

## נייר עמדה בנושא קרינה קצרת גל - החלק הכחול של ספקטרום האור הנראה

לצבעים המרכיבים את האור אין את אותה השפעה על האדם. לאורכי גל כחולים - אשר מועילים בשעות היום ע"י שיפור הריכוז, זמן התגובה ומצב הרוח, יש השפעה מזיקה בשעות הלילה. השימוש ההולך ועולה במכשירים אלקטרוניים כמו גם עליית השימוש בתאורה חסכונית באנרגיה מגבירים את החשיפה שלנו לאורכי גל כחולים, במיוחד לאחר שקיעת השמש.

קיימות הוכחות לכך שאור, ובמיוחד הרכיב הכחול שלו, אשר מופיע בטבע בשעות היום, מעורב בתהליכים שיש בהם בכדי לפגוע בסביבה ובבריאות האדם. ל"אור הכחול" שהינו "קרינה קצרת גל" המהווה התחום הכחול של הספקטרום (בין 420 ל-500 ננו-מטר) ישנו פוטנציאל לנזק מסוגים שונים:

1. נזק מידי שנגרם בחשיפה קצרת טווח (בדומה לנזק הנגרם מהתבוננות במקור אור חזק כמו השמש או אור שנוצר בזמן ריתוך) שידוע גם כ Blue light hazard אשר נכלל בתקן בטיחות פוטוביולוגית ת"י 62471, תקן המסווג גופי תאורה על פי קבוצות סיכון.

2. נזקים מצטברים ארוכי טווח הנובעים משיבוש בתפקוד השעון הביולוגי. נזקים אלו כוללים עייפות חוסר ריכוז, השמנה, שיבוש המטבוליזם וכלה בסיכון מוגבר לתחלואה בסוגי סרטן מסוימים. השיבוש בשעון הביולוגי הוכר עוד ב 2007 ע"י ארגון הבריאות העולמי WHO כמצב שהוא כנראה מסרטן (group 2a) probably carcinogenic to humans.

3. נזק לראיה – במספר מחקרים עלה חשד כי חשיפה ארוכת שנים לאור כחול תורמת להתפתחות ניוון הרשתית בגיל מתקדם (Age-related Macular Degeneration = AMD), שהוא הסיבה השכיחה ביותר לאובדן ראייה באנשים בני 50 ומעלה, בעולם המערבי. מקור אפשרי הוא חשיפה בלתי מוגנת לשמש או מקורות אור בוחקים (ביום או בלילה).

לשמירה על כללי זהירות מונעת אנו ממליצים (המלצות שאינן דורשות השקעה כספית נוספת בהשוואה לכל תכנון תאורה מקצועי וקיימים ספקים ויצרנים רבים העונים על דרישות אלה):

1. להאיר ברמות ההארה הנדרשות (עלפי תקנים: ת"י 12464, ת"י 13201) ולא ברמות גבוהות מהנדרש בתקן.

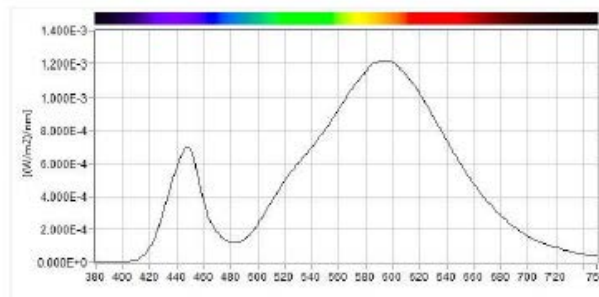
**חסבר**; תקני תכנון תאורה בישראל זהים לתקני התכנון האירופאיים, אשר מחייבים את רוב מדינות האיחוד האירופי, אולם בישראל מהווים המלצה בלבד. התקנים: ת"י 12464- תכנון תאורה במקומות עבודה, פנים וחוץ, ת"י 13201 – תכנון תאורת כבישים וגינות ציבוריות, לרבות מעברי חציה. התקנים מגדירים עוצמות הארה מומלצות (ממוצעות, מינימליות ומכסימליות ומתחשבות בפרמטרים רבים כגון: זמן ההשהות הנדרש, נוחות

העבודה, משתמשים בדרך או במתקן, טיב העבודה הנדרשת או המהירות המותרת וכו'. כמו כן, התקנים לוקחים בחשבון את מבנה המתקן ו/או הדרך ודרישות להארה סביבתית- הן בפנים והן בחוץ.

2. הקפדה על איכות ההארה, ובמיוחד מניעת סנוור ומניעת שימוש במקורות אור גלויים.

**חסבר**: בוחק וסנוור יוצרים עומס מיותר על מערכת הראיה ובכך גורמים לעייפות מצטברת ונוק מואץ, אפילו בחשיפה מזערית. פיזור לא נכון של אור עלול לגרום לירידה בפריון העבודה, ירידה בריכוז ובמקרים קיצוניים אף לתאונות עבודה.

3. ההמלצה היא לתאורה בעזרת מקורות בעלי רכיב כחול נמוך ככל האפשר - הגבלת קרינה בתחום של 420-500 ננומטר לעד 50% מהעוצמה המרבית (פיק) הנפלטת הכללית, כדוגמת המופיע בגרף הבא:



**חסבר**; ניתן לצמצם את הנוקים של אור באורכי גל כחולים אשר צוינו לעיל (פגיעה אפשרית בראיה ושיבוש השעון הביולוגי) ע"י הגבלת החשיפה לאור כחול בהתאם למקורות החשיפה. בדרך כלל קיימת קורלציה במקורות תאורה בעלי CCT (correlated color temperature) של 3000 קלווין ופחות, אך לא תמיד. כיום ישנם מספר יצרנים המייצרים גם מקורות תאורה בעלי CCT של 4000 קלווין עם תכולת אנרגיה בתחום "הכחול" שהיא נמוכה יחסית. יעילות ההארה של מקורות אור בעלי גוון אור 3000 קלווין נמוכה באחוזים בודדים בלבד מזו של 4000 קלווין (מה שהיה שונה משמעותית לפני מספר שנים). מחירים של מקורות התאורה זהה (בהתייחס לגופי תאורת LED ממשפחה זהה וברמת איכות זהה).

4. מניעת חשיפה לאור כחול (שמקורו במסכים, מנורות לילה וכו') במשך הלילה ומספר שעות (כארבע שעות) לפני השינה.

**חסבר**; אור מכל סוג שהוא יכול לדכא את הפרשת המלטונין, אולם אור כחול בלילה עושה זאת בעוצמה רבה יותר. כתוצאה מכך ייגרם שיבוש בשעון הביולוגי (circadian rhythm).

5. שימוש במקורות אור השייכים לקבוצת סיכון 0 בלבד (עפ"י סיווג תקן בטיחות פוטוביולוגית).

**חסבר**; עפ"י התקן הישראלי ת"י 62471 המבוסס על התקן האירופאי המחייב IEC 62471, לגופי תאורה המסווגים כקבוצת סיכון 1, יש פוטנציאל לגרום נזק בחשיפה שמעל ל-100 שניות, וקיימת המלצה על שימוש באמצעי מיגון מתאימים. להלן הסיכונים האפשריים בתלות בחשיפה וזמן חשיפה לסוגי קרינה בתחום הנראה (בטכנולוגיית LED ההתנייחות תהיה לתחום הכחול בלבד):

Hazard	Wavelength Range (nm)	Principle Bio-effects	
		Skin	Eye
Actinic UV skin and eye†	200-400	Erythema (sunburn) Elastosis (ageing, wrinkles)	Photokeratitis Cataractogenesis
UVA eye	315-400	-	Cataractogenesis
Retinal blue-light†	300-700	-	Photoreinitis
Retinal thermal†	380-1400	-	Retinal burn
Infrared radiation eye	780-3000	-	Corneal burn Cataractogenesis
Thermal skin	380-3000	Skin burn	-

גבולות החשיפה לגורמי סיכון של קרינה כוללת של מקור אור

הסימפטום	האיבר המושפע	E-עוצמת הקרינה הכוללת ( $W/m^2$ )	זמן חשיפה (שניות)	תחום אורכי גל משפיעים (ננו-מטר)	גורם סיכון
פגיעה בקרנית, נפיחות, דמע רב, קטרקט, אדמומיות של העור, התנוונות של העור	עין, עור	30/t	$t < 30,000$	200-400	Actinic UV skin and eye גורם סיכון של קרינה על-סגולה
קטרקט	עין	10,000/t	$t \leq 1,000$	315-400	UV-A eye
נזק לרשתית	עין	100/t	$t \leq 100$	300-700	Retinal Blue-Light small source גורם סיכון של אור כחול
פגיעה בקרנית, קטרקט	עין	$18,000/t^{0.75}$	$t \leq 1,000$	780-3,000	Infrared radiation eye גורם סיכון של קרינה תת-אדומה
כוויות עור	עור	$20,000/t^{0.75}$	$t < 10$	380-3,000	Thermal skin



הנחיות סימון ושימוש באמצעי מגן

חטיבת הבריאות

המועצה הלאומית לבריאות העובד

The National Council for Occupational Health

קבוצת סיכון 3	קבוצת סיכון 2	קבוצת סיכון 1	קבוצת סיכון פטורה מסימון	גורם הסיכון
הימנע מחשיפה של העיניים או העור למוצר שאינו מוגן מפני קרינה	החשיפה עלולה לגרום לגירוי של העיניים או העור. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה	מוזער חשיפה של העיניים או העור. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה	פטור	גורם סיכון של קרינה על-סגולה 200 ננומטר עד 400 ננומטר
אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	פטור	פטור	גורם סיכון של אור כחול לרשתית 300 ננומטר עד 400 ננומטר
אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	פטור	פטור	גורם סיכון של אור כחול לרשתית או גורם סיכון תרמי 400 ננומטר עד 780 ננומטר
הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	פטור	גורם סיכון של קרינה תת-אדומה לקרנית/לעדשה 780 ננומטר עד 3000 ננומטר
אין להסתכל על הנורה הדולקת	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת	אין להתבונן ישירות אל הנורה הדולקת	פטור	גורם סיכון תרמי לרשתית, גירוי חזותי חלש 780 ננומטר עד 1400 ננומטר