

טבלה 1. האינדיקטורים הישראליים לדיווח על השפעה על המגוון הביולוגי

אינדיקטור GRI מקביל	האינדיקטור הישראלי
GRI Standards GRI 304: Biodiversity Management approach disclosures	גישת הניהול - גישת ניהול המגוון הביולוגי בתאגיד, הממשל התאגידי לתחום זה והאסטרטגיה הניהולית הכוללת (בכלל זה מחויבות למסגרות מקומיות ולאמנות בין לאומיות).
GRI Standards 304-1 (@G4 - EN 11) GRI Standards 304-4 (@G4 - EN 14)	מיפוי מרחבי - א. קרבה לשטחים מוגנים, למסדרונות אקולוגיים ולמערכות אקולוגיות רגישות. ב. קרבה לאתרי מחיה של מינים רגישים.
GRI Standards 304-2 (@G4 - EN 12)	זיהוי פעילויות משפיעות - תיאור פעילויות, מוצרים או שירותים המשפיעים באופן משמעותי (ישיר או עקיף) על המגוון הביולוגי (בהתאם לשטחים או למינים שמופו בסעיף 1-IBI).
	מינעה וצמצום נזק - תיאור הפעילויות שביצע התאגיד כדי לצמצם את הפגיעה במגוון הביולוגי.
GRI Standards 304-3 (@G4 - EN 13)	שיקום ושחזור - תיאור הפעילויות לשיקום, לשחזור ולאישוש בתי גידול או מינים בסיכון.

בקצרה

זיהום אור וצמצומו - סיכום ותובנות של ועדת מומחים

ערן ברוקוביץ' ^[1] * וצליל לבין ^[2]

^[1] האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה

^[2] אוניברסיטת תל-אביב

* eran@isees.org.il

אנו נזקקים לתאורה כמעט בכל היבט בחיינו, אך בתכנון לקוי היא עלולה להפוך למטרד. המונח זיהום אור ^[3] מאגד את כלל ההשפעות השליליות של תאורה מלאכותית. הוא כולל הארה במקום, בזמן ובעוצמה לא רצויים, וכן הארה ישירה ועקיפה של מערכות אקולוגיות המשבשת דפוסי תאורה טבעיים (תזמון התאורה, עוצמתה, הספקטרום, אור מהבהב ואור מקוטב). במרכז ישראל קשה לזהות אזורים נקיים מזיהום אור, ואפילו השטחים הפתוחים והחשוכים בדרום המדינה אינם רציפים, ומקוטעים על-ידי תאורת דרכים ויישובים ^[8].

כדי להבין את הבעיות העולות כתוצאה מזיהום האור בישראל, לאתר פערי ידע ולבחון דרכי פתרון לצמצום התופעה ונזקיה, הוקמה ועדת מומחים בנושא. אנו שואפים לסייע בקביעת מדיניות מושתתת מדע, ולהלן עיקרי הדברים. הדו"ח המלא זמין באתר ועדות המומחים של האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה ^[1].



צילום לילי מתחנת החלל הבינלאומית, 22.7.2014. קל לזהות את אורות הלילה של תל-אביב, ירושלים, באר שבע והאורות הבהירים יותר של עמאן, וכן את החשכה היחסית של הלילות בעזה ובגדה המערבית | באדיבות נאסיא



תאורת מגרשי הספורט הסמוכים ליפארק השלולית, בנתניה מפריעה לפעילות דורחיים ומינים אחרים בשלולית החורף. התקנת מצחיות על גופי התאורה וכיונם לזווית חדה הביאו לירידה בעוצמת התאורה בשלולית ב-95%, ולעלייתה במגרש המשחקים ב-54% באדיבות: אור מכוון

השאר, על הפרשת ההורמון מלטונין מבלוטת האצטרובל במוח [2]. המלטונין מופרש בלילה, מנצח על תפקודים פיזיולוגיים, ומשמש חוליה קריטית לפעילות מערכות גוף מסוימות וכן לתיווך בין האור החיצוני למסלול הניורון אנדוקריני (עצבי-הורמונלי).

הפרעות לשעון הביולוגי פוגעות באיכות החיים, וגורמות לתופעות שונות, כדוגמת הפרעות למחזורי השינה והערות, שיבוש טמפרטורת הלבנה של הגוף, שיבוש חילוף החומרים, שיבוש בדפוסים של ביטוי גנים בגוף ושינוי הוויסות ההורמונלי. אצל בני אדם נמצא כי הפרעה גדולה ומתמשכת למחזוריות הגוף על-ידי הארה עלולה להגביר סיכונים למגוון מחלות, כגון השמנת יתר, סכרת, דיכאון ודיכאון עונתי, להביא לדיכוי מערכת החיסון, לעקה חמצונית, להפרעות שינה ולעלייה בסיכון לסרטן השד - מחלות ששכיחותן גוברת בחברות המתועשות ובעולם המפותח [6,7]. השפעות בריאותיות דומות צפויות גם על עולם החי, אם כי נדיר למצוא עדויות מחקריות לכך.

זיהום אור גם מבזבז אנרגיה. כ-19% מייצור החשמל העולמי משמש לתאורה, בעלות שנתית של 360 מיליארד דולר. ייצור החשמל מביא לפליטת 40,000 מגה-טונות פחמן דו-חמצני מדי שנה, בהן 1,900 מגה-טונות בתהליך ייצור התאורה.

אף על פי שהאור כשלעצמו חיוני לאדם, זיהום אור פוגע בבריאות הציבור והמערכות האקולוגיות, עולה כסף רב, ומפריע לאדם לצפות בשמי הלילה. לפיכך, ועדת המומחים המליצה על שורת פעולות למניעת זיהום אור ולצמצומו. להלן עיקרי ההמלצות:

א. על מדינת ישראל להפנים את הצורך בתכנון מסודר של נושא התאורה ואסדרתה. יש ליישם ולהטמיע את הצעדים במערכת התכנון, בגופי תשתית ובינוי, ברישוי עסקים, במערכת הביטחון, בחברות ממשלתיות וכדומה.

ב. יש לתכנן תאורה בהתאם למטרותיה כדי להבטיח אור במקום ובזמן המתאימים, למזער השפעות שליליות ולחסוך באנרגיה. לשם כך יש לנקוט את האמצעים הבאים:

1. למנוע ולהפחית זיהום אור באזורים רגישים (שמורות טבע, שטחים פתוחים, אזורים מגורים) ובשעות הלילה שהחשכה הכרחית בהן.
2. למנוע זיהור רקיע על-ידי מניעת פליטת אור ישירות אל קו האופק או מעליו.
3. למנוע פיזור אור מחוץ לאזור שהוא מיועד אליו (פלישת אור).
4. למנוע סנוור הנגרם מאור עודף, עוצמתי מדי או שאינו ממוקם נכון.
5. לצמצם את השימוש הלילי באור לבן בעל עוצמה רבה בתחום אורך גל קצר (420-500 ננומטר) שפוגע בטבע ובאדם.

זיהום אור משפיע על מגוון תהליכים ותפקודים בעולם החי, כגון יצרנות ראשונית, חלוקת זמני פעילות במרחב בין מינים, תיקון והבראה של תפקודים פיזיולוגיים, מדידת זמן באמצעות השעון הביולוגי, מחזורי חיים ירחיים ועונתיים, איתור משאבים ואויבים טבעיים, יחסי טורף-נטרף, תקשורת, תחרות, ניווט והתמצאות במרחב [4,5]. מחקר מועט נעשה על השלכות זיהום אור על תהליכים ועל שינויי תפקוד ברמת האוכלוסייה או המערכת האקולוגית, כגון פוריות, תמותה, יצרנות של חברות, הרכב מינים ויחסים בין רמות שונות בשרשרת המזון.

התנהגות מרבית האורגניזמים בכדור הארץ מתוזמנת באמצעות שעון ביולוגי פנימי, בעל מחזוריות יממית של כ-24 שעות (מחזוריות צירקדית), המסונכרן על-ידי מחזוריות האור והחושך. השעון קוצב את הפעילות, ואחראי על תזמון מערכות רבות בגוף כולו. הטיית ציר סיבוב כדור הארץ והסיבוב עצמו בשילוב עוצמות האור, משפיעים על המחזוריות העונתית, על המחזור הירחי, על משך שעות האור ועל תנאי מזג האוויר. שינויים עקביים אלה הם מנבאים סביבתיים, ותפקידם מכריע בוויסות מקצבים ביולוגיים יומיים ושנתיים, מהרמה המולקולרית ועד רמת המערכת האקולוגית.

אצל יונקים בכלל, ואצל האדם בפרט, קולטני אור ברשתית העין רגישים במיוחד לחשיפה לאור כחול באורכי גל קצרים - כ-460 ננומטר. האור מכייל את המַתְנָד הצירקדי, שמפקח, בין

מקורות

[1] לבין צ, אבישר א, ברנד-קליבנסקי ש ואחרים. 2017. זיהום אור וצמצומו - רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. www.isees.org.il/committee.

[2] Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. *Journal of Neuroscience* 21: 6405–6412.

[3] Cinzano P, Falchi F, and Elvidge CD. 2001. The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328: 689–707.

[4] Gaston KJ, Bennie J, Davies TW, and Hopkins J. 2013. The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal. *Biological Reviews* 88: 912–927.

[5] Longcore T and Rich C. 2004. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 191–198.

[6] Navara KJ and Nelson RJ. 2007. The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research* 43: 215–224.

[7] Stevens RG and Zhu Y. 2015. Electric light, particularly at night, disrupts human circadian rhythmicity: Is that a problem? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370. DOI: 10.1098/rstb.2014.0120.

[8] Vlasov M. 2011. Deep-Sky Watch. www.deepskywatch.com/light-pollution-israel.html. Accessed: 19 Dec 2015.

בקצרה

ג. אנו ממליצים למשרדי הממשלה ולרשויות המקומיות לחייב תכנון תאורה על פי מפרטים ותקנים קיימים.

ד. יש להגביל זמני הארה וליצור שעות חושך בכל מקום אפשרי או לכל הפחות להקטין את עוצמת התאורה בשעות שהיא נדרשת פחות.

ה. יש להעלות את המודעות לנושא זיהום האור בקרב הציבור וקובעי מדיניות.

ו. במעבר לטכנולוגיות חדשות יש לנטר את מצב האור הקיים, לתכנן את השינויים בהתאם לתקנים ולבדוק את התוצאות המתקבלות לאחר ההתקנה.

ז. יש לבטל את החרגת האור הנראה מחוק הקרינה הבלתי מייננת (חוק הקרינה הבלתי מייננת, התשס"ו-2006), כך שהחוק למניעת מפגעים סביבתיים (חוק למניעת מפגעים סביבתיים [תביעות אזרחיות], התשנ"ב-1992) יחול גם על קרינת אור נראה.

ח. יש להקים מערך להכשרה מתאימה לעוסקים בתכנון תאורה, בביצוע ובפיקוח, ולעגן את הנושא בקורסים אקדמיים בפקולטות המתאימות. יש להעמיק את הידע והמחקר בתחום, לרבות השפעותיו הבריאותיות על האדם ועל מערכות אקולוגיות. יש למצוא ערכי סף אקוטיים וכרוניים לזיהום אור. מסמך ועדת המומחים נועד לשמש כלי עבודה מבוסס-מדע לצמצום תופעת זיהום האור ונזקיה. במסמך מפורטות המלצות שיש להתחיל בהטמעתן באופן מידי ברמות אסדרה שונות ובשטחים מסוגים שונים.

מהאזורים המוארים. סדרת העטלפים מונה למעלה מ-1,300 מינים הנפוצים בכל רחבי העולם למעט אנטארקטיקה. כל המינים בסדרה זו הם פעילי לילה מובהקים פרט למינים בודדים, והממצאים הללו מעלים דאגה ביחס לסדרה. עם זאת, יש לציין כי ישנו מספר מועט של מינים, ובעיקר מינים המלווים את האדם, שמנצלים את התאורה המלאכותית לציד סביב פנסי תאורה. מלבד ציד, פעילות חיונית נוספת עבור עטלפים היא שתייה ממקורות מים פתוחים, המתבצעת תוך כדי תעופה. התנהגות זו מצריכה יכולת תמרון גבוהה כדי להגיע באופן מדויק למגע עם פני המים.

מחקרים שונים עסקו בהתנהגות שיחור למזון של עטלפים, ובמחקר הנוכחי בדקנו את השפעה של תאורה מלאכותית על דפוסי השתייה של עטלפים. ככל הידוע, התמרון אל פני המים מבוסס על חוש השמיעה המפותח שלהם ולא על חוש הראייה, אך בשל הימנעות רוב מיני העטלפים מאזורים מוארים שיערנו שתימצא השפעה שלילית של תאורה על דפוסי השתייה. המחקר

השפעת תאורה מלאכותית על דפוסי השתייה של עטלפי מדבר

עדי דומר^[1], שחר כהן^[1],
דנילו רוטו^[2] וכרמי קורין^[1]*

^[1] המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מרקו ולואיז מיטרני, אוניברסיטת ברגוריון בנגב Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II (Italy) ckorine@bgu.ac.il *

בשנים האחרונות עולה ממחקרים שונים כי מינים רבים של עטלפים רגישים לתאורת לילה מלאכותית, הגורמת לזיהום אור באתרי שיחור למזון ובקרבת אתרי לינה. רגישות זו באה לידי ביטוי ברמות שונות, החל בהפחתה בפעילות ועד להיעלמות של מינים