

שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

כנס האגודה הישראלית לתאורה

25 בפברואר 2025

רינת חדשי, אדריכלית, LEED AP



השפעות האור על האדם:

- האור - מחולל בריאות מוביל
מזוהה שוב ושוב במחקרי בריאות, יחד עם חשיפה לטבע
- צורך אבולוציוני שלא השתנה ב-5-6 דורות של מגורים במבנים



- השפעות האור על האדם:
 - חזותית, ביולוגית, פסיכולוגית
 - מנגנון השפעה לא ויזואלי
(NIF) Non-Image-Forming

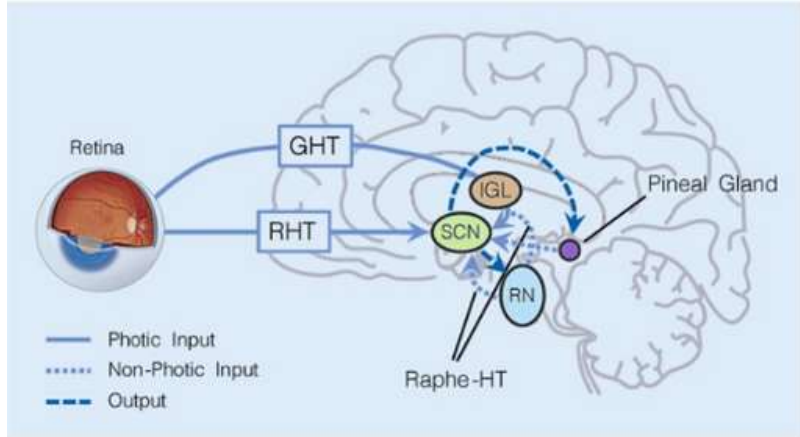


שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע - פוטוביולוגיה

השפעות האור על האדם:



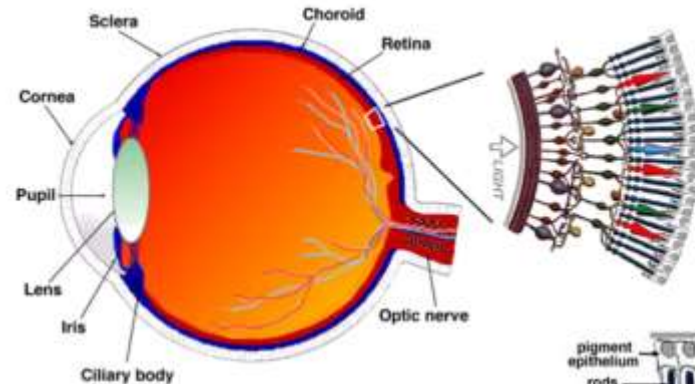
Source: Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. Blume et al. (2019)

הגרעין העל-תצלובתי
(Superchiasmatic Nucleus)
SCN

• מנגנון ההשפעה הלא-ויזואלי:

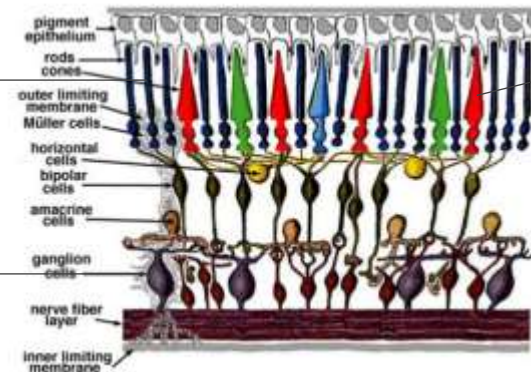
פוטו-רצפטורים מתרגמים את האור לאותות במוח במסלולים שונים המתורגמים למידע חזותי, להפעלת השעון הביולוגי ולתהליכים

נוירו-אנדוקרינולוגים נוספים



תא קנה-רגיש לאור ללא קשר לצבע (ראיית לילה)

תא גנגליון רגיש לאור - ipRGC
ייצור פוטופיגמנט (מלנופסין)



תא מדוך (חרוט)-
רגיש לצבע- אדום,
ירוק או כחול

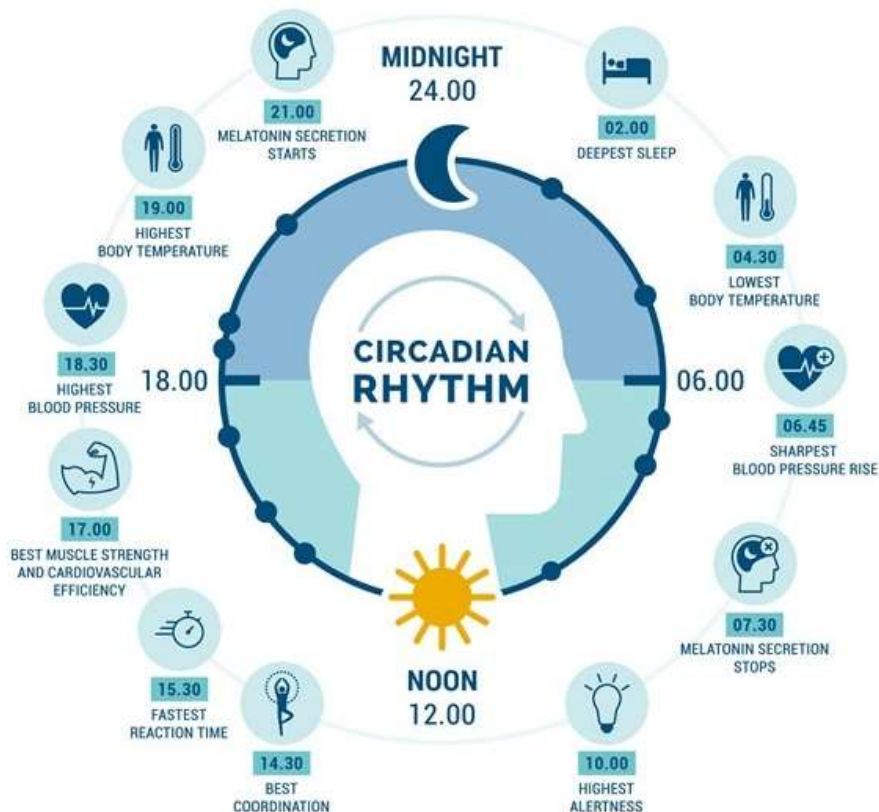
<http://webvision.med.utah.edu/book/part-i-foundations/simple-anatomy-of-the-retina/>



השפעות האור על האדם:

- כרונוביולוגיה -
הקצב הסירקאדי / השעון הביולוגי:
סינכרון פעילות ביולוגית עם הסביבה החיצונית
(אור וחושך)

- השפעות על עירנות ואיכות שינה
- תפקוד - קוגניציה, ריכוז ופרודוקטיביות
- רווחה פסיכולוגית



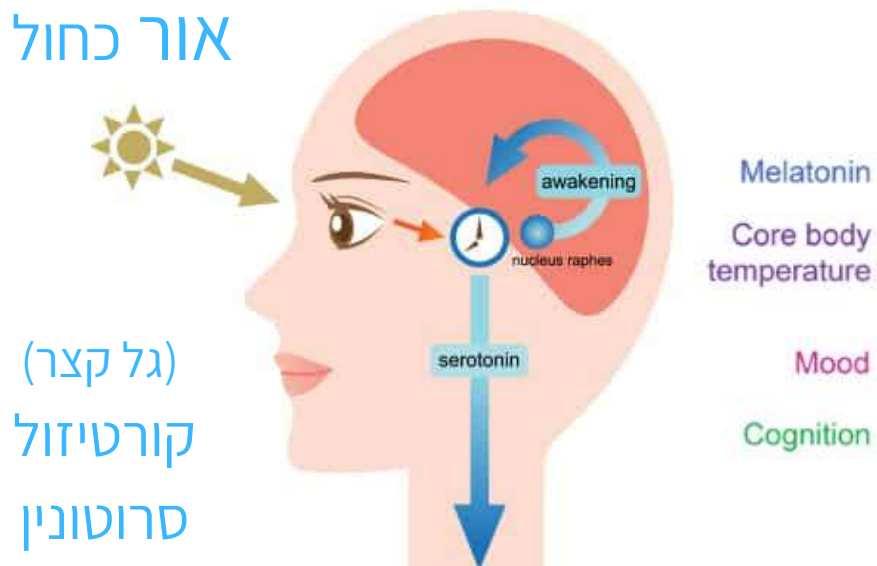
<https://www.news-medical.net/health/Circadian-Rhythm.aspx>



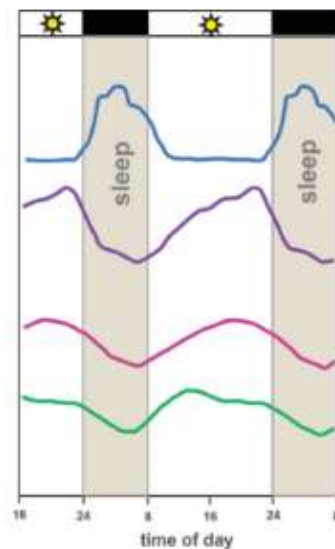
שגרירי התאורה הטובה תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע - פוטוביולוגיה

אור כחול



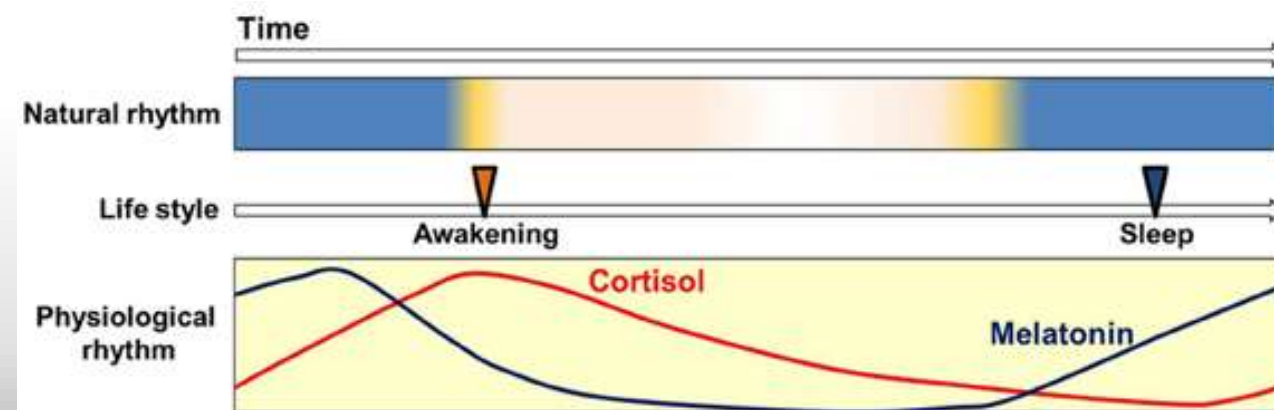
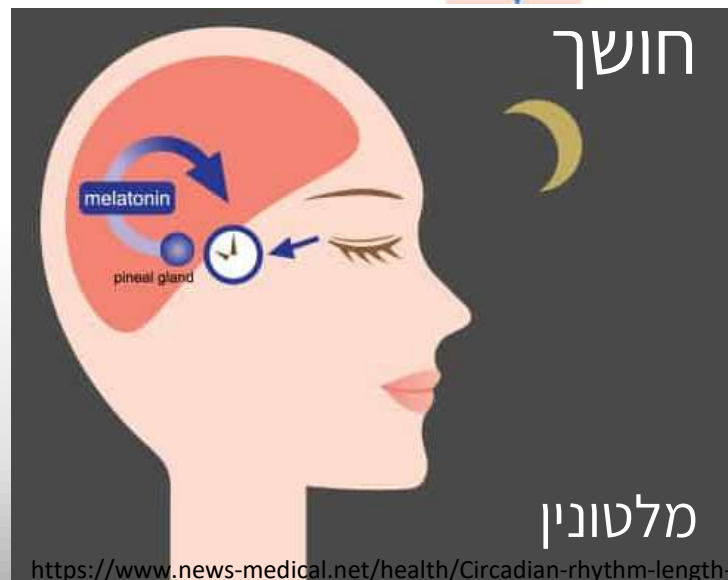
(גל קצר)
קורטיזול
סרוטונין



השפעות האור על האדם:

- הורמוני האור והחושך
- מחזוריות השעון הביולוגי:
קורטיזול ומלטונין

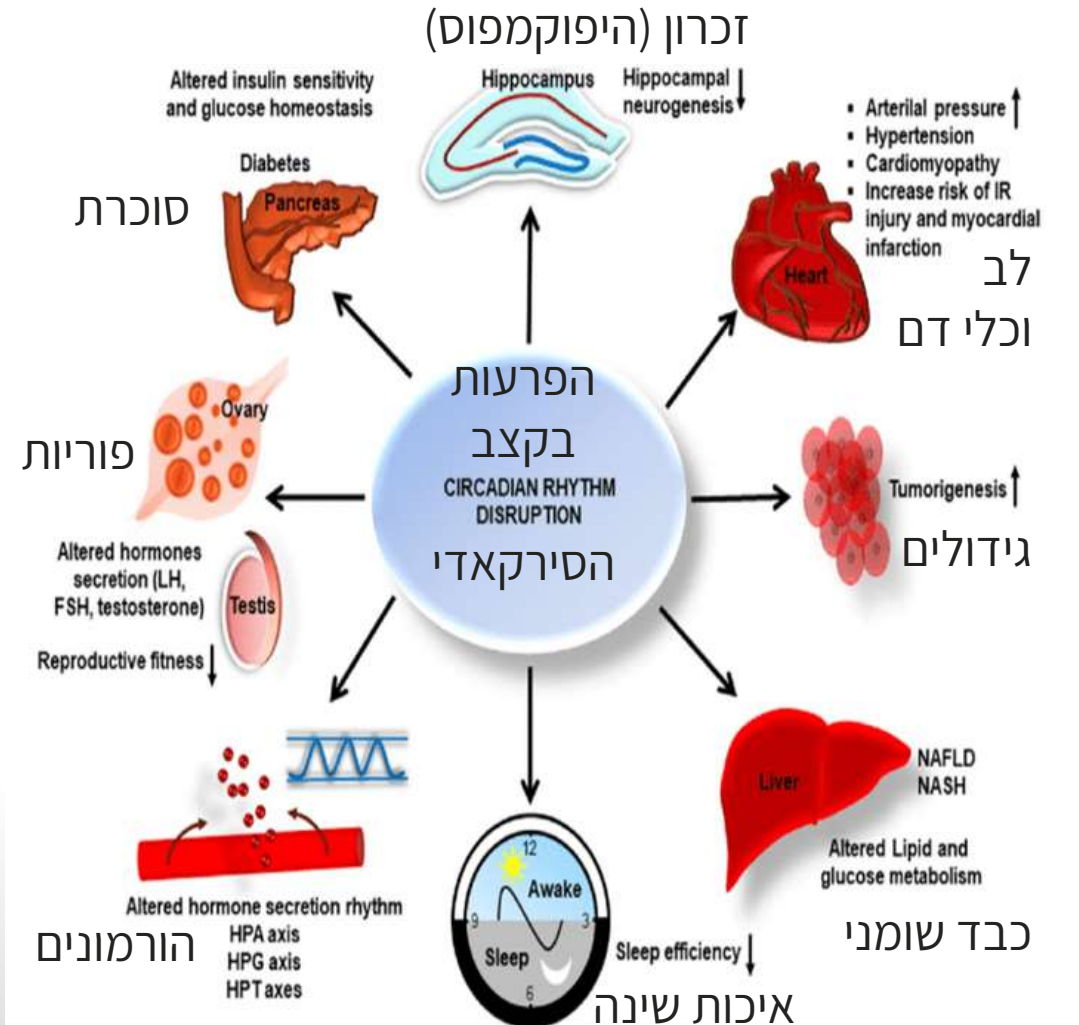
Munch et al. (2020) The Effect of Light on Humans, in: Changing Perspectives on Daylight: Science, Technology and Culture



<https://www.news-medical.net/health/Circadian-rhythm-length-variations-early-birds-and-night-owls.aspx>

השפעות האור על האדם:

- שיבוש בקצב הסירקאדי מתקשר לפגיעה בבריאות בתחומים שונים, כולל הפרעות קרדיו-מטבוליות
- קשר בין חשיפה נמוכה לאור יום והתפתחות קוצר ראייה



Pathological-conditions-associated-with-circadian-rhythm-disruption-The-diagram.

source: Kumar Sony et al (2021). Sirtuins and the circadian clock interplay in cardioprotection: focus on sirtuin



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

מאפיינים בריאותיים: שכיחות גבוהה של הפרעות שינה, רמות גבוהות של סטרס ודכאון, הפרעות קרדיו-מטבוליות ותחלואה הקשורה לאורח-חיים

ידע - אורח חיים

- האדם המודרני מבלה כ-90% מהזמן בתוך מבנים
- חשיפה לתאורה מלאכותית ברוב שעות היום וגם בשעות הערב והלילה
- חשיפה לתאורה באורכי-גל ובעוצמות אחידות ללא קשר לזמן ביום



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע - אופני מדידה

כלי המדידה המקובלים מתייחסים לא מתאימים בשל הבדלים ברגישות הספקטראלית:

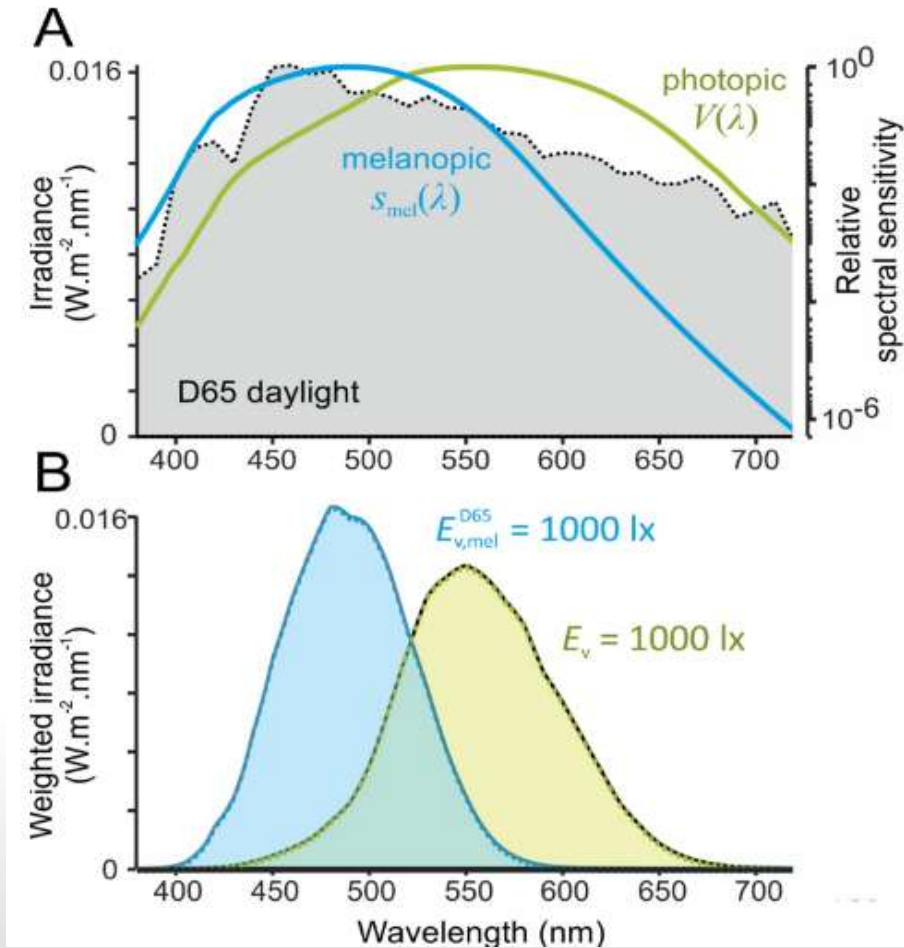
- אורכי הגל המשמשים למדידת קרינה פוטופית מתייחסים לאורכי הגל אליהם רגישים החרוטים (Cones) - בינוניים וארוכים

בעוד

- אורך הגל אליו רגישים האופסינים (מלנופסין) כ- 480 nm

Brown TM, Brainard GC, Cajochen C, Czeisler CA, Hanifin JP, Lockley SW, et al. (2022)

Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. PLoS Biol 20(3): e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>



Sensors 2023, 23, 5000. <https://doi.org/10.3390/s23115000>
<https://www.mdpi.com/journal/sensors>

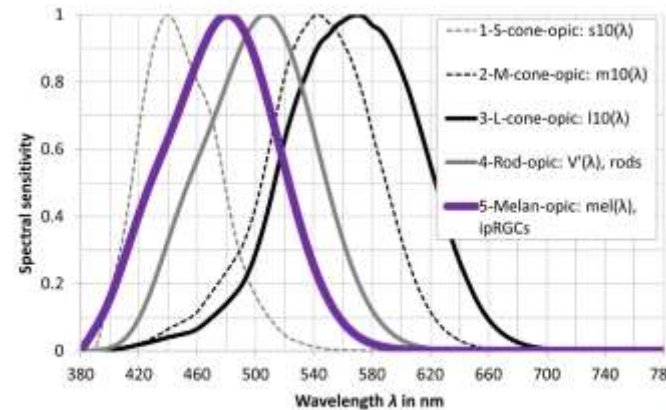


Figure 3. Five relative photoreceptor sensitivities in CIE S 026/E:2018 [28].

הבדלים בין רגישות ספקטראלית פוטופית ומלנופית



שגרירי התאורה הטובה

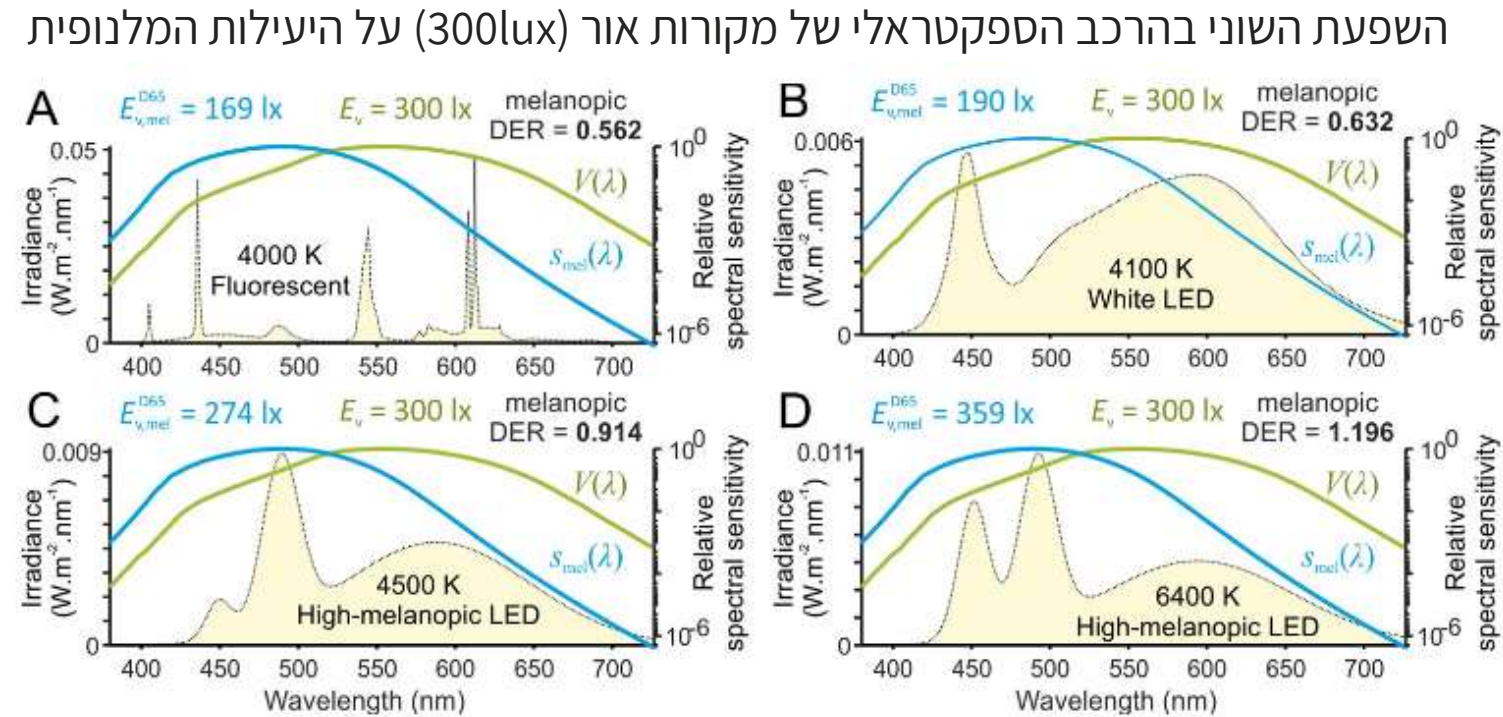
תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע - אופני מדידה

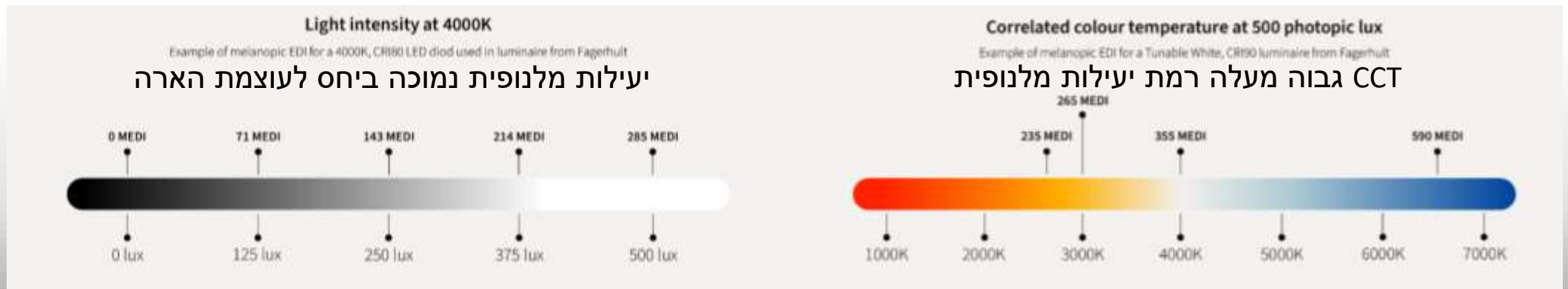
מה שרואים \neq מה שמקבלים

השפעות על יעילות מלנופית:

- הרכב ספקטראלי
- עוצמת הארה (illuminance)
- טמפרטורת האור (CCT)
- מדדים נוספים: CRI, פיזור, בוהק, הבהוב



Brown TM, Brainard GC, Cajochen C, Czeisler CA, Hanifin JP, Lockley SW, et al. (2022). Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. PLoS Biol 20(3): e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>



יעילות מלנופית נמוכה ביחס לעוצמת הארה

CCT גבוה מעלה רמת יעילות מלנופית

<https://www.fagerhult.com/knowledge/light-and-people/melanopic-ratio/a-new-way-to-report-the-biological-impact-of-lighting/>





International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

**CIE International Standard
S 026/E:2018**

**CIE System for Metrology of Optical Radiation
for ipRGC-Influenced Responses to Light**

Système CIE de métrologie des rayonnements optiques dédié à la réponse à la lumière des cellules ganglionnaires photosensibles de la rétine (ipRGC)

צורך בפיתוח כלי-מדידה מותאמים והתייחסות בתקינה

- תקן CIE S 026/E:2018
מדד מבוסס על הארה "שוות-ערך אופסיני" לאור יום -
Melanopic EDI (Equivalent Daylight Illuminance)

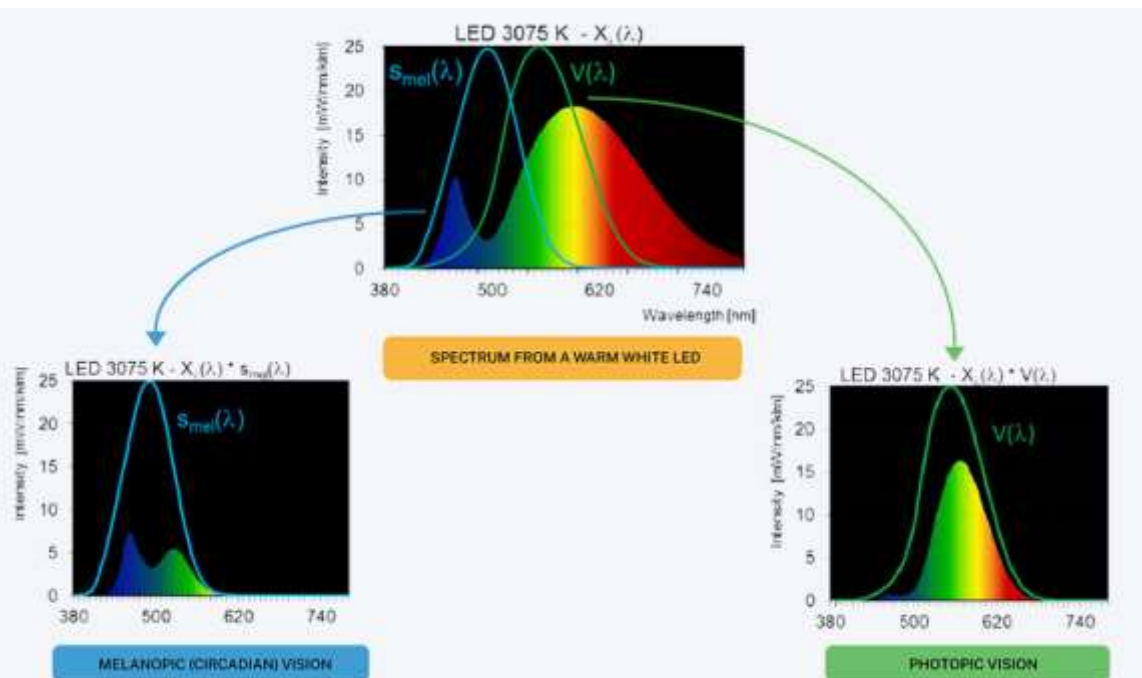
- IES TM-18-18 - פיתוח מדד MLE
(Melanopic Lux Equivalence)

- Melanopic DER (MDER)

Melanopic Daylight Efficacy Ratio

(האפקט המלנופי של תאורה מלאכותית ביחס לזה של אור יום)

<https://chromaviso.com/en/knowledge-about-light/how-is-melanopic-edi-measured>



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע - אופני מדידה

המלצות לתאורה מוכוונת בריאות

• תאורת יום:

קודם כל - מיקסום אור יום!!

מינימום EDI מלנופי $250 \mu\text{lx}$ (ורטיקלי בגובה 1.20 מ')

• תאורת ערב:

מגורים וסביבות נוספות- 3 שעות לפני שעת שינה

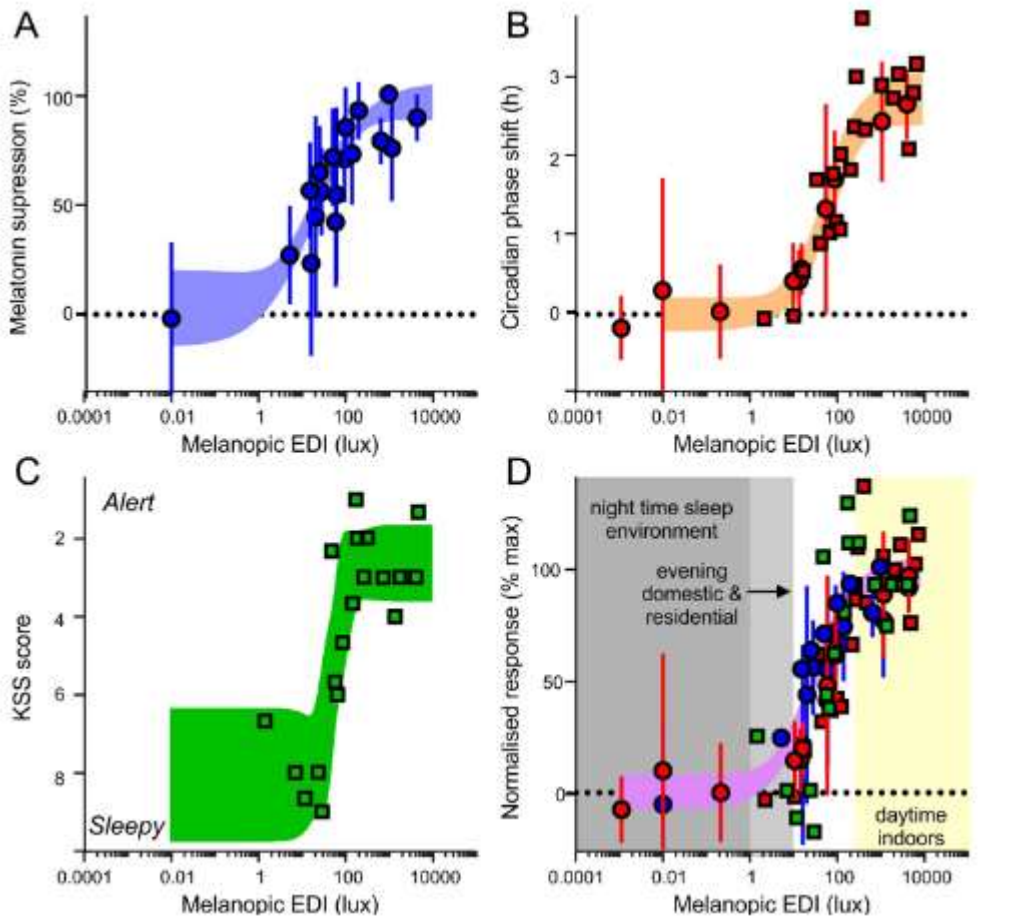
מקסימום EDI מלנופי $10 \mu\text{lx}$

• תאורת לילה:

חשוך ככל האפשר

מקסימום הארה סביבתית $1 \mu\text{lx}$

(לפעילויות לילה ויזואליות מקסימום EDI מלנופי $10 \mu\text{lx}$)



המלצות לחשיפה להארה מלנופית ביחס לדיכוי מלטונין, מקצב סירקאדי ותגובות עוררות סובייקטיביות

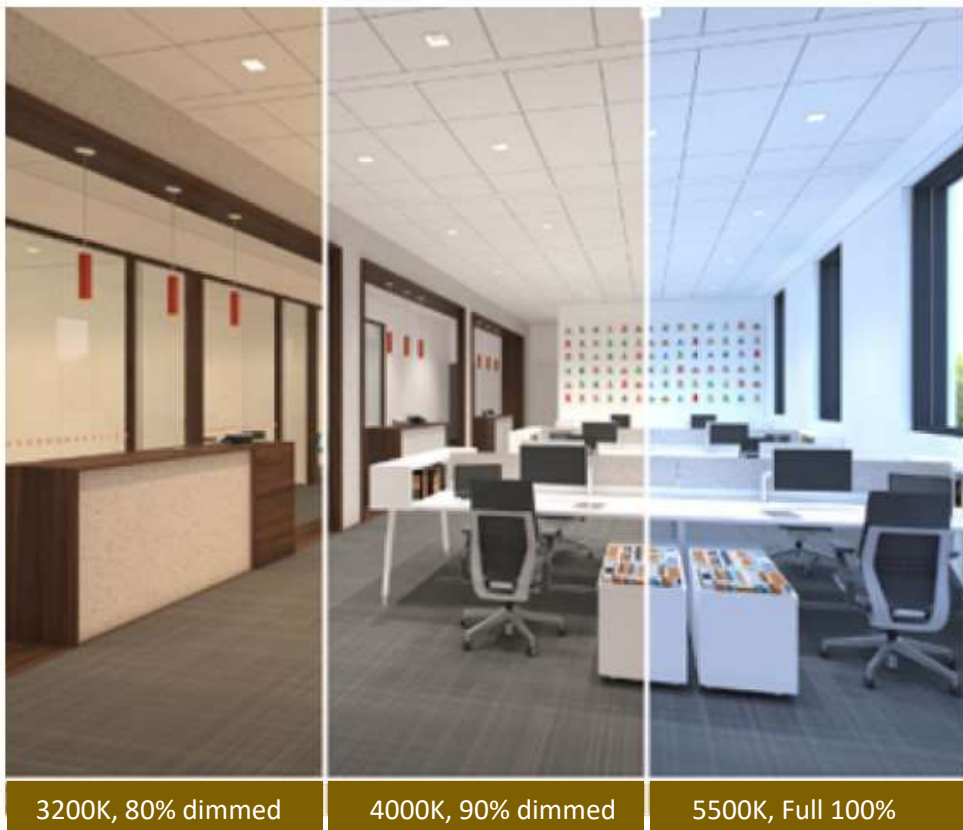
Brown TM, Brainard GC, Cajochen C, Czeisler CA, Hanifin JP, Lockley SW, et al. (2022) Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. PLoS Biol 20(3): e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>



דרושות התאמות לאוכלוסיות ספציפיות

טכנולוגיה

Tunable white



USAI Lighting tunable white LED installation.

<https://www.energy.gov/eere/ssl/understanding-led-color-tunable-products>

תאורה דינמית - Tunable LED:
שליטה ושינוי עוצמת הארה וטמפרטורת הצבע (CCT)

- Dim-to-warm - עמעום תוך שינוי טמפרטורת הצבע, CCT נמוך בדומה לנורות ליבון
- White-tunable - שינוי בין גווני אור לבן: לבן קר (5000-6500K) ללבן חם (2700K)
- Full-color-tunable - שינוי טמפרטורת צבע בכל הספקטרום הנראה, כולל גוונים שאינם לבנים



<https://www.facebook.com/ElmascoCyprus/photos/correlated-colour-temperature-cctct-in-simple-wordsthe-visible-light-renders-ou/3011113882348671/>



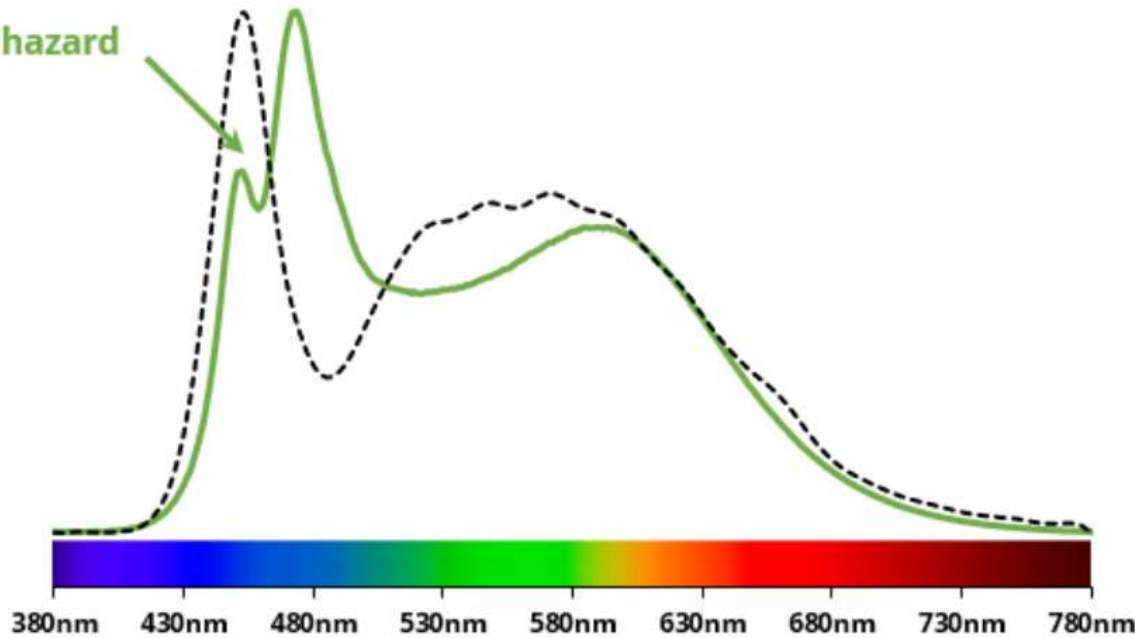
The tailor-made spectrum makes the MDER of Yuji Lighting Well24™ Day series can reach 0.967 or even higher whereas a standard LED is only 0.756 when they are the same CCT. Hence, it also saves the number of lights you will need but can reach the light intensity required by the human biological clock.

טכנולוגיה

הנדסת הרכב ספקטראלי

- מיקסום יעילות מלנופית
- הורדת פיק כחול וסיכוני אור כחול

Less blue light hazard



<https://www.linkedin.com/pulse/mder-metric-helps-your-lighting-design-concentrating-daniel-han/>



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

• Buzz-words

שלא באמת מבינים

• מכלול מאפייני התאורה ומה נבדק?

השפעות ע"פ 24 שעות? לאורך זמן?

• התערבות בהרכב ספקטראלי -עלולה
למקסם השפעה חיובית לזמן מסוים, ולהשפיע באופן
שלילי בזמן אחר או בעתיד.

• איכות המחקר - על מי נבדק, מה משך המחקר,
מה משך ההשפעות המיטיבות?

• סיכונים - אור כחול, חשיפה לתאורה לא מותאמת

• Human Centric Lighting,

תאורה דינאמית, תאורה למיקסום השפעה
מלנופית ומזעור השפעות שליליות

• טכנולוגיות המאפשרות גמישות ושינוי

• תוצאות משופרות במחקרים

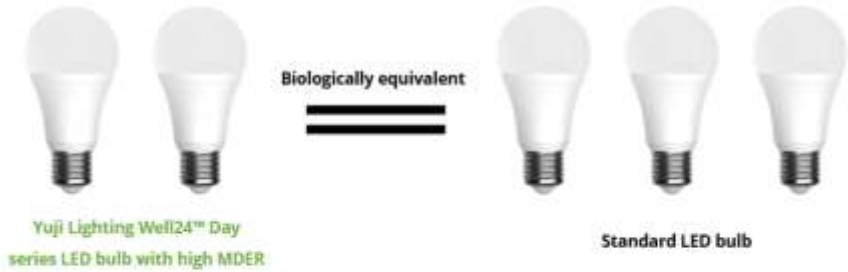
תאורה דינאמית- שביעות רצון, פרודוקטיביות, שיפור
בתוצאות עבודה מדויקת ובמהירות



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

ידע חלקי

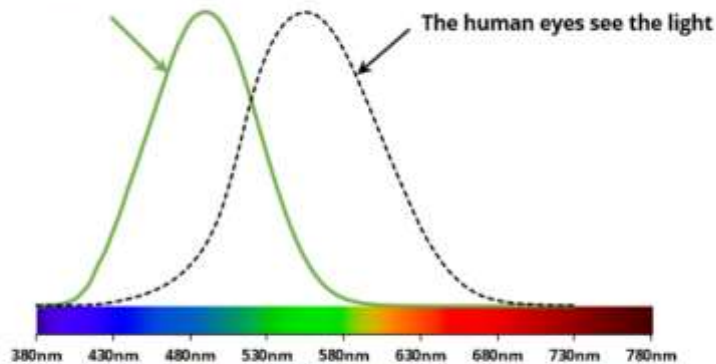


MDER, a metric that helps with your lighting design for concentrating.

The tailor-made spectrum is the secret behind the light.

The key factor to generate the circadian effect for concentrating is the enhanced 480nm lighting output in the spectrum. It is found in the 2000s that the energy around 480nm determines the secretion of the melatonin and the melatonin determines our mental condition for focusing or relaxing. It is from a third photoreceptor in addition to rods and cones that "sees" differently compared to human eyes.

The third photoreceptor "sees" the light

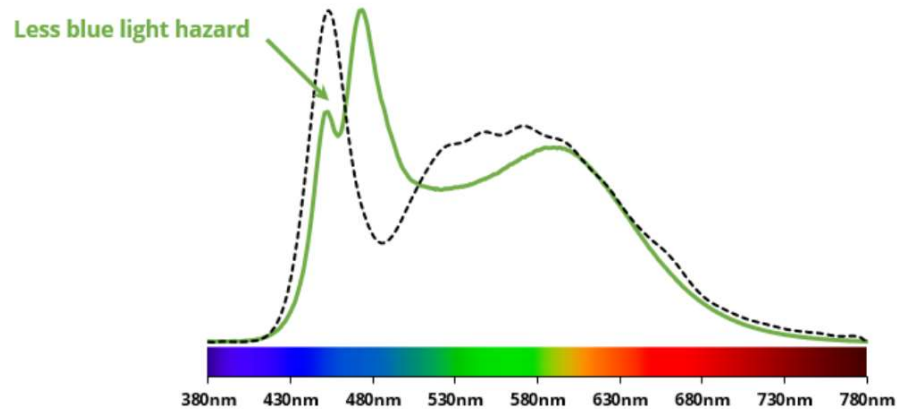


דוגמה: תאורה למיקסום אפקט מלנופי (MDER) והורדת Blue hazard

אבל:

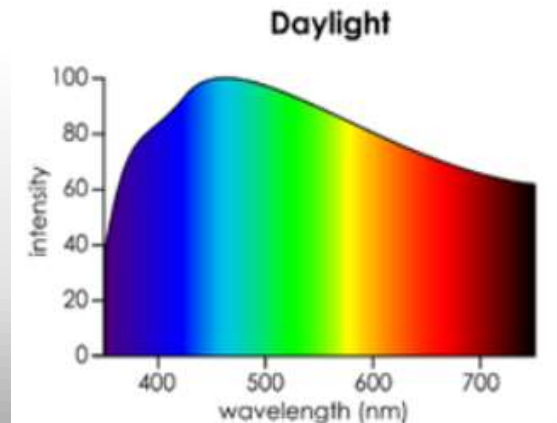
- הרכב ספקטראלי לא מאוזן
- אותה תאורה בשעות אחרות עלולה להזיק

The tailor-made spectrum makes the MDER of Yuji Lighting Well24™ Day series can reach 0.967 or even higher whereas a standard LED is only 0.756 when they are the same CCT. Hence, it also saves the number of lights you will need but can reach the light intensity required by the human biological clock.



<https://www.linkedin.com/pulse/mder-metric-helps-your-lighting-design-concentrating-daniel-han/>

אור יום



תכנון בתנאי ידע חלקי

- First do no harm - עקרון הזהירות המקדימה

- קודם כל- אור יום!

- אם תאורה ממריצה לסביבות עבודה ולמידה - אז עם אפשרויות ויסות

- לא להגזים -

מה שדרוש ולא יותר



תכנון בתנאי ידע חלקי

- אופני מדידה ותכנון משולב -
 - חישוב פוטופי ומלנופי
 - על משטח העבודה לצרכים ויזואליים
 - ניצב לעין להשפעות בריאות
 - תכנון החלל הוא חלק מפתרון התאורה (רפלקטיביות קירות ומשטחים)
- הרכב ספקטראלי מאוזן + CRI גבוה
 - נקודת מוצא לבחירת פתרונות
 - - What you see is not what you get!
CCT לא מספיק

• First do no harm - זהירות מונעת

- קודם כל- אור יום!
- אם תאורה ממריצה לסביבות עבודה ולמידה - אז עם אפשרויות ויסות
- לא להגזים - מה שדרוש ולא יותר



<https://www.westinghouselighting.com/lighting-education/color-rendering-index-cri.aspx>



שגרירי התאורה הטובה

תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי

תכנון בתנאי ידע חלקי

• מדרג פתרונות תאורה מותאם לשימוש -

- התאמת עוצמה (dimming) וגוון אור (tunable)
- שילוב גופים/ פתרונות תאורה לשעות יום שונות תוך מודעות לעוצמת ההארה (Illuminance) וטמפרטורת האור (CCT)

• זהירות בבחירת CCT גבוה!

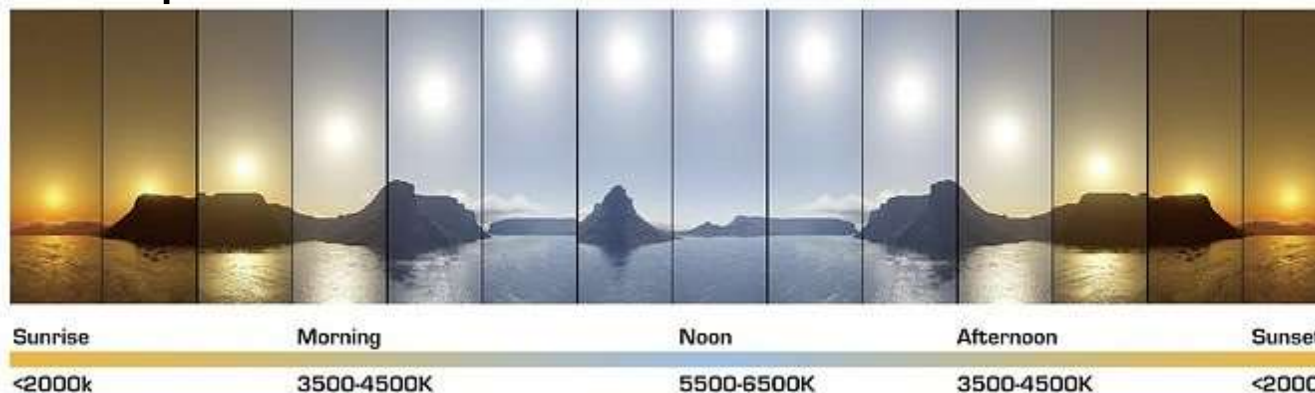
- תאורה דרך תווך מפזר/ לא ישירה, תכנון תאורת לילה

• קידום מודעות כלל השותפים - והמשתמשים!

- תכנון+ הקפדה בבצוע ולאחר מכרז על כלל מאפייני האיכות

- "יש מספיק אור" - חינוך ומודעות

• למידה מתמדת וקידום ידע חדש (מחקר)



<https://www.mracek.co/pages/lichtspektrum-cct>



שגרירי התאורה הטובה תפקיד המתכנן בעידן של אפשרויות בלתי-מוגבלות וידע חלקי



כתב מינוי

שגרירי התאורה הטובה

מוענק בזאת ל: _____

הנד מוסמכת בזאת כשגרירה לקידום תאורה טובה במדינת ישראל, ובין היתר:

1. לקדם תכנון תאורה למתן מענה מיטבי לצרכים שימושיים.
2. לקדם תכנון ושימוש בתאורה מתוך שיקולים של השפעתה על בריאות ותפקוד המשתמשים ועל בריאות הסביבה.
3. לפעול תוך הקפדה וללא פשרות להבטחת איכות פתרונות התאורה והמוצרים, מתוך שיקולי בטיחות, יעילות, קיים, חסכון, קיימות ובריאות.
4. לקדם את הידע והמחקר ולהנגישו לכלל שותפי לתכנון, לבצוע ולמשתמשי הבניין, תוך הדגשת התועלות והחשיבות בתכנון ושימוש בתאורה באופן יעיל, מיטיב ובריא.

מחכים לכם

כדי שיחזור האור

