

”זיהום אור” – השלכות אקולוגיות של תאורת לילה

מלאכותית

עיבוד: ענת אכר-שהם*

במשך מיליוני שנים יצורים חיים תפקדו במעגלי היום והלילה בהם תאורת השמש הוחלפה בחשכת הלילה המואר באור הכוכבים והירח. מאז המצאת הנורה החשמלית בידי תומס אדיסון, לפני למעלה מ-100 שנים, הארה מלאכותית של הלילה מהווה חלק מהעולם המודרני המתועש. רובנו כבר לא זוכים לצפות בלילה בשמים זרועי כוכבים



ושביל החלב כבר לא נצפה ממקומות ישוב רבים. ההילה הכתומה האופפת את שמי הלילה בערים הופכת לחלק מהוויית חיינו, ומעטים הם האנשים המודעים להשפעות החיוביות והשליליות של תאורה זו.

”זיהום אור” מוגדר כמכלול ההשפעות השליליות של תאורת לילה מלאכותית בה משתמש האדם. תחומי

החקר של ”זיהום אור” כוללים ”זיהום אור אסטרונומי”, המעלים את מראה הכוכבים בשמי הלילה ומונע צפייה באובייקטים אסטרונומיים, ”זיהום אור אקולוגי” המשנה את משטרי התאורה הטבעיים בבתי-גידול יבשתיים ואקוויטרים, ”זיהום אור” הבוחן את ההשפעה על בטיחות ובריאות האדם ותחום הבוחן את הקשר בין ”זיהום האור” לבזבז האנרגיה. קטגוריה נוספת, זניחה יותר, שייכת לאסתטיקנים המבקשים לשמר רקיע זרוע כוכבים כמורשת לדורות הבאים.

המופעים של ”זיהום אור” באים לידי ביטוי בבוהק (glare), אור פולשני, וזוהר רקיע (sky glow).

”זיהום האור” ניתן לצפייה מהחלל החיצון.

באתר www.nightskynation.com ניתן לקבל תמונת מצב של פני הארץ המוארת בשעות החשיכה ביבשות השונות בעולם. לחלופין, ניתן לחפש במנוע חיפוש תמונות (earth night sky).

* מבוסס על הדוח הסביבתי בנושא זיהום אור (2008) של ד"ר נעם לידר מרשות הטבע והגנים.





מאמר זה יסקור בקצרה את תחומי "זיהום האור", יתמקד ב"זיהום אור אקולוגי" ויציין את ההמלצות לצמצומו בארץ.

חלק מההשפעות ההרסניות של "זיהום אור" על קבוצות טקסונומיות שונות של בעלי חיים ידועות מזה זמן רב וזכו לפרסום בשדה המחקרי ובקרב הציבור הרחב. עם אלה נמנים מחקרים אודות השפעת "זיהום האור" על נדידת ציפורים ומחקרים על צבי-ים. בציפורים נודדות, חוקרים בחנו את הסיבות לתמותה גבוהה של ציפורים נודדות סביב מבנים גבוהים ומוארים. בצבי-ים חוקרים מצאו כי ריבוי אורות סביב חופי-הים באזורי הטלה של צבי-ים, גורם לאיבוד כיוון בדרך אל הים בקרב הצבים הבוקעים מהביצים, כתוצאה מכך יש עלייה בשיעור המוות הנגרם מטריפה או תשישות.



תאורת לילה מלאכותית משפיעה על הרכב אוכלוסיות במגוון רחב של בעלי חיים, מעבר לציפורים נודדות וצבי-ים, ומהווה אתגר לאקולוגים ולשומרי הסביבה.

בעלי-חיים שונים, בכללם עופות, יונקים, דו-חיים וחרקים, מתאימים את תפקודם הפיזיולוגי ופעילותם היומית והעונתית בתגובה לאור טבעי ומחזורי אור וחושך. שיבוש עתות החשיכה בידי תאורה מלאכותית עלול לגרום לתופעות הבאות:

פוטוטקסיס - משיכה וקיבוע אל מקור האור, או לחלופין דחייה מוחלטת:

תופעה זו מדווחת בקרב מינים רבים של חרקים ודו-חיים הנמשכים למקורות של אור מלאכותי ונעים סביבו ללא תכלית. עשים נמשכים בלילה למקורות אור. נקבות העש, משקיעות אנרגיה רבה בתעופה סביב מקורות האור, מהלך זה גורע מיכולתן להשקיע אנרגיה במציאת בן זוג, מציאת מקומות להטלת הביצים ואף עלול לגרום לפגיעה בתנאי ההתפתחות של הזחלים מהביצים. חרקים נוספים הנמשכים לאור הם חיפושיות, תיקנים, צרצרי שיחים, צרעות, מיני זבובים ועו. יש מיני חרקים המדמים את התאורה המלאכותית לאור השקיעה והם נחים בקרבת מקור התאורה המלאכותית. תאורת כספית המושכת עשים מגבירה את סיכויי טריפתם בידי עטלפי חרקים מאחר ויש מיסוך של קליטת הצלילים הגבוהים של העטלפים באיתור מזונם בידי העשים, דבר המקשה על החרקים להימלט מטורפיהם.



בקרב דגים קיים מגוון של דפוסי התנהגות ל"זיהום אור", ישנם מינים הנמשכים וישנם הנדחים ממקורות אור מלאכותי. דגי טרוטה, הצדים את טרפם בלילות חשוכים (עוצמת אור של 0.2-0.5 lux) מפסיקים לצוד בבתי גידול המוארים בתאורה מלאכותית.

"זיהום אור" משפיע על התנהגות של דו-חיים הפעילים בלילה כקרפדות וצפרדעים, בכך שהוא מפחית את חדות הראייה ויכולת הציד. מינים של דו-חיים הנוהגים לשחר לטרף בשעות בין ערביים ולפנות בוקר רגישים מאד לרמות התאורה. אם בלילה לא יהיה מספיק חשך, מינים מסוימים לא יצאו לחפש מזון ואם תופעה זו תמשך הם יעלמו מבית הגידול. כך נמצא כי אוכלוסיית הסלמנדרות בבתי גידול המוארים בתאורה מלאכותית פחתה.



בקרב חסרי חוליות מימיים, נצפתה תופעה של דחיית אור בקרב דפניות (זואופלנקטון מימי) ששינו התנהגות של נדידה אנכית במים בעקבות חשיפה לתאורה מלאכותית בבית הגידול. Moore (2000) מצא כי בבתי גידול מוחשכים, הדפניה נוטה לנדוד בציר אנכי בחיפוש אחר אצות כמזון. בבתי גידול החשופים לתאורה מלאכותית (פי מאה מעוצמת התאורה בבתי גידול ללא תאורה) דווח כי הדפניה שנתה את גרדיינט חיפוש המזון האנכי שלה. היותה של הדפניה חלק ממארג המזון משפיע על עליה בריכוז האצות ופוגע באופן ישיר באיכות המים (ריכוז החמצן המומס, רעילות של אצות מתות, ריחות וכיו"ב).

פועל יוצא ממשיכה של חרקים לתאורה מלאכותית בלילה ניתן למצוא בקרב אוכלוסיות של עטלפים, אשר ניזונים מחרקים הנמשכים לעמודי התאורה. מהלך זה יכול להביא לשינוי בהרכב האוכלוסייה של בית הגידול ולדחוק ממנה עטלפים אחרים הנמנעים מציד במקומות מוארים. עטלפי החרקים עצמם עשויים להיות מטרה לציד בידי דורסי לילה שנמשכים לעמודי התאורה המהווים להם עמדות תצפית לציד. הימצאותם של מינים אלו בסמוך לכבישים המוארים בלילה, הופכת אותם לפגיעים מכלי רכב. מחקרים שמיפו אוכלוסיות עטלפים מדווחים על שינוי בהרכב האוכלוסיות בעקבות הארה מלאכותית של בית הגידול. בעמקים בשוויץ, בהם הותקנה תאורת דרכים, נעלם עטלף פרספ גמדי וחלה עלייה במספר העטלפים ממין עטלפון אירופאי, הניזון מחרקים הנמשכים לאור (Blake et al. 1994, Arlettaz et al. 2000).

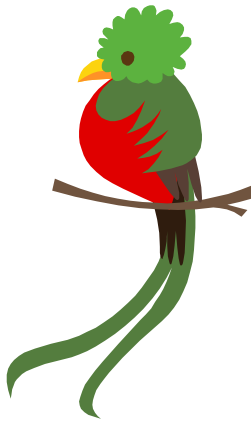
בארץ, דווח השנה בכנס הזואולוגי בשדה בוקר, על מחקר שבחן התנהגות תעופה בקרב מיני עטלפים: אפלול נגב (מין מדברי) ועטלפון לבן שוליים, המצוי בשולי יישובים. החוקרים, טל פלד, ד"ר כרמי קורין ועמיתיהם, דווחו על שינוי במהירות התעופה



הממוצעת של שני מיני העטלפים באזורים החשופים לתאורה מלאכותית. כמו כן, דווח על שינוי בהתנהגות הצייד של עטלפון לבן שוליים, שהחל לתור אחר טרפו בסמיכות לאזורים המוארים בתאורה מלאכותית. התנהגות זו עשויה להקנות לו יתרון במציאת מזון בבית הגידול ומאידך לחשוף אותו ללחצי טריפה. ד"ר כרמי קורין ציין כי באנגליה מתקיים מחקר שממצאיו טרם פורסמו. מחקר זה מראה כי זיהום אור משפיע בצורה שלילית על פרספים גדולים הנעלמים משטח הניסוי, בעוד שהעטלפונים מתרחקים תחילה מבית הגידול המואר בתאורה מלאכותית, אך חוזרים לפעילות ציד בבית הגידול המואר, כעבור שלושה ימים.

חוסר יכולת התמצאות במרחב:

בעוד שתאורה עשויה לעזור למינים מסוימים לנוע בלילה, היא גורמת לקושי בהתמצאות יעילה במרחב עבור אחרים, דבר שעלול לגרום לעלייה בצריכה האנרגטית שתוביל לתשישות או להתנהגות חסרת זהירות, שעלולים להגביר את סיכויי של בעל חיים להיטרף או להידרס.



אקולוגים מעריכים כי ברמה עולמית, מדי שנה מתות מאות מיליוני ציפורים נודדות כתוצאה מהשפעה של תאורה מלאכותית הבאה לידי ביטוי בהתנגשויות במגדלי תקשורת המוארים בתאורה חזקה המהווים משואת-ביות לציפורים, בגשרים, אסדות נפט בים, מבנים גבוהים המוארים בלילה ועוד. Gauthreaux ו-Belser, אורניתולוגים (חוקרי ציפורים), דווחו במחקרם (2006) שבחן את השפעת התאורה המלאכותית בלילה על ציפורים נודדות כי לציפורים נודדות יש נטייה לנוע לעבר תאורה בלילה והן נוטות להישאר באזור המואר. נמצא

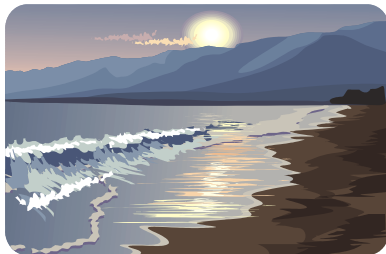
שקיים שיעור תמותה גבוה יותר בסמיכות לארובות, גשרים, ומבנים המוארים בלילה. בקרב עופות-ים, הנמשכים לתאורת לילה, תועד שיעור תמותה גבוהה יותר בשל התנגשות במקור האור או איבוד כיוון. בים הצפוני באירופה, נפוצה תופעה של ציפורים הנודדות בלילה ומתנגשות באסדות הנפט המוארות. Poot ועמיתיו (2008) מדווחים ברקע של מאמרם, העוסק במציאת תאורה ירוקה לנדידת עופות לילה, כי המצפן המגנטי של הציפורים, המהווה את אחד מהמנגנונים המסייעים בניווט בנדידה (מנגנון משני למנגנון הזיהוי היוזאלי) מבוסס, קרוב לוודאי, על רצפטורים הרגישים לאורכי גל (Ritz et al. 2000). מחקרי מעבדה הראו כי ציפורים נודדות צריכות לקלוט אור באורכי גל ירוק-כחול מהספקטרום לתפקודו של המצפן המגנטי שלהם בהכוונת דרכן בנדידה. אור



באורך גל אדום ארוך (התחום הנראה) מפריע למנגנון המצפן המגנטי של העופות וגורם לבלבול ואיבוד יכולת ההתמצאות במרחב. הציפורים סוטות ממסלול הנדידה המקורי, דבר הצורך משאבי אנרגיה נוספים ומביא לתשישות. Ogden ועמיתיו (1996) מדווחים על ירידה ברורה בשיעור ההתנגשויות של עופות במבנים מוארים בלילות שטופי ירח. ככל הנראה אורו החזק של הירח מאפיל על השפעת התאורה המלאכותית המשבשת את מנגנון הניווט של הציפורים. חוקרים סוברים כי מנגנוני עזר נוספים לניווט של הציפורים קשורים למפת כוכבים ורמזים נופיים הממוסכים בתאורה המלאכותית ומשבשים את מסלול הניווט של הציפורים הנוודות.

צבי ים מהווים דוגמה ידועה להשפעה השלילית של חשיפה לתאורת לילה מלאכותית,

שהוכחה במחקרים מדעיים. נקבות צבי-ים מקננות לאורך



חופים חוליים במספר רב של מקומות בעולם, כולל לאורך חופי הים התיכון של ישראל. תאורה לאורך החוף עלולה למנוע מהנקבות לעלות אל החוף ולהטיל את ביציהן.

נקבות הצבים בוחרות את מקום הקינון בהשפעת הפיתוח החופי והשפעת התאורה על מקום הקינון. Salmon החוקר

את השפעת זיהום האור על צבי הים בפלורידה (Salmon 2003) מדווח כי זיהום אור קטלני לצבי הים הצעירים הבוקעים מהביצים ושבים לים בשעות הלילה. הצבים הצעירים מנווטים את דרכם לכיוון המקום הבהיר ביותר באופק, שהוא בדרך כלל בחופים טבעיים הים, הבוהק בלילה בשל אור הלילה המשתקף במים. בחופים מוארים בתאורה מלאכותית הצבים הצעירים נמשכים למקורות אור מלאכותיים ומאבדים את דרכם לים. מהלך המביא לתמותה מתשישות, התייבשות, טריפה או דריסה. Salmon מדווח כי מדי שנה בפלורידה, אלפי צבי ים מתים כתוצאה מזיהום אור, כשרבים יותר מאבדים את דרכם בניסיונם להגיע לים. הניסיונות לבחון את הגורמים להפחתת השפעה של זיהום האור על צבי הים נעשים בדרכים שונות כבחינת מקורות אור מסוננים, הפחתת עוצמתם, השפעה על מקבלי מדיניות בפיתוח נופי ועוד. לא ניתן לבדוד משתנה אחד כגורם לפתרון מאחר והמערכת מרובת משתנים.

תאורה בסמוך למקווי מים המאכלסים דו-חיים עלולה לגרום להגברת טריפתם על-ידי דורסי לילה ושועלים. בנוסף, תאורה מלאכותית עלולה לדחות בוגרים הנוודים למקווי המים על-מנת להטיל ביצים ולהתרבות (Rand et al. 1997). באזורי הביצות של



Ballona (ארה"ב) דווח על זאבים ופומות, הנרתעים משיטוט באזורים המוארים בתאורה מלאכותית.

שיבוש במקצבים ביולוגיים:

לכל אורגניזם, יש מקצב (ריתמוס) יומי ושנתי המתאים לתנודות באור, טמפרטורה, זמינות מזון וגורמים נוספים המשפיעים על תפקודים פיזיולוגיים או התנהגותיים. ה"שעון הביולוגי", מנגנון פנימי הקיים אצל כל אורגניזם חי, מווסת את פעילותו ההורמונאלית של הגוף ואחראי על חלק מהפעילות הביוכימית של הגוף כולו. שעון זה מצריך כוונן יומיומי המתבצע דרך מנגנון האור-חושך היומי. אורכו היחסי של היום גם הוא משתנה באופן קצבי לאורך השנה ועל-ידי כך מווסת אצל בעלי-חיים פעולות עונתיות כרבייה, נדידה ותרדמת-חורף (היברנציה). בקרב צמחים מנגנון זה מווסת תהליכים מורפוגנטיים (כדוגמת מעבר משלב צמיחה לשלב פריחה) באמצעות מדידת אורך היום בהשוואה לאורך הלילה והפעלת סדרת תהליכים במעבר של סף. בנוסף מושפעים גם תהליכים של נביטת זרעים, תזמון פריחה, מועד שלכת ועוד.

אחד מהמקצבים הביולוגיים המרשימים בטבע, מתרחש בשחרור ההמוני (Mass Spawning) של תאי ביצה ותאי זרע מכ-140 מינים של אלמוגי אבן, הבונים את מחסום השוניות הגדול באוסטרליה. אירוע זה מתרחש בלילה אחד או שניים בלבד במהלך השנה. מועד זה מתוזמן כשבוע לאחר מילוא הירח, בתקופת האביב האוסטרלי (אוקטובר-נובמבר). אירוע זה אף נצפה בצילומי לוויין מהחלל.

המנגנון של השעון הביולוגי באלמוגי השונית לא היה ברור למדענים. ב-2007 התפרסם מאמר בעיתון Science ובו קבוצת חוקרים דווחה על גילוי מנגנון של חיישנים הרגישים לגלי אור כחול-ירוק (cryptochromes) באלמוג השיטית (אלמוג בונה שונית). החוקרים בודדו שתי משפחות גנים (cry-1 cry-2) המבטאים פעילות המותנית בתנאי תאורה. cry-1 קשור למנגנון השחרור ההמוני של תאי זרע וביצה (mass spawning) וגן cry-2 המבוטא בצורה פעילה בימי ירח מלאים. גנים אלו מהווים עדות אבולוציונית לשעון ביולוגי קדום. (קישור מעניין בין מנגנון פעולת הגנים והגילוי כי אור ידודתי לציפורים נודדות בלילה הוא בגלי אור ירוק-כחול, מעיד על מנגנון אבולוציוני של שעון ביולוגי).

בבעלי חיים השעון הביולוגי מתזמן, באמצעות הכנות ההורמונאליות, פעולות פיזיולוגיות ואנטומיות. תהליכים אלו מבוקרים באמצעות נירו-אנדוקרינים המופרשים על-ידי בלוטת האצטרובל, איבר במוח הרגיש לאור. בלוטת האצטרובל מייצרת את ההורמון מלטונין, המהווה הורמון מפתח בהעברת גירוי אור חיצוני למערכת ההורמונאלית של בעלי-



החיים. שיבוש הפעולה של השעון הפנימי על-ידי הארה מלאכותית במהלך שעות החשיכה, עלול להוביל בטווח הקצר לחוסר מנוחה ושינה, אשר יגרמו בסופו של דבר לבעל-החיים להיות פחות ערני ובמצב גופני ירוד, ולהגביר את סיכויי טריפתו (Lee et al. 1997).

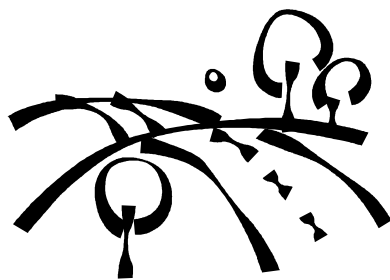
תאורת לילה עלולה בטווח-ארוך יותר גם לשבש תהליכים עונתיים, ולגרום לדוגמה לרבייה מוקדמת מדי, כאשר תנאי מזג-האוויר ואספקת המזון אינם אופטימאליים. ציפורי שיר רבות, כשחרור, נצפות שרות בלילה בטריטוריות שבהם ממוקמת תאורת רחוב. כמו-כן, תועדו מקרים בהם ציפורי-שיר החלו לקנן בסתיו במקום באביב, וזאת ככל הנראה כתוצאה מ"זיהום אור" שמבלבל את השעון הביולוגי שלהן (Derrickson 1988). בהיבט המערכתי, חשוב לציין של"זיהום אור" אקולוגי השלכות רחבות יותר בפגיעה ביציבותם של מארגי מזון שלמים. במידה ו"זיהום אור" פוגע במיני מפתח במארגי המזון האקולוגיים, קיימת סכנה ליציבותו של מארג המזון כולו והמערכת האקולוגית עשויה לצאת משיווי המשקל הדינאמי שלה. (Longcore & Rich 2004).

בארץ, בדומה לעולם, סוגיית "זיהום אור" אינה נחקרת לעומק. מחקרים לדוגמה הם המחקרים שצינו בנוגע לשינוי התנהגות התעופה של עטלפון לבן שוליים בנגב ומחקר המנטר את אוכלוסיית השונית באילת שמצא כתוצר נלווה לתהליך הניטור, שינויים באוכלוסייה הלילית באילת כתוצאה מחשיפה לתאורה מלאכותית מהטיילת הסמוכה, ובהתאם המליץ על שינוי בהארה בטיילת.

לדברי פרופ' אמציה גנין, מהמרכז הבין-אוניברסיטאי באילת, ד"ר עמית דולב, חוקר עטלפים וד"ר יוסי לשם, מהמרכז לצפרות בלטרון, למחקר העוסק בהשלכות האקולוגיות של "זיהום אור" בארץ, אין קדימות בסדר היום המחקרי.

פעולות ישימות לצמצום ההשפעות של "זיהום אור"

ביולי 2008 פרסם ד"ר נעם לידר, חוקר מרשות הטבע והגנים, **דוח הבוחן את ההשלכות האקולוגיות של תאורת כבישים בישראל והצעות לפתרון.** להלן ציטוט ההמלצות:



א. "הגדרת כבישים רגישים מבחינה אקולוגית – יש להתייחס אל כבישים העוברים בשטחים חשוכים באופן מהותי באזורים לא מופרעים, כאל בעלי רגישות אקולוגית ונופית. אלו כוללים: כבישים העוברים סמוך לשמורות טבע, שטחי בר פתוחים (בתה, חורש ויער), מקווי מים יציבים ועונתיים, נחלים, שטחי חולות (כולל חופים חוליים) וכבישים העוברים באזורים המוגדרים כ'צווארי בקבוק' אקולוגיים. הארת כבישים באזורים אלו מגבירה את השפעת הקיטוע שיוצר הכביש, על ידי הגדלת רוחב רצועת הקיטוע בגלל התאורה. בהתאם לכך, מומלץ להגביל את תאורת הכבישים רק לקטעי הכביש בהם מתחייבת הארה מטעמי בטיחות".

ב. "סוג גופי תאורה – יש עדיפות לשימוש בגופי תאורה בעלי פיזור מוגבל המצמצמים במידה ניכרת את מידת "זיהום האור". יש להקפיד על זווית התקנה של גופי התאורה ב- 90° לפני הכביש למניעת זליגת אור לשמיים".

ג. "המלצה על נורות מסוג נטרן בלחץ גבוה – נורות אלו מבטיחות ניצולת אורית טובה וחיסכון אנרגטי, בצד מזעור ההשפעה השלילית על הסביבה. בכבישים שהוגדרו כ'כבישים רגישים' יש לבחון שימוש בנורות נטרן לחץ נמוך בכפוף לדרישות תנאי הבטיחות של דרכים אלו".

ד. "מיקום עמודי התאורה בכביש – מומלץ על מיקום עמודי תאורה במרכז הכביש בדרך דו מסלולית (בכפוף לתנאים ההנדסיים של הדרך). בכבישים חד-מסלוליים יש לבחון הצבת עמודי התאורה בשולי הדרך תוך מזעור הפגיעה האפשרית".

ה. "מעברים של בעלי-חיים בקטעים לאורך הכביש בהם קיימים או מתוכננים מעברים של בעלי-חיים, תחתיים או עיליים, יש להימנע מהארת הכביש או לשנות תאורה קיימת. בתכנון מעברים אלו יש לקחת בחשבון את מרחקם מקטעי הכביש המחייבים הארה (צמתים ומחלפים)".

ו. "תכנון תאורה סביבתי- יש ליידע את גופי התכנון והפיתוח הרלוונטיים על הצורך בתכנון אקולוגי נכון של מערכת תאורה לאורך הכבישים, על קיומן של תוכנות מחשב ייעודיות, המסייעות בידי המתכננים לתכנון מאור של הכבישים".

בעוד שבארץ אנו נמצאים בשלב ההמלצות והמחקר בנושא נמצא בראשית דרכו, Pool ועמיתיו (2008) מדווחים במחקרם על מציאת "אור ירוק" (אקולוגי) שימזער נזקים לציפורי לילה נודדות ויצמצם את מספר ההתנגשויות במבנים המוארים בלילה במסלול



הנדידה שלהן. מחקרם הראשוני, שבוסס על ניסויי מעבדה וניסויי שדה באסדות נפט בים המוארות בלילה, הראה כי יש לשנות את ספקטרום התאורה המלאכותית במבני ציבור, גשרים, מגדלים, אסדות ומבנים אחרים המוארים בלילה המהווים סכנה לציפורים נודדות. חברת החשמל ההולנדית פיליפס, פיתחה לאור ממצאי המחקר, תאורה ידידותית לציפורים בה צומצם האור האדום (גלי ארוכים). לא הייתה אפשרות לפתח נורה רק עם גלי אור כחולים (למרות שזו מועדפת למניעת נזקי ההתנגשות) מאחר ותאורה זו אינה בטיחותית לעבודה של בני האדם. תאורה זו הותקנה באסדת נפט בים הצפוני ב-2007. נראות האסדה לא נפגעה, העובדים לא התלוננו על שינוי התאורה ואף ציינו כי חלה ירידה בסנוור ועלייה בחדות הראייה, זאת מאחר והעין האנושית רגישה יותר לספקטרום הירוק באור. מספר ההתנגשויות של הציפורים באסדה פחת בצורה משמעותית. אך עדיין יש לקיים מחקר מבוסס לאישוש ממצאים אלו.

בעקבות פרסום ספרם של Longfore ו-Rich על ההשלכות האקולוגיות של "זיהום אור" במגוון אורגניזמים, Poot ועמיתיו ממליצים לאמץ דפוס תאורה זה למקומות המועדים ל"זיהום אור" גם ביבשה, לאחר מחקר עומק שיש לבצע בנוגע להשפעת תאורה זו על אורגניזמים אחרים.



**תודות:**

לד"ר נעם לידר מרשות הטבע והגנים על הדוח הסביבתי שלו בנושא זיהום אור שהווה בסיס למאמר.

לד"ר עמית דולב וד"ר כרמי קורין, חוקרי עטלפים, על הדיווח אודות מחקרים בארץ ובאנגליה.

לפרופ' אמציה גנין מהמכון הבין-אוניברסיטאי באילת על ההפניה למאמרים וחוקרים בנושא בתחום הימי.



ביבליוגרפיה:

- 1) נעם לידר, השלכות אקולוגיות של תאורת כבישים בישראל והצעות לפתרון, רשות הטבע והגנים – פרסומי חטיבת המדע, יולי 2008.
- 2) אתר ובו צילומים של זיהום אור בכדור הארץ www.nightskynation.com.
- 3) Gauthreaux Sidney A., and Carroll G. Belser. **Effects of Artificial Night Lightening on Migrating Birds**. Ecological Consequences of Artificial Night Lightening. Ed. Catherine Rich and Travis Longcore. Washington, D.C.: Islands Press, 2006. 67-93.
- 4) Holzman Roi and Amatzia Genin. **Zooplanktivory by a nocturnal coral-reef fish: Effects of light, flow, and prey density**. Limnology and Oceanography, Vol: 48, No. 4 1367-1375 (7/2003).
- 5) Levy O., Appelbaum L., Leggat W., Gothlif Y., Hayward D. C., Miller D. J. Hoegh-Guldberg O. **Light-Responsive Cryptochromes from a Simple Multicellular Animal, the Coral Acropora Millepora**. Science Vol: 318, 19 October, 2007
- 6) Peled Tal, Shahar Yair, Carmi Korine and Marc W. Holderied. **The affects of artificial light on bats' flight behavior** הוצג בכנס הזואולוגי בשדה בוקר ב- 2009
- 7) Poot Hanneke , Ens Bruno J., De Vries Han, A.H. Donners Maurice, R. Wemand Marcel and M. Marquenie Joop, **Green Light for Nocturnally Migrating Birds**, Ecology and Society 13(2): 47, 2008
- 8) Rich, C. and Longcore, T., editors. **Ecological Consequences of Artificial Night Lightening**. Island Press, Washington D.C.
- 9) Ritz, T., Adem S. and Schulten K. **A model for photoreceptor-based magneto reception in birds**. Biophysical Journal 78: 707-718, 2000.
- 10) Travis Longcore, **A Review of the Ecological Effects of Road Reconfiguration and Expansion on Coastal Wetland Ecosystems**. The Urban Wildlands Group, INC. November 14, 2001.