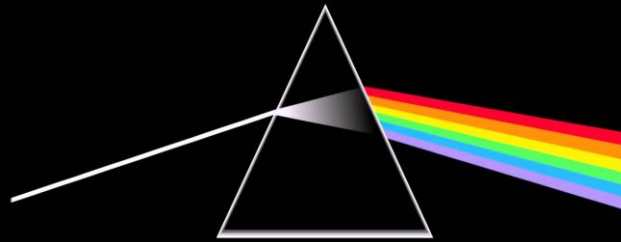




THE DARK SIDE OF THE LIGHT



"הצד האפל של האור": השפעת תאורה מלאכותית מודרנית על

צאן

אביב אשר

מחקר ופיתוח צפון

מכון מדעי למחקר ופיתוח יישומי בגליל (מיג"ל)



אור



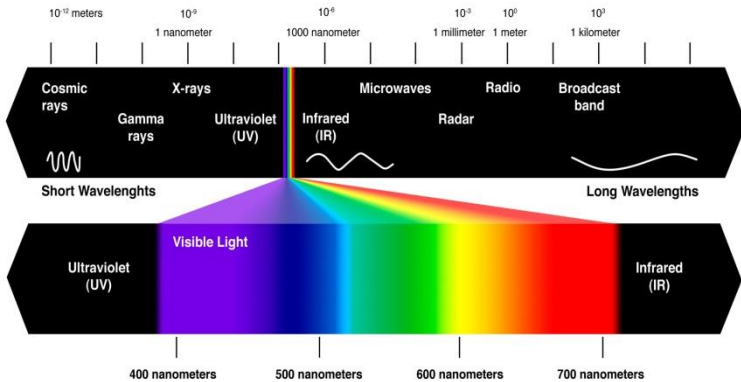
האור הוא קרינה אלקטרומגנטית בעלת אורך גל הנראה לעין, הכולל את כל קרינה אלקטרומגנטית בטווח שבין התת-אדום לעל-סגול.

שלושת המאפיינים העיקריים של האור הם בהירות (או אמפליטודה, משרעת), צבע (או תדירות) וקיטוב (זווית התנודות).

אורכי הגל השונים מתפרשים על ידי המוח האנושי כצבעים, מאדום באורכי הגל הארוכים ביותר (התדירות הנמוכה ביותר) ועד סגול באורכי הגל הקצרים ביותר (התדירות הגבוהה ביותר).

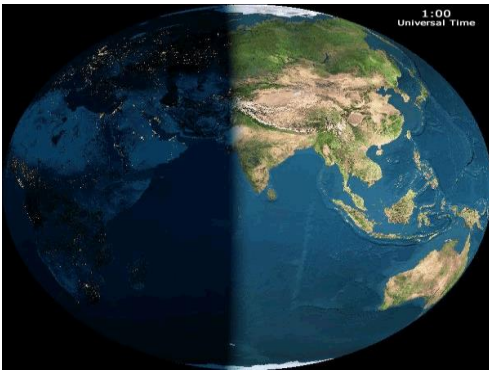
אורכי הגל הנראים בעין האדם: התחום בספקטרום, בין אורכי הגל של 400 ננומטרים ו-800 ננומטרים.

אור השמש ובמיוחד רכיב האור הכחול שבו הינו **סמן הזמן החשוב ביותר לסוכרון השעון הביולוגי באדם**.



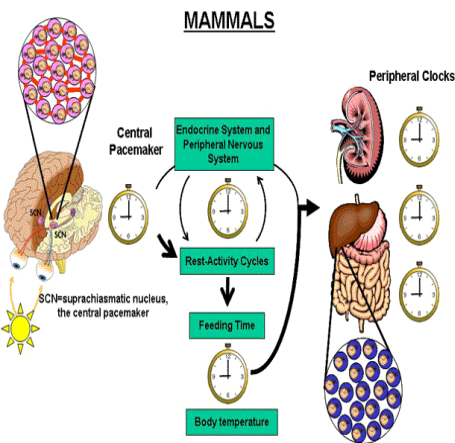
אורך גל (nm)	צבע
390-455	סגול
455-492	כחול
492-577	ירוק
577-597	צהוב
597-622	כתום
622-780	אדום

השעון הביולוגי



- בבעלי חיים שונים (כולל האדם) מתרחשות פעילויות ביולוגיות תלויות זמן בעלות מחזוריות יומית בכל הרמות מהאורגניזם השלם ועד לרמה המולקולארית.

- קוצב הזמן החיצוני TIME KEEPER המכוונן מחזוריות הוא סיבוב כדור הארץ על צירו, כלומר אור ביום חושך בלילה.



- קוצב זמן פנימי = השעון הביולוגי - משמש את האורגניזם לצורך ניהול המקצבים הביולוגיים. **ביונקים התפתחות השעון הביולוגי מתרחשת בטרמיסטור האחרון של ההיריון ובשבועות הראשונים לאחר ההמלטה.**

- השעון המרכזי נמצא סמוך לבלוטת האצטרובל אשר מסונכרנת עם מחזורי אור וחושך. הבלוטה מייצרת ומפרישה את ההורמון **מלטונין** ("הורמון החושך").

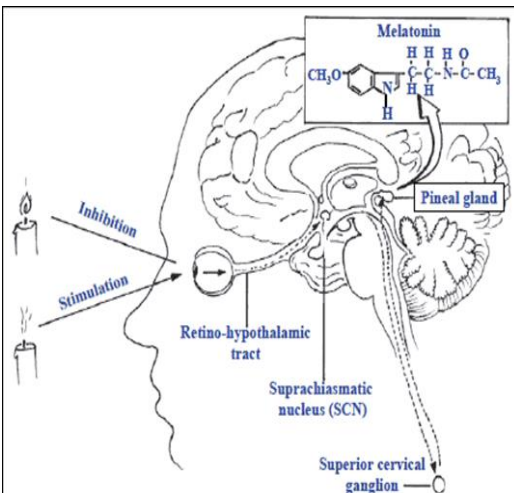
- ביונקים המלטונין ממלא פונקציות שונות בגוף כגון:

- ✓ ויסות מחזורי השינה והעירות.

- ✓ נוגד חמצון רב-עוצמה.

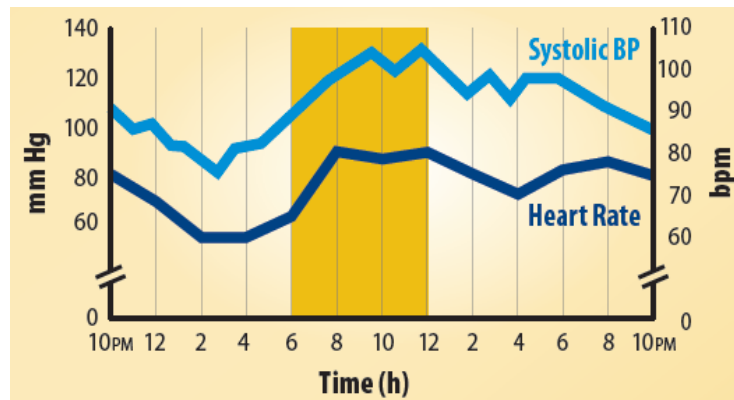
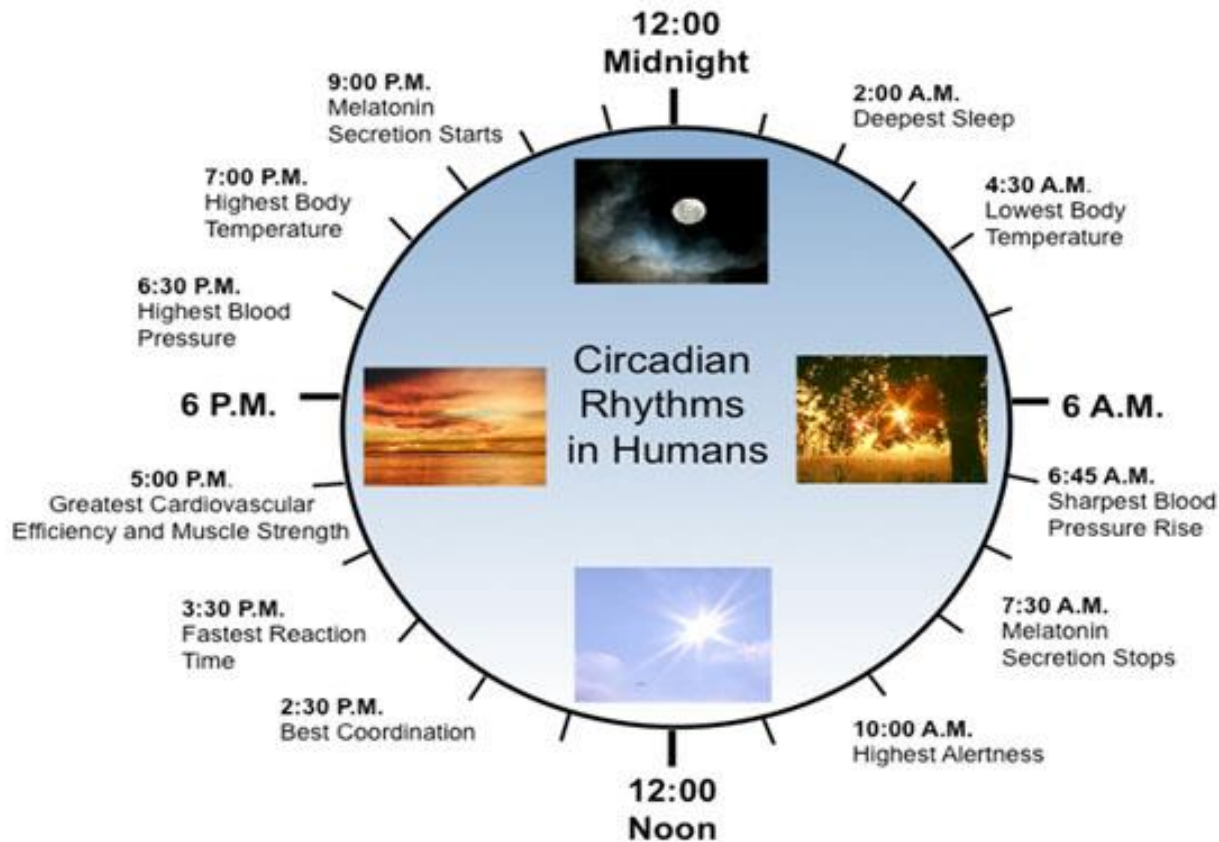
- ✓ בעל השפעה ישירה על יכולת התגובה של מערכת החיסון.

- ✓ בעל השפעה ישירה על מערכת הרבייה.



- **ייצור המלטונין מגיע לשיא באמצע הלילה אך כמות קטנה של אור מלאכותי קצר גל יכולה לשבש אותו (Seron-Ferre, 2001).**

מחזוריות בגוף האדם בחיים המודרניים



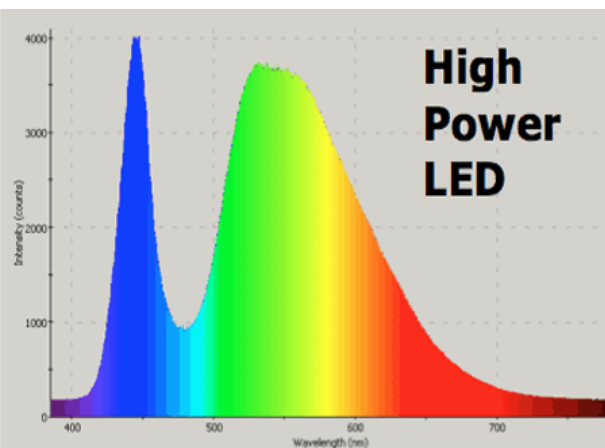
תאורה מלאכותית



An incandescent light bulb produces light by heating a filament wire to a high temperature until it glows.

A CFL contains a mixture of argon and mercury gases that produces invisible ultraviolet light (UV) when the gas is excited by electricity.

An LED contains electrons that recombine with electron holes, releasing energy in the form of photons and illuminating the bulb.



סוגי תאורה מלאכותית :

- נורות להט (ליבון)
- נורות פריקה (פלורוסנט, ניאון, קסנון...)
- נורות מוליכות למחצה מסוג דיודות (Light Emitting Diode, LED)

• נורות הפלורוסנט וה LED פולטות כמות גדולה יותר של אור כחול (אורך גל קצר) יחסית ללהט.

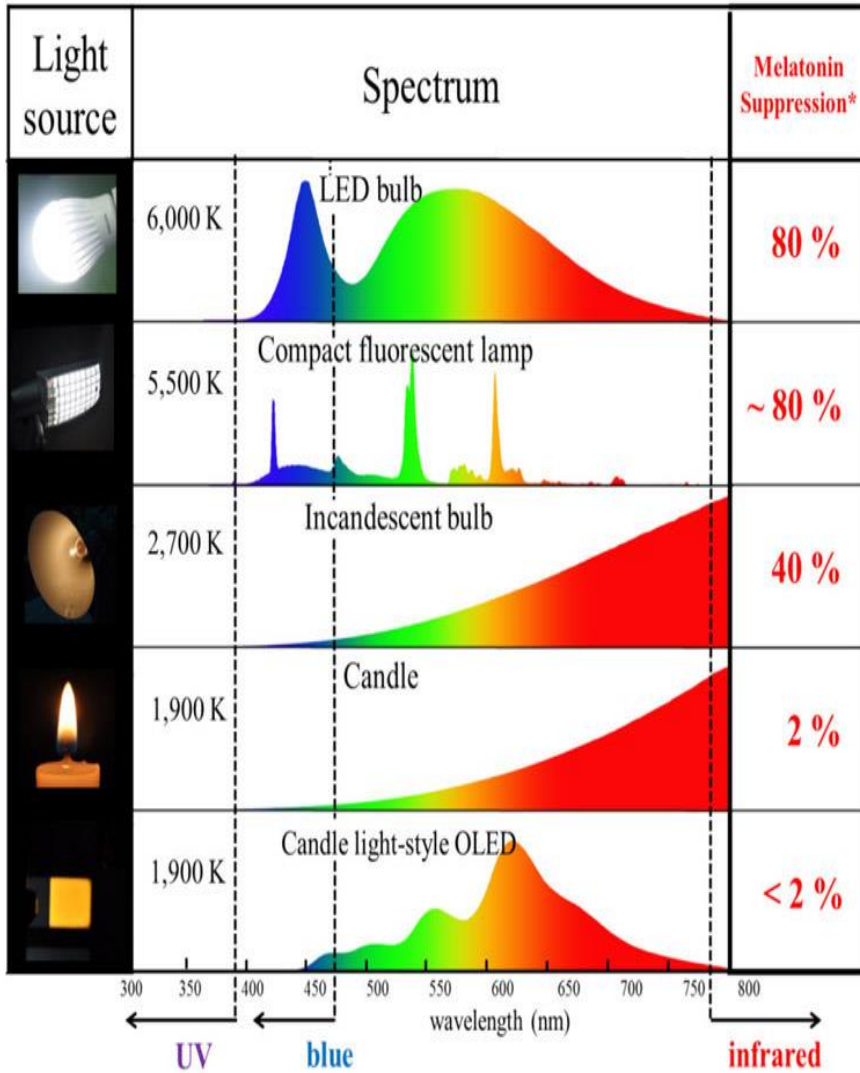
צבע	אורך גל (nm)
סגול	390-455
כחול	455-492
ירוק	492-577
צהוב	577-597
כתום	597-622
אדום	622-780

זיהום אור:

באופן כללי, זיהום אור הוא סך ההשפעות השליליות של תאורה מלאכותית על האדם והסביבה.



חשיפה מוגברת לאור קצר גל



השפעות בריאותיות של תאורה מלאכותית בלילה - זיהום אור

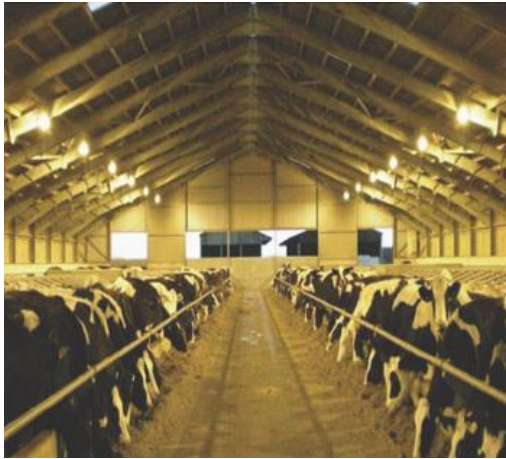


• ארגון הרופאים האמריקאי (AMA) קיבל החלטה ביוני 2012 שאור בלילה הוא **גורם מזוהם** לבני אדם וזאת מאחר והוא **פוגע בייצור המלטונין ומשבש ריתמוסים ביולוגיים**.

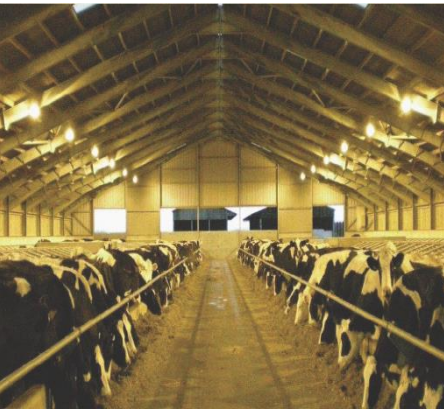
• מחקרים רבים בנושא תאורה מלאכותית בלילה בשנים האחרונות מצביעים על כך שלאור מלאכותי בלילה יש השפעה על בריאותינו:

1. פגיעה במשך השינה ובאיכות השינה (Cajochen et al., 1998).
2. פוגע בחילוף החומרים הבסיסי בגוף וגורם לעלייה ברמת הורמוני הסטרס ומנגד מוריד את רמתם של הורמונים כגון: מלטונין, הורמון הגדילה, אינסולין ועוד (Weeb, 1995).
3. גורמת להשמנת יתר, מעלה את הסיכון לסכרת מסוג 2 ואף מגבירה את הטולרנטיות לאינסולין בקרב סכרתיים (Canpolat et al., 2001).
4. פגיעה במערכת החיסון המתבטאת בהחלשות התגובה של המערכת החיסונית (Carta et al., 2018).
5. מעלה את הסיכון לסרטן השד וסרטן הערמונית (Schwimmer et al., 2014).

שימוש בתאורה מלאכותית מודרנית בחיות משק



השפעות פוטופריודה על בקר וצאן



- טווח ראייה של צאן: 444 nm – 650 (Radlwimmer et al., 1997).
- עוצמת התאורה לילית שהשפיעה על מדדים פיזיולוגיים במעלי גירה הוא מ 40 לוקס ומעלה והמינימום הוא 5 לוקס (Phillips and Lomas, 2001).
- מחקרים רבים בנושא אורך היום ושינוי באורך היום:
- פרות: נמצא שמשטר יום ארוך (8D /16L) גרם לעליה בצריכת מזון ובתגובת חלב של פרות מניבות לעומת משטר יום קצר (Dahl et al., 2000).
- עגלות ועגלים: שנחשפו למשטר יום ארוך הראו ביצועי גדילה וצריכת מזון גבוהים יותר מיום קצר (Peters et al., 1980).
- עזים מניבות: שנחשפו למשטר יום ארוך (8D /16L) הניבו 0.5 ק"ג יותר חלב מעזים שנחשפו למשטר טבעי בתקופת הסתיו (16D /8L) (Flores et al., 2001).
- טלאים: בפיתום שנחשפו למשטר יום ארוך גדלו יותר מטלאים שנחשפו למשטר יום קצר (Slyter et al., 1997).
- הרוב הגדול של מחקרים שעוסקים בפוטופריודה במעלי גירה עוסקים בהבדלים בין יום ארוך לקצר אך לא בהשפעת תאורה מלאכותית בלילה, בדגש על תאורה מלאכותית מודרנית (LED, Compact Fluorescent).

השפעת תאורה מלאכותית בלילה על יעלות ניצולת מזון ותגובת חלב ורכיביו של עיזים גבוהות תגובה

*א. אשר, ח. ליבוביץ, מ. כהן- צינדר, ר. איתן, י. יהודה, ר. אגמון, ר. גוטמן, פ. פארס, ע. שור-שמעוני, א. שבתאי



בע"ח וממשק

בע"ח:

אתר הניסוי: דיר נטור

מספר בע"ח: 24 עיזים חולבות

גזע זנן ואלפיני

מספר תחלובה: 2.44

ימים בתחלובה: 25 יום

משקל גוף: 62.5 ק"ג

תנובת חלב יומית ממוצעת: 3.41 ק"ג/יום

שעות חליבה: 6:00, 18:00

הזנה: בליל + כפתיות

שיכון: סככות, גודל 4 * 5 מטר.



מבנה הניסוי

קבוצה מרכזית – 70 עזים,
תנאי חושך בלילה

קבוצת חושך
12 עזים

קבוצת אור
12 עזים

תנאי חושך לכל העזים: שבוע 1-4 (30 יום)

תקופת מדידה בתנאי חושך

מניפולציית תאורה: הארת קבוצת ניסוי
(שבוע 9)

תקופת מדידה מניפולציית אור

מדידת ביצועים, יעילות
וקצב לב לקבוצה מוארת
וחשוכה (שבוע 9 – 16)

בע"ח וממשק



נתוני תאורה :

קבוצת אור (N=12):

סוג תאורה: CF

אורך גל: 498 nm

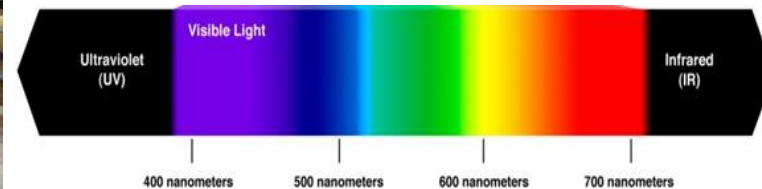
עוצמה: 220 Lux

קבוצת חושך (N=12):

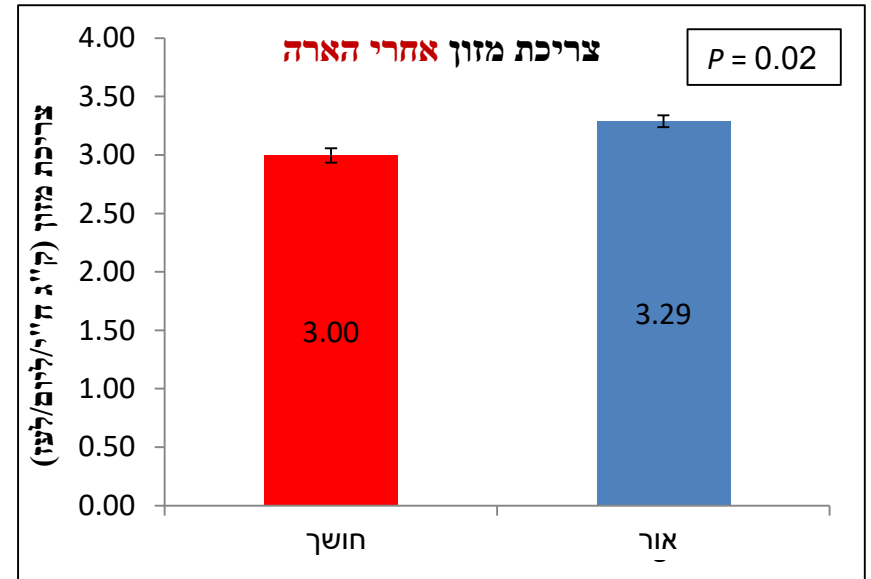
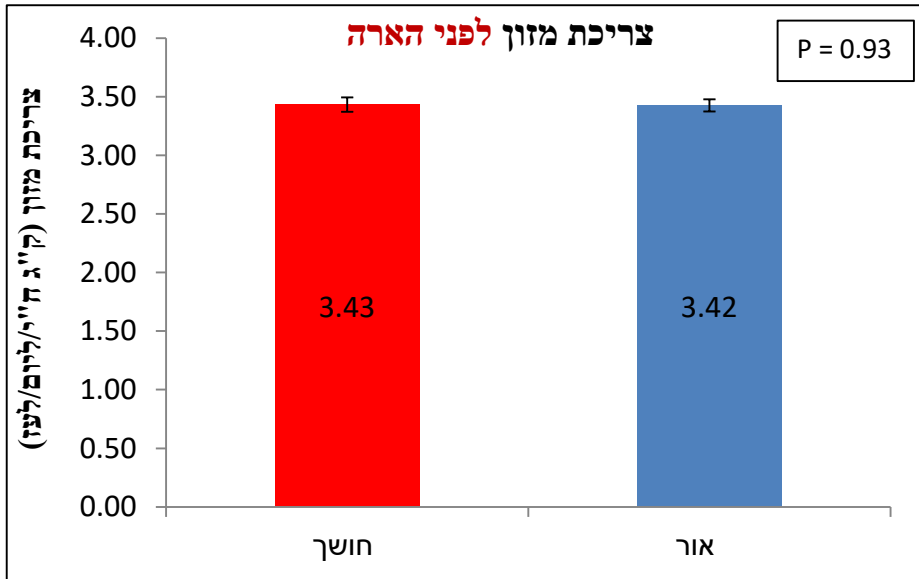
סוג תאורה: טבעית

אורך גל: 680 nm

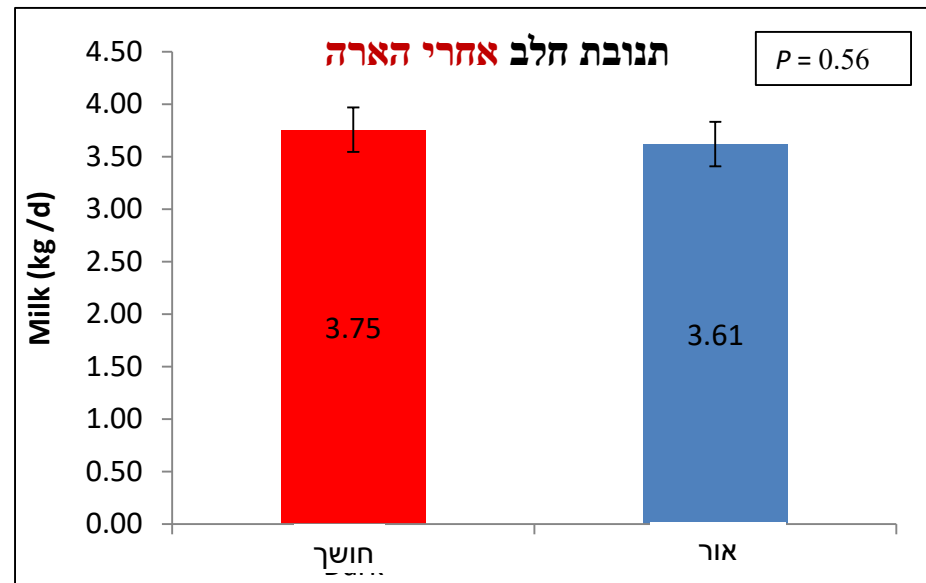
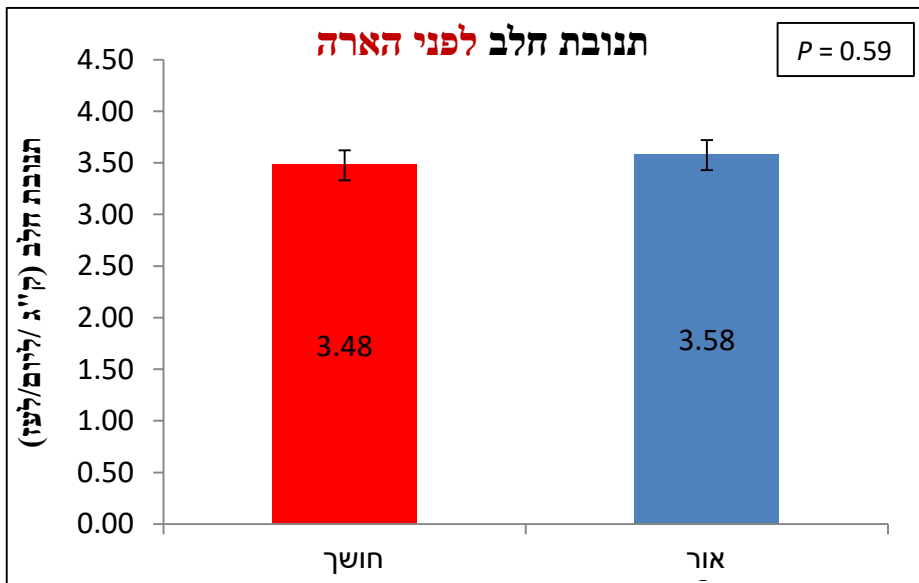
עוצמה: 0.01 Lux



צריכת מזון

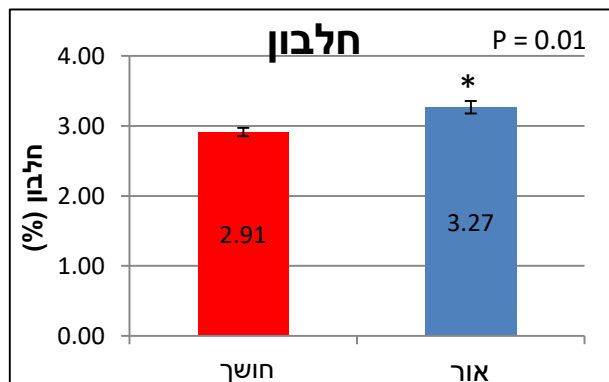
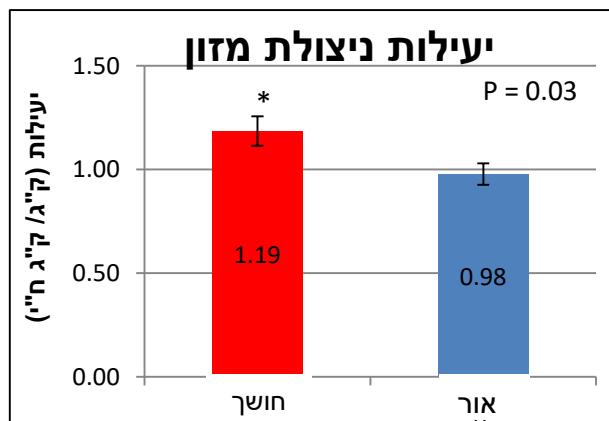
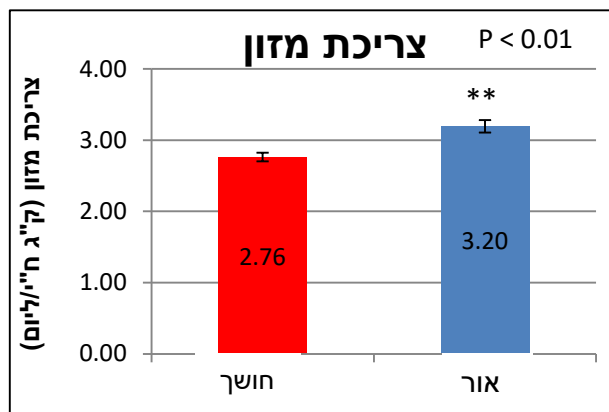


תנובת חלב



מרכיבי החלב, ביצועים, יעילות

לפני הדלקת אור

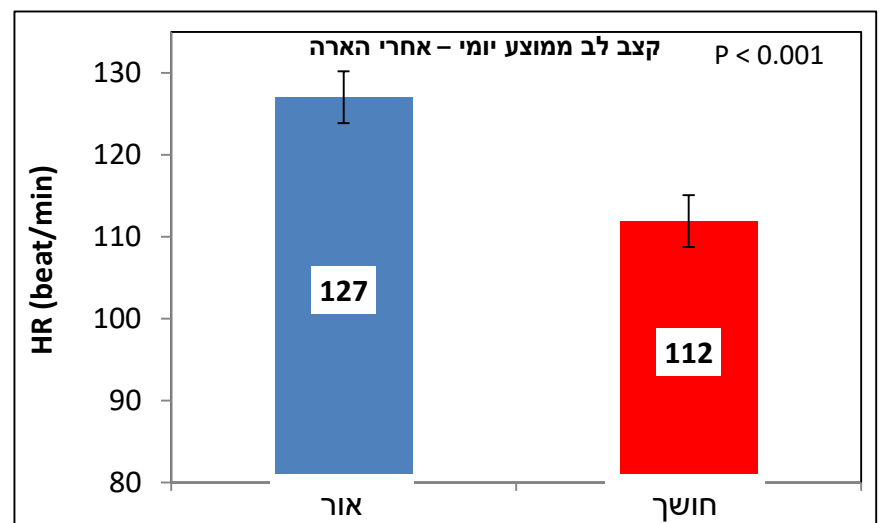
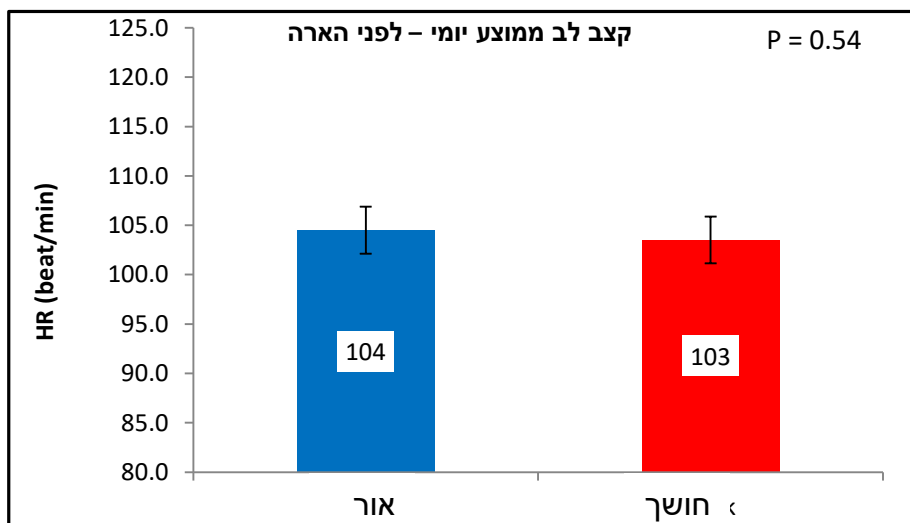
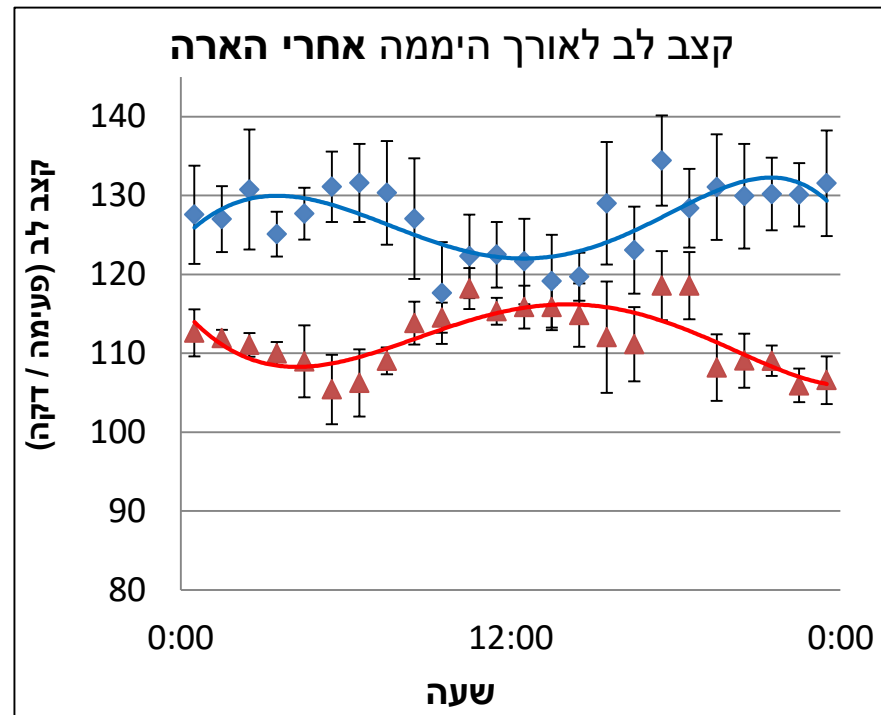
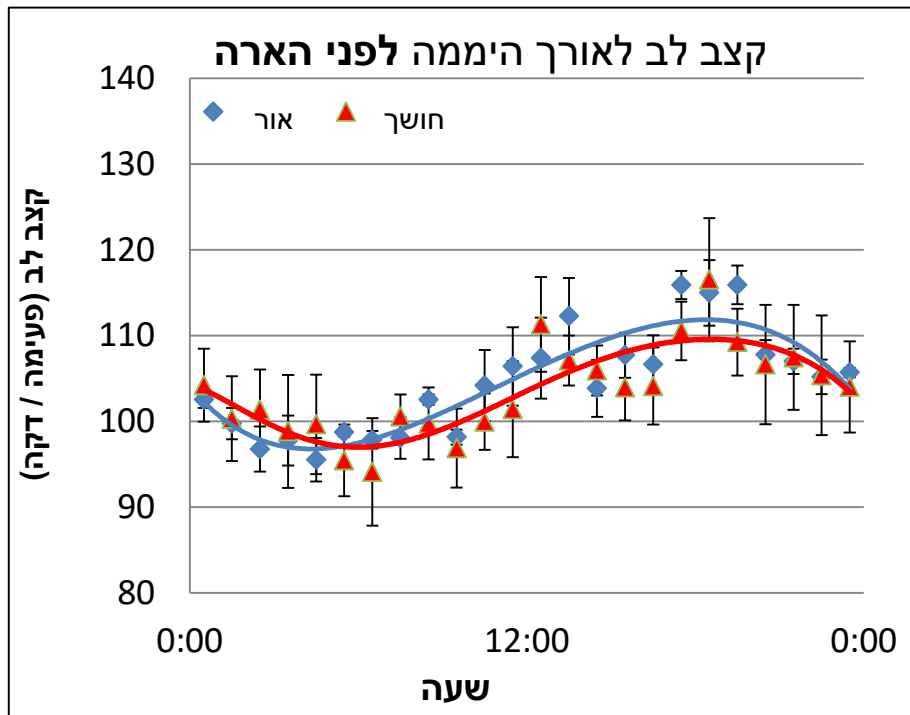


מובהקות	ש.ת	חושך	אור	מדד
0.91	0.22	3.61	3.58	תנובת חלב (ק"ג / יום)
0.49	0.10	2.75	2.85	צריכת מזון (ק"ג ח"י / יום)
0.74	2.89	61.1	62.0	משקל גוף (ק"ג)
0.63	0.10	1.34	1.27	יעילות צריכת מזון (ק"ג / ק"ג ח"י)
0.53	0.30	4.17	4.38	שומן (%)
0.12	0.07	3.41	3.59	חלבון (%)
0.34	0.09	4.85	4.76	לקטוז (%)
0.52	541	1,845	1,693	סת"ס (תאים *1000 / מ"ל)
0.94	0.25	3.00	3.01	אנרגיה בחלב (מק"ל / יום)
0.82	0.12	1.13	1.08	יעילות צריכת מזון (מק"ל / ק"ג ח"י)

אחרי הדלקת אור

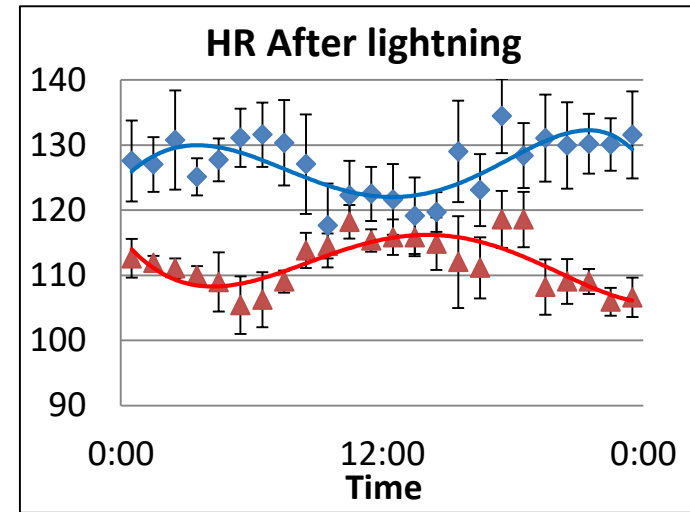
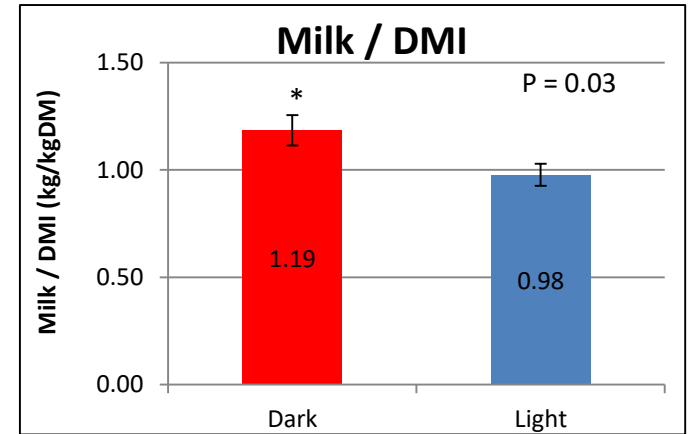
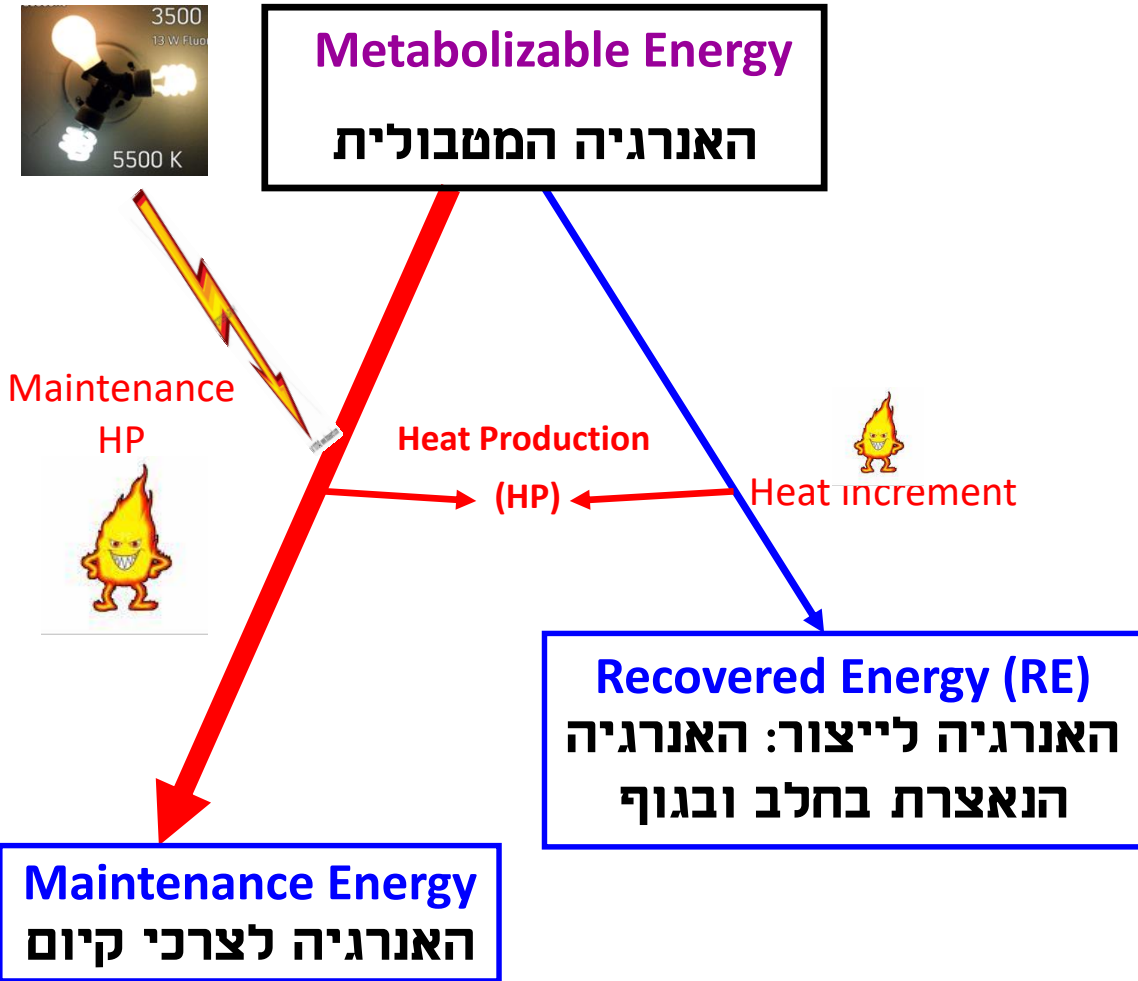
מובהקות	ש.ת	חושך	אור	מדד
0.63	0.21	3.26	3.13	תנובת חלב (ק"ג / יום)
0.00	0.07	2.76	3.20	צריכת מזון (ק"ג ח"י / יום)
0.85	3.05	65.2	64.3	משקל גוף (ק"ג)
0.03	0.06	1.19	0.98	יעילות צריכת מזון (ק"ג / ק"ג ח"י)
0.66	0.24	3.98	4.14	שומן (%)
0.01	0.08	2.91	3.27	חלבון (%)
0.24	0.07	4.58	4.71	לקטוז (%)
0.76	469	1,847	1,532	סת"ס (תאים *1000 / מ"ל)
0.76	0.14	2.24	2.31	אנרגיה בחלב (מק"ל / יום)
0.23	0.04	0.81	0.72	יעילות צריכת מזון (מק"ל / ק"ג ח"י)

קצב לב



מסלולים ביולוגיים להסבר התופעה

מסלולי זרימת האנרגיה



ניסוי 2018 - מעבר מפלורסנט ל LED - בע"ח וממשק



נתוני תאורה :

קבוצת אור:

סוג תאורה: LED

אורך גל: 460nm

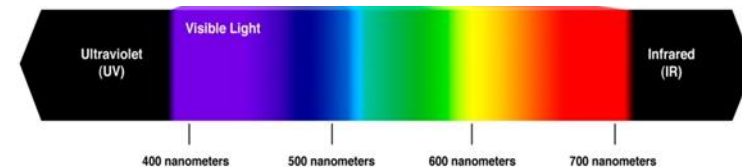
עוצמה: Lux 220

קבוצת חושך:

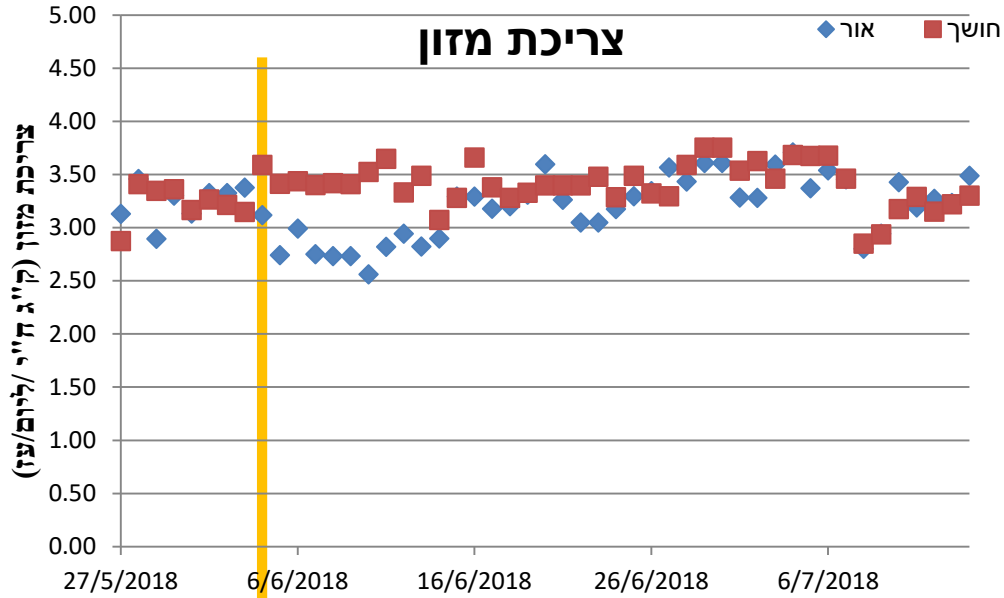
סוג תאורה: טבעית

אורך גל: 680nm

עוצמה: Lux 0.01



צריכת מזון, תנובת חלב, משקל גוף

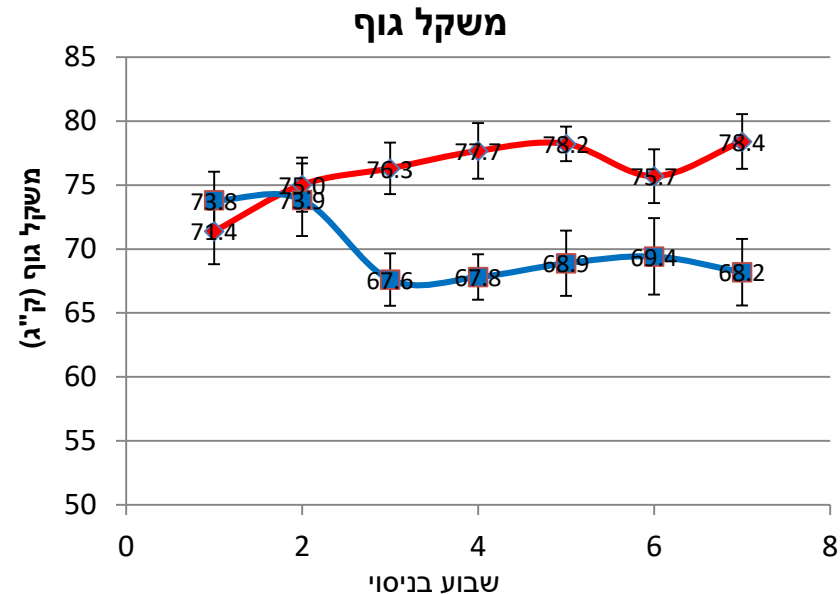
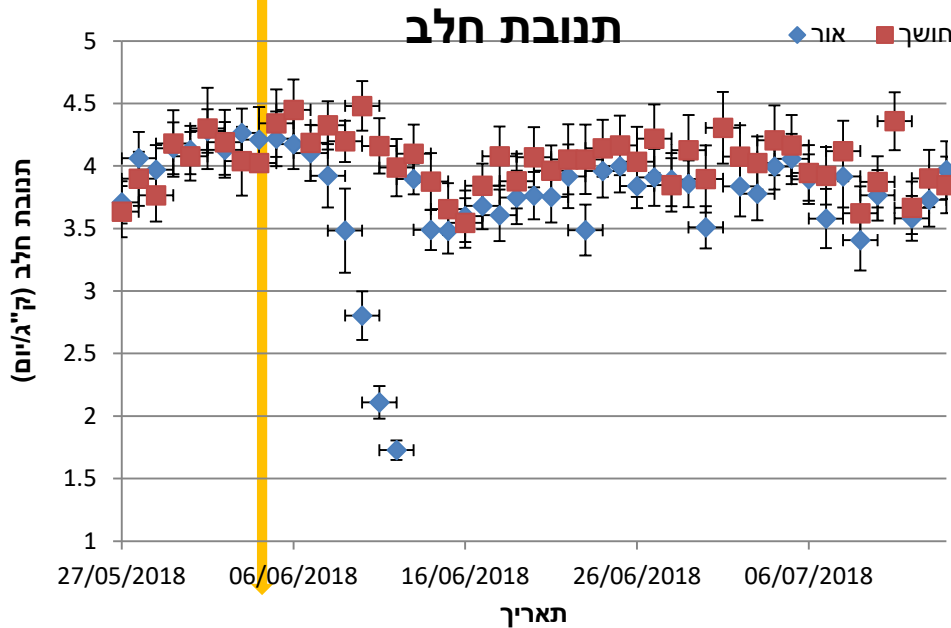


צריכת מזון (אחרי הארה)

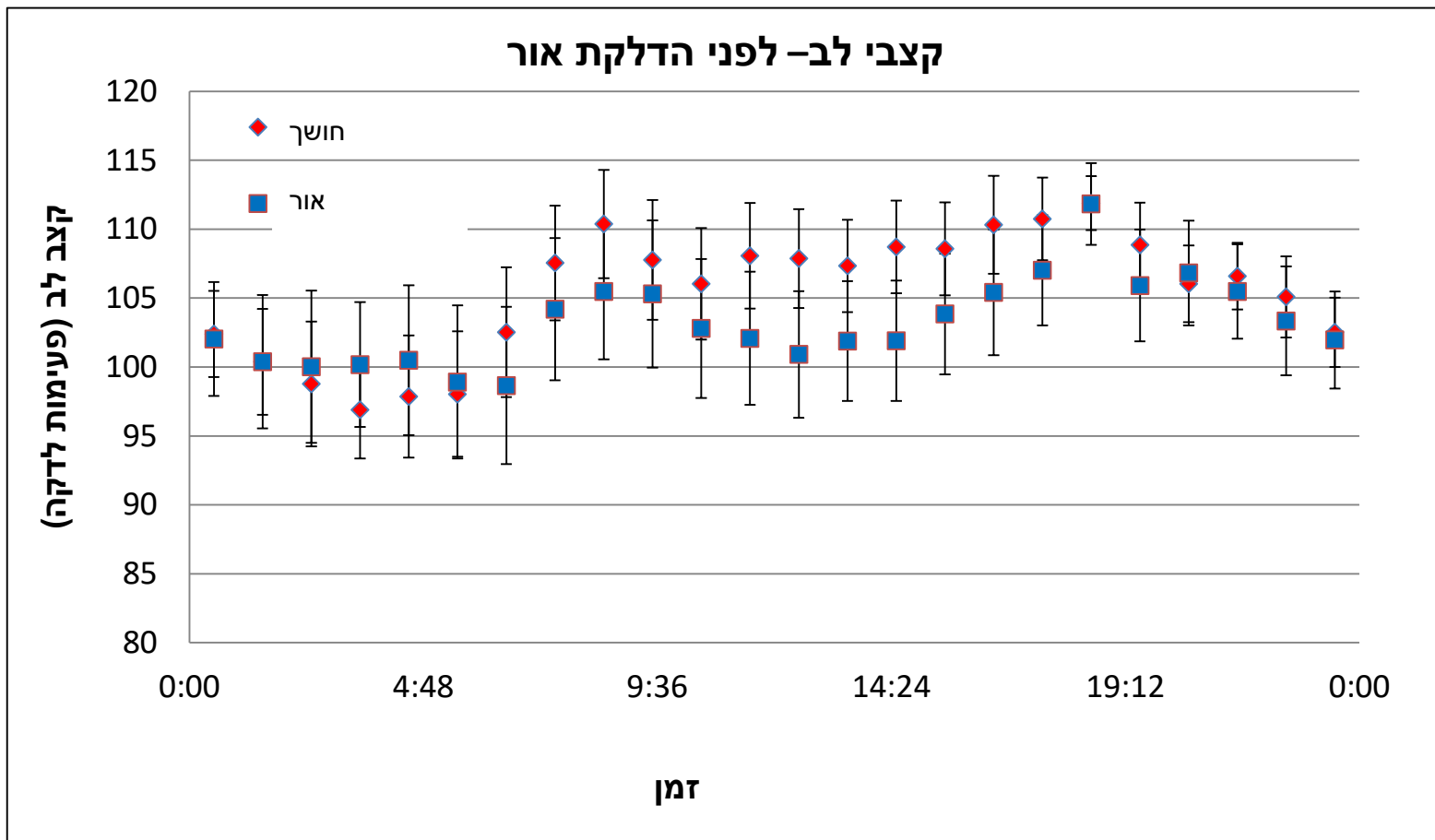
4.40	חושך
3.79	אור
0.61	הפרש (חושך-אור)

תנובת חלב (אחרי הארה)

4.03	חושך
3.60	אור
0.43	הפרש (חושך-אור)
P < 0.01	מובהקות

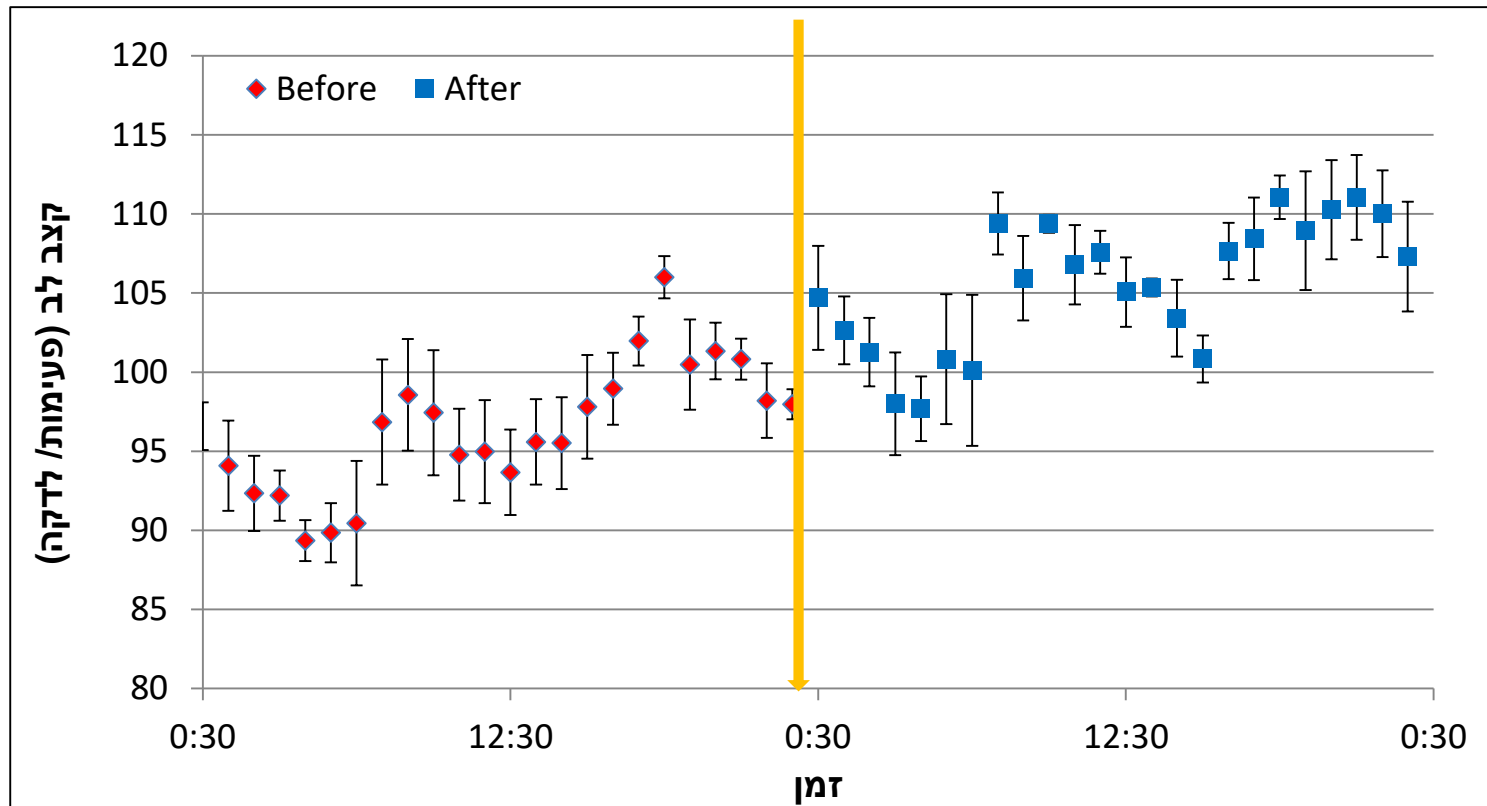


קצב לב קבוצת אור והחושך – לפני הדלקת אור



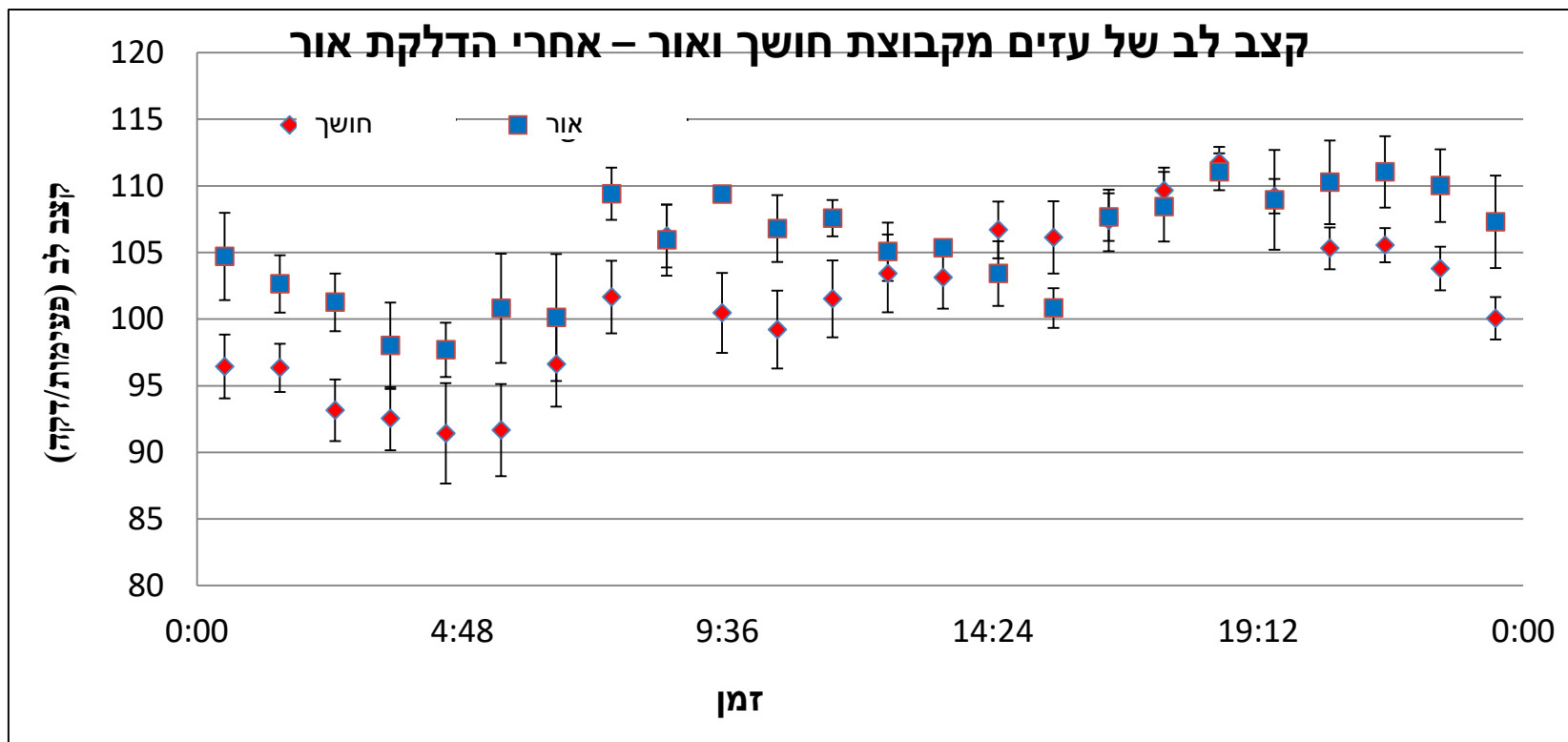
לפני הארה אין הבדל מובהק בקצב הלב בין קבוצת החושך לקבוצת האור ($P = 0.28$).

קצב לב – קבוצת אור לפני ואחרי ההארה



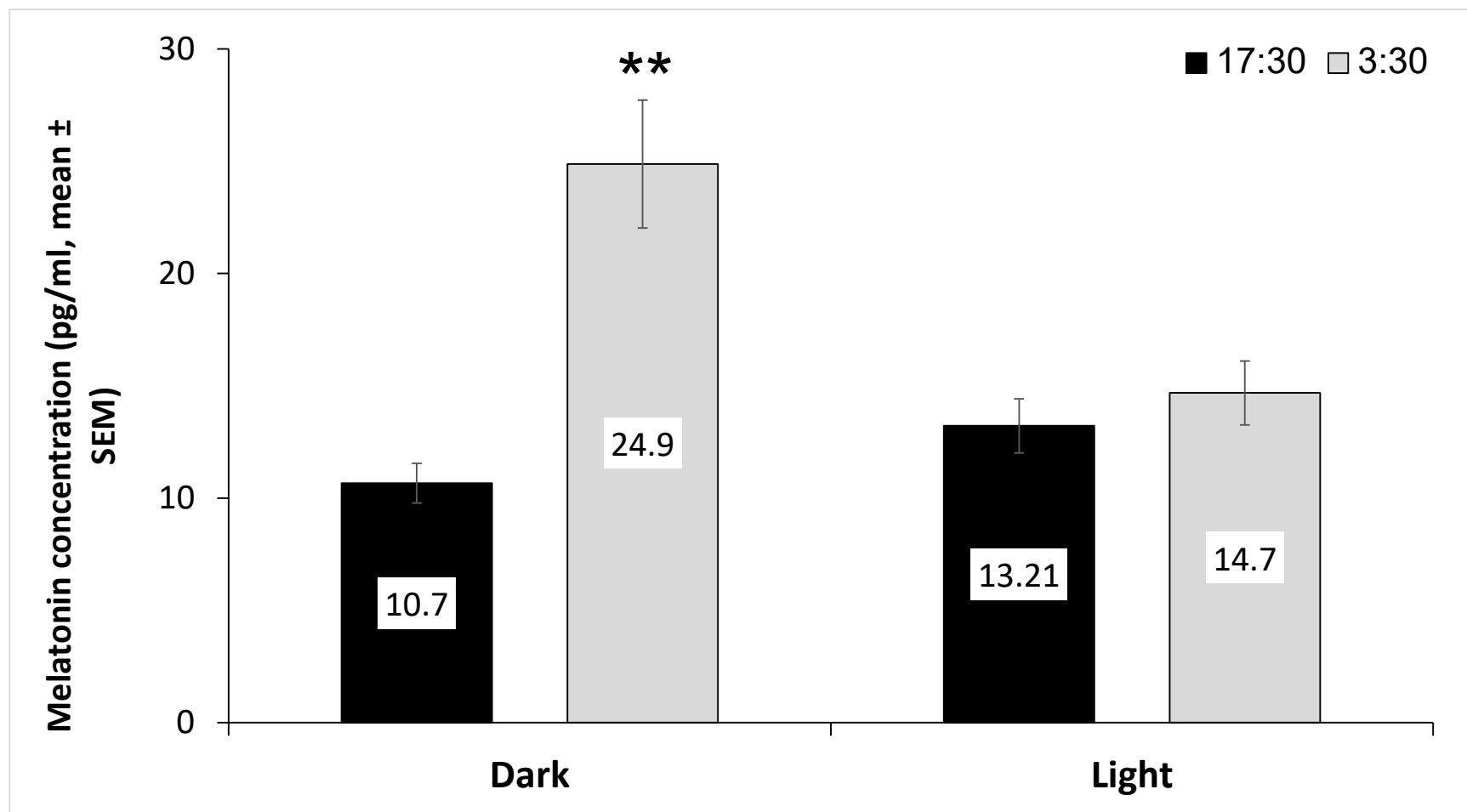
בקבוצת האור ממוצע קצב הלב היומי של העזים בקבוצת האור אחרי ההארה היה גבוה באופן מובהק לעומת קצב לב של העזים (מקבוצת האור) לפני ההארה (96.6 ± 2.52 , 105.6 ± 2.61 , $P < 0.01$, בהתאמה). קצב הלב לאחר ההארה למעשה גבוה משמעותית בשעות הלילה ובשעות הצהריים.

קצב לב קבוצות אור וחושך – אחרי הדלקת אור



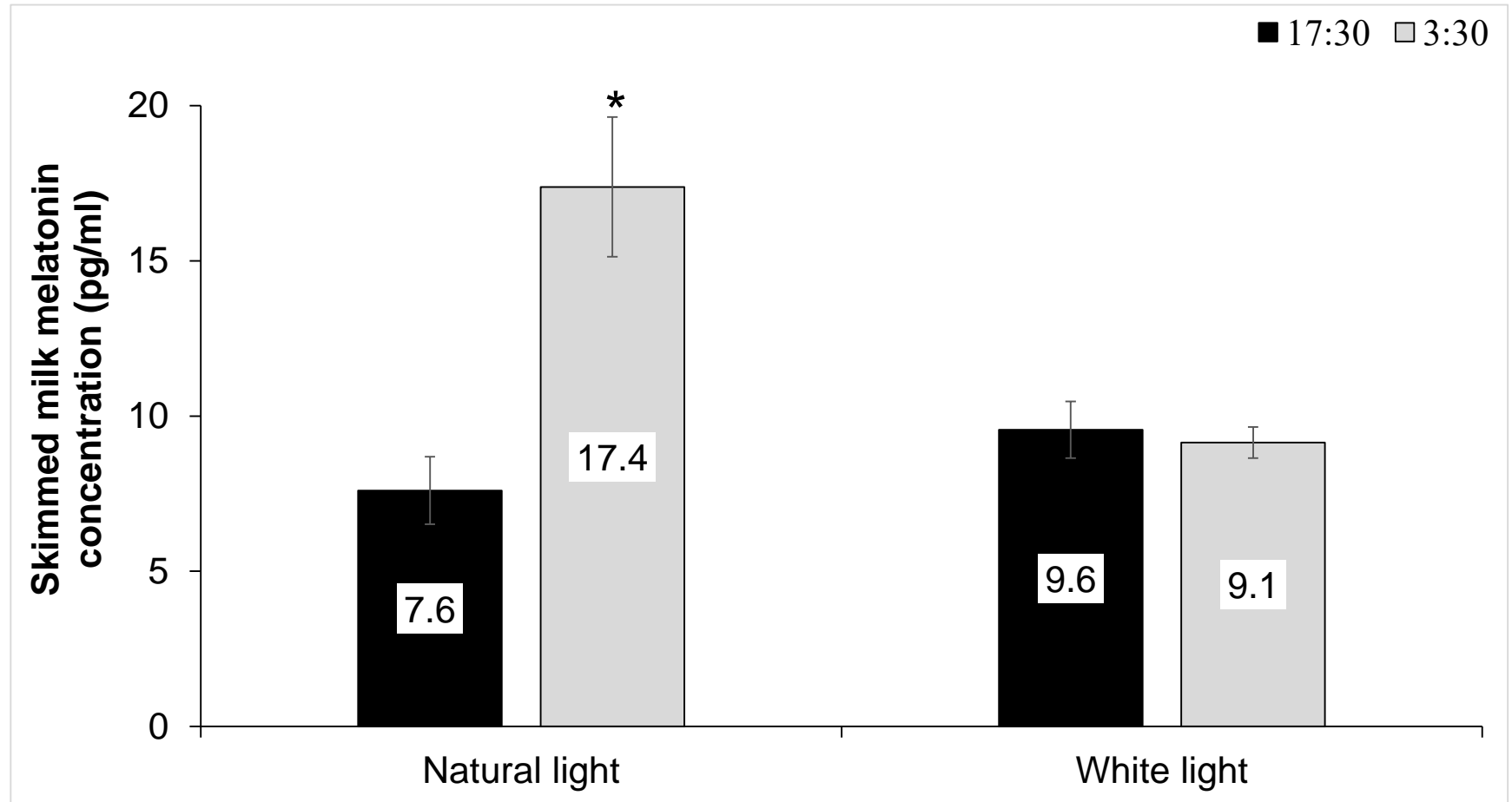
אחרי הארה קצב הלב של קבוצת האור גבוה מקצב הלב של קבוצת החושך
($P = 0.07$, 105.6 ± 2.61 , 102.7 ± 2.33). ההבדלים הם בעיקר בשעות הלילה.

ריכוז הורמון המלטונין בפלסמה



ריכוז המלטונין בפלסמה (pg/ml ± SE) של עזים מקבוצת האור (N = 24) וקבוצת החושך (N) = 24 שנדגמו בשעה 03:30, 17:30.

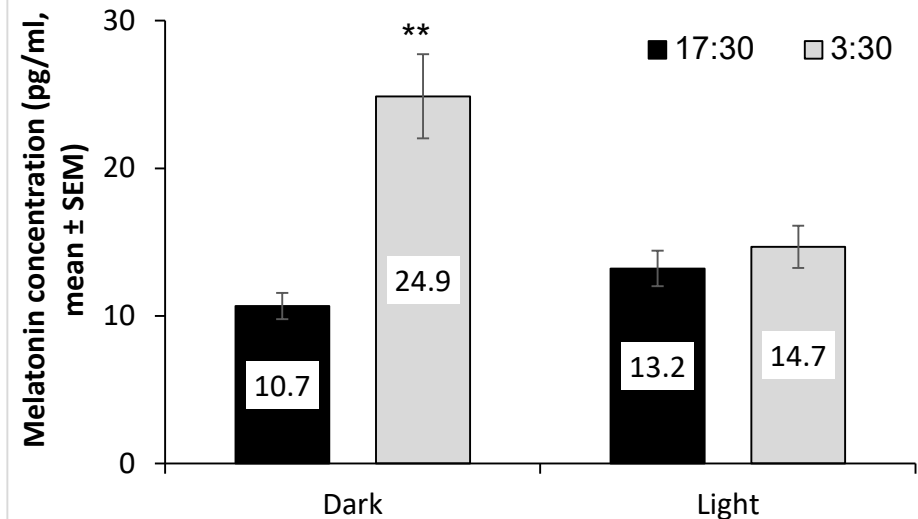
ריכוז הורמון המלטונין בחלב



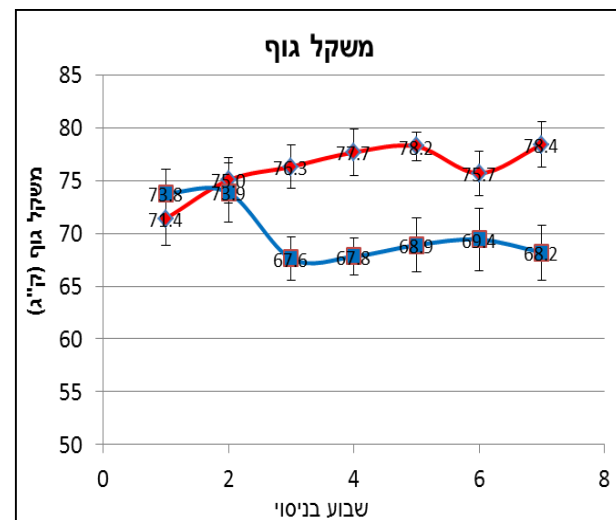
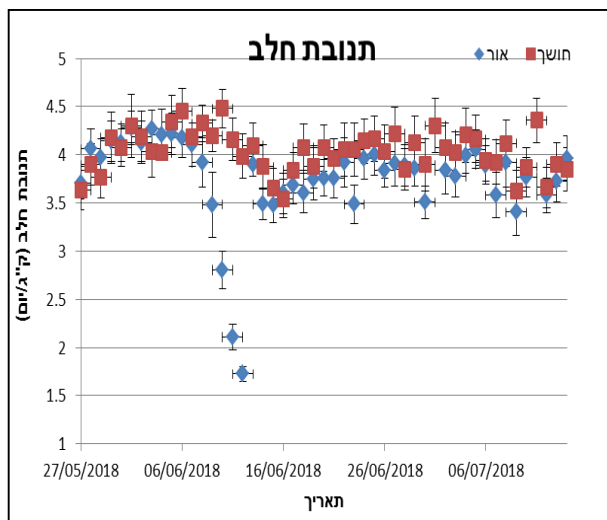
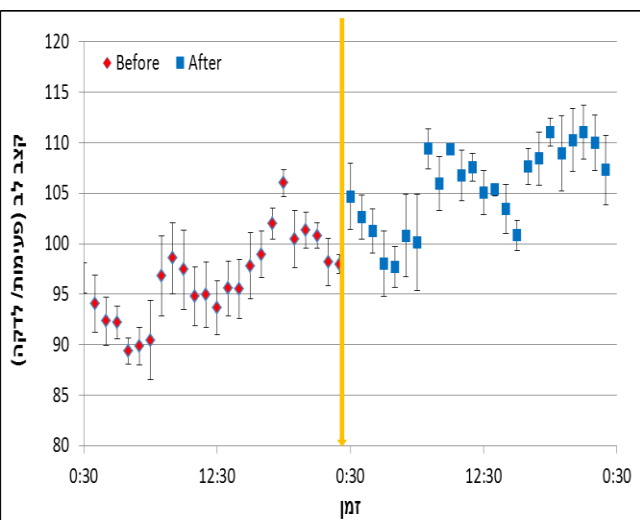
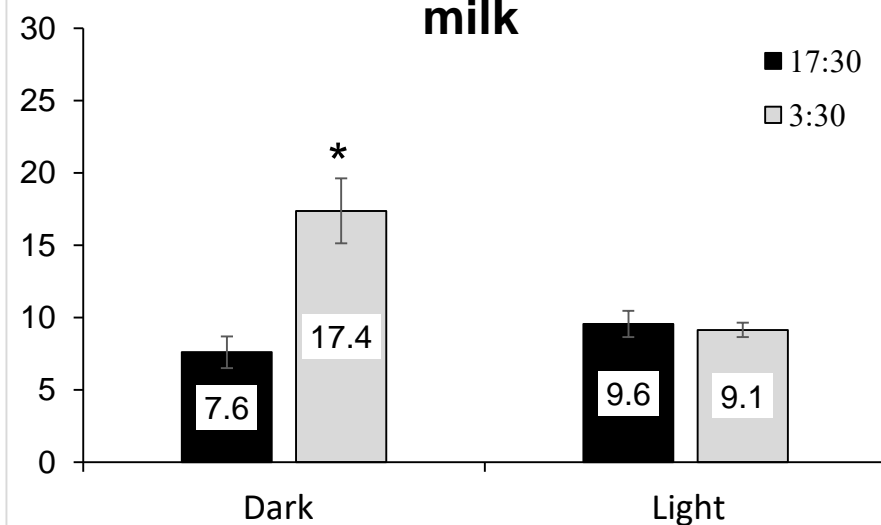
ריכוז המלטונין בחלב ($\text{pg/ml} \pm \text{SE}$) של עזים מקבוצת האור ($N = 24$) וקבוצת החושך ($N =$)
24 שנדגמו בשעה 17:30, 03:30.

הוכחה לזיהום אור בדיר

Melatonin concentration in plasma



Melatonin concentration in milk



לסיכום

- אור מלאכותי קוצר גל בלילה פוגע בביצועים וביעילות ייצור החלב בעזים מניבות.

- סוג האור מלאכותי השפיע באופן שונה על העזים אך המשותף הוא המנגנון ששובש, קריא, האור המלאכותי גרם לעליה בהתמרת האנרגיה לקיום ולא לייצור.

- בניסויים נמצא שאור מלאכותי בלילה שיבש את המחזוריות הימתית הפנימית (קצב הלב) של בע"ח שנבדקו, כלומר שימוש באור המלאכותי עונה להגדרה של זיהום אור ופוגע ברווחת חיות המשק שנבדקו.

- יש למצוא פתרונות מעשיים לניהול משטרי תאורה בדיר כגון שימוש באור ארוך גל ותת אדום.

- יש להעלות את רמת המודעות לזיהום אור גם בקרב החקלאים ובכלל בקרב האוכלוסייה כולה, כי כולנו מושפעים מכך.



תודו

לצוות המחלקה לבעלי חיים – מופ צפון:

רון איתן
יהודה יהודה
פלורין פארס
מתן פיאליקו



היחידה לבקר לבשר – נווה יער:

ד"ר אריאל שבתאי
ד"ר מירי צינדר
ד"ר אריה ברוש
ד"ר אלה אורלוב
פרופ' אילן הלחמי
רותם אגמון
רמי כעביה
עלי זועבי
מורן ישי



אוניברסיטת חיפה:

פרופ' אברהם חיים (ז"ל)
ד"ר עבד זובידת

מיגל:

ד"ר רואי גוטמן
ד"ר דורית אבני

משקים ורפתות:

דיר נטור: יובל וירון דגן
רפת יגור: אלן פדרסון (מנוח)
וצוות הרפת

קרנות מימון:

מועצת החלב

המדען הראשי משרד החקלאות

מיגל (קרן מחקרים פנימית
ומאיץ)

יק"א (קרן מאיץ)

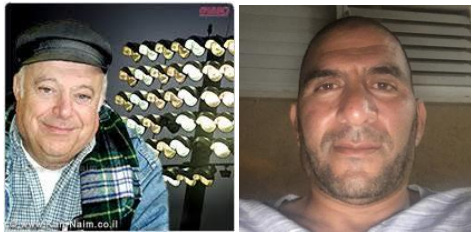
חברות עסקיות:

חברת "טרה"

חברת "Infra LED"

שותפינו במכון וולקני:

ד"ר עוזי מועלם
ד"ר יהושוע מירון
שמאי יעקובי

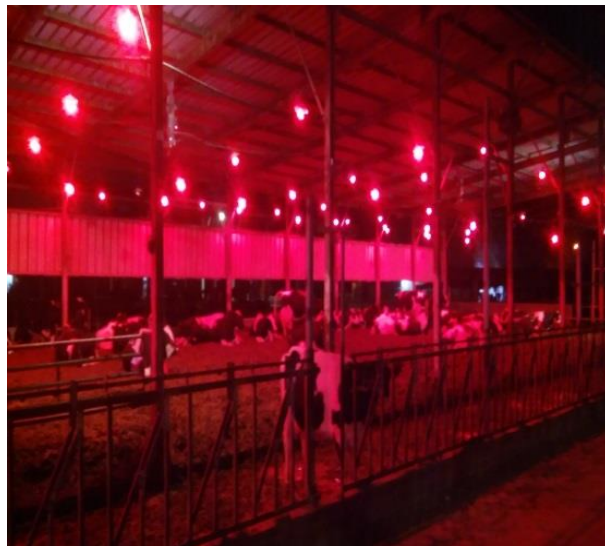
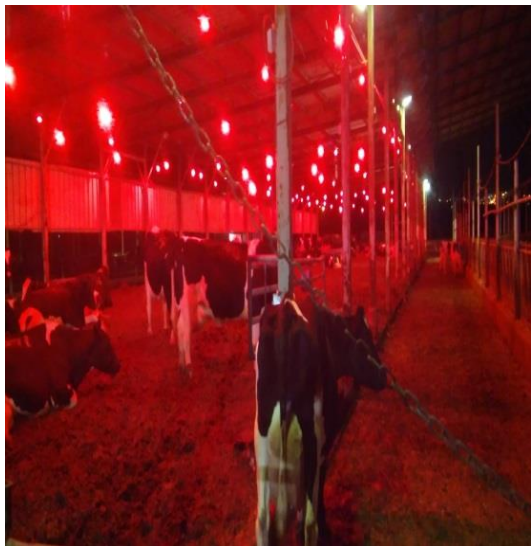


שימוש באור אדום (תאורה ארוכת גל)

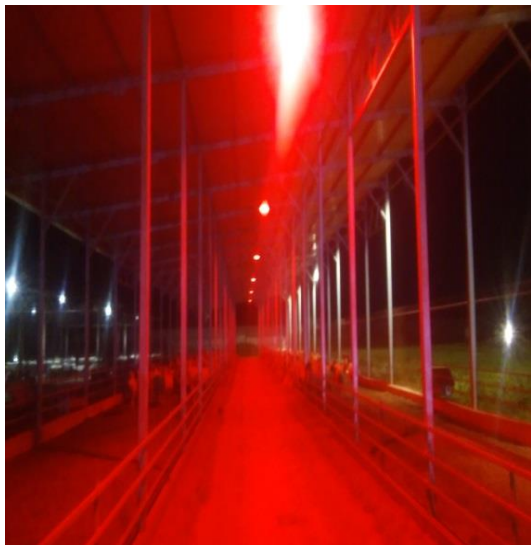


מחקר יישומי - מתחילים ליישם בשטח

רפתות



דירים



שימוש בתאורת IR (Infra Red)



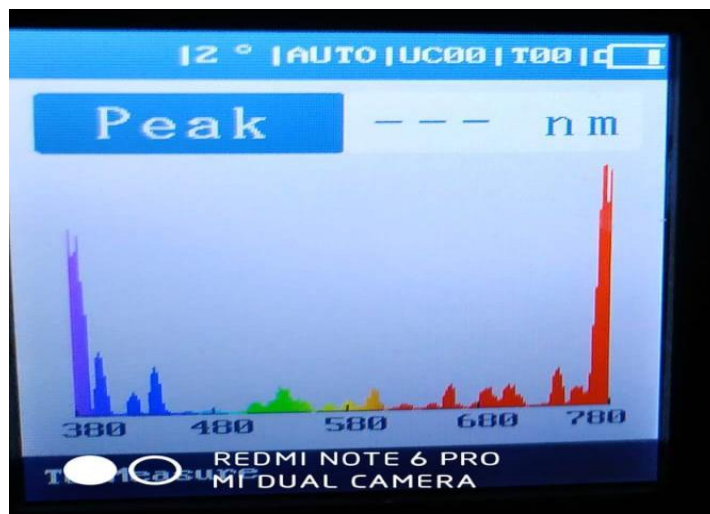
דיר צאן(2)-Camera 01 (רהיטות)



דיר צאן(2)-Camera 01 (רהיטות)



דיר צאן(2)-Camera 01 (רהיטות)



תודה על ההקשבה



זיהום אור הנגרם כתוצאה מחשיפה למסכים וההשלכות על בריאות האדם



- Chajochen 2011, מצא כי חשיפה במשך 5 שעות להארה בעוצמה של פחות מ 100 לוקס של מסך מחשב נייד **הפחיתה את רמת המלטונין ופגעה בביצועים במטלה קוגניטיבית** אך לא נבדקה ההשפעה על השינה במחקר.



- מחקרים חדשים נוספים מצאו כי חשיפה להארה של 2-4 שעות למסך טאבלט בעוצמה של 30-50 לוקס **פגעה בהפרשת המלטונין הלילי ודחתה את שעת השינה** (Chang et al., 2012 Wood et al., 2013).

- Chang 2015, מצא כי שימוש בספרים אלקטרוניים בלילה האריך את זמן הכניסה לשינה, דיכא את הפרשת המלטונין, **קיצר את מחזור שנת ה-REM והקטין את הערות למחרת בבוקר**.



- ניסוי שנערך בשנת 2016 במעבדות השינה באסותא ע"י פרופ' ירון דגן ועמית גרין, הראה כי חשיפה להארת מסך מחשב באורך גל קצר בשעות הלילה **פוגעת בתחושת הערנות היומית, השפעה שלילית על מצב הרוח ופגיעה ברמת הקשב והריכוז** ביום שלמחרת.