



La Misura Dell'Inquinamento Luminoso Nelle Osservazioni Astronomiche

Relatore
Chiar.mo Prof. Alessandro FERRERO

Tesi di Laurea di
Matteo PERSICO
Matr. Nr. 646544

Anno Accademico 2002/2003

Cos'è l'Inquinamento Luminoso?

“... ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata e, in particolar modo, se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte.”

(LR 17/00 Lombardia)

In altre parole...

**E' UNO SPRECO
INGIUSTIFICATO
DI ENERGIA!**

Le Cause...

- Emissione diretta di luce sopra l'orizzonte

è la causa principale: va eliminata!



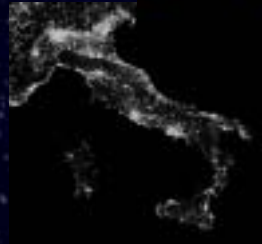
- Diffusione nel percorso tra la lampada e la superficie illuminata

dipende dalla lunghezza del percorso (va contenuta) e dalla concentrazione di aerosol nell'aria



- Riflessione dall'area illuminata

è necessaria per la visione notturna, ma deve essere la minima indispensabile



... e le Conseguenze

Sull'ambiente:

- spreco di risorse naturali
- maggiore inquinamento

Sugli esseri viventi:

- riduce l'efficienza fotosintetica nelle piante
- disorienta gli animali migratori (uccelli, tartarughe, farfalle)
- morte e rischio di estinzione per alcune specie di insetti
- causa disturbi della personalità e sbalzi d'umore nell'uomo

Sulle osservazioni astronomiche:

- disturba le osservazioni a occhio nudo
- disturba le osservazioni al telescopio

Come evitarlo

- Usare lampade al sodio, più efficienti e meno inquinanti
- Rivolgere i lampioni al terreno per impedire dispersioni di luce
- Proibire i fari diretti verso l'alto (es. discoteche)
- Spegnerne l'illuminazione di monumenti e cartelli pubblicitari quando non necessaria (es. dopo la mezzanotte)



Perché misurare l'IL?

- Localizzare e classificare le sorgenti
- Controllare l'evolversi del fenomeno nel tempo
- Verificare l'efficacia degli interventi legislativi/normativi
- Valutare i limiti imposti alle osservazioni astronomiche
- Correggere i risultati di misure fotometriche e spettroscopiche

La tecnica di misura

Misura della brillantezza del cielo

- Strumenti:
 - Telescopio
 - Sensore CCD

Un problema:

Il CCD non fornisce il valore assoluto della brillantezza del cielo, ma un numero proporzionale alla quantità di fotoni incidenti su ciascun pixel.

La tecnica di misura

La soluzione:

La brillantezza (m_{cielo}), misurata in *magnitudini* per secondo d'arco quadrato, è legata al segnale in uscita al CCD (I_{cielo}) attraverso la relazione:

$$m_{\text{cielo}} = C - 2.5 \log_{10} (I_{\text{cielo}})$$

dove:

C è il fattore di scala fotometrico espresso in magnitudini

Bisogna calcolare quanto vale C...

La tecnica di misura

La relazione tra il segnale in uscita al CCD e magnitudine vale per qualsiasi fonte di luce. In particolare vale per le stelle "fotometriche standard", delle quali appositi cataloghi riportano la magnitudine assoluta.

$$m_{\text{star}} = C - 2.5 \log_{10}(I_{\text{star}})$$

Ma la luce proveniente da una stella, prima di giungere al telescopio, deve attraversare l'atmosfera, ed è soggetta al fenomeno dell'estinzione. La magnitudine catalogata (m_{cat}) è quella "fuori dall'atmosfera", pertanto la magnitudine "sotto l'atmosfera" percepita dal CCD è:

$$m_{\text{star}} = m_{\text{cat}} + k \cdot \sec(z)$$

Dove k è il coefficiente di estinzione del mezzo, z è la distanza zenitale e $\sec(z)$ è la massa d'aria attraversata dalla luce.

La tecnica di misura

Quindi:

$$m_{\text{star}} = m_{\text{cat}} + k \cdot \sec(z) = C - 2.5 \log_{10}(I_{\text{star}})$$

Portando a secondo membro i termini incogniti C e k , si ottiene:

$$m_{\text{cat}} + 2.5 \log_{10}(I_{\text{star}}) = C - k \cdot \sec(z)$$

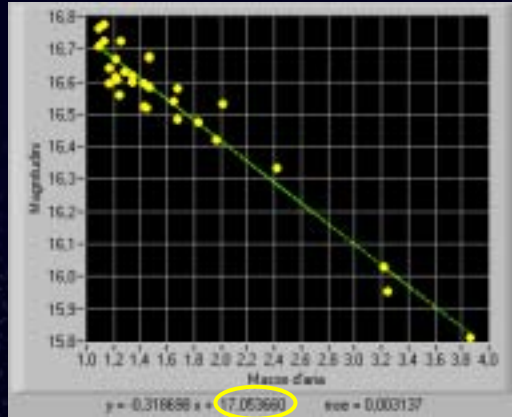
Che non è altro che l'equazione di una retta $y = C - k \cdot x$
con:

$$y = m_{\text{cat}} + 2.5 \log_{10}(I_{\text{star}})$$
$$x = \sec(z)$$

La tecnica di misura

Si effettuano allora le riprese di stelle fotometriche situate a diverse altezze, e per ognuna si calcolano il valore I_{star} e le masse d'aria.

Si disegnano i punti (x,y) su un grafico e si ricava l'equazione della retta che meglio approssima l'andamento.



L'ordinata all'origine della retta individuata è il fattore di scala fotometrico C.

Come calcolare I_{star}

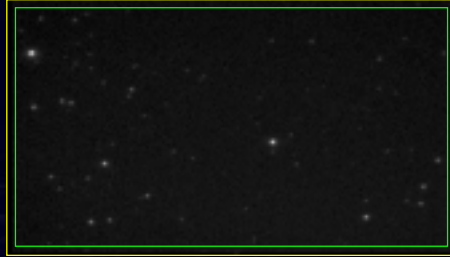
- “Ridurre” le immagini in uscita al CCD
- Tagliare la cornice dell'immagine (può contenere disturbi)
- Calcolare il valore medio del cielo, considerando pixel lontani dalla stella
- Sommare i valori dei pixel in un'area che contenga l'intera stella e sottrarre il contributo del cielo
- Scalare il valore trovato al tempo di posa di un secondo:



$$I_{\text{star}} = \frac{I'_{\text{star}}}{\text{Tempo di esposizione}}$$

Come calcolare I_{cielo}

- “Ridurre” le immagini in uscita al CCD
- Tagliare la cornice dell’immagine che (può contenere disturbi)
- Calcolare il valore medio per pixel nelle zone di cielo ove non vi siano stelle risolte
- Scalare il valore medio del singolo pixel ad un’area pari a $1[\text{arcsec}^2]$
- Scalare il valore trovato al tempo di posa di un secondo:



$$I_{\text{cielo}} = \frac{I'_{\text{cielo}}}{\text{Tempo di esposizione}}$$

Automatizzare l’elaborazione

L’elaborazione manuale dei dati richiede

- molto tempo
- qualche conoscenza di fotometria

Un software dedicato allo scopo

- fornisce i risultati in tempi brevi
- è più preciso
- non richiede conoscenze specifiche da parte dell’utente



Osservazione a occhio nudo

Se le misure sono state fatte nella banda della radiazione visibile, gli effetti sull'osservazione a occhio nudo possono essere subito interpretati con la seguente tabella:

Brillanza [mag/arcsec ²]	Magnitudine Limite	% Stelle Visibili		Numero Stelle sopra i 30°
7.62	0.0	0.02	0.03	
8.85	1.0	0.1	0.2	3
10.23	2.0	0.5	0.8	10
12.03	3.0	1.7	3	36
15.71	4.0	6.3	11	130
18.71	4.5	11	19	230
19.35	5.0	19.5	33.9	400
20.10	5.5	33.1	57.5	690
20.88	6.0	57.5	100	1200
21.80	6.5	100		2100

Quali sono i vantaggi?

- Riduzione del tempo necessario ad effettuare misure di brillantezza artificiale del cielo
- E' di facile impiego



Maggiore sensibilizzazione e coinvolgimento nella
“Lotta all’Inquinamento Luminoso”

Materiale fotografico tratto da:

“CieloBuio – Coordinamento per la protezione del cielo notturno”

www.cielobuio.org



La Misura Dell'Inquinamento Luminoso Nelle Osservazioni Astronomiche

Relatore
Chiar.mo Prof. Alessandro FERRERO

Tesi di Laurea di
Matteo PERSICO
Matr. Nr. 646544

Anno Accademico 2002/2003

La magnitudine



E' l'unità di misura dell'intensità luminosa più usata in astronomia.

La differenza di magnitudini tra due oggetti è definita a partire dal rapporto tra i loro flussi luminosi:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{f_1}{f_2} \right)$$

Per fissare la scala delle magnitudini si attribuisce magnitudine nulla alla stella "Vega", da cui:

$$m_1 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{f_1}{f_{\text{Vega}}} \right)$$