

# Illuminazione artificiale notturna

*Documento di posizione dell'Avvocatura per la protezione ambientale del Tirolo (Tiroler Umweltschutz)* · **PARTE 1** · Marzo 2021 · 13 pagine

*contenuti: Stefanie Suchy, initiative "Plightwithlight"*

*traduzione: Project SKYSCAPE ITAT 2047, KP Interreg Italien-Österreich 2014-2020*

L'illuminazione notturna è parte integrante del nostro modo di vivere, perciò un approccio responsabile all'impiego delle luci artificiali risulta fondamentale. Un utilizzo più eco-compatibile delle luci artificiali apporta benefici per la salute, la sicurezza e la qualità della vita, comporta un consumo energetico e di risorse inferiore e contribuisce al mantenimento della biodiversità.

Un impiego di luci artificiali allo stato d'arte tiene conto di fattori chiave durante la fase operativa:

- ⇒ Luogo - DOVE,
- ⇒ Tempo - QUANDO e
- ⇒ Piano e/o tecnica di illuminazione - COME.

La serie di documenti di posizione fornisce indicazioni e soluzioni per i seguenti ambiti di applicazione:

**PARTE 2: illuminazione stradale, di piste ciclabili e pedonali, parcheggi**

**PARTE 3: illuminazione di impianti sportivi:** illuminazione di piste naturali per slittino, piste da fondo, piste da sci e campi da calcio.

**PARTE 4: illuminazione d'effetto:** illuminazione decorativa, illuminazione di oggetti, proiettori a fasci di luce e pubblicità luminosa.

Nella presente parte generica del documento di posizione sulle luci artificiali troverete informazioni generali rilevanti per ogni progetto di illuminazione.

## **L'illuminazione della notte è inquinamento luminoso**

Le luci artificiali interferiscono e modificano le condizioni di luminosità naturale nelle ore del tramonto e della notte. Aumentano così l'intensità della luce e l'estensione delle superfici illuminate. A livello globale, l'inquinamento luminoso cresce costantemente di almeno il 2% all'anno dal 2012.<sup>1</sup>

**Luci artificiali non desiderate nelle aree esterne illuminano lo spazio abitativo, l'ambiente e il cielo notturno o causano abbagliamento. Ciò comporta effetti negativi per la salute umana. Ma anche animali, piante e interazioni ecologiche ne risentono.**

## Principi fondamentali per ogni progetto di illuminazione

Un tema su cui interrogarsi durante il rifacimento o la costruzione ex novo di strutture è la **necessità dell'illuminazione esterna**. L'illuminazione artificiale può avere diverse funzioni, tra cui protezione, orientamento, segnalazione, promozione e rappresentazione artistica.<sup>2</sup> L'osservazione delle funzioni aiuta, tra le altre cose, a capire se un impianto di illuminazione è effettivamente necessario. **Una verifica condivisibile delle esigenze è alla base di ulteriori decisioni.**

Quasi nessun progetto di illuminazione è uguale a un altro. **Gli effetti negativi, proprio come le opportunità alla verifica di soluzioni compatibili, dipendono direttamente dal progetto.**

**In base al principio di precauzione, è fondamentale includere misure di prevenzione e riduzione nella progettazione dell'illuminazione.**<sup>3</sup>

L'equilibrio della natura, la diversità delle specie e degli habitat, il valore ricreativo e la bellezza dei paesaggi devono essere preservati, protetti e ripristinati. **Dato che gli impianti di illuminazione comportano un danno ai già citati interessi della tutela ambientale,**<sup>4</sup> essi sono subordinati ad autorizzazione al di fuori dei centri abitati. **Gli animali vanno protetti anche all'interno degli agglomerati urbani.**<sup>5</sup>

Al fine di consentire i necessari adeguamenti allo stato dell'arte, **nell'ambito dell'autorizzazione in base al diritto ambientale occorre prevedere un limite temporale per l'esercizio degli impianti di illuminazione.**<sup>6</sup>

### L'illuminazione è sinonimo di sicurezza?

L'illuminazione artificiale è pratica, moderna e relativamente poco costosa. Il suo impiego per noi è scontato. Oltre alle estese attività ricreative e alle attività economiche in orario notturno, la sicurezza è un importante incentivo per l'installazione di illuminazione artificiale. La sicurezza stradale, come anche la sicurezza da atti di violenza e vandalismo, costituiscono motivazioni trainanti per un maggiore uso di luci artificiali.

Luci stradali ben posizionate contribuiscono a una diminuzione degli incidenti, anche se fattori quali la stanchezza, l'alcool e la velocità giocano tendenzialmente un ruolo di maggiore importanza.<sup>7</sup> Abbagliamenti e distrazioni causati dalle luci artificiali possono a loro volta comportare rischi stradali.<sup>8</sup>

**Il tema del contributo delle luci artificiali all'effettiva riduzione di violenza e vandalismo è controverso. Una riduzione dei reati non è osservabile in maniera attendibile, mentre il senso di sicurezza soggettivo può essere migliorato.**<sup>7</sup> Molte persone si sentono maggiormente a proprio agio in spazi pubblici illuminati e escono più volentieri dal proprio ambiente domestico. Non esiste correlazione tra senso di sicurezza e intensità dell'illuminazione. In un sondaggio, giovani donne hanno dichiarato di preferire un livello omogeneo di illuminazione, luci non accecanti, il riconoscimento di colori e forme così come luci bianche.<sup>9,10</sup>

## Impatto sulle persone

Per noi esseri umani la presenza eccessiva di illuminazione artificiale notturna comporta, oltre all'effetto d'interferenza diretta, un impatto sul ritmo giorno-notte naturale tramite alterazioni dell'orologio biologico interno. Di conseguenza si manifestano perdite di sonno, di tranquillità e di rigenerazione.<sup>11</sup> Inoltre, il fattore luce artificiale potrebbe aumentare il rischio di sovrappeso,<sup>12</sup> infarto,<sup>13</sup> diabete<sup>14</sup> e depressione<sup>15</sup>. Il nesso tra inquinamento luminoso e tumori è oggetto di dibattito.<sup>16</sup> Spesso alla base di tali patologie troviamo un combinazione di cause. Stile di vita, alimentazione poco salutare, consumo di sostanze voluttuarie e inquinamento ambientale sono note cause scatenanti.

Perdita di acutezza visiva, danni retinici,<sup>17</sup> degenerazione maculare senile<sup>18</sup> e abbagliamenti pericolosi durante la guida<sup>8</sup> sono associati a un'esposizione eccessiva e scorretta alla luce artificiale.

### Quale luminosità causano disturbi di salute?

L'illuminamento (lx) è il flusso luminoso (lm) che colpisce un oggetto illuminato. La luminanza (cd/m<sup>2</sup>) invece indica la luminosità con cui l'occhio umano percepisce una superficie.

Se ci si espone di notte ad alti livelli di illuminamento, o se la luce artificiale, soprattutto nella gamma delle onde corte, colpisce la retina, la sintesi della melatonina nel corpo degli organismi viene inibita. In condizioni normali, questo ormone viene prodotto di sera e di notte. Mentre per gli esseri umani aiuta a conciliare il sonno, per gli animali notturni ha un effetto stimolante. La melatonina gestisce una serie di funzioni fisiologiche e ha un effetto antiossidante.

**Illuminamenti di 0,01-0,03 lx per mammiferi e pesci, così come di 6 lx per persone sensibili, sono sufficienti a reprimere la produzione di melatonina nel corpo.** Persino intensità luminose inferiori, dipendenti dalla lunghezza d'onda, influenzano gli organismi.<sup>19</sup> Per mettere in proporzione i valori indicati: la massima illuminazione lunare è di 0,3 lx. Un'intensità di luce notturna costante di 0,3 lx ha un impatto tale sui merli maschi da impedirne la riproduzione sul lungo periodo.<sup>20</sup>

Già 3 lx prima di andare a dormire sono sufficienti ad aumentare la pressione sanguigna degli esseri umani durante la notte.<sup>13</sup> In base alla ÖNORM O 1052<sup>21</sup> questo valore, misurato ad altezza finestra della zona giorno in un piccolo centro abitato, è ammissibile fino alle 22:00. In strade commerciali locali e zone miste, 10 lx fino alle 20:00 sono legittimi. Sebbene i valori limite si riferiscano esclusivamente alle immissioni luminose per scopi non legati al traffico (illuminazione d'effetto e di impianti sportivi), l'illuminazione stradale costituisce parte informativa della norma sul controllo delle immissioni.

### Quali colori emessi o zone spettrali sono dannosi?

Il colore emesso è il colore della luce come appare all'occhio umano. Viene descritto attraverso la temperatura della luce, misurata in Kelvin. Un'illuminazione interna percepita come piacevole ha 2700 Kelvin, mentre la luce della luna ha una temperatura di colore di 4000 Kelvin. La curva spettrale entra nel dettaglio e indica la quantità di radiazione emessa da una sorgente luminosa.

In generale, gli organismi reagiscono in modo diverso a diverse zone spettrali. Tuttavia, ci sono maggiori evidenze di effetti negativi causati da luce visibile a onde corte (fino a 490 nm) o da sorgenti di luce da neutra a bianca fredda (oltre 3000 Kelvin).<sup>22</sup> I nostri studi sull'effetto di richiamo di diverse sorgenti luminose sugli insetti a Völs in Tirolo hanno evidenziato che i LED, in particolare quelli con una bassa temperatura di colore (massimo 3000 Kelvin), attirano meno insetti.<sup>23</sup>

Le radiazioni ultraviolette (UV inferiore a 380 nm) e infrarosse (IR superiore a 780 nm) sono irrilevanti per la percezione visiva umana. Le fonti di illuminazione non dovrebbero emettere queste componenti di radiazioni, principalmente perché alcuni organismi le percepiscono perfettamente e possono esserne influenzati.

**Per motivi sanitari, ecologici (e astronomici) si consigliano basse temperature di colore: LED ambra (massimo 2200 Kelvin) o LED bianco caldo (massimo 3000 Kelvin).** Le componenti di radiazione emesse da una sorgente luminosa sono correlate alla temperatura del colore. Tuttavia, i LED bianco caldo possono variare nella loro composizione spettrale. Scegliendo una sorgente luminosa di massimo 3000 Kelvin si può presumere che la componente spettrale sotto i 490 nm sia piuttosto bassa e che il potenziale di disturbo per la salute e l'ambiente sia ridotto.

### Impatto su animali, piante e habitat

L'inquinamento luminoso gioca anche un ruolo in relazione alla continua perdita di biodiversità a livello mondiale. Ha infatti il potenziale di disturbare ulteriormente ecosistemi già indeboliti da altri fattori.<sup>24</sup> Se la luce artificiale danneggia animali, piante, habitat o addirittura servizi ecosistemici (per es. l'impollinazione), alla fine saranno compromessi anche i mezzi di sussistenza di noi esseri umani.

I ritmi legati alla luce, come l'alternanza giorno-notte, il cambiamento stagionale della lunghezza delle giornate e le fasi lunari, sono timer affidabili per molti organismi. Le loro funzioni e processi vitali vi si sono adeguati nel corso della storia della Terra. Oltre ai processi fisiologici, l'inquinamento luminoso modifica anche il comportamento degli esseri viventi, che si esprime, per esempio, con attrazione, allontanamento o perdita di orientamento.

Le luci artificiali notturne influenzano, per esempio, insetti,<sup>25</sup> uccelli,<sup>26</sup> mammiferi,<sup>27</sup> anfibi,<sup>28</sup> pesci,<sup>29</sup> piccoli organismi acquatici<sup>30</sup> e piante.<sup>31</sup> Sono stati documentati anche effetti ecologici di vasta portata, come cambiamenti nella composizione delle specie<sup>32</sup> o riduzione dell'impollinazione.<sup>33</sup>

### Animali notturni

*Per un animale notturno, una notte illuminata è come l'insediamento di una foca nelle Alpi - è così che il libro *Licht aus!?* (*Spegnete la luce!?*)<sup>34</sup> descrive, in maniera appropriata, la situazione di un animale notturno nel suo habitat illuminato artificialmente.*

Regimi di luce naturale e tempi di attività prevedibili sono vitali. **Gli animali notturni dipendono dall'oscurità e dalla luce naturale della luna e delle stelle per orientarsi, muoversi, riprodursi, cacciare o cercare cibo ed evitare predatori e concorrenti alimentari in maniera efficace.**

Circa due terzi delle specie animali in tutto il mondo sono animali notturni, tra questi annoveriamo anche circa la metà delle specie di insetti.<sup>35</sup> Solo in Tirolo è stata confermata la presenza, finora, di circa 2700 specie di farfalle, più o meno l'85 per cento di queste sono unicamente o prevalentemente attive durante la notte.<sup>36</sup> Gufi, pipistrelli, ghiri, ricci, martore, volpi, tassi, rane e rospi sono altre specie animali le cui attività sono legate alla notte. Caprioli e cervi appartengono ai generalisti e si vedono più spesso al tramonto.

### Compromissione del valore ricreativo del paesaggio notturno

Al giorno d'oggi, in cui tutto è luce, il buio vero diventa un contrasto positivo, un valore. L'oscurità alimenta il mistero e la fantasia prende il posto di ciò che non è più visibile. La contemplazione del cielo notturno porta a interrogarsi sull'immensità dello spazio, sul significato e sul fine del nostro essere.<sup>37</sup>

Per molte persone, la notte naturale è qualcosa di sconosciuto. Il valore dell'esperienza deriva dalla vista del cielo stellato e profondo e delle strutture paesaggistiche in tonalità scure che si stagliano sotto di esso. La percezione sensoriale si acuisce.

La luminosità fa sparire le stelle, la luce artificiale attira l'attenzione e lo sguardo resta intrappolato nella nebbia dello smog luminoso. Ci si abitua all'inondazione luminosa, svanisce la connessione con l'ambiente e la natura. La graduale perdita di paesaggi notturni intatti lascia cicatrici a livello culturale, identitario e spirituale.

Nel conflitto tra preoccupazioni economiche e di tutela ambientale, è importante sottolineare come il valore dell'oscurità, in quanto bene da proteggere, debba essere una questione d'interesse comune. Attraverso la rinuncia o l'ottimizzazione rigorosa degli impianti di illuminazione è possibile proteggere come un unico elemento i residenti, gli ospiti, il paesaggio, gli animali le piante e le loro interazioni. L'oscurità è una risorsa naturale che deve essere riconosciuta, apprezzata e preservata.

## L'era dei LED

Già dalla fine del secolo scorso si rileva che le sorgenti luminose a LED stanno vivendo un livello di sviluppo sempre più elevato e sono sempre più utilizzate in considerazione del loro minore costo energetico.<sup>38</sup> La tecnologia LED presenta molti vantaggi in termini di controllo preciso della luce, dimmerazione, modellazione dello spettro (diverse temperature di colore) ed efficienza energetica. **Tuttavia, l'efficienza energetica porta a un uso dispendioso e dannoso della luce artificiale per l'ambiente.**<sup>39</sup> La rinuncia all'illuminazione, in molti casi ragionevole e consapevole, non va solo a favore di salute e ambiente, ma risulta anche essere la soluzione più efficiente dal punto di vista energetico e delle risorse.

Ricerche indicano un migliore bilancio ecologico dei LED rispetto ad altre sorgenti luminose. Questi risultati sono in ultima analisi dovuti al minor consumo energetico durante il funzionamento. Durante il processo di fabbricazione, a causa del maggiore dispendio energetico e chimico, i LED hanno un bilancio ecologico peggiore rispetto, per esempio, alle lampade a vapori di sodio ad alta pressione o ad alogenuri metallici.<sup>40</sup> Al fine di ridurre al minimo gli impatti ambientali e il consumo di risorse nei processi di produzione e smaltimento, il funzionamento del sistema di illuminazione fino alla fine della sua vita utile risulta rilevante.

Nell'illuminazione generale, la luce bianca viene generata tramite la trasformazione delle radiazioni blu dei LED con l'aiuto di uno strato di conversione. La struttura e lo spessore di questo strato sono decisivi per la composizione spettrale. Grazie a questa struttura, i LED bianchi neutri e freddi (oltre 3000 Kelvin) richiedono fino al 10% di energia in meno per lo stesso numero di lumen. Questo fatto (ha) porta(to) alla realizzazione di numerosi sistemi di illuminazione da 4000 Kelvin, che spesso hanno effetti deleteri su residenti, paesaggio urbano, salute e ambiente. **Mere considerazioni sui costi e l'efficienza energetica non sono sufficienti a scegliere un sistema o una tecnologia di illuminazione tecnicamente adeguati.**<sup>22</sup>

## Regolamentazione dell'inquinamento luminoso

**Diritto pubblico:** L'illuminazione artificiale dell'ambiente e del paesaggio può essere regolata tramite la legge tirolese sulla conservazione della natura (Tiroler Naturschutzgesetz - TNSchG) del 2005, la legge sulla valutazione dell'impatto ambientale (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz) del 2000, la legge tirolese sulla pianificazione del territorio (Tiroler Raumordnungsgesetz - TROG) del 2016 e la legge tirolese sugli eventi (Tiroler Veranstaltungsgesetz - TVG) del 2003. La protezione dalle immissioni di luce molesta svolge un ruolo nel regolamento commerciale (Gewerbeordnung) del 1994, nel regolamento edilizio tirolese (Tiroler Bauordnung - TBO) del 2018 e nella TVG del 2003. La protezione del paesaggio urbano è menzionata nella legge sulla protezione delle città e del paesaggio urbano del Tirolo (Tiroler Stadt- und Ortsbildschutzgesetz) del 2003, nel TBO del 2018, nella TVG del 2003 e nella TROG del 2016.

Oltre alla legge del Tirolo sulla conservazione della natura del 2005 (TNSchG), la TROG del 2016 è vista come un valido strumento per il contenimento dell'inquinamento luminoso. Uno sviluppo territoriale sostenibile, un'edilizia che protegga il suolo e la messa in sicurezza di

aree ricreative nelle vicinanze dei centri abitati sono obiettivi dichiarati. Per esempio, una tempestiva considerazione degli obiettivi di illuminazione eco-compatibili nel corso della stesura obbligatoria di *modelli di pianificazione su territorio locale* nelle comunità tirolesi incentiverebbe l'uso attento dell'illuminazione artificiale.

Sarebbe inoltre auspicabile un ulteriore ancoramento giuridico ai fini del contenimento dell'inquinamento luminoso. A tal scopo, un adattamento delle singole leggi sulla materia appare opportuno.<sup>41</sup>

**Manuali, linee guida e norme:** Particolarmente nel settore pubblico, i processi di pianificazione e attuazione possono essere manovrati attraverso una strategica fornitura di informazioni e risorse. Il manuale austriaco per l'illuminazione esterna<sup>42</sup> è un aiuto interregionale per la progettazione di illuminazioni esterne che rispettano l'ambiente.

Il manuale agli acquisti verdi della pubblica amministrazione (GPP - Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and Traffic Signals)<sup>43</sup> è rivolto alle pubbliche amministrazioni di tutti gli Stati membri dell'UE. L'approvvigionamento eco-compatibile per l'illuminazione stradale e i segnali stradali è l'obiettivo. Per evitare l'inquinamento luminoso si prendono in considerazione delle istruzioni.

Al fine di evitare danni agli utenti della strada causati da luci artificiali, le linee guida e i regolamenti per la viabilità (Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen - RVS) 05.06.11 e 05.06.12<sup>44</sup> descrivono, tra le altre cose, valori limite e criteri.

Le norme sono raccomandazioni che possono essere rese legalmente vincolanti per i dispositivi di illuminazione. Nella norma ÖNORM O 1052<sup>21</sup> vengono indicati modi per generare luminosità appropriate. I valori limite ivi specificati riducono gli effetti dannosi della luce sullo spazio vitale umano e sull'ambiente.

Gli standard minimi o i valori di manutenzione per i diversi tipi di illuminazione sono specificati nelle norme per i vari scopi di illuminazione (strade, impianti sportivi<sup>45</sup> etc.) e si basano su valori empirici. Per motivi economici ed ecologici, questi valori non dovrebbero essere superati.<sup>46</sup>

**Agevolazioni:** Il rispetto di standard minimi di sicurezza ed efficienza energetica sono spesso gli unici presupposti per l'erogazione di contributi per i vari impianti di illuminazione. Le misure per contenere l'inquinamento luminoso hanno svolto finora un ruolo marginale. È qui che occorre intervenire.

Gli enti finanziatori hanno l'opportunità di fare riferimento agli scritti sopra menzionati (manuali, normative e linee guida) ma anche alla presente serie di documenti di posizione e di sviluppare criteri di finanziamento equivalenti, come per esempio l'illuminazione basata sulle esigenze in base al volume di traffico e una riduzione della luminescenza nello spazio abitativo e nell'ambiente.<sup>22</sup>

Ulteriori informazioni su [www.hellenot.org](http://www.hellenot.org).



<sup>1</sup> Kyba CCM, Kuester T, de Miguel AS, Baugh K, Jechow A et al. (2017) Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances* 3(11) e1701528.

<sup>2</sup> Burkert FH (1995) Licht als Last. *Licht und Raum* 5:28-30.

<sup>3</sup> Cfr. Böttcher M (2001) Auswirkungen von Fremdlicht auf die Fauna im Rahmen von Eingriffen in Natur und Landschaft. Analyse, Inhalte, Defizite und Lösungsmöglichkeiten. BfN 67. Bundesamt für Naturschutz Bonn (Ed.).

<sup>4</sup> Ai sensi dell'articolo 1 paragrafo 1 della legge del Tirolo sulla conservazione della natura (Tiroler Naturschutzgesetz) del 2005.

<sup>5</sup> Secondo l'articolo 24 paragrafo 2 della legge del Tirolo sulla conservazione della natura del 2005, le specie di pipistrelli presenti in Tirolo non devono essere intenzionalmente disturbate, soprattutto durante la stagione riproduttiva, il periodo di allevamento dei piccoli, lo svernamento e la migrazione.

In base all'articolo 26 della legge del Tirolo sulla conservazione della natura del 2005, gli animali selvatici non cacciabili (molti uccelli, insetti, etc.) nelle loro varie fasi di sviluppo non devono essere intenzionalmente e senza motivo disturbati, perseguiti o uccisi.

In base all'articolo 5 della regolamento del Tirolo sulla conservazione della natura (Tiroler Naturschutzverordnung) del 2006, gli animali selvatici non cacciabili indicati nell'allegato 6 (ricci, ghiri, scoiattoli, rane, rospi, etc.) nelle loro varie fasi di sviluppo non devono essere intenzionalmente e senza motivo disturbati, perseguiti o uccisi. Inoltre il loro habitat non deve essere trattato in modo da rendere impossibile la loro esistenza.

In base all'articolo 42 paragrafo 2 della legge venatoria del Tirolo del 2004 (Tiroler Jagdgesetz), anche le specie cacciabili (martore, puzzole, tassi, volpi, caprioli e cervi) non devono essere deliberatamente disturbate. I gufi reali, gli allocchi, le civette e le civette capogrosso sono considerati animali cacciabili, vanno però tutelati durante il corso dell'anno e non devono essere disturbati.

<sup>6</sup> Ai sensi dell'articolo 29 paragrafo 5 della legge del Tirolo sulla conservazione della natura del 2005.

<sup>7</sup> Hänsch R, Könecke B, Pottharst M, Wukovitsch F (2013) Kosten und externe Effekte des künstlichen Lichts sowie Ansätze der ökonomischen Bewertung. Universitätsverlag der TU Berlin, BMBF-Verbundforschungsprojekt Verlust der Nacht (Ed.)

<sup>8</sup> Heilig P (2018) Im Rampenlicht. *Concept Ophthalmologie* 2:29-30.

<sup>9</sup> <https://research.arup.io/story/cities-for-girls> und <https://theconversation.com/more-lighting-alone-does-not-create-safer-cities-look-at-what-research-with-young-women-tells-us-113359>, consultato il 31 gennaio 2021.

<sup>10</sup> Il seguente esempio dimostra come le luci artificiali non portino sempre a una maggiore sensazione di benessere: ai margini di una località, in una strada deserta ma illuminata, ci si continua a muovere. Nonostante, in quanto utenti della strada, ci si trovi visivamente avvolti dal cono di luce. Mentre si viene visti molto bene, eventuali osservatori possono restare nascosti nelle zone d'ombra.

<sup>11</sup> Min J, Min K (2018) Outdoor Artificial Nighttime Light and Use of Hypnotic Medications in Older Adults: A Population-Based Cohort Study. *J Clin Sleep Med* 14(11):1903-1910.

Per un riposo notturno sufficiente e rigenerante a partire dalle ore 22:00, è opportuno limitare l'esposizione alla luce almeno dalle 20:00. L'effetto della luce artificiale ad intensità ambientale sul corpo umano si estende fino a 90 minuti dopo l'ultima esposizione alla luce.

Fonte: Gooley JJ, Chamberlain K, Smith KA, Khalsa SBS, Rajaratnam SMW et al. (2011) Exposure to Room Light before Bedtime Suppresses Melatonin Onset and Shortens Melatonin Duration in Humans. *J Clin Endocrinol Metab* 96:E463-E472.

- 
- <sup>12</sup> McFadden E, Jones ME, Schoemaker MJ, Ashworth A, Swerdlow AJ (2014) The Relationship Between Obesity and Exposure to Light at Night: Cross-Sectional Analyses of Over 100,000 Women in the Breakthrough Generations Study. *Am J Epidemiol* 180(3):245-250.
- <sup>13</sup> Obayashi K, Saeki K, Iwamoto J, Ikada Y, Kurumatani N (2014) Association between light exposure at night and nighttime blood pressure in the elderly independent of nocturnal urinary melatonin excretion. *Chronobiol Int* 31(6):779-786.
- <sup>14</sup> Spiegel K, Knutson K, Leproult R, Tasali E, van Cauter E (2005) Sleep loss: A novel risk factor for insulin resistance and Type 2 diabetes. *J Appl Physiol* 99(5):2008-19.
- <sup>15</sup> Obayashi K, Saeki K, Kurumatani N (2017) Bedroom Light Exposure at Night and the Incidence of Depressive Symptoms: A Longitudinal Study of the HEIJO-KYO Cohort. *Am J Epidemiol* 187(3):427-434.
- <sup>16</sup> Kloog I, Stevens RG, Haim A, Portnoy BA (2010) Nighttime light level co-distributes with breast cancer incidence worldwide. *Cancer Causes Control* 21:2059-2068.
- Rybnikova NA, Haim A, Portnov BA (2017) Is prostate cancer incidence worldwide linked to artificial light at night exposures? Review of earlier findings and analysis of current trends. *Arch Environ Occup Heal* 72(2):111-122.
- Johns LE, Jones ME, Schoemaker MJ, McFadden E, Ashworth A et al. (2018) Domestic light at night and breast cancer risk: a prospective analysis of 105 000 UK women in the Generations Study. *Br J Cancer* 118(4):600-606.
- <sup>17</sup> Wu J, Seregard S, Algvere PV (2006) Photochemical damage of the retina. *Surv Ophthalmol* 51(5):461-481.
- <sup>18</sup> Ratnayake K, Payton JL, Lakmal OH, Karunaratne A (2018) Blue light excited retinal intercepts cellular signaling. *Sci Rep* 8(1):1-16.
- <sup>19</sup> Grubisic M, Haim A, Bhusal P, Dominoni DM, Gabriel KMA et al. (2019) Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates. *Sustainability* 11, 6400.
- <sup>20</sup> Dominoni DM, Quetting M, Partecke J (2013) Long-term effects of chronic light pollution on seasonal functions of European blackbird (*Turdus merula*). *PLoS One* 8(12):1-9.
- <sup>21</sup> ÖNORM O 1052 Immissionen luminose – Misurazione e valutazione (2016-06-01).
- <sup>22</sup> Cfr. Schroer S, Huggins B, Böttcher M, Hölker F (2019) Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen – Anforderungen an eine nachhaltige Außenbeleuchtung. BfN-Skripten 543. Bundesamt für Naturschutz Bonn (Ed.).
- <sup>23</sup> Huemer P, Kühtreiber H, Tarmann G (2011) Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten: Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol (Österreich). *Wiss Jb der TLM Innsbruck* 110-135. Studie im Auftrag der Tiroler Umwelthanwaltschaft.
- Huemer P, Kühtreiber H, Tarmann G (2011) Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten: Feldstudie 2011. Tiroler Landesmuseen Innsbruck. Studie im Auftrag der Tiroler Umwelthanwaltschaft.
- <sup>24</sup> Longcore T, Rich C (2004) Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(4):191-198.
- <sup>25</sup> La luce artificiale allontana gli insetti notturni dal loro habitat naturale (*effetto aspirapolvere*). L'attrazione maggiore è esercitata da emissioni nel campo visibile dell'ultravioletto e delle onde corte. Una volta entrati nel cono di luce, gli animali diventano inattivi o svolazzano così a lungo da morire per esaurimento o almeno da perdere energia in maniera significativa. C'è anche il rischio che diventino facili prede.
- In inverno, quando le giornate si accorciano, alcuni insetti entrano in diapausa (uno stato di riposo durante lo sviluppo). Anche le basse intensità di luce artificiale notturna impediscono questo passaggio, diminuendo le possibilità dell'insetto alla sopravvivenza dell'inverno. Si è anche osservato come le falene evitano le aree illuminate e come il loro comportamento di accoppiamento sia fortemente limitato.
- Fonti: Briscoe AD, Chittka L (2001) The evolution of color vision in insects. *Ann Rev of Entomol* 46(1):471-510.

---

Eisenbeis G (2006) Artificial Night Lighting and Insects: Attraction of Insects to Streetlamps in a Rural Setting in Germany. In: Rich C, Longcore T (Hrsg) Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press 281-304.

van Geffen KG, van Grunsven RHA, van Ruijven J, van Berendse F, Veenendaal EM (2014) Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth. *Ecol Evol* 4(11):2082–2089.

van Geffen KG, van Eck E, de Boer RA, van Grunsven RHA, Salis L et al. (2015) Artificial light at night inhibits mating in a geometrid moth. *Insect Conserv and Div* 8(3):282–287.

<sup>26</sup> Negli habitat illuminati, pettirossi, merli, cinciallegre e cinciarelle iniziano con il loro cinguettio mattutino prematuramente nell'anno. Ciò comporta nidiate, ricerca di cibo e sviluppo anticipati, con un possibile effetto negativo sulla salute e l'aspettativa di vita degli animali.

Le luci artificiali impattano gli uccelli durante la migrazione. L'attrazione e il disorientamento portano a una considerevole perdita di energie e a collisioni mortali.

Fonti: Da Silva A, Valcu M, Kempenaers B (2015) Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Phil Trans R Soc B Biol Sci* 370(1667):1-9.

Haupt H, Schillemeit U (2011) Lichtenlagen bringen Zugvögel vom Kurs ab. *Natur und Landschaft* 43(6):165-170.

<sup>27</sup> La specie di pipistrello ferro di cavallo minore evita traiettorie di volo illuminate artificialmente, che venivano invece prima utilizzate. Si teme un maggior dispendio energetico dovuto a voli più lunghi verso gli habitat di caccia.

In una specie di arvicola, l'illuminazione provoca un aumento del rilascio di ormoni dello stress. In presenza di luce artificiale non si riproduce, né passa al metabolismo invernale e, di conseguenza, muore congelata.

Anche i ricci urbani evitano le zone illuminate. L'illuminazione stradale è tollerata se strutture stradali lineari forniscono orientamento per continuare a muoversi.

Fonti: Stone EL, Jones G, Harris S (2009) Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Curr Biol* 19, 1123-1127.

Zubaidat AE, Ben-Shlomo R, Haim A (2007) Thermoregulatory and endocrine responses to light pulses in short-day acclimated social voles (*Microtus socialis*). *Chronobiol Int* 24(2):269-288.

Schroer S, Weiß NS, Grubisic M, Manfrin A, von Grunsven RHA et al. (2019) Analyse der Auswirkungen künstlichen Lichts auf die Biodiversität. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 168. Bundesamt für Naturschutz Bonn (Ed.).

<sup>28</sup> I rospi comuni preferiscono i passaggi bui durante la loro migrazione verso i luoghi di riproduzione e reagiscono all'illuminazione come di fronte a una barriera.

Fonte: van Grunsven RHA, Creemers R, Joosten K, Donners M, Veenendaal EM (2017) Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle. *Amph-Rept* 38(1):49-55.

<sup>29</sup> I giovani salmoni sono attratti da luci rosse con intensità luminose inferiori a 1 lx. Per aironi e pesci predatori, i giovani esemplari diventano facili prede.

Fonte: <https://www.knkx.org/post/light-pollution-identified-potential-issue-threatened-puget-sound-chinook-salmon>, consultato il 1 febbraio 2021.

<sup>30</sup> Con il favore della notte, i microrganismi nuotano verso la superficie dell'acqua per nutrirsi di alghe. Durante il giorno troviamo lo zooplancton negli strati di acqua più profondi. La risalita notturna viene bloccata anche solo dalla luminosità emanata dalle città. Ciò può disturbare la catena alimentare nelle acque e portare a eutrofizzazione.

Fonte: Moore M, Pierce SM, Walsh HM, Kvalvik SK, Lim JD (2000) Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh Internat Verein Limnol* 27(1-4):779-782.

<sup>31</sup> La luce artificiale notturna sopprime la formazione dei fiori e anche la capacità di fotosintesi può indebolirsi, probabilmente perché le cellule non hanno il tempo di rigenerarsi.

Nelle aree illuminate artificialmente, le gemme degli alberi si aprono oltre una settimana in anticipo rispetto alle aree caratterizzate da una luminosità naturale del cielo. L'effetto delle isole di calore urbane è stato preso in considerazione e sottratto. Il germogliamento precoce può portare a danni da gelo e a un generale indebolimento delle piante.

---

Fonti: Bennie J, Davies TW, Cruse D, Inger R, Gaston KJ (2015) Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Phil Trans R Soc B* 370:20140131.

Kwak MJ, Je SM, Cheng HC, Seo SM, Park JH et al. (2018) Night Light-Adaptation Strategies for Photosynthetic Apparatus in Yellow-Poplar (*Liriodendron tulipifera*) Exposed to Artificial Night Lighting. *Forests* 9(2):74.

French-Constant RH, Somers-Yeates R, Bennie J, Economou T, Hodgson D et al. (2016) Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proc R Soc B* 283:20160813.

<sup>32</sup> Persino durante il giorno, negli habitat illuminati dai lampioni stradali, si contano più invertebrati predatori e spazzini che nei luoghi bui utilizzati per fare il paragone.

Fonte: Davies TW, Bennie J, Gaston KJ (2012) Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biol Lett* 8(5):764-7.

<sup>33</sup> L'illuminazione riduce anche il numero degli impollinatori notturni e, di conseguenza, si contano meno frutti per pianta.

Fonte: Knop E, Zoller L, Ryser R, Gerpe C, Hörler M et al. (2017) Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548:206-209.

<sup>34</sup> Krop-Benesch A. (2019): Licht aus!?! Lichtverschmutzung. Die unterschätzte Gefahr. Rowohlt Verlag, Hamburg.

<sup>35</sup> Hölker F, Moss T, Griefahn B et al. (2010) The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light. *Ecol Soc* 15(4):13.

<sup>36</sup> Huemer P (2009) Potentielle Auswirkungen der Beleuchtung des Nachtschibetriebes in Söll-Hochsöll auf nachtaktive Insekten. Studie der Tiroler Umweltschutzgesellschaft und der Berg- und Skilift Hochsöll.

<sup>37</sup> Wöbse HH (2001) Licht – ein Thema des Landschaftsbildes. In: Böttcher M (2001) Auswirkungen von Fremdlicht auf die Fauna im Rahmen von Eingriffen in Natur und Landschaft. Analyse, Inhalte, Defizite und Lösungsmöglichkeiten. BfN 67. Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg (Ed.).

<sup>38</sup> Spillmann T (2002) LED – die neue Lichtquelle: Nahezu wartungsfreie Beleuchtung: Lichterzeugung im Rekombinationsprozess. *Technik am Bau* 4:83-86.

<sup>39</sup> Posch T (2010) Licht im Wandel der Zeiten. In: Posch T, Freyhoff A, Uhlmann T (Ed.). Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag.

<sup>40</sup> Hartley D, Jurgens C, Zlatoff E (2009) Life Cycle Assessment of Streetlight Technologies. Mascaro Center for Sustainable Innovation, University of Pittsburgh.

Abdul Hadi S., Al Kaabi MR, Al Ali MO, Arafat HA (2013) Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of streetlight technologies for minor roads in United Arab Emirates. *Energy for Sustainable Development* 17(5):438-450.

<sup>41</sup> Wagner E, Kerschner F, Donat M (2015) Lichtverschmutzung – Rechtliche Grundlagen und Vorschläge für eine Neuregelung (Inquinamento luminoso – Basi giuridiche e proposte per una nuova regolamentazione). Collana di pubblicazioni Umweltrecht und Umwelttechnikrecht 6, edizioni Trauner Verlag, JKU Linz. Studio commissionato dell'Avvocatura per la protezione ambientale (Umweltschutzgesellschaft) dell'Alta Austria.

<sup>42</sup> Bierbaum H, Donat M, Doppler W, Juhasz P, Heilig P et al. (2018) Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört (Manuale austriaco per l'illuminazione esterna – Luce utile più che dannosa). Uffici degli stati federali austriaci e magistratura della città di Vienna (Ed.).

<sup>43</sup> Donatello S, Quintero RR, Caldas MG, Wolf O, van Tichelen P et al. (2019) Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and traffic signals. Publications Office of the European Union Luxembourg, EUR 29631 EN.

<sup>44</sup> RVS 05.06.11 Effetti di disturbo visivo - Criteri per l'ubicazione dei supporti informativi (dicembre 2011).

RVS 05.06.12 Supporti informativi visivi per scopi non stradali (dicembre 2019).

---

<sup>45</sup> ÖNORM EN 13201 parte 2-5 (parte 2 caratteristiche di qualità, parte 3 calcolo delle caratteristiche di qualità, parte 4 metodi per misurare le caratteristiche di qualità degli impianti di illuminazione stradale, parte 5 indicatori di efficienza energetica).

ÖNORM EN 12193 Luce e illuminazione - Illuminazione di impianti sportivi (2019-06-15).

<sup>46</sup> I dispositivi di comando per lampade LED con CLO (Constant Lumen Output) sono utilizzati per contrastare la diminuzione del flusso luminoso dell'impianto dovuta all'invecchiamento e per non superare o scendere al di sotto dei valori di manutenzione previsti dalla norma. Formula: Fattore di mantenimento = nuovo valore mediante CLO durante la vita utile. Poiché il flusso luminoso richiesto della lampada può essere mantenuto costante per tutta la sua durata, gli alimentatori CLO contribuiscono in modo significativo alla riduzione dell'inquinamento luminoso e del consumo energetico. Per questi motivi, i dispositivi di comando con controllo CLO sono elementi importanti del sistema di illuminazione.