

# Il monitoraggio dell'inquinamento luminoso a sud delle Alpi

12 ottobre 2011

**Stefano Klett**

Dark-Sky Switzerland  
Sezione Ticino

**Marco Steiger**

Osservatorio ambientale della Svizzera italiana  
Sezione protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo  
Dipartimento del territorio, Cantone Ticino

## 1 Introduzione

L'illuminazione artificiale degli ambienti esterni è ormai parte integrante del nostro modo di vivere, purtroppo le crescenti emissioni luminose sono accompagnate anche da effetti negativi. Infatti, gli impianti di illuminazione sovradimensionati disperdono una gran parte di luce nell'ambiente causando inquinamento luminoso con ripercussioni culturali e ambientali che pesano sull'uomo, sul paesaggio, sulla flora e sulla fauna. I suoi effetti spaziano dalla privazione del cielo stellato, allo spreco energetico e all'alterazione degli ecosistemi [1][2].

Grazie alla collaborazione tra Dark-Sky Switzerland Sezione Ticino [2], la Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo del Cantone Ticino (SPAAS) [1] e alcuni osservatori astronomici ticinesi [3][4], è stato possibile creare nel corso del 2010 una rete fissa di misura della brillantezza del cielo per monitorare l'inquinamento luminoso e la sua evoluzione sul territorio cantonale. A questo proposito si è posata una rete di sonde che sono in grado di rilevare in modo istantaneo la brillantezza del cielo. Sono stati scelti come punti fissi alcune stazioni di analisi dell'aria presenti nelle zone urbane e, per completare la copertura del territorio nelle zone più discoste, alcuni osservatori astronomici che si sono gentilmente messi a disposizione.

## 2 Le sonde

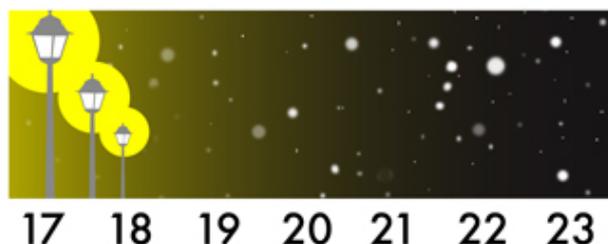
Le sonde utilizzate sono gli “Sky Quality Meter” (SQM), prodotti dalla ditta canadese Unihedron [5]. Effettuare misure di brillantezza del cielo con questo tipo d’apparecchio risulta molto più semplice e meno costoso rispetto ai metodi convenzionali (telescopio, sensore CCD e PC) [6], pur mantenendo una buona precisione [5].

L’SQM contiene un fotodiode, che permette di determinare in modo istantaneo la brillantezza del cielo. Una mini ottica presente nell’apparecchio limita la parte di cielo che viene presa in considerazione per la misura a un cono dall’apertura di circa  $10^\circ$  (ciononostante anche fonti di luce che incidono direttamente sull’ottica con un angolo maggiore possono influenzare le misure). Di norma la zona di cielo presa in considerazione per la misura è quella intorno allo zenit, ovvero il punto più lontano dall’orizzonte e, di solito, anche dalle fonti di luce.

L’SQM misura la brillantezza del cielo in magnitudine per secondo d’arco al quadrato ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ )<sup>1</sup>. La magnitudine è espressa in scala logaritmica, questo significa che già una piccola differenza numerica comporta una notevole differenza di luminosità  $\Delta L$ . Più precisamente:  $\Delta L = 100^{\frac{1}{5}m}$ , dove  $m$  è la magnitudine. Quindi una brillantezza di  $5.0 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$  in meno corrisponde ad una luminosità 100 volte maggiore.

## 3 Brillantezza e numero di stelle visibili

Di notte i valori della brillantezza misurati possono variare da circa 16 a  $23 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$ ; il primo valore esprime un cielo con luna piena o fortemente inquinato da fonti di luce artificiale, mentre il secondo un cielo perfettamente buio (Figura 1). Il limite superiore è dato dalla naturale variazione del riverbero notturno e dalla brillantezza della luce zodiacale<sup>2</sup>.

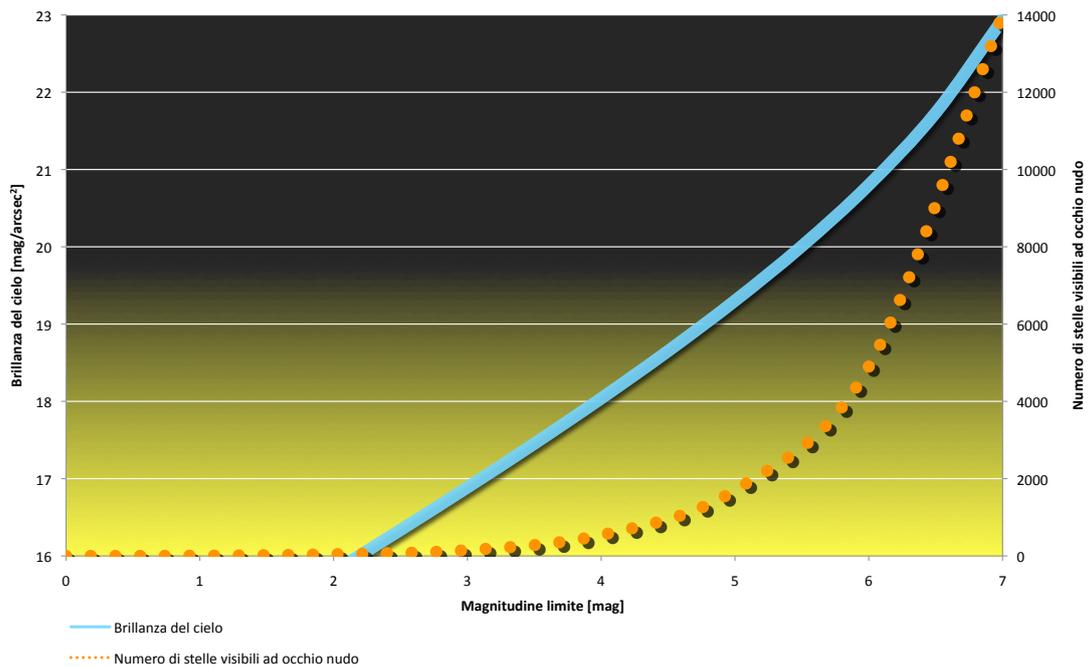


**Figura 1:** Scala della brillantezza del cielo notturno. I valori possono variare da circa 16 a  $23 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$  a dipendenza dell’inquinamento luminoso.

<sup>1</sup>La magnitudine, in questo caso si tratta della magnitudine apparente, è una misura della luminosità di un oggetto celeste rilevabile dal punto d’osservazione (indipendentemente dalla distanza dell’oggetto).  $\text{mag}/\text{arcsec}^2$  esprime la brillantezza (in magnitudini) di un’area di cielo pari ad un secondo d’arco al quadrato. Un secondo d’arco, o *arcsec*, corrisponde a  $1/3600$  di grado. Si noti che ad un cielo luminoso corrisponde una magnitudine/brillantezza bassa, mentre un cielo buio presenta un valore alto (Figura 1).

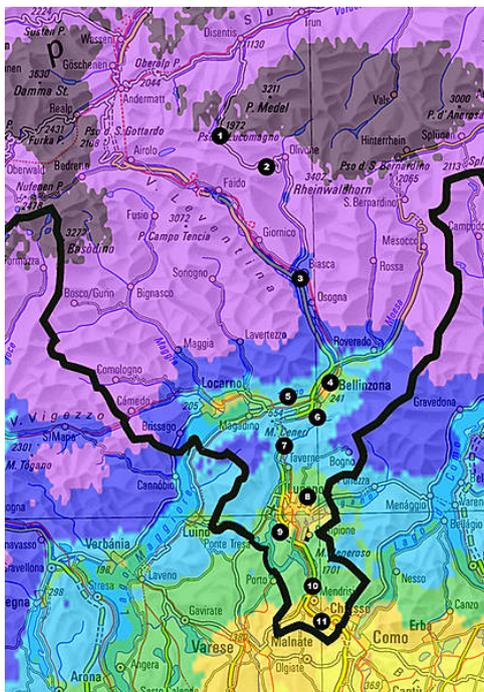
<sup>2</sup>La luce zodiacale è una debole luminosità che appare lungo l’eclittica, in particolare nelle vicinanze del Sole. Si tratta della riflessione della luce solare da parte delle particelle di polvere presenti sul piano del sistema solare. (Fonte: [http://it.wikipedia.org/wiki/Luce\\_zodiacale](http://it.wikipedia.org/wiki/Luce_zodiacale))

L'inquinamento luminoso ha anche un effetto sulla visibilità delle stelle. La figura 2 riporta il numero di stelle visibili ad occhio nudo in funzione della loro magnitudine apparente e della brillantezza del cielo. La magnitudine apparente della stella più debole presente nel campo visivo dell'osservatore è anche chiamata magnitudine limite. L'occhio umano è in grado di distinguere, in condizioni atmosferiche perfette, stelle fino a magnitudine 6-7. In queste condizioni siamo quindi in grado di distinguere a occhio nudo circa 7000 stelle, mentre in condizioni avverse il numero di stelle a noi visibili si riduce a poche decine.



**Figura 2:** Relazione tra brillantezza del cielo e visibilità delle stelle [7] [8]. La brillantezza del cielo ha un effetto negativo sulla visibilità delle stelle; se con un cielo buio ( $23 \text{ mag/arcsec}^2$ ) riusciamo a scorgere stelle fino a magnitudine 6-7, con un cielo fortemente inquinato ( $16 \text{ mag/arcsec}^2$ ) l'occhio umano è invece in grado di distinguere soltanto stelle con magnitudine inferiore a 2. Dunque, il massimo numero di stelle a noi visibili senza l'ausilio di strumenti si aggira attorno a 7000, mentre con un cielo inquinato questo numero si riduce a un paio di decine soltanto.

Nel caso del territorio cantonale, in base alla campagna di misure effettuate nel 2006 da Dark-Sky Switzerland Sezione Ticino, i valori variano, per un cielo limpido privo di luna, da 18.50 mag/arcsec<sup>2</sup> a Chiasso a 21.45 mag/arcsec<sup>2</sup> sul passo del Lucomagno (Figura 3). Trattandosi appunto di una scala logaritmica significa che il cielo di Chiasso risulta essere circa 15 volte più luminoso di quello del Lucomagno.



**Figura 3:** Inquinamento luminoso nel Canton Ticino. I colori chiari indicano un forte, quelli scuri un debole inquinamento luminoso. Ogni salto di colore corrisponde ad una riduzione della magnitudine limite delle stelle di 0.2. Si ha un dimezzamento delle stelle visibili ogni 0.6 magnitudini perse (Figura 2). I punti numerati rappresentano i luoghi dove Dark-Sky Switzerland Sezione Ticino ha effettuato misure di brillantezza del cielo tramite un'ottica "fish-eye" (Obiettivo fotografico grandangolare che abbraccia un angolo di campo non minore di 180°).

## 4 Raccolta e consultazione dei dati online

L'archiviazione dei dati raccolti dalle sonde è garantita dalla banca dati dell'Osservatorio ambientale della Svizzera italiana (OASI) [9]. Le sonde sono in rete, misurano e inviano un valore ogni trenta minuti. A tale scopo è stata sviluppata un'interfaccia software in grado di ricevere i dati nel formato utilizzato dalle singole sonde e di archivarli nella banca dati centrale. Per la gestione dei dati (controllo, validazione, confronto, ecc.) si fa capo ad un applicativo di gestione e visualizzazione. La pubblicazione dei rilevamenti avviene in tempo reale sul sito internet dell'OASI [9], come per diversi altri valori ambientali.

## 5 Interpretazione dei dati

I valori misurati dalle singole sonde sono influenzati da una moltitudine di fattori ambientali, quali la presenza della luna o del sole, la nuvolosità e la foschia, oppure la presenza di neve sulla sonda. Vi possono essere anche influssi di origine antropica di vario genere. Il singolo dato va quindi interpretato in modo corretto, selezionando i dati in base alle condizioni presenti all'istante della

misura. Sono da considerare solo valori rilevati nelle notti serene, senza turbolenze atmosferiche e prive di luna. Qui di seguito sono elencate possibili procedure da applicare a tal fine.

**Zone urbane** Per le sonde stazionate nelle regioni urbane, si può far capo ai valori massimi ottenuti in un determinato lasso di tempo. Infatti, in caso di nuvolosità, il valore registrato dalla sonda risulta essere più basso (più luminosità) in quanto le nubi riflettono l'illuminazione urbana. Il rischio che una fonte di luce influenzi direttamente la sonda è molto alto in una zona abitata.

**Zone discoste** L'illuminazione urbana non è in grado di raggiungere le nubi ad alta quota. In caso di nuvolosità risultano dunque dei valori misurati più alti (più buio) rispetto a quelli misurati in una notte serena, in cui la brillantezza è causata principalmente dalla luce zodiacale.

Questo rapporto si limita ad una prima analisi che considera solo stazioni in zone urbane, e di queste solo i valori massimi registrati per i singoli giorni e mesi.

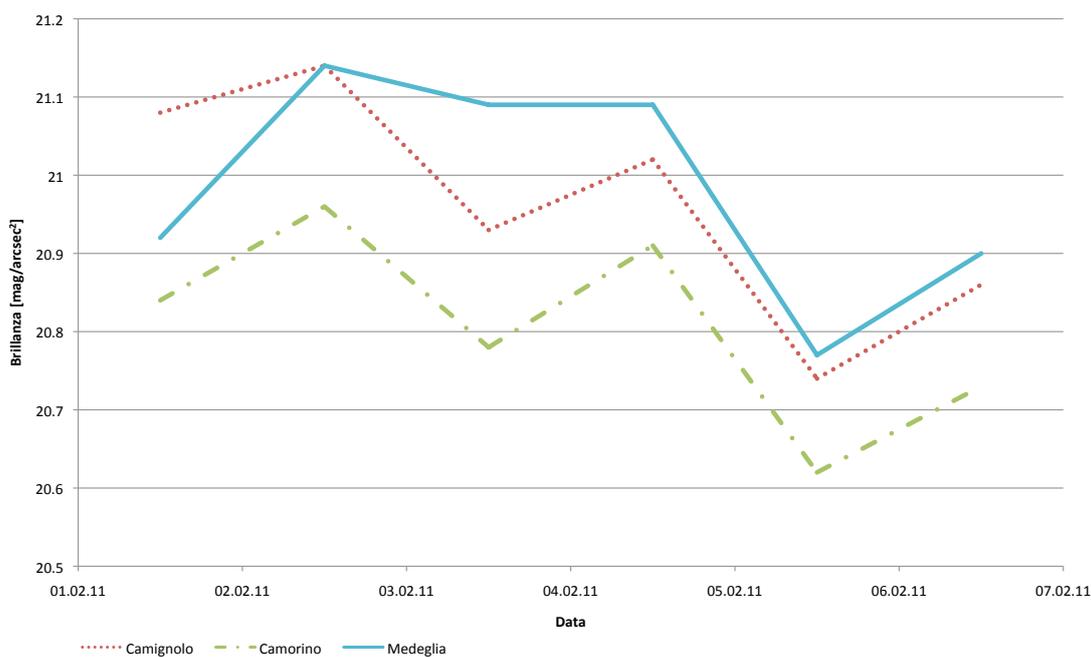
## 6 Primi risultati

La figura 4 mostra i valori massimi mensili, in tre diverse località, per un lasso di tempo di oltre un anno. Vengono dunque prese in considerazione solo le notti più limpide, con meno turbolenze atmosferiche e in assenza di luna e così escluse possibili fonti inquinanti. È comunque ancora troppo presto per trarre conclusioni sull'evoluzione temporale dei dati.



**Figura 4:** I valori massimi mensili della brillantezza misurata a Camignolo, Camorino e Locarno.

Nell'immagine 5 è invece rappresentato un periodo più breve, di alcuni giorni soltanto, ma le misure vengono riportate giornalmente. Il valore indicato corrisponde in questo caso al valore massimo registrato in un singolo giorno. La misura del 2 febbraio 2011 rappresenta per Camignolo, Camorino e Medeglia il valore massimo, ovvero la notte più buia registrata dall'inizio delle misure. I valori sono riportati nella tabella 1.

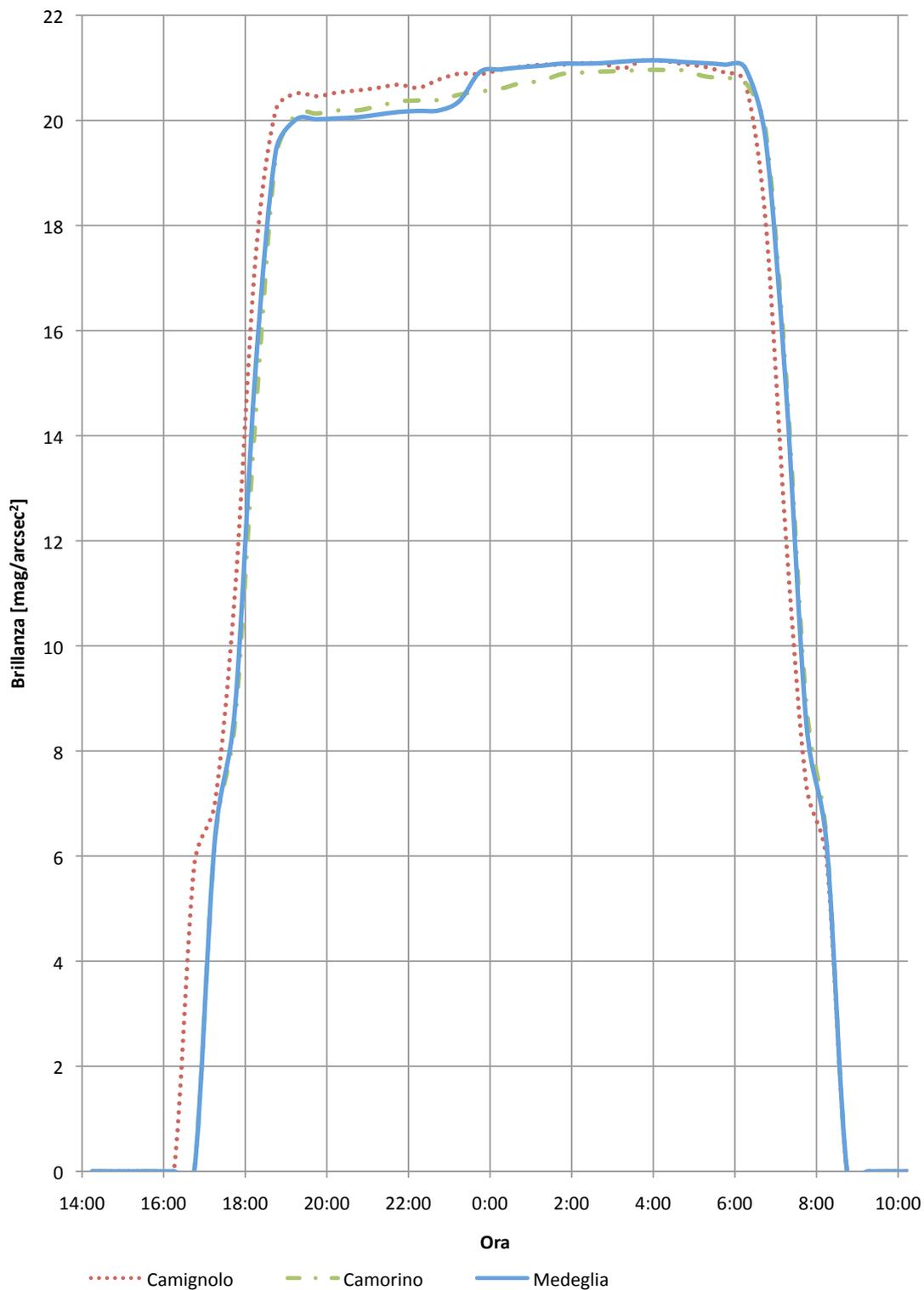


**Figura 5:** I valori massimi giornalieri della brillantezza misurata a Camignolo, Camorino e Medeglia. La brillantezza è determinata dal valore massimo raggiunto in una notte e quella del 2 febbraio 2011 è la più buia registrata per queste tre località dall'inizio delle misure.

**Tabella 1:** I valori della brillantezza misurata a Camignolo, Camorino e Medeglia il 2 febbraio 2011. Questi valori rappresentano il massimi valori registrati dall'inizio delle misure per i rispettivi luoghi.

Luogo	Altitudine [m s.l.m.]	Brillantezza [mag/arcsec <sup>2</sup> ]
Camignolo	449	21.14
Camorino	223	20.96
Medeglia	714	21.14

Infine, la figura 6 mostra la risoluzione temporale massima rilevata, ossia un dato ogni 30 minuti. Questa risoluzione permette di vedere alba e tramonto, ma anche gli influssi di origine antropica. L'aumento del buio durante la notte è un chiaro segno del calare dell'attività umana e della riduzione dell'illuminazione.



**Figura 6:** I valori semiorari della brillantezza misurata a Camignolo, Camorino e Medeglia. Ben visibili sono l'alba e il tramonto. Si nota un costante aumento del buio a Camignolo e Camorino, mentre a Medeglia si registra un improvviso innalzamento attorno alle 23:30. L'oscurità maggiore viene raggiunta in tutti i luoghi attorno alle 4:00 del mattino.

## 7 Sviluppi futuri

In un prossimo futuro, per migliorare la copertura del territorio, è prevista l'installazione di un'ulteriore sonda in una delle zone più buie del Ticino (Figura 3). Grazie a serie di dati sempre più lunghe, negli anni a venire, si potrà affinare l'analisi e valutare meglio l'evoluzione nel tempo dell'inquinamento luminoso.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo (SPAAS).  
<http://www.ti.ch/spaas>,  
<http://www.ti.ch/troppaluce>.
- [2] Dark-Sky Switzerland Sezione Ticino.  
<http://www.darksky.ch/ti>.
- [3] Società Astronomica Ticinese (SAT).  
<http://www.astroticino.ch>.
- [4] Associazione "Le Pleiadi".  
<http://www.lepleiadi.ch>.
- [5] Unihedron.  
<http://www.unihedron.com>,  
[http://unihedron.com/projects/darksky/sqmreport\\_v1p4.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/sqmreport_v1p4.pdf).
- [6] Pierantonio Cinzano. Misure fotometriche di brillantezza del cielo. In *Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno*. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti., Venezia, 1997.
- [7] Bradley E. Schaefer. Telescopic Limiting Magnitudes. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 102:212–229, 1990.
- [8] Daniele Gasparri. La magnitudine limite nelle osservazioni telescopiche, 2010.
- [9] Osservatorio ambientale della Svizzera italiana (OASI).  
<http://www.ti.ch/oasi>.