

Fabio Falchi

ISTIL - Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso

Inquinamento luminoso: un problema globale

Introduzione

L'inquinamento luminoso è una vera e propria forma di inquinamento ambientale che sta crescendo esponenzialmente da alcuni decenni. Una sua definizione corretta è: alterazione ad opera dell'uomo dei livelli di luce naturale presenti nell'ambiente notturno.

Anche se la luce ha solitamente un'immagine positiva, questo non significa che un suo uso a sproposito e quando dovrebbe esserci il buio non provochi serie conseguenze. La vita si è evoluta nel corso di miliardi di anni con l'alternanza del giorno e della notte. Quando questa alternanza viene meno, ottenendo quello che potrebbe essere chiamato il dì di 24 ore, i danni all'ambiente e all'uomo cominciano a manifestarsi seriamente.

I primi ad accorgersi del problema sono stati gli astronomi professionisti e dilettanti che si sono visti rubare uno dei più grandi spettacoli della Natura, forse il più grande e sicuramente quello che era più universale, osservabile da qualsiasi angolo del pianeta: il cielo stellato (fig. 1). Quella dovuta alla sparizione del cielo stellato è una perdita culturale senza precedenti: i giovani d'oggi non hanno la possibilità di godere della vista di quella che da sempre è stata una delle principali fonti di ispirazione per la Scienza e la cultura in genere.

Gli astronomi professionisti tentano di porre rimedio al problema trasferendo i loro grandi strumenti in alcuni tra i luoghi più remoti della Terra o in lanciando costosissimi telescopi spaziali. Tutti gli altri invece non possono più godere della bellezza del cielo, se



Figura 1. Il cielo stellato, impreziosito dalla cometa Hale-Bopp (foto dell'autore).

non sottoponendosi a veri e propri viaggi alla ricerca degli ultimi cieli discretamente bui. Abitando al centro della Val Padana, ad esempio, i siti relativamente bui, ma certamente non incontaminati, distano almeno 4-5 ore di auto.

L'inquinamento luminoso, a differenza di molti altri (nucleare, chimico ecc.), sarebbe in teoria immediatamente annullabile, spegnendo tutte le luci notturne. Questo per ora non risulta socialmente ammissibile sostanzialmente perché l'uomo ha un'ancestrale paura del buio che viene mascherata da più o meno reali esigenze. Una tra le più inflazionate è quella della sicurezza. È opinione comune che la luce serva da deterrente contro la criminalità, ma questo non significa che sia vero. Un tempo era opinione comune che la Terra fosse piatta, non per questo lo era realmente! Nessuno studio serio ed indipendente ha mai dimostrato che l'aumento dell'illuminazione porti ad una diminuzione della criminalità [1-3], sembrerebbe addirittura vero il contrario (Fig. 2).

Danni provocati dall'inquinamento luminoso

Sono ben dimostrati, al contrario dei benefici, alcuni dei danni che l'inquinamento luminoso infligge all'ambiente e all'uomo [4-6]. Tra questi:

- Alterazione dell'attività fotosintetica nelle piante;
- Difficoltà di orientamento (es. uccelli migratori, falene, tartarughe, anfibi);
- Modifiche nelle abitudini di predazione, foraggiamento e accoppiamento degli animali notturni;
- Modifiche nella catena alimentare degli ecosistemi esposti ad inquinamento luminoso;
- Tutto questo porta alla morte di singoli esemplari e al pericolo di estinzione locale e globale delle specie coinvolte;
- Immissione non necessaria in atmosfera di gas serra: ogni lampada da 150 W, che per funzionare ha bisogno di energia prodotta in gran parte mediante consumo di combustibili fossili, immette in atmosfera tanto biossido di carbonio quanto ne assorbono crescendo circa 15 alberi a medio fusto;
- Alterazione dei ritmi circadiani di animali e uomo;
- Spreco energetico per illuminare dove e quando non strettamente necessario;
- Danno alla cultura, sia umanistica che scientifica: l'uomo, fin dall'antichità, ha osservato il cielo traendone fonte di ispirazione scientifica, filosofica, poetica e religiosa. Fonte che si sta inesorabilmente esaurendo;
- Danno economico: in Italia vengono annualmente spesi circa un miliardo di euro per l'illuminazione esterna. Almeno la metà potrebbe essere risparmiata.
- Danni alla salute dell'uomo.

Gli effetti dell'inquinamento luminoso sulla nostra salute derivano principalmente dall'alterazione dei ritmi circadiani dovuti all'esposizione alla luce durante le ore notturne. Queste alterazioni possono provocare vari effetti, come disturbi del sonno e della veglia e disordini metabolici. La melatonina è fondamentale nel regolare i ritmi circadiani e l'esposizione alla luce ne sopprime o ne diminuisce la produzione. Il picco di efficacia nel sopprimere la produzione di melatonina si ha nel blu, attorno a 460 nm, come si vede in figura 3 (cortesia International Dark-Sky Association).

La melatonina è anche un oncostatico e di conseguenza abbassarne il livello nel sangue può far accelerare la crescita di alcuni tipi di cancro [7-9]. Alle conseguenze dirette do-

Ladri accendono la luce del piazzale, caricano la refertiva e fuggono

BORGOMANERO

I ladri entrano in un deposito di raccolta di metalli, accendono l'illuminazione del piazzale e mettono in moto i mezzi di caricamento, poi se la svignano con un bottino che ammonta a diverse decine di milioni di lire. Il colpo è stato messo a segno in una ditta di via Prazzole, ed ha suscitato la reazione del Sindacato Italiano Lavoratori di Polizia, intervenuto con un comunicato sugli ultimi episodi di microcriminalità avvenuti nella zona.

Figura 2. Da La Stampa (pagina di Novara il 26-4-2000).

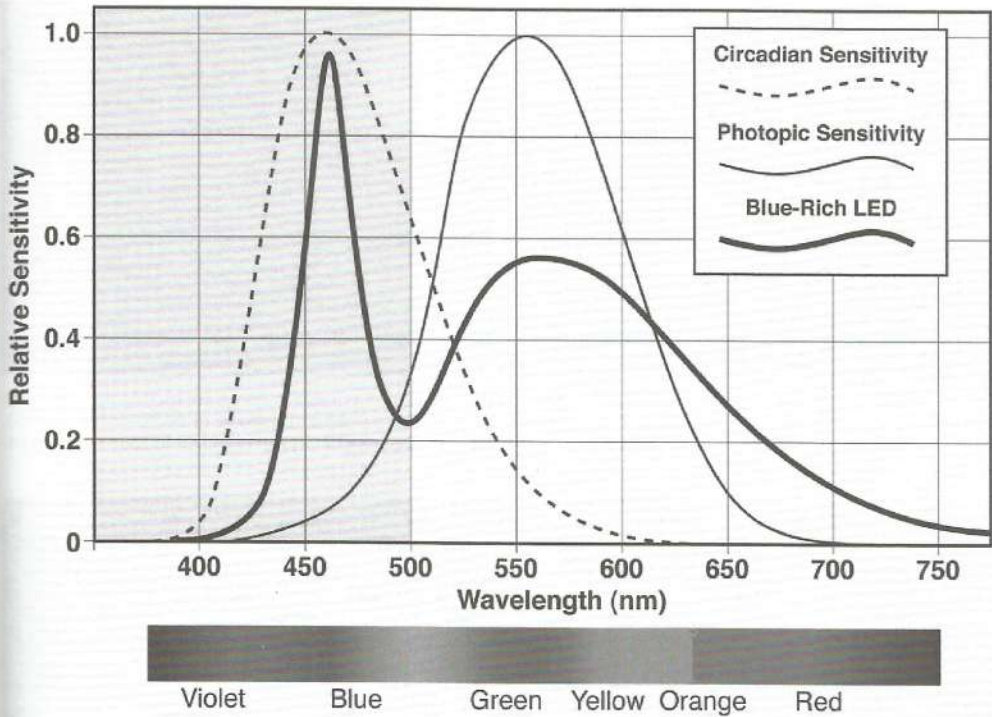


Figura 3. Nella figura, tratta dal comunicato stampa dell'International Dark-Sky Association (http://docs.darksky.org/PR/PR_Blue_White_Light.pdf) si vede come il picco di emissione nel blu dei LED usati per illuminazione esterna coincida proprio con la sensibilità massima del nostro corpo ('circadian sensitivity'). È evidente quindi che l'uso dei LED di questo tipo va regolato.

vute alle basse concentrazioni di melatonina nel sangue si sommano anche altri effetti dovuti a disordini del sonno o alla sua privazione come diabete, obesità ed altri [6,10].

Come può la luce artificiale, essendo così debole rispetto a quella solare, avere effetti così grandi sulla fisiologia dell'uomo e degli animali? Il problema è che la luce artificiale è sì molto più debole di quella solare, ma è anche centinaia di migliaia di volte più intensa di quella che si avrebbe di notte, in un ambiente naturale. Per la maggior parte del tempo notturno l'illuminamento dovuto alle sorgenti naturali di luce è di circa un decimillesimo di lux (o meno, quando il cielo è coperto). Solo nelle notti centrate attorno alla Luna piena si possono avere illuminamenti fino a circa 0,3 lux.

Le soluzioni

Analizzando in dettaglio la luminanza artificiale del cielo si trova che essa è dovuta principalmente alle emissioni dirette verso l'alto provenienti dagli apparecchi di illuminazione e, in secondo luogo, alla luce riflessa dalle superfici illuminate (strade, piazze, edifici ecc.). L'importanza preponderante delle emissioni dirette è stata ampiamente dimostrata [11-14] e per questo le migliori leggi contro l'inquinamento luminoso impongono l'uso di apparecchi completamente schermati.

Esempi di installazioni altamente inquinanti e fuorilegge non mancano nemmeno dove leggi contro l'inquinamento luminoso sono in vigore da anni, come si può vedere in figura 5, proprio di fronte alla sede del Congresso di Mantova e in figura 6.

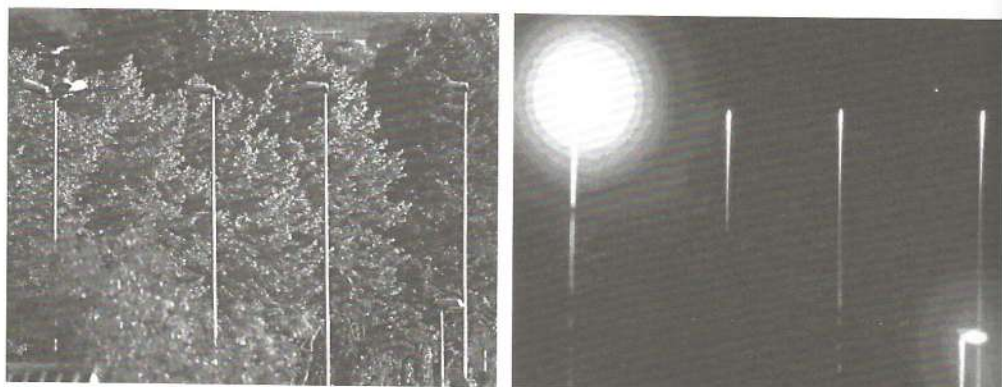


Figura 4. Apparecchi completamente schermati (i tre al centro e in alto a destra); con errata inclinazione (in alto a sinistra) e a vetro curvo non schermati (in basso a destra) di giorno (foto a sinistra) e di notte (foto a destra). I soli che non emettono luce direttamente verso l'alto sono i tre apparecchi completamente schermati e con inclinazione nulla rispetto all'orizzonte.



Figura 5. Nuove installazioni in Largo Pradella a Mantova.

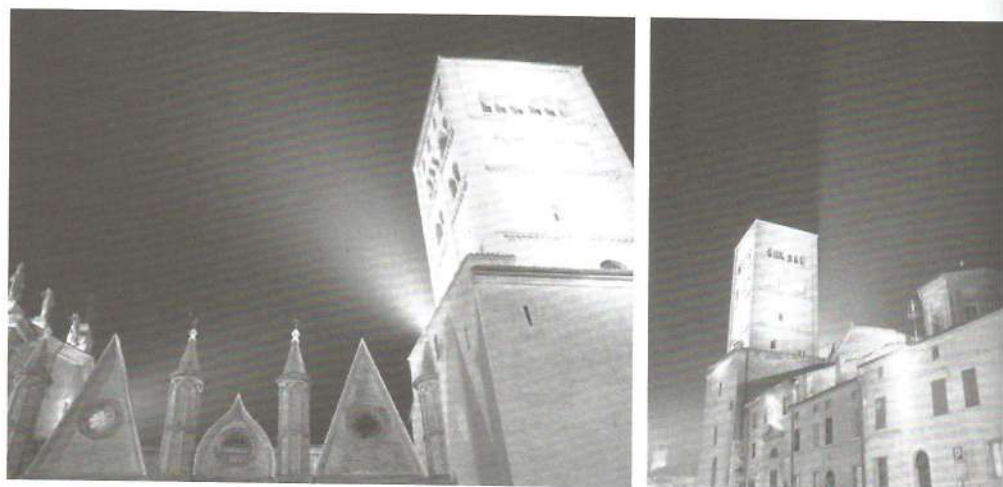


Figura 6. Proiettori per l'illuminazione dei monumenti che illuminano oltre le sagome degli edifici (Mantova).

Per quanto riguarda il tipo di lampade da impiegare per rendere minimo l'impatto ambientale è necessario orientarsi verso quelle con la massima efficienza e le minori emissioni nel blu: le lampade al sodio ad alta e bassa pressione. Ultimamente, purtroppo, sta prendendo piede la moda di utilizzare ovunque lampade agli alogenuri (o ioduri) metallici o

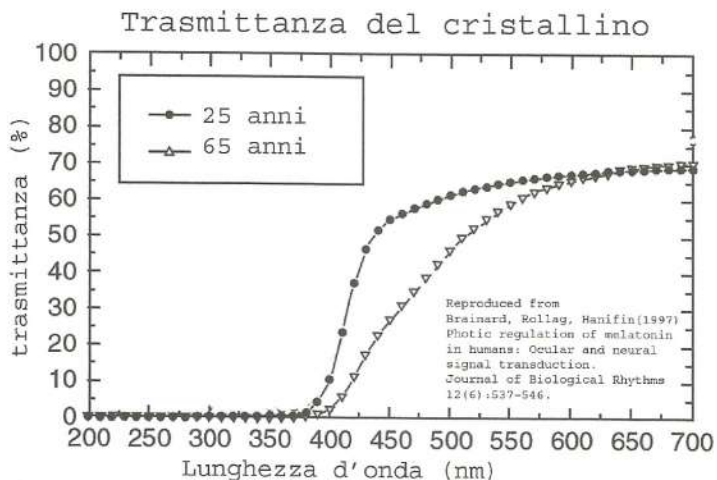


Figura 7. Trasmittanza della luce nel cristallino umano in funzione della lunghezza d'onda (da Brainard, Rollag, Hanifin, 1997, J. Biol. Rhythms).

LED a luce bianca. Queste sorgenti emettono una luce ad ampio spettro, bianchissima, che inquina tutte le bande spettrali ed in particolare emettono molta luce blu che, come visto, causa la soppressione della produzione notturna della melatonina.

L'uso di queste lampade ad ampio spettro (invece di quelle al sodio con picco di emissione a 590 nm) potrebbe rendere le strade meno sicure per i guidatori oltre i 60 anni di età, come si può ben capire confrontando le curve di trasmissione della luce attraverso il cristallino mostrate in figura 7.

L'inquinamento luminoso inteso come luminanza artificiale del cielo si propaga, nelle notti limpide, a centinaia di chilometri dalle sorgenti. Questo comporta un cospicuo 'effetto somma' di tutte le sorgenti nel provocare l'aumento della luminosità del cielo in un sito. Non è quindi più possibile allontanarsi di qualche decina di chilometri dalle città per poter tornare a godere di un cielo incontaminato. Le mappe pubblicate dal gruppo di ricerca di Pierantonio Cinzano, di cui l'autore fa parte, mostrano come l'inquinamento luminoso permei gran parte dei territori dei paesi più sviluppati [15]. La mappa di fig. 8 evidenzia come l'Italia abbia ormai ben poche zone relativamente poco inquinate (alcune zone della Sardegna, della Toscana e della Calabria).



Figura 8. Luminanza artificiale allo zenit espressa in rapporto a quella naturale (Cinzano, Falchi, Elvidge 2001).

In tabella 1 sono riportate alcune statistiche che indicano come, ad esempio, circa la metà degli europei viva sotto un cielo talmente inquinato da nascondere la Via Lattea.

Per porre un argine efficace nel limitare l'inquinamento luminoso è necessario adottare provvedimenti legislativi seri, che basino i loro provvedimenti sulle evidenze scientifiche e non sugli interessi di qualche singola parte. Una legge dovrebbe:

- eliminare totalmente le emissioni dirette verso l'alto degli apparecchi (0 cd/klm a 90° e oltre)

Brillanza del cielo				
Nazione	> 0.11	> Bn	> 27	> B mw
Giappone	100	96	27	73
Russia	87	73	8	44
U.S.A.	99	93	30	71
Europa (E.U.)	99	90	8	51
Mondo	62	43	6	21

Tabella 1. Percentuale della popolazione che vive sotto un cielo con luminanza artificiale maggiore di 0,11 (limite di un cielo inquinato) volte, 1 volta (Bn), 27 volte e dove l'inquinamento luminoso non permette più di osservare la Via Lattea (Bmw). (Cinzano, Falchi, Elvidge 2001).

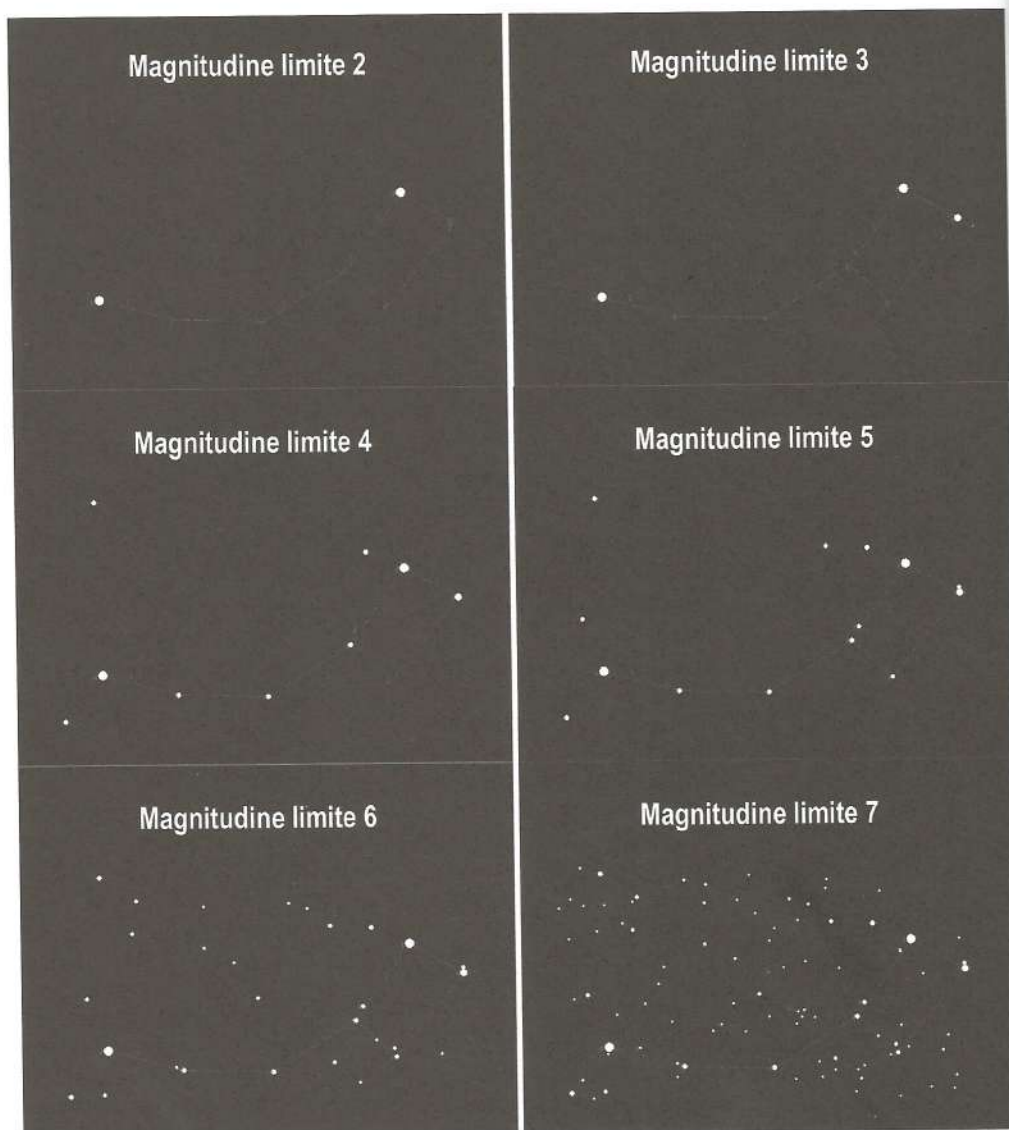


Figura 9. La costellazione dell'Orsa Minore come appare osservata da siti con magnitudine limite diversa. Da una grande città si osserveranno solo due o tre stelle, mentre da zone incontaminate le stelle sono decine e decine.

- limitare i livelli di luminanza ed illuminamento
- limitare gli orari di accensione ai periodi effettivamente sfruttati
- limitare la crescita del flusso luminoso installato (per bloccarla dopo qualche anno)

Tra le leggi che più proteggono l'ambiente notturno attualmente in vigore in Italia possiamo citare quelle delle regioni Lombardia, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Abruzzo, Umbria, Friuli-Venezia-Giulia, Liguria, Puglia e Veneto.

Proposta osservativa

Per valutare gli effetti che l'inquinamento luminoso ha sul cielo possiamo usare semplicemente i nostri occhi, senza alcuno strumento. In pratica dovremo trovare la cosiddetta magnitudine limite, cioè la magnitudine della stella più debole visibile. Come è noto, la scala delle magnitudini, introdotta da Ipparco e affinata nel XIX secolo, pone a magnitudine zero le stelle più luminose (Vega è di magnitudine 0, Sirio, ancora più luminosa ha una magnitudine negativa: -1,4) e a magnitudine 6 quelle più deboli. In realtà l'occhio umano arriva a percepire stelle di magnitudine 7 e oltre, se in condizioni adatte (alta trasparenza atmosferica, osservatore esperto, cielo non inquinato).

Il metodo che qui suggerisco consiste nel cercare in cielo la costellazione dell'Orsa Minore (Piccolo Carro). L'estremità del timone del carro, la Stella Polare, è facilmente individuabile perché è perfettamente (meno di un grado) a nord e ha un'altezza sopra l'orizzonte pari alla latitudine di osservazione. In pratica, per chi osserva dal nord Italia si trova praticamente a metà tra lo zenit e l'orizzonte. Osservando dal sud Italia la Polare sarà qualche grado più bassa sopra l'orizzonte.

L'aspetto della costellazione varia notevolmente in dipendenza del numero di stelle visibile, cioè dalla magnitudine limite, come mostrato in figura 9. Da una metropoli non saranno visibili che due o tre stelle, quindi, di fatto, l'asterisma del Piccolo Carro risulterà invisibile. Dall'aperta campagna della pianura padana, ad esempio, saremo in una situazione simile a quella mostrata con magnitudine limite 5. La magnitudine 7 o più è riservata a siti praticamente incontaminati.

Le osservazioni effettuate possono essere raccolte in un ampio database in questo sito: <http://quantestelle.astronomy2009.at>

Nel sito stesso si possono trovare le istruzioni (in varie lingue, compreso l'italiano) per individuare l'Orsa Minore e Orione. Nei mesi centrali dell'inverno infatti il Piccolo Carro è basso sopra l'orizzonte nord (la costellazione è sotto la stella Polare), mentre Orione è



Figura 10. I risultati delle osservazioni effettuate possono essere raccolte nel sito: <http://sternhell.at/>

visibile alta verso sud e può essere preferibile nello stimare la magnitudine limite. Tutte le osservazioni raccolte dal sito vengono visualizzate su mappe come quella mostrata in figura 10. Anche il sito di Globe at Night raccoglie le osservazioni da tutto il mondo (www.globeatnight.org). Queste devono essere effettuate in una particolare finestra temporale, normalmente durante due settimane in marzo.

Come visto, lo studio dell'inquinamento luminoso ha ramificazioni in praticamente tutte le discipline, comprese quelle umanistiche. Esso, in particolare e paradossalmente, risulta adatto ad avvicinare gli studenti allo studio del cielo e dell'astronomia.

Mi piace concludere con questa frase di Seneca che si sta rivelando, almeno in parte, profetica: «**Se le stelle, anziché brillare continuamente sul nostro capo, non si potessero vedere che da un solo punto della Terra, gli uomini non cesserebbero dal recarvisi per contemplare ed ammirare le meraviglie dei Cieli.**»

Bibliografia:

- [1] Marchant PR (2004) A Demonstration that the Claim that Brighter Lighting Reduces Crime is Unfounded, *The British Journal of Criminology* 44, 441-447 <http://bjc.oupjournals.org/cgi/content/abstract/44/3/441>
- [2] Marchant PR (2005) What Works? A Critical Note on the Evaluation of Crime Reduction Initiatives, *Crime Prevention and Community Safety* 7 7-13.
- [3] CLARK, BARRY A.J., 2002, Outdoor lighting and crime, Australia 2002, <http://www.cielobuio.org/supporto/luce/luce.htm>
- [4] RICH, C and LONGCORE, T., (2004) Ecological Light Pollution, *Front. Ecol. Environ.*; 2(4): 191-198.
- [5] RICH, C and LONGCORE, T., editors, (2006) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press.
- [6] NAVARA, K., J., NELSON, R., J., (2007) The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J. Pineal Res.* 43:215-224.
- [7] BULLOUGH JD, REA MS, FIGUEIRO MG. (2006) Of mice and women: light as a circadian stimulus in breast cancer research. *Cancer Causes Control*; 17:375-383.
- [8] GLICKMAN, G., LEVIN, R., BRAINARD, G. C., (2002) Ocular Input for Human Melatonin Regulation: Relevance to Breast Cancer, *Neuroendocrinology Letters*, 23 (suppl 2):17-22.
- [9] KLOOG, I., HAIM, A., STEVENS, R.G., BARCHANA, M., PORTNOV, B.A., (2008) Light at Night Co-distributes with Incident Breast but not Lung Cancer in the Female Population of Israel, *Chronobiology International*, 25(1), 65-81.
- [10] STEVENS, R.G., BLASK, E. D., BRAINARD, C. G., HANSEN, J., LOCKLEY, S. W., et al., (2007) Meeting Report: The Role of Environmental Lighting and Circadian Disruption in Cancer and Other Diseases, *Environmental Health Perspectives*, vol. 115, n.9, p.1357-1362.
- [11] CINZANO, P. and DIAZ CASTRO, F.J., 2000, The artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux, *Memorie della S.A.It.*, vol.71, n.1, p. 251.
- [12] CINZANO, P., 2002a Light pollution by luminaries in roadway lighting, Presented at the CIE Division 4 - Meeting in Torino 28 Sep/2 Oct 2002 <http://www.cielobuio.org/supporto/luce/luce.htm>
- [13] CINZANO, P., 2002 b, Intensità luminosa di una superficie stradale per unità di flusso luminoso installato, agli angoli gamma per cui risulta più inquinante, *ControLuce 2002*, <http://www.cielobuio.org/supporto/luce/luce.htm>.
- [14] LUGINBUHL, C.B., WALKER, C.E., WAINSCOAT, R.J., *Lighting and astronomy*, *Physics Today*, December 2009, 32-37.
- [15] CINZANO, P., FALCHI, F., ELVIDGE, C.D., The first world atlas of artificial sky brightness, *Monthly Notices of the British Astronomical Society*, 328, 689-707, 2001.

Sitografia:

www.cielobuio.org
www.inquinamentoluminoso.it
www.istil.it
<http://sternhell.at/>
<http://quantestelle.astronomy2009.at>
www.globeatnight.org