

אור, האם הוא מקור חדש לזיהום?

אינג' דוד תורג'מן – סיטילייט הנדסה בע"מ

אחרי זיהום האוויר והמים, האם עכשיו עלינו לפחד מזיהום אטמוספרי כתוצאה מאור? זהו נושא שחוזר על עצמו בוידוא על עתיד איכות הסביבה.

כיום באזורים עירוניים קשה מאוד לראות כוכבים בגלל עודף האור המתפזר לחלל.

התיעוש המהיר, ההתפתחות המהירה של שלטי חוצות כאמצעי לפרסום, תכנון לקוי של תאורה ציבורית והרצון לבצע פעילויות בשעות החשכה, יוצרים מצב של רמות תאורה גבוהות במיוחד היכולות להוות מטרד. האסטרונומים היו הראשונים למשוך את תשומת ליבנו לבעיה זו, אבל גם הציבור הרחב מתחיל להשמיע את קולו.

זהם מתאורה או תאורה לא רצויה?

הכוונה במילה זיהום – נזק לאזור מסוים כתוצאה מניהול כושל של הסביבה או שחרור של גורמים מזהמים לתוך הסביבה (למשל כימיקלים, רכיבים ביולוגים ואשפה עירוניים).

אבל, האם זו הדרך הנכונה להגדיר את הבעיה שלפנינו? אין ספק שזה בעייתי להגדיר את התאורה עצמה כ"חומר מזהם", אומנם שימוש מוגזם ולא נכון בתאורה גורם לה להיות מזיקה, לכן עדיף להשתמש בביטוי "תאורה לא רצויה" לאותו רכיב באור המהווה מטרד.

האם אפשר להאשים תמיד את האור? בד"כ תלונות התושבים מתמקדות בתאורה מהסיבה היחידה שהיא ניראה לעין. במציאות יש סיבות אחרות לתכונה של "הזיהום" שנתנים לאור כגון: רעש שמגיע מהכביש, חניון או מגרש ספורט. לכן כדי לתת מענה לבעיית "הזיהום האורי" יש צורך לראות את המכלול הכולל תוך התחשבות בכל המרכיבים במיוחד בתנאי השטח. זה ברור שאי אפשר לפתור את הבעיה באותה צורה עבור תאורה שממוקמת במרכז של עיר, בפרברים או בשטח כפרי. צריך לקחת בחשבון את ההיררכיה בין האתרים השונים במיוחד באזורים רגישים כמו שדה התעופה שבו התאורה היא הגורם הבטיחותי העיקרי.

בעלי חיים וצמחים.

"תאורה לא רצויה" יכולה להתחלק למספר סוגים של זיהום שעבורם יש צורך למצוא פיתרון ספציפי. שמי הלילה יכולים להיות מזוהמים מההילה שיוצר האור. ההילה נגרמת מתאורה המשתקפת כלפי מעלה ומאירה את השמיים כתוצאה מהשתקפות בחלקיקים הנמצאים באוויר (אבק, חלקיקי מים וכו'..).

ההילה היא תוצאה של שני סוגי זיהום: אחד- האור הנפלט ישירות לכיוון השמיים והנקרא "Light shining directly upward" והשני- האור המוחזר מפני השטח שאמור להיות מואר – "Light reflecting upwards". ההילה מצמצמת את הניגוד בין הכוכבים והרקע החשוך של השמיים ולכן קשה ואפילו כמעט בלתי אפשרי לבצע תצפיות אסטרונומיות. מחקרים מסוימים קובעים שההילה יכולה להשפיע על מעגלי החיים (המחזוריות הטבעית) של בעלי חיים וצמחים.

ראיה בסיכון.

גורם נוסף לזיהום הוא "אור מסנוור" – Glare – שנגרם ע"י התנגשות בין מקור תאורה והסביבה. זה קורה בד"כ כאשר האור מוקרן ישירות ובעוצמה חזקה לתוך העין. כאשר אור מסנוור את העיניים זה

מגביל את היכולת שלהם להסתגל לחשכה וכתוצאה מכך הוא גורם לאזורים חשוכים להפוך למסוכנים.

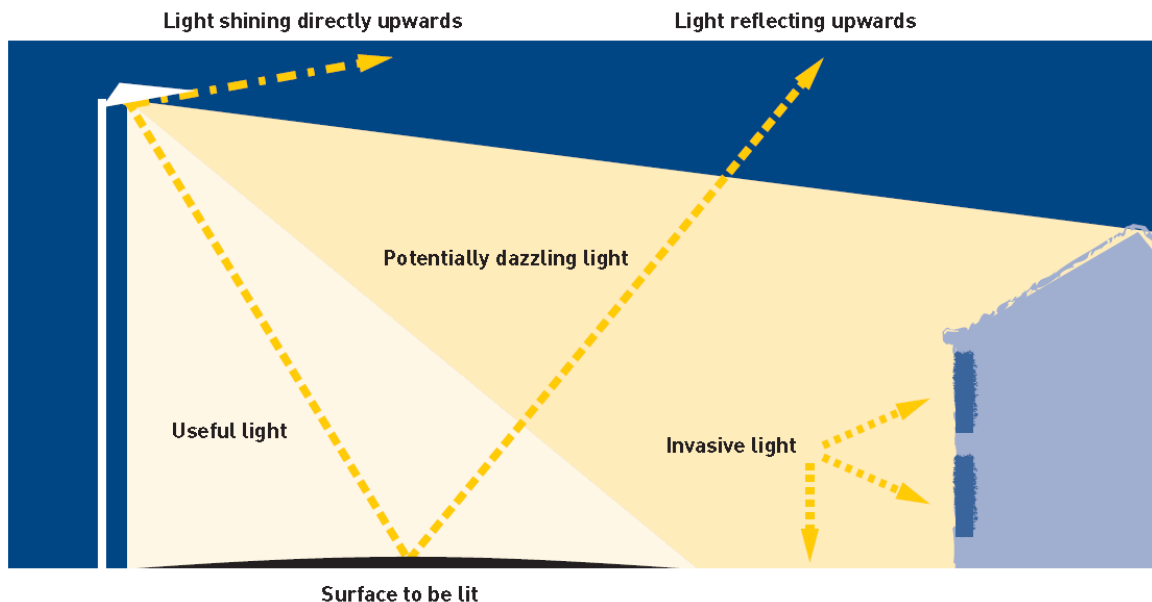
הסוג האחרון של זיהום הוא – תאורה חודרנית (Intrusive light) שנגרם ע"י עודף של אור מגוף תאורה המתפזר לעבר אזורים שאנחנו לא רוצים שיהיו מוארים. זה בא לידי ביטוי בצורות שונות לדוגמה: ההפרעה שנוצרת מאור חיצוני המשתקף בחלונות של בתים ומפריע לשינה או לפעילות של הדיירים.

הפתרון – אופטיקה יעילה.

מהם הגורמים שיוצרים את ההילה ואיך אפשר למנוע אותם? **Marc ו- Jean-François Laporte** ו- **Gillet** ביצעו מחקר לבחינה של ביצועים פוטומטרים. המחקר התבסס על כ 175 קריאות אור ושילוב של פרמטרים כגון: סוגים ועוצמה של מקורות התאורה, סוגים שונים של פיזורי אור מגופי התאורה, צורת הכיסוי התחתון של גוף התאורה, הטופוגרפיה הכביש ופני השטח של הכביש.

השיטה שלהם הינה – ניתוח של האור העולה כלפי מעלה והנפלט ישירות מג"ת ושל האור הבלתי ישיר המשתקף על הכביש ועל הסביבה.

סה"כ בוצעו יותר מ- 86,000 חישובים פוטומטרים. במיוחד הם הצליחו להראות שפני השטח והסובב אותו משפיעים על האור כלפי מעלה. כדי להפחית את הפיזור של האור לכיוון השמים הם הצליחו לבצע אופטימיזציה של האור ושל מיקום של גופי התאורה. התברר שג"ת המצויד בזכוכית שטוחה אינו תמיד המתאים ביותר בנוגע לזיהום הנגרם מתאורה. גופי תאורה המצוידים בכיסוי בולט מעט (Curved glass) טובים יותר במקרים מסוימים. ולכן אין חובה להשתמש בזכוכיות שטוחים תמיד כדי למנוע את הזיהום.

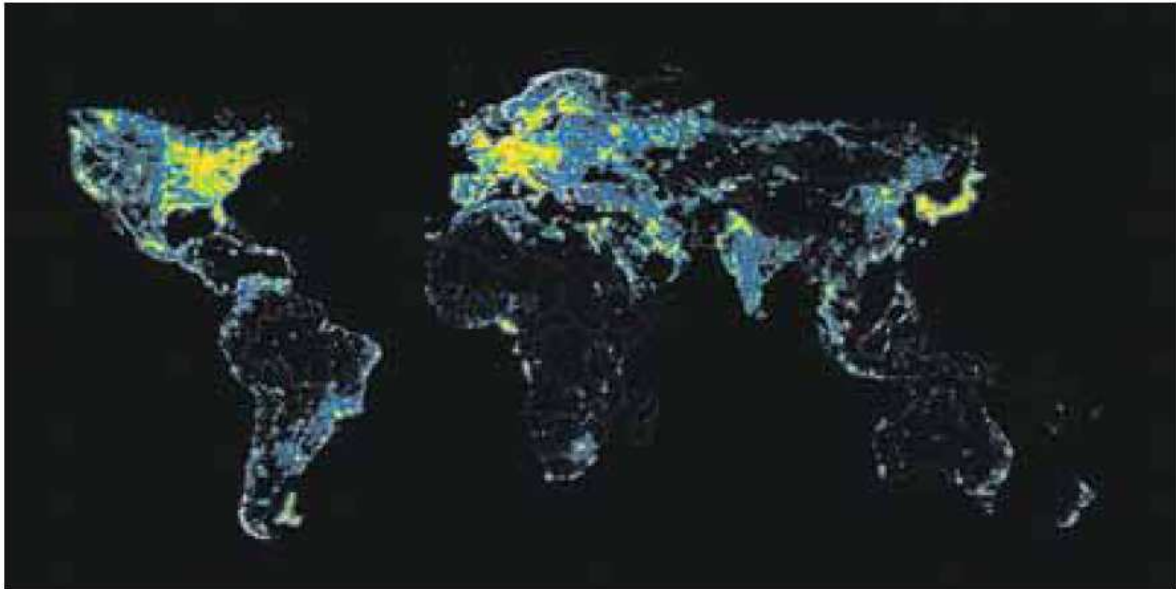


רכיבי האור הרצוי ובלתי רצוי הנובעים מגוף תאורת רחוב.

החשיבות של גופי התאורה.

בסופו של דבר אנחנו חוזרים לשאלה, איך מבצעים אופטימיזציה של האור.

נדרש מאמץ כדי שנוכל למנוע זיהום מתאורה בצורה יעילה. המחקר הוכיח שג"ת טוב הוא כזה המצליח להשתמש בצורה אופטימאלית באור שיוצא מן המנורה להתמקד בדיוק במשטח המיועד להארה. ולכן יש להשתמש בגופי תאורה המיועדים לתאורה מדויקת בהתאם לצרכים של המתקן.



Seen from the sky, the phenomena likely to cause unwanted light are clearly concentrated in geographical areas with the highest level of economic and industrial development.

בתכנון ערים ע"מ לשמור על המשאבים הטבעיים יש צורך להשתמש בגופי תאורה "נקיים" המאפשרים לא רק מניעת רכיב האור הלא רצוי אלא מאפשרים הפחתה משמעותית של מספר גופי התאורה והספקם. כלומר תכנון נכון יכול להוות גורם משמעותי בחיסכון האנרגיה של מתקן התאורה. לכן יש צורך בפיתוח ושימוש בגופי תאורה בעלי יעילות פוטומטרית גבוהה.

סוגי כיסויים בגופי תאורה.

אחד הגורמים החשובים שבהם התמקד המחקר הוא, הצורה של כיסוי גוף התאורה. כיסוי שטוח, חצי בולט ובולט. עבור כל אחד מהדגמים בוצעו מדידות של רכיב האור המשתקף כלפי מעלה בהתחשב בסוג מקור האור, עוצמתו, תנאי שטח ההארה (סוג החזר מהמשטח) ונתוני הסביבה.



Deep protector

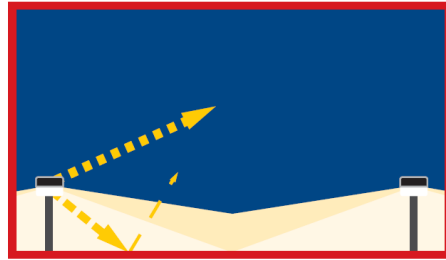


Slightly curved protector



Flat protector

כיסוי בולט:



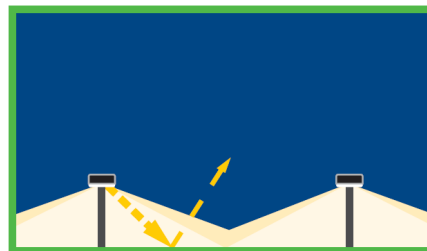
בכיסוי בולט (Deep protector), אומנם הרכיב המשתקף ישירות לרקיע הינו גדול אבל העובדה שבשימוש עם כיסוי בולט בגוף התאורה ניתן להגיע למרחקים גדולים בין עמודי התאורה, רמת הזיהום הכללית אינה גבוהה.

כיסוי שטוח:



בכיסוי שטוח (Flat protector) אמנם אין רכיב סנור ישיר גבוה אבל מאחר שהמרחק בין העמודים אינו גדול, נוצר רכיב גבוה יחסית המשתקף כלפי מעלה ולמעשה מבזבז יותר אנרגיה.

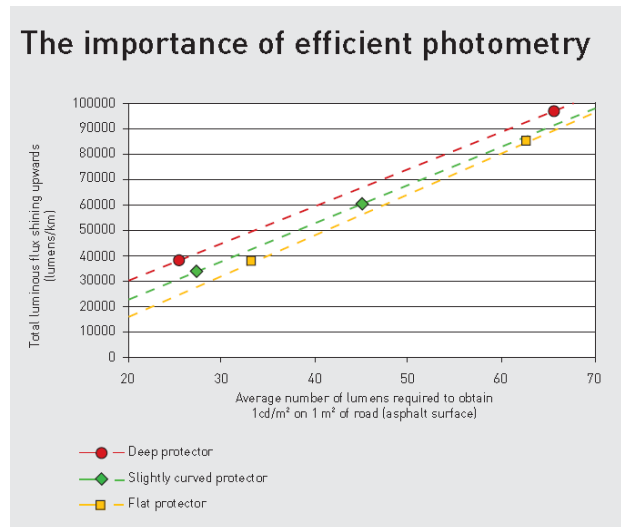
כיסוי חצי בולט:



בכיסוי חצי בולט (Curved protector) הרכיב המשתקף כלפי מעלה קטן יחסית אולם מאחר שהמרחק בין עמודי התאורה אינו גדול, רמת הזיהום הכוללת גבוהה.

כלומר, חשוב לציין שג"ת בעל כיסוי שטוח אינו בהכרח הפיתרון הטוב ביותר למנוע את רכיב האור המשתקף כלפי השמיים. הדבר מוכיח שאנו לא תמיד יכולים להמליץ על אותו גוף תאורה, ועל מנת להגיע לפתרון הטוב ביותר נדרש מחקר ספציפי הלוקח בחשבון את כל הגורמים הסביבתיים. יש למצוא פשרה בין סך עוצמת האור הנדרשת לבין האור המוקרן כלפי מעלה.

חשיבות היעילות הפוטומטרית של גופי תאורה:



הגרף מראה את כמות האור המוקרן כלפי מעלה (ישיר ובלתי ישיר) כיחס ישיר לתפוקת האור הנדרשת לצורך הארת הכביש לרמת תאורה מסוימת. כלומר, כמות האור המוקרן כלפי מעלה אינו תלוי בסוג הכיסוי של גוף התאורה. במילים אחרות, היעילות הפוטומטרית של גוף התאורה היא זו אשר תוביל להורדה של רכיב האור כלפי מעלה.

חשיבות משטח הכביש ותנאי הסביבה:

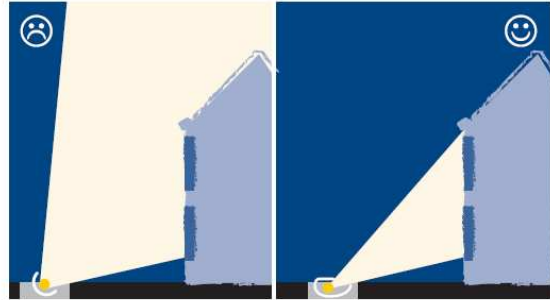


מבדיקות שנעשו מתברר כי כמות האור המשתקפת מאספלט נמוכה בכ 50% מזו המשתקפת מכביש העשוי מבטון. עוד התגלה כי כמות האור המשתקף כלפי מעלה מדשא הוא יותר מחצי

מהמשתקף ממדרכה אפורה. מעניין לציין שפני הכביש ותנאי הסביבה הינם שני גורמים המשפיעים רבות על האור המשתקף כלפי מעלה.

דוגמאות להארה נכונה:

1. הארה מפני הקרקע.



Thanks to its asymmetrical optics, this façade lighting can be recessed in the ground without being inclined, while directing the luminous flux towards the façade and minimising dispersion towards the sky.

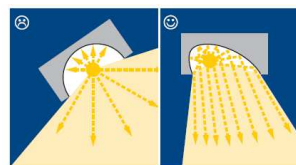
גופי תאורה השקועים בקרקע יכולים להאיר כלפי מעלה מונומנטים, אנדרטאות, חזיתות של מבנים, עצים וכו'. בהארה מהקרקע יש חשיבות גדולה להשתמש ברפלקטורים מתאימים לאפליקציה כך שהשליטה באור תהיה אופטימאלית.

2. שימוש באבזרים לכיוון האור בגופי תאורת הצפה.



שימוש באבזרים המאפשרים כיוון האור לאזור שרוצים להאיר, יבצע הארה נכונה וימנע זליגה של רכיבי אור לאזורים לא רצויים.

3. פתרונות תאורה לאזורים רחבים.



הארה של מגרשי ספורט או אזורים גדולים (חניונים, שדות תעופה, מחסנים חיצוניים וכו'..). דורש עוצמה חזקה המתקבלת בעזרת תאורת הצפה המותקנת על גבי עמודים גבוהים. הפתרון הפשוט הוא להטות את גופי תאורת ההצפה לזווית הרצויה כך שעוצמת התאורה תהיה בשיא בזווית הנדרשת להארה. אולם במקרה זה רמת הזיהום האורי הינה גבוהה.

אפשרות טובה יותר היא שימוש בגופי תאורה א-סימטריים המאפשרים קבלת העוצמה המכסימלית בזווית כזו שרכיב האור המכסימלי מגיע למשטח הדורש הארה ובתנאי ששומרים על גוף התאורה במצב אופקי, דבר המונע תאורה ישירה כלפי מעלה.

4. שימוש ברפרפות בתאורה אורבאנית.



גם בתאורה אורבאנית ניתן למנוע מרכיבי אור פולשניים לחדור לתוך הבתים ע"י שימוש מושכל ברפרפות פנימיות. הרפרפות מותקנים בתוך גוף התאורה כדי למנוע מלכלוך להצטבר עליהם.

סיכום:

השימוש ההולך וגדל באור בשעות החשכה מאפשר שיפור באיכות החיים שלנו מצד אחד אך גורם לפגיעה בסביבה מצד שני.

לכן יש צורך בהגברת המודעות להבנת המגבלות של מקורות האור ובהבנת האמצעים העומדים בידנו כדי למנוע את הפגיעה בסביבה.

שימוש מושכל באמצעים הקיימים, יכולים לשפר באופן משמעותי את רמת הזיהום האורי ממקורות האור לטובת שיפור באיכות הסביבה שבה אנו חיים.