



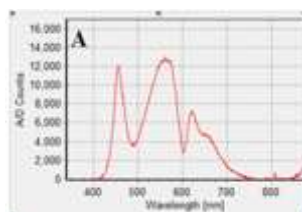
## השפעה של אור על בני האדם- עידכון עלפי המחקרים

לאחרונה פורסמו עמדות ודעות שונות באשר להשפעה של קרינה קצרת גל (להלן "אור כחול") על בני האדם אשר אינם מדויקים, חלקם התבססו על מחקרים ישנים, חלקם מבוססים על שיטות מחקר מיושנות, חלקם לא מבוססים כלל. במסמך זה נפרט את ההתייחסות של המחקרים העדכניים בנושא וזאת כדי לדייק ככל שניתן.

יותר מ 60 שנה ידוע על ההשפעה החזקה של האור בכלל על בני האדם. לאחר שנים בהם היתה מחלוקת ואף פסילה גורפת של ההשפעה של אור כחול על בני האדם, הגיעו החוקרים "בשעה טובה" להסכמה. כיום אין חולק על כך שאור בלילה, ובמיוחד הרכיב הכחול שלו (רגישות ב 500 - 450 נ"מ כשהשיא ב 480 נ"מ) המופיע בצורה דומיננטית בטבע בשעות היום, גורם לדיכוי ייצור מלטונין וכתוצאה מכך לפגיעה במחזור השינה, במערכת ההורמונאלית, מערכת מטאבולית ובמנגנוני ההגנה ותיקון הגוף, כגון המערכת החיסונית אשר אחראים, בין היתר, בפני התפתחות סרטן השד ובלוטת הערמונית וגרורות.

מחקרים מהשנים האחרונות מראים עדויות מדעיות רבות גם ברמת הפרט וגם ברמת האוכלוסייה. ברמת הפרט, בניסויים בבעלי חיים הוכח, כי אור בלילה גורם לשיבוש השעון הביולוגי, לעליה משמעותית בפגיעה במערכות גוף שונות, בהתפתחות סרטן שד ובלוטת הערמונית וגרורות [Blask et al., 2009 2011; Schwimmer et al., 2014]. ישנם מחקרים המראים ששימוש בחיות מודל כעכברים בשיבוש ריתמוסים יומיים יכול לדמות בצורה טובה את המצב באדם (Radetsky et al., 2013). ברמת האוכלוסייה רואים עדויות מתרבות לכך ששכיחות מקרי הסרטן (שד ובלוטת הערמונית) המושפעים מתאורה גדלה (בעוד שסוגי סרטן אחרים לא [Kloog et al., 2010; Hurley et al., 2015; Keshet – Siton 2005; Li et al., 2010]).

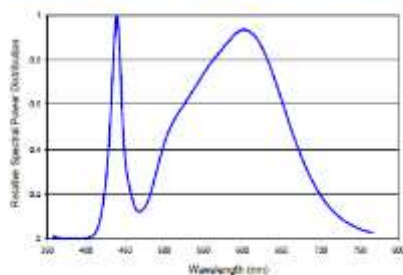
בלדים לבנים מקור האור הראשוני הוא כחול. אור כחול זה מומר ע"י חומר פלואורני לאור בצבעים אחרים, אולם בכל הלדים הנמכרים כיום קיימות שאריות לאותו אור כחול. השיא הכחול בספקטרום ההארה הינו אופייני לתאורת לד. אומנם קיימת קורלציה בין טמפרטורת צבע האור (CCT, במעלות קלווין) לבין תכולת הרכיב הכחול בספקטרום של מקור האור אך עדיין טמפרטורת צבע נמוכה איננה מבטיחה תכולה נמוכה של האור הכחול. לדוגמה, בלד בטמפרטורת צבע של 2,700 מעלות קלווין שנרכש לאחרונה בארץ נמדד הספקטרום הבא, שהינו בעל רכיב כחול גבוה יחסי:





וגם בלד בטמפרטורת צבע של 3,500 מעלות קלווין, מהסדרה החדשה של אחת החברות המובילות, מפורסם בקטלוג הספקטרום עם הפיק הכחול שהינו הגבוה יחסית:

i (3500K) at Test Current, Thermal Pad Temperature - 25°C

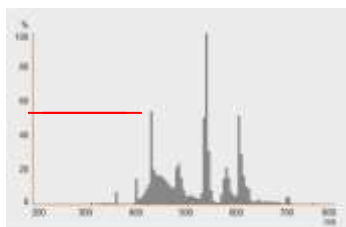


בלדים מסויימים כמות החומר הזרחני קטנה יותר יחסית ללדים האחרים. כדי לייצור לדים בצבע "חם" יותר יש להמיר יותר מהאור הכחול לרכיבי אור בעלי אורך גל ארוך יותר. מסיבות אלו מקורות אור בעלי טמפרטורת צבע נמוכה ו-CRI גבוה יהיו בעלי מרכיב כחול נמוך יותר יחסית ולכן בעלי השפעה נמוכה יותר על דיכוי המלטונין.

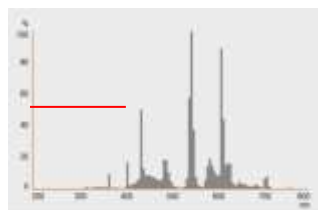
יש לציין כי התישנות של ביצועי החומר הזרחני לאורך זמן עלולה לשנות את מאפייני הספקטרום (ובפרט עליה של המרכיב הכחול).

להלן דוגמאות הספקטרום בתחום הכחול של מקורות שונים:

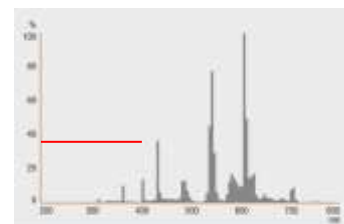
### נורות T5:



6,500 מעלות קלווין



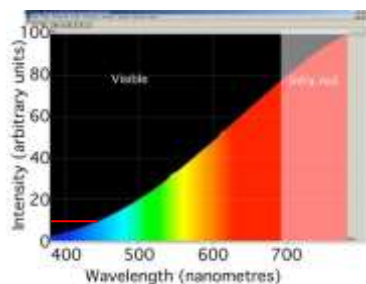
4,000 מעלות קלווין



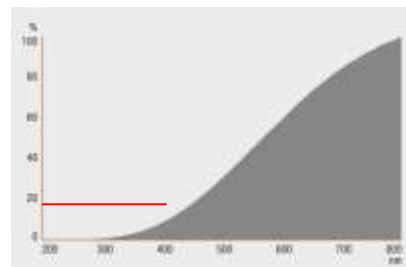
3,000 מעלות קלווין



### נורת ליבון והלוגן:

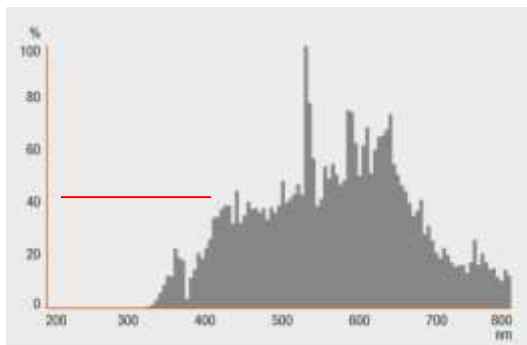


נורת ליבון

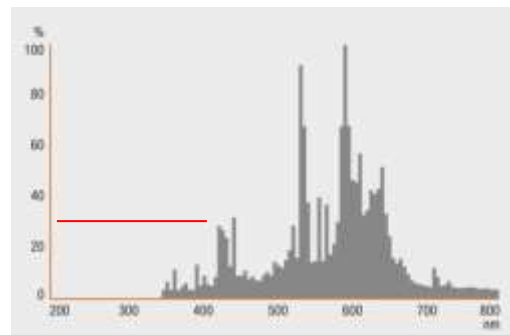


נורת הלוגן

### נורות מטל הלייד קרמיות:

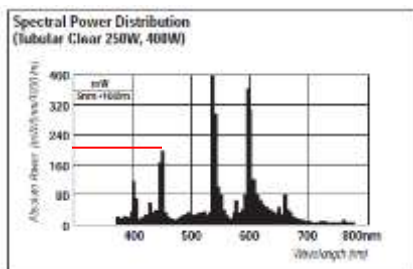


נורת מטל הלייד קרמיות 4,000 מעלות קלווין

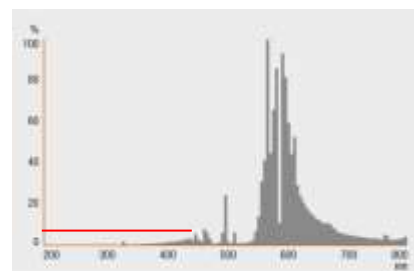


נורת מטל הלייד קרמיות 3,000 מעלות קלווין

### נורות פריקה נוספות:



נורת מטל הלייד סטנדרטי 4,200 מעלות קלווין



נורת נטרן



המדד הזמין ביותר לבחינה של הימצאות ועוצמה של רכיב האור הכחול בתאורת לד הוא ביצוע השוואה של נתון השיא (הפיק) הכחול המתקבל ביחס ליתר מרכיבי הספקטרום. יוער, כי רכיבים משמעותיים של אור כחול נמצאים בכל המקורות האור בעלי CCT גבוה, אולם אין בהם פיק גבוה בתחום הכחול, כפי שקיים בלדים.

בשלב זה עדיין אין מספיק מחקרים שיכולים להמליץ על העוצמה המומלצת המותרת של האור הכחול. יש צורך במחקר ספציפי שייתן תשובות לגבי העוצמות, ההשפעות ומידת הרגישות של האוכלוסייה – לדוגמא, העליה באחוז התחלואה והתמותה כתוצאה מהחשיפה לאור זה. יש לזכור, כי מחקר מסוג זה יארך שנים רבות- זמן הדגירה של מחלות אלה הוא כ-10-15 שנים.

בשם הזהירות המונעת רואים כיום מגמה עולמית להימנע מחשיפת הציבור לאור כחול בלילה וצמצומה ככל שניתן. מגמה זו מתבטאת בהנחיות [1] ואף, במקרים מסויימים, פירוק של מתקנים בעלי תאורה לבנה וחזרה של נל"ג או לתאורת לד חמה [3]. בארץ, לשם כך, המפרט הכללי הבינמשרדי, פרק 08 והועדה הבין משרדים של משרד השכון בשתוף עם משרד הבריאות ומשרד לאיכות הסביבה החליטו להמליץ על שימוש בלדים בעלי טמפרטורת צבע של 3,000 מעלות קלווין ומרכיב נמוך (כמחצית מהפיק המקסימלי) של הגל הכחול.

#### ביבליוגרפיה (חלקית)

1. Statement of the EU-COST Action ES 1204 LoNNe, 2014
2. חוות דעת בנושא תאורת LED, ד"ר נעם לידר, 2010, רט"ג
3. [/http://volt.org/lessons-learned-davis-ca-led-streetlight-retrofit](http://volt.org/lessons-learned-davis-ca-led-streetlight-retrofit)
4. Blask DE, Dauchy RT, Brainard GC, Hanifin JP. (2009) Circadian stage-dependent inhibition of human breast cancer metabolism and growth by the nocturnal melatonin signal: consequences of its disruption by light at night in rats and women. Integrative Cancer Therapies 8: 347-353.
5. Blask DE, Hill SM, Dauchy RT, Xiang S, Yuam L et al., (2011) Circadian regulation of molecular, dietary, and metabolic signaling mechanisms of human breast cancer growth by the nocturnal melatonin signal and consequences of its disruption by light at night. Journal of Pineal Research 51: 259-269.
6. Hurley S, Goldberg D, nelson D, Hertz A et al., (2014) Light at night and breast cancer risk among California teachers. Epidemiology 25: 697-706.



8. Keshet-Sitton A, Or-chen K, Yitzhak S, Tzabary I and Haim A. (2015) Can Avoiding light at night reduce the risk of breast cancer? Integrative Cancer Therapies. DOI: 10.1177/1534735415618787
9. Kloog I, Haim A, Stevens RG et al., (2008) Light at night co-distributes with breast but not lung cancer in the female population of Israel. Chronobiology International, 25: 65-81.
10. Li Q, Zheng T, Halford TR, Boyle P, Zhang Y and Dai M. (2010) Light at night and breast cancer risk: results from population – based case control study in Connecticut USA. Cancer causes and control 21: 2281-2285.
11. Radeltsky LC, Rea MS, Bierman A and Figueiro MG. (2013) Circadian disruption: Comparing human with mice. Chronobiology International 30:1066-1071.
12. Schwimmer H, Metzger A, Pilosof Y, Szyf M, Machnes ZM et al., (2014) Light at night and melatonin have opposite effects on breast cancer tumors in mice assessed by growth and global DNA methylation. Chronobiol. International 31:144-150.
13. Zubidat AE, Fares B, Faras F and Haim A. (2015) Melatonin functioning through DNA methylation to constrict breast cancer growth accelerated by blue LED light at night in 4T1 tumor bearing mice. Gratis Journal of Cancer Biology and therapeutics, 1: 57-73.

פרופ' אברהם חיים, ד"ר אינה ניסנבאום  
בשם האגודה הישראלית לתאורה