

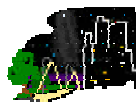


ISTIL
ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA
DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO
Light Pollution Science and Technology Institute

PIERANTONIO CINZANO
FABIO FALCHI
CHRISTOPHER D. ELVIDGE

Rapporto ISTIL 2001

Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia



CON IL PATROCINIO DELL'INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION
TUCSON

ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

Rapporto ISTIL 2001

Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia

© Copyright ISTIL - Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso
Light Pollution Science and Technology Institute
Sede Legale: Via Roma 13 • I-36016 Thiene, Italy

no-profit organization - c.f. 93018970249
Tel. +39 0445 378714 - Fax. +39 0445 378714
Email istil@inquinamentoluminoso.it - istil@lightpollution.it - info@istil.it
Web www.inquinamentoluminoso.it - www.lightpollution.it - www.istil.it

Sommario

<i>Prefazione</i>	v	Confronto con la distribuzione della	
<i>Abstract</i>	1	popolazione	19
<i>Riassunto</i>	3	Valutazione degli errori	20
<i>Cos'è l'ISTIL?</i>	5	<i>Mappe dello stato del cielo in Italia</i>	23
<i>Cos'è l'IDA?</i>	6	Brillanza artificiale a livello del mare	24
<i>Cos'è l'Inquinamento Luminoso?</i>	7	Brillanza totale del cielo notturno	26
<i>Introduzione</i>	9	Visibilità delle stelle a occhio nudo	27
Contenuto del rapporto	10	Degrado della visibilità delle stelle	30
Principali risultati	11	Crescita dell'inquinamento luminoso	31
Considerazioni conclusive	13	<i>Statistiche</i>	33
<i>Breve illustrazione del metodo</i>	15	Statistiche di popolazione	33
Misure da satellite	15	Statistiche di superficie	54
Calcolo della brillantezza artificiale	17	<i>Riferimenti bibliografici</i>	73
Calcolo della magnitudine limite	19	<i>Indice delle Mappe</i>	75



Prefazione

E' con grande soddisfazione e onore che vergo queste poche righe di introduzione al rapporto sull'inquinamento luminoso 2001 che mi è stato fatto pervenire dai ricercatori che lo hanno effettuato (CINZANO, FALCHI, ELDVIGE).

Soddisfazione perché ritengo che sia il primo lavoro di questo tipo al livello mondiale, malgrado alcuni precedenti risalenti, ma non di questa importanza. Soprattutto perché è una ricerca che vede impegnati e premiati due ricercatori italiani, peraltro membri dell'I.D.A.

Onore perché, come Presidente italiano dell'International Dark-Sky Association, ho il compito di presentarlo avendo l'I.D.A. stessa concesso il patrocinio a questo encomiabile lavoro.

Il rapporto ISTIL 2001, nella panoramica degli studi sull'inquinamento luminoso, rappresenta un momento di novità, originalità e utilità non indifferenti. Mancava effettivamente una pubblicazione scientifica che affrontasse seriamente, con metodo e notevole messe di dati il fenomeno della light-pollution e degli effetti fisici ad esso connessi. Non a caso, al momento della sua presentazione ufficiale, molto positivi sono stati i commenti nel mondo degli addetti ai lavori con una particolare attenzione da parte anche degli organi di informazione.

Mi è gradita l'occasione per sottolineare che la stesura del rapporto ISTIL non solo colma una lacuna fino ad oggi esistente ma conferma il ruolo di leadership che sempre più l'Italia sta meritando in campo internazionale nello studio del fenomeno nonché dei possibili rimedi per limitarlo. Ciò è tantissimo se si pensa che in Italia, fino ai primi anni novanta, non si parlava di inquinamento luminoso nemmeno nei congressi degli astronomi professionisti.

Oggi il panorama è completamente diverso; sono state approvate numerose leggi regionali, il mondo della produzione industriale ha dimostrato una certa sensibilità al problema e l'opinione pubblica sembra essere sempre più interessata al recupero e alla salvaguardia del cielo stellato. Non sono poi da trascurare gli aspetti più propriamente legati al risparmio energetico il cui ammontare viene calcolato, in campo italiano, in diverse centinaia di miliardi.

Concludo ringraziando gli estensori del rapporto e, in particolar modo il Dr. Pierantonio CINZANO - che è anche Direttore Scientifico dell'I.D.A. italiana -, per il lavoro svolto.

Il rapporto ISTIL 2001 è una vera e propria pietra miliare nello studio dell'inquinamento luminoso e di questo, ne sono certo, ne renderanno pieno riconoscimento quanti si interessano seriamente al problema.

Avv. Mario Di Sora
Presidente I.D.A. Italian Section



Abstract

The ISTIL Report 2001 "The situation of the night sky and light pollution in Italy" gives a complete view of the situation of the night sky and the stellar visibility in Italy. We present maps of (i) the artificial night sky brightness at sea level showing the pollution of the atmosphere, (ii) the total night sky brightness accounting for elevation showing the luminosity of the night sky, (iii) the naked eye limiting magnitude showing the stellar visibility, (iv) the magnitude loss showing the worsening of the stellar visibility and (v) comparisons with the past situation and projections for the future. Our maps have a pixel size of 30"x30" in a latitude/longitude projection (less than 1 km). We also present a large statistical comparison with the population density and the surface area of Provinces and Regions of Italy.

Our work is based on the data obtained from the Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) of the United States Air Force. These satellites are in polar orbit and carry an oscillating scan radiometer, the Operational Linescan System, with a photomultiplier tube (PMT) as detector. The OLS scans a narrow swath of the Earth, about 3000 km wide, perpendicular to the orbit measuring the radiance emitted by the light sources on the Earth surface. As the satellite moves it constructs step by step a bi-dimensional image. These data were obtained since early seventies. Since 1998 unsaturated data are available (obtained starting from 1996) which provide quantitative information on the upward flux emitted by sources (Elvidge et al. 1999). However satellite data don't give any direct information on the effects of this flux on the night sky due to light pollution propagation so we needed to compute it accounting for the propagation of the light pollution in the atmosphere.

We start with a composition of data obtained with different gains in order to improve dynamic range and

to avoid saturation. The reduction steps include: (i) detection of cloud-free areas on infrared data; (ii) cleaning; (iii) calibration based on pre-fly radiance calibration of the OLS-PMT (we checked it comparing map prediction with observations and obtained a good agreement); (iv) Richardson-Lucy deconvolution to improve prediction for sites near the sources. Then we transform the radiance measured from the satellite to the intensity in V band emitted from each land area covered by a pixel, accounting for atmospheric extinction, the average spectrum of night time lighting, the surface of the area, and an average upward emission function obtained by studying the emission per inhabitant of many sources at different distances from the satellite nadir, seen by the satellite under different angles. We are developing a method to obtain this function for each land area corresponding to a pixel, using a large number of individual orbit data. This kind of study can be done only with a non geostationary satellite like ours.

To obtain the map of artificial sky brightness at sea-level in Italy, (i) we divided the earth surface in land areas with the same positions and dimensions as the projections on the earth of the pixels of the satellite image. (ii) we computed the sky brightness at the centre of each land area produced in the chosen sky direction by all the areas inside a radius of 200 km. We computed the light emitted by the source and arriving to an infinitesimal volume of atmosphere along the line of sight of an observer, accounting for the extinction in the path. We computed the light scattered by molecules and aerosols towards the observer and the quantity of light arriving to the observer, accounting for extinction in this path too. Then, we integrated along the line of sight. We accounted for light arriving in the volume after a previous scattering and for the earth curvature which shields part of the line of sight (Garstang 1986, 1889a,b, 1991,1999, etc.; Cinzano

1999a,b,c). The resolution of the maps, depending on the results of an integration over a large zone, is greater than the resolution of the original images and is generally of the order of the distance between two pixel centres (30"x30", i.e. < 1 km).

To obtain the maps of the total sky brightness and the naked eye limiting magnitude we take into account: (i) the natural sky brightness in the chosen direction at the given altitude in order to obtain the total sky brightness, obtained with Garstang (1989) models which in turn account for the light coming from the entire sky and scattered along the line of sight of the observer and for the given atmospheric conditions; (ii) the elevation, which have effect on the natural sky brightness on the artificial sky brightness and on the stellar extinction; (iii) the stellar extinction of the stellar light going from the top of the atmosphere to below; (iv) the eye capability to detect point sources over a light background (Garstang 2000; Schaefer 1991).

As Blackwell (1946) and many other authors showed, the relation between limiting magnitude and sky brightness is not linear and, moreover, it is a statistical concept. A number of random factors affect eye measurements like the individual eye capability, the individual pupil size, the experience that makes the observer confident of a detection at a probability level different from another, the duration of the observation and so on. So we can predict only the star visibility by an average observer even if we account for many details (e.g. observer pupil diameter depending on the age; Stiles-Crawford effect (a decrease of the efficiency in detecting photons with the distance from the centre of the pupil); colour differences between the laboratory sources and the observed star; colour differences between the laboratory sources and the night sky; differences between the night vision curve and the V band in computing the stellar extinction).

The ISTIL Report 2001 reveals that light pollution of the night sky in Italy appears a more serious problem than commonly believed. The population percentages speak for themselves, indicating that large numbers of people in Italy have had their vision of the night sky severely degraded. Our data refers to 1996-1997 and are calibrated to 1998-99, so the situation today is undoubtedly worse, given that light pollution appears to grow in Italy with rates of 7-10% per year. We found that 100% of the Italian population live in areas where the night sky is above the threshold considered polluted (i.e. the artificial sky brightness is greater than

10% of the natural night sky brightness above 45 degrees of elevation (Smith 1979)). Assuming average eye functionality, more than one half of the Italian population has already lost the possibility to see the Milky Way, the galaxy where we live. We also found that for more than two thirds of the Italian population the "night" never really comes because the sky brightness is greater than the typical zenith brightness at nautical twilight. Non-negligible increases of sky brightness and decreases of stellar visibility are reported even in the Alps mountains and in the sea. If the growth of light pollution will continue with the same average rates than in the period 1971-1998, the Milky Way become invisible from almost everywhere in Italy at sea level before the year 2025.

The Light Pollution Science and Technology Institute (ISTIL, Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso) is a no-profit Italian organization with the aim of developing and promoting the scientific research on light pollution, and developing and spreading technologies and methods to limit light pollution and its effects on the night environment. The Institute is supported by contributions of public and private organizations, donations, liberalities, etc. ISTIL supported part of the preparation of the First World Atlas of Artificial Night Sky Brightness by Dr Pierantonio Cinzano and Fabio Falchi (University of Padova and ISTIL, Italy) and Dr Chris Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado), published by the Royal Astronomical Society.

For informations www.lightpollution.it/dmsp/



Riassunto

Più di metà della popolazione italiana ha perso la possibilità di vedere la propria “casa nell’Universo”, la Via Lattea, anche nelle notti più serene a causa dell’inquinamento luminoso. Su più di tre quarti della popolazione italiana non scende nemmeno una vera e propria notte – definita come “cielo più buio che al crepuscolo in mezzo all’Oceano” - a causa della eccessiva quantità di luce artificiale che illumina l’atmosfera. Questi sono solo alcuni dei risultati rivelati dal Rapporto ISTIL 2001 - Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia, che l’Istituto di Scienza e Tecnologia dell’Inquinamento Luminoso (ISTIL) ha reso pubblici in occasione della nona edizione della Giornata nazionale contro l’Inquinamento Luminoso (13 ottobre 2001). Il Rapporto, basato su misure ottenute con i satelliti del Defence Meteorological Satellite Program dell’aeronautica militare statunitense, è stato preparato dall’astronomo Pierantonio Cinzano e dal fisico Fabio Falchi per l’ISTIL in collaborazione con il geofisico Christopher Elvidge del NOAA National Geophysical Data Center. I tre ricercatori sono noti per aver completato il primo atlante mondiale della brillantezza artificiale del cielo notturno (First World Atlas of Artificial Night Sky Brightness) pubblicato da parte della Royal Astronomical Society (per informazioni www.inquinamentoluminoso.it, www.istil.it).

“Il cielo notturno in Italia è molto più degradato di quanto si creda normalmente” – dicono Pierantonio Cinzano e Fabio Falchi dell’ISTIL - “Gran parte degli Italiani non si rende conto di quanto sia peggiorata la percezione del cielo

stellato negli ultimi 40 anni. Come ha scritto Mario Rigoni Stern nel suo libro *Tra due guerre*, nel passato il contatto della gente col firmamento era continuo e accompagnava la vita. Oggi invece, poco a poco, ci stiamo avvolgendo in una nebbia luminosa che ci isola da quell’ambiente di cui noi e il nostro pianeta siamo parte.”

Continua Pierantonio Cinzano - “Leggi efficaci, come la legge della Regione Lombardia n.17 del 27 marzo 2000, sono essenziali per proteggere il cielo notturno dall’inquinamento luminoso. E’ per questo motivo che lo scorso 26 Febbraio la Regione Lombardia ha ricevuto il premio internazionale Per una stella in più dall’International Dark-Sky Association (IDA) che è un pò il WWF del cielo stellato, da Cielobuio - Coordinamento per la protezione del cielo notturno, e dall’Unione Astrofili Italiani. L’Unione Astronomica Internazionale ha assegnato il nome Cielobuio ad un pianetino recentemente scoperto (13777–Cielobuio) proprio in onore dell’associazione promotrice di questa ottima legge.”

Il presidente della sezione italiana della International Dark-Sky Association, Mario Di Sora, porta come esempio la città di Frosinone - “Con un accorta politica di aggiornamento degli impianti, il flusso luminoso diretto verso l’alto è stato ridotto di ben 17 milioni di lumen, di cui 10 prodotti dagli impianti pubblici e 7 da quelli privati, migliorando nel contempo la visibilità nelle strade e conseguendo un notevole risparmio energetico.”

Il punto di partenza per il Rapporto ISTIL sono stati i dati acquisiti dai satelliti fra il 1996 e il 1997 ricalibrati per il 1998-99 con misure da terra. Quindi i tre ricercatori hanno calcolato in che modo la luce artificiale si propaga nell'atmosfera e produce il suo effetto sul cielo notturno. Si sono accorti in questo modo che alcune zone che dalle immagini rilevate dai satelliti sembrano buie, sono in realtà investite dalla luce di località distanti anche centinaia di chilometri. Sulla base di questi elementi i tre ricercatori hanno messo a punto una serie di mappe che mostrano l'estensione e l'intensità dell'inquinamento luminoso in Italia, la luminosità del cielo, la visibilità delle stelle e la perdita di visibilità. Correlando le mappe con il database della densità di popolazione del Dipartimento dell'Energia statunitense hanno ottenuto una serie di indicatori della situazione della popolazione e del territorio nelle regioni e nelle province italiane.

Ad esempio in Lombardia, Campania e Lazio circa tre quarti della popolazione ha perso la possibilità di vedere la Via Lattea dal luogo dove vive, anche nelle notti più serene. In Liguria, Emilia-Romagna e Toscana due terzi della popolazione è nelle stesse condizioni. In Sicilia, Veneto, Piemonte, Puglia e Friuli Venezia Giulia circa metà della popolazione non riesce a vedere la Via Lattea. La percentuale scende a circa un terzo in Sardegna e Marche e ad un quarto in Abruzzo. In Umbria, Calabria e Molise solo un abitante su dieci vive in un luogo da cui la Via Lattea è totalmente invisibile. Le Regioni più fortunate sono Trentino Alto-Adige, Basilicata e Valle d'Aosta ove la Via Lattea è ancora visibile per quasi tutti almeno nelle notti più serene. Naturalmente queste proiezioni non tengono conto di situazioni locali, come ad esempio di chi ha la sfortuna di vivere di fronte ad un centro commerciale illuminato tutta la notte, e si riferiscono ad un osservatore di normali capacità visive e a notti molto limpide.

Si ottengono percentuali ben più elevate se invece di considerare quanti non vedono del tutto la Via Lattea si considerano quanti non la vedono in modo accettabile o facilmente. Ad esempio nella

Provincia di Padova due terzi della popolazione non vede più la Via Lattea ma solo meno del 4% degli abitanti è in grado in notti serene normali di vederla in modo accettabile. Più dell'80% della popolazione di Molise e Basilicata può vedere un cielo stellato ragionevole dal luogo dove vive (stelle almeno di quinta magnitudine), ma la percentuale scende a due terzi in Trentino Alto Adige, Valle d'Aosta e Calabria, circa metà in Sardegna, Abruzzo e Umbria, un terzo nelle Marche, un quarto in Piemonte, Friuli - Venezia Giulia e Sicilia, un quinto in Toscana e Puglia, meno di un settimo in Veneto e Lazio, solo un decimo circa in Emilia-Romagna, Campania, Liguria e meno ancora in Lombardia. Queste percentuali non dipendono solo dallo stato del cielo ma anche dalla distribuzione della popolazione nel territorio.

La regione con la maggior frazione di superficie con cielo molto buono (stelle di magnitudine 5.5 visibili) è la Basilicata con l'81% del territorio mentre, a sorpresa, quella con la minor frazione è il Veneto con meno di un quinto del territorio, probabilmente solo le montagne vicino al confine con l'Austria. In termini assoluti e non percentuali è la Sardegna la regione con il più ampio territorio con cielo molto buono. Per poter ammirare nella sua interezza uno dei più grandi spettacoli della natura, oggi quasi sempre è necessario fare spostamenti di centinaia di chilometri.

Il confronto con una mappa della luminosità del cielo ottenuta nel 1971 da tre astronomi della Specola Vaticana ha consentito una valutazione della crescita nel tempo dell'inquinamento luminoso che potrebbe rendere la Via Lattea del tutto invisibile da qualunque punto del territorio italiano a livello del mare in meno di 25 anni.

L'ISTIL è un ente senza fini di lucro che ha come scopo lo sviluppo e la promozione della ricerca scientifica sull'inquinamento luminoso nonché lo sviluppo e la diffusione di tecnologie e metodi per limitare l'inquinamento luminoso ed i suoi effetti sull'ambiente. Per informazioni www.istil.it

(Comunicato Stampa ISTIL 10 Ottobre 2001)

Cos'è l'ISTIL?

L'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso – ISTIL – (in lingua inglese: “Light Pollution Science and Technology Institute”) ha per scopo lo sviluppo e la promozione della ricerca scientifica sull'inquinamento luminoso nonché lo sviluppo e la diffusione di tecnologie e metodi per limitare l'inquinamento luminoso ed i suoi effetti sull'ambiente.

L'Istituto non ha fini di lucro e provvede al raggiungimento dei suoi scopi grazie a contributi di Enti pubblici e di privati, donazioni, lasciti, liberalità. Può collaborare con Università, Istituti o laboratori di ricerca, osservatori astronomici o naturalistici, Parchi, Ministeri, associazioni per la tutela dell'ambiente o del cielo notturno, altri enti pubblici e privati, sia nazionali che esteri, organismi internazionali, mezzi di informazione, scuole, ordini professionali, associazioni di categoria, aziende private, etc.

L'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso:

- a) sviluppa nel suo seno ricerca scientifica e tecnologica relativa all'inquinamento luminoso sia dal punto di vista sperimentale che teorico. Promuove e collabora a ricerche sull'inquinamento luminoso anche a carattere interdisciplinare e su scala internazionale. Svolge qualunque altra attività rivolta o connessa allo sviluppo e alla promozione della ricerca scientifica sull'inquinamento luminoso. Può essere editore di pubblicazioni in lingua italiana o straniera, organizzare convegni scientifici, incontri di studio, scuole di perfezionamento ed invitare in Italia studiosi stranieri per collaborazioni scientifiche.
- b) svolge attività di monitoraggio da Terra e/o da satellite su scala globale delle emissioni luminose in atmosfera e dei loro effetti sull'ambiente notturno e collabora con gli enti interessati.
- c) può svolgere per enti pubblici e privati, aziende, studi professionali, etc. studi su commissione, rapporti tecnici e scientifici, valutazioni di impatto ambientale e fornire dati scientifici e pareri tecnici.
- d) promuove, svolge o collabora alla didattica e alla divulgazione del problema dell'inquinamento luminoso a tutti i livelli, anche tramite pubblicazioni, materiale audiovisivo, comunicati stampa, il sito Internet ed organizzando pubbliche conferenze, seminari, lezioni, corsi, convegni e dibattiti.
- e) promuove e svolge qualsiasi altra attività rivolta o connessa allo sviluppo e alla diffusione di tecnologie e metodi per limitare l'inquinamento luminoso e, più in generale, alla protezione dell'ambiente notturno dall'inquinamento luminoso.

Per informazioni www.istil.it



Cos'è l'IDA?

L'International Dark-Sky Association (IDA), che ha patrocinato questo studio, è un'organizzazione internazionale senza fini di lucro nata negli USA nel 1988. Raccoglie uomini di cultura, ambientalisti, astronomi, astrofili, ingegneri dell'illuminazione e quant'altri siano interessati a combattere l'inquinamento luminoso, sia come membri individuali che come associazioni o enti. Lo scopo dell'International Dark-Sky Association è quello di rallentare il più possibile la crescita della luminosità del cielo, obiettivo che si propone di ottenere creando nella gente la coscienza del problema costituito dall'inquinamento luminoso e la consapevolezza delle possibili soluzioni. La convinzione che sta alla base della nascita dell'International Dark-Sky Association è che un'azione coordinata su base nazionale o internazionale sia più efficace di tante singole iniziative.

L'International Dark-Sky Association è attiva soprattutto nell'educazione e nei contatti ad alto livello con enti e governi. Pubblica una Newsletter trimestrale in lingua inglese e fornisce a richiesta depliant, numerosi fogli informativi sugli aspetti economici e legislativi dell'inquinamento luminoso, documentazione di impianti di illuminazione validi o di cattiva qualità con immagini fotografiche o videocassette, esempi di progetti e informazioni collegate. Tra le attività che l'International Dark-Sky Association ci sono anche i contatti con la stampa, un "servizio conferenze" a cui si può rivolgere chi vuole organizzare una conferenza sull'inquinamento luminoso, la premiazione dei migliori impianti (Good Lighting Award). L'International Dark-Sky Association è attiva anche nel far conoscere gli altri atti che possano distruggere la visione da parte dell'uomo dell'universo in cui vive, quali la crescita del numero dei detriti spaziali, la pubblicità spaziale e le interferenze radio sulle ricerche radioastronomiche. Inoltre ha avviato un progetto di ricerca internazionale rivolto agli astrofili per la misura fotometrica della brillantezza del cielo.

La Sezione Italiana dell'International Dark-Sky Association è tra gli enti che patrocinano la *Giornata sul problema dell'inquinamento luminoso* e il prestigioso premio internazionale *Per una stella in più*, e collaborano al progetto didattico del Ministero della Pubblica Istruzione *Gli studenti fanno vedere le Stelle*.

Tutti coloro che hanno a cuore la protezione del cielo notturno e la limitazione dell'inquinamento luminoso dovrebbero dare forza all'International Dark-Sky Association collaborando e iscrivendosi. Un modulo di iscrizione in italiano è disponibile su www.inquinamentoluminoso.it

Per informazioni potete visitare il sito internet www.darksky.org oppure scrivere a:

IDA- Sezione Italiana,
c/o Osservatorio Astronomico di Campo Catino
I-03016 Guarcino



International Dark-Sky Association
3225 N. First Avenue
Tucson, AZ 85719 USA

Cos'è l'Inquinamento Luminoso?

L'inquinamento luminoso è un'alterazione della quantità naturale di luce presente nell'ambiente notturno provocata dall'immissione di luce artificiale. La luce artificiale inquina quando altera la quantità di luce naturale. La notte infatti non è completamente buia a causa di molteplici sorgenti di luce naturale tra cui la ricombinazione atomica negli strati alti dell'atmosfera, la luce delle stelle, la luce del sole riflessa dalle polveri interplanetarie, ecc. Si tratta di un vero e proprio inquinamento: un inquinamento **della** luce ma anche **da** luce. Una veloce occhiata al vocabolario chiarisce che inquinamento significa "alterazione di un qualsiasi elemento o di una qualsiasi sostanza naturale" (Devoto – Oli) o anche "introduzione nell'ambiente di sostanze o di fattori fisici in grado di provocare disturbi o danni all'ambiente stesso" (Zingarelli 2001).

L'inquinamento luminoso ha molteplici effetti negativi. Il più eclatante è l'aumento della luminosità del cielo notturno che ci isola da quell'ambiente di cui noi e il nostro pianeta siamo parte. L'inquinamento luminoso quindi altera il nostro rapporto con l'ambiente dove viviamo, l'Universo. Il problema è grave perché è in gioco la percezione del "mondo" attorno a noi sul quale il cielo stellato per la gente normale costituisce l'unica "finestra" disponibile. La Via Lattea non è una "strana sorgente" di luce o una banale "distesa di stelle" ma è nientemeno che la nostra Casa nell'Universo, quell'isola di stelle di cui il Sole fa parte, nella quale abitiamo e che i nostri nonni, che non erano trogloditi, percepivano ogni notte serena. E' grave anche che non ce ne rendiamo nemmeno più conto.

L'aumento della luminosità del cielo comporta inoltre un danno culturale incalcolabile. Nel giro di due generazioni sta sparando quel cielo stellato, da sempre fondamentale stimolo alla cultura, sia umanistica che scientifica, dell'uomo. A questo si aggiunge il danno alla componente paesaggistica di cui il cielo notturno è elemento fondamentale con i conseguenti risvolti per l'industria turistica nazionale.

L'inquinamento luminoso, inoltre, ha documentati effetti negativi sull'ambiente e sulla salute degli esseri che ci vivono. Questi effetti sono ancora poco noti ai non addetti perché questo campo di studi si è sviluppato solo nell'ultimo decennio mentre l'effetto sul cielo notturno è stato studiato fin dai primi anni settanta quando, proprio in Italia, venne fatta la prima mappa della luminosità artificiale. Sono già centinaia gli studi ed i rapporti che documentano gli effetti ambientali della luce artificiale e comprendono l'alterazione delle abitudini di vita e di caccia degli animali, disturbi alla riproduzione ed alle migrazioni, alterazioni dei ritmi circadiani, alterazioni ai processi fotosintetici delle piante e al fotoperiodismo, e per l'uomo, abbagliamento, miopia e possibili alterazioni ormonali potenzialmente teratogene (vedi Cinzano 1994 per un parziale elenco bibliografico, <http://deborapd.astro.it/cinzano/refer/node8.html>).

L'inquinamento luminoso, infine, costituisce molto spesso un inutile spreco energetico e di risorse.

Con il ritmo di crescita attuale dell'inquinamento luminoso, dell'ordine del 10% all'anno in Italia, questi problemi non faranno che aggravarsi. Ecco perché ad occuparsi dell'inquinamento luminoso non sono solo astrofili (es. la CNIL-UAI) ma anche uomini di cultura preoccupati degli effetti negativi della sparizione del cielo notturno sulla cultura umanistica e sulla stessa umanità, insegnanti preoccupati dal fatto che le nuove generazioni crescano isolate dall'Universo in cui viviamo, ambientalisti di ogni genere (es. Legambiente), ecc.

Per indirizzare lo sviluppo dell'illuminazione esterna notturna in una direzione virtuosa di rispetto dell'ambiente e di risparmio energetico, finora non adeguatamente intrapresa, sono necessari degli interventi

legislativi. La soluzione più naturale ed efficace, quella di spegnere tutte le luci, non è ovviamente realizzabile nel mondo moderno ove l'illuminazione artificiale è una necessità sociale. La seconda possibilità, in una ipotetica scala di efficacia decrescente, sarebbe quella di rinunciare all'installazione di qualunque nuovo impianto di illuminazione. Questo non eliminerebbe l'inquinamento luminoso ma porterebbe a zero il suo tasso di incremento che oggi in Italia raggiunge anche il 10% all'anno. Questa soluzione non creerebbe il buio ma sarebbe probabilmente in conflitto con le necessità di sviluppo di un Paese industriale avanzato come il nostro (anche se qualcuno la vedrebbe di buon occhio). Non dobbiamo confondere il problema di un necessario e auspicabile progresso, svolto nel rispetto della natura, con il falso problema di una scelta tra una buia età della pietra e una illuminata civiltà. Nessuno chiede di fare il buio o di impedire lo sviluppo dell'illuminazione. Sarebbe sufficiente la terza possibilità, fare come si è fatto con la spesa sanitaria: consentire l'incremento dell'illuminazione ponendo, nel contempo, un tetto al suo tasso di crescita in modo da favorirne un uso più oculato, attento e razionale. Un tetto all'incremento annuo del flusso luminoso installato in ogni Comune e un tetto all'incremento annuo dei consumi di energia elettrica per illuminazione esterna favorirebbero non "il buio" bensì la razionalizzazione dell'illuminazione, l'utilizzo di apparecchi ad elevato rendimento e la progettazione di impianti ad elevato coefficiente di utilizzazione (il primo) e l'utilizzo di lampade ad elevata efficienza (il secondo). Naturalmente questi provvedimenti andrebbero affiancati ad altri che evitino che il flusso entro il tetto venga disperso verso l'alto. Negli Stati Uniti si segue una strada diversa con limiti non all'incremento ma al flusso luminoso installato per acro quadrato.

Finora le leggi contro l'inquinamento luminoso approvate in Italia hanno intrapreso una strada ancora più "morbida", forse troppo. **Esse hanno scelto di non porre alcun limite all'installazione di impianti di illuminazione. Ciascuno è libero di illuminare quello che vuole.** Naturalmente, se si vuole consentire una libertà così ampia ma nel contempo si vuole che la legge sia anche ragionevolmente efficace nel limitare l'inquinamento luminoso, bisogna che si imponga di seguire, nel fare l'impianto, alcune regole fondamentali e che da queste non si prescinda. Se si cerca di lasciare ulteriori spazi di libertà anche in questo, si finisce inevitabilmente per ottenere una norma inefficace. La legge n.17 del 27 Marzo 2000 della Regione Lombardia, considerata la migliore legge di questo tipo attualmente in vigore in Italia e una delle migliori nel mondo, si limita proprio a richiedere di non disperdere alcuna luce verso l'alto e non sovrailluminare. Questa ottima legge è stata promossa da Cielobuio - Coordinamento per la protezione del cielo notturno (www.vialattea.net/cielobuio/), una attiva associazione nazionale in onore della quale l'Unione Astronomica Internazionale ha assegnato il nome Cielobuio ad un nuovo pianetino. La Regione Lombardia ha ricevuto per questa legge il premio internazionale *Per una stella in più*.

Slogan e inserzioni pubblicitarie come "La luce è vita e progresso" ingannano perché fanno credere che sia la quantità di luce che conta mentre invece ciò che conta è la qualità dell'illuminazione notturna. Bisogna stare attenti a non confondere la luce in quanto affascinante fenomeno fisico con l'illuminazione artificiale in quanto pratica umana che, se male applicata, causa eccessivo inquinamento luminoso e alterazione dell'ambiente. Ci si deve augurare che le organizzazioni dei produttori di apparecchi di illuminazione, dei produttori di energia elettrica e degli illuminotecnici abbandonino definitivamente la difesa di pratiche illuminotecniche inadeguate che non garantiscono una appropriata limitazione dell'inquinamento luminoso (ad es. la norma UNI 10819) – posizione che li qualifica loro malgrado come **inquinatori** – e indirizzino con decisione e onestà intellettuale lo sviluppo dell'illuminotecnica in direzione di una nuova **eco-illuminotecnica** che sia realmente amica dell'ambiente e rispettosa di esso. La legge contro l'inquinamento luminoso della Regione Lombardia costituisce un corretto punto di partenza per una via "verde" dell'illuminotecnica italiana verso una **illuminazione ecologica** (eco-lighting) feconda di proficui sviluppi.

Riquadro a cura della International Dark-Sky Association - Sezione Italiana - Direzione Scientifica

Introduzione

Presentazione del lavoro e dei principali risultati.

L'Italia è sempre stata all'avanguardia nello studio della brillantezza artificiale del cielo notturno e dell'inquinamento luminoso, un problema che gli astronomi della specola di Padova avevano già riscontrato ai primi del '900.

SEZIONE 1

- Introduzione
 - Contenuto del rapporto
 - Principali risultati
 - Conclusioni
-

La prima valutazione delle aree inquinate in Italia venne fatta nel 1971 da Roberto Barbon dell'Università di Padova (Barbon e Di Tullio Vanzani 1972) con il semplice metodo introdotto l'anno prima per la California da Merle Walker del Lick Observatory (Walker 1970). Due anni dopo, tre astronomi della Specola Vaticana pubblicarono la prima mappa della brillantezza artificiale del cielo in Italia (Bertiau, Treanor e De Graeve 1973).

Essa era basata su una legge semi-empirica per la propagazione dell'inquinamento luminoso (Treanor 1972) ottenuta in base ad una serie di misure e sulla popolazione nei comuni italiani. La loro mappa, pur ottenuta con un metodo semplificato, è oggi preziosa perché permette un confronto tra la situazione odierna e quella di allora.

A partire dal 1996 il Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) dell'US Air Force acconsentì ad effettuare con i suoi satelliti una serie di misure delle emissioni di luce artificiale dalla superficie terrestre regolando l'amplificazione dello strumento al minimo in modo da evitare la saturazione del sensibile rivelatore del satellite. Furono quindi disponibili, dopo anni di immagini completamente saturate, alcune misure quantitative e nel 1997-1998 lo studio di Bertiau et al. poté essere rifatto utilizzando le misure effettuate da uno di questi satelliti in un suo passaggio sopra l'Italia (Falchi 1998, tesi di laurea in Fisica, correlatore P. Cinzano, relatori F. Bertola e G. Gavazzi). Questo studio, pur nella sua semplicità, fu il primo ad usare misure da satellite per calcolare la luminanza del cielo. Esso estese di fatto all'intero territorio nazionale (Falchi e Cinzano 2000) quel censimento dello stato del cielo che la Società Astronomica Italiana aveva fatto agli inizi degli anni '90 nei siti degli Osservatori Astronomici italiani (Di Sora 1991, 1993) e che per primo aveva richiamato l'attenzione generale sul problema dell'inquinamento luminoso in Italia.

Grazie ad una raffinata metodologia di analisi dei dati provenienti da numerose orbite del satellite (Elvidge et al. 1999) e alla disponibilità di una dettagliata modellistica della propagazione dell'inquinamento luminoso nell'atmosfera (Garstang 1986, 1989, 1991; Cinzano 2000a, b, c), un gruppo di ricercatori dell'Università di Padova e del National Geophysical Data Center ha presentato nel 2000 un metodo accurato per la mappatura della brillantezza artificiale del cielo in territori estesi utilizzando le misure da satellite (Cinzano, Falchi, Elvidge, Baugh 2000). Questo metodo ha consentito di preparare un Atlante Mondiale della

brillanza del cielo notturno a livello del mare (Cinzano, Falchi, Elvidge 2001b), cui anche l'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso ha collaborato, ed è stato esteso alla mappatura della brillantezza totale in altitudine e della visibilità stellare (Cinzano, Falchi, Elvidge 2001a).

Le tecniche introdotte nei precedenti tre studi sono state utilizzate in questo *Rapporto ISTIL 2001 - Stato del cielo notturno e inquinamento luminoso in Italia* preparato dall'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (ISTIL, www.istil.it) con il patrocinio dell'International Dark-Sky Association (Tucson, USA).

Contenuto del rapporto

Il rapporto mette a disposizione degli studiosi, delle autorità e dei cittadini (a) una serie di mappe dello stato del cielo in Italia, (b) una ampia statistica e (c) una sintetica descrizione della metodologia utilizzata, con le referenze agli articoli originali per eventuali approfondimenti.

Nota

Si faccia attenzione a non confondere il significato delle varie mappe e delle varie statistiche.

Le mappe mostrano:

- 1) Brillanza artificiale a livello del mare allo zenith. Questa mappa intende mostrare i livelli di inquinamento nell'atmosfera e non la visibilità delle stelle o la luminosità effettiva del cielo in un sito, che è lo scopo delle mappe successive. L'aver eseguito il calcolo per il livello del mare e per atmosfera limpida standard consente di confrontare l'inquinamento di aree diverse senza essere confusi dagli effetti introdotti dall'altitudine o da variazioni nelle condizioni atmosferiche. Essa è utile anche per determinare le aree più scure, laddove per "più scure" si intendano quelle con meno luce artificiale in atmosfera e non quelle da cui si vedono meglio le stelle, compito quest'ultimo delle mappe successive. Tuttavia poiché le aree più popolate si trovano solitamente a livello del mare, può essere usata in prima approssimazione anche per dare un'idea della visibilità della Via Lattea.
- 2) Brillanza totale del cielo notturno allo zenith. Questa mappa intende fornire un'indicazione della qualità del cielo notturno in un territorio e tengono conto dell'altitudine e della brillantezza naturale del cielo. Le aree più buie sembrano leggermente più estese in questa mappa che in quella della brillantezza artificiale a livello del mare. Si tratta di un effetto apparente dovuto al fatto che l'ampio intervallo tra i livelli (0.5 magnitudini per secondo d'arco quadrato) non mette in evidenza le aree dove la brillantezza artificiale è una frazione abbastanza piccola di quella naturale. Si noti che questa mappa fornisce indicazioni sulla luminosità del cielo e non sulla visibilità delle stelle che dipende anche dall'estinzione atmosferica e dall'altitudine.
- 3) Visibilità delle stelle a occhio nudo allo zenith. Questa mappa fornisce la magnitudine limite ad occhio nudo in un territorio, cioè indica la possibilità della popolazione di vedere stelle di una data luminosità (magnitudine). Essa mostra il centro della distribuzione statistica della magnitudine limite allo zenith per un campione di osservatori di esperienza media e capacità media, con età media di 40 anni, gli occhi adattati al buio e che osservino con entrambi gli occhi. Come discusso da Schaefer (1991), astrofili esperti potrebbero individuare stelle anche una magnitudine più deboli se la luminosità del cielo consente agli occhi un

sufficiente adattamento al buio. Questa mappa non fornisce alcuna indicazione sulla luminosità del cielo o sull'inquinamento luminoso perché l'altitudine e l'estinzione della luce stellare confondono i risultati. Ad esempio, le montagne vicino al confine Nord potrebbero sembrare non inquinate dal momento che la magnitudine limite è la stessa che si vede nelle zone non inquinate del mare. Tuttavia l'estinzione della luce stellare è minore per un sito in quota che per un sito a livello del mare, perché la luce incontra meno particelle e molecole diffondenti nel suo più breve tragitto. Quindi il fatto che le montagne abbiano la stessa magnitudine limite che hanno le aree di mare non inquinate indica che le montagne sono **TALMENTE INQUINATE** che la visibilità delle stelle in quelle zone è confrontabile a quella che si ha a livello del mare in zone non inquinate. Quindi questa mappa è utile per identificare i migliori siti osservativi ma non per valutare gli effetti dell'inquinamento luminoso.

4) Perdita di magnitudine a occhio nudo. Questa mappa indica il decadimento della capacità di percepire le stelle da parte della popolazione. Si ottiene semplicemente facendo la differenza tra la mappa della visibilità stellare e una mappa analoga ottenuta assumendo che l'inquinamento luminoso sia zero ovunque. A differenza della mappa della visibilità delle stelle, qui gli effetti dell'inquinamento luminoso sono chiaramente visibili anche nelle montagne. Quindi questa mappa è utile per mostrare gli effetti dell'inquinamento luminoso ma non per identificare i migliori siti osservativi.

5) Crescita dell'inquinamento luminoso. Queste mappe mostrano la brillantezza artificiale del cielo notturno nel 1971 (Bertiau, Treanor and De Graeve 1973), quella nel 1998 e un possibile scenario dello stato del cielo nel 2025 se l'incremento medio fosse lo stesso che è stato registrato nei 27 anni precedenti. Le previsioni per il 2025 non tengono conto dei positivi effetti che ci si attende dalle leggi contro l'inquinamento luminoso in corso di approvazione nelle regioni italiane.

Le statistiche indicano:

1) La percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la brillantezza artificiale e totale del cielo notturno, la magnitudine limite e la perdita di magnitudine superano i valori indicati.

2) La percentuale della superficie delle province e delle regioni italiane in cui la brillantezza artificiale e totale del cielo notturno, la magnitudine limite e la perdita di magnitudine superano i valori indicati.

Le differenze tra le statistiche di brillantezza artificiale, brillantezza totale del cielo notturno, magnitudine limite e perdita di magnitudine sono le stesse accennate a proposito delle relative mappe.

Principali risultati

Raccogliamo qui qualcuno dei risultati più interessanti che si possono desumere dalle mappe e dalle tabelle delle sezioni 3 e 4.

Più di metà della popolazione italiana ha perso la possibilità di vedere la propria "casa nell'Universo", la Via Lattea, anche nelle notti più serene a causa dell'inquinamento luminoso. Su più di tre quarti della popolazione italiana non scende nemmeno una vera e propria notte – intesa come cielo più buio che al crepuscolo in mezzo all'Oceano (Crepuscolo Nautico) – a causa della eccessiva quantità di luce artificiale

che illumina l'atmosfera. La totalità degli italiani (100,0%) vive sotto cieli considerati inquinati⁽¹⁾. Sette italiani su dieci vivono in luoghi dove il cielo notturno è più luminoso di quanto si misura nelle notti prossime al plenilunio in siti astronomici non inquinati.

In Lombardia, Campania e Lazio circa tre quarti della popolazione ha perso la possibilità di vedere la Via Lattea dal luogo dove vive, anche nelle notti più serene. In Liguria, Emilia-Romagna e Toscana due terzi della popolazione è nelle stesse condizioni. In Sicilia, Veneto, Piemonte, Puglia e Friuli Venezia Giulia circa metà della popolazione non riesce a vedere la Via Lattea. La percentuale scende a circa un terzo in Sardegna e Marche e ad un quarto in Abruzzo. In Umbria, Calabria e Molise solo un abitante su dieci vive in un luogo da cui la Via Lattea è totalmente invisibile. Le Regioni più fortunate sono Trentino Alto-Adige, Basilicata e Valle d'Aosta ove la Via Lattea è ancora visibile per quasi tutti almeno nelle notti più serene. Naturalmente queste proiezioni non tengono conto di situazioni locali, come ad esempio di chi ha la sfortuna di vivere di fronte ad un centro commerciale illuminato tutta la notte, e si riferiscono ad un osservatore di normali capacità visive e a notti molto limpide.

Si ottengono percentuali ben più elevate se invece di considerare quanti non vedono del tutto la Via Lattea si considerano quanti non la vedono in modo accettabile o facilmente. Ad esempio nella Provincia di Padova due terzi della popolazione non vede più la Via Lattea ma solo meno del 4% degli abitanti è in grado in notti serene normali di vederla in modo accettabile. Più dell'80% della popolazione di Molise e Basilicata può vedere un cielo stellato ragionevole dal luogo dove vive (stelle almeno di quinta magnitudine), ma la percentuale scende a due terzi in Trentino Alto Adige, Valle d'Aosta e Calabria, circa metà in Sardegna, Abruzzo e Umbria, un terzo nelle Marche, un quarto in Piemonte, Friuli - Venezia Giulia e Sicilia, un quinto in Toscana e Puglia, meno di un settimo in Veneto e Lazio, solo un decimo circa in Emilia-Romagna, Campania, Liguria e meno ancora in Lombardia. Queste percentuali non dipendono solo dallo stato del cielo ma anche dalla distribuzione della popolazione nel territorio.

La regione con la maggior frazione di superficie con cielo molto buono (stelle di magnitudine 5.5 visibili) è la Basilicata con l'81% del territorio mentre, a sorpresa, quella con la minor frazione è il Veneto con meno di un quinto del territorio, probabilmente solo le montagne vicino al confine con l'Austria. In termini assoluti e non percentuali è la Sardegna la regione con il più ampio territorio con cielo molto buono.

Per poter ammirare nella sua interezza uno dei più grandi spettacoli della natura, oggi quasi sempre è necessario fare spostamenti di centinaia di chilometri. Le migliori località rimaste per l'osservazione astronomica, tenendo conto dell'inquinamento luminoso e dell'altitudine, sono localizzate, da nord a sud: in prossimità del confine con l'Austria in Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli-Venezia-Giulia, nel sud-ovest del Piemonte al confine con la Francia, sull'Appennino nell'estremo sud del piacentino, nel grossetano, in piccole zone dell'Appennino Marchigiano e Umbro, nell'estremo sud della Campania, in Basilicata, sui monti principali della Calabria, in ampie zone della Sardegna e sui monti Nebrodi in Sicilia. Zone più ampie attorno a quelle citate possono godere di cieli ancora buoni, ma comunque di qualità inferiore.

Il confronto con una mappa della luminosità del cielo ottenuta nel 1971 da tre astronomi della Specola Vaticana ha consentito una valutazione della crescita nel tempo dell'inquinamento luminoso che potrebbe rendere la Via Lattea del tutto invisibile da qualunque punto del territorio italiano a livello del mare in meno di 25 anni.

¹ ossia la brillantezza artificiale supera il 10% della brillantezza naturale sopra i 45 gradi di altezza (Smith 1979).

Considerazioni conclusive

I risultati di questo Rapporto ISTIL 2001 forniscono un quadro preoccupante. Il cielo notturno in Italia è molto più degradato di quanto si creda normalmente. La totalità degli italiani non può godere di un cielo incontaminato dal luogo dove vive e per più di metà di essi la visione è privata della sua componente più significativa: la Via Lattea. Il problema è grave perché è in gioco la percezione dell'Universo, un "mondo" sul quale l'unica finestra per la popolazione è rappresentata dal cielo stellato. La Via Lattea non è una "strana sorgente" di luce o una banale "distesa di stelle" ma è nientemeno che la Casa dell'uomo nell'Universo, quell'isola di stelle di cui il Sole fa parte e nella quale l'uomo abita. Come ha scritto Mario Rigoni Stern nel suo libro *Tra due guerre*, "nel passato il contatto della gente col firmamento era continuo e accompagnava la vita". Oggi invece il territorio nazionale si sta avvolgendo in una nebbia luminosa che isola gli abitanti da quell'ambiente di cui, con il loro pianeta, fanno parte. Gran parte degli italiani non si rende conto di quanto sia peggiorata la percezione del cielo stellato negli ultimi 40 anni.

Il cielo notturno risulta degradato anche nelle aree di montagna, nel mare, per molti chilometri dalla costa, o in aree piuttosto isolate e poco popolate. In genere ciò è dovuto principalmente all'inquinamento luminoso proveniente dalle zone densamente popolate delle pianure che si propaga a centinaia di chilometri. Questo implica che per proteggere efficacemente il cielo notturno è necessario applicare misure anti-inquinamento luminoso all'intero territorio, abbandonando l'obsoleto sistema delle aree di protezione "a cipolla". Inoltre è necessario ridurre efficacemente tutte le emissioni luminose in atmosfera. In particolare, è necessario porre estrema cura ad impedire quelle emissioni che a causa della loro direzione sono suscettibili di propagarsi a distanze elevate alimentando un deleterio effetto di addizione. A questo proposito i provvedimenti più appropriati si riscontrano nella legge della Regione Lombardia n.17 del 27 marzo 2000 e nel relativo regolamento di attuazione.

L'aumento della luminosità del cielo comporta anche un incalcolabile danno culturale. Nel giro di due generazioni sta scomparendo un elemento, il cielo stellato, da sempre fondamentale stimolo alla cultura umanistica, oltre che scientifica. A questo si aggiunge il danno alla componente paesaggistica di cui il cielo notturno è elemento fondamentale con i conseguenti risvolti per l'industria turistica nazionale. L'inquinamento luminoso, inoltre, costituisce spesso un inutile spreco energetico ed economico ed ha documentati effetti negativi sull'ambiente e sulla salute degli esseri che ci vivono. Questi effetti sono ancora poco noti ai non addetti perché questo campo di studi si è sviluppato solo nell'ultimo decennio mentre l'effetto sul cielo notturno è stato studiato fin dai primi anni settanta quando, proprio in Italia, venne fatta la prima mappa della luminosità artificiale del cielo notturno. Sono comunque già centinaia gli studi ed i rapporti che documentano gli effetti ambientali della luce artificiale. Con i ritmi di crescita dell'inquinamento luminoso, dell'ordine del 10% all'anno in Italia, questi problemi si aggraveranno rapidamente.

Lo studio dell'inquinamento luminoso e dei suoi effetti sul cielo notturno è una branca interdisciplinare della scienza che incontra un crescente interesse e spazia tra astronomia, fisica atmosferica, geofisica e fisica dell'ambiente, con agganci e interazioni con moltissime altre scienze naturali ed umane. La comunità scientifica italiana dovrebbe dare spazio e sostegno a questa piccola e giovane branca della scienza in modo che possa crescere. Il monitoraggio della crescita dell'inquinamento luminoso e della luminosità del cielo notturno e la comprensione dei meccanismi in gioco sono argomenti che riscuotono notevole interesse nel mondo civile e aprono interessanti opportunità di collaborazione con settori della scienza completamente diversi. Inoltre il dibattito sulle leggi contro l'inquinamento luminoso, presente oggi in moltissimi paesi del mondo, stimola l'interesse di molti enti governativi ed ambientali.

Breve illustrazione del metodo

Sintetica illustrazione del metodo utilizzato per questo studio.

Questo capitolo illustra in modo sintetico e divulgativo il metodo utilizzata in questo studio. La metodologia è descritta in dettaglio nelle tre pubblicazioni seguenti, citate nella bibliografia: Cinzano, Falchi, Elvidge & Baugh (2000), [The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurements](#), Cinzano, Falchi & Elvidge (2001a) [Naked eye star visibility and limiting magnitude mapped from DMSP-OLS satellite data](#) e Cinzano, Falchi & Elvidge (2001b) [The first world atlas of the artificial night sky brightness](#).

Queste pubblicazioni si possono reperire in formato Adobe Acrobat (PDF) anche nel sito web “The night sky in the world” www.inquinamentoluminoso.it/dmsp/ alla voce “Our scientific papers”. Prima di qualunque utilizzo scientifico dei dati qui presentati si consiglia una loro accurata lettura. Analogamente si consiglia la loro lettura

a chi desiderasse una precisa comprensione del procedimento utilizzato.

SEZIONE 2

- Misure da satellite
- Calcolo della brillantezza artificiale
- Calcolo della magnitudine limite
- Confronto con la distribuzione di popolazione
- Calcolo degli errori

Misure da satellite

Questo studio utilizza i dati ottenuti dai satelliti del Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) dell'Aeronautica Militare degli Stati Uniti (USAF). Si tratta di satelliti in orbita polare a circa 830 km di altezza con un periodo orbitale di 101 minuti che eseguono una copertura completa dell'intero pianeta due volte al giorno. I satelliti di questo programma ottengono dati sulle emissioni luminose prodotte da sorgenti sulla superficie terrestre. La prima immagine del mondo da satellite venne ottenuta nel 1989 da Sullivan (1989, 1991) ma non distingueva tra luci stabili e luci non persistenti, quali ad esempio gli incendi. Fino al 1992, inoltre, i dati furono disponibili esclusivamente su pellicola e non in forma digitale. A metà degli anni '90 Elvidge et al. (1997) produsse una mappa globale delle emissioni “stabili” di luce utilizzando dati ottenuti in diverse orbite. Tuttavia questi dati non erano direttamente utilizzabili per studi quantitativi a causa della saturazione del rivelatore del satellite prodotta dalle forti emissioni luminose delle città ai regimi di amplificazione utilizzati nella normale pratica osservativa. La prima serie di misure con regimi ridotti di amplificazione in modo da evitare la saturazione del rivelatore del satellite venne ottenuta nel 1996 e nel 1997 su richiesta del National Geophysical Data Center (NGDC), l'istituto che ha l'incarico di archiviare i dati dei satelliti DMSP. Con queste misure i ricercatori del NGDC hanno prodotto la prima mappa globale calibrata della radianza della superficie terrestre dovuta alle sorgenti luminose artificiali (Elvidge et al. 1999).

Oggi questo genere di misure viene ripetuto periodicamente consentendo un monitoraggio globale continuato. Per questo studio abbiamo utilizzato proprio quel primo set di dati disponibili.

Lo strumento utilizzato per le misure di radianza è un radiometro oscillante chiamato Operational Linescan System (OLS) in grado di ottenere immagini bidimensionali nel visibile e nell'infrarosso (Lieske 1981). In sintesi, ad ogni oscillazione l'OLS misura una sottile striscia del nostro pianeta perpendicolare all'orbita e lunga 3000 km. Oscillazione dopo oscillazione e striscia dopo striscia, mano a mano che il satellite procede nella sua orbita viene costruita un'immagine bidimensionale ove ogni pixel contiene la misura effettuata nel punto corrispondente. Di notte l'OLS utilizza un tubo fotomoltiplicatore (PMT) attaccato ad un telescopio riflettore da 20 cm per intensificare i segnali nel visibile. La sua risposta spettrale è ampia, da 440 nm a 940 nm con la maggior sensibilità nella regione tra 500 nm e 650 nm, che copre l'intervallo dove le lampade per illuminazione esterna notturna hanno le principali emissioni: vapori di Mercurio (545 nm e 575 nm), sodio ad alta pressione (da 540 nm a 630 nm) sodio a bassa pressione (589 nm).

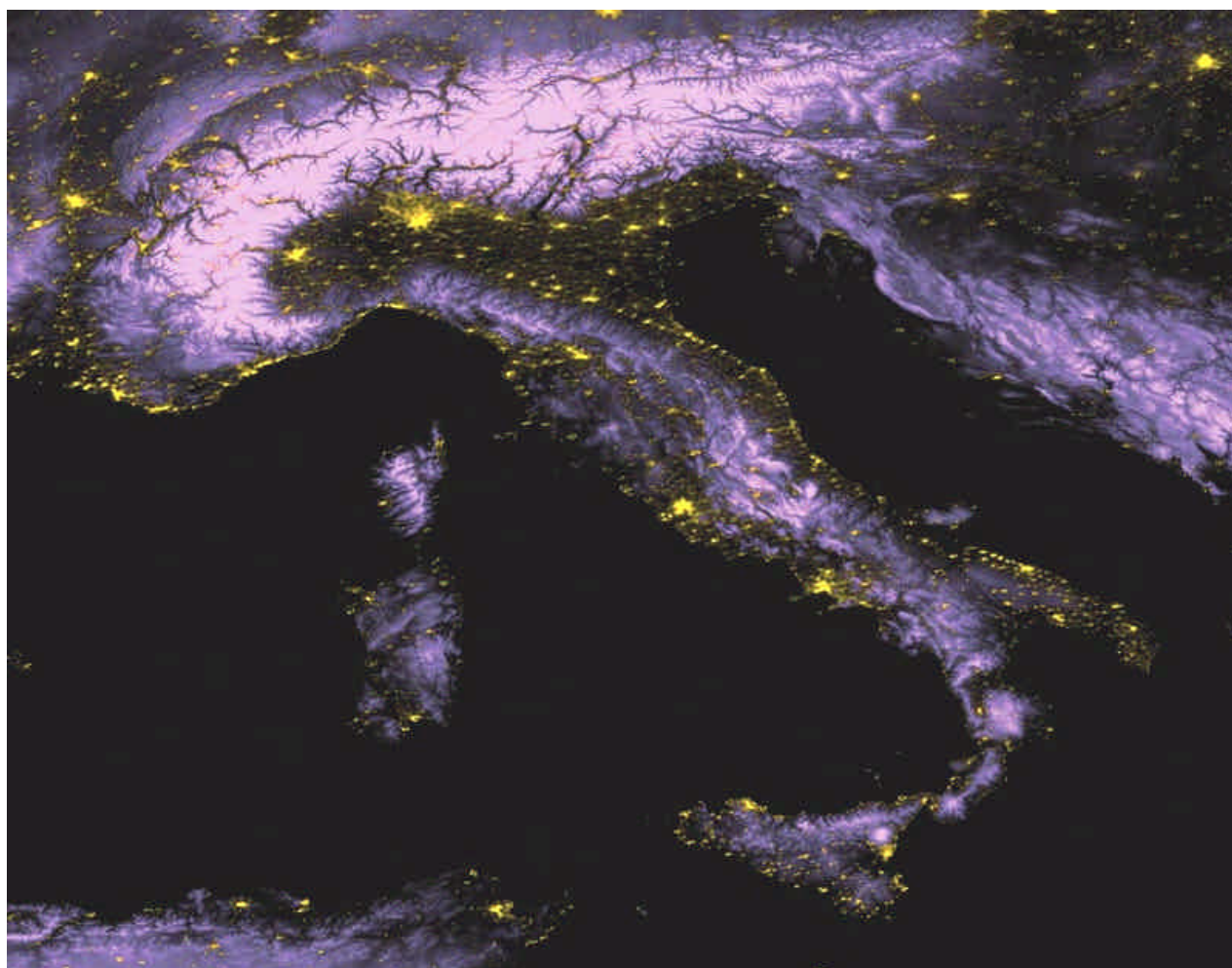


Figura 1. L'Italia di notte da satellite con sovrapposte le montagne.

In questo lavoro abbiamo utilizzato misure di radianza ottenute in 28 notti senza luna nel 1996-97. I principali passaggi nella riduzione dei dati da satellite (Elvidge et al. 1999) sono:

- 1) acquisizione dei dati con amplificazione ridotta (24, 40 e 50dB) per evitare la saturazione nei centri urbani e superare i limiti della dinamica del rivelatore. Gli algoritmi automatici che regolano l'amplificazione sono stati disabilitati.
- 2) revisione delle immagini da ogni singola orbita (sottrazione del rumore, pulizia delle righe difettose, dei raggi cosmici e dei riflessi della luce solare)
- 3) calibrazione dei dati OLS in radianza usando la calibrazione dello strumento OLS-PMT eseguita prima del lancio
- 4) identificazione delle nubi nelle immagini nell'infrarosso termico (TIR OLS)
- 5) geolocalizzazione delle luci e delle nubi in una griglia di riferimento con risoluzione spaziale migliore di quella delle immagini iniziali (30x30 secondi d'arco in una proiezione latitudine/longitudine pari a circa 0.9x0.6 km alla latitudine 45°N)
- 6) determinazione della radianza media di ogni area per le immagini senza nubi a medio e a basso guadagno (ciascuna ha almeno 3 osservazioni senza nubi)
- 7) composizione delle due immagini a basso e medio guadagno eliminando le luci non stabili
- 8) deconvoluzione di Lucy-Richardson per migliorare la risoluzione (non applicata per la mappa a livello del mare).
- 9) conversione della radianza dalla banda di sensibilità dell'OLS-PMT alla banda fotometrica V.

Il flusso luminoso per unità di angolo solido emesso in direzione del satellite è stato ottenuto dalla radianza in base alla calibrazione dello strumento OLS-PMT eseguita prima del lancio e tenendo conto dell'assorbimento atmosferico e della superficie dell'area. La calibrazione è stata testata con misure fatte da terra (per le referenze bibliografiche delle misure utilizzate si veda Cinzano, Falchi, Elvidge, Baugh 2000, Cinzano, Falchi, Elvidge 2001a,b e Falchi 1998). Il flusso luminoso per unità di angolo solido emesso nelle altre direzioni è stato stimato in base ad una funzione di emissione normalizzata media, in accordo sia con uno studio specifico fatto utilizzando misure ottenute da orbite differenti e sia con gli altri studi di brillantezza artificiale del cielo disponibili (si vedano gli articoli citati per i dettagli).

Calcolo della brillantezza artificiale

Con il termine generico tradizionale di "brillantezza del cielo notturno" in astronomia si intende il flusso (di qualunque cosa) proveniente da un unità di angolo solido di cielo che incide in un unità di superficie del rivelatore, perpendicolare alla direzione di incidenza. La brillantezza viene misurata con diverse unità, a seconda di ciò che costituisce tale flusso (es. la brillantezza radio si misura in jansky). Nel nostro caso ciò che si misura sono i fotoni nella banda di sensibilità dell'OLS-PMT, convertito in seguito alla banda fotometrica V, e quindi la quantità misurata è più precisamente una radianza fotonica. Essa può essere convertita con una accettabile approssimazione nella tradizionale "brillantezza astronomica" in banda V, espressa in magnitudini per secondo d'arco, oppure, tenendo conto delle differenze con la curva di sensibilità dell'occhio, nella "luminanza" utilizzata in fotometria visuale.

La brillantezza artificiale del cielo notturno dovuta alla propagazione dell'inquinamento luminoso nell'atmosfera è stata calcolata con la tecnica di Garstang (1986, 1989, 1991, etc.) che tiene conto sia della diffusione Rayleigh da molecole che della diffusione di Mie da parte degli aerosoli, dell'estinzione della luce nel suo percorso e della curvatura terrestre. Abbiamo trascurato gli effetti delle diffusioni successive alla seconda che non sono significative nel caso di cielo limpido e abbiamo tenuto conto

dell'altitudine in base al Digital Elevation Model dell' US Geological Survey (Gesch, Verdin & Greenlee 1999).

Per ottenere la mappa della brillantezza artificiale del cielo notturno abbiamo diviso il territorio con una griglia in modo tale che ogni area avesse le stesse dimensioni e la stessa posizione delle proiezioni sulla superficie terrestre dei pixel dell'immagine composita ottenuta con i dati del satellite. Quindi abbiamo calcolato la brillantezza artificiale in direzione dello zenith al centro di ogni area corrispondente ad un pixel, prodotta da tutte le aree circostanti entro un raggio di 200 km.

I principali passaggi sono:

- 1) calcolo dell'illuminamento prodotto dalla n-esima area di territorio su un volume infinitesimo di atmosfera lungo la linea di vista dell'osservatore situato al centro del pixel, in base al flusso luminoso per unità di angolo solido da essa emessa in quella direzione e all'estinzione della luce nel percorso, tenendo conto degli effetti della curvatura terrestre e dell'altitudine.
- 2) calcolo dell'illuminamento prodotto nello stesso volume di atmosfera dalla luce emessa in altre direzioni e ivi diffusa da molecole e aerosoli.
- 3) calcolo della quantità di luce diffusa verso l'osservatore dalle molecole nel volume di atmosfera.
- 4) calcolo della quantità di luce diffusa verso l'osservatore dagli aerosoli nel volume di atmosfera.
- 5) calcolo della quantità totale di luce che giunge all'occhio dell'osservatore, tenendo conto dell'estinzione lungo il percorso.
- 6) integrazione dei contributi di tutti i volumi infinitesimi lungo la linea di vista.
- 7) somma dei contributi di tutte le aree nel raggio di 200 km.
- 8) ripetizione del calcolo per il centro di ogni pixel della griglia.
- 9) correzione della calibrazione dal 1996-1997 al 1998-1999 in base alle misure di brillantezza da terra (si veda Cinzano et al. 2000a, 2001a per le referenze bibliografiche delle misure utilizzate).

Abbiamo associato i nostri risultati con parametri precisi legati al contenuto di aerosoli dell'atmosfera in modo che le condizioni atmosferiche per cui i nostri risultati sono validi siano ben note. Le condizioni atmosferiche sono piuttosto variabili e una accurata valutazione delle condizioni atmosferiche "tipiche" in una "tipica" notte serena di ciascun area è molto difficile, anche per la difficoltà di definire esattamente il significato di "condizioni tipiche". Perciò abbiamo utilizzato lo stesso modello atmosferico in ogni area, la cosiddetta "atmosfera standard" (Garstang 1986,1989, etc.). Questo, tra l'altro, evita di confondere gli effetti dovuti a differenti livelli di inquinamento luminoso con gli effetti dovuti a eventuali variazioni delle condizioni atmosferiche "tipiche".

La risoluzione delle mappe non corrisponde direttamente alla dimensione dei pixels delle immagini originali ottenute dall'OLS. Il campo di vista effettivo dell'OLS è maggiore della distanza tra i pixels che i sistemi elettronici del satellite provvedono a mantenere ed inoltre i dati originali vengono mediati in blocchi di 5 x 5 pixels prima di essere inviati a terra, cosicché nei dati originali la distanza tra i centri di due pixel adiacenti, proiettata sulla terra, è di 2.8 km. Però frequentemente la brillantezza è prodotta dalla somma di molti contributi da sorgenti distanti, nel qual caso la minore risoluzione delle misure non ha effetto e la risoluzione delle mappe corrisponde alla dimensione della griglia utilizzata nella composizione dei dati e nel calcolo delle mappe, ossia 30 x 30 secondi d'arco, pari a circa 0.9x0.6 km alla latitudine 45°N.

La mappa è presentata nella sezione 3.

Calcolo della magnitudine limite

Per calcolare la brillantezza totale è necessario valutare la brillantezza naturale. Abbiamo calcolato quest'ultima con il modello di Garstang (1989) che tiene conto della luce proveniente dall'intero emisfero che viene diffusa da molecole e aerosoli situati lungo la linea di vista dell'osservatore e delle condizioni atmosferiche. L'altitudine è stata ottenuta in base alla mappa digitale GTOPO30 della US Geological Survey (Gesch, Verdin & Greenlee 1999).

La magnitudine limite ossia la magnitudine della stella più debole che un osservatore medio riesce ad osservare è stata ottenuta in base ai lavori di Garstang (2000) e Schaefer (1991) sulla capacità dell'occhio di percepire sorgenti puntiformi sopra uno sfondo luminoso. Come ha mostrato Blackwell (1946) e altri autori, la relazione tra magnitudine limite e brillantezza del cielo non è lineare ed è un concetto statistico. Un certo numero di fattori casuali hanno effetto sulla misura che l'occhio è in grado di fare, quali ad esempio la capacità del singolo occhio, la dimensione della pupilla del singolo osservatore, l'esperienza che rende l'osservatore sicuro di aver visto una stella ad un livello di probabilità diverso da quello di un altro, la durata dell'osservazione e così via. Quindi ciò che noi calcoliamo, pur tenendo conto di una moltitudine di dettagli, è la visibilità stellare di un osservatore medio. Un osservatore esperto potrebbe distinguere stelle più deboli. L'astrofilo americano O'Meara è noto per essere riuscito ad osservare da un sito buio in alta montagna con l'ausilio della iperossigenazione oltre la magnitudine 8. La sezione 4.1 dell'articolo di Cinzano, Falchi, Elvidge (2001a) e le relative figure 5 e 6 illustrano bene questo punto, confrontando le predizioni delle mappe con stime a occhio nudo. Un singolo osservatore dovrebbe costruire la sua curva personale che esprime quanto il suo occhio si discosta dall'osservatore medio alle varie brillanze del cielo e con questa personalizzare la mappa.

Abbiamo convertito la magnitudine apparente stellare, quella che un osservatore realmente percepisce, nella magnitudine sopra l'atmosfera, sottraendo gli effetti dell'estinzione della luce stellare nel suo percorso in atmosfera in base alla descrizione di Snell & Heiser (1968). Questo significa che la magnitudine limite delle mappe è immediatamente confrontabile con quella dei cataloghi stellari.

Riassumendo, i principali passaggi sono:

- 1) calcolo della brillantezza naturale in ogni punto della griglia in base all'altitudine
- 2) determinazione della brillantezza totale
- 3) calcolo della magnitudine limite apparente in base alla brillantezza dello sfondo per il campione di popolazione scelto
- 4) calcolo della magnitudine limite "sopra l'atmosfera" tenendo conto dell'estinzione della luce stellare nel suo percorso in atmosfera.

Le mappe sono presentate nella sezione 3.

Confronto con la distribuzione della popolazione

Abbiamo confrontato le mappe con il database della densità di popolazione Landscan 2000 del Dipartimento dell'Energia (DOE) degli Stati Uniti (Dobson et al. 2000), verificando la corretta sovrapposizione tra le mappe e i dati di densità di popolazione. La griglia di questo database ha la stessa

dimensione di quella delle nostre mappe, 30 x 30 secondi d'arco. Abbiamo quindi ottenuto una serie di dati statistici per l'intera nazione, le singole regioni e le singole province, calcolando la percentuale di popolazione che, in condizioni atmosferiche di cielo limpido standard, vive sotto un cielo di data brillantezza o è in grado di percepire stelle di data magnitudine. La statistica ottenuta è presentata nella sezione 4.

Abbiamo calcolato anche la superficie del territorio in cui la brillantezza del cielo oppure la magnitudine limite supera alcuni valori, sempre in condizioni di cielo limpido standard.

I nostri risultati, sia le mappe che la statistica, si riferiscono a misure effettuate nel 1996-1997 e calibrate al 1998-1999, per cui dato che i tassi di crescita dell'inquinamento luminoso raggiungono anche il 10% annuo (Cinzano 2000), la situazione attuale potrebbe essere peggiore.

Valutazione degli errori

I confronti delle mappe della brillantezza artificiale e della brillantezza totale con misure fotometriche eseguite con strumenti accurati dalla superficie terrestre (Cinzano et al. 2000; Cinzano et al. 2001), indicano che lo scarto quadratico medio è inferiore a 0.35 mag V nel caso delle mappe della brillantezza totale e al 60% nel caso delle mappe della brillantezza artificiale a livello del mare (si vedano le figure negli articoli citati). A causa della scarsità di misure disponibili, nel confronto sono state usate anche misure fatte in siti che non erano a livello del mare, e questo spiega perché gli scarti siano maggiori nel secondo caso. Anche lo scarto quadratico medio di 0.35 mag (circa il 38%) è probabilmente sovrastimato. Infatti non è disponibile alcuna informazione precisa sulle condizioni atmosferiche al momento delle misure utilizzate in questo confronto, ad eccezione di una generica informazione che il cielo era sereno, e quindi in tale scarto è compreso l'effetto della differenza tra le condizioni atmosferiche al momento della misura e quelle per cui le mappe sono state calcolate. Il confronto andrebbe fatto sempre con misure eseguite con le stesse condizioni atmosferiche per cui sono state fatte le mappe. Quindi è verosimile che la precisione delle mappe sia in realtà ben più elevata. Infatti confrontando alcune mappe del cielo in singoli siti ottenute di recente dal nostro gruppo con misure prese in notti sicuramente fotometriche, lo scarto quadratico medio è risultato inferiore alle 0.1 mag V (circa il 10%).

In ogni caso bisogna ricordare che la brillantezza artificiale nelle mappe copre un intervallo molto esteso che va da 0.11 a più di 27 volte la brillantezza naturale con livelli ognuno tre volte maggiore del precedente e che la brillantezza totale copre un intervallo di più di 4 magnitudini con livelli che distano tra loro 0.5 mag. Gli scarti citati sono quindi ragionevoli rispetto all'ampiezza dei livelli e degli intervalli in gioco. Infine bisogna tenere conto che la metodologia utilizzata è stata introdotta da pochissimo tempo e saranno quindi necessari anni di lavoro per raffinare e rendere più accurati tutti i diversi elementi che entrano in gioco fino ad arrivare ad una precisione inferiore all'1% che è il nostro obiettivo.

La principale sorgente di errore nelle mappe è data dalle differenze tra la funzione media di emissione adottata nel calcolo e le funzioni di emissione delle singole aree coinvolte nella produzione della brillantezza artificiale che possono scartare dalla media per effetto delle abitudini locali di illuminazione, di impianti di illuminazione particolarmente potenti e inquinanti o di ordinanze e leggi contro l'inquinamento luminoso, per la maggior parte non ancora esistenti al momento delle misure. Tuttavia nella maggior parte del territorio italiano la brillantezza è prodotta dalla somma dei contributi di moltissime sorgenti (ad es. ci sono più di 1500 comuni in 150 km attorno ad un sito ai margini della pianura veneta o più di 2000 comuni in soli

130 km da un sito nel centro della Lombardia) e quindi è presumibile che eventuali differenze casuali siano smorzate per effetto della media. In ogni caso stiamo sviluppando un metodo per determinare la funzione di emissione di ogni singola area che dovrebbe permettere un miglioramento notevole della precisione.

La schermatura da parte delle montagne è stata trascurata nelle mappe di questo rapporto a causa dell'eccessivo tempo di calcolo necessario. Per le ragioni geometriche illustrate in Cinzano et al. (2000, 2001a) essa ha un effetto non trascurabile solo quando le sorgenti sono vicinissime a montagne o colline oppure quando l'osservatore si trova in una valle (si confrontino ad es. le fig. 7 e 8 di Cinzano et al. 2001a).

La relazione tra magnitudine limite e brillantezza del cielo non è lineare ed è un concetto statistico. Quindi il confronto con i risultati di ampie campagne osservative come ad esempio quelle ottenute durante il monitoraggio previsto nel progetto didattico del Ministero della Pubblica Istruzione e dell'Unione Astrofili Italiani "Gli studenti fanno vedere le stelle" (Corbo 2000, vedi anche le figg. 5 e 6 in Cinzano et al. 2001a) è fondamentale per valutare la correttezza dei risultati ma non consente di distinguere tra la dispersione dovuta alle differenze nella capacità degli osservatori e quella dovuta ad eventuali scarti casuali tra le previsioni della mappa e le misure.

Nel confronto dei risultati delle mappe con la distribuzione della popolazione una primaria causa di errore è costituita dal database della densità di popolazione Landscan 2000. Si tratta di un prodotto molto giovane che potrebbe necessitare di tempo per aumentare la sua accuratezza. Essendo un prodotto globale la sua verifica paese per paese non è facile. Inoltre questo database fornisce una distribuzione di popolazione di tipo diurno, che tiene conto dei movimenti e delle abitudini collettive di spostamento, piuttosto che una distribuzione residenziale notturna, come sarebbe necessario nel nostro caso. Purtroppo non è disponibile al momento un database più specifico con un analogo dimensione della griglia. I risultati delle statistiche di popolazione vanno quindi considerati come degli indicatori approssimati della situazione in cui si trova la popolazione delle regioni e delle province per quanto riguarda la percezione del cielo notturno, piuttosto che come dei numeri di elevata precisione con cui stilare improbabili graduatorie.

Le mappe e le statistiche non tengono conto degli effetti di prossimità ossia di come sono distribuiti gli impianti nelle immediate vicinanze dell'osservatore. I valori previsti dalle mappe assumono che l'osservatore si trovi ad una certa distanza dagli impianti più vicini (vedi Cinzano et al. 2000) e vanno confrontati con quelli che si misurerebbero da un'area senza impianti nelle immediate vicinanze, come, ad esempio, un parco pubblico non illuminato all'interno di una città. Chi vive di fronte ad un centro commerciale illuminato tutta la notte può riscontrare una qualità del cielo peggiore di quella prevista nelle mappe. La visibilità del cielo da una piazza illuminata sarà in generale molto peggiore di quella prevista. Questo significa che nelle città tipicamente la situazione per un osservatore del cielo potrebbe essere peggiore di quella indicata nelle mappe e nelle statistiche. Un esempio tipico è costituito dalla prima colonna della tabella 3. Essa indica che in quasi tutte le province il 100% della popolazione vede stelle di magnitudine 4, ma talvolta è già difficile vedere stelle di magnitudine 3.5.

Mappe dello stato del cielo in Italia

Descrizione e presentazione delle mappe.

Questo capitolo presenta le mappe dello stato del cielo in Italia. I lettori dovrebbero tenere presente il significato delle varie mappe e le loro differenze nell'interpretare i risultati di questo studio e la statistica associata.

M A P P E

- Brillanza artificiale a livello del mare (aree inquinate)
- Brillanza totale del cielo notturno (luminosità del cielo)
- Magnitudine limite (visibilità delle stelle)
- Perdita di magnitudine (aree inquinate)
- Crescita dell'inquinamento luminoso (evoluzione e prospettive)

Le mappe sono state calcolate per un atmosfera limpida standard con *aerosol clarity* $K=1$ (Garstang 1986, 1989), corrispondente ad un estinzione verticale nella banda fotometrica astronomica V di 0.33 magnitudini a livello del mare, 0.21 mag a 1000 m sul livello del mare e 0.15 mag a 2000 m, e ad una visibilità orizzontale a livello del mare di 26 km. Le mappe sono state ottenute con misure prese nel 1996-97 e calibrate al 1998-1999 in base a misure di brillanza del cielo ottenute da terra in quel periodo. La dimensione di ogni pixel è di 30 x 30 secondi d'arco in una proiezione latitudine/longitudine che corrisponde approssimativamente a 0.9x0.6 km alla latitudine di 45°N. I bordi nazionali sono solo indicativi.

Il significato concettuale delle grandezze nelle mappe è riassunto nella tabella seguente:

Tabella 1

Grandezza	Cosa indica:
Brillanza artificiale a livello del mare	Inquinamento luminoso in atmosfera, aree più inquinate e più inquinanti
Brillanza totale con altitudine	Luminosità del cielo
Magnitudine limite	Visibilità delle stelle
Perdita di magnitudine	Degrado della visibilità delle stelle

Brillanza artificiale a livello del mare

Queste mappe mostrano la brillantezza artificiale del cielo notturno allo zenith in notti limpide normali nella banda fotometrica V, ottenute per integrazione dei contributi prodotti da ogni area di superficie circostante per un raggio di 200 chilometri da ogni sito. Ogni contributo è stato calcolato tenendo conto di come si propaga nell'atmosfera la luce emessa verso l'alto da quell'area e misurata con i satelliti DMSP. Abbiamo tenuto conto dell'estinzione della luce nel suo percorso, della diffusione da molecole e aerosoli e della curvatura della Terra. Il metodo è descritto brevemente nella sezione 2 e più in dettaglio nelle pubblicazioni ivi citate.

Essendo interessati a comprendere e confrontare la distribuzione dell'inquinamento luminoso e dei suoi effetti piuttosto che nel predire la brillantezza del cielo per scopi osservativi, le mappe del primo tipo sono state calcolate a livello del mare così da evitare l'introduzione di effetti dovuti all'altitudine.

Le mappe della brillantezza artificiale del cielo notturno a livello del mare sono utili per confrontare i livelli di inquinamento luminoso in atmosfera prodotti dalle varie sorgenti o presenti nelle varie aree, per determinare quelle più o meno inquinate e per identificare le porzioni di territorio più inquinanti e le maggiori sorgenti.

Queste mappe intendono mostrare i livelli di inquinamento nell'atmosfera più che la visibilità delle stelle o la luminosità effettiva del cielo in un sito che è lo scopo delle mappe successive. L'aver eseguito il calcolo per il livello del mare e per atmosfera limpida standard consente di confrontare l'inquinamento di aree diverse senza essere confusi dagli effetti introdotti dall'altitudine o da variazioni nelle condizioni atmosferiche. Esse sono utili anche per determinare le aree più scure, laddove per "più scure" si intendano quelle con meno luce artificiale in atmosfera e non quelle da cui si vedono meglio le stelle, compito quest'ultimo delle mappe successive.

Tuttavia l'effetto dell'altitudine è abbastanza piccolo confrontato all'intervallo di validità di queste mappe che va da 0.01 a 27 volte la brillantezza naturale con livelli logaritmici per cui ogni livello indica una brillantezza artificiale tre volte maggiore del precedente. Ad esempio salendo dal livello del mare a 1350 m la brillantezza del cielo in corrispondenza del Monte Ekar, ai bordi della pianura veneta, diminuirebbe solo di circa il 20%. Naturalmente poiché il livello è piccolo rispetto la scala delle mappe ma tutt'altro che piccolo in assoluto, si devono usare le mappe successive qualora l'altitudine risulti importante o sia la brillantezza effettiva ad interessare.

Queste mappe non danno informazioni sulla visibilità delle stelle ma solo sulla brillantezza del cielo. Tuttavia poiché le aree più popolate si trovano solitamente a livello del mare, spesso sono stati usati in prima approssimazione anche per dare un'idea della visibilità stellare o della Via Lattea. Ad esempio le aree di colore arancio approssimativamente indicano le zone in cui è molto difficile che un osservatore medio in notti limpide normali riesca a vedere la Via Lattea. Il limite effettivo di invisibilità grossomodo sta tra l'arancio e il rosso (dove la brillantezza artificiale è circa sei volte la brillantezza naturale di riferimento).

I livelli della brillantezza artificiale sono espressi come frazione della brillantezza naturale di riferimento ($8.61 \cdot 10^7 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ oppure $252 \mu\text{cd/m}^2$).

Tabella 2

<11%	nero
11-33%	blu
33-100%	verde
1-3	giallo
3-9	arancio
>9	rosso

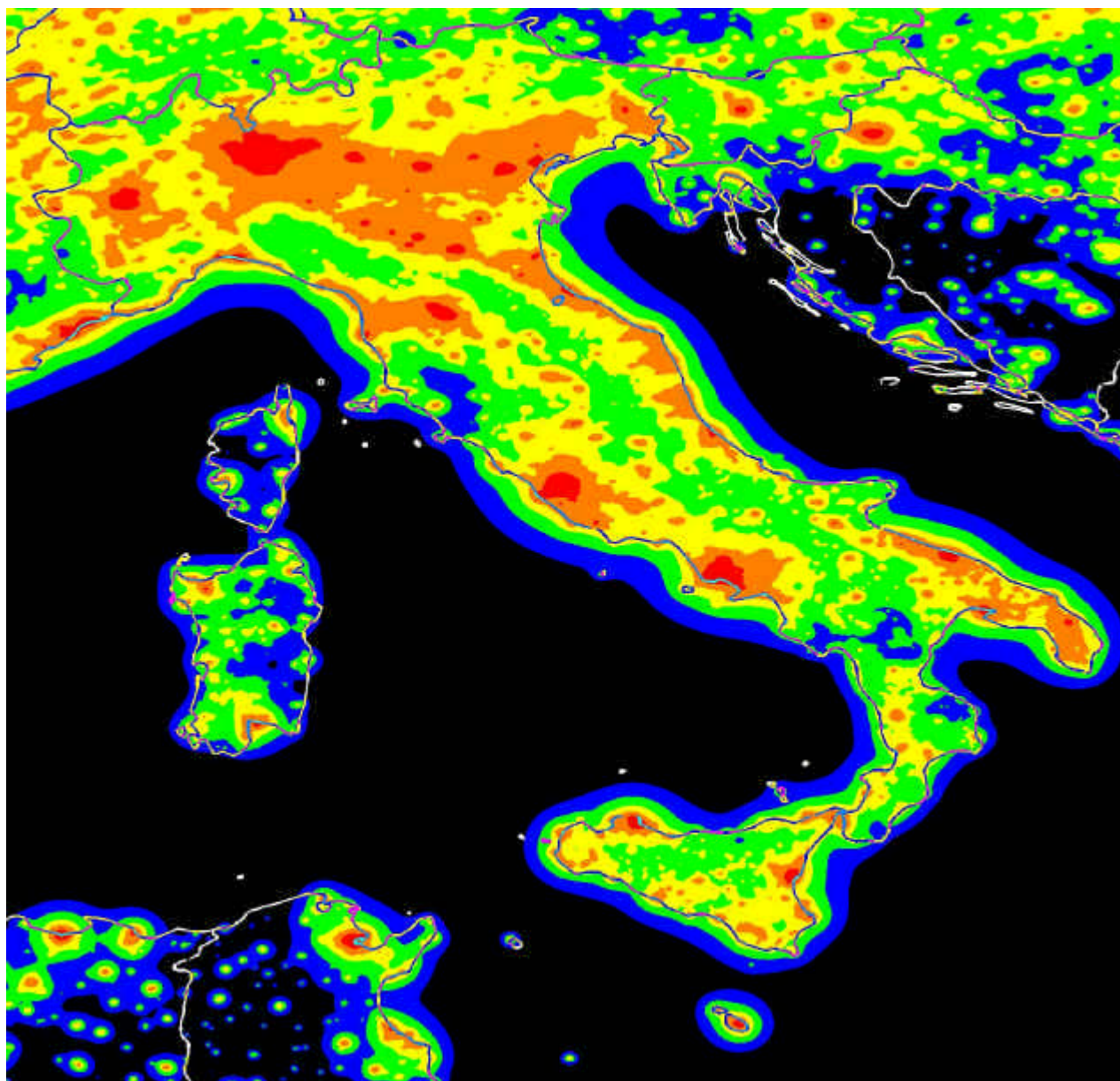


Figura 2. Brillanza artificiale del cielo notturno a livello del mare.

da [The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurements](#) P. Cinzano (1), F. Falchi (1), C.D. Elvidge (2), Baugh K. (2) ((1) Dipartimento di Astronomia Padova, Italy, (2) Office of the director, NOAA National Geophysical Data Center, Boulder, CO), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 318, 641-657 (2000)

Brillanza totale del cielo notturno

La mappa della brillantezza totale del cielo notturno fornisce un'indicazione della qualità del cielo notturno in un territorio. Essa è stata calcolata allo zenith tenendo conto dell'altitudine e della brillantezza naturale del cielo (anch'essa funzione dell'altitudine). L'altitudine ha effetto sulla brillantezza naturale del cielo, sulla brillantezza artificiale e sulla estinzione della luce stellare ed è stata ottenuta da una mappa digitale (DEM). La brillantezza naturale dipende dalla direzione di osservazione e dall'altitudine ed è stata ottenuta con i modelli di Garstang (1989) che tengono conto della luce naturale proveniente da tutto il cielo che viene diffusa dalle particelle e dalle molecole lungo la linea di vista dell'osservatore per le condizioni atmosferiche assunte.

Le aree più buie (colore bianco) sembrano leggermente più estese in questa mappa che in quella della brillantezza artificiale a livello del mare. Si tratta di un effetto apparente dovuto all'ampio intervallo tra livelli diversi (0.5 magnitudini per secondo d'arco quadrato) che non mette in evidenza le aree dove la brillantezza artificiale è solo una frazione di quella naturale.

Presentiamo qui di seguito una tabella che associa alla brillantezza del cielo in magnitudini per secondo d'arco un giudizio qualitativo sulla sua luminosità allo zenith. Pur senza alcuna pretesa di accuratezza, essa può essere utile ai non esperti per comprendere il significato dei valori di brillantezza in legenda. Si tenga conto che ogni giudizio è sempre soggettivo. Un cielo di 21 mag/arcsec² può essere considerato estremamente luminoso per un sito che aveva un cielo molto buono.

Tabella 3

<19.5 mag/arcsec ²	cielo fortemente luminoso
20 mag/arcsec ²	cielo molto luminoso
20.5 mag/arcsec ²	cielo luminoso
21 mag/arcsec ²	cielo poco luminoso
21.5 mag/arcsec ²	cielo mediamente buio
>21.5 mag/arcsec ²	cielo estremamente buio

I livelli colorati nella mappa corrispondono ad una brillantezza totale in magnitudini V per secondo d'arco quadrato di:

Tabella 4

>21.5	bianco
21-21.5	verde
20.5-21	verde scuro
20-20.5	kaki
19.5-20	giallo
19-19.5	giallo scuro
18.5-19	rosa
18-18.5	arancio
17.5-18	marrone
<17.5	rosso scuro

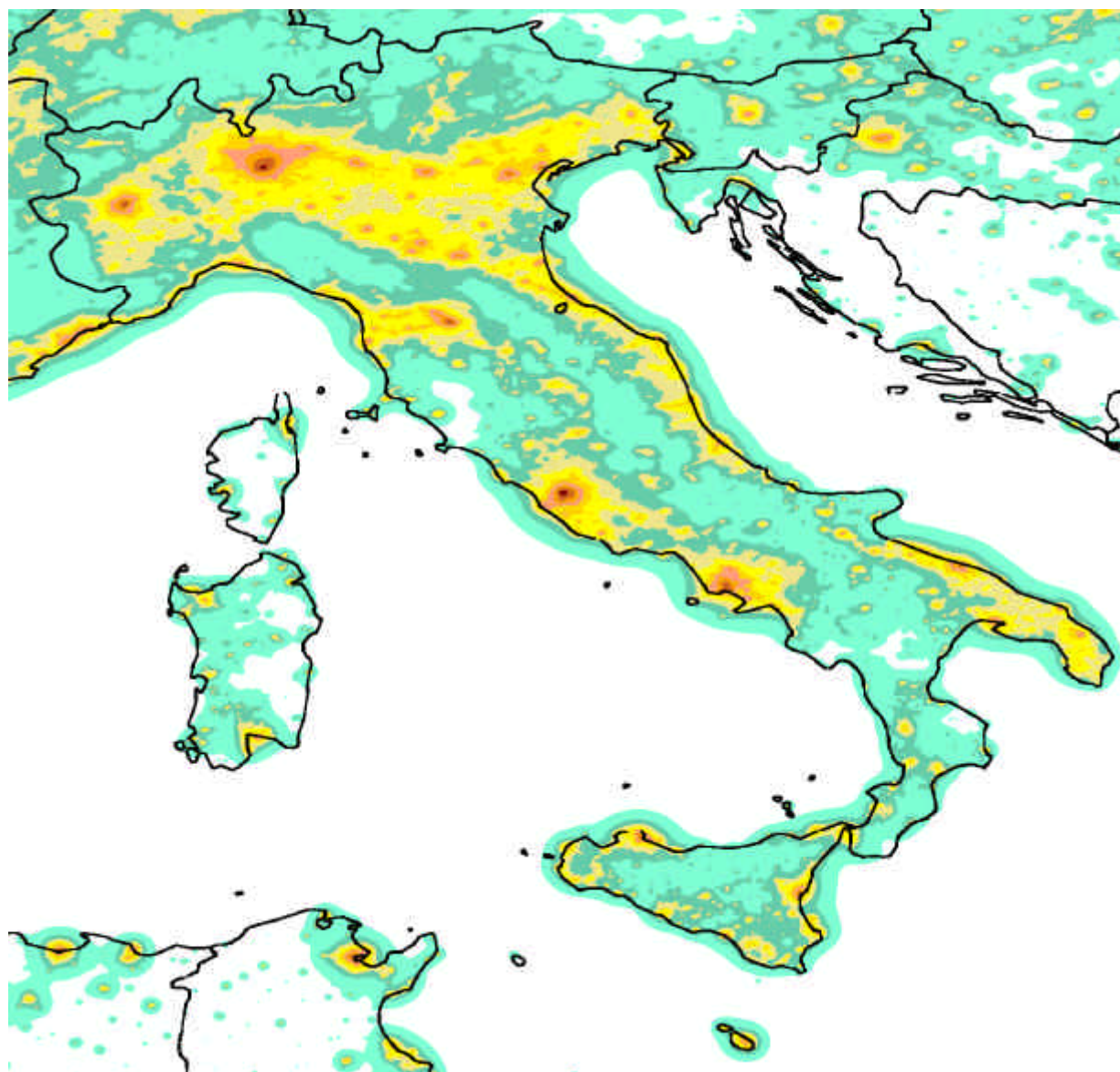


Figura 3. Brillanza totale del cielo notturno.

da [Naked eye star visibility and limiting magnitude mapped from DMSP-OLS satellite data](#), P. Cinzano (1), F. Falchi (1), C.D. Elvidge (2)((1) Dipartimento di Astronomia Padova, Italy, (2) Office of the director, NOAA National Geophysical Data Center, Boulder, CO), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 323, 34-46 (2001)

Visibilità delle stelle a occhio nudo

La mappa della visibilità delle stelle ad occhio nudo, ossia della magnitudine limite ad occhio nudo, indica la possibilità della popolazione di vedere stelle di una data luminosità (o magnitudine). La mappa è calcolata per lo zenith e tiene conto dell'altitudine, dell'estinzione della luce delle stelle nel suo tragitto nell'atmosfera e della capacità dell'occhio medio di distinguere sorgenti puntiformi su uno sfondo luminoso.

Questa mappa, è bene precisare, non da alcuna indicazione precisa sulla luminosità del cielo o sull'inquinamento luminoso perché l'altitudine e l'estinzione della luce confondono i risultati. Ad esempio, le montagne vicino al Nord dell'immagine potrebbero sembrare non inquinate dal momento che la magnitudine limite è la stessa che si vede nelle zone non inquinate del mare all'angolo in basso a sinistra. Tuttavia l'estinzione della luce stellare è minore per un sito in quota che per un sito a livello del mare, perché la luce incontra meno particelle e molecole diffondenti nel suo più breve tragitto. Quindi la magnitudine limite aumenta con l'altitudine. In conclusione il fatto che le montagne abbiano la stessa magnitudine limite delle aree di mare non inquinate indica che le montagne sono **TALMENTE INQUINATE** che la visibilità delle stelle in quelle zone è confrontabile a quella che si ha a livello del mare in zone non inquinate.

Come Blackwell (1946) e autori hanno mostrato, la relazione tra magnitudine limite e brillantezza del cielo non è lineare e, inoltre, è un concetto statistico. Un numero di fattori agiscono sulle misure dell'occhio (Garstang 2000; Schaefer 1991) come la capacità individuali, le dimensioni individuali della pupilla, l'esperienza che fa sì che un osservatore consideri certa la visione a livelli diversi di probabilità, la durata dell'osservazione e così via. Quindi possiamo solamente predire la visibilità stellare di un osservatore medio pur tenendo conto di numerosi dettagli quali ad esempio il diametro della pupilla dell'osservatore medio che dipende dall'età, differenze di colore tra le sorgenti di laboratorio e le stelle osservate o tra lo sfondo di laboratorio e il cielo notturno, differenze tra la curva di sensibilità della visione notturna e la banda fotometrica V nel calcolo della estinzione stellare, etc.

La mappa mostra il centro della distribuzione statistica della magnitudine limite allo zenith per un campione di osservatori di esperienza media e capacità media, con età media di 40 anni , gli occhi adattati al buio e che osservino con entrambi gli occhi, senza usare tecniche particolari. Come discusso da Schaefer (1991), astrofili esperti potrebbero individuare stelle anche una magnitudine più deboli se la luminosità del cielo consente agli occhi un sufficiente adattamento al buio.

I livelli corrispondono alla magnitudine in banda V:

Tabella 5

>6.0	nero
5.75-6.0	grigio
5.5-5.75	blu
5.25-5.5	blu chiaro
5.0-5.25	azzurro
4.75-5.0	giallo
4.5-4.75	giallo-oro
4.25-4.5	arancio
4.0-4.25	arancio scuro
3.75-4.0	rosso
<3.75	violetto

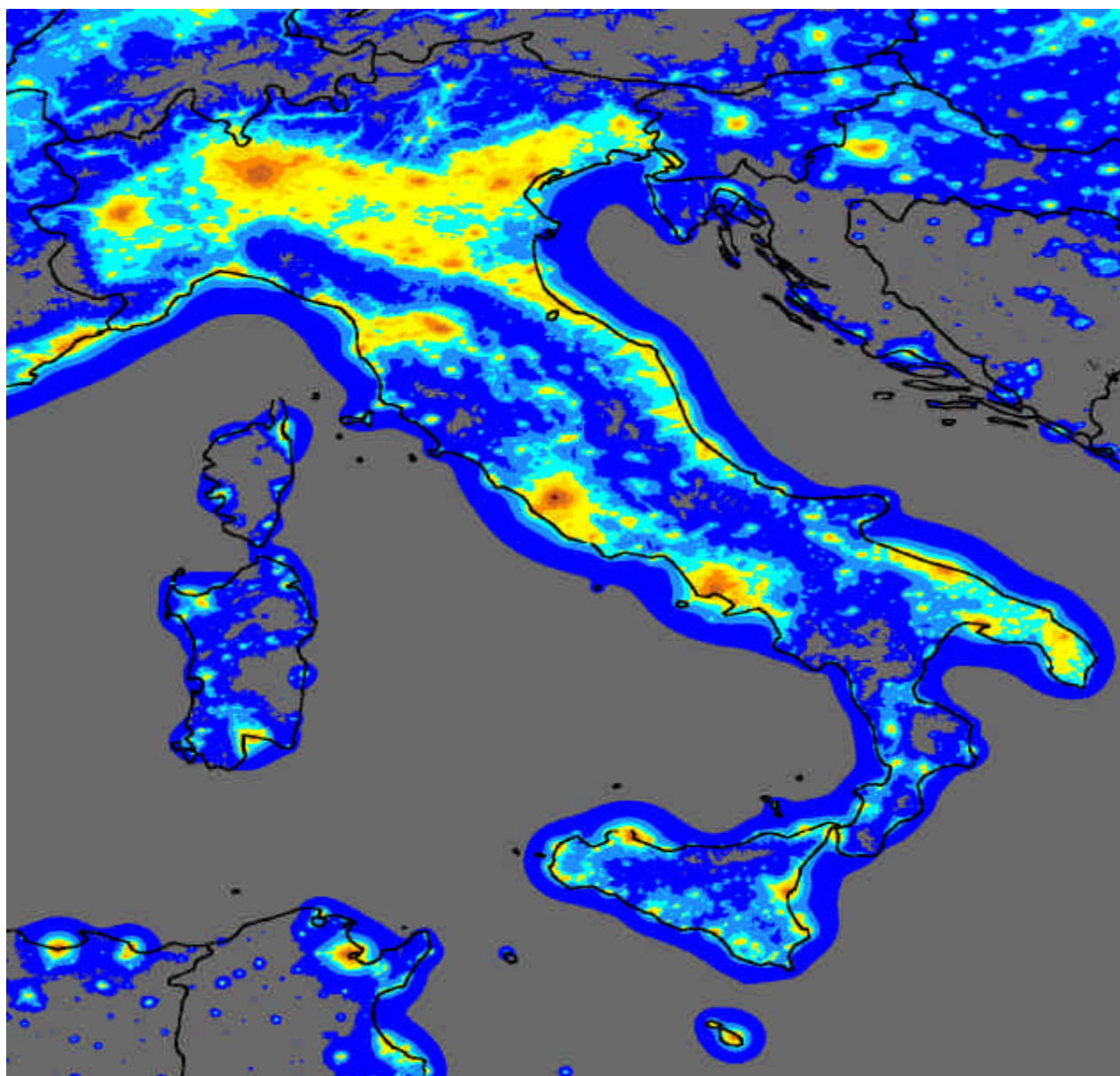


Figura 4. Visibilità delle stelle a occhio nudo.

da [Naked eye star visibility and limiting magnitude mapped from DMSP-OLS satellite data](#), P. Cinzano (1), F. Falchi (1), C.D. Elvidge (2)((1) Dipartimento di Astronomia Padova, Italy, (2) Office of the director, NOAA National Geophysical Data Center, Boulder, CO), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 323, 34-46 (2001)

Un cielo ben fruibile e che non penalizzi troppo l'osservazione astronomica è quello con magnitudine limite superiore a 5.5 mag, indicato nella mappa in blu, grigio e nero. Come si vede non esistono zone sul territorio italiano rappresentate in nero, esse si trovano su montagne poste in zone incontaminate. Anche le zone indicate in grigio e blu, con gli attuali tassi di crescita della brillantezza artificiale, sono destinate a restringersi fino a sparire, a meno di sostanziali interventi legislativi correttivi

Presentiamo qui di seguito una tabella che associa alla magnitudine limite in banda V un giudizio qualitativo sulla qualità del cielo visibile. Si tenga conto che essa non ha alcuna pretesa di accuratezza e rappresenta un

giudizio piuttosto arrischiato, ma riteniamo possa essere un utile guida per i non esperti alla comprensione del significato dei valori in legenda. Si tenga conto che ogni giudizio è sempre soggettivo e che valgono le considerazioni già svolte in precedenza sulle differenze tra un osservatore medio ed un astrofilo esercitato.

Tabella 6

mag 4	cielo appena stellato
mag 4.5	cielo poco stellato
mag 5	cielo moderatamente stellato
mag 5.5	cielo molto stellato
mag 6	cielo ampiamente stellato
mag 6.5	cielo eccezionalmente stellato

Degrado della visibilità delle stelle

La mappa della perdita di magnitudine indica il decadimento della capacità di percepire le stelle da parte della popolazione. Si ottiene semplicemente facendo la differenza tra la mappa della visibilità stellare e una mappa della magnitudine limite ottenuta assumendo che l'inquinamento luminoso sia zero ovunque. A differenza della mappa della visibilità delle stelle, qui gli effetti dell'inquinamento luminoso sono chiaramente visibili anche nelle montagne. Però queste mappe sono meno utili per identificare i migliori siti osservativi. Come prima, la perdita di magnitudine è stata calcolata per un campione di osservatori di esperienza media e capacità media, con età media di 40 anni, gli occhi adattati al buio e che osservino con entrambi gli occhi.

I livelli corrispondono ad una perdita di magnitudine (in magnitudini V):

Tabella 7

<0.1	nero
0.1-0.2	porpora
0.2-0.4	viola
0.4-0.6	blu
0.6-0.8	blu chiaro
0.8-1.0	verde
1.0-1.2	giallo-oro
1.2-1.4	giallo
1.4-1.6	arancio
1.6-1.8	rosso
1.8-2.0	rosa intenso
>2.0	rosa

Il numero di stelle visibili si dimezza grossomodo ogni circa 0.6 magnitudini perse.

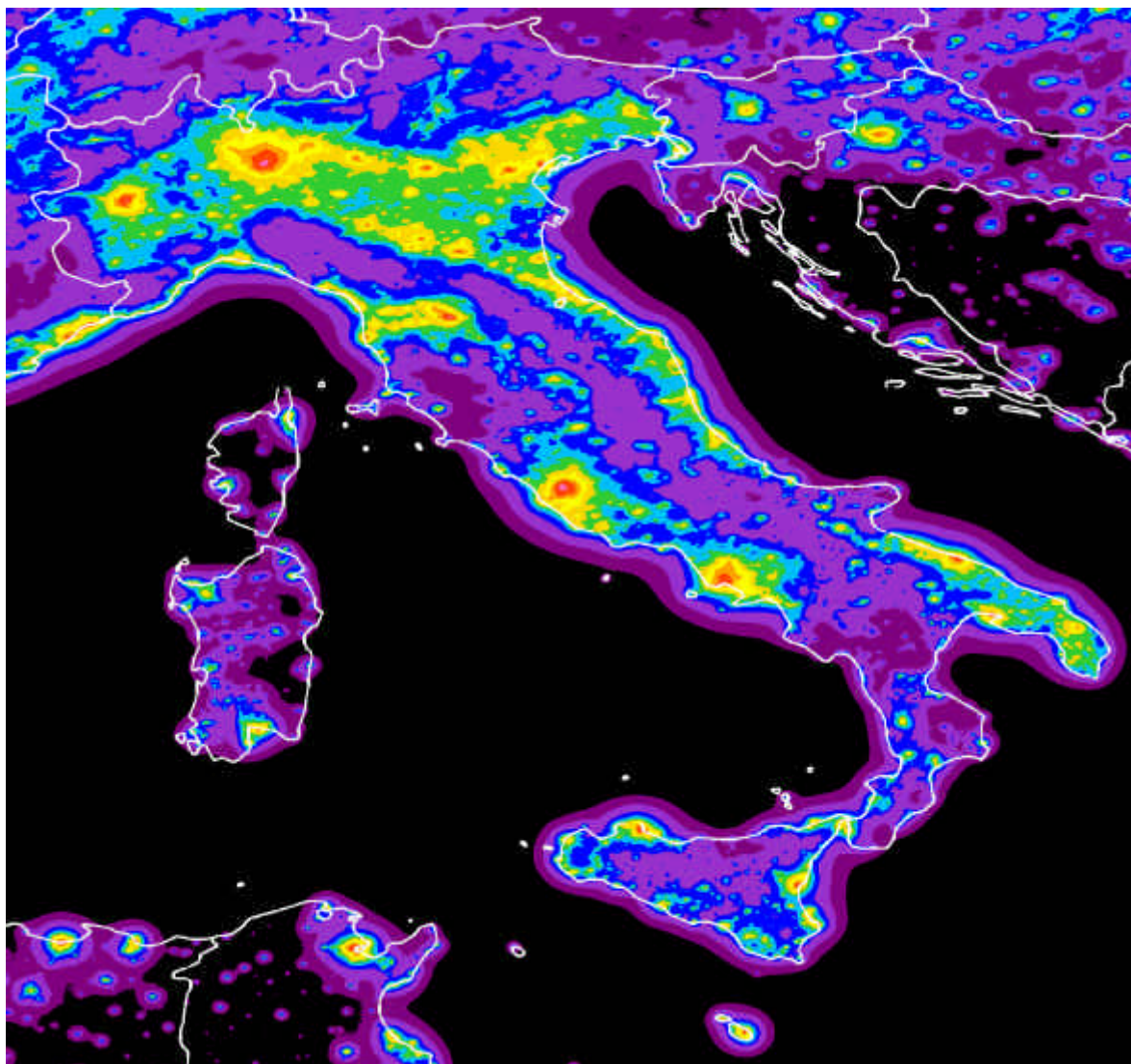


Figura 5. Degrado della visibilità delle stelle a occhio nudo.

Crescita dell'inquinamento luminoso

Un semplice confronto tra le mappe della brillantezza artificiale del cielo ottenute nel 1971 da Bertiau, Treanor and De Graeve (1973) con le analoghe mappe ottenute nel 1998 con lo stesso metodo ma in base alle immagini da satellite, indica una crescita media della brillantezza artificiale sul territorio nazionale di un fattore 7 nel periodo 1971-1998 (Falchi 1998; Falchi, Cinzano, Elvidge 2000). Questo è in accordo come ordine di grandezza con le misure di archivio raccolte da Cinzano (2000) che indicano un incremento esponenziale con un tasso annuo del 10% circa nella Pianura Veneta.

Per dare un'idea di come evolve la situazione, la figura 6 mostra una mappa ottenuta con i dati di Bertiau, Treanor and De Graeve (1973) per il 1971 (sinistra), la nostra mappa a livello del mare per il 1998 (centro) e una mappa che esprime un possibile scenario dello stato del cielo nel 2025 nel caso che non venissero attuati provvedimenti sufficientemente efficaci per limitare l'inquinamento luminoso (destra). Essa è stata ottenuta banalmente assumendo nel periodo 1998-2025 lo stesso incremento medio che è stato registrato

nei 27 anni precedenti. In realtà vi sono indicazioni che questa potrebbe essere una sottostima. Secondo alcuni, ad esempio, alcune recenti variazioni introdotte nella normativa UNI10439 potrebbero favorire un incremento maggiore sia dei consumi di energia elettrica per illuminazione pubblica nei comuni che dell'inquinamento luminoso, almeno negli orari in cui non viene applicata alcuna riduzione di flusso. Tuttavia la mappa **non** tiene conto degli effetti delle leggi contro l'inquinamento luminoso approvate recentemente in molte regioni italiane. Ci si aspetta che provvedimenti legislativi come la legge della Regione Lombardia n.17 del 27 marzo 2000 limitino efficacemente la brillantezza artificiale nelle relative regioni.

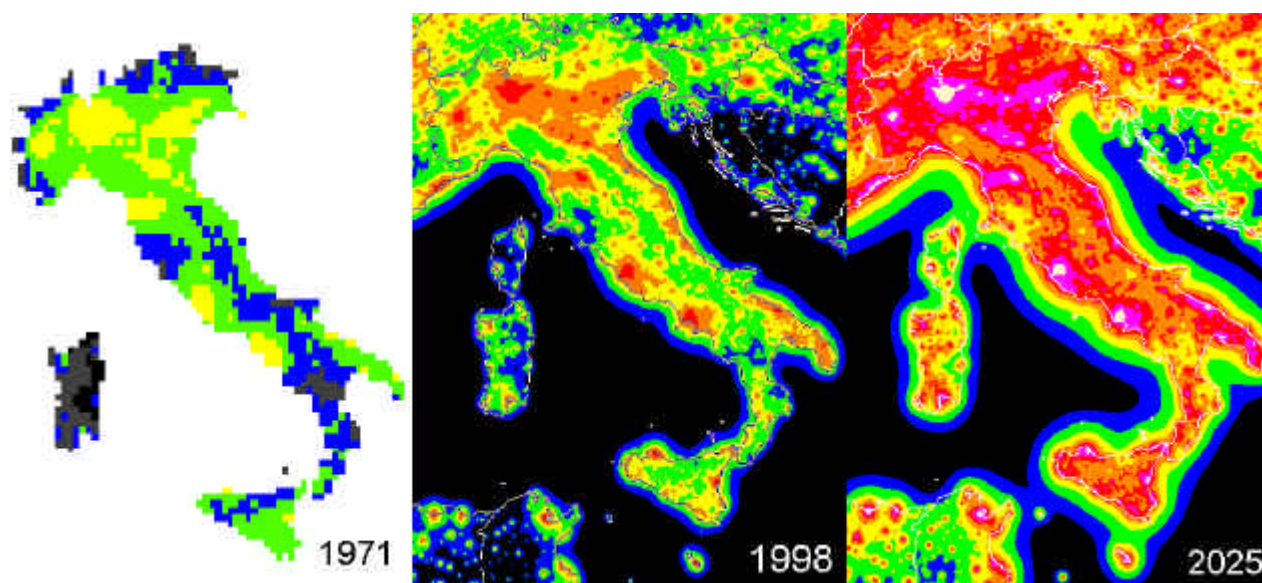


Figura 6. Crescita della brillantezza artificiale del cielo notturno.

I livelli della brillantezza artificiale sono espressi come frazione della brillantezza naturale di riferimento ($8.61 \cdot 10^7 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ oppure $252 \mu\text{cd/m}^2$).

Tabella 8

mappa 1971 (Bertiau et al.)		mappa 1998		mappa 2025	
<5%	nero	<11%	nero	<11%	nero
6-15%	grigio				
16-35%	blu	11-33%	blu	11-33%	blu
36-110%	verde	33-100%	verde	33-100%	verde
>1.1	giallo	1-3	giallo	1-3	giallo
		3-9	arancio	3-9	arancio
		>9	rosso	9-27	rosso
				27-81	violetto
				>81	bianco

Il colore arancio indica approssimativamente le zone dove la Via Lattea è molto difficile da vedere in notti limpide normali. La figura indica quindi che nel 2025 la Via Lattea potrebbe essere praticamente invisibile in Italia nelle zone a livello del mare dove vive la maggior parte della popolazione. Il Rosso, molto indicativamente corrisponde alle aree da cui si può vedere, dallo zenith fino a una trentina di gradi sopra l'orizzonte, poco più di un centinaio di stelle.

Statistiche

Descrizione e presentazione delle statistiche.

Questa sezione presenta le tabelle con i risultati statistici ottenuti confrontando le nostre mappe con il database della densità di popolazione del Dipartimento dell'Energia (DOE) degli Stati Uniti, la cui griglia ha la stessa dimensione di quella delle nostre mappe, e cioè 30 x 30 secondi d'arco.

STATISTICA

- Popolazione
- Superficie

Si tratta di una serie di dati statistici per l'intera nazione, le singole regioni e le singole province, ottenuta calcolando la percentuale di popolazione che, in condizioni atmosferiche di cielo limpido standard, vive sotto un cielo di data brillantezza o è in grado di percepire stelle di data magnitudine. Abbiamo calcolato anche la superficie del territorio in cui la brillantezza del cielo oppure la magnitudine limite supera alcuni valori, sempre in condizioni di cielo limpido standard. I risultati, sia le mappe che la statistica, si riferiscono a misure effettuate nel 1996-1997 e calibrate al 1998-1999, per cui dal momento che i tassi di crescita dell'inquinamento luminoso raggiungono anche il 10% annuo (Cinzano 2000), la situazione attuale potrebbe essere peggiore.

Come discusso nella sezione 2, i dati statistici qui presentati hanno lo scopo di dare un'idea della situazione della popolazione e del territorio nei confronti del cielo notturno e vanno considerati soltanto indicativi.

Statistiche di popolazione

Le tabelle di questa sezione presentano la percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la brillantezza artificiale e totale del cielo notturno, la magnitudine limite e la perdita di magnitudine **superano** i valori descritti.

La brillantezza artificiale è stata calcolata a livello del mare come nelle mappe della sezione 3. Le altre sono state calcolate tenendo conto dell'altitudine. Gli effetti di eventuali impianti in prossimità dell'osservatore non sono stati inclusi (si veda la sezione sulla valutazione degli errori). Di questo si deve tener conto nell'interpretare risultati tipo "il 100% della popolazione vede stelle almeno di magnitudine 4 dal luogo dove vive" che rappresentano in realtà il caso ideale di un osservatore in un parco cittadino senza illuminazione.

Nelle tabelle riguardanti la brillantezza artificiale i valori esprimono il rapporto tra questa e la brillantezza naturale di riferimento ($8.61 \cdot 10^7 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ oppure $252 \mu\text{cd/m}^2$). Abbiamo scelto i valori corrispondenti ai livelli della relativa mappa (0.11, 0.33, 1, 3, 9, 27).

Per le tabelle riguardanti la brillantezza totale abbiamo scelto i valori di 18, 19, 20 e 21 magnitudini per secondo d'arco quadrato, unità tipicamente usate in astronomia. La scala delle magnitudini è una scala invertita, cioè il cielo diventa più buio andando dalla magnitudine 18 alla magnitudine 21. Quindi queste statistiche, a differenza delle precedenti, indicano la percentuale della popolazione che ha un cielo "più buio" di un certo valore. La brillantezza naturale del cielo notturno in condizioni di media attività solare è tipicamente dell'ordine di 21.6 magnitudini per secondo d'arco quadrato. Nella sezione relativa alla mappa della brillantezza totale si può trovare una tabella che associa al valore numerico della brillantezza un giudizio qualitativo approssimato sulla luminosità del cielo, che può essere utile per avere un'idea del significato dei numeri in didascalia.

Per le tabelle relative alla magnitudine limite abbiamo scelto i valori di 4, 4.5, 5, 5.5 magnitudini nella banda fotometrica V. Anche in questo caso andando dalla magnitudine 4 alla 5.5 si possono vedere stelle sempre più deboli e quindi, in ultima analisi, un maggior numero di stelle. Quindi queste statistiche forniscono la percentuale della popolazione che può vedere stelle più deboli di una certa magnitudine (quindi più stelle). La percentuale della popolazione che può godere di un buon cielo, anche se non ottimale, è quella indicata dalla colonna della magnitudine 5.5. Nella sezione relativa alla mappa della magnitudine limite si può trovare una tabella che associa al valore numerico della magnitudine un giudizio qualitativo orientativo su quanto risulta stellato il cielo notturno, che può essere utile per avere un'idea del significato dei numeri.

Per le tabelle della perdita di magnitudine abbiamo scelto valori da 0.25 a 1.75 con intervalli di 0.25 magnitudini, sempre nella banda fotometrica V. Il numero di stelle visibili si dimezza grossomodo ogni circa 0.6 magnitudini perse. Qui la scala non è invertita e quindi queste statistiche indicano la percentuale della popolazione che si trova ad avere il cielo più degradato di un certo valore.

Le tabelle della percentuale della popolazione che non può più vedere la Via Lattea dalla località dove vive forniscono un limite minimo perché si riferiscono, come le altre, a notti molto limpide. Gran parte della restante popolazione anche se vede la Via Lattea, la vede molto raramente o male. Per avere un'idea della percentuale di popolazione che riesce a vedere la Via Lattea "ragionevolmente bene" si può fare riferimento ai valori relativi alla magnitudine 5 della tabella della magnitudine limite che forniscono la percentuale della popolazione che vive in luoghi da cui si vedono stelle più deboli di quella magnitudine.

Il significato concettuale delle grandezze tabulate è riassunto nella tabella seguente:

Tabella 9

Grandezza	Cosa indica:
Brillantezza artificiale a livello del mare	Inquinamento luminoso in atmosfera, aree più inquinate e più inquinanti
Brillantezza totale con altitudine	Luminosità del cielo
Magnitudine limite	Visibilità delle stelle
Perdita di magnitudine	Degrado della visibilità delle stelle
Visibilità della Via Lattea	Visibilità della Via Lattea

Le cartine alla fine delle tabelle riassumono la situazione nelle varie regioni italiane. Le tabelle associate sono ordinate dalla regione più colpita (in alto) a quella meno colpita (in basso). Le cartine in bianco e nero mostrano in nero le regioni più compromesse e in bianco quelle meno colpite. Le cartine in bianco e blu, al contrario, mostrano in blu le regioni meno colpite ed in bianco quelle più compromesse.

La tabella seguente presenta i risultati ottenuti per l'intera nazione.

Tabella 10

Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 11% della brillantezza naturale	100
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 33% della brillantezza naturale	99
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 100% della brillantezza naturale	96
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 300% della brillantezza naturale	84
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 900% della brillantezza naturale	43
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del 2700% della brillantezza naturale	10
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del limite per considerare il cielo inquinato (10% della brillantezza naturale)	100
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore di quella misurata nei migliori siti astronomici al primo quarto di luna	99*
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore di quella nello stesso luogo con la luna al primo quarto a 15° di altezza	95*
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore di quella misurata nei migliori siti astronomici in prossimità del plenilunio	72*
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza artificiale a livello del mare	è maggiore del limite per adattare l'occhio alla visione notturna	15*
Percentuale della popolazione che vive dove	il cielo non è mai meno luminoso che al crepuscolo nautico		83
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza totale	supera 18 mag/arcsec ²	87
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza totale	supera 19 mag/arcsec ²	58
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza totale	supera 20 mag/arcsec ²	21
Percentuale della popolazione che vive dove	la brillantezza totale	supera 21 mag/arcsec ²	4
Percentuale della popolazione che vive dove	la magnitudine limite	supera la magnitudine 4	99
Percentuale della popolazione che vive dove	la magnitudine limite	supera la magnitudine 4.5	63
Percentuale della popolazione che vive dove	la magnitudine limite	supera la magnitudine 5	22
Percentuale della popolazione che vive dove	la magnitudine limite	supera la magnitudine 5.5	5
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 0.25 magnitudini	98
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 0.50 magnitudini	93
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 0.75 magnitudini	85
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 1.00 magnitudini	69
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 1.25 magnitudini	48
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 1.50 magnitudini	25
Percentuale della popolazione che vive dove	la perdita di magnitudine	supera 1.75 magnitudini	6
Percentuale della popolazione che vive dove	la Via Lattea non è più visibile		55

I valori sono approssimati all'intero più vicino, quindi lo zero significa "minore dello 0.5%" e cento significa "maggiore del 99.5%". Le percentuali segnate con l'asterisco (*), relative alla popolazione che vive dove la brillantezza artificiale a livello del mare supera alcuni valori tipici con la luna o la soglia di adattamento dell'occhio alla visione notturna, si riferiscono al 1996-97 anziché al 1998-99 e sono state tratte dall'Atlante Mondiale della brillantezza artificiale del cielo notturno (Cinzano, Falchi, Elvidge 2001b).

Tab.11 - Percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la brillantezza artificiale supera i valori descritti.

I dati si riferiscono a misure da satellite del 1996-97 calibrate al 1998-99.
La brillantezza artificiale a livello del mare espressa come rapporto con la brillantezza naturale di riferimento (251,9 ucd/m²)

brillantezza artificiale/naturale	0,11	0,33	1	3	9	27
TORINO	100	100	100	97	81	44
VERCELLI	100	100	100	40	0	0
BIELLA	100	100	100	80	0	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	98	81	0	0
NOVARA	100	100	100	85	0	0
CUNEO	100	100	98	72	0	0
ASTI	100	100	100	82	0	0
ALESSANDRIA	100	100	99	77	0	0
VALLE D'AOSTA	100	100	99	72	0	0
IMPERIA	100	100	96	91	0	0
SAVONA	100	100	98	77	0	0
GENOVA	100	100	100	98	76	0
LA SPEZIA	100	100	96	93	31	0
VARESE	100	100	100	100	68	0
COMO	100	100	100	99	85	0
LECCO	100	100	100	96	39	0
SONDRIO	100	100	98	21	0	0
MILANO	100	100	100	100	98	47
BERGAMO	100	100	100	99	77	0
BRESCIA	100	100	100	97	48	0
PAVIA	100	100	100	89	0	0
LODI	100	100	100	100	10	0
CREMONA	100	100	100	92	11	0
MANTOVA	100	100	100	94	6	0
BOLZANO-BOZEN	100	100	92	56	0	0
TRENTO	100	100	100	72	0	0
VERONA	100	100	100	98	50	0
VICENZA	100	100	100	98	22	0
BELLUNO	100	100	96	25	0	0
TREVISO	100	100	100	99	15	0
VENEZIA	100	100	100	90	39	0
PADOVA	100	100	100	99	54	0
ROVIGO	100	100	98	61	0	0
PORDENONE	100	100	99	83	0	0
UDINE	100	100	98	67	27	0
GORIZIA	100	100	100	96	0	0
TRIESTE	100	100	100	100	76	0
PIACENZA	100	100	98	85	31	0
PARMA	100	100	98	93	57	0
REGGIO EMILIA	100	100	99	97	29	0
MODENA	100	100	100	97	53	0
BOLOGNA	100	100	100	96	57	0

FERRARA	100	100	98	55	20	0
RAVENNA	100	100	100	92	33	0
FORLI-CESENA	100	100	98	96	14	0
RIMINI	100	100	100	100	61	0
MASSA-CARRARA	100	100	99	93	0	0
LUCCA	100	100	100	97	0	0
PISTOIA	100	100	100	99	3	0
FIRENZE	100	100	99	97	77	24
PRATO	100	100	100	100	94	0
LIVORNO	100	100	98	88	55	0
PISA	100	100	97	93	1	0
AREZZO	100	100	95	44	0	0
SIENA	100	96	75	30	0	0
GROSSETO	100	79	59	44	0	0
PERUGIA	100	100	91	56	0	0
TERNI	100	100	90	66	32	0
PESARO E URBINO	100	100	97	73	17	0
ANCONA	100	100	99	83	10	0
MACERATA	100	100	96	63	0	0
ASCOLI PICENO	100	100	99	73	0	0
VITERBO	100	100	82	31	0	0
RIETI	100	100	84	44	0	0
ROMA	100	100	100	99	89	49
LATINA	100	100	100	88	17	0
FROSINONE	100	100	99	61	0	0
L'AQUILA	100	100	88	49	0	0
TERAMO	100	100	98	72	0	0
PESCARA	100	100	99	86	76	0
CHIETI	100	100	94	64	1	0
ISERNIA	100	100	55	4	0	0
CAMPOBASSO	100	100	78	41	0	0
CASERTA	100	100	100	94	77	0
BENEVENTO	100	100	90	60	0	0
NAPOLI	100	100	100	100	91	26
AVELLINO	100	100	93	65	2	0
SALERNO	100	99	96	89	24	0
FOGGIA	100	100	84	61	10	0
BARI	100	100	98	93	35	0
TARANTO	100	100	100	90	50	0
BRINDISI	100	100	100	82	9	0
LECCE	100	100	100	88	21	0
POTENZA	100	93	49	22	0	0
MATERA	100	96	71	40	3	0
COSENZA	100	96	74	31	1	0
CROTONE	100	95	57	36	0	0
CATANZARO	100	100	90	61	0	0
VIBO VALENTIA	100	100	87	40	0	0
REGGIO CALABRIA	100	97	85	54	0	0

TRAPANI	100	100	100	84	13	0
PALERMO	100	100	94	90	75	18
MESSINA	100	100	91	79	27	0
AGRIGENTO	100	100	96	67	0	0
CALTANISSETTA	100	100	92	66	20	0
ENNA	100	100	70	16	0	0
CATANIA	100	100	98	92	61	0
RAGUSA	100	100	100	80	0	0
SIRACUSA	100	100	98	82	20	0
SASSARI	100	95	78	62	25	0
NUORO	98	70	40	18	0	0
ORISTANO	100	93	61	26	0	0
CAGLIARI	100	98	90	68	40	0
Piemonte	100	100	100	86	42	23
Valle d'Aosta	100	100	99	71	0	0
Liguria	100	100	99	93	46	0
Lombardia	100	100	100	97	69	21
Veneto	100	100	100	91	33	0
Trentino-Alto Adige	100	100	96	64	0	0
Friuli-Venezia Giulia	100	100	99	81	29	0
Emilia-Romagna	100	100	99	91	42	0
Toscana	100	98	95	83	33	7
Umbria	100	100	91	59	9	0
Marche	100	100	98	73	8	0
Abruzzo	100	100	95	67	17	0
Lazio	100	100	99	89	67	36
Campania	100	100	98	92	64	14
Puglia	100	100	97	85	28	0
Molise	100	100	72	31	0	0
Basilicata	100	94	56	29	1	0
Calabria	100	97	80	44	0	0
Sicilia	100	100	95	80	37	4
Sardegna	100	92	75	54	25	0

Tab. 12 - Percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la brillantezza totale del cielo notturno supera i valori descritti

Brillantezza totale $V_{mag}/arcsec^2$	18	19	20	21					
					FORLI-CESENA	100	71	5	2
					RIMINI	100	44	1	0
					MASSA-CARRARA	100	100	7	1
					LUCCA	100	81	4	0
					PISTOIA	100	97	2	0
					FIRENZE	67	22	7	0
					PRATO	100	12	0	0
					LIVORNO	100	46	16	2
					PISA	100	85	8	3
					AREZZO	100	100	65	5
					SIENA	100	100	76	26
					GROSSETO	100	100	56	42
					PERUGIA	100	100	56	10
					TERNI	100	83	36	10
					PESARO E URBINO	100	81	33	4
					ANCONA	100	88	25	1
					MACERATA	100	90	54	4
					ASCOLI PICENO	100	96	35	1
					VITERBO	100	100	75	19
					RIETI	100	100	71	18
					ROMA	46	13	1	0
					LATINA	100	81	14	0
					FROSINONE	100	100	55	1
					L'AQUILA	100	100	84	14
					TERAMO	100	98	50	2
					PESCARA	100	29	15	1
					CHIETI	100	100	46	7
					ISERNIA	100	100	100	51
					CAMPOBASSO	100	100	64	25
					CASERTA	100	24	7	0
					BENEVENTO	100	100	50	12
					NAPOLI	65	12	0	0
					AVELLINO	100	100	46	9
					SALERNO	100	76	12	5
					FOGGIA	100	82	41	16
					BARI	88	62	14	2
					TARANTO	97	51	15	0
					BRINDISI	100	78	31	0
					LECCE	100	80	20	0
					POTENZA	100	100	88	57
					MATERA	100	100	64	29
					COSENZA	100	98	71	30
					CROTONE	100	100	70	43
					CATANZARO	100	100	52	10
					VIBO VALENTIA	100	100	73	15
					REGGIO CALABRIA	100	97	49	15
TORINO	65	22	6	0					
VERCELLI	100	100	62	1					
BIELLA	100	100	33	0					
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	49	3					
NOVARA	100	93	27	0					
CUNEO	100	100	63	3					
ASTI	100	90	38	0					
ALESSANDRIA	100	97	38	0					
VALLE D'AOSTA	100	100	59	2					
IMPERIA	100	99	13	4					
SAVONA	100	84	29	1					
GENOVA	100	28	3	1					
LA SPEZIA	100	57	7	4					
VARESE	100	39	1	0					
COMO	100	44	2	0					
LECCO	100	77	7	0					
SONDRIO	100	100	93	6					
MILANO	51	3	0	0					
BERGAMO	100	34	3	0					
BRESCIA	100	57	6	0					
PAVIA	100	92	17	0					
LODI	100	91	1	0					
CREMONA	100	82	15	0					
MANTOVA	100	89	25	0					
BOLZANO-BOZEN	100	100	58	14					
TRENTO	100	100	52	1					
VERONA	90	52	6	0					
VICENZA	100	79	7	0					
BELLUNO	100	100	95	11					
TREVISO	100	85	3	0					
VENEZIA	91	57	15	0					
PADOVA	93	47	5	0					
ROVIGO	100	100	47	2					
PORDENONE	100	81	26	1					
UDINE	100	74	49	3					
GORIZIA	100	100	15	0					
TRIESTE	100	33	1	0					
PIACENZA	100	65	26	2					
PARMA	100	44	13	2					
REGGIO EMILIA	100	71	4	1					
MODENA	100	48	4	0					
BOLOGNA	100	45	7	0					
FERRARA	100	78	50	0					
RAVENNA	100	68	13	0					

ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

TRAPANI	100	84	22	0	RAGUSA	100	94	27	0
PALERMO	60	29	11	6	SIRACUSA	100	78	23	1
MESSINA	100	66	23	11	SASSARI	100	87	41	23
AGRIGENTO	100	97	38	5	NUORO	100	100	90	64
CALTANISSETTA	100	76	35	8	ORISTANO	100	100	75	41
ENNA	100	100	100	35	CAGLIARI	100	61	31	11
CATANIA	89	46	12	2					
Piemonte	82	58	25	1					
Valle d'Aosta	100	100	59	2					
Liguria	100	52	9	1					
Lombardia	79	34	6	0					
Veneto	95	67	14	1					
Trentino-Alto Adige	100	100	55	8					
Friuli-Venezia Giulia	100	69	29	1					
Emilia-Romagna	100	57	12	1					
Toscana	91	64	20	6					
Umbria	100	96	50	10					
Marche	100	88	37	2					
Abruzzo	100	84	49	6					
Lazio	60	34	13	2					
Campania	82	37	10	2					
Puglia	95	68	21	3					
Molise	100	100	73	32					
Basilicata	100	100	79	48					
Calabria	100	98	61	22					
Sicilia	90	63	23	6					
Sardegna	100	78	48	26					

Tab. 13 - Percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la magnitudine limite supera i valori descritti

Magnitudine Limite in magnitudini V

Magnitudine limite visuale	4,0	4,5	5,0	5,5
TORINO	100	28	7	0
VERCELLI	100	100	63	1
BIELLA	100	100	38	1
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	49	5
NOVARA	100	100	29	0
CUNEO	100	100	69	4
ASTI	100	95	41	0
ALESSANDRIA	100	100	36	1
VALLE D'AOSTA	100	100	67	12
IMPERIA	100	99	13	4
SAVONA	100	96	29	5
GENOVA	100	33	4	1
LA SPEZIA	100	74	7	4
VARESE	100	52	2	0
COMO	100	87	2	0
LECCO	100	100	7	0
SONDRIO	100	100	94	23
MILANO	100	7	0	0
BERGAMO	100	48	3	0
BRESCIA	100	63	6	1
PAVIA	100	100	16	0
LODI	100	91	1	0
CREMONA	100	89	12	0
MANTOVA	100	95	17	0
BOLZANO-BOZEN	100	100	64	24
TRENTO	100	100	58	8
VERONA	100	56	5	0
VICENZA	100	82	8	0
BELLUNO	100	100	99	21
TREVISO	100	88	3	0
VENEZIA	100	63	13	0
PADOVA	100	52	4	0
ROVIGO	100	100	43	1
PORDENONE	100	90	23	2
UDINE	100	79	46	3
GORIZIA	100	100	12	0
TRIESTE	100	39	2	0
PIACENZA	100	75	24	2
PARMA	100	49	12	3
REGGIO EMILIA	100	80	4	1
MODENA	100	60	4	1
BOLOGNA	100	50	5	0

ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

FERRARA	100	81	48	0
RAVENNA	100	71	11	0
FORLI-CESENA	100	83	5	2
RIMINI	100	48	1	0
MASSA-CARRARA	100	100	8	2
LUCCA	100	95	4	1
PISTOIA	100	100	2	0
FIRENZE	100	26	7	1
PRATO	100	24	0	0
LIVORNO	100	48	15	1
PISA	100	93	7	2
AREZZO	100	100	66	7
SIENA	100	100	77	26
GROSSETO	100	100	56	40
PERUGIA	100	100	59	12
TERNI	100	100	37	11
PESARO E URBINO	100	82	32	4
ANCONA	100	95	24	1
MACERATA	100	99	53	5
ASCOLI PICENO	100	98	35	2
VITERBO	100	100	83	19
RIETI	100	100	76	25
ROMA	89	14	1	0
LATINA	100	85	12	0
FROSINONE	100	100	56	2
L'AQUILA	100	100	95	22
TERAMO	100	99	53	2
PESCARA	100	41	15	1
CHIETI	100	100	45	7
ISERNIA	100	100	100	57
CAMPOBASSO	100	100	77	25
CASERTA	100	29	7	0
BENEVENTO	100	100	52	15
NAPOLI	100	20	1	0
AVELLINO	100	100	51	13
SALERNO	100	87	12	5
FOGGIA	100	87	41	14
BARI	100	67	15	2
TARANTO	100	52	16	0
BRINDISI	100	81	29	0
LECCE	100	82	19	0
POTENZA	100	100	95	61
MATERA	100	100	64	27
COSENZA	100	100	72	30
CROTONE	100	100	70	40
CATANZARO	100	100	51	11
VIBO VALENTIA	100	100	77	17
REGGIO CALABRIA	100	100	49	15

TRAPANI	100	87	21	0
PALERMO	100	33	11	7
MESSINA	100	71	23	11
AGRIGENTO	100	98	39	5
CALTANISSETTA	100	80	42	8
ENNA	100	100	100	41
CATANIA	100	54	18	3
RAGUSA	100	100	30	0
SIRACUSA	100	84	23	2
SASSARI	100	91	41	23
NUORO	100	100	98	63
ORISTANO	100	100	74	38
CAGLIARI	100	65	30	10

Piemonte	100	63	27	1
Valle d'Aosta	100	100	68	12
Liguria	100	59	9	2
Lombardia	100	44	6	1
Veneto	100	71	13	1
Trentino-Alto Adige	100	100	61	16
Friuli-Venezia Giulia	100	75	27	2
Emilia-Romagna	100	64	11	1
Toscana	100	68	20	6
Umbria	100	100	53	11
Marche	100	93	36	3
Abruzzo	100	87	52	8
Lazio	92	36	14	2
Campania	100	45	10	3
Puglia	100	72	21	3
Molise	100	100	83	34
Basilicata	100	100	84	50
Calabria	100	100	61	22
Sicilia	100	69	25	6
Sardegna	100	82	49	25

Tab. 14 - Percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi in cui la perdita di magnitudine supera i valori descritti

Perdita di Magnitudine in magnitudini V

Perdita di Magnitudine	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
TORINO	100	100	97	89	81	62	14
VERCELLI	100	99	52	31	0	0	0
BIELLA	100	99	81	45	0	0	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	92	71	14	0	0	0
NOVARA	100	100	91	55	14	0	0
CUNEO	99	95	68	17	0	0	0
ASTI	100	100	88	48	27	0	0
ALESSANDRIA	100	99	84	39	7	0	0
VALLE D'AOSTA	100	90	58	6	0	0	0
IMPERIA	100	95	91	77	3	0	0
SAVONA	100	90	77	62	21	0	0
GENOVA	100	99	98	93	75	39	0
LA SPEZIA	99	95	93	88	53	0	0
VARESE	100	100	100	96	66	4	0
COMO	100	100	99	98	83	0	0
LECCO	100	100	96	92	37	0	0
SONDRIO	100	74	19	1	0	0	0
MILANO	100	100	100	100	99	79	26
BERGAMO	100	100	99	95	77	19	0
BRESCIA	100	99	97	80	48	23	0
PAVIA	100	99	92	53	20	0	0
LODI	100	100	100	80	12	0	0
CREMONA	100	100	97	58	27	0	0
MANTOVA	100	100	98	37	18	0	0
BOLZANO-BOZEN	96	75	51	29	0	0	0
TRENTO	100	92	63	23	0	0	0
VERONA	100	100	98	73	53	30	0
VICENZA	100	100	98	79	32	0	0
BELLUNO	99	77	25	0	0	0	0
TREVISO	100	100	100	71	22	0	0
VENEZIA	100	100	95	77	51	24	0
PADOVA	100	100	100	84	56	32	0
ROVIGO	100	97	77	32	1	0	0
PORDENONE	100	98	88	49	23	0	0
UDINE	99	97	84	39	28	3	0
GORIZIA	100	100	97	70	0	0	0
TRIESTE	100	100	100	96	73	21	0
PIACENZA	100	96	89	47	36	0	0
PARMA	100	97	95	74	58	27	0
REGGIO EMILIA	100	98	97	79	40	0	0
MODENA	100	99	98	85	63	17	0
BOLOGNA	100	99	97	83	61	23	0
FERRARA	100	92	64	42	31	0	0

RAVENNA	100	99	95	61	34	7	0
FORLI-CESENA	100	98	96	92	43	0	0
RIMINI	100	100	100	97	72	20	0
MASSA-CARRARA	100	97	94	88	10	0	0
LUCCA	100	99	97	93	34	0	0
PISTOIA	100	100	99	97	21	0	0
FIRENZE	100	99	98	90	84	62	17
PRATO	100	100	100	100	93	50	0
LIVORNO	100	97	90	75	58	29	0
PISA	100	97	94	83	29	0	0
AREZZO	100	85	48	27	0	0	0
SIENA	86	63	33	13	0	0	0
GROSSETO	68	54	47	38	0	0	0
PERUGIA	99	80	56	23	0	0	0
TERNI	99	84	68	58	35	0	0
PESARO E URBINO	100	93	79	56	24	0	0
ANCONA	100	98	86	63	23	0	0
MACERATA	99	90	68	29	15	0	0
ASCOLI PICENO	100	96	77	54	11	0	0
VITERBO	97	70	37	2	0	0	0
RIETI	96	69	42	0	0	0	0
ROMA	100	100	99	98	89	76	37
LATINA	100	100	93	71	26	1	0
FROSINONE	100	95	68	30	2	0	0
L'AQUILA	99	75	41	0	0	0	0
TERAMO	100	96	79	14	2	0	0
PESCARA	100	97	88	83	77	25	0
CHIETI	98	89	68	35	1	0	0
ISERNIA	85	37	4	0	0	0	0
CAMPOBASSO	95	61	41	15	5	0	0
CASERTA	100	99	95	90	80	22	0
BENEVENTO	99	80	64	38	1	0	0
NAPOLI	100	100	100	99	95	63	10
AVELLINO	100	83	63	41	3	0	0
SALERNO	98	92	90	85	38	0	0
FOGGIA	98	78	63	52	24	0	0
BARI	100	97	92	76	46	22	2
TARANTO	100	98	90	74	50	34	0
BRINDISI	100	100	88	52	24	0	0
LECCE	100	100	93	58	22	8	0
POTENZA	75	33	18	0	0	0	0
MATERA	86	61	42	30	9	0	0
COSENZA	84	55	33	24	8	0	0
CROTONE	73	50	38	17	0	0	0
CATANZARO	98	82	62	37	2	0	0
VIBO VALENTIA	94	70	40	0	0	0	0
REGGIO CALABRIA	92	80	61	40	8	0	0
TRAPANI	100	96	86	71	27	0	0

ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

PALERMO	98	92	90	87	78	60	19
MESSINA	95	88	81	72	44	0	0
AGRIGENTO	100	87	70	49	5	0	0
CALTANISSETTA	99	86	69	51	31	3	0
ENNA	99	38	6	0	0	0	0
CATANIA	100	95	92	75	61	36	0
RAGUSA	100	99	83	55	11	0	0
SIRACUSA	100	94	84	63	35	0	0
SASSARI	85	72	63	52	23	0	0
NUORO	55	28	18	0	0	0	0
ORISTANO	80	50	31	16	0	0	0
CAGLIARI	95	85	76	58	47	9	0

Piemonte	100	99	88	62	45	32	7
Valle d'Aosta	100	90	58	5	0	0	0
Liguria	100	97	94	85	53	21	0
Lombardia	100	99	97	87	71	40	12
Veneto	100	99	93	71	39	16	0
Trentino-Alto Adige	98	83	57	26	0	0	0
Friuli-Venezia Giulia	100	98	90	58	34	6	0
Emilia-Romagna	100	98	93	75	51	12	0
Toscana	97	92	84	75	44	23	5
Umbria	99	81	59	33	10	0	0
Marche	100	94	78	51	19	0	0
Abruzzo	99	89	68	33	18	6	0
Lazio	100	97	91	81	68	56	27
Campania	100	96	93	87	69	36	5
Puglia	100	95	87	66	37	15	1
Molise	92	55	31	11	3	0	0
Basilicata	78	42	27	11	3	0	0
Calabria	89	68	47	29	6	0	0
Sicilia	99	90	81	68	44	20	4
Sardegna	84	68	58	43	28	4	0

Tab. 15 - Percentuale della popolazione nelle province e nelle regioni italiane che vive in luoghi da dove la Via Lattea non è più visibile in notti normalmente serene.

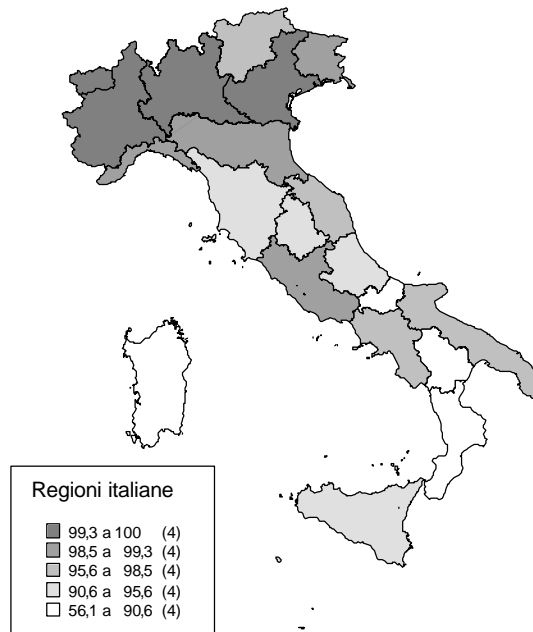
TORINO	83	MASSA-CARRARA	67
VERCELLI	10	LUCCA	75
BIELLA	0	PISTOIA	68
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	0	FIRENZE	86
NOVARA	29	PRATO	99
CUNEO	0	LIVORNO	63
ASTI	36	PISA	51
ALESSANDRIA	13	AREZZO	4
VALLE D'AOSTA	0	SIENA	0
IMPERIA	20	GROSSETO	0
SAVONA	42	PERUGIA	0
GENOVA	83	TERNI	46
LA SPEZIA	65	PESARO E URBINO	41
VARESE	75	ANCONA	39
COMO	91	MACERATA	18
LECCO	62	ASCOLI PICENO	24
SONDRIO	0	VITERBO	0
MILANO	100	RIETI	0
BERGAMO	83	ROMA	93
BRESCIA	55	LATINA	34
PAVIA	29	FROSINONE	12
LODI	50	L'AQUILA	0
CREMONA	44	TERAMO	6
MANTOVA	24	PESCARA	81
BOLZANO-BOZEN	10	CHIETI	10
TRENTO	0	ISERNIA	0
VERONA	59	CAMPOBASSO	13
VICENZA	43	CASERTA	83
BELLUNO	0	BENEVENTO	15
TREVISO	40	NAPOLI	97
VENEZIA	64	AVELLINO	8
PADOVA	65	SALERNO	59
ROVIGO	21	FOGGIA	31
PORDENONE	31	BARI	58
UDINE	31	TARANTO	54
GORIZIA	60	BRINDISI	29
TRIESTE	81	LECCE	32
PIACENZA	39	POTENZA	0
PARMA	62	MATERA	12
REGGIO EMILIA	52	COSENZA	16
MODENA	72	CROTONE	0
BOLOGNA	72	CATANZARO	8
FERRARA	37	VIBO VALENTIA	0
RAVENNA	41	REGGIO CALABRIA	15
FORLI-CESENA	75	TRAPANI	48
RIMINI	90	PALERMO	82

MESSINA	58
AGRIGENTO	26
CALTANISSETTA	35
ENNA	0
CATANIA	65
RAGUSA	23
SIRACUSA	46
SASSARI	35
NUORO	0
ORISTANO	0
CAGLIARI	51

Piemonte	49
Valle d'Aosta	0
Liguria	65
Lombardia	77
Veneto	50
Trentino-Alto Adige	5
Friuli-Venezia Giulia	45
Emilia-Romagna	61
Toscana	59
Umbria	13
Marche	31
Abruzzo	23
Lazio	73
Campania	76
Puglia	46
Molise	9
Basilicata	4
Calabria	12
Sicilia	54
Sardegna	33

brillanza artificiale/naturale >1

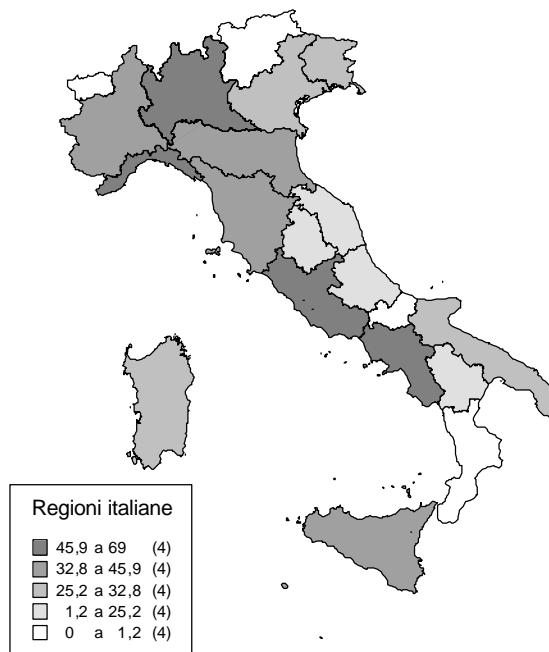
Lombardia	100
Veneto	100
Piemonte	100
Valle d'Aosta	99
Emilia-Romagna	99
Friuli-Venezia Giulia	99
Liguria	99
Lazio	99
Campania	98
Marche	98
Puglia	97
Trentino-Alto Adige	96
Sicilia	95
Abruzzo	95
Toscana	95
Umbria	91
Calabria	80
Sardegna	75
Molise	72
Basilicata	56



Tab. 16. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove l'atmosfera è molto inquinata da luce

brillanza artificiale/naturale >9

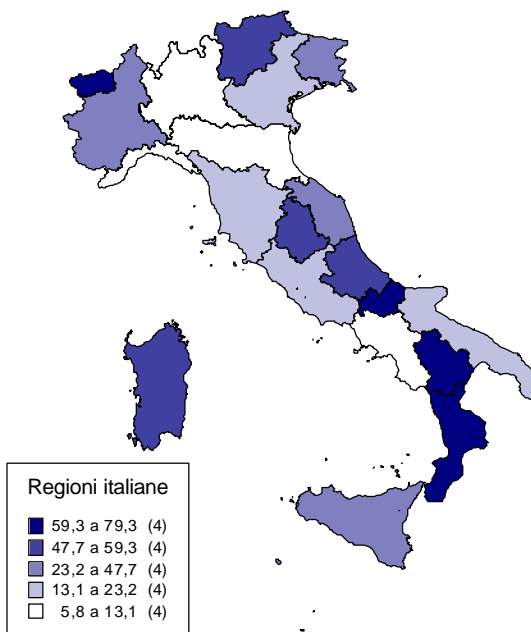
Lombardia	69
Lazio	67
Campania	64
Liguria	46
Emilia-Romagna	42
Piemonte	42
Sicilia	37
Toscana	33
Veneto	33
Friuli-Venezia Giulia	29
Puglia	28
Sardegna	25
Abruzzo	17
Umbria	9
Marche	8
Basilicata	1
Calabria	0
Valle d'Aosta	0
Trentino-Alto Adige	0
Molise	0



Tab. 17. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove l'atmosfera è estremamente inquinata da luce artificiale

Brillanza totale >20

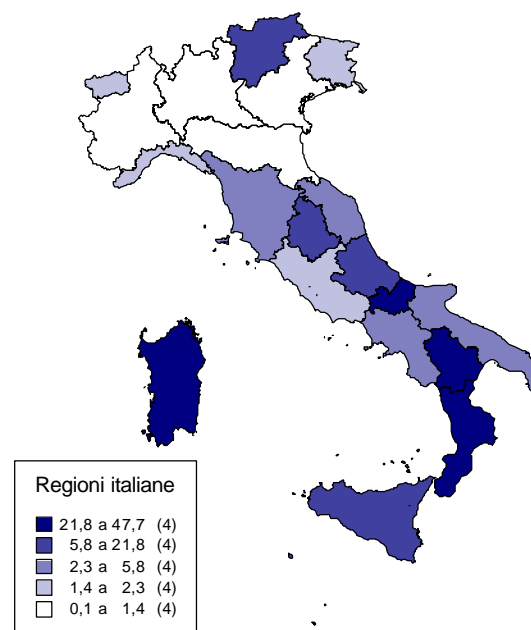
Lombardia	6
Liguria	9
Campania	10
Emilia-Romagna	12
Lazio	13
Veneto	14
Toscana	20
Puglia	21
Sicilia	23
Piemonte	25
Friuli-Venezia Giulia	29
Marche	37
Sardegna	48
Abruzzo	49
Umbria	50
Trentino-Alto Adige	55
Valle d'Aosta	59
Calabria	61
Molise	73
Basilicata	79



Tab. 18. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove il cielo non è esageratamente luminoso

Brillanza totale >21

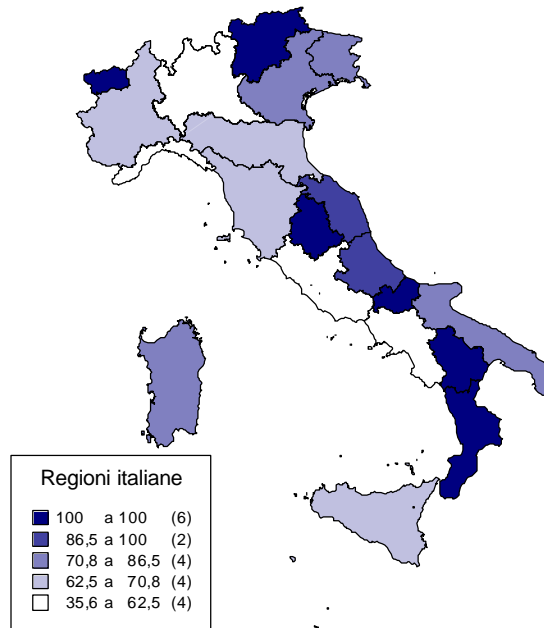
Lombardia	0
Piemonte	1
Veneto	1
Emilia-Romagna	1
Liguria	1
Friuli-Venezia Giulia	1
Lazio	2
Valle d'Aosta	2
Marche	2
Campania	2
Puglia	3
Toscana	6
Sicilia	6
Abruzzo	6
Trentino-Alto Adige	8
Umbria	10
Calabria	22
Sardegna	26
Molise	32
Basilicata	48



Tab. 19. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove il cielo è ancora ragionevolmente buio

Magnitudine limite visuale >4,5

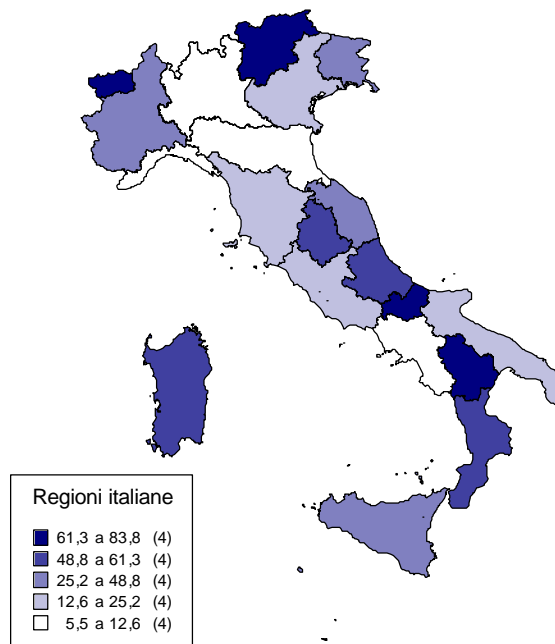
Lazio	36
Lombardia	44
Campania	45
Liguria	59
Piemonte	63
Emilia-Romagna	64
Toscana	68
Sicilia	69
Veneto	71
Puglia	72
Friuli-Venezia Giulia	75
Sardegna	82
Abruzzo	87
Marche	93
Valle d'Aosta	100
Trentino-Alto Adige	100
Umbria	100
Molise	100
Basilicata	100
Calabria	100



Tab. 20. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove sono visibili solo stelle piuttosto luminose.

Magnitudine limite visuale >5

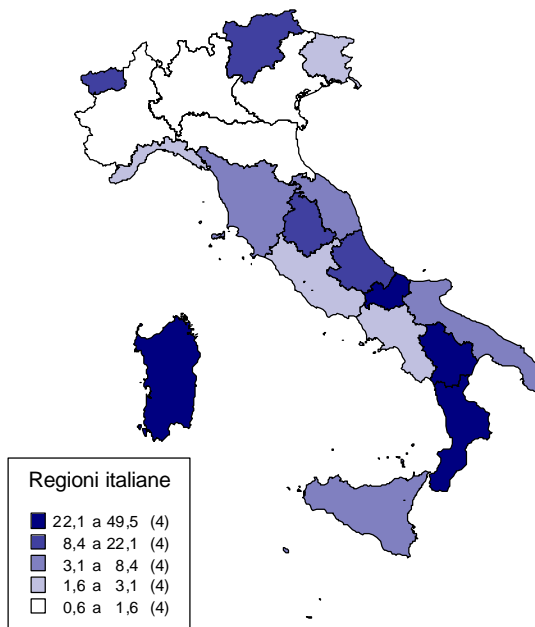
Lombardia	6
Liguria	9
Campania	10
Emilia-Romagna	11
Veneto	13
Lazio	14
Toscana	20
Puglia	21
Sicilia	25
Piemonte	27
Friuli-Venezia Giulia	27
Marche	36
Sardegna	49
Abruzzo	52
Umbria	53
Calabria	61
Trentino-Alto Adige	61
Valle d'Aosta	68
Molise	83
Basilicata	84



Tab. 21. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove sono visibili stelle mediamente luminose

Magnitudine limite visuale >5,5

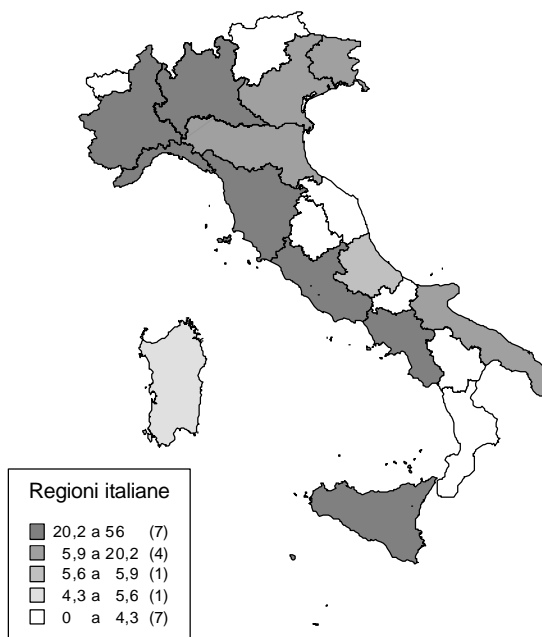
Lombardia	1
Emilia-Romagna	1
Piemonte	1
Veneto	1
Friuli-Venezia Giulia	2
Lazio	2
Liguria	2
Campania	3
Marche	3
Puglia	3
Toscana	6
Sicilia	6
Abruzzo	8
Umbria	11
Valle d'Aosta	12
Trentino-Alto Adige	16
Calabria	22
Sardegna	25
Molise	34
Basilicata	50



Tab. 22. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove sono visibili stelle abbastanza deboli

Perdita Magnitudine >1,5

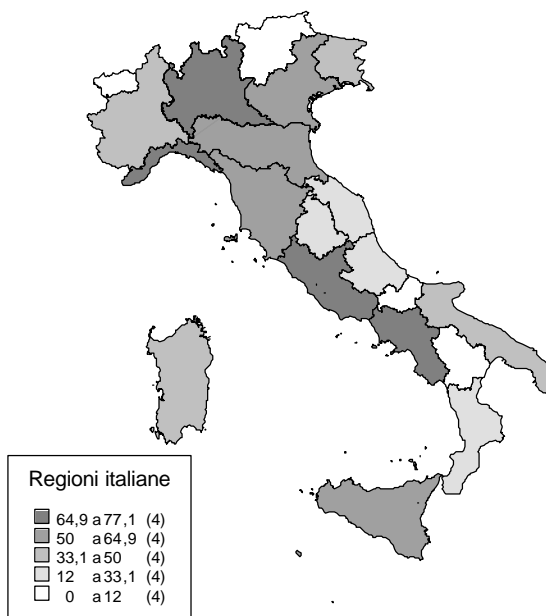
Lazio	56
Lombardia	40
Campania	36
Piemonte	32
Toscana	23
Liguria	21
Sicilia	20
Veneto	16
Puglia	15
Emilia-Romagna	12
Friuli-Venezia Giulia	6
Abruzzo	6
Sardegna	4
Valle d'Aosta	0
Trentino-Alto Adige	0
Umbria	0
Marche	0
Molise	0
Basilicata	0
Calabria	0



Tab. 23. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove la perdita di magnitudine è elevatissima

Perdita della Visibilità della Via Lattea

Lombardia	77
Campania	76
Lazio	73
Liguria	65
Emilia-Romagna	61
Toscana	59
Sicilia	54
Veneto	50
Piemonte	49
Puglia	46
Friuli-Venezia Giulia	45
Sardegna	33
Marche	31
Abruzzo	23
Umbria	13
Calabria	12
Molise	9
Trentino-Alto Adige	5
Basilicata	4
Valle d'Aosta	0



Tab. 24. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale di popolazione che vive in zone ove la Via Lattea non è più visibile.

Statistiche di superficie

Le tabelle di questa sezione indicano la percentuale della superficie delle province e delle regioni italiane in cui la brillantezza artificiale e totale del cielo notturno, la magnitudine limite e la perdita di magnitudine **superano** i valori descritti.

Nell'interpretazione si tenga conto che solo il 23.2% del territorio nazionale è composto da pianure, dove vive la maggior parte della popolazione, mentre il 45.2% è composto da montagne e il 41.6% da colline.

La brillantezza artificiale è stata calcolata a livello del mare come nelle mappe della sezione 3. Le altre sono state calcolate tenendo conto dell'altitudine. Gli effetti di eventuali impianti in prossimità dell'osservatore non sono stati inclusi (si veda la sezione sulla valutazione degli errori).

Nelle tabelle relative alla brillantezza artificiale i valori esprimono il rapporto tra questa e la brillantezza naturale di riferimento ($8.61 \cdot 10^7 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ oppure $252 \mu\text{cd/m}^2$). Abbiamo scelto i valori corrispondenti ai livelli della mappa (0.11, 0.33, 1, 3, 9, 27).

Per le tabelle relative alla brillantezza totale abbiamo scelto i valori di 18, 19, 20 e 21 magnitudini per secondo d'arco quadrato, le unità tipicamente usate in astronomia. La scala delle magnitudini è una scala invertita, cioè il cielo diventa più buio andando dalla magnitudine 18 alla magnitudine 21. Quindi queste statistiche, a differenza delle precedenti, indicano la percentuale della superficie della regione, o provincia, che ha un cielo "più buio" di un certo valore. La brillantezza naturale del cielo notturno in condizioni di media attività solare è tipicamente dell'ordine di 21.6 magnitudini per secondo d'arco quadrato. Nella sezione relativa alla mappa della brillantezza totale si può trovare una tabella che associa al valore numerico della brillantezza un giudizio qualitativo approssimato sulla luminosità del cielo, che può essere utile per avere un'idea del significato dei numeri.

Per le tabelle relative alla magnitudine limite abbiamo scelto i valori di 4, 4.5, 5, 5.5 magnitudini nella banda fotometrica V. Anche in questo caso andando dalla magnitudine 4 alla 5.5 si possono vedere stelle sempre più deboli e quindi, in ultima analisi, un maggior numero di stelle. Quindi queste statistiche forniscono la percentuale della superficie della regione, o provincia, da cui si possono vedere stelle più deboli di una certa magnitudine (quindi più stelle). Nella sezione relativa alla mappa della magnitudine limite si può trovare una tabella che associa al valore numerico della magnitudine un giudizio qualitativo orientativo su quanto risulta stellato il cielo notturno, che può essere utile per avere un'idea del significato dei numeri.

Per le tabelle della perdita di magnitudine abbiamo scelto valori da 0.25 a 1.75 con intervalli di 0.25 magnitudini, sempre nella banda fotometrica V. Il numero di stelle visibili si dimezza grossomodo ogni circa 0.6 magnitudini perse. Qui la scala non è invertita e quindi queste statistiche indicano la percentuale della superficie della regione, o provincia, che si trova ad avere il cielo più degradato di un certo valore.

Le tabelle della percentuale di superficie della regione, o provincia, da cui non si può più vedere la Via Lattea forniscono un limite massimo perché si riferiscono, come le altre, a notti molto limpide. Si tenga conto che sulla restante superficie non è detto che la Via Lattea si veda bene. Può essere visibile molto raramente o male. Per avere un'idea della percentuale di superficie da cui si riesce a vedere la Via Lattea "ragionevolmente bene" si può fare riferimento ai valori relativi alla magnitudine 5 della tabella della magnitudine limite che forniscono la percentuale della superficie da cui si vedono stelle più deboli di quella magnitudine.

Il significato concettuale delle grandezze tabulate è riassunto nella tabella seguente:

Tabella 25

Grandezza	Cosa indica:
Brillanza artificiale a livello del mare	Inquinamento luminoso in atmosfera, aree più inquinate e più inquinanti
Brillanza totale con altitudine	Luminosità del cielo
Magnitudine limite	Visibilità delle stelle
Perdita di magnitudine	Degrado della visibilità delle stelle
Visibilità della Via Lattea	Visibilità della Via Lattea

Le cartine alla fine delle tabelle riassumono la situazione nelle varie regioni italiane. Le tabelle associate sono ordinate dalla regione più colpita (in alto) a quella meno colpita (in basso). Le cartine in bianco e nero mostrano in nero le regioni più compromesse e in bianco quelle meno colpite. Le cartine in bianco e blu, al contrario, mostrano in blu le regioni meno colpite ed in bianco quelle più compromesse.

La tabella seguente presenta i risultati ottenuti per l'intera nazione.

Tabella 26

Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 11% della brillanza naturale	100
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 33% della brillanza naturale	95
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 100% della brillanza naturale	66
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 300% della brillanza naturale	27
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 900% della brillanza naturale	3
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del 2700% della brillanza naturale	0
Percentuale della superficie in cui	la brillanza artificiale a livello del mare	è maggiore del limite per considerare il cielo inquinato (10% della brillanza naturale)	100
Percentuale della superficie in cui	il cielo non è mai meno luminoso che al crepuscolo nautico		25
Percentuale della superficie in cui	la brillanza totale	supera 18 mag/arcsec ²	100
Percentuale della superficie in cui	la brillanza totale	supera 19 mag/arcsec ²	98
Percentuale della superficie in cui	la brillanza totale	supera 20 mag/arcsec ²	80
Percentuale della superficie in cui	la brillanza totale	supera 21 mag/arcsec ²	36
Percentuale della superficie in cui	la magnitudine limite	supera la magnitudine 4	100
Percentuale della superficie in cui	la magnitudine limite	supera la magnitudine 4.5	98
Percentuale della superficie in cui	la magnitudine limite	supera la magnitudine 5	81
Percentuale della superficie in cui	la magnitudine limite	supera la magnitudine 5.5	42
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 0.25 magnitudini	85
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 0.50 magnitudini	49
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 0.75 magnitudini	28

Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 1.00 magnitudini	11
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 1.25 magnitudini	3
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 1.50 magnitudini	1
Percentuale della superficie in cui	la perdita di magnitudine	supera 1.75 magnitudini	0
Percentuale della superficie in cui	la Via Lattea non è più visibile		5

Si tenga conto che i valori sono approssimati all'intero più vicino, quindi lo zero significa "minore dello 0.5%" e cento significa "maggiore del 99.5%".

Tab. 27 - Percentuale della superficie delle province e nelle regioni italiane in cui la brillantezza artificiale supera i valori descritti.

I dati si riferiscono a misure da satellite del 1996-97 calibrate al 1998-99.

La brillantezza artificiale a livello del mare è espressa come rapporto con la brillantezza naturale di riferimento (251,9 $\mu\text{cd}/\text{m}^2$)

brillantezza artificiale/naturale	0,11	0,33	1	3	9	27
TORINO	100	100	86	45	9	1
VERCELLI	100	100	74	7	0	0
BIELLA	100	100	94	27	0	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	55	6	0	0
NOVARA	100	100	100	70	0	0
CUNEO	100	98	65	25	0	0
ASTI	100	100	97	48	0	0
ALESSANDRIA	100	100	87	28	0	0
VALLE D'AOSTA	100	100	80	14	0	0
IMPERIA	100	100	57	25	0	0
SAVONA	100	100	87	21	0	0
GENOVA	100	100	78	38	7	0
LA SPEZIA	100	100	48	26	1	0
VARESE	100	100	100	91	20	0
COMO	100	100	99	60	27	0
LECCO	100	100	100	58	17	0
SONDRIO	100	100	72	4	0	0
MILANO	100	100	100	100	77	14
BERGAMO	100	100	100	69	17	0
BRESCIA	100	100	93	57	4	0
PAVIA	100	100	94	60	0	0
LODI	100	100	100	100	2	0
CREMONA	100	100	100	79	0	0
MANTOVA	100	100	100	88	0	0
BOLZANO-BOZEN	100	97	47	4	0	0
TRENTO	100	100	88	15	0	0
VERONA	100	100	100	77	6	0
VICENZA	100	100	100	66	2	0
BELLUNO	100	100	78	2	0	0

ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIA DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO

TREVISO	100	100	100	89	1	0
VENEZIA	100	100	100	57	7	0
PADOVA	100	100	100	96	11	0
ROVIGO	100	100	88	29	0	0
PORDENONE	100	100	68	32	0	0
UDINE	100	100	61	23	1	0
GORIZIA	100	100	100	65	0	0
TRIESTE	100	100	100	76	13	0
PIACENZA	100	100	57	28	1	0
PARMA	100	100	51	33	2	0
REGGIO EMILIA	100	100	73	53	1	0
MODENA	100	100	80	51	6	0
BOLOGNA	100	100	91	46	5	0
FERRARA	100	100	93	21	1	0
RAVENNA	100	100	91	63	3	0
FORLI-CESENA	100	100	53	27	1	0
RIMINI	100	100	100	91	10	0
MASSA-CARRARA	100	100	57	17	0	0
LUCCA	100	100	91	45	0	0
PISTOIA	100	100	97	56	0	0
FIRENZE	100	100	81	52	10	1
PRATO	100	100	100	63	29	0
LIVORNO	97	93	72	26	4	0
PISA	100	100	63	37	0	0
AREZZO	100	100	74	10	0	0
SIENA	100	86	36	3	0	0
GROSSETO	99	53	12	2	0	0
PERUGIA	100	100	57	8	0	0
TERNI	100	100	58	11	1	0
PESARO E URBINO	100	100	68	16	0	0
ANCONA	100	100	91	37	1	0
MACERATA	100	100	66	21	0	0
ASCOLI PICENO	100	100	81	34	0	0
VITERBO	100	99	61	5	0	0
RIETI	100	100	59	6	0	0
ROMA	100	100	99	74	20	3
LATINA	100	100	99	45	1	0
FROSINONE	100	100	96	30	0	0
L'AQUILA	100	100	49	6	0	0
TERAMO	100	100	70	32	0	0
PESCARA	100	100	78	20	4	0
CHIETI	100	100	64	19	0	0
ISERNIA	100	100	33	0	0	0
CAMPOBASSO	100	100	39	4	0	0
CASERTA	100	100	95	38	11	0
BENEVENTO	100	100	74	26	0	0
NAPOLI	100	100	99	90	61	6
AVELLINO	100	100	80	31	0	0

SALERNO	100	85	46	16	1	0
FOGGIA	100	99	41	8	0	0
BARI	100	100	85	43	4	0
TARANTO	100	100	97	46	5	0
BRINDISI	100	100	100	51	0	0
LECCE	100	100	99	63	2	0
POTENZA	100	85	21	2	0	0
MATERA	100	86	30	3	0	0
COSENZA	100	89	45	3	0	0
CROTONE	100	82	12	1	0	0
CATANZARO	100	100	67	11	0	0
VIBO VALENTIA	100	100	57	4	0	0
REGGIO CALABRIA	100	89	45	8	0	0
TRAPANI	99	98	93	27	0	0
PALERMO	100	100	42	14	3	0
MESSINA	99	97	47	12	1	0
AGRIGENTO	99	99	71	13	0	0
CALTANISSETTA	100	100	65	10	1	0
ENNA	100	100	50	1	0	0
CATANIA	100	100	79	24	6	0
RAGUSA	100	100	98	31	0	0
SIRACUSA	100	100	89	19	0	0
SASSARI	100	75	24	5	0	0
NUORO	97	41	10	1	0	0
ORISTANO	100	80	21	1	0	0
CAGLIARI	100	78	34	8	1	0
Piemonte	100	100	79	32	3	0
Valle d'Aosta	100	100	80	14	0	0
Liguria	100	100	72	30	3	0
Lombardia	100	100	94	64	13	1
Veneto	100	100	94	57	4	0
Trentino-Alto Adige	100	99	66	9	0	0
Friuli-Venezia Giulia	100	100	66	30	1	0
Emilia-Romagna	100	100	74	41	3	0
Toscana	100	88	57	23	2	0
Umbria	100	100	58	9	0	0
Marche	100	100	75	25	0	0
Abruzzo	100	100	59	15	1	0
Lazio	100	100	84	37	6	1
Campania	100	95	71	32	8	1
Puglia	100	100	74	34	2	0
Molise	100	100	37	3	0	0
Basilicata	100	85	24	2	0	0
Calabria	100	91	45	5	0	0
Sicilia	100	99	66	16	2	0
Sardegna	99	66	22	4	0	0

Tab . 28 - Percentuale della superficie nelle province e nelle regioni italiane in cui la brillantezza totale supera i valori descritti.

Brillantezza totale (con altitudine) in V mag/arcsec²

Brillantezza totale	18	19	20	21					
					FERRARA	100	99	86	3
TORINO	99	94	71	14	RAVENNA	100	97	46	8
VERCELLI	100	100	96	26	FORLI-CESENA	100	99	77	45
BIELLA	100	100	91	5	RIMINI	100	92	23	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	99	49	MASSA-CARRARA	100	100	88	45
NOVARA	100	100	63	0	LUCCA	100	99	64	9
CUNEO	100	100	93	37	PISTOIA	100	100	50	0
ASTI	100	100	83	1	FIRENZE	99	92	63	15
ALESSANDRIA	100	100	84	9	PRATO	100	77	43	0
VALLE D'AOSTA	100	100	99	34	LIVORNO	100	96	79	28
IMPERIA	100	100	84	43	PISA	100	99	67	34
SAVONA	100	100	86	9	AREZZO	100	100	96	26
GENOVA	100	94	75	22	SIENA	100	100	98	65
LA SPEZIA	100	99	78	53	GROSSETO	100	100	98	89
VARESE	100	86	29	0	PERUGIA	100	100	97	44
COMO	100	89	53	1	TERNI	100	100	94	43
LECCO	100	95	55	0	PESARO E URBINO	100	100	88	32
SONDRIO	100	100	99	50	ANCONA	100	99	73	9
MILANO	86	27	0	0	MACERATA	100	100	89	35
BERGAMO	100	89	48	0	ASCOLI PICENO	100	100	78	20
BRESCIA	100	97	53	10	VITERBO	100	100	98	39
PAVIA	100	100	49	6	RIETI	100	100	98	44
LODI	100	99	4	0	ROMA	96	84	37	0
CREMONA	100	99	35	0	LATINA	100	99	63	1
MANTOVA	100	99	42	0	FROSINONE	100	100	87	5
BOLZANO-BOZEN	100	100	99	68	L'AQUILA	100	100	100	59
TRENTO	100	100	97	19	TERAMO	100	100	82	30
VERONA	100	95	35	0	PESCARA	100	96	84	23
VICENZA	100	98	43	0	CHIETI	100	100	90	40
BELLUNO	100	100	100	45	ISERNIA	100	100	100	74
TREVISO	100	99	19	0	CAMPOBASSO	100	100	98	66
VENEZIA	100	94	53	0	CASERTA	100	91	66	6
PADOVA	100	90	15	0	BENEVENTO	100	100	86	27
ROVIGO	100	100	79	11	NAPOLI	92	50	15	1
PORDENONE	100	100	75	33	AVELLINO	100	100	82	23
UDINE	100	99	87	44	SALERNO	100	99	87	58
GORIZIA	100	100	60	0	FOGGIA	100	100	95	58
TRIESTE	100	91	38	0	BARI	100	96	72	14
PIACENZA	100	99	81	40	TARANTO	100	96	68	1
PARMA	100	98	75	48	BRINDISI	100	99	74	0
REGGIO EMILIA	100	99	50	26	LECCE	100	98	51	1
MODENA	100	95	53	19	POTENZA	100	100	100	86
BOLOGNA	100	96	60	3	MATERA	100	100	98	71

COSENZA	100	100	98	63	CALTANISSETTA	100	99	94	34
CROTONE	100	100	99	88	ENNA	100	100	100	59
CATANZARO	100	100	93	36	CATANIA	100	96	82	23
VIBO VALENTIA	100	100	99	49	RAGUSA	100	100	84	2
REGGIO CALABRIA	100	100	95	58	SIRACUSA	100	100	86	7
TRAPANI	100	99	84	7	SASSARI	100	100	96	77
PALERMO	100	98	91	61	NUORO	100	100	100	93
MESSINA	100	99	92	57	ORISTANO	100	100	99	81
AGRIGENTO	100	100	92	31	CAGLIARI	100	99	94	67

Piemonte	100	98	84	22
Valle d'Aosta	100	100	99	33
Liguria	100	98	79	27
Lombardia	99	90	48	9
Veneto	100	97	51	10
Trentino-Alto Adige	100	100	98	46
Friuli-Venezia Giulia	100	99	81	37
Emilia-Romagna	100	98	66	23
Toscana	100	98	82	42
Umbria	100	100	96	43
Marche	100	100	84	26
Abruzzo	100	100	92	45
Lazio	99	95	72	16
Campania	99	93	75	31
Puglia	100	98	77	25
Molise	100	100	98	69
Basilicata	100	100	99	80
Calabria	100	100	97	60
Sicilia	100	99	89	36
Sardegna	100	100	97	79

Tab. 29 - Percentuale della superficie nelle province e nelle regioni italiane in cui la magnitudine limite supera i valori descritti.

Magnitudine limite in banda V	4,0	4,5	5,0	5,5					
TORINO	100	96	74	33	RAVENNA	100	98	42	8
VERCELLI	100	100	96	31	FORLI-CESENA	100	99	77	47
BIELLA	100	100	93	22	RIMINI	100	94	23	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	100	100	99	70	MASSA-CARRARA	100	100	89	49
NOVARA	100	100	67	0	LUCCA	100	100	67	20
CUNEO	100	100	95	45	PISTOIA	100	100	52	12
ASTI	100	100	85	3	FIRENZE	100	94	65	21
ALESSANDRIA	100	100	84	13	PRATO	100	82	46	0
VALLE D'AOSTA	100	100	99	79	LIVORNO	100	97	78	24
IMPERIA	100	100	84	48	PISA	100	100	67	31
SAVONA	100	100	86	25	AREZZO	100	100	97	38
GENOVA	100	96	77	28	SIENA	100	100	99	67
LA SPEZIA	100	99	78	54	GROSSETO	100	100	98	88
VARESE	100	91	35	0	PERUGIA	100	100	98	51
COMO	100	98	58	12	TERNI	100	100	94	46
LECCO	100	100	60	5	PESARO E URBINO	100	100	88	38
SONDRIO	100	100	100	80	ANCONA	100	100	72	15
MILANO	100	39	0	0	MACERATA	100	100	89	42
BERGAMO	100	94	54	15	ASCOLI PICENO	100	100	78	23
BRESCIA	100	98	54	26	VITERBO	100	100	98	38
PAVIA	100	100	48	7	RIETI	100	100	99	56
LODI	100	100	3	0	ROMA	100	86	38	2
CREMONA	100	100	30	0	LATINA	100	99	62	2
MANTOVA	100	100	31	0	FROSINONE	100	100	89	16
BOLZANO-BOZEN	100	100	100	86	L'AQUILA	100	100	100	76
TRENTO	100	100	98	54	TERAMO	100	100	81	35
VERONA	100	96	34	3	PESCARA	100	97	83	33
VICENZA	100	99	45	10	CHIETI	100	100	89	42
BELLUNO	100	100	100	70	ISERNIA	100	100	100	80
TREVISO	100	99	19	0	CAMPOBASSO	100	100	98	68
VENEZIA	100	96	48	0	CASERTA	100	93	65	9
PADOVA	100	92	10	0	BENEVENTO	100	100	88	33
ROVIGO	100	100	75	8	NAPOLI	100	61	17	0
PORDENONE	100	100	73	38	AVELLINO	100	100	89	34
UDINE	100	100	86	48	SALERNO	100	100	88	61
GORIZIA	100	100	56	0	FOGGIA	100	100	94	54
TRIESTE	100	93	43	0	BARI	100	97	74	16
PIACENZA	100	100	78	42	TARANTO	100	96	67	0
PARMA	100	99	74	50	BRINDISI	100	99	71	0
REGGIO EMILIA	100	99	50	30	LECCE	100	99	49	0
MODENA	100	97	52	28	POTENZA	100	100	100	89
BOLOGNA	100	97	58	15	MATERA	100	100	98	66
FERRARA	100	99	82	1	COSENZA	100	100	99	67
					CROTONE	100	100	99	85

CATANZARO	100	100	93	42	ENNA	100	100	100	69
VIBO VALENTIA	100	100	99	50	CATANIA	100	97	84	32
REGGIO CALABRIA	100	100	95	61	RAGUSA	100	100	85	2
TRAPANI	100	100	83	8	SIRACUSA	100	100	85	14
PALERMO	100	98	92	64	SASSARI	100	100	96	77
MESSINA	100	100	92	63	NUORO	100	100	100	93
AGRIGENTO	100	100	93	31	ORISTANO	100	100	98	78
CALTANISSETTA	100	99	94	35	CAGLIARI	100	99	93	65
Piemonte	100	99	86	32					
Valle d'Aosta	100	100	99	79					
Liguria	100	98	80	34					
Lombardia	100	93	48	19					
Veneto	100	98	50	17					
Trentino-Alto Adige	100	100	99	71					
Friuli-Venezia Giulia	100	100	79	40					
Emilia-Romagna	100	98	64	27					
Toscana	100	99	83	46					
Umbria	100	100	97	50					
Marche	100	100	83	32					
Abruzzo	100	100	92	56					
Lazio	100	95	73	21					
Campania	100	95	77	36					
Puglia	100	99	76	24					
Molise	100	100	98	72					
Basilicata	100	100	99	81					
Calabria	100	100	97	63					
Sicilia	100	99	90	40					
Sardegna	100	100	97	78					

Tab. 30 - Percentuale della superficie nelle province e nelle regioni italiane in cui la perdita di magnitudine supera i valori descritti (in magnitudini V).

Perdita di Magnitudine	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
TORINO	100	69	41	19	8	3	0
VERCELLI	100	68	12	2	0	0	0
BIELLA	100	76	27	2	0	0	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	87	25	6	0	0	0	0
NOVARA	100	100	77	15	1	0	0
CUNEO	82	50	23	1	0	0	0
ASTI	100	94	61	5	1	0	0
ALESSANDRIA	100	80	35	5	0	0	0
VALLE D'AOSTA	100	26	4	0	0	0	0
IMPERIA	100	45	25	8	0	0	0
SAVONA	100	55	22	7	1	0	0
GENOVA	96	66	38	16	7	2	0
LA SPEZIA	90	36	26	15	2	0	0
VARESE	100	100	90	49	19	1	0
COMO	100	87	64	40	22	0	0
LECCO	100	97	55	37	15	0	0
SONDRIO	97	19	3	0	0	0	0
MILANO	100	100	100	99	80	38	6
BERGAMO	100	86	64	39	16	1	0
BRESCIA	100	71	56	26	4	1	0
PAVIA	100	87	65	17	1	0	0
LODI	100	100	100	58	3	0	0
CREMONA	100	100	88	25	2	0	0
MANTOVA	100	100	96	11	2	0	0
BOLZANO-BOZEN	65	13	2	0	0	0	0
TRENTO	100	46	7	0	0	0	0
VERONA	100	98	79	28	7	1	0
VICENZA	100	89	64	33	3	0	0
BELLUNO	95	26	2	0	0	0	0
TREVISO	100	100	91	38	3	0	0
VENEZIA	100	99	73	31	11	2	0
PADOVA	100	100	100	58	13	3	0
ROVIGO	98	82	48	5	0	0	0
PORDENONE	94	59	38	10	1	0	0
UDINE	75	49	32	5	1	0	0
GORIZIA	100	88	68	15	0	0	0
TRIESTE	100	100	78	36	12	1	0
PIACENZA	89	49	33	5	1	0	0
PARMA	85	46	36	11	2	0	0
REGGIO EMILIA	100	63	54	25	2	0	0
MODENA	100	66	52	27	8	1	0
BOLOGNA	100	71	50	19	6	1	0
FERRARA	100	73	32	5	2	0	0

RAVENNA	100	87	71	18	4	1	0
FORLI-CESENA	100	43	29	17	2	0	0
RIMINI	100	100	95	59	15	2	0
MASSA-CARRARA	95	39	16	9	1	0	0
LUCCA	100	72	44	22	2	0	0
PISTOIA	100	80	55	39	2	0	0
FIRENZE	100	74	55	24	10	4	1
PRATO	100	94	63	51	29	5	0
LIVORNO	90	56	30	14	5	1	0
PISA	87	55	40	20	2	0	0
AREZZO	100	42	11	1	0	0	0
SIENA	60	20	4	0	0	0	0
GROSSETO	28	7	3	1	0	0	0
PERUGIA	93	30	8	1	0	0	0
TERNI	96	40	12	4	1	0	0
PESARO E URBINO	100	47	20	5	1	0	0
ANCONA	100	74	44	15	1	0	0
MACERATA	86	45	24	3	0	0	0
ASCOLI PICENO	95	71	39	13	1	0	0
VITERBO	90	45	8	0	0	0	0
RIETI	90	33	7	0	0	0	0
ROMA	100	96	74	47	21	8	2
LATINA	100	92	55	19	2	0	0
FROSINONE	100	73	31	4	0	0	0
L'AQUILA	93	19	2	0	0	0	0
TERAMO	97	57	35	7	0	0	0
PESCARA	100	55	25	11	5	1	0
CHIETI	85	49	23	4	0	0	0
ISERNIA	78	13	1	0	0	0	0
CAMPOBASSO	81	17	4	1	0	0	0
CASERTA	100	81	44	24	11	2	0
BENEVENTO	98	58	30	4	0	0	0
NAPOLI	100	98	91	80	63	21	2
AVELLINO	100	57	28	5	0	0	0
SALERNO	65	31	18	8	2	0	0
FOGGIA	86	25	10	3	1	0	0
BARI	100	75	43	18	5	1	0
TARANTO	100	86	49	18	6	2	0
BRINDISI	100	100	63	8	1	0	0
LECCE	100	95	73	19	2	0	0
POTENZA	54	7	1	0	0	0	0
MATERA	60	17	4	1	0	0	0
COSENZA	62	18	3	1	0	0	0
CROTONE	34	6	2	0	0	0	0
CATANZARO	87	41	12	3	0	0	0
VIBO VALENTIA	84	27	4	0	0	0	0
REGGIO CALABRIA	68	30	10	2	0	0	0
TRAPANI	96	71	30	7	1	0	0

PALERMO	82	27	14	6	3	1	0
MESSINA	69	29	13	4	1	0	0
AGRIGENTO	99	44	13	4	0	0	0
CALTANISSETTA	97	40	9	4	2	0	0
ENNA	95	12	1	0	0	0	0
CATANIA	99	47	24	11	6	2	0
RAGUSA	100	89	36	6	1	0	0
SIRACUSA	100	61	21	9	2	0	0
SASSARI	41	15	7	2	0	0	0
NUORO	21	4	1	0	0	0	0
ORISTANO	49	12	4	0	0	0	0
CAGLIARI	55	22	10	4	1	0	0
Piemonte	94	65	32	7	2	1	0
Valle d'Aosta	100	26	4	0	0	0	0
Liguria	97	55	30	12	3	1	0
Lombardia	100	79	65	31	13	4	1
Veneto	99	81	62	26	5	1	0
Trentino-Alto Adige	81	28	4	0	0	0	0
Friuli-Venezia Giulia	83	56	38	8	1	0	0
Emilia-Romagna	96	63	45	17	4	0	0
Toscana	77	43	24	11	3	1	0
Umbria	94	33	9	2	0	0	0
Marche	95	56	30	8	1	0	0
Abruzzo	93	37	16	3	1	0	0
Lazio	96	71	39	18	7	3	1
Campania	87	56	34	17	9	2	0
Puglia	95	64	38	12	3	1	0
Molise	79	16	3	1	0	0	0
Basilicata	56	11	2	0	0	0	0
Calabria	65	23	6	1	0	0	0
Sicilia	91	42	17	6	2	0	0
Sardegna	40	14	5	2	0	0	0

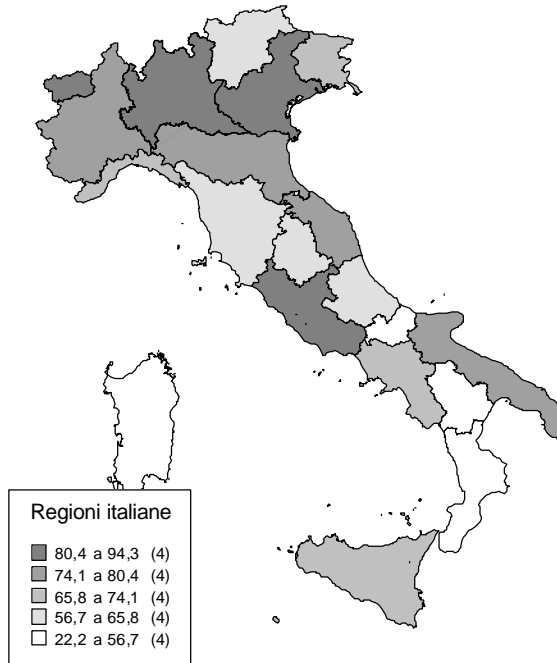
Tab. 31 - Percentuale della superficie nelle province e nelle regioni italiane da cui non è più visibile la Via Lattea.

brillanza artificiale/naturale	MW				
		UDINE	2	PESCARA	7
TORINO	10	GORIZIA	6	CHIETI	1
VERCELLI	0	TRIESTE	17	ISERNIA	0
BIELLA	0	PIACENZA	2	CAMPOBASSO	0
VERBANO-CUSIO-OSSOLA	0	PARMA	4	CASERTA	14
NOVARA	3	REGGIO EMILIA	6	BENEVENTO	0
CUNEO	0	MODENA	14	NAPOLI	72
ASTI	1	BOLOGNA	9	AVELLINO	0
ALESSANDRIA	1	FERRARA	3	SALERNO	3
VALLE D'AOSTA	0	RAVENNA	6	FOGGIA	1
IMPERIA	1	FORLI-CESENA	8	BARI	8
SAVONA	2	RIMINI	33	TARANTO	8
GENOVA	9	MASSA-CARRARA	3	BRINDISI	2
LA SPEZIA	4	LUCCA	8	LECCE	5
VARESE	25	PISTOIA	12	POTENZA	0
COMO	28	FIRENZE	13	MATERA	0
LECCO	21	PRATO	34	COSENZA	0
SONDRIO	0	LIVORNO	7	CROTONE	0
MILANO	89	PISA	6	CATANZARO	0
BERGAMO	22	AREZZO	0	VIBO VALENTIA	0
BRESCIA	7	SIENA	0	REGGIO CALABRIA	0
PAVIA	3	GROSSETO	0	TRAPANI	3
LODI	20	PERUGIA	0	PALERMO	3
CREMONA	5	TERNI	2	MESSINA	2
MANTOVA	4	PESARO E URBINO	2	AGRIGENTO	1
BOLZANO-BOZEN	0	ANCONA	4	CALTANISSETTA	2
TRENTO	0	MACERATA	1	ENNA	0
VERONA	11	ASCOLI PICENO	4	CATANIA	7
VICENZA	8	VITERBO	0	RAGUSA	1
BELLUNO	0	RIETI	0	SIRACUSA	4
TREVISO	10	ROMA	28	SASSARI	1
VENEZIA	21	LATINA	4	NUORO	0
PADOVA	22	FROSINONE	1	ORISTANO	0
ROVIGO	1	L'AQUILA	0	CAGLIARI	2
PORDENONE	2	TERAMO	2		
Piemonte	3				
Valle d'Aosta	0				
Liguria	5				
Lombardia	17				
Veneto	10				
Trentino-Alto Adige	0				
Friuli-Venezia Giulia	2				
Emilia-Romagna	7				
Toscana	5				

Umbria	0
Marche	2
Abruzzo	1
Lazio	9
Campania	11
Puglia	4
Molise	0
Basilicata	0
Calabria	0
Sicilia	3
Sardegna	1

brillanza artificiale/naturale >1

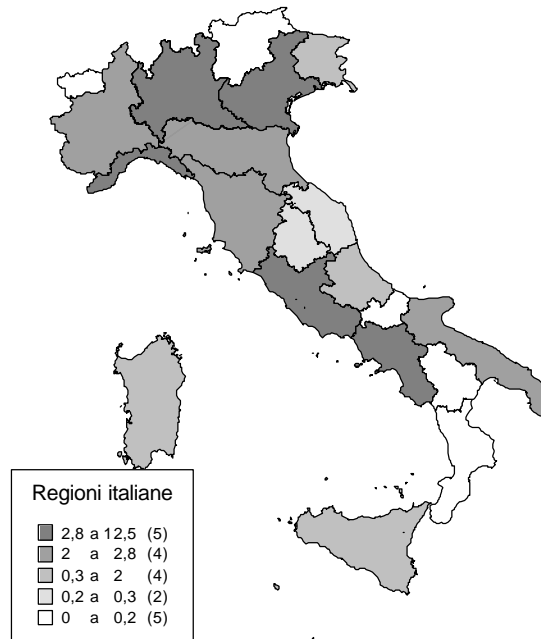
Veneto	94
Lombardia	94
Lazio	84
Valle d'Aosta	80
Piemonte	79
Marche	75
Puglia	74
Emilia-Romagna	74
Liguria	72
Campania	71
Friuli-Venezia Giulia	66
Sicilia	66
Trentino-Alto Adige	66
Abruzzo	59
Umbria	58
Toscana	57
Calabria	45
Molise	37
Basilicata	24
Sardegna	22



Tab. 32. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale in cui l'atmosfera è molto inquinata da luce artificiale

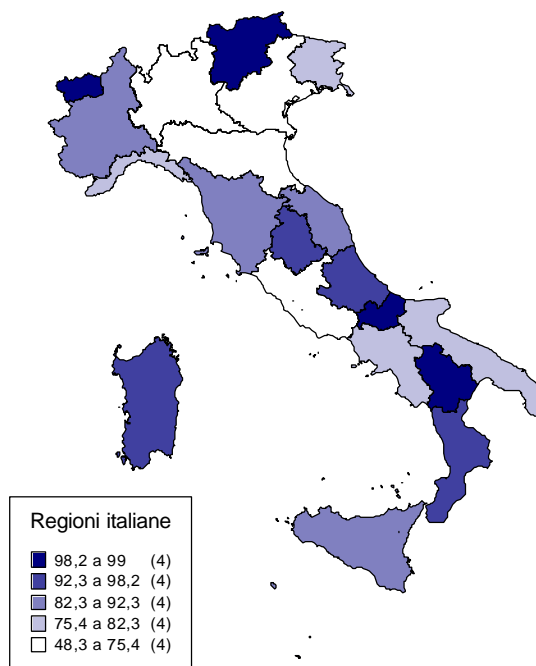
brillanza artificiale/naturale >9

Lombardia	13
Campania	8
Lazio	6
Veneto	4
Liguria	3
Emilia-Romagna	3
Piemonte	3
Toscana	2
Puglia	2
Sicilia	2
Friuli-Venezia Giulia	1
Abruzzo	1
Sardegna	0
Umbria	0
Marche	0
Valle d'Aosta	0
Trentino-Alto Adige	0
Molise	0
Basilicata	0
Calabria	0



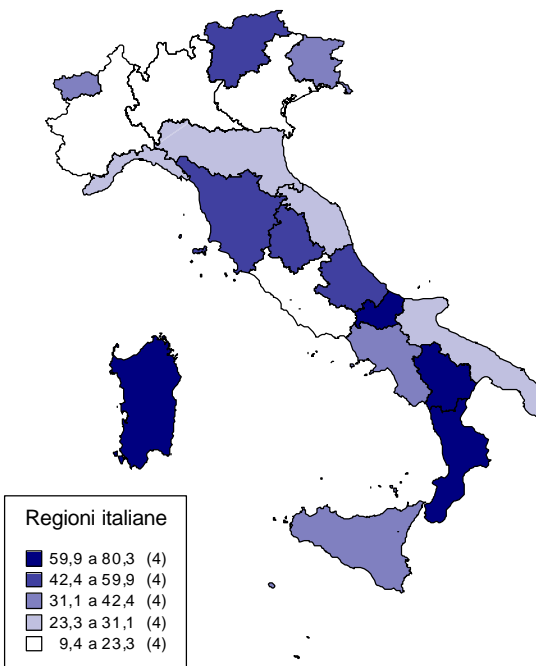
Tab. 33. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale in cui l'atmosfera è estremamente inquinata da luce artificiale

Brillanza totale	>20
Lombardia	48
Veneto	51
Emilia-Romagna	66
Lazio	72
Campania	75
Puglia	77
Liguria	79
Friuli-Venezia Giulia	81
Toscana	82
Marche	84
Piemonte	84
Sicilia	89
Abruzzo	92
Umbria	96
Sardegna	97
Calabria	97
Molise	98
Trentino-Alto Adige	98
Valle d'Aosta	99
Basilicata	99



Tab. 34. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove il cielo non è esageratamente luminoso

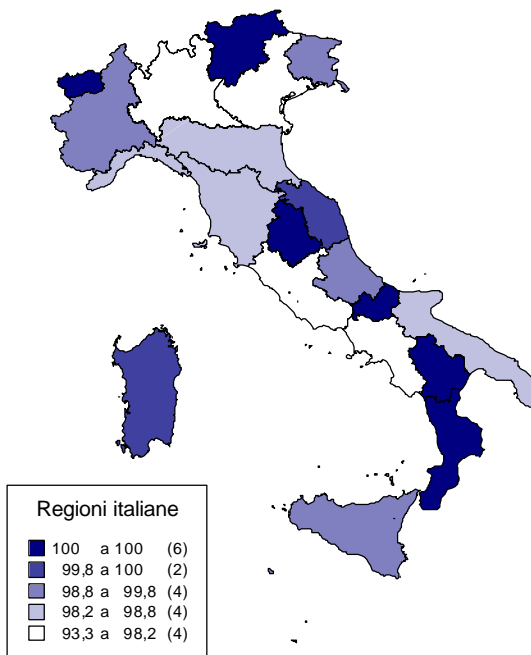
Brillanza totale	>21
Lombardia	9
Veneto	10
Lazio	16
Piemonte	22
Emilia-Romagna	23
Puglia	25
Marche	26
Liguria	27
Campania	31
Valle d'Aosta	33
Sicilia	36
Friuli-Venezia Giulia	37
Toscana	42
Umbria	43
Abruzzo	45
Trentino-Alto Adige	46
Calabria	60
Molise	69
Sardegna	79
Basilicata	80



Tab. 35. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove il cielo è ancora ragionevolmente buio

Magnitudine limite visuale >4,5

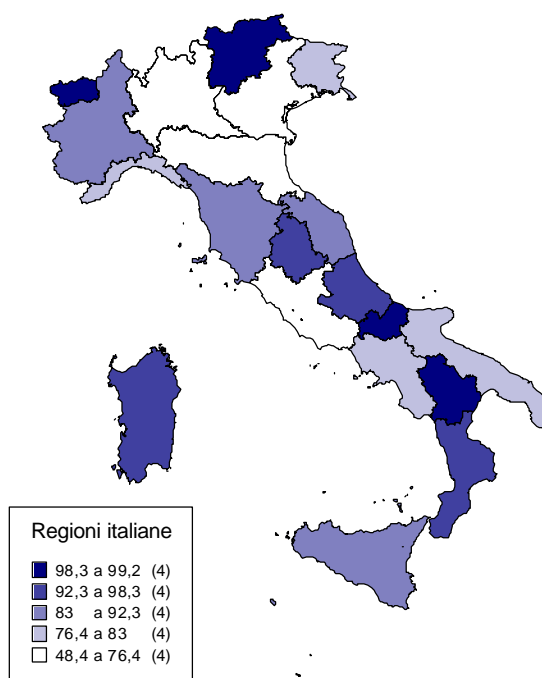
Lombardia	93
Campania	95
Lazio	95
Veneto	98
Liguria	98
Emilia-Romagna	98
Toscana	99
Puglia	99
Piemonte	99
Sicilia	99
Friuli-Venezia Giulia	100
Abruzzo	100
Marche	100
Sardegna	100
Valle d'Aosta	100
Trentino-Alto Adige	100
Umbria	100
Molise	100
Basilicata	100
Calabria	100



Tab. 36. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove il cielo sono visibili solo stelle piuttosto luminose

Magnitudine limite visuale >5

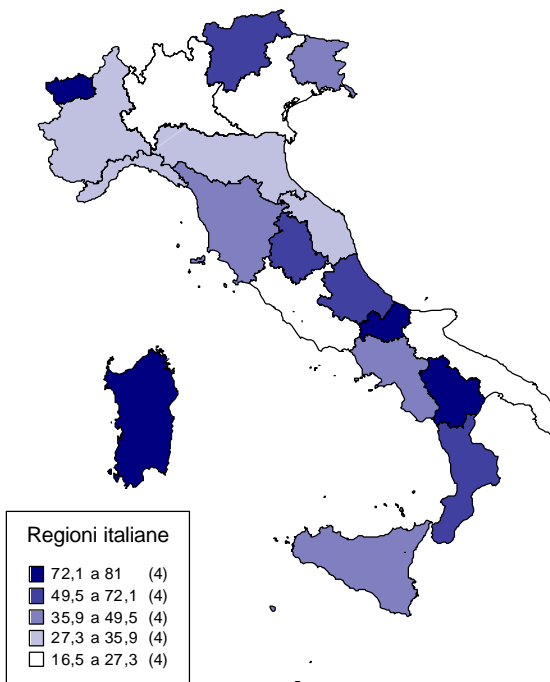
Lombardia	48
Veneto	50
Emilia-Romagna	64
Lazio	73
Puglia	76
Campania	77
Friuli-Venezia Giulia	79
Liguria	80
Toscana	83
Marche	83
Piemonte	86
Sicilia	90
Abruzzo	92
Umbria	97
Sardegna	97
Calabria	97
Molise	98
Trentino-Alto Adige	99
Valle d'Aosta	99
Basilicata	99



Tab. 37. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove sono visibili stelle mediamente luminose

Magnitudine limite visuale >5,5

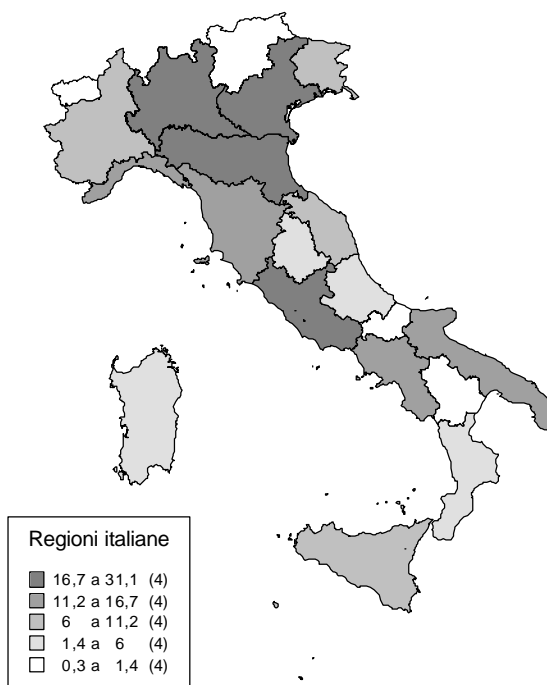
Veneto	17
Lombardia	19
Lazio	21
Puglia	24
Emilia-Romagna	27
Marche	32
Piemonte	32
Liguria	34
Campania	36
Sicilia	40
Friuli-Venezia Giulia	40
Toscana	46
Umbria	50
Abruzzo	56
Calabria	63
Trentino-Alto Adige	71
Molise	72
Sardegna	78
Valle d'Aosta	79
Basilicata	81



Tab. 38. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove sono visibili stelle abbastanza deboli

Perdita di Magnitudine >1

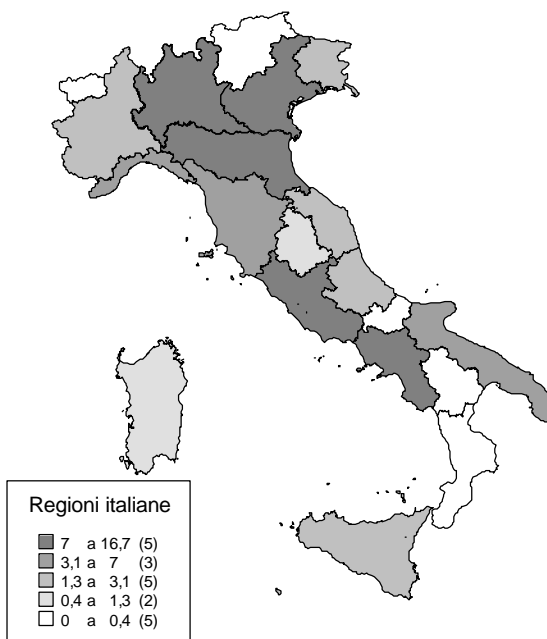
Lombardia	31
Veneto	26
Lazio	18
Emilia-Romagna	17
Campania	17
Liguria	12
Puglia	12
Toscana	11
Friuli-Venezia Giulia	8
Marche	8
Piemonte	7
Sicilia	6
Abruzzo	3
Sardegna	2
Umbria	2
Calabria	1
Molise	1
Valle d'Aosta	0
Basilicata	0
Trentino-Alto Adige	0



Tab. 39. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove la perdita di magnitudine è elevata

Perdita della Visibilità della Via Lattea

Lombardia	17
Campania	11
Veneto	10
Lazio	9
Emilia-Romagna	7
Liguria	5
Toscana	5
Puglia	4
Piemonte	3
Sicilia	3
Friuli-Venezia Giulia	2
Marche	2
Abruzzo	1
Sardegna	1
Umbria	0
Molise	0
Calabria	0
Basilicata	0
Valle d'Aosta	0
Trentino-Alto Adige	0



Tab. 40. Questa tabella e la relativa figura mostrano la percentuale della superficie regionale ove Via Lattea non è più visibile.

Riferimenti bibliografici

- Barbon R., Di Tullio Vanzani G. 1972, *Mem. Soc. Astron. It.*, 43, 1, 73-93.
- Bertiau, F.C.S.J., de Graeve, E.S.J., Treanor, P.J.S.J. 1973, The artificial night-sky illumination in Italy, *Vatican Observatory Publ.*, 1, 4, 159-179.
- Cinzano P. 1994, References on Light Pollution and Related Fields v.2, *Internal Rep.11*, Dep. of Astronomy, Padova, also on-line at www.pd.astro.it/cinzano/refer/index.htm.
- Cinzano, P. 1997, Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno, *Memorie dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, 38, Venezia (230 p.).
- Cinzano P. 2000a, in Cinzano P., ed., Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 93-112.
- Cinzano P. 2000b, in Cinzano P., ed., Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 113-130.
- Cinzano P. 2000c, in Cinzano P., ed., Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 159-166.
- Cinzano P. (ed.) 2000d, Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 1 (280 p.).
- Cinzano P., Falchi F. 2000, <http://www.pd.astro.it/cinzano/misure/sbeam2.html>.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D., Baugh K.E. 2000, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.*, 318, 641-657.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D. 2001a, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.*, 323, 34-46.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D. 2001b, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.*, 328, 689-707.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D. 2001c, *Earth, Moon and Planets*, 85, 517-522.
- Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D. 2001d, in Preserving the Astronomical Sky, UN-IAU Symp. 196, Cohen J., Sullivan W.T., eds., *ASP Conf. Ser.*, San Francisco.
- Corbo L. 2000, *Astronomia UAI*, 2, 45.
- Di Sora, M. 1991, Inquinamento luminoso, problemi e proposte alla luce del primo censimento della qualità dei siti degli Osservatori Nazionali (in Italian), *Boll. Soc. Astron. It.*, 2, 12-14.
- Di Sora, M. 1993, Light Pollution, problems and propositions (from Italy a resolute participation), *Mem. Soc. Astron. It.*, 64, 173-177.
- Dobson J.E., Bright E.A., Coleman P.R., Durfee R.C., Worley B.A. 2000, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66, 849-858.

- Elvidge C.D., Baugh K.E., Kihn E.A., Kroehl H.W., Davis E.R. 1997a, *Photogram. Eng. Remote Sens.*, 63, 727-734.
- Elvidge C.D., Baugh K.E., Kihn E.A., Kroehl H.W., Davis E.R., Davis, C. 1997b, *Int. J. Remote Sensing*, 18, 1373-1379.
- Elvidge C.D., Baugh K.E., Hobson V.H., Kihn E.A., Kroehl H.W., Davis E.R., Cocero D. 1997c, *Global Change Biology*, 3, 387-395.
- Elvidge C.D., Baugh K.E., Dietz J.B., Bland T., Sutton P.C., Kroehl H.W. 1999, *Remote Sens. Environ.*, 68, 77-88.
- Elvidge C.D., Imhoff, M.L., Baugh, K.E., Hobson, V.R., Nelson, I., Safran, J., Dietz, J.B., Tuttle, B.T. 2001, *J. Photogrammetry and Remote Sensing*, 1203, in press.
- Falchi F. 1998, Thesis, Univ. Milan.
- Falchi F., Cinzano P. 2000, in Cinzano P., ed., Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 139-152.
- Garstang R.H. 1984, *Observatory*, 104, 196-197.
- Garstang R.H. 1986, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 98, 364-375.
- Garstang R.H. 1989a, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 101, 306-329.
- Garstang R.H. 1989b, *Annual Rev. Astron. Astrophys.*, 27, 19-40.
- Garstang R.H. 1991, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 103, 1109-1116.
- Garstang R.H. 2000, in Cinzano P., ed., Measuring and Modelling Light Pollution, *Mem. Soc. Astron. Ital.*, 71, 83-92.
- Lieske R.W. 1981, *Proc. of Int. Telemetry Conf.*, 17, 1013-1020.
- Smith F.G. 1979, *IAU Trans.*, XVIIIA, 218-222.
- Sullivan W.T. 1989, *Int. J. Remote Sensing*, 10, 1-5.
- Sullivan W.T. 1991, in Crawford D.L., ed., Light Pollution, Radio Interference and Space Debris, IAU Coll. 112, *ASP Conf. Ser.* 17, 11-17.
- Treanor, P.J.S.J. 1973, A simple propagation law for artificial night-sky illumination, *The Observatory*, 93, 117-120.
- Walker, M.F. 1970, The California Site Survey, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 82, 672-69.

Indice delle Mappe

FIGURA 1. L'ITALIA DI NOTTE DA SATELLITE CON SOVRAPPOSTE LE MONTAGNE.	16
FIGURA 2. BRILLANZA ARTIFICIALE DEL CIELO NOTTURNO A LIVELLO DEL MARE.	25
FIGURA 3. BRILLANZA TOTALE DEL CIELO NOTTURNO.....	27
FIGURA 4. VISIBILITÀ DELLE STELLE A OCCHIO NUDO.	29
FIGURA 5. DEGRADO DELLA VISIBILITÀ DELLE STELLE A OCCHIO NUDO.	31
FIGURA 6. CRESCITA DELLA BRILLANZA ARTIFICIALE DEL CIELO NOTTURNO.	32

Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso
Novembre 2001