

ניתוח גורמי הסיכון להתפשטות ותחלואה בפה וטלפיים בעת התפרצות המחלה בישראל בשנת 2022

Analysis of the risk factors for FMD spread and clinical morbidity during the FMD epidemic of 2022 in Israel

תכנית מספר 705-0084



פרופ' אייל קלמנט

ד"ר שרון קרניאלי

בהכנת הדו"ח השתתפו גרטה איוואנוב, מקסים קווינט שנתחו את הנתונים במסגרת עבודת הדוקטורט והמסטר בהנחייתם של פרופ' קלמנט וד"ר שרון קרניאלי וד"ר זיו לקאוזנר, במסגרת שבתון שביצע במעבדתו של פרופ' אייל קלמנט

תקציר

התפרצות מחלת הפה והטלפיים (FMD) בשנת 2022 בישראל וברשות הפלסטינית הייתה חריגה בהיקפה, משכה ומאפייניה האפידמיולוגיים, וכללה מעורבות משמעותית של סקטורים שונים, לרבות רפתות חלב. מטרת מחקר זה הייתה לאפיין את דינמיקת ההדבקה בין סקטורים, לזהות מקורות הדבקה מרכזיים, ולהעריך את יעילות משטר החיסון הנהוג בישראל והשפעות המחלה על מדדי ייצור. הניתוח הפילוגנטי, שהתבסס על רצפים גנומיים מלאים ונותח באמצעות מודל BEAST (BDMM-Prime) הצביע על הסתברות גבוהה כי מקור ההתפרצות בצאן מהרשות הפלסטינית ($\text{posterior} \approx 75\%$). ערכי מספר הרבייה האפקטיבי (Re) נמצאו גבוהים מ-1 בסקטור זה, בעוד שבמרבית הסקטורים בישראל ערכי Re ירדו מתחת ל-1 לאחר שלב השיא של ההתפרצות, דבר המעיד על דעיכה יחסית של ההדבקה המקומית. נמוך במיוחד הוא ערך ה- Re של בקר לחלב, דבר המעיד על כך שהוא אינו משמש כמקור משמעותית להפצת המחלה וברוב המקרים הוא מהווה *dead end*. ניתוח מעברי ההדבקה (Markov jumps) הראה כי מעבר הנגיף התרחש בעיקר מהרשות הפלסטינית לעדרים בישראל, כאשר מפטמות שימשו כנקודת ביניים מרכזית ("amplification hub") בה התרחשו אירועי הדבקה משניים רבים, ולאחר מכן התפשטות לרפתות חלב. בנוסף קיימת תרומה משמעותית של הדבקה משקי החזירים באעבלין להתפשטות הנגיף אל רפתות בקר לחלב.

הניתוח האפידמיולוגי, שהתבסס על נתוני ייצור ותמותה של עשרות אלפי פרות, הצביע על ירידה מובהקת אך מתונה בתפוקת חלב (0.33–1.11 ק"ג ליום) בפרות בתחלובה ראשונה בלבד, ללא השפעה בפרות בתחלובות מתקדמות יותר. לא נמצאה השפעה מובהקת לתזמון מתן מנת הדחף על תפוקת החלב. בנוסף, שיעורי תמותה כללית נותרו נמוכים, אך נצפתה עלייה מובהקת ביציאות לא מתוכננות מהעדר (unplanned culling) במהלך שנת ההתפרצות. ממצאים אלו מצביעים על כך שההשפעה הכלכלית הישירה של המחלה הייתה מוגבלת יחסית.

לסיכום, הממצאים מצביעים כי החיסון השנתי הנהוג בישראל יעיל בהפחתת ההשפעה הקלינית והכלכלית של המחלה, אך אינו מונע לחלוטין הדבקה. דינמיקת ההתפרצות נשלטת בעיקר על ידי חדירה ממקור חיצוני ומעברי הדבקה בין סקטורים, כאשר למפטמות ולחזירים תפקיד מרכזי בהפצת הנגיף בתוך ישראל.

Summary

The 2022 outbreak of Foot-and-Mouth Disease (FMD) in Israel and the Palestinian Authority was exceptional in its scale, duration, and epidemiological characteristics, and involved multiple livestock sectors, including dairy herds. The aim of this study was to characterize transmission dynamics between sectors, identify major sources of infection, and evaluate the effectiveness of the vaccination regime used in Israel, as well as the impact of the disease on production parameters. Phylogenetic analysis, based on whole-genome sequences and conducted using a BEAST (BDMM-Prime) model, indicated a high probability that the outbreak originated in small ruminants from the Palestinian Authority (posterior $\approx 75\%$). The effective reproduction number (R_e) was estimated to be above 1 in this sector, whereas in most sectors within Israel, R_e declined below 1 following the peak phase of the outbreak, indicating a relative decline in local transmission. Notably, the R_e value for dairy cattle was particularly low, suggesting that this sector does not constitute a significant source of transmission and, in most cases, represents a dead end. Analysis of transmission events (Markov jumps) showed that viral spread occurred mostly from the Palestinian Authority into herds in Israel, with feedlots serving as a central intermediate point (“amplification hub”) where numerous secondary transmission events occurred, followed by spread to dairy farms. In addition, infection of pig farms in I'billin made a significant contribution to the transmission of the virus to dairy cattle farms.

The epidemiological analysis, based on production and mortality data from tens of thousands of cows, demonstrated a statistically significant but moderate reduction in milk yield (0.33–1.11 kg per cow per day), limited to first-lactation cows, with no effect observed in later lactations. No significant effect of booster vaccination timing on milk production was detected. Overall mortality rates remained low; however, a significant increase in unplanned culling was observed during the outbreak year. These findings indicate that the direct economic impact of the disease was relatively limited.

In conclusion, the findings suggest that the annual vaccination strategy implemented in Israel is effective in reducing the clinical and economic impact of the disease, although it does not fully prevent infection. The dynamics of the outbreak are driven primarily by external introduction and inter-sectoral transmission pathways, with feedlots and pig farms playing a central role in the spread of the virus within Israel.

רקע

מחלת הפה-והטלפיים (פּוֹיִט) נחשבת לאחת מן המחלות המדבקות ביותר בקרב מכפילי פרסה ומהווה את אחד מן הגורמים המשמעותיים ביותר להפסדים כלכליים בקרב קבוצה חיות משק מקבוצה זו. המחלה נגרמת על ידי נגיף מהסוג *Aphthovirus* ומהמשפחה *Picornaviridae*. זהו נגיף RNA חד גדילי אשר גודל הגנום שלו הוא כ- 8,500 בסיסים. קיימים שבעה סרוטיפים של הנגיף: SAT-1, SAT-2, SAT-3, O, A, C, ASIA1. בין הסרוטיפים אין הגנה צולבת, אולם בתוך כל סרוטיפ קיימים תתי מינים רבים בעלי הגנה צולבת ברמה משתנה. המחלה מאופיינת בחום גבוה ונגעים שלפוחיתיים בטלפיים, בפה באף, בלשון ובעטינים. בחיות צעירות המחלה עלולה להביא למוות פתאומי בעקבות דלקת בשריר הלב. התחלואה נמשכת כשבעה ימים בהם כנראה מתקיימת עיקר ההדבקה. יחד עם זאת הדבקה יכולה להימשך עד 28 יום. בבקר שנדבק בנגיף לעיתים קיים מצב נשאות אשר עלול להימשך מספר חודשים רב אך משמעותו בהדבקה לא ידועה וכנראה פחותה.

התפרצויות פוֹיִט עלולות לגרום לנזקים כלכליים אדירים. בין ההתפרצויות המפורסמות שארעו ב- 25 השנים האחרונות הן התפרצויות של המחלה ב- 1997 בטיוואן, ב- 2001 בבריטניה וב- 2010 בדרום קוריאה. התפרצויות אלו גרמו לנזקים הנאמדים במאות מיליוני דולרים. בישראל, המחלה מתפרצת כמעט מדי שנה והנזקים לה היא גורמת נאמדים במאות אלפי דולרים בשנה. לכך ניתן להוסיף עלות שנתית מוערכת של כמיליון וחצי דולר עבור חיסונים כנגד פוֹיִט. ללא חיסון העלות השנתית המוערכת עקב נזקים מן המחלה נאמדים ב- עשרות מיליוני דולרים. חיסון כנגד פה וטלפיים הוא כיום בגדר חובה. הוא מתבצע לראשונה בבקר ובצאן בגיל 3-6 חודשים ולאחר מכן אחרי מתן מנת דחף, מדי שנה. ההיענות לחיסון היא שונה מאד בין הסקטורים השונים. בבקר לחלב ההיענות היא גבוהה מאד בעוד בעדרי בקר לבשר היא נמוכה יותר. עדרים אלו מהווים את אחד המקורות לעגלי פיטום המועברים פעמים רבות למפטמות המצויות בקרבתם של עדרי בקר לבשר. בצאן ההיענות משתנה גם כן, מהיענות גבוהה בעדרים מסחריים ועד הענות נמוכה מאד בעדרים משפחתיים קטנים. בעת התפרצות מוטל על המשק הנגוע הסגר במסגרתו לא ניתן להעביר בעלי חיים למשקים אחרים שמחוץ לאזור ההתפרצות במשך 30 יום מתום הסימנים, וזאת בתנאי שאין התפשטות למקומות אחרים, בעלי החיים חוסנו פעמיים לפחות ומשק היעד חוסן לפני חודשיים לכל היותר. על משקים הנמצאים ברדיוס של 10 ק"מ מן המשק הנגוע מוטל הסגר דומה שמשכו 15 יום, עם הגבלות נוספות. הסגרים אלו נושאים בחובם הפסדים כלכליים ניכרים ולכן ביצוע מושכל שלהם (החמרה או הפחתה במידת הצורך) יאפשר מניעה של הפסדים כלכליים מיותרים.

בשנת 2022 החלה בישראל התפרצות פה וטלפיים חריגה בהיקפה הן ברשות הפלסטינית והן בישראל. למעשה, ההתפרצות אובחנה לראשונה ברשות הפלסטינית בדצמבר 2021. האירוע הראשון במשק ישראלי ארע בתחילת פברואר בעדר בקר לבשר במעלה שומרון וגרם לתמותה של 22 פרות בוגרות, 6 עגלות בנות כחצי שנה ו- 7 עגלים צעירים. בחודשים הבאים התפשטה המחלה למשקי צאן, מפטמות, עדרי בקר לבשר ורפתות חלב בעיקר באזור השרון והעמקים אך המשיכה גם לאזור הגליל המערבי, בדרום ברהט ובמושב פדויים. לאחר מכן הקראה התפשטות לגליל העליון ולרמת הגולן. בנוסף נפגעו משקי חזירים באעבלין. בסך הכל, דווחו 93

אירועים בישראל. זוהי התפרצות שחריגה לא רק בהיקפה, אלא גם במספר רפתות החלב המעורבות (36 רפתות). מאחר והחיסון בעדרים מבוצע ברוב המקרים בהתאם להנחיות, קיים חשד שסיבה משמעותית להתפרצות היא כשל בתפקוד החיסון אל מול הזן המתפרץ. הזן שבודד הוא מסרוטיפ O מתת שושלת הגנטית O/ME-SA/PanAsis2ANT¹⁰. ניתוח רצפים המקודדים לחלבון הנגיפי VP1, שנעשה במכון הווטרינרי לכלל בידודי ההתפרצות בישראל נמצאה זהות גבוהה בין הבידודים ובינם לבידודים מהרשות הפלסטינית. מבחני נטרול נגיף שנעשו עם סרומים של פרות שחוסנו בתרכיב הרב-ערכי בו נעשה שימוש בישראל הצביעו על כיוון נמוך יחסית של נוגדנים מנטרלים. מבחני התאמה (Vaccine matching) שנעשו במעבדת הייחוס העולמית לפו"ט בפירברייט הצביעו על התאמה בינונית לזנים שבתרכיב בשימוש בישראל.

עקב משכה הארוך של ההתפרצות נוצר מצב שהגבלות התנועה בעצמן יצרו מעמסה גדולה על הרפתנים והמפטמים ואף הובילו לפגיעה ברווחת בע"ח במשקים בשל צפיפות מוגברת ונוצר הצורך באיסוף מידע בנוגע ליעילות האמצעים המופעלים על מנת למגר את התפשטות המחלה. אל מול גודלה של ההתפרצות עלו מספר שאלות משמעותיות: מהי מידת היעילות של הסגר על התפשטות המחלה ומהי יעילות חיסון החירום? האם החיסון מונע התפשטות ובאיזו מידה מפחית הופעת מחלה או את חומרתה? מה התרומה של הדבקת החזיריות להתפשטות המחלה? האם מדובר בחזירות חוזרות ונשנות מהרשות הפלסטינית לישראל או שבחזירות בודדות והתפשטות בתוך ישראל? האתגרים שמדינת ישראל עומדת בפניהם הם ייחודיים מאחר והיא כמעט המדינה המתקדמת היחידה שמחסנת בקר ומתמודדת עם התפרצויות כמעט מדי שנה.

מטרות המחקר:

מטרות המחקר מתמקדות בשני תהליכים עיקריים:

1. אופן ההדבקה ומעבר הנגיף - קביעת גורמי הסיכון להדבקה בין עדרים כתלות של מרחק, בעל-חיים, סקטור וקשר אתני
2. רמת ההגנה שמקנה החיסון - קביעת הקשר בין המרחק מחיסון אחרון ובין הסיכון למעבר בין סקטורים של בעלי חיים, הדבקה ותחלואה

תוצאות המחקר -

המחקר כלל כמור שני רכיבים עיקריים:

- 1) ניתוח פילוגנטי ודינמיקת הדבקה
 - א) ריצוף גנום מלא של נגיפים
 - ב) ניתוח(BEAST (BDMM-Prime
 - ג) חישוב Re ו-Markov jumps
 - ד) ניתוח מעבר בין הסקטורים השונים
- 2) ניתוח אפידמיולוגי
 - א) נתונים מ-36,753 פרות
 - ב) התאמת מודלים לינאריים מעורבים לנתונים
 - ג) מטא-אנליזה בין משקים כדי לבדוק את השפעת זמן חיסון החירום על הפסדי חלב
 - ד) ניתוח הישרדות

1. ניתוח פילוגנטי ודינמיקת הדבקה:

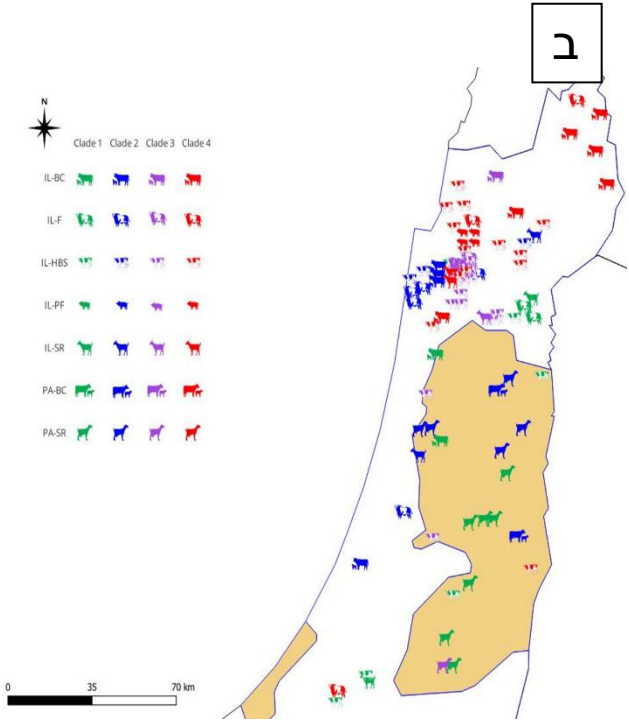
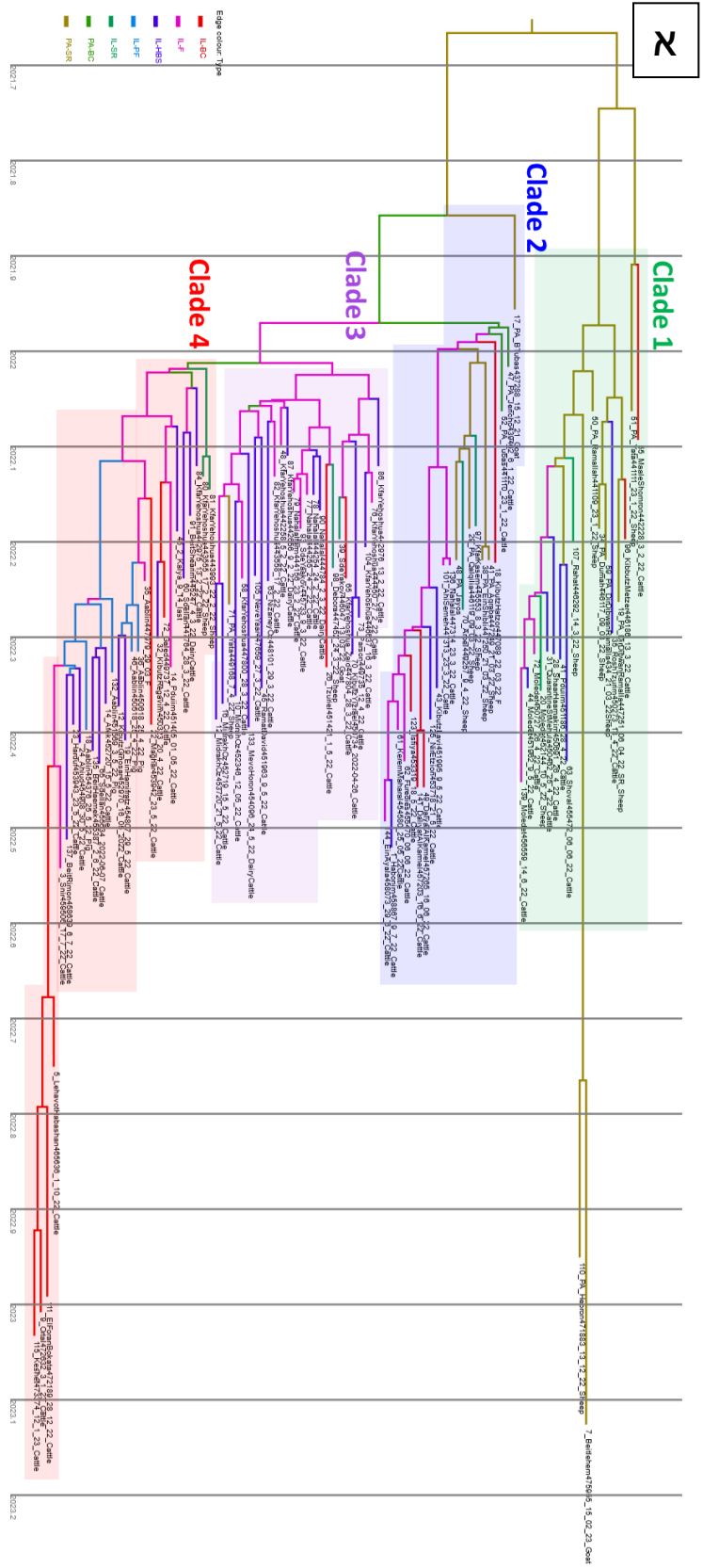
בסך הכל בודדו 93 נגיפים ורוצפו ריצוף מלא. הניתוח בוצע באמצעות תוכנת Beast2 שפותחה במיוחד לצורך ניתוחים אפידמיולוגיים מהסוג הזה. בעלי החיים בישראל וברשות הפלסטינית חולקו ל-7 סקטורים:

1. בקר לבשר בישראל – IL-BC
2. מפטמות בישראל – IL-F
3. משקים אינטנסיביים ברמת בטיחות ביולוגית יחסית גבוהה: בקר לחלב בעיקר, אך גם צאן לחלב ומשקי בית ספר – IL-HBS
4. משקי חזירים בישראל – IL-F
5. משקי צאן בישראל – IL-SR
6. בקר לבשר ברשות הפלסטינית – PA-BC
7. צאן ברשות הפלסטינית – PA-SR

תרשים 1א הוא תרשים פילוגנטי המציג את המעברים המסתברים ביותר (Maximum clade credibility tree). כל אחד מהסקטורים נצבע בצבע שונה על פי המקרא בתרשים. צבע הקו המוביל לבידוד מסויים מציג את המקור המסתבר ביותר להדבקה. התרשים מצביע על לפחות ארבע זרועות התפשטות מקבילות המאורגנות ב-4 צברים (clades). המפה בתרשים 1ב צבועה לפי צבע הצברים המופיעים בתרשים 1א. טבלאות 1 ו-2 מראות בהתאמה את Re שהוא מספר המעברים הממוצע לסקטור אחר פר משק אחד נגוע, במהלך ההתפרצות ואת מספר המעברים הממוצע בין סקטורים (ממוצע של 180 מיליון הרצות)

מעיון במפה, בעץ הפילוגנטי ובשתי הטבלאות ניתן להגיע למספר מסקנות:

- א. מקור ההתפרצות כולה הוא בהסתברות גבוהה מצאן ברשות הפלסטינית.
- ב. המעבר ארע באמצעות העברת צאן ובקר מהרשות הפלסטינית אל תוך גבולות ישראל ולאחר שההגעה לישראל, התפשט ממפטמות לעדרי בקר לחלב קרובים.
- ג. הדבקת משק החזירים באעבלין שיחקה גם היא תפקיד חשוב בהפצת הנגיף למשקי בקר לחלב. ההדבקה היא מקומית בעיקר ונובעת מיכולת ההפצה המשמעותית של חזירים לאחר הדבקתם במחלה.
- ד. שני הגורמים הללו הביאו להתפרצות יחסית ממוקדת עם פגיעה בבקר לחלב בעיקר באזור הגליל המערבי, מורדות הכרמל ועמק יזרעאל. ניתן לראות בבירור כי הצבר המסומן במפה ובעץ הפילוגנטי בצבע ירוק הוא אמנם ממושט גיאוגרפית אך פוגע בהרבה פחות משקים כאשר שאר המשקים וזאת אולי משום שהמפטמות שנפגעו מצבר זה נפגעו רק בשלהי ההתפרצות.
- ה. טבלה 1 מצביעה על כך ש-Re של בקר לחלב הוא נמוך במיוחד בהשוואה לסקטורים אחרים. מכך ניתן להסיק כי בקר לחלב מהווה ברוב המקרים dead end ואין לו משמעות בהעברת הנגיף לסקטורים אחרים.
- ו. בקר לבשר ברמת הגולן נפגע מאוחר יותר במהלך ההתפרצות, כנראה כתוצאה מהעברת עגלים לאזור ממפטמות או מעדרי בקר לחלב. חשוב להדגיש זאת כדי להבין שאין מדובר בחדירה מקבילה מסוריה או לבנון אלא בהמשך ההתפרצות אשר התקיימה בישראל.
- ז. מהנתונים המוצגים בטבלה 2 ניתן לראות כי בהסתברות גבוהה התקיים גם מעבר בכיוון ההפוך מבקר לבשר בישראל, אל הרשות הפלסטינית. מגבלות הניתוח לא מאפשרות הפרדה בין בקר לבשר ברמת הגולן לבקר לבשר בשאר האזורים, אולם מהעץ הפילוגנטי ניתן לראות כי משקי הבקר לבשר המקדימים חלק מבידודי הנגיף ברשות הפלסטינית מצויים רק בצבר הירוק ומדובר בקיבוץ מצר ומעלה שומרון המצויים בשומרון. המשמעות היא שייכתן מעבר ממשקים אלו לבקר ברשות הפלסטינית עקב קרבה גיאוגרפית, או לחלופין, מדובר במעבר מקביל בתוך משקים פלסטיניים אשר לא מבוטא בעץ עקב תת דגימה של המשקים שם.



תרשים 1:

- א. עץ פילוגנטי (most credible clade) המתאר את המעברים המסתברים ביותר בין הסקטורים. צבא הקו מייצג את הסקטור המעביר בעץ המסתבר ביותר על פי המקרא בעץ הפילוגנטי. צבע הרקע מתאר את חלוקה לארבעה צברי התפשטות שונים.
- ב. מפה המתארת את התפשטות ארבע הצברים בישראל וברשות הפלסטינית.

טבלה 1: Re פוסטריורי בכל אחד משבעת הסקטורים. ה Re פריור נלקח מעבודות אשר בדקו R0 בבעלי חיים שונים.

Re – effective reproduction rate

| | IL-BC | IL-F | IL-HBS | IL-PF | IL-SR | PA-BC | PA-SR |
|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Prior | 2.52 | 2.52 | 1.98 | 8.54 | 1.14 | 2.52 | 1.14 |
| Posterior | 0.779 | 0.783 | 0.253 | 0.714 | 0.519 | 0.717 | 1.103 |

טבלה 2: מספר מעברים אינטר סקטוריאליים ממוצע פי 180 מליון הרצות של המודל.

Mean number of ancestral migrations

typeMappedTree.count_XX_to_YY

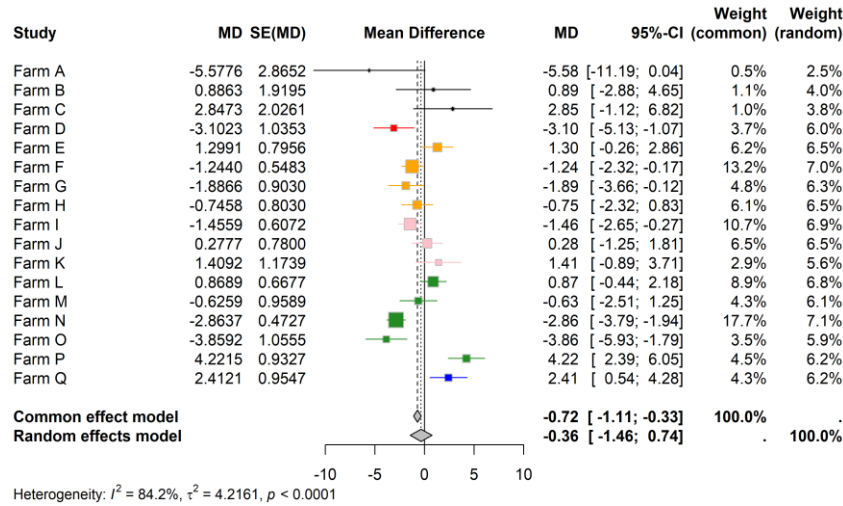
| To \ From | IL-BC | IL-F | IL-HBS | IL-PF | IL-SR | PA-BC | PA-SR |
|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| IL-BC | - | 1.403 | 3.44 | 0.747 | 1.009 | 0.725 | 2.024 |
| IL-F | 4.183 | - | 10.555 | 2.308 | 2.639 | 1.624 | 3.504 |
| IL-HBS | 1.107 | 0.94 | - | 0.458 | 0.588 | 0.395 | 0.966 |
| IL-PF | 2.684 | 2.6 | 6.723 | - | 1.561 | 1.088 | 2.3 |
| IL-SR | 1.145 | 0.779 | 1.948 | 0.439 | - | 0.399 | 0.983 |
| PA-BC | 4.22 | 4.282 | 8.972 | 2.203 | 2.735 | - | 3.821 |
| PA-SR | 4.31 | 2.619 | 5.323 | 1.487 | 2.481 | 1.763 | - |

2. ניתוח אפידמיולוגי של ההתפרצות:

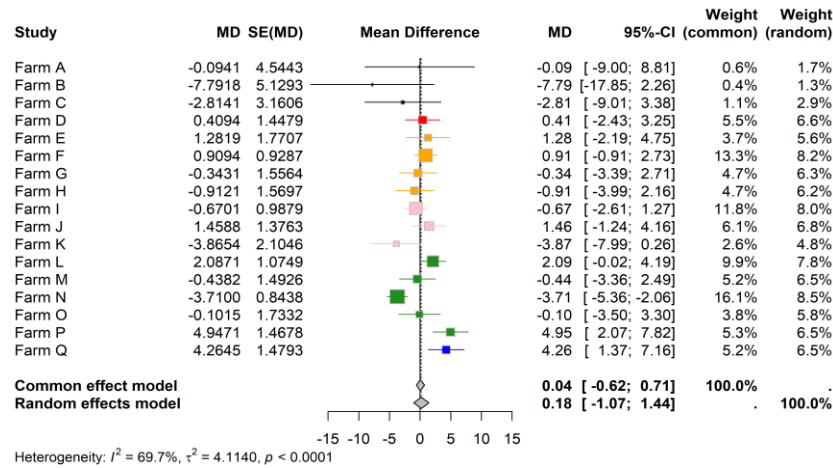
א. השפעת המחלה וחיסון הדחף על ייצור חלב:

הניתוח התבסס כאמור על נתוני ייצור חלב, תחלואה ותמותה של כ-36,753 פרות מ-17 רפתות שנפגעו בהתפרצות הפה והטלפיים בשנת 2022, תוך השוואה לתקופות מקבילות בשנים 2018–2021. לצורך הערכת השפעת ההתפרצות על תפוקת החלב נעשה שימוש במודלים לינאריים מעורבים ברמת המשק והפרה, כאשר תוצאות המשקים שולבו באמצעות מטא-אנליזה. תוצאות המטא-אנליזה מוצגות עבור תחלובות 1 ו-2 בתרשים 2. התוצאות לתחלובות 3 ולתחלובה 4 ומעלה דומות מאד לאלו של תחלובה 2 ואינן מוצגות מפאת חסר מקום. ממצאים מצביעים על השפעה דיפרנציאלית של ההתפרצות בהתאם למספר התחלובה. בפרות בתחלובה ראשונה נמצאה ירידה מובהקת סטטיסטית בתפוקת החלב, אשר נעה בטווח של 0.33 עד 1.11 ק"ג חלב לפרה ליום (P < 0.001). לעומת זאת, בפרות בתחלובות מתקדמות יותר לא נמצאה ירידה מובהקת בתפוקת החלב, דבר המצביע על רגישות גבוהה יותר של פרות צעירות להשפעת המחלה, לצד עמידות יחסית בפרות בוגרות. ניתוח התוצאות ברמת המשקים הצביע על שונות מסוימת בגודל האפקט בין משקים שונים, אולם הכיוון הכללי היה עקבי, כפי שמשקף בגרפי ה forest plot המוצגים בקובץ, בהם ניכרת ירידה בתפוקה בתחלובה ראשונה בלבד, בעוד שבשאר קבוצות התחלובה האפקט מתקרב לאפס. בחינת השפעת תזמון מתן מנת הדחף (booster) העלתה כי לא קיימת השפעה מובהקת של מועד החיסון על תפוקת החלב. משקים שחוסנו לפני תחילת ההתפרצות לא הראו יתרון מובהק בהשוואה למשקים שחוסנו לאחר תחילתה. ממצא זה עקבי גם בניחות הגרפי, בו משקים מסודרים לפי מועד החיסון אינם מציגים מגמה ברורה של שינוי בגודל האפקט, דבר התומך בכך שתזמון מנת הדחף אינו גורם מרכזי בקביעת הפגיעה היצרנית במהלך ההתפרצות.

תחלובה ראשונה:



תחלובה שנייה:



תוצאות:

מטא-אנליזה של תפוקת חלב בתחלובות 1 ו-2. כל שורה מייצגת את ההפרש בין תפוקת החלב היומית הממוצעת של משק עבור פרות בשנת 2022 והתפוקה בשנים שקדמו לה... ערכים חיוביים מצביעים על תפוקה גבוהה יותר ביחס לתפוקת החלב היומית הממוצעת של פרות בתחלובה רביעית ומעלה באותם משקים בשנים 2018–2021; ערכים שליליים מצביעים על תפוקה נמוכה יותר. הצבעים מייצגים את מספר הימים מההתפרצות ועד למתן מנת הדחף: שחור (חוסנו לפני ההתפרצות), אדום (0 ימים), כתום (יום אחד), ורוד (יומיים), ירוק כהה (3 ימים), כחול (5 ימים).

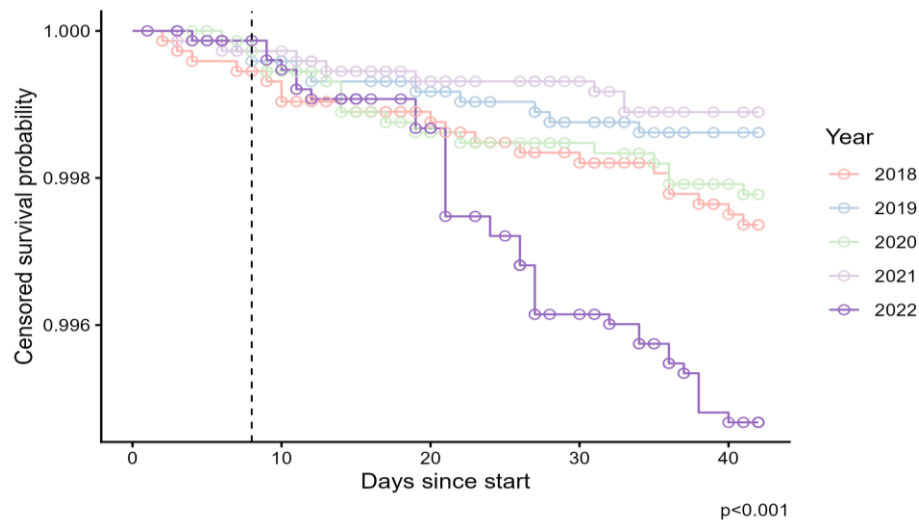
טבלה 3 : ניתוח ההפסד הממוצע של חלב בתקופת ההתפרצות, בהשוואה לשלוש שנים קודמות בתחלובות 1, 2, 3 ו 4 <

| Lactation | Random Effects Model | Common Effects Model |
|-----------|----------------------|-----------------------------|
| One | -0.36 (-1.46 – 0.74) | -0.72 (-1.11– -0.33) |
| Two | 0.18 (-1.07 – 1.44) | 0.04 (-0.62 – 0.71) |
| Three | -0.43 (-1.69 – 0.84) | -0.54 (-1.41 – 0.33) |
| Four + | -0.46 (-1.81 – 0.9) | -0.39 (-1.23 – 0.45) |

2. השפעת המחלה על הישרדות קצרת טווח :

הערכת התמותה והיציאה מהעדר בוצעה באמצעות ניתוח הישרדות, שכלל עקומות Kaplan–Meier (תרשים 3) ומודלים מסוג Cox. מניתוח זה עולה כי שיעורי התמותה הכוללת נותרו נמוכים במהלך שנת ההתפרצות ולא נצפתה עלייה משמעותית בתמותה בהשוואה לשנים קודמות. עם זאת, נמצא כי במהלך שנת 2022 חלה עלייה מובהקת ביציאות לא מתוכננות מהעדר (unplanned culling), הכוללות סילוק עקב מחלה, תמותה או בעיות בריאות אחרות. עקומות הישרדות המוצגות בקובץ מדגימות ירידה בהסתברות הישרדות היחסית במהלך תקופת ההתפרצות, והבדלים אלו נמצאו מובהקים גם במבחני log-rank.

ממצאים אלו מצביעים על כך שהשפעת המחלה אינה מתבטאת בעלייה חדה בתמותה, אלא בעיקר בפגיעה ברווחת הפרה וביציבות הייצור, המתורגמת לעלייה בשיעור היציאות מהעדר. בהתאם לכך, ההשפעה הכלכלית הישירה של המחלה על ייצור החלב נראית מוגבלת יחסית, ומתמקדת בעיקר בפרות בתחלובה ראשונה.



תרשים 3:

עקומות הישרדות בשנת 2022 (התפרצות פו"ט) ותקופה מקבילה בארבע השנים הקודמות (ללא התפרצות)

מסקנות והמלצות:

בסיכום, תוצאות המחקר מצביעות על כך שמעבר של בקר וצאן מהרשות הפלסטינית הביאו להתפרצות הנוכחית. המעברים הללו לא היו מספיקים כדי לגרום להתפרצות גדולה כל כך כפי שארע ב-2022. הגורמים לגודלה יוצא הדופן של ההתפרצות קשורים בהדבקה של מפטמות בישראל, וככל הנראה הפצת עגלים נגועים ממפטמות אלו ופיזור למשקים אחרים, בעיקר לרפתות חלב וכן להדבקה מסיבית של משקי חזירים באעבלין. הניתוח מצביע על החשיבות העצומה שבמניעת מעבר בלתי חוקי כזה של בקר וצאן מהרשות אל תוך ישראל ובצורך הגדול בשמירה על בטיחות ביולוגית ובמיוחד מניעת הפצת עגלים ממפטמות.

הניתוח האפידמיולוגי מצביע על כך שהתפרצות הפה והטלפיים בשנת 2022 גרמה לירידה מתונה וממוקדת בתפוקת החלב, ללא השפעה רחבה על כלל האוכלוסייה היצרנית. החיסון השנתי הנהוג בישראל נמצא יעיל בהפחתת הפגיעה היצרנית, בעוד שתזמון מנת הדחף לא השפיע באופן מובהק על תוצאות הייצור. יודגש כי יש חשיבות עליונה למתן חיסון הדחף והניתח הנוכחי רק מראה כי ברקע של חיסון רוטיני, איחור של מספר ימים במתן חיסון הדחף אינו הרה אסון אך אין ללמוד מכך שאפשר להתעכב עם מתן מנת חיסון הדחף. הנתונים המובאים כאן מאפשרים תכנון מושכל של מתן החיסון תוך מתן קדימויות לאזורים נגועים וכיסוי חיסוני מלא לפני מעבר לאזורים שטרם נפגעו. לצד זאת, העלייה ביציאות הלא מתוכננות מהעדר מצביעה על השפעה תת-קלינית או עקיפה של המחלה, אשר יש להביאה בחשבון בהערכת הנזק הכולל.

אנו מודים למועצה לענף החלב אשר בזכות המימון שהעניקה לביצוע המחקר, אפשרה לבצע עבודה חשובה זו אשר לפי דעתנו, לתוצאותיה השלכות רחבות על ניהול התפרצויות פה וטלפיים בעתיד.