליטה (עקיפה) ל-N ₂ O-kg עבור דשן N שמויזמים בשדה, כתוצאה מחלחול.
		$kg\ N_2O - N / kg\ N\ leached$		
		0.3		מקדם אובדן N כתוצאה מחלחול ונגר עילי. NO ₂ -kg →
		$kg\ NO_2 - N / kg\ N\ in\ fert$		
		$\frac{62}{14}$		קבוע המרה
		$kg\ NO_2 - N \leftarrow kg\ NO_2$		
NO _x	EF _{nox}	0.026	Nemecek, 2013	מקדם אובדן N. NO _x -kg ל-N-kg מדשן המיוזם בקרקע.
		$kg\ NO_x - N / kg\ N\ applied$		
		$\frac{30}{14}$		קבוע המרה
		$N \leftarrow kg\ NO_x$		
כמות הדשן שיושמה בשדה * EF				
P		0.0175	Nemecek, 2013	כמות ממוצעת של אובדן P מגר עילי, עבור שטח פתוח מטובד.
		$kg\ P / dunam$		

חישוב פליטות ממעילות מעיים / עיכול:

factor	unit	Default factors value/equation to calculate factor	Source of conversion factors, equations and tables	Note/explanation
CH ₄	EF	$\frac{GE * Ym + 366}{55.65}$	Equation 10.21	Total CH ₄ emission per head per year
	DMI	$kg\ DM / head / day$	Direct data from dairy farm for each group hard	DMI per head per day, for each hard group
	GE	$DMI * 18.45_{MJ/kg DM}$		Gross energy intake per head per day. Based on DMI and default factor of energy in kg DM.
	Ym	%	Table 10.21	CH ₄ conversion factor, percent of gross energy in feed converted to CH ₄ . Default value for North America

חישוב מליטות הקשורות בגבל וממשקי הטיפול בגבל:

factor	unit	Default factors value/equation to calculate factor	Source of conversion factors, equation and tables	Note/explanation
CH₄				
IPCC 2006 tier 2 - category 3A2				
EF	kg CH ₄ /head/year	$VS \times days \times R_0 \times CH_4 \text{ density} + I \times MCF/100 + MS$	Equation 10.23	Annual CH ₄ emission factor. When CH ₄ density factor is 0.67 kg/m ³
VS	kg VS/day		Table 10A-4	Default value for Daily volatile solid excreted per day per head group. Default value based on North America
		5.4		
		2.4		
BO	m ³ CH ₄ /kg VS		Table 10A-4	Default value for CH ₄ maximum CH ₄ producing capacity for manure produced by hoof group. Default value based on North America
		0.24		
		0.19		
MCF			Table 10.17	CH ₄ conversion factor for each manure management system. Based on temperature and the relative fraction of the manure management (MS)
Dry (MS)	(%)	(30)		
DB	%	1-0.5		
Wet (MS)	(%)	(70)		
SS	%	5-4		
C		1.5-1		
Direct N₂O emissions				
IPCC 2006 tier 1 - category 3A2				
kg N ₂ O _{direct}	kg N ₂ O/year	$NE_{man} \times EF_N \times 44/28$	Equation 10.25	Annual direct N ₂ O emission
NE _{man}	kg N/year	$N_{(T)} \times Nex_{(T)} + MS_{(T,0)}$		Total N emission from manure management system (S)
N _(T)	head		Direct data	Number head per group head (T)

$N_{ex(i)}$	kg N/head/year	$N_{rate(i)} \cdot TAM \cdot 10^{-3} \cdot 365$	Equation 10.30	Annual average N excretion per head	
$N_{rate(i)}$	kg N/1000 kg animal mass/day		Table 10.19	Default N excretion rate	
	Milking cow	0.44			
	Dry cow and heifer	0.31			
TAM	kg		Based on average weight (Israel Central Bureau of Statistics)	Default average weight for animal in-group herd. The value is weighted average for dry and milking cows in the studied dairy farm.	
	cow	591			
	heifer	313			
MS_{N_2O}	%		MOAG (2015)	relative fraction of the manure management	
	DS	0.3			
	SS	0.7			
	C	0.7			
	AD	0.7			
EF_s	kg N ₂ O – N/kg N excreted		Table 10.21	Default emission factor for direct N ₂ O emission from manure management	
	DS	0			
	SS	0.005			
	C	0.1			
Indirect N ₂ O emissions	kg N ₂ O _{indirect}	kg N ₂ O/year	$5kg N_2O_{indirect-ann}$	IPCC 2006 tier 1 – category 3C5	Annual indirect N ₂ O emission
	kg N ₂ O _{indirect-man}	kg N ₂ O/year	$NE_{management-man} \cdot EF_s + 44/20$	Equation 10.27	Annual indirect N ₂ O emission for each manure management (MMS)
	$NE_{management-man}$	kg N/year	$NE_{man} \cdot Frac_{GDM}$	Equation 10.26	Amount of manure N that is lost due to volatilization of NH ₃ and NO _x for each manure management (MMS)
	$Frac_{GDM}$	%		Table 10.22	Percent of managed manure N that volatilizes as NH ₃ and NO _x in the manure management system
	DS	7			
	SS	45-30			
EF_v	kg N ₂ O – N/kg N volatilized	0.01	Table 11.3	Default indirect N ₂ O emission from volatilization and deposits atmospheric	

10 נספח: בסיס הנתונים של ממצאי סקר הרפתות

בסיס הנתונים שהוקם כולל 468 תצפיות של נתוני עלות יצור החלב, בשנים 2015 – 2021 לפי הפירוט הבא:

טבלה 1: תצפיות בשנים 2015 - 2021

שנה:	2015	2017	2019	2021
מספר רפתות נדגמות	128	129	109	102

חלק מהרפתות נדגמו מספר פעמים. בסה"כ נבדקו 307 רפתות, בחלוקה הבאה, כמפורט בטבלה:

- נצפו פעם אחת: 175
- נצפו פעמיים: 113
- נצפו שלוש פעמים: 15
- נצפו ארבע פעמים: 4
- סה"כ: 307 רפתות, מהן 106 נצפו ברצף בשנים העוקבות 2017 - 2019

טבלה 2: פירוט תצפיות הרפתות

מזה 2017+2019	סה"כ	רפתות	ארבע תצפיות	רפתות	שלוש תצפיות	רפתות	שתי תצפיות	רפתות	תצפית אחת
		7	2015+2017+2019+2021	11	2015+2017+2019	87	2017+2019	91	2015
				4	2017+2019+2021	4	2017+2021	16	2017
						19	2015+2021	68	2021
106	307	7	סה"כ	15	סה"כ	110	סה"כ	175	סה"כ

נספח: ממצאי רגרסיות 11

משתנה תלוי: רווח לליטר מיכסה (אגורות)

Random-effects ML regression		Number of obs = 168					
Group variable: no		Number of groups = 84					
Random effects u _i ~ Gaussian		Obs per group:					
		min = 2					
		avg = 2.0					
		max = 2					
		LR chi2(9) = 89.07					
Log likelihood = -699.65192		Prob > chi2 = 0.0000					
	רווח תפעולי, EBITDA, אגורות לליטר מכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]	
	מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.01	0.00	4.68	0.00	0.01 0.01	***
	מכסה בריבוע	-0.000001	0.00	-3.58	0.00	0.00 0.00	***
	שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	-0.01	0.00	-2.58	0.01	-0.02 0.00	***
	קיומו של מרכז מזון עצמאי	0.22	3.20	0.07	0.95	-6.05 6.49	NS
	שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	0.43	0.36	1.20	0.23	-0.27 1.14	NS
	ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	6.87	2.88	2.38	0.02	1.22 12.52	**
	ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	-1.87	2.73	-0.69	0.49	-7.23 3.48	NS
	אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	-0.18	0.12	-1.55	0.12	-0.41 0.05	NS
	מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-1.82	1.42	-1.29	0.20	-4.60 0.95	NS
	_cons	21.22	17.83	1.19	0.23	-13.72 56.17	NS
	/sigma_u	6.59	2.27			3.35 12.94	
	/sigma_e	14.25	1.15			12.16 16.70	
	rho	0.18	0.12			0.04 0.48	
	LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 2.24	Prob >= chibar2 = 0.067					
Random-effects ML regression		Number of obs = 196					
Group variable: no		Number of groups = 98					
Random effects u _i ~ Gaussian		Obs per group:					
		min = 2					
		avg = 2.0					
		max = 2					
		LR chi2(5) = 86.43					
Log likelihood = -827.16951		Prob > chi2 = 0.0000					
	רווח תפעולי, EBITDA, אגורות לליטר מכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]	
	מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.01	0.00	7.47	0.00	0.01 0.02	***

מכסה בריבוע	-0.000001	0.00	-5.67	0.00	0.00	0.00	***
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	-0.01	0.00	-1.94	0.05	-0.01	0.00	*
קיומו של מרכז מזון עצמאי	2.88	3.13	0.92	0.36	-3.26	9.02	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-0.12	1.42	-0.09	0.93	-2.91	2.66	NS
_cons	10.52	9.67	1.09	0.28	-8.44	29.48	NS
/sigma_u	8.63	1.92			5.58	13.34	
/sigma_e	14.38	1.10			12.38	16.70	
rho	0.26	0.11			0.10	0.50	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 5.77				Prob >= chibar2 = 0.008			

משתנה תלוי : עלות נטו לליטר משווק מתוקן (אגורות)

Random-effects ML regression		Number of obs = 168					
Group variable: no		Number of groups = 84					
Random effects u_i ~ Gaussian		Obs per group:					
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(9) = 70.79							
Log likelihood = -708.31627		Prob > chi2 = 0.0000					
עלות נטו, אגורות לליטר מתוקן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה	-0.01	0.00	-4.53	0.00	-0.02	-0.01	***
מכסה בריבוע	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	***
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.01	0.00	1.90	0.06	0.00	0.01	*
קיומו של מרכז מזון עצמאי	3.92	3.65	1.08	0.28	-3.23	11.07	NS
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	-0.48	0.45	-1.06	0.29	-1.36	0.41	NS
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	-5.32	3.59	-1.48	0.14	-12.34	1.71	NS
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	1.46	3.42	0.43	0.67	-5.24	8.16	NS
אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	0.17	0.15	1.14	0.26	-0.12	0.46	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	5.59	1.70	3.28	0.00	2.25	8.92	***
_cons	204.15	21.76	9.38	0.00	161.50	246.80	***
/sigma_u	12.23	1.54			9.56	15.66	
/sigma_e	12.57	0.98			10.80	14.64	
rho	0.49	0.08			0.33	0.65	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 22.30		Prob >= chibar2 = 0.000					
Random-effects ML regression		Number of obs = 196					
Group variable: no		Number of groups = 98					
Random effects u_i ~ Gaussian		Obs per group:					

min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(5) = 76.03							
Log likelihood = -827.79214		Prob > chi2 = 0.0000					
עלות נטו, אגורות לליטר מתוקנן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה	-0.02	0.00	-7.03	0.00	-0.02	-0.01	***
מכסה בריבוע	0.000001	0.00	5.32	0.00	0.00	0.00	***
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.00	0.00	1.36	0.17	0.00	0.01	NS
קיומו של מרכז מזון עצמאי	1.17	3.40	0.35	0.73	-5.48	7.83	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	3.63	1.58	2.30	0.02	0.54	6.73	**
_cons	214.27	10.39	20.62	0.00	193.90	234.64	***
/sigma_u	13.12	1.43			10.59	16.26	
/sigma_e	12.27	0.89			10.65	14.13	
rho	0.53	0.07			0.39	0.67	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 31.75		Prob >= chibar2 = 0.000					

משתנה תלוי : צריכת מזון (ק"ג חומר יבש לליטר מתוקנן משווק)

Random-effects ML regression		Number of obs = 168					
Group variable: no		Number of groups = 84					
Random effects u_i ~ Gaussian		Obs per group:					
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(8) = 15.18							
Log likelihood = 191.428		Prob > chi2 = 0.0557					
צריכת מזון של העדר, ק"ג ח"י לליטר מתוקנן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה	-0.00001	0.00	-1.01	0.31	0.00	0.00	NS
מכסה בריבוע	0.000000001	0.00	0.81	0.42	0.00	0.00	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.00003	0.00	1.83	0.07	0.00	0.00	*
קיומו של מרכז מזון עצמאי	0.05	0.02	2.95	0.00	0.02	0.08	***
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	-0.002	0.00	-1.03	0.30	-0.01	0.00	NS
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	-0.01	0.02	-0.46	0.64	-0.04	0.02	NS
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	-0.02	0.01	-1.14	0.25	-0.05	0.01	NS
אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	0.001	0.00	1.15	0.25	0.00	0.00	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	0.01	0.01	1.16	0.25	-0.01	0.02	NS

_cons	0.97	0.10	10.07	0.00	0.78	1.16	***
/sigma_u	0.05	0.01			0.04	0.07	
/sigma_e	0.06	0.00			0.05	0.07	
rho	0.36	0.10			0.19	0.56	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 11.42 Prob >= chibar2 = 0.000							
Random-effects ML regression Number of obs = 196							
Group variable: no Number of groups = 98							
Random effects u_i ~ Gaussian Obs per group:							
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(4) = 11.20							
Log likelihood = 221.66227 Prob > chi2 = 0.0244							
צריכת מזון של הנדר, ק"ג ח"י לליטר מתוקן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]	
מכסה, אלפי ליטר בשנה	-0.00002	0.00	-1.81	0.07	0.00	0.00	*
מכסה בריבוע	0.000000001	0.00	1.44	0.15	0.00	0.00	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.00003	0.00	1.91	0.06	0.00	0.00	*
קיומו של מרכז מזון עצמאי	0.04	0.02	2.31	0.02	0.01	0.07	**
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	0.01	0.01	0.99	0.32	-0.01	0.02	NS
_cons	0.92	0.05	19.67	0.00	0.83	1.01	***
/sigma_u	0.05	0.01			0.04	0.07	
/sigma_e	0.06	0.00			0.05	0.07	
rho	0.41	0.09			0.26	0.58	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 17.64 Prob >= chibar2 = 0.000							

משתנה תלוי: פליטות (גרם לליטר משווק מתוקן)

Random-effects ML regression Number of obs = 162							
Group variable: no Number of groups = 81							
Random effects u_i ~ Gaussian Obs per group:							
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(9) = 12.51							
Log likelihood = -1078.9557 Prob > chi2 = 0.1861							
פליטות גרם לליטר מתוקן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]	

מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.00	0.03	0.01	0.99	-0.06	0.06	NS
מכסה בריבוע	0.00	0.00	-0.27	0.78	0.00	0.00	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.07	0.04	1.61	0.11	-0.02	0.16	NS
קיומו של מרכז מזון עצמאי	59.39	45.27	1.31	0.19	-29.34	148.13	NS
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	-11.92	5.72	-2.08	0.04	-23.14	-0.70	**
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	-66.71	45.69	-1.46	0.14	-156.27	22.85	NS
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	-77.34	43.58	-1.77	0.08	-162.76	8.08	*
אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	3.10	1.85	1.67	0.09	-0.53	6.73	*
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-11.43	21.02	-0.54	0.59	-52.64	29.78	NS
_cons	1,585.91	274.98	5.77	0.00	1,046.96	2,124.85	***
/sigma_u	164.55	18.25			132.39	204.51	
/sigma_e	133.12	10.69			113.73	155.82	
rho	0.60	0.07			0.46	0.74	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 34.94	Prob >= chibar2 = 0.000						
Random-effects ML regression	Number of obs = 190						
Group variable: no	Number of groups = 95						
Random effects u_i ~ Gaussian	Obs per group:						
	min = 2						
	avg = 2.0						
	max = 2						
	LR chi2(5) = 6.70						
Log likelihood = -1261.0583	Prob > chi2 = 0.2441						
פליטות גרם לליטר מתוקנן משווק	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]	
מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.01	0.03	0.21	0.83	-0.05	0.06	NS
מכסה בריבוע	-0.000001	0.00	-0.51	0.61	0.00	0.00	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.07	0.04	1.99	0.05	0.00	0.14	**
קיומו של מרכז מזון עצמאי	45.61	41.25	1.11	0.27	-35.24	126.46	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-7.35	18.61	-0.40	0.69	-43.82	29.12	NS
_cons	1,018.01	123.56	8.24	0.00	775.85	1,260.18	***
/sigma_u	172.25	16.39			142.95	207.57	
/sigma_e	124.56	9.15			107.85	143.85	
rho	0.66	0.06			0.53	0.76	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 51.97	Prob >= chibar2 = 0.000						

משתנה תלוי : תנובת פרות (ליטר מתוקנן משווק ליום)

Random-effects ML regression	Number of obs = 168						
Group variable: no	Number of groups = 84						

Random effects u _j ~ Gaussian		Obs per group:					
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(9) = 35.10							
Log likelihood = -384.89827		Prob > chi2 = 0.0001					
ממוצע חלב לפרה, ליטר מתוקן ביום	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.0008849	0.000372	2.38	0.017	0.000155	0.001615	**
מכסה בריבוע	-7.49E-08	3.10E-08	-2.41	0.016	-1.36E-07	-1.41E-08	**
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	-0.0015314	0.00053	-2.89	0.004	-0.00257	-0.00049	***
קיומו של מרכז מזון עצמאי	-0.7710614	0.535147	-1.44	0.15	-1.81993	0.277808	NS
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	0.0250795	0.065051	0.39	0.7	-0.10242	0.152576	NS
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	0.4922034	0.516987	0.95	0.341	-0.52107	1.505479	NS
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	0.5695397	0.492825	1.16	0.248	-0.39638	1.535459	NS
אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	-0.01997	0.021176	-0.94	0.346	-0.06147	0.021535	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-0.1967468	0.248264	-0.79	0.428	-0.68334	0.289843	NS
_cons	30.86277	3.149149	9.8	0	24.69055	37.03499	***
/sigma_u	1.740939	0.235999			1.334738	2.270761	
/sigma_e	1.855775	0.147872			1.587449	2.169456	
rho	0.4681045	0.090719			0.299042	0.643223	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 19.01		Prob >= chibar2 = 0.000					
Random-effects ML regression		Number of obs = 196					
Group variable: no		Number of groups = 98					
Random effects u _i ~ Gaussian		Obs per group:					
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(5) = 37.11							
Log likelihood = -447.25961		Prob > chi2 = 0.0000					
ממוצע חלב לפרה, ליטר מתוקן ביום	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.0013119	0.000306	4.29	0	0.000712	0.001912	***
מכסה בריבוע	-1.06E-07	2.73E-08	-3.88	0	-1.59E-07	-5.23E-08	***
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	-0.0019139	0.000461	-4.15	0	-0.00282	-0.00101	***
קיומו של מרכז מזון עצמאי	-0.670987	0.488866	-1.37	0.17	-1.62915	0.287173	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה	-0.2769745	0.227373	-1.22	0.223	-0.72262	0.168668	NS
_cons	33.25176	1.489358	22.33	0	30.33268	36.17085	***

/sigma_u	1.860929	0.213159			1.486721	2.329324	
/sigma_e	1.771056	0.130881			1.532247	2.047085	
rho	0.5247296	0.078185			0.373413	0.67252	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 28.85 Prob >= chibar2 = 0.000							

משתנה תלוי : חריגה ממכסה (%)

Random effects u_i ~ Gaussian Obs per group:							
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(8) = 27.23							
Log likelihood = -566.24961 Prob > chi2 = 0.0006							
אהוז חריגה ממכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]	
מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.00	0.00	0.95	0.34	0.00	0.00	NS
מכסה בריבוע	0.00	0.00	-1.26	0.21	0.00	0.00	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	0.00	0.00	-3.30	0.00	-0.01	0.00	***
קיומו של מרכז מזון עצמאי	-0.76	1.41	-0.54	0.59	-3.53	2.01	NS
שנות ניסיון של מנהל/ת הרפת	0.35	0.16	2.17	0.03	0.03	0.66	**
ציון איכותי להתייעצות עם הדרכה ממסדית	3.52	1.27	2.78	0.01	1.04	6.00	***
ציון איכותי להתייעצות עם קולגות	1.65	1.19	1.38	0.17	-0.69	3.99	NS
אינטראקציה ותק * ממוצע התייעצות	-0.12	0.05	-2.31	0.02	-0.22	-0.02	**
_cons	-5.87	7.11	-0.83	0.41	-19.81	8.07	NS
/sigma_u	2.49	1.18			0.98	6.31	
/sigma_e	6.61	0.53			5.66	7.74	
rho	0.12	0.12			0.01	0.48	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 1.15 Prob >= chibar2 = 0.142							
Random-effects ML regression Number of obs = 196							
Group variable: no Number of groups = 98							
Random effects u_i ~ Gaussian Obs per group:							
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
LR chi2(4) = 23.21							
Log likelihood = -659.06426 Prob > chi2 = 0.0001							
אהוז חריגה ממכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]	

מכסה, אלפי ליטר בשנה	0.0019	0.00	2.70	0.01	0.00	0.00	***	
מכסה בריבוע	-0.0000002	0.00	-2.58	0.01	0.00	0.00	***	
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה	-0.0043	0.00	-3.53	0.00	-0.01	0.00	***	
קיומו של מרכז מזון עצמאי	0.25	1.25	0.20	0.84	-2.20	2.71	NS	
_cons	5.93	2.75	2.16	0.03	0.54	11.32	**	
/sigma_u	2.63	1.03			1.23	5.65		
/sigma_e	6.51	0.48			5.63	7.52		
rho	0.14	0.11			0.02	0.44		
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 1.72				Prob >= chibar2 = 0.095				

הקשר בין עומס חום לבין השקעה בסככות ובמאוררים

והקשר בין רווח לצריכת מזון

xtreg fansinvestmentils1000ql thihoursabove75, mle								
Fitting constant-only model:								
Iteration 0: log likelihood = -1030.3399								
Iteration 1: log likelihood = -1030.3328								
Iteration 2: log likelihood = -1030.3328								
Fitting full model:								
Iteration 0: log likelihood = -1028.0839								
Iteration 1: log likelihood = -1027.6931								
Iteration 2: log likelihood = -1027.6921								
Random-effects ML regression								
				Number of obs = 196				
Group variable: no				Number of groups = 98				
Random effects u_i ~ Gaussian								
				Obs per group:				
				min = 2				
				avg = 2.0				
				max = 2				
LRchi2(1) = 5.28								
Log likelihood = -1027.6921				Prob > chi2 = 0.0216				
שעות מעל עומס חום 75THI ל 1,000 ליטר במכסה								
	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]			
שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	0.019	0.01	2.28	0.02	0.00	0.03	**	
_cons	75.16	16.42	4.58	0.00	42.99	107.34	***	
/sigma_u	32.06	4.13			24.91	41.26		
/sigma_e	36.17	2.62			31.38	41.70		
rho	0.44	0.08			0.28	0.61		
LRtest of sigma_u=0: chibar2(01) = 20.14				Prob >= chibar2 = 0.000				

xtreg shedssqm1000ql thihoursabove75, mle																																																															
Fitting constant-only model:																																																															
Iteration 0: log likelihood = -220.31455																																																															
Iteration 1: log likelihood = -220.2327																																																															
Iteration 2: log likelihood = -220.23218																																																															
Fitting full model:																																																															
Iteration 0: log likelihood = -215.14568																																																															
Iteration 1: log likelihood = -214.01563																																																															
Iteration 2: log likelihood = -213.96294																																																															
Iteration 3: log likelihood = -213.96281																																																															
Random-effects ML regression																																																															
				Number of obs = 196																																																											
Group variable: no				Number of groups = 98																																																											
Random effects u _j ~ Gaussian																																																															
				Obs per group:																																																											
				min = 2																																																											
				avg = 2.0																																																											
				max = 2																																																											
LRchi2(1) = 12.54																																																															
Log likelihood = -213.96281				Prob > chi2 = 0.0004																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficient</th> <th>Std. err.</th> <th>z</th> <th>P>z</th> <th colspan="2">[95% conf interval]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>מ"ר סככות ל ליטר במכסה</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>שעות מעל עומס חום 75THI בשנה</td> <td>-0.0005</td> <td>0.00</td> <td>-3.62</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>***</td> </tr> <tr> <td>_cons</td> <td>4.31</td> <td>0.28</td> <td>15.57</td> <td>0.00</td> <td>3.77</td> <td>4.86</td> <td>***</td> </tr> <tr> <td>/sigma_u</td> <td>0.91</td> <td>0.07</td> <td></td> <td></td> <td>0.78</td> <td>1.06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>/sigma_e</td> <td>0.39</td> <td>0.03</td> <td></td> <td></td> <td>0.34</td> <td>0.45</td> <td></td> </tr> <tr> <td>rho</td> <td>0.85</td> <td>0.03</td> <td></td> <td></td> <td>0.78</td> <td>0.90</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]			מ"ר סככות ל ליטר במכסה								שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	-0.0005	0.00	-3.62	0.00	0.00	0.00	***	_cons	4.31	0.28	15.57	0.00	3.77	4.86	***	/sigma_u	0.91	0.07			0.78	1.06		/sigma_e	0.39	0.03			0.34	0.45		rho	0.85	0.03			0.78	0.90	
	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]																																																										
מ"ר סככות ל ליטר במכסה																																																															
שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	-0.0005	0.00	-3.62	0.00	0.00	0.00	***																																																								
_cons	4.31	0.28	15.57	0.00	3.77	4.86	***																																																								
/sigma_u	0.91	0.07			0.78	1.06																																																									
/sigma_e	0.39	0.03			0.34	0.45																																																									
rho	0.85	0.03			0.78	0.90																																																									
LRtest of sigma_u=0: chibar2(01) = 122.45				Prob >= chibar2 = 0.000																																																											

xtreg ebitdalagorotql dmliterkgql, mle								
Fitting constant-only model:								
Iteration 0: log likelihood = -870.39683								
Iteration 1: log likelihood = -870.38383								
Iteration 2: log likelihood = -870.38382								
Fitting full model:								
Iteration 0: log likelihood = -868.96084								
Iteration 1: log likelihood = -868.55806								
Iteration 2: log likelihood = -868.55585								
Iteration 3: log likelihood = -868.55585								
Random-effects ML regression								
				Number of obs = 196				
Group variable: no				Number of groups = 98				
Random effects u_j ~ Gaussian								
				Obs per group:				
				min = 2				
				avg = 2.0				
				max = 2				
LRchi2(1) = 3.66								
Log likelihood = -868.55585				Prob > chi2 = 0.0559				
רווח תפעולי, EBITDA, אגורות לליטר במכסה								
Coefficient		Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]			
צריכת מוון של העדר, ק"ג ח"י לליטר במכסה		33.28	17.32	1.92	0.06	-0.66	67.22	*
_cons		-5.65	17.18	-0.33	0.74	-39.31	28.02	NS
/sigma_u		17.18055	1.741231			14.08538	20.95585	
/sigma_e		14.59338	1.047901			12.67751	16.79878	
rho		0.5808879	0.067636			0.446258	0.706591	
xtreg gwpgoo2eqql dmliterkgql, mle								
Fitting constant-only model:								
Iteration 0: log likelihood = -1246.9052								
Iteration 1: log likelihood = -1246.8653								
Iteration 2: log likelihood = -1246.8652								
Fitting full model:								
Iteration 0: log likelihood = -1226.0536								
Iteration 1: log likelihood = -1225.4799								
Iteration 2: log likelihood = -1225.4681								
Iteration 3: log likelihood = -1225.4681								
Random-effects ML regression								
				Number of obs = 190				
Group variable: no				Number of groups = 95				
Random effects u_j ~ Gaussian								
				Obs per group:				
				min = 2				
				avg = 2.0				
				max = 2				
LRchi2(1) = 42.79								
Log likelihood = -1225.4681				Prob > chi2 = 0.0000				
פליטות גרם לליטר במכסה								
Coefficient		Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]			
צריכת מוון של העדר, ק"ג ח"י לליטר במכסה		890.64	128.89	6.91	0.00	638.02	1,143.26	***
_cons		277.63	127.65	2.18	0.03	27.45	527.82	**
		40						
/sigma_u		166.1938	14.09328			140.7449	196.2442	
/sigma_e		92.7325	6.740224			80.41976	106.9304	
rho		0.7625789	0.043096			0.670503	0.83841	

xtreg fansinvestmentils1000sl thihoursabove75, mle							
Fitting constant-only model:							
Iteration 0: log likelihood = -1040.4708							
Iteration 1: log likelihood = -1040.4653							
Iteration 2: log likelihood = -1040.4653							
Fitting full model:							
Iteration 0: log likelihood = -1037.0873							
Iteration 1: log likelihood = -1036.6829							
Iteration 2: log likelihood = -1036.6819							
Random-effects ML regression				Number of obs = 196			
Group variable: no				Number of groups = 98			
Random effects u_j ~ Gaussian				Obs per group:			
				min = 2			
				avg = 2.0			
				max = 2			
				LRchi2(1) = 7.57			
Log likelihood = -1036.6819				Prob > chi2 = 0.0059			
השקעה במאוררים, שקלים ל 1,000 ליטר במכסה							
	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]		
שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	0.02	0.01	2.71	0.01	0.01	0.04	***
_cons	66.40	17.05	3.89	0.00	32.98	99.82	
/sigma_u	30.40971	4.577344			22.64057	40.84485	
/sigma_e	39.41907	2.88316			34.15454	45.49507	
rho	0.3730919	0.091078			0.213249	0.558768	

xtreg shedssqm1000sl thihoursabove75, mle																																																							
Fitting constant-only model:																																																							
Iteration 0: log likelihood = -216.00997																																																							
Iteration 1: log likelihood = -215.92154																																																							
Iteration 2: log likelihood = -215.92092																																																							
Fitting full model:																																																							
Iteration 0: log likelihood = -216.08558																																																							
Iteration 1: log likelihood = -215.61861																																																							
Iteration 2: log likelihood = -215.60408																																																							
Iteration 3: log likelihood = -215.60407																																																							
Random-effects ML regression				Number of obs = 196																																																			
Group variable: no				Number of groups = 98																																																			
Random effects u_j ~ Gaussian				Obs per group:																																																			
				min = 2																																																			
				avg = 2.0																																																			
				max = 2																																																			
LRchi2(1) = 0.63																																																							
Log likelihood = -215.60407				Prob > chi2 = 0.4260																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>מ"ר סככות ל 1,000 ליטר במכסה</th> <th>Coefficient</th> <th>Std. err.</th> <th>z</th> <th>P>z</th> <th colspan="2">[95% conf interval]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>שעות מעל עומס חום 75THI בשנה</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>-0.80</td> <td>0.43</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>NS</td> </tr> <tr> <td>_cons</td> <td>3.56</td> <td>0.28</td> <td>12.80</td> <td>0.00</td> <td>3.01</td> <td>4.11</td> <td></td> </tr> <tr> <td>/sigma_u</td> <td>0.8962467</td> <td>0.070675</td> <td></td> <td></td> <td>0.7679</td> <td>1.046045</td> <td></td> </tr> <tr> <td>/sigma_e</td> <td>0.3977864</td> <td>0.028437</td> <td></td> <td></td> <td>0.345779</td> <td>0.457616</td> <td></td> </tr> <tr> <td>rho</td> <td>0.8354287</td> <td>0.030564</td> <td></td> <td></td> <td>0.76856</td> <td>0.888307</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								מ"ר סככות ל 1,000 ליטר במכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]			שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	0.00	0.00	-0.80	0.43	0.00	0.00	NS	_cons	3.56	0.28	12.80	0.00	3.01	4.11		/sigma_u	0.8962467	0.070675			0.7679	1.046045		/sigma_e	0.3977864	0.028437			0.345779	0.457616		rho	0.8354287	0.030564			0.76856	0.888307	
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר במכסה	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf interval]																																																		
שעות מעל עומס חום 75THI בשנה	0.00	0.00	-0.80	0.43	0.00	0.00	NS																																																
_cons	3.56	0.28	12.80	0.00	3.01	4.11																																																	
/sigma_u	0.8962467	0.070675			0.7679	1.046045																																																	
/sigma_e	0.3977864	0.028437			0.345779	0.457616																																																	
rho	0.8354287	0.030564			0.76856	0.888307																																																	
LRtest of sigma_u=0: chibar2(01) = 117.05				Prob >= chibar2 = 0.000																																																			

ממצאי ניתוח ספר היעילות

ניתוח ספר יעילות, פאנל, ביחס לעלות נטו ביצור חלב, המשתנים מוצגים ב Ln

Time-invariant inefficiency model				Number of obs = 196																		
Group variable: no				Number of groups = 98																		
Obs per group:																						
min = 2																						
avg = 2.0																						
max = 2																						
Wald chi2(3) = 126.45																						
Log likelihood = 219.40687				Prob > chi2 = 0.0000																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>עלות נטו, אגורות לליטר מתוקנן משווק - LN</th> <th>Coefficient</th> <th>Std. err.</th> <th>z</th> <th>P>z</th> <th>[95% conf. interval]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>מכסה, אלפי ליטר בשנה - LN</td> <td>-0.09</td> <td>0.01</td> <td>-9.64</td> <td>0.00</td> <td>-0.11</td> <td>-0.07</td> <td>***</td> </tr> </tbody> </table>								עלות נטו, אגורות לליטר מתוקנן משווק - LN	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		מכסה, אלפי ליטר בשנה - LN	-0.09	0.01	-9.64	0.00	-0.11	-0.07	***
עלות נטו, אגורות לליטר מתוקנן משווק - LN	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]																	
מכסה, אלפי ליטר בשנה - LN	-0.09	0.01	-9.64	0.00	-0.11	-0.07	***															

שעות מעל עומס חום THI75 בשנה - LN	0.01	0.02	0.43	0.67	-0.03	0.05	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה - LN	0.06	0.02	2.34	0.02	0.01	0.10	**
_cons	5.67	0.37	15.21	0.00	4.94	6.40	***
/mu	0.21	0.31	0.68	0.50	-0.40	0.83	NS
/lnsigma2	-4.94	0.11	-43.38	0.00	-5.17	-4.72	***
/lgtgamma	-0.08	0.32	-0.24	0.81	-0.71	0.55	NS
sigma2	0.01	0.00			0.01	0.01	
gamma	0.48	0.08			0.33	0.63	
sigma_u2	0.00	0.00			0.00	0.01	
sigma_v2	0.00	0.00			0.00	0.00	

ניתוח ספר יעילות, פאנל, ביחס לצריכת מזון, המשתנים מוצגים ב Ln

Time-invariant inefficiency model		Number of obs = 196					
Group variable: no		Number of groups = 98					
Obs per group:							
min = 2							
avg = 2.0							
max = 2							
Wald chi2(3) = 3.52							
Log likelihood = 219.69625		Prob > chi2 = 0.3185					
צריכת מזון של העדר, ק"ג ח"י לליטר מתוקנן משווק - LN	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]		
מכסה, אלפי ליטר בשנה - LN	-0.01	0.01	-0.66	0.51	-0.02	0.01	NS
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה - LN	0.02	0.02	0.86	0.39	-0.02	0.06	NS
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה - LN	0.03	0.02	1.24	0.21	-0.02	0.07	NS
_cons	-0.22	0.19	-1.15	0.25	-0.60	0.16	NS
/mu	0.02	0.11	0.21	0.84	-0.19	0.23	NS
/lnsigma2	-4.50	0.55	-8.20	0.00	-5.58	-3.43	***
/lgtgamma	0.57	0.86	0.67	0.50	-1.10	2.25	NS
sigma2	0.01	0.01			0.00	0.03	
gamma	0.64	0.20			0.25	0.90	
sigma_u2	0.01	0.01			0.00	0.02	
sigma_v2	0.00	0.00			0.00	0.01	

ניתוח ספר יעילות, פאנל, ביחס לפליטות גזי חממה, המשתנים מחושבים ב Ln

Time-invariant inefficiency model		Number of obs = 190					
Group variable: no		Number of groups = 95					

Obs per group:						
min = 2						
avg = 2.0						
max = 2						
Wald chi2(3) = 0.93						
Log likelihood = 112.73023		Prob > chi2 = 0.8192				
פליטות גרם לליטר מתוקנן משווק - LN	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]
מכסה, אלפי ליטר בשנה - LN	0.00	0.02	0.28	0.78	-0.03	0.04
שעות מעל עומס חום THI75 בשנה - LN	0.04	0.04	0.87	0.38	-0.05	0.12
מ"ר סככות ל 1,000 ליטר מכסה - LN	0.02	0.04	0.60	0.55	-0.05	0.10
_cons	6.50	0.41	16.02	0.00	5.70	7.29
/mu	-0.16	0.37	-0.44	0.66	-0.90	0.57
/lnsigma2	-2.39	0.69	-3.46	0.00	-3.74	-1.04
/lgtgamma	2.45	0.76	3.23	0.00	0.96	3.93
sigma2	0.09	0.06			0.02	0.35
gamma	0.92	0.06			0.72	0.98
sigma_u2	0.08	0.06			-0.04	0.21
sigma_v2	0.01	0.00			0.01	0.01

בדיקת קשר בין מרכיבי האי-יעילות, כפי שעלתה בניתוח ספר היעילות

חוסר יעילות עלות יצור למול חוסר יעילות בצריכת מזון

Random-effects ML regression		Number of obs = 196				
Group variable: no		Number of groups = 98				
Random effects u_j ~ Gaussian		Obs per group:				
min = 2						
avg = 2.0						
max = 2						
LR chi2(1) = -38.75						
Log likelihood = 498.99956		Prob > chi2 = 1.0000				
אי יעילות עלות נטו	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf.	interval]
אי יעילות צריכת מזון	0.45	0.11	4.00	0.00	0.23	0.68
_cons	0.75	0.12	6.13	0.00	0.51	0.99
/sigma_u	0.05	0.00			0.05	0.06
/sigma_e	0.01	.			.	.
rho	0.98	.			.	.

LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 410.46 Prob >= chibar2 = 0.000

חוסר יעילות עלות יצור למול חוסר יעילות בפליטה

Random-effects ML regression		Number of obs = 190				
Group variable: no		Number of groups = 95				
Random effects u_j ~ Gaussian		Obs per group:				
		min = 2				
		avg = 2.0				
		max = 2				
		LR chi2(1) = -66.35				
Log likelihood = 465.70354		Prob > chi2 = 1.0000				
אי יעילות עלות נטו	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]	
אי יעילות פליטות	0.00	0.03	-0.05	0.96	-0.07 0.06	
_cons	1.24	0.04	30.38	0.00	1.16 1.32	
/sigma_u	0.06	0.00			0.05 0.07	
/sigma_e	0.01	.			.	
rho	0.98	.			.	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 394.92		Prob >= chibar2 = 0.000				

חוסר יעילות צריכת מזון למול חוסר יעילות בפליטה

Random-effects ML regression		Number of obs = 190				
Group variable: no		Number of groups = 95				
Random effects u_j ~ Gaussian		Obs per group:				
		min = 2				
		avg = 2.0				
		max = 2				
		LR chi2(1) = -30.47				
Log likelihood = 526.05988		Prob > chi2 = 1.0000				
אי יעילות צריכת מזון	Coefficient	Std. err.	z	P>z	[95% conf. interval]	
אי יעילות פליטות	0.11	0.02	4.44	0.00	0.06 0.16	
_cons	0.95	0.03	31.80	0.00	0.89 1.01	
/sigma_u	0.04	0.00			0.04 0.05	
/sigma_e	0.01	.			.	
rho	0.98	.			.	
LR test of sigma_u=0: chibar2(01) = 394.92		Prob >= chibar2 = 0.000				

מקורות: נתוני פליטת גזי חממה של החקלאות בישראל 12

שמיר ח., וינאי מ., (2017) יעילות סביבתית של פירות וירקות נבחרים, נייר עבודה 105 למ"ס.

Triky, S., & Kissinger, M. (2022). An Integrated Analysis of Dairy Farming: Direct and Indirect Environmental Interactions in Challenging Bio-Physical Conditions. *Agriculture*, 12(4), 480.

מקורות: ניתוח מחזור חיים ביצור חלב 13

Drews, J., Czycholl, I., & Krieter, J. (2020). A life cycle assessment study of dairy farms in northern Germany: the influence of performance parameters on environmental efficiency. *Journal of Environmental Management*, 273, 111127.

Ecoinvent. (2022). *Ecoinvent centre. ecoinvent 2.2 database*. Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

FAO. (2010). *Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment*. Rome: FAO.

FAO. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Rome: FAO.

FAO. (2016a). *Environmental performance of animal feeds supply chains: Guidelines for assessment. livestock environmental assessment and performance partnership*. Rome: FAO.

FAO. (2016b). *Environmental performance of large ruminant supply chains: Guidelines for assessment. livestock environmental assessment and performance partnership*. Rome: FAO.

FAO, IDF, & IFCN. (2014). *World mapping of animal feeding systems in the dairy sector*. Rome: FAO, IDF and IFCN.

Galliano, D., & Siqueira, T. T. (2021). Organizational design and environmental performance: The case of French dairy farms. *Journal of Environmental Management*, 278, 111408.

Hagemann, M., Hemme, T., Ndambi, A., Alqaisi, O., & Sultana, M. N. (2011). Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. *Animal Feed Science and Technology*, 166-67, 46-58.

IDF. (2005). *Guide on life cycle assessment towards sustainability in the dairy chain*. International Dairy Federation.

IDF. (2010). *A common carbon footprint approach for dairy: The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector* International Dairy Federation.

ISO. (2006). *ISO 14040 environmental management - life cycle assessment - principles and framework*.

Meul, M., Van Middelaar, C. E., de Boer, I. J. M., Van Passel, S., Fremaut, D., & Haesaert, G. (2014). Potential of life cycle assessment to support environmental decision making at commercial dairy farms. *Agricultural Systems*, 131, 105-115.

Triky, S S., & Kissinger, MPI. (2022). An integrated analysis of dairy farming: direct and indirect environmental interactions in challenging bio-physical conditions. *Agriculture*, 12(4), 480

14 מקורות: השפעת שינוי אקלים על רפתות

- Aharoni, Y., Brosh, A., & Ezra, E. (2000). Parturition photoperiod effect on milk yield and composition in dairy cows. *Journal of dairy science*, 83(12), 2779-2781
- Arndt, C., Powell, J. M., Aguerre, M. J., Crump, P. M., & Wattiaux, M. A. (2015). Feed conversion efficiency in dairy cows: Repeatability, variation in digestion and metabolism of energy and nitrogen, and ruminal methanogens. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 3938-3950
- Becker, C. A., Collier, R. J., & Stone, A. E. (2020). Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(8), 6751-6770
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., & Belyea, R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51(6), 479-491
- Britt, J. S., Thomas, R. C., Speer, N. C., & Hall, M. B. (2003). Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3796-3801.
- Collier, R. J., Zimelman, R. B., Rhoads, R. P., Rhoads, M. L., & Baumgard, L. H. (2011, March). A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In *Western Dairy Management Conf. Reno, NV. USA (pp. 113-125)*
- Gisbert-Queral, M., Henningsen, A., Markussen, B., Niles, M. T., Kebreab, E., Rigden, A. J., & Mueller, N. D. (2021). Climate impacts and adaptation in US dairy systems 1981–2018. *Nature Food*, 2(11), 894-901
- Key, N., Sneeringer, S., & Marquardt, D. (2014). Climate change, heat stress, and US dairy production. *USDA-ERS Economic Research Report*, (175).
- Souza, V. C., Moraes, L. E., Baumgard, L. H., Santos, J. E. P., Mueller, N. D., Rhoads, R. P., & Kebreab, E. (2023). Modeling the effects of heat stress in animal performance and enteric methane emissions in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106(7), 4725-4737
- Su, H., Wang, Y., Zhang, Q., Wang, F., Cao, Z., Rahman, M. A. U., ... & Li, S. (2013). Responses of energy balance, physiology, and production for transition dairy cows fed with a low-energy parturition diet during hot season. *Tropical animal health and production*, 45, 1495-1503

מקורות: הבדלים בצריכת מזון בין פרות

בן מאיר י., וחובריו, (2017), הקשר בין התנהגות אכילה, צריכת המזון, ויעילות ניצול המזון לייצור חלב בפרות יעילות בהשוואה לפרות לא יעילות, משק הבקר והחלב 386, עבודה במימון קרן המחקר של מועצת החלב.