



2000-2002

תקופת המחקר:

356-0360-02

קוד מחקר:

Subject: MOST EFFICIENT USE OF CONTROL SYSTEMS IN BROILER HOUSES TO IMPROVE THERMOREGULATION IN HOT ENVIRONMENT.

Principal investigator: YAHAV SHLOMO

Cooperative investigator: LEVANA KORDOVA, COHEN SHABTAI, JOSEF TANNY

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O.)

שם המחקר: מיצוי מירבי של מערכות בקרה בלולים לסיפור מאזן חום בפטמים עם המעבר לאיזור גידול חמים.

חוקר ראשי: שלמה יהב

חוקרים שותפים: לבנה קורדובה, שבתאי כהן, יוסף טנאי

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

תקציר

עבודה זו העמידה במרכזה 3 מטרות מחקריות עיקריות והן: א. כימות השינויים בתרמורגולציה של העוף הבודד הנחשף לחום ואוורור וזאת תוך שימוש במודל לזרימת אנרגיה מהעוף הקובע מהם המשתנים הפיסיקליים הדרושים להערכת מוליכות חום בפטמים כפונקציה של תנאי מיקרואקלים. ב. כימות ההתנהגות הפיסיולוגית של העוף בלחקה השלמה על מנת לתת כלים ניהוליים למגדל, כלים הקשורים בהפעלת מערכות בקרה אקלימיות בלולים. ג. כימות מאזן אמוניה בלול כפונקציה של שינויים בדיאטת החלבון ובתנאי הסביבה.

המחקר התבצע בשני מישורים עיקריים: א. קביעת מאזן אנרגיה של הפטם בסביבה בה טמפרטורת הסביבה גבוהה ומהירות האוויר משתנה, תוך שימוש בהדמיה תרמית למדידת טמפרטורת שטח פני העוף, פיתוח מודל לזרימת אנרגיה משטח פני העוף לסביבה, מאזן משק אנרגיה ומים בעוף וחישוב האנרגיה לגדילה ולקיום. ב. קביעת מאזן חנקן בפטם תוך שימוש בדיאטות בעלות ריכוז חלבון שונה המוחלף בחומצות אמינו, בחינת השפעת משתנים אילו ומשתני סביבה על ייצור אמוניה, ופיתוח מודל ליצירת אמוניה בלול בהסתמך על תוצאות הניסויים.

המסקנות העיקריות הן: א. שימוש מושכל באוורור אורך בלולים מאפשר שיפור משמעותי מאד בביצועי עופות. ב. הסלקציה הגנטית לגדילה בפטמים היא כה חזקה עד כי גם במצבי קיצון שבהם קיים קושי אמיתי של העוף לאזן את משק האנרגיה, הוא יפנה אנרגיה לגדילה על חשבון קיום. ג. המודל שפותח למעבר אנרגיה, מהעוף הבודד, או בלחקה, לסביבה מהווה בסיס לחישוב אובדן חום מעופות בצפיפויות גבוהות ושונות (עד 18 עופות למ"ר) ובתנאי טמפרטורות סביבה שונים ומהווה מסד חשוב להמשך המחקר בנושא שיאפשר קבלת החלטות הקשורות בניהול הלול בתנאי סביבה שונים. ד. אמוניה באווירת הלול פוגעת משמעותית בביצועי פטמים. ה. ניתן להקטין באופן משמעותי את ייצור האמוניה בלול על ידי הקטנת ריכוז החלבון בדיאטה בכ-4% מ-21% המקובל ל-17%, זאת תוך שימוש בחלופה של חומצות אמינו לזין ומטיונין. ו. הפגיעה בביצועי הפטמים כתוצאה מהחלפת 4% חלבון בחומצות אמינו אינו משמעותי, אולם מחייב התייחסות כלכלית שאינה בתחום מחקר זה.

המסקנות לביצוע ממחקר זה הינן:

א. יש להשתמש באוורור אורך בטמפרטורות סביבה גבוהות. המהירות האופטימלית לפטמים הינה 2 מ/שניה.

ב. ניתן להקטין את ריכוז החלבון במנת המזון לפטמים ל-17% תוך שימוש בחלופות של לזין ומטיונין. (המלצה זו הינה בכפוף לבחינה כלכלית).

עם זאת יש לציין כי יש עדיין מלאכה מרובה להשלמת התמונה על מנת שתשמש מצע להחלטות ניהוליות. ההשלמה היא בתחום בחינת תנאי סביבה שונים והשפעתם על העוף (טמפרטורות סביבה שונות, צפיפויות שונות בלול, גילאים שונים של העוף ועוד).

4. רשימת פרסומים

Yahav, S., Straschnow, A., Wax, E., Razpakovski, V. and Shinder, D. (2001). Wind velocity alters broiler performance subjected to harsh environmental conditions. *Poult. Sci.* 80: 724-726.

Yahav, S. (2001). Different strategies to alleviate stress in poultry production. *13th Eur. Symp. Poult. Nutr.* pp. 233-236.

Yahav, S. (2001). Effects of temperature, RH and wind speed on performance parameters and welfare. *Proceeding of the 15th Eur. Symp. Quality of Poult. Meat. R. W. A. Mulder and S. F. Bilgili (eds.)*. pp. 67-71.

Yahav, S. (2002). Heat stress in broilers - Estrés de Calor en Pollos. *LX Inter. Poult. Symp. AMEVEA - E, Ecuador*, pp. 1-14.

Straschnow, A., S., Cohen, Tanny, Y., Luger, D., Shinder, D., and Yahav, S. (2003). Sensible heat loss – its contribution to energy balance of fast growing broilers exposed to harsh environmental conditions. (in preparation).

Cohen, S., Tanny, Y., Plavnik, I. and Yahav, S. (2003). Ammonia production, its association with protein diet concentration. (in preparation).

דו"ח לתוכנית מחקר מס' 02-0360-356

מיצוי מירבי של מערכות בקרה בלולים לשיפור מאזן החום בפסמים עם המעבר לאיזורי גידול חמים

Efficiency use of control systems in broiler houses to improve thermoregulation in hot environment

שלמה יהב מכון לחקר בע"ח, מינהל המחקר החקלאי
שבתאי כהן מכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
יוסי טנאי מכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי

Shlomo Yahav Institute of Animal Science, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan, P.O.Box 6, 50250.

vlyahav@agri.gov.il

Shabtai Cohen Institute of Soil Water and Environmental Sciences, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan, P.O.Box 6, 50250. vwshp@agri.gov.il


Josef Tanny Institute of Soil Water and Environmental Sciences, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan, P.O.Box 6, 50250. tanai@agri.gov.il

מרס 2003

אדר תשס"ג

2. הממצאים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים בחלקם כן

חתימת החוקר 

3. תקציר

עבודה זו העמידה במרכז 3 מטרות מחקריות עיקריות והן: א. כימות השינויים בתרמורגולציה של העוף הבודד הנחשף לחום ואוורור וזאת תוך שימוש במודל לזרימת אנרגיה מהעוף הקובע מהם המשתנים הפיסיקליים הדרושים להערכת מוליכות חום בפסמים כפונקציה של תנאי מיקרואקלים. ב. כימות ההתנהגות הפיסיולוגית של העוף בלחקה השלמה על מנת לתת כלים ניהוליים למגדל, כלים הקשורים בהפעלת מערכות בקרה אקלימיות בלולים. ג. כימות מאזן אמוניה בלול כפונקציה של שינויים בדיאטת החלבון ובתנאי הסביבה.

המחקר התבצע בשני מישורים עיקריים: א. קביעת מאזן אנרגיה של הפסם בסביבה בה טמפרטורת הסביבה גבוהה ומהירות האוויר משתנה, תוך שימוש בהדמיה תרמית למדידת טמפרטורת שטח פני העוף, פיתוח מודל לזרימת אנרגיה משטח פני העוף לסביבה, מאזן משק אנרגיה ומים בעוף וחישוב האנרגיה לגדילה ולקיום. ב. קביעת מאזן חנקן בפסם תוך שימוש בדיאטות בעלות ריכוז חלבון שונה המוחלף בחומצות אמינו, בחינת השפעת משתנים אילו ומשתני סביבה על ייצור אמוניה, ופיתוח מודל ליצירת אמוניה בלול בהסתמך על תוצאות הניסויים.

המסקנות העיקריות הן: א. שימוש מושכל באוורור אורך בלולים מאפשר שיפור משמעותי מאד בביצועי עופות. ב. הסלקציה הגנטית לגדילה בפסמים היא כה חזקה עד כי גם במצבי קיצון שבהם קיים קושי אמיתי של העוף לאזן את משק האנרגיה, הוא יפנה אנרגיה לגדילה על חשבון קיום. ג. המודל שפותח למעבר אנרגיה, מהעוף הבודד, או בלחקה, לסביבה מהווה בסיס לחישוב אובדן חום מעופות בצפיפויות גבוהות ושונות (עד 18 עופות למ"ר) ובתנאי טמפרטורות סביבה שונים ומהווה מסד חשוב להמשך המחקר בנושא שיאפשר קבלת החלטות הקשורות בניהול הלול בתנאי סביבה שונים. ד. אמוניה באווירת הלול פוגעת משמעותית בביצועי פסמים. ה. ניתן להקטין באופן משמעותי את ייצור האמוניה בלול על ידי הקטנת ריכוז החלבון בדיאטה בכ-4% מ-21% המקובל ל-17%, זאת תוך שימוש בחלופה של חומצות אמינו לזיקין ומטיונין. ו. הפגיעה בביצועי הפסמים כתוצאה מהחלפת 4% חלבון בחומצות אמינו אינו משמעותי, אולם מחייב התייחסות כלכלית שאינה בתחום מחקר זה.

המסקנות לביצוע ממחקר זה הינן:

- א. יש להשתמש באוויר אורך בטמפרטורות סביבה גבוהות. המהירות האופטימלית לפטמים הינה 2 מ/שנייה.
- ב. ניתן להקטין את ריכוז החלבון במנת המזון לפטמים ל-17% תוך שימוש בחלופות של ליזין ומטיונין. (המלצה זו הינה בכפוף לבחינה כלכלית).

עם זאת יש לציין כי יש עדיין מלאכה מרובה להשלמת התמונה על מנת שתשמש מצע להחלטות ניהוליות. ההשלמה היא בתחום בחינת תנאי סביבה שונים והשפעתם על העוף (טמפרטורות סביבה שונות, צפיפויות שונות בלול, גילאים שונים של העוף ועוד).

4. רשימת פרסומים

- Yahav, S., Straschnow, A., Wax, E., Razpakovski, V. and Shinder, D. (2001). Wind velocity alters broiler performance subjected to harsh environmental conditions. *Poult. Sci.* 80: 724-726.
- Yahav, S. (2001). Different strategies to alleviate stress in poultry production. *13th Eur. Symp. Poult. Nutr.* pp. 233-236.
- Yahav, S. (2001). Effects of temperature, RH and wind speed on performance parameters and welfare. *Proceeding of the 15th Eur. Symp. Quality of Poult. Meat. R. W. A. Mulder and S. F. Bilgili (eds.)*. pp. 67-71.
- Yahav, S. (2002). Heat stress in broilers - Estrés de Calor en Pollos. *LX Inter. Poult. Symp. AMEVEA - E, Ecuador*, pp. 1-14.
- Straschnow, A., S., Cohen, Tanny, Y., Luger, D., Shinder, D., and Yahav, S. (2003). Sensible heat loss - its contribution to energy balance of fast growing broilers exposed to harsh environmental conditions. (in preparation).
- Cohen, S., Tanny, Y., Plavnik, I. and Yahav, S. (2003). Ammonia production, its association with protein diet concentration. (in preparation).

שלמה יהב, עמיר סטרשנוב, אליהו ווקס (2001). השפעת מהירות אוויר על ביצועי פטמים שנחשפים לתנאי סביבה קשים במהלך הקיץ. משק העופות (אוגוסט): 11-13.

שלמה יהב (2002). השפעת גז אמוניה על ביצועי פטמים במהלך גידול בטמפרטורת סביבה גבוהה. משק העופות (נובמבר דצמבר): 14-16.

ג. מבוא כללי

ענף הלול בישראל שערכו נאמד ב-2.7 מיליארד שקל בשנה, מהווה כ-20% מסך התפוקה החקלאית. ענף הפטמים מהווה 43% מסך הכנסות הענף, ומייצר 300,000 טון גידול חי. חלק ניכר מהגידול עובר ויעבור בעתיד מאזורים אורבניים צפופי אוכלוסין לפריפריה בעיקר לנגב ולרמת הגולן. אזורים אלו מאופיינים בטמפרטורות סביבה גבוהות במהלך האביב, הקיץ והסתיו המלוות בלחות יחסית נמוכה. תנאי אקלים אילו פוגעים באופן משמעותי בביצועי הפטמים מחד, ובמקרים רבים גורמים לאחוזי תחלואה ותמותה גבוהים, הגורמים להפסדים משמעותיים לענף. ההשבה הגנטית לגדילה מואצת בפטמים ממשיכה בהתקדמותה וכבר כעת מדובר על פטמים שישווקו בגיל 5 שבועות במשקל שמעל 2 ק"ג. עם זאת ההשבה המואצת לא השכילה להשביח במידה דומה מערכות פיסולוגיות התומכות במאזן משק האנרגיה (המערכת הקרדיווסקולרית ומערכת הנשימה) כשם שהדבר נעשה במערכת השריר. לאור זאת עמידות הפטמים בתנאי עקת חום פוחתת ככל שההשבה הגנטית מתקדמת. חלק מהעמידות לתנאי עקה טמונים בידע להפעלה נכונה של אובדן חום יבש *sensible heat loss* על חשבון אובדן חום בידוף הפוגע בוויסות משק המים וכפועל יוצא בוויסות משק האנרגיה.

בחשיפה לחום לגורם האמוניה הנוצרת בהפרשת העופות בתהליכים אנאירוביים ואירוביים באמצעות חיידקים השפעה משמעותית על ביצועי העוף, על המגדל ועל הרכב גזי החממה באטמוספירה. מכאן שהיכולת מחד, לשפר את מאזן האנרגיה של העוף בעת חשיפה לעקות חום, ומאידך, להקטין את שחרור גז האמוניה מהפרשת אותם עופות, תהווה נידבך חשוב בהפקה מרבית מהעוף (יצרן הבשר) ותקטין את ההשפעה המזיקה לסביבה בדמות ייצור גז האמוניה.

מטרות המחקר העיקריות בפרויקט היו:

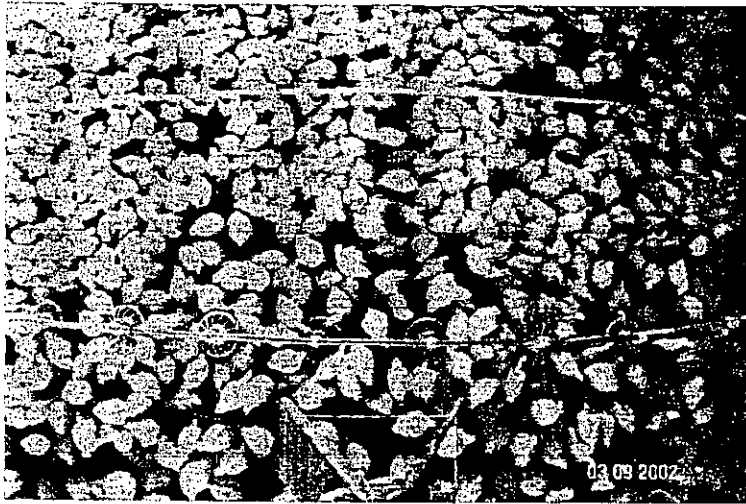
- א. לקבוע מהם המשתנים הפיסיקליים הדרושים להערכת מוליכות חום בפטמים כפונקציה של תנאי מיקרואקלים.
- ב. כימות אובדן חום בהלחתה וכתוצאה מתהליכי ווודילטציה.
- ג. כימות השינויים בתרמורגולציה של העוף הבודד בהשוואה לעוף המצוי בלהקה, איפיון וכימות התנהגות העופות.
- ד. בנית מודל לזרימת אנרגיה בעוף.
- ה. כימות מאזן אמוניה בלול כפונקציה של תנאי סביבה.
- ו. השלכות המודל על הפעלת מערכות בקרה בלולים.
- ז. פיתוח מערכת תמיכה בהחלטות ממשקיות הקשורות בגידול באיזור חם.

הדו"ח נחלק לשלושה חלקים: א. תוצאות הניסויים שנערכו השנה. ב. סיכום כללי של המחקר במשק האנרגיה. ג. סיכום כללי של המחקר בייצור אמוניה.

א. דיווח על הניסויים בשנת 2002**משק האנרגיה****1.1. מבוא**

התקהלות עופות במהלך גידולם ובעיקר בתקופות הגידול האחרונות 5-6 שבועות יוצרת השפעה דרמטית על מאזן האנרגיה של העוף. נושא התקהלות עופות נחקר בעבר לעומקו ע"י Wathes and Clark (1981 a,b,c). הם הראו שבשלב העוף הבוגר ייתכנו הבדלים של 40% באובדן חום בין העוף הבודד לעוף בהתקהלות, כאשר בהתקהלות איבוד החום נמוך יותר. השוואה בין התנאים בלולים שבהם Wathes et al ביצעו את מדידותיהם לבין הלולים בניסוי הנוכחי מורה כי בניסוי הנוכחי, בשלב הבוגר, הצפיפויות מתאימות להתקהלות מתמדת של הרוב הגדול של העופות. הדבר

נצפה במועדים שונים (איור 1-לול ניר גלים). לכן, בדו"ח זה יוצגו הנוסחאות שפותחו ע"י Wathes et al תוך אימות התוצאות ע"י ניסוי המודד ככלל את מעבר החום המוחשי מלהקת עופות שלמה בלול (ראה סעיף הבא).



איור 1. צילום של העופות בניר גלים לפני שיווק ב-3.9.02. הצפיפות הגבוהה כנראה גורמת להתקהלות תמידית של העופות.

את מעבר החום בהסעה, H (וואט/מ"ר), מלהקת עופות ניתן לחשב באופן הבא:

$$H = kNu (T_s - T_a) / d \quad (1)$$

כאשר k היא מוליכות תרמית של אוויר (וואט למ' למ"צ), Nu הוא מספר נוסלט, T_s (מ"צ) היא טמפרטורת שטח הפנים הממוצעת של העופות, T_a (מ"צ) היא טמפרטורת האוויר ו- d (מ') הוא האורך האופייני של העוף. עבור טמפרטורות שבין 15 ל-40 מ"צ ניתן לחשב את k לפי: $k = 0.0243 + 7 \times 10^{-5} T$; עבור תנאי הסעה חופשית, ועופות בהתקהלות נמצא: $Nu = 0.13Gr^{0.33}$; כאשר Gr הוא מספר גרסהוף. ערכו של מספר הנ"ל נאמד לפי: $d; Gr = 158d^3(T_s - T_a)$; האורך האופייני, ניתן לאמוד לפי: $d = 0.131W^{0.33}$; כאשר W הוא משקל העוף בק"ג. עבור עוף במשקל 2 ק"ג האורך האופייני הוא 0.165 מ'. הנוסחאות לעיל שימשו לחישוב מעבר החום של העופות בעוצמות רוח נמוכות האופייניות ללולים בלי מאווררים. טבלה 1 מציגה מספר דוגמאות של ערכים לחישובים הנ"ל.

טבלה 1: חישובים של מעבר חום בהסעה חופשית לפי נוסחאות Wathes and Clark.

								Individual	
H	k	Nu	Ta	Ts	d	W	Gr	area	W per
Wm-									
2			C	C	m	Kg		m2	chicken
10.94	0.0258	17.5	21	25	0.165	2 2821959	0.174	1.90	
11.09	0.0261	17.5	26	30	0.165	2 2821959	0.174	1.93	
11.24	0.0265	17.5	31	35	0.165	2 2821959	0.174	1.96	

מעבר חום בהסעה מלהקת עופות בלול מנהרה מבוקר

ניתן להראות שנוסחא (1) לעיל שווה לביטוי הבא עבור מעבר החום בהסעה, H (וואט/מ"ר), מלהקת עופות:

$$H = h_b \rho c_p (T_s - T_a) \quad (2)$$

כאשר ρ (ק"ג/מ"ק) היא צפיפות האוויר, c_p (ג'אול/ק"ג/מ"צ) הוא החום הסגולי של האוויר, T_s (מ"צ) היא הטמפרטורה החיצונית הממוצעת של העופות, T_a (מ"צ) היא טמפרטורת האוויר ו- h_b (מ"שני) הוא מקדם ההסעה בשכבת הגבול מעל להקת העופות.

הקושי העיקרי בחישוב זה הוא הערכה של מקדם ההסעה. תכונות האוויר (צפיפות וחום סגולי) כמעט קבועות, ואת טמפרטורות העופות והאוויר ניתן למדוד. מקדם ההסעה ניתן לחישוב ע"י מדידת פרופיל הרוח מעל להקת העופות וניתוח התוצאות כפי שיתואר להלן.

בלול מבוקר, קיימת זרימה תמידית פחות או יותר של האוויר מעל לעופות. במבנה מלבני, כוון הזרימה בדרך כלל לאורך המבנה כתוצאה מיניקת אוויר על ידי מאווררים המותקנים בדופן הקצר של המבנה. לפיכך, ניתן להניח כי מעל לעופות מתפתח פרופיל רוח לוגריתמי, המתאים לזרימה מעל נוף מחוספס. אם מפל הטמפרטורה האנכי בשכבת הגבול מעל לעופות הוא קטן, ניתן להניח כי שכבת הגבול היא ניטרלית ואז פרופיל הרוח נתון לפי:

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right), \quad (3)$$

כאשר u (מ"שני) היא מהירות הרוח בגובה z (מ') מעל פני הקרקע, u_* (מ"שני) היא מהירות החיכוך, $k (=0.41)$ הוא קבוע פון קרמן, d (מ') היא העתקת מישור האפס ו- z_0 (מ') הוא אורך החספוס. את מקדם ההסעה, h_b , בין גובה z' כלשהו מעל פני הקרקע לבין הגובה $d+z_0$ בו המהירות מתאפסת, ניתן לחשב לפי (Monteith & Unsworth 1990):

$$\frac{1}{h_b(z')} = \frac{1}{k^2 u(z')} \ln^2 \left(\frac{z'-d}{z_0} \right). \quad (4)$$

על ידי מדידת פרופיל המהירות והתאמתו לפרופיל הלוגריתמי בנוסחה (2), ניתן לקבל את הערכים של d ו- z_0 ומתוך משוואה (3) ניתן לחשב את מקדם ההסעה מעל להקת העופות.

ג. חומרים ושיטות

הניסוי נערך בלול מנהרה מבוקר במושב ניר גלים שמידותיו היו 96 X 12.5 מ"ר וגובהו במרכז 3.8 מ' ובצד 2.78 מ'. המבנה היה מאוורר ע"י 8 מאווררים בגודל 50" בתפוקה של 42150 מ"ק/שעה ללא עומס. המאווררים הותקנו בדופן הצפוני (הקצר) של המבנה וינקו אוויר מפתחי צד שהותקנו בשני הדפנות הארוכים של המבנה ב- 10 מ' הדרומיים שלו. פתחי הצד היו מצוידים במזרון לח שאפשר צינון בקיץ. מערכת זו יצרה זרימת אוויר כמעט אחידה לרוב אורך המבנה. בזמן המדידות פעלו באופן רציף 5 מתוך 8 המאווררים. ביום הניסוי נמצאו בלול כ- 13,500 עופות, בגיל 42 יום. גובהו של עוף בעמידה היה כ- 30 ס"מ. פיזור העופות היה אחיד על רוב שטח הלול כך שהצפיפות הממוצעת הייתה 11.25 עופות/מ"ר. פרופילי הרוח והטמפרטורה נמדדו ע"י מדי רוח מסוג חוט להט (TSI 8450-20M), ותרמוקפלים מסוג T (נחשת-קונסטנטן). התורן עליו הותקנו מדי הרוח והטמפרטורה, הוצב במרכז המבנה, במרחק של כ- 75 מ' מהקיר הדרומי של המבנה (כ- 20 מ' מהקיר הצפוני בו היו מותקנים המאווררים) כך שאורך הנשיבה של הרוח (FETCH) היה כ- 65 מ'. מרחק זה מייצג את המרחק בין התורן לבין נקודת כניסת האוויר הצפונית ביותר מפתחי הצד בחלק הדרומי של המבנה. העובי האנכי של שכבת הגבול של שווי משקל, גדל בקצב של כ- 1:100 ביחס למרחק הנשיבה האופקי (65 מ'). אי לכך, עובי השכבה באזור התורן הוא 0.65 מ' מעל לגובה העתקת מישור האפס.

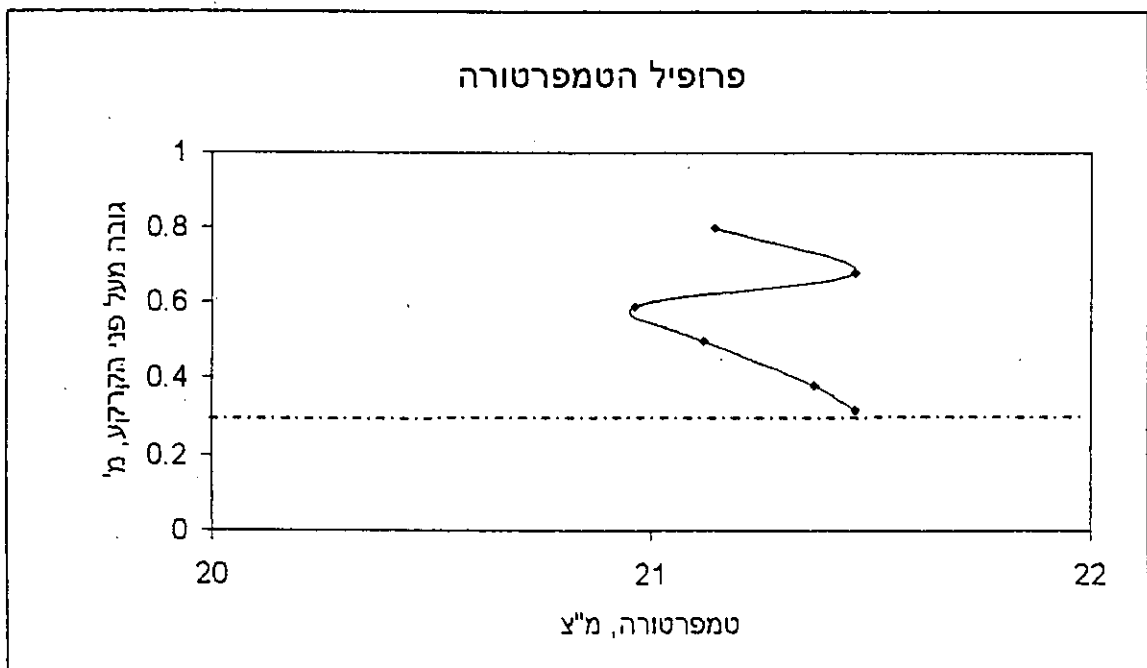
בהנחה כי העתקת מישור האפס היא כ-67% מגובה העוף (ראה להלן בפרק התוצאות), כלומר כ-0.2 מ', מגיעה שכבת הגבול בשווי משקל לגובה של 0.85 מ' מעל פני הקרקע. לכן, כל המדידות נערכו עד לגובה של 0.8 מ'. על התורן הוצבו שני מדי רוח מסוג חוט להט ושני תרמוקפלים. מד רוח אחד היה בגובה קבוע של 0.95 מ' למדידת הרוח מחוץ לשכבת הגבול. מד הרוח השני היה נייד, והוצב בגבהים של: 0.32, 0.38, 0.5, 0.59, 0.68 ו-0.8 מ' מעל פני הקרקע. למד הרוח הנייד הוצמד תרמוקפל שמדד את הטמפרטורה במקביל למדידת מהירות הרוח. בכל גובה הוצב מד הרוח למשך זמן של כ-5 דקות מדידה, בהן נמדדו המהירות והטמפרטורה בתדר של 1 הרץ. כל 30 שניות חושב הממוצע ונרשם ע"י אוגר הנתונים (Campbell Sci-CR10X). מדידת הטמפרטורה החיצונית של העופות נעשתה באמצעות חיישן טמפרטורה מסוג אינפרא אדום (Omega OS-610). הניסוי בוצע ביום, בין השעות 13-15 אחר הצהריים.

המהירות בכל גובה נלקחה כמהירות הממוצעת שנמדדה במשך 5 דק'. מהירות זו נורמלה ע"י המהירות המקסימלית שנמדדה באותו פרק זמן ע"י מד הרוח העליון (בגובה 0.95 מ'). ניתוח התוצאות נעשה ע"י התאמת הפרופיל המדוד לפרופיל הלוגריתמי (נוסחה 2).

11.17. תוצאות ניסוי

בשלב ראשון נבדק הפילוג האנכי של הטמפרטורה, כדי לראות אם ניתן לנתח את הבעיה בהנחה של שכבת גבול נייטרלית. פרופיל הטמפרטורה המדוד נראה בגרף 1. האיור מראה כי למרות שקיימים שינויי טמפרטורה עם הגובה בסדר גודל של כ-0.5 מ"צ, לא ניתן לזהות מגמה קבועה של שינויים אלו לאורך השכבה. לכן הנחנו כי ריבוד הטמפרטורה מעל לעופות זניח וניתוח פרופיל המהירות נעשה עבור שכבת גבול נייטרלית.

גרף 1: פרופיל הטמפרטורה בשכבת הגבול מעל לעופות בלול מנהרה מבוקר. הקו האופקי המרוסק מציין את גובה העופות בעמידה (כ-30 ס"מ).



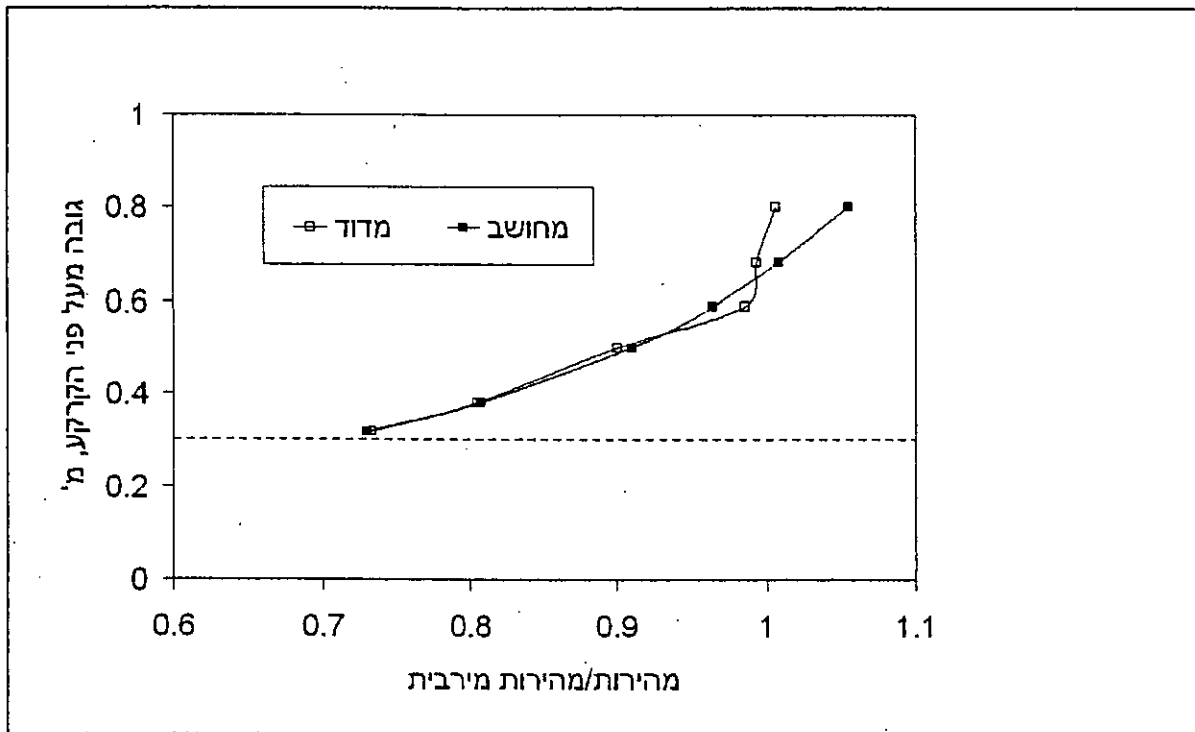
על ידי התאמת פרופיל הרוח המדוד לפרופיל לוגריתמי מהצורה של נוסחה (2) חושבו ערכי d (העתקת מישור האפס), z_0 (אורך החספוס) ו- u_* / U_{max} עבור להקת העופות. הערכים שהתקבלו מהאנליזה הם: $d = 0.18$ (מ'), $z_0 =$

0.00495 (מ' ו- $u/U_{\max} = 0.0895$. יש לציין כי הערך של העתקת מישור האפס הוא כ-60% מגובה העופות, בהתאמה טובה לערכים קיימים בספרות עבור נוף צמחי (Stanhill, 1969). אורך החספוס הוא כ-2% מגובה העופות. בדרך כלל, ערך מקובל לאורך החספוס הוא כ-10% מגובה הנוף בשכבת גבול נייטרלית.

בגרף 2 מוצגים פרופיל הרוח המדוד ופרופיל הרוח הלוגריתמי שחושב לפי ערכי העתקת מישור האפס, אורך החספוס ומהירות החיכוך שחושבו לעיל. ערכי המהירות מנורמלים במהירות שנמדדה בנקודת המדידה הגבוהה ביותר (בדרך כלל המהירות המרבית). הנוסחה ששימשה לחישוב המהירות באיור 2 היא:

$$\frac{u(z)}{U_{\max}} = \frac{0.0895}{k} \ln \left(\frac{z - 0.18}{0.00495} \right). \quad (4)$$

גרף 2: פרופילי המהירות מעל להקת העופות. המהירות מנורמלת במהירות שנמדדה בקצה העליון של התורן ובדרך כלל הייתה המהירות המרבית. מקדם המתאם בין שני הגרפים הוא 0.98. הקו האופקי המרוסק מציין את גובה העופות בעמידה (כ-30 ס"מ).



התוצאות באיור 2 מראות התאמה טובה בין המדידות לחישוב, דבר המצביע על כך כי ההנחה של שכבת גבול נייטרלית נכונה במקרה זה.

חישוב מעבר החום

מקדם ההסעה בגובה של 0.8 מ' התקבל לפי נוסחה (3), $h_b = 0.00917$ (מ"מ/שני). מדידות טמפרטורה שביצענו בעת הניסוי הראו כי הטמפרטורה החיצונית של העופות נעה בין 24 ל-26 מ"צ. כערך מייצג נבחר טמפרטורה של 25 מ"צ. בגובה של 0.8 מ' נמדדה טמפרטורת אוויר של 21.14 מ"צ. הצבת ערכים אלו בנוסחה (1) נותנת קצב מעבר חום של $H = 42.7$ (וואט/מ"ר). עבור צפיפות של 11.25 עופות/מ"ר, מעבר החום בהסעה מעוף יחיד הנמצא בלהקה הוא 3.8 וואט. ערך זה נמצא בהתאמה טובה עם הערך שקיבלנו לפי המודל של עוף בודד. ניתן לערוך השוואה של תוצאה זו לתוצאות של (Wathes & Clark 1981) שהעריכו את מקדם ההסעה על פי מודל של זרימה מעל לוח שטוח בהסעה חופשית. יש

לציין כי לניסוי שהם ביצעו התאים מודל של הסעה חופשית, עקב מהירות רוח נמוכה מאד של כ- 0.13 מ"שני בגובה של 0.3 מ'. אלו תנאים שונים מאד מהתנאים בניסוי שלנו, בו הלול היה מאוורר ע"י מאווררים ובגובה של 0.32 מ' נמדדה מהירות רוח של כ- 1 מ"שני. מקדם ההסעה המבוסס על הסעה חופשית עבור אותו הפרש טמפרטורה שנמדד בניסוי הנוכחי הוא $h_b = 0.00237$ (מ"שני), וזהו ערך נמוך בהשוואה לערך שהתקבל בלול המאוורר ע"י הסעה מאולצת ע"י מאווררים ($h_b = 0.00917$ מ"שני). הבדל זה נובע משיטת האוורור השונה בשני הלולים. תוצאות אילו מורות כי דרך בניית המודל היתה נכונה ומהווה בסיס לחישוב אובדן חום מעופות בצפיפויות גבוהות יותר (עד 18 עופות למ"ר) ובתנאי טמפרטורות סביבה שונות. תוצאות אילו מהוות מסד חשוב להמשך המחקר בנושא שיאפשר קבלת החלטות הקשורות בניהול הלול בתנאי סביבה שונים.

משק החנקן

2.2. מבוא

בעלי חיים יצרניים ניזונים מזיאות עשירות בחלבון (42-16%). כפועל יוצא מהצורך בייצור אינטנסיבי בגידולים אילו, עולה בהתמדה כמות הפסולת האורגנית הנוצרת. קיימות שתי אפשרויות להורדת התכולה של חנקן בהפרשות בע"ח: א. שינוי מרכיבי הדיאטה. ב. הגברת יעילות העיכול והספיגה של תרכובות מכילות חנקן. שינוי מרכיבי הדיאטה עשויים להתבטא בהחלפת חלק ממרכיב החלבון בדיאטה בחומצות אמינו חיוניות כמו ליזין, מטיונין וארגנין שספיגתן קרובה לאבסולוטית.

דיאטת עופות מוגשת על פי המלצות (NRC, 1994). ריכוז החלבון במנה ניקבע כך שיגרום לגדילה מרבית ולאיכות טיבחה גבוהה. הורדת ריכוז החלבון במנה מורידה את איכות הבשר (Moran et al., 1992) ומעלה את כמות השומן בו (Bartov, 1996). עם זאת קיימת הסכמה בין החוקרים כי על מנת לעמוד בדרישות כלכליות ואקולוגיות ניתן להוריד את ריכוז החלבון במנה ולהעלות את ריכוז חומצות האמינו ההכרחיות כמו מטיונין וליזין שספיגתן גבוהה יותר ושאינן מצויות די במקורות החלבון. ריכוז החלבון במזון עופות נע בין 17% ל-22% (תלוי במין גיל העוף). למרות נעילותו הגבוהה של החלבון (כ-90%), מופרשת כמות גדולה של חנקן בצואה. הקטנה של 3% בריכוז החלבון במנה תוך החלפתו בחומצות אמינו הכרחיות, יביא להקטנה משמעותית בכמות החנקן בזבל ובערכים מחושבים שיעור הפרשת החנקן יירד מ-2496 טון ל-2139 טון.

משום שקיים קשר ישיר בין היחס חלבון ואנרגיה בדיטה (Bartov et al., 1974) ובין הייצור ואיכות התוצר, בחנו את ההשפעה של שינויים בכמות החלבון במנה ותוספות ח. אמינו הכרחיות על כמות החנקן בפרש, על הביצועים ואיכות המוצר.

בנוסף, החנקן בפרש משמש לייצור גז האמוניה כתוצאה מפעילות מיקרוביאלית ההופכת תוצרי הפרשה חנקניים כמו חומצת שתן, שינן וחלבון בלתי נעכל לגז אמוניה (NH_3). גז האמוניה הנוצר מהפרשות בעלי חיים מהווה מרכיב עיקרי של האמוניה באוויר (בהולנד 99.2% מהאמוניה באוויר (Heij and Schneider, 1995). גז האמוניה נחשב כרעיל עקב פגיעתו במערכת הנשימה. גזי- NO_x מהווים חלק ממרכיבי גזי החממה של כדור הארץ (Mackie et al., 1995). מכאן שהקטנת ייצור הגז הינה חיונית.

חומרים ושיטות

פטמים בגיל 4 שבועות חולקו על פי משקל גוף לארבע טיפולים בני 60 עופות ו-4 חזרות כל אחד. מגיל 4 שבועות קיבלו העופות דיאטה זהה למעט בריכוז החלבון שהיה בשלוש רמות: 21%, 17% ו-13%. פטמים בשלושה טיפולים בהם היו רמות חלבון שונות, אוקלמו במשך שבוע ל-30 מ"צ ו-50% לחות יחסית, כאשר בטיפול הרביעי (ביקורת) רמת החלבון היתה 21% וטמפרטורת הסביבה 25 מ"צ. בניסוי ניבדקו משתני ייצור בפטמים, נעשה מאזן חנקן פרטני ב-12 פרטים

מכל טיפול, ניבדק ריכוז האמוניה באוויר ב-30 אתרים שונים בכל טיפול, ונמדדה טמפרטורת ההפרשות, רמת מיומם וה-pH.

2. תוצאות

בפטמים שנחשפו ל-30 מ"צ נימדדה פחיתה משמעותית במשקל הגוף וכמוכן בתוספת משקל הגוף בהשוואה לקבוצת הביקורת (טבלה 2). הפחיתה היתה אף משמעותית יותר בעופות שנחשפו ל-30 מ"צ ולדיאטה דלת החלבון (13%). עם זאת צריכת המזון היתה דומה בעופות הביקורת ובאילו שנחשפו ל-30 מ"צ ולדיאטה בת 13 ו-17% חלבון. ירידה משמעותית בצריכת המזון נימדדה בעופות שניזונו על דיאטה בת 21% חלבון. יעילות המזון הגבוהה ביותר נימדדה בעופות הביקורת. זו פחתה משמעותית במעבר מטיפול לטיפול שבו הורד ריכוז החלבון.

טבלה 2: השפעת ריכוזי חלבון שונים בדיאטה וטמפרטורת סביבה על ביצועי פטמים בגיל 4-7 שבועות.

משתנים	ביקורת 21% חלבון	13% חלבון	17% חלבון	21% חלבון
	25 מ"צ	טמפי סביבה 30 מ"צ		
משקל גוף (גר', גיל 7 שבועות)	2896±35.1a	2454±25.3c	2650±54.2b	2670±16.6b
תוספת משקל (גר', 4-7 שבועות)	1657±35.3a	1215±25.2c	1408±54.4b	1427±16.5b
צריכת מזון (גר', 4-7 שבועות)	3194±86.4a	3134±49.5a	3101±51.9a	2879±52.3b
יעילות מזון (גר'//גר')	0.519±0.004a	0.388±0.004d	0.454±0.010c	0.496±0.009b

בתוך שורות, ערכים המסומנים באותיות שונות ניבדלים משמעותית ($P \leq 0.05$). $n=4$ חזרות בנות 15 פרטים האחת.

טבלה 3: השפעת ריכוז חלבון במנה וטמפרטורת סביבה על מאזן חנקן ממוצע בפטמים בגיל 5-7 שבועות.

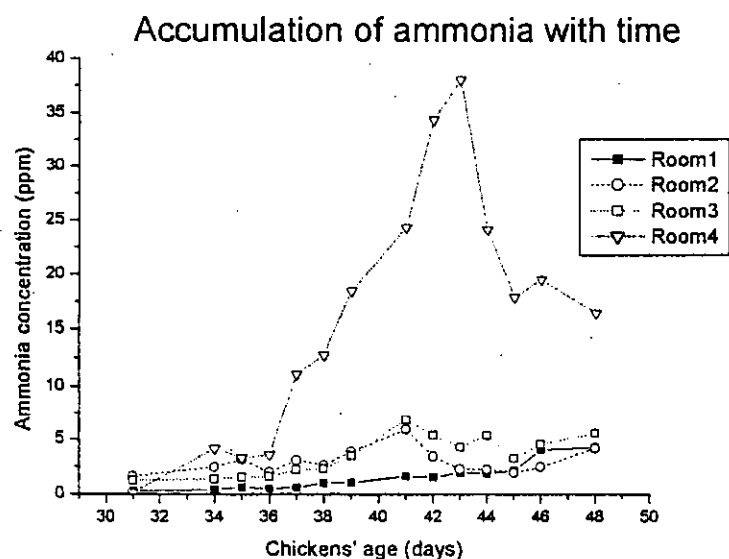
משתנים	ביקורת 21% חלבון	13% חלבון	17% חלבון	21% חלבון
	25 מ"צ	טמפי סביבה 30 מ"צ		
ריכוז חנקן (גר'//קג)	54.6±1.1a	37.8±1.0c	44.9±2.1b	57.2±1.0a
צריכת חנקן (גר'//יום)	5.06±0.36a	2.53±0.26c	2.96±0.38c	3.98±0.28b
הפרשת חנקן (גר'//יום)	2.73±0.20a	1.01±0.12c	1.43±0.17bc	1.91±0.27b
מאזן חנקן (גר'//יום)	2.33±0.26a	1.60±1.13b	1.50±1.02b	2.07±1.59ab

בתוך שורות, ערכים המסומנים באותיות שונות ניבדלים משמעותית ($P \leq 0.05$). $n=12$.

טבלה 4: טמפרטורה, מיום ו-pH בהפרשות פטמים שנחשפו לטמפרטורות סביבה שונות וניזונו על דיאטות בעלות ריכוז חלבון שונה.

משתנים	ביקורת 21% חלבון	13% חלבון	17% חלבון	21% חלבון
	25 מ"צ	טמפ' סביבה 30 מ"צ		
טמפרטורת הפרשות (מ"צ)	22.1±0.70	26.3±0.73	28.5±0.36	29.4±0.43
רמת מיום (%)	75.9±1.18	75.8±0.81	77.6±0.88	74.5±1.22
pH	6.253±0.121	6.527±0.097	6.174±0.111	6.120±0.081

ריכוז החנקן בהפרשות עלה משמעותית עם העלייה בריכוז החלבון במנה ללא תלות בטמפרטורת הסביבה (טבלה 3). צריכת חנקן והפרשתו היו גבוהים משמעותית בקבוצת הביקורת בהשוואה לאחרים. בעופות שנחשפו ל-30 מ"צ צריכת החנקן היתה גבוהה משמעותית בעופות שניזונו על 21% חלבון בהשוואה לאחרים. הפרשת החנקן בקבוצה זו היתה גבוהה משמעותית רק בהשוואה לאילו שניזונו על 13% חלבון. במאזן החנקן לא נימצא הבדל בין הטיפולים למרות שהמאזן החיובי ביותר היה בעופות שניזונו על 21% חלבון. לריכוז החנקן בהפרשות השפעה משמעותית על ייצור האמוניה. עם זאת למספר משתנים בהפרשות כמו טמפרטורה, רמת מיום ו-pH השפעה מכרעת על הייצור. משתנים אילו מרוכזים בטבלה 4. מתוכה ניתן לראות כי אין כל הבדלים סטטיסטיים בין המשתנים השונים.



גרף 3: ריכוז אמוניה בארבע טיפולים שונים (חדר 1: 25 מ"צ, 21% חלבון; חדר 2, 3 ו-4: 30 מ"צ, 17%, 13% ו-21% חלבון בדאטה, בהתאמה) כפי שנמדדו מגיל 31 ועד 48 ימים לחיי העופות.

עם זאת יתכן כי טמפרטורת ההפרשות שהיתה גבוהה בכ-1 עד 3 מ"צ בעופות שנחשפו ל-30 מ"צ וניזונו על דיאטה בת 21% חלבון בהשוואה לאילו שניזונו על דיאטה בת 17 ו-13% חלבון, בהתאמה, עשויה להסביר את הייצור הגבוה משמעותית של אמוניה בטיפול זה (גרף 3).

תרגום ריכוזי אמוניה לערכי ייצור בטיפולים השונים, נעשו באמצעות מודל פשוט שאינו לוקח בחשבון את משתני ההפרשה השונים כפי שמוצגים בטבלה 4. בהמשך יוצג מודל על בסיס שתי שנות המחקר, שבו משתנים אילו נלקחים בחשבון. להלן מודל הייצור:

מודל ייצור אמוניה

המטרה: להעריך את קצב הייצור האמוניה מתוך מדידת ריכוז האמוניה כתלות בזמן.

הנחות:

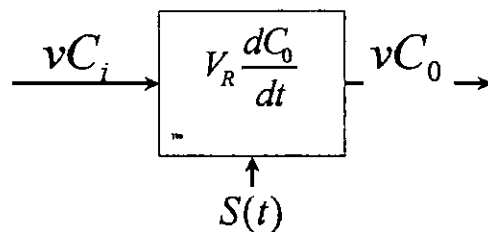
ריכוז האמוניה בחלל החדר אחיד (האוויר מעורבב).

ריכוז האמוניה באוויר היוצא שווה לריכוזו בתוך החדר.

ריכוז האמוניה בסביבה החיצונית שווה לאפס.

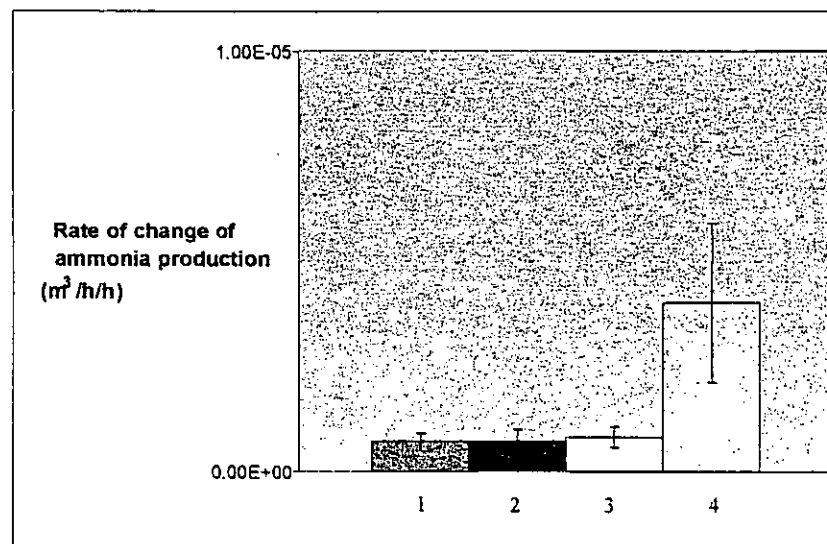
תרשים מאזן מאסת האמוניה

כאשר $C_0(t)$ – ריכוז האמוניה בחדר; C_i – ריכוז האמוניה בסביבה; v – ספיקת איורור צח; V_R – נפח האוויר בחדר;



S_0 – קצב ייצור אמוניה.

השינוי בזמן של קצב ייצור האמוניה



גרף 5: שיעור השינוי בייצור האמוניה בטיפולים השונים (חדר 1: 25 מ"צ, 21% חלבון; חדר 2, 3 ו-4: 30 מ"צ, 13, 17 ו-21% חלבון בדיאטה, בהתאמה) כפי שנמדדו מגיל 31 ועד 48 ימים לחיי העופות.

ייצור אמוניה גבוה משמעותית נימצא בעופות שניזונו מ-21% חלבון ונחשפו ל-30 מ"צ.

2ד. דיון ומסקנות

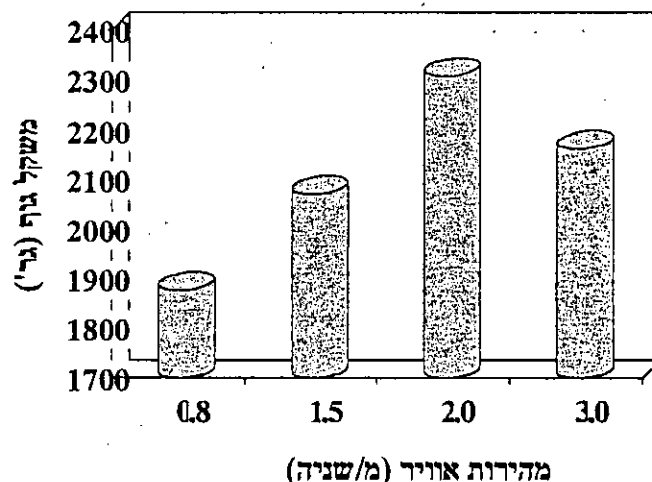
העובדה שטמפרטורת סביבה פוגעת בביצועי עופות, אינה חדשה (Yahav, 2000) ואומנם בניסוי זה העלאת הטמפרטורה השפיעה באופן משמעותי לרעה על ביצועי הפטמים. אלא שלריכוז החלבון במנת המזון היתה השפעה מתקנת בדמות גדילת פיצוי שנבעה מעליה בצריכת המזון. תופעה זו ניצפתה רק כאשר מנת המזון היתה בת 17%. הורדה נוספת של ריכוז החלבון במנה ל-13% פגעה בגדילה, ויעילות המזון למרות שצריכת המזון היתה גבוהה ודומה לזו של 17% חלבון. המסקנה העיקרית הינה כי ניתן בהחלט להוריד את ריכוז החלבון במנה ל-17% ולהחליפו בחומצות אמינו, תהליך שאינו מייקר את המנה אולם פוגע ביעילות המזון. בהקשר זה חשוב לציין כי תפוקת החזה אינה ניפגעת כתוצאה מהקטנת ריכוז החלבון במנה ל-17% (גודל יחסי של חזה עוף בעופות שנחשפו ל-30 מ"צ ולריכוזי חלבון במנה בני 13, 17 ו-21%: 14.9, 16.3 ו-16.2, בהתאמה).

הפן החשוב הנוסף בהורדת ריכוז החלבון במנה ל-17% הוא בהקטנה המשמעותית של ריכוז האמוניה באוויר בהשוואה ל-21% חלבון במנה. גם שיעור ייצור האמוניה נמוך משמעותית ודומה לזה המתקבל בעופות הניזונים מ-13% חלבון.

ד. דיון ומסקנות משלוש שנות המחקר

משק האנרגיה

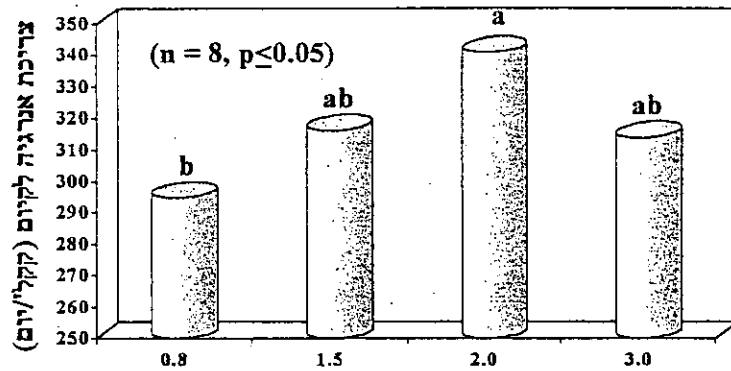
אין שום ספק כי לאורור האורך השפעה משמעותית על ביצועי פטמים הנחשפים לטמפרטורות סביבה גבוהות. השיפור מובא בגרף 6 המראה כי בחשיפה למהירות הרוח האופטימלית (2 מ"ש/שניה) ניתן לקבל משקל גוף הגבוה עד כ-430



גרף 6: השפעת אוורור אורך על משקל גוף פטמים שנחשפו בקביעות (החל מגיל 4 שבועות) ל-35 מ"צ ולחות יחסית בת 60%-65%.

גרי בהשוואה לטיפולים האחרים, וזאת בפרק גידול בין 3 שבועות בלבד (גיל 4-7 שבועות). השיפור חל כתוצאה מעליה משמעותית בצריכת המזון ולווה בשיפור ביעילות המזון.

צריכת אנרגיה לקיום בעופות שנחשפו ל-2 מ"ש/שניה היתה הגבוהה ביותר (גרף 7). העובדה כי השקעת האנרגיה לקיום היתה הגבוהה ביותר בעופות שנחשפו ל-2.0 מ"ש/שניה באה לידי ביטוי בכושרם לשמור על טמפרטורת גוף נמוכה וריכוז נמוך של ההורמון האנטידיורטי (AVT).

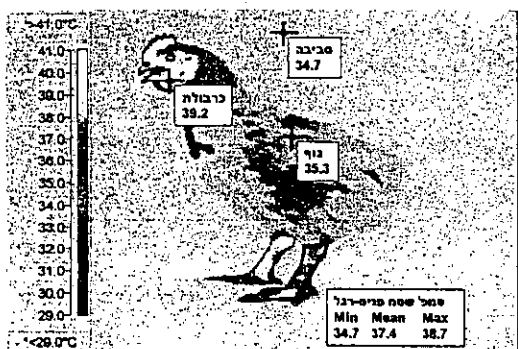


מהירות רוח (מ'/שניה)

גרף 7: השפעת מהירות רוח על צריכת אנרגיה בפטמים שנחשפו ל-35 מ"צ ולחות יחסית בת 60%. עמודות מסומנות באותיות שונות ויבדלות סטטיסטית, $n=8$.

העופות שנחשפו למהירות הרוח המיטבית ניתבו כמות אנרגיה גבוהה לקיום שאפשרה להם לאזן טוב יותר את משק האנרגיה מחד, ומאידך את משק המים כפי שהדבר התבטא בריכוז הנמוך של ההורמון האנטידיורטי. לעומתם אלו שנחשפו למהירות הרוח הנמוכה השקיעו מעט יותר בקיום, למרות שהמשיכו להשקיע לא מעט בגדילה, עובדה המורה כי הסלקציה הגנטית לגדילה חזקה מאד בעופות אילו גם אם תסכן את חייהם. בעופות שנחשפו למהירות הרוח הגבוהה ערכי ההורמון האנטידיורטי היו גבוהים משמעותית. הסיבה לכך נעוצה באובדן מים דרך העור הגובר עם עליית מהירות הרוח ויוצר מאזן מים שלילי הגורם לעליה בהפרשת ההורמון. כמו כן הפגיעה במאזן המים באה לידי ביטוי בעליה המשמעותית בטמפרטורת הגוף.

כדי לחשב את התוצאות המובאות כאן והקשורות באובדן חום יבש מהעוף ומתבססות על מדידות באמצעות Infrared Thermal Imaging Radiometer (איור 2) פותח מודל לחישוב אובדן חום (דיווח שנה שניה) מאיברים שונים המבוסס על נוסחת מעבר החום הכללי בהסעה מהעוף, q_i ,



איור 2: הדמיה תרמית של פטם

$$q_i = \sum_i h_i A_i \Delta T_i$$

באשר האינדקס i מציין את אברי הגוף השונים שנלקחו בחשבון במודל הנוכחי (כרובול, דלדלים, ראש, רגליים, אצבעות, גוף וצוואר). בנוסחה זו h הוא מקדם ההסעה המחושב לכל אבר לפי מספר Nu המתאים, A הוא שטח הפנים של אותו אבר ו- ΔT הוא ההפרש בין הטמפרטורה של האיבר לבין טמפרטורת הסביבה.

ניתן לסכם כי הניסויים עם העופות, תוך שימוש באמצעים טכנולוגיים משוכללים ופיתוח מודל לאובדן חום יבש מאיברים שונים, אפשרו להגיע למסקנה חד משמעית האומרת:

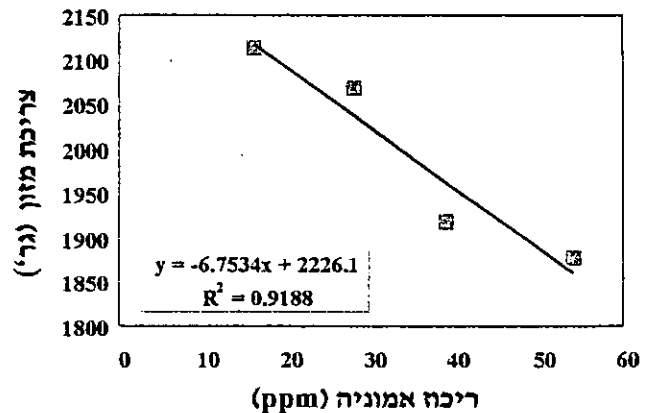
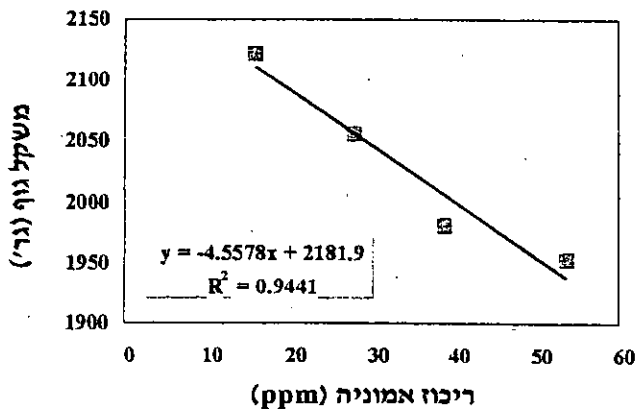
א. שימוש מושכל באוויר אורך בלולים מאפשר שיפור משמעותי מאד בביצועי עופות.

ב. הסלקציה הגנטית לגדילה בפטמים היא כה חזקה עד כי גם במצבי קיצון שבהם קיים קושי אמיתי של העוף לאזן את משק האנרגיה, הוא יפנה אנרגיה לגדילה על חשבון קיום.

משק החנקן

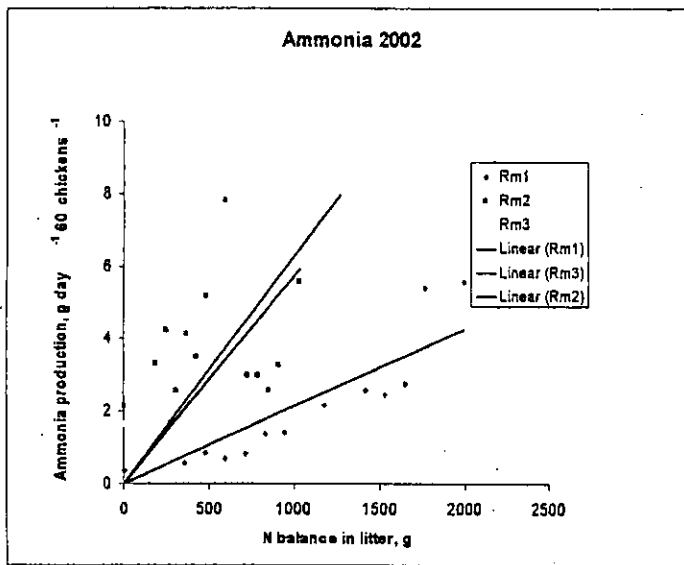
לריכוז האמוניה באווירת הלול השפעה משמעותית על קצב גדילת העופות ועל צריכת המזון. המנגנון אינו ברור אולם אין ספק שהוא קשור בהשפעת אמוניה על צריכת המזון, היורדת באופן משמעותי עם העלייה בריכוז האמוניה, וזו משפיעה על קצב גדילת העופות (גרף 7). משום שבמהלך 3 שבועות חשיפה לריכוזי אמוניה שונים ניפגע קצב הגידול בשיעור ממוצע של 150 גר' בהשוואה בין ריכוז האמוניה הנמוך והגבוה, הרי שבהחלט חשוב היה לנסות ולבחון כיצד ניתן להשפיע על הקטנת קצב ייצור האמוניה.

האפשרות הראשונה שניבחנה היתה שילוב של הקטנת ריכוז החלבון במנה. ואומנם תוצאות חד משמעיות מורות כי ניתן להקטין את ריכוז החלבון במנה בכ-4% מבלי לפגוע משמעותית במשקל הגוף או בתפוקת החזה (האיבר שלו מחיר שוק הגבוהה ביותר).



גרף 7: השפעת ריכוז אמוניה על משקל גוף פטמים (גרף שמאלי) וצריכת המזון בגיל 4-7 שבועות (גרף ימני).

לאור נתונים אילו ניבנה מודל לייצור אמוניה בלול (נתוני השנתיים האחרונות) המתחשב בכל המשתנים האפשריים: ריכוז החלבון בדיאטה, משתני מאזן החנקן, טמפרטורת הסביבה והלחות היחסית. הערכים הם ממוצעים שבועיים כאשר לא תמיד התקיים מצב יציב (Steady state) במשך השבוע. בממוצע, העופות מפרישים כ-40% מהחנקן שהם צורכים ושליש מהחנקן המופרש משתחרר כאמוניה. בתום שבועיים של הניסוי נשארו כ-20 גרם חנקן/לעוף ברפד בערכים הניל היתה שונות גדולה בין 5 ל-32 ג' ונצפה קשר ישיר בין כמות החלבון בתערובת לכמות החנקן המצטבר ברפד. ייצור אמוניה בשתי הניסויים לא הגיע לשיווי משקל. בכל החדרים נצפתה עליה בריכוז אמוניה עם הזמן. הדבר מקשה על הבנת הקשר שבין ייצור אמוניה לבין תנאי סביבה כגון טמפרטורה ולחות. ייתכן שהעלייה בקצב ייצור אמוניה במשך הניסוי נבע מהצטברות תרכובות חנקן ברפד, שכן בתחילת כל ניסוי המשטח מתחת לעופות היה נקי, והצואה הצטברה שם במשך הניסוי. אומנם כמות האמוניה ברפד לא נבדקה במשך הניסוי, אבל בהנחה שאמוניה היוותה מקור עיקרי לדעיכת חנקן בהפרשות, ניתן להעריך את כמות החנקן שהצטבר ברפד מקצב ייצור אמוניה (S) מעוקב ליום) וקצב הפרשת חנקן מהעופות (E). בתרגום המדידות של אמוניה באוויר (בחלקי מליון או מ' מעוקב) S



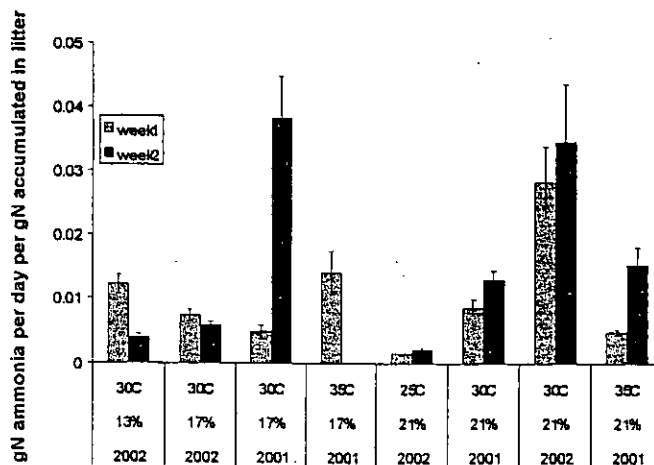
גרף 8. קצב ייצור אמוניה כתלות בחנקן שהצטבר ברפד.

עבר היפוך לערכים של גרם חנקן ע"י הכפלת במשקל האטומי של חנקן (14) ובנפח של מול - 0.0224 מ' מעוקב. הצטברות חנקן ברפד (N_{cum}) מתחילת הניסוי ועד לזמן t_1 הוא:

$$N_{cum} = \int_0^{t_1} E dt - \int_0^{t_1} S dt$$

גרף 8 מראה את הקשר שבין ייצור יומי של חנקן כאמוניה לבין N_{cum} . ניסוי שהתבצע ב-2002. ניתן לראות שקצב הייצור מצוי בד"כ בקשר ליניארי עם N_{cum} , דבר התומך בהנחות לעיל.

גרף 9 מראה ממוצע שבועי של ייצור אמוניה ביחס לכמות חנקן ברפד. הערכים מסודרים לפי קבוצות של אחוז חלבון בדיאטה ולפי טמפרטורה עולה. הקווים האנכיים מציינים סטיית תקן. ניתן לראות שהיחס לא משתנה בהרבה משבוע לשבוע. למרות שהחזרות על אותם הטיפול לא נתנו אותן התוצאות קיימות בכל זאת מגמות. ייצור חנקן ביחס לכמות חנקן ברפד הגיע לשיא ב-30 מעלות ב-21 אחוז חלבון, כאשר ב-17 אחוז היתה עליה גם ב-35 מ"צ. נראה גם שע"י הורדת ריכוז חלבון בתערובת ניתן להפחית את ייצור האמוניה.



גרף 9. קצב ייצור אמוניה ביחס לחנקן מצטבר ברפד. בציר X מצוין הטיפול - טמפרטורה, אחוז חלבון בתערובת ושנת

ניתן לסכם כי:

- א. אמוניה באווירת הלול פוגעת משמעותית בביצועי פטמים.
- ב. ניתן להקטין באופן משמעותי את ייצור האמוניה בלול על ידי הקטנת ריכוז החלבון בדיאטה בכ-4% מ-21% המקובל ל-17%, ואת תוך שימוש בחלופה של חומצות אמינו לויזן ומטיונין.
- ג. הפגיעה בביצועי הפטמים כתוצאה מהחלפת 4% חלבון בחומצות אמינו אינו משמעותי, אולם מחייב התייחסות כלכלית שאינה בתחום מחקר זה.

ספרות מצוטטת

- Bartov, I., S. Bornstein, and B. Lipstein, (1974). Effect of calorie to protein ratio on the degree of fatness in broilers fed on practical diets. *Br. Poult. Sci.* 15: 107-117.
- Bartov, I. (1996). Interrelationship between the effects of dietary factors and feed withdrawal on the content and composition of liver fat in broiler chickens. *Poult. Sci.* 75: 632-641.
- Heij, G.J., and T. Schneider, (1995). Dutch priority programme on acidification. Final report third phase additional program on acidification no. 300-15. Bilthoven: RIVM, The Netherlands.
- Mackie, R. I., P.G. Stroot, and V.H. Varel, (1998). Biochemical identification and biological origin of key order components in livestock waste. *J. Anim. Sci.* 76: 1331-1342.
- Monteith, J. L. and M. Unsworth, (1990). *Principles of Environmental Physics*. Butterworth Heinemann, Oxford
- Moran, E.T., Jr. R.D. Bushong, and S.F. Bilgili, (1992). Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast food carcass cuts at six weeks. *Poult. Sci.* 71: 1687-1694.
- NRC, 1994. *Nutrient requirements for poultry*, th ed., National Academy Press, Washington, D.C.
- Stanhill, G. (1969). A simple instrument for the measurement of turbulent diffusion. *Journal of Applied Meteorology*, 8 (4), 509-513.
- Wathes, C. M. and J.A. Clark, (1981)a. Sensible heat transfer from the fowl: Boundary-layer resistance of a model fowl. *British Poultry Science*, 22, 161-173.
- Wathes, C. M. and J.A. Clark, (1981)b. Sensible heat transfer from the fowl: thermal resistance of the pelt. *British Poultry Science*, 22, 175-183.
- Wathes, C. M. and J.A. Clark, (1981)c. Sensible heat transfer from the fowl: radiative and convective heat losses from a flock of broiler chickens. *British Poultry Science*, 22, 185-196.
- Yahav, S. (2000). Domestic fowl – strategies to confront environmental conditions. *Avi. Poult. Biol. Rev.* 11: 81-95 (Review).

ה. פרוט מלא של הפרסומים המדעיים

1. Yahav, S., Straschnow, A., Wax, E., Razpakovski, V. and Shinder, D. (2001). Wind velocity alters broiler performance subjected to harsh environmental conditions. *Poult. Sci.* 80: 724-726.
 2. Yahav, S. (2001). Different strategies to alleviate stress in poultry production. *13th Eur. Symp. Poult. Nutr.* pp. 233-236.
 3. Yahav, S. (2001). Effects of temperature, RH and wind speed on performance parameters and welfare. *Proceeding of the 15th Eur. Symp. Quality of Poult. Meat.* R. W. A. Mulder and S. F. Bilgili (eds.). pp. 67-71.
 4. Yahav, S. (2002). Heat stress in broilers - Estrés de Calor en Pollos. *IX Inter. Poult. Symp. AMEVEA - E, Ecuador*, pp. 1-14.
 5. Straschnow, A., S., Cohen, Tanny, Y. Luger, D., Shinder, D., and Yahav, S. (2003). Sensible heat loss – its contribution to energy balance of fast growing broilers exposed to harsh environmental conditions. (in preparation).
 6. Cohen, S., Tanny, Y., Plavnik, I. and Yahav, S. (2003). Ammonia production, its association with protein diet concentration. (in preparation).
7. שלמה יהב, עמיר סטרשנוב, אליהו ווקס (2001). השפעת מהירות אוויר על ביצועי פטמים שנחשפים לתנאי סביבה קשים במהלך הקיץ. משק העופות (אוגוסט): 11-13.
8. שלמה יהב (2002). השפעת גז אמוניה על ביצועי פטמים במהלך גידולם בטמפרטורת סביבה גבוהה. משק העופות (נובמבר-דצמבר): 14-16.
- פרסומים 1 ו-7 זהים. מטרתם לקבוע את השפעת האוויר על ביצועי פטמים. האחד באנגלית, השני בעברית ומיועד לאוכלוסיית החקלאים בארץ.
- פרסום 8 הינו ראשוני ומורה כי לאמוניה השפעה על גדילה וצריכת מזון, פורסם בעברית.
- פרסומים 2, 3, 4 הם מאמרים של הרצאות מוזמנות שפורסמו בכנסים. האחד באיכות בשר עוף שנערך בתורכיה בספטמבר 2001, השני בתזונת עופות שנערך בבלגיה באוקטובר 2001 והשלישי כנס בוטרינריה של עופות בדרום אמריקה שהתקיים באקוודור במרס 2002. בכל הכנסים נושא מהירות הרוח והשפעתה על פטמים הוצג כחלק מההרצאה הכללית בנושא המופיע בכותרת המאמר.
- מאמרים 5 ו-6 המצויים בהכנה מסכמים למעשה את תוצאות המחקר.