

STORIA DI COPERTINA



A stylized illustration of a landscape with rolling hills in shades of orange and yellow, and a dark blue foreground. The hills are decorated with small white and red heart shapes. The entire scene is set against a solid dark blue background.

Arrivederci stelle

Dal 2011 il cielo notturno è diventato più luminoso in media del 9,6% annuo. Un bambino nato oggi in un luogo dove può osservare 250 stelle, a 18 anni ne vedrà appena 100. L'impatto sulla nostra salute e sulla biodiversità è già evidente. L'allarme degli scienziati

illustrazione di **Antonio Pronostico**

di **Giulia Assogna**

E quindi uscimmo a riveder le stelle". Così Dante chiudeva la cantica dell'*Inferno* nella sua *Divina Commedia*. Fin troppo facile per noi immaginare ora quanta ispirazione avrà tratto il Sommo poeta dal cielo notturno, lui che con le stelle ha firmato anche l'ultimo verso del *Purgatorio* e quello, indimenticabile, del *Paradiso*. Ma chissà se oggi le sue chiose sarebbero state diverse, con le idee confuse tra luci, lampioni, schermi, capannoni, luminarie e strade illuminate a giorno.

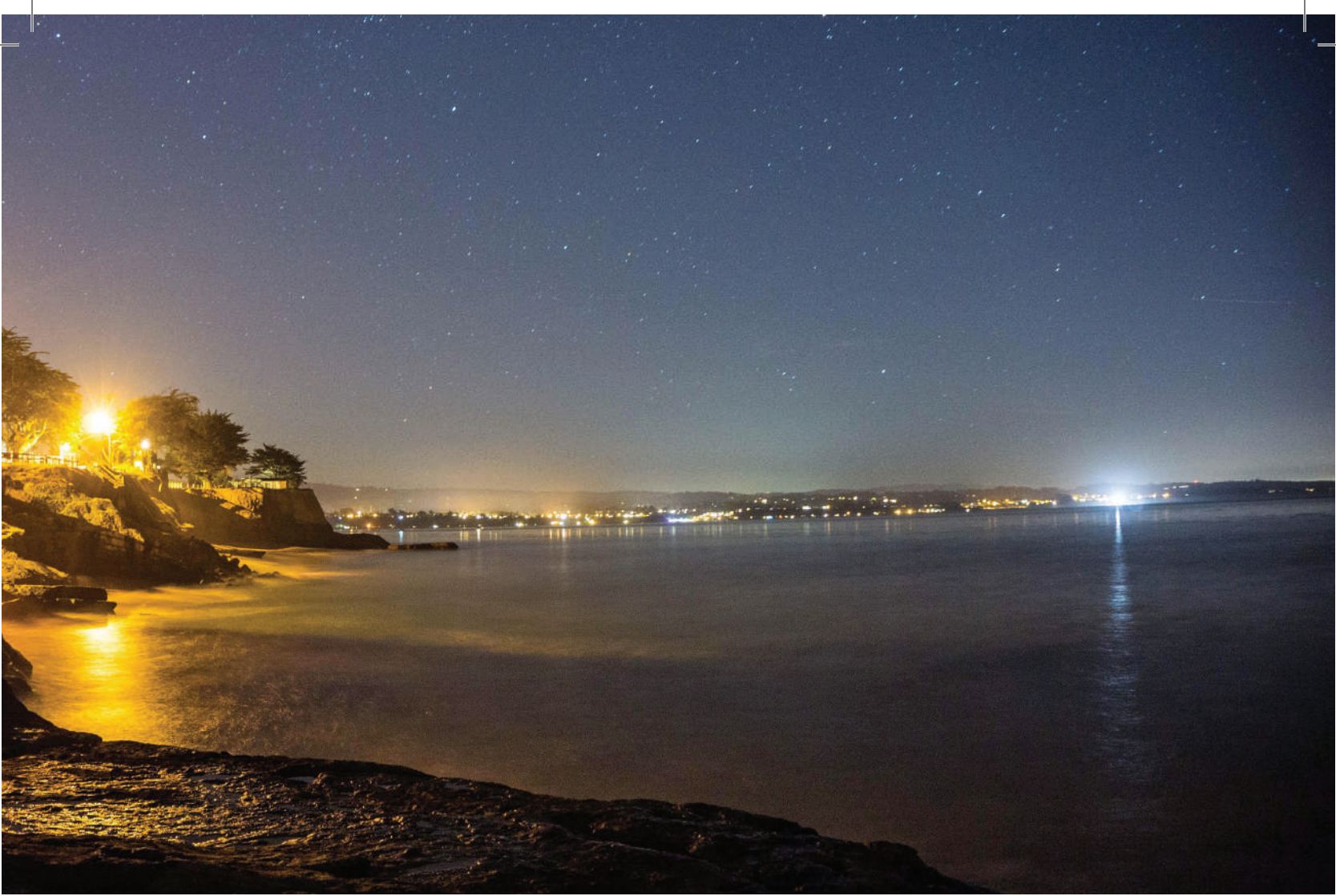
Alzando lo sguardo al cielo di stelle se ne vedono sempre meno, e non serve certo tornare a sette secoli fa per accorgersene. In dodici anni, dal 2011 al 2022, il cielo notturno è diventato più luminoso in media del 9,6% all'anno. Se questa tendenza dovesse proseguire, un bambino nato oggi in un luogo dove sono visibili 250 stelle, quando compirà 18 anni potrà vederne appena 100. I numeri, desolanti, sono i risultati di una ricerca internazionale pubblicata a gennaio scorso sulle prestigiose pagine di *Science*, coordinata dal fisico Christopher Kyba, del German research centre for geosciences di Potsdam. Gli esperti hanno analizzato i dati di un enorme progetto di *citizen science*, nell'ambito del programma "Globe at night", che ha coinvolto per più di dieci anni circa 50mila astronomi dilettanti e professionisti nel contare le stelle visibili a occhio nudo da oltre 19.000 siti sparsi sul pianeta, soprattutto in Europa e Nord America. "Analizzando migliaia di osservazioni – si legge nel commento che accompagna l'articolo – gli autori del lavoro hanno scoperto che le stelle meno luminose sono ormai nascoste a causa dell'aumento dell'inquinamento luminoso dovuto all'illuminazione artificiale". In sintesi, nel cielo sta dilagando una sorta di manto luminoso costante, il cosiddetto *skyglow*, che oscura progressivamente le stelle visibili a occhio nudo.

In molte aree della nostra penisola, per esempio tutta la Val Padana e la costa adriatica, la Via Lattea è ormai completamente invisibile



SOS cielo

«Rispetto ad altri problemi ambientali, l'inquinamento luminoso è un po' trascurato ma l'interesse sta aumentando», spiega a *Nuova Ecologia* Fabio Falchi, autore del commento su *Science*, ricercatore dell'Istituto di scienza e tecnologia dell'inquinamento luminoso (Istil) di Thiene (Vicenza) e docente di fisica all'I.S. "Fermi" di Mantova. I risultati pubblicati indicano un ritmo di aumento della luminosità di fondo del cielo notturno più rapido di quello finora noto, che si attestava intorno al 2% annuo. Questa discrepanza dipende anche dal fatto che tutti gli studi compiuti finora erano stati svolti tramite satelliti in orbita, ciechi alla luce blu, emessa in grande quantità dalle lampade a led, a luce fredda, che ormai stanno sostituendo le altre forme di illuminazione. Una buona porzione delle nuove luci installate sulla Terra, quindi, non viene completamente rilevata dagli strumenti in orbita. «La luce a led dura di più e consuma un po' meno – continua Falchi – è troppo efficiente, e non si è incentivati a risparmiarla. Il nostro occhio, in condizione di oscurità, è in visione notturna, con una sensibilità superiore alla parte blu dello spettro elettromagnetico rispetto alla visione diurna. Que-



sto comporta che, in presenza di luci a led bianchi, aumenti la brillantezza del cielo, cioè la percezione di luminosità dipendente dalla risposta dell'occhio umano. La soluzione non è tornare alle tradizionali luci al sodio, ma scegliere per esempio delle luci a led con tonalità più calde, meno abbaglianti».

Italia in cattiva luce

A primeggiare nella lista dei peggiori, tra i Paesi con più alto livello di inquinamento luminoso tra quelli del G20, ci sono la Corea del Sud e l'Italia, come dimostra l'*Atlante mondiale dell'inquinamento luminoso* pubblicato nel 2016 da Falchi e colleghi, ancora oggi il più aggiornato sull'argomento (lightpollutionmap.info). In molte aree della nostra penisola, per esempio tutta la Val Padana e la costa adriatica, la Via Lattea risulta ormai completamente invisibile. Tralasciando le zone d'alta quota, dove le stelle si vedono meglio anche per via della maggiore trasparenza del cielo, le aree buone per l'osservazione astronomica si trovano soltanto nelle valli a nord del Sud Tirolo, nelle zone occidentali del Piemonte, in alcune aree della Sardegna, della Maremma e in alcune isole Eolie.

«Nel 2019 – prosegue il ricercatore – abbiamo

Il glossario

Brillanza Il rapporto fra l'intensità di una sorgente luminosa e la sua superficie. Il valore è espresso in magnitudine per arcosecondo quadro. La brillantezza artificiale misurata a livello del mare indica l'inquinamento luminoso di un'area e determina la percezione visiva della luminosità del cielo all'occhio umano

Skyglow Bagliore non accecante dai toni aranciati esteso

anche al di là delle aree urbane, che si manifesta come luminosità diffusa nel cielo e provoca un aumento della brillantezza apparente

Satellite artificiale Apparecchio realizzato e messo in orbita intorno a un pianeta per finalità scientifiche e tecniche. L'insieme di più satelliti artificiali adibiti a uno stesso scopo forma una costellazione

Space debris Detriti, "spazzatura" spaziale. Materiale di scarto delle missioni, o al loro termine, causato dal normale esaurimento di un'apparecchiatura in seguito a collisioni, incidenti, avarie o interruzione delle comunicazioni

Decommissioning Fase finale di attività di un satellite, durante la quale deve essere rimosso dall'orbita operativa, riportato a Terra e reso inoffensivo.

svolto un altro studio confrontando le province europee. Facendo una media della luce emessa in Italia e Germania, per esempio, abbiamo scoperto che produciamo pro capite il triplo della luce dei tedeschi».

Significa che in Italia illuminiamo troppo e male: basti pensare a tutti i capannoni industriali che rimangono illuminati la notte, ai locali riconoscibili da lontano anche quando sono chiusi, alle insegne colorate o intermittenti nelle nostre città. La lista potrebbe continuare. «Molte luci – riprende l'esperto – vengono utilizzate per pubblicità o per una falsa percezione di sicurezza, chiesta dai cittadini e concessa dagli amministratori».

Natura disorientata

Eppure, se anche l'apparente scomparsa delle stelle visibili nel cielo rappresenta una perdita con implicazioni considerevoli per il nostro stile di vita, a pagare il conto più salato dell'inquinamento luminoso è senza dubbio la biodiversità. Sono noti i casi di alterazione dell'orologio biologico, come piante che non riescono a fiorire o a produrre frutti nel periodo giusto. Ma anche lucciole che hanno sempre più difficoltà a trovare partner per la riproduzione, tartarughe marine appena schiuse che non raggiungono il mare perché non riescono a individuare il riflesso della luna, o molti insetti intrappolati dall'effetto aspirapolvere delle luci artificiali, distratti così dal compimento delle loro attività. E ancora quelle specie, anche alcune foche ad esempio, che utilizzano le stelle per orientarsi nello spazio. A rimetterci è anche la nostra salute, in conseguenza alla diminuzione di melatonina prodotta.

VISTI DALLE STELLE

L'Atlante mostra la luminosità (più precisamente luminanza o brillantezza) artificiale del cielo allo zenit per ogni sito sulla Terra, prendendo come riferimento la luminosità naturale del cielo

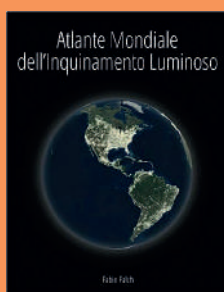
LEGENDA

RAPPORTO BRILLANZA ARTIFICIALE/BRILLANZA NATURALE*

>41	Notte estremamente inquinata
10,2-41	Occhio umano non si adatta al buio
5,12-10,2	Via Lattea invisibile
1,28-2,56	Via Lattea invernale invisibile
0,32-0,64	Cielo visibilmente inquinato
0,08-0,32	Cielo inquinato per la ricerca astronomica
<0,01	Cielo incontaminato

*La brillantezza naturale dipende dalla direzione di osservazione e dall'altitudine, tiene conto della luce naturale proveniente da tutto il cielo

| il libro |



**Fabio Falchi,
Cipriano Marini,
Paul Bogard**
**Atlante mondiale
dell'inquinamento
luminoso**

CreateSpace
Independent
Publishing Platform
pp. 66, 18,50 euro





In alto, da sinistra: un supermercato in Scozia; il lancio di satelliti Iridium dalla base SpaceX di Vandenberg, California, nel 2017

Aumentano sbalzi d'umore, disturbi alimentari e del sonno. Gli effetti a cascata sugli ecosistemi e le specie animali sono ancora poco noti, ma una ricerca di Dirk Sanders e colleghi dell'Università di Exeter, pubblicata su *Nature* di recente, dimostra che l'inquinamento luminoso ha effetti importanti su livelli ormonali, numero di figli, meccanismi di predazione e sviluppo cognitivo di molte specie. «Il nuovo paradigma – conclude Falchi – dovrebbe essere quello di imporre al flusso di luce emesso dei limiti numerici, facilmente controllabili, al pari di quelli esistenti per gli altri inquinanti, come il pm10 per l'inquinamento atmosferico».

L'inquinamento luminoso ha effetti su livelli ormonali, numero di figli, meccanismi di predazione e sviluppo cognitivo di molte specie



Astri artificiali

A cambiare le sorti del cielo, però, non c'è solo l'inquinamento luminoso proveniente dalla Terra. Lo spazio intorno al nostro pianeta è sempre più affollato. «Ci sono due problemi: quello dell'illuminazione artificiale dalla Terra, grave, che va gestito dalle amministrazioni locali, e quello dell'interferenza da parte delle mega costellazioni satellitari in orbita bassa, da risolvere invece a livello internazionale», spiega a *Nuova Ecologia* Piero Benvenuti, direttore del Centro dell'Unione astronomica internazionale (Iau) per la protezione del cielo buio, intervenuto durante l'appuntamento annuale del New space economy Expo forum 2022, organizzato da Fiera Roma e Fondazione Amaldi, con il patrocinio dell'Agenzia spaziale italiana.

Il tema delle mega costellazioni satellitari genera sempre più eco dal 2019, quando SpaceX, la compagnia di Elon Musk, amministratore delegato di Tesla e proprietario di Twitter, ha lanciato i primi 60 satelliti di Starlink, il progetto ideato con lo scopo di garantire accesso alla rete internet ad alta velocità da ogni punto della Terra. Sarà una costellazione costituita da migliaia di strutture miniaturizzate. «Il progetto prevede il lancio di una

ROTTAMI IN ORBITA

Intorno alla Terra viaggiano più di 131 milioni di detriti: "spazzatura" da gestire per arginare il rischio collisioni



**La mappa
SatelliteExplorer
localizza
satelliti e detriti
in orbita**

I detriti spaziali (*space debris*) sono oggetti artificiali in disuso nello spazio che non hanno più una funzione utile e viaggiano in orbita bassa intorno alla Terra a grandissime velocità. Provengono da vecchi satelliti, razzi, sonde e sono detriti legati a collisioni o detriti di frammentazione. L'Agenzia spaziale europea stima che intorno al nostro pianeta viaggino più di 131 milioni di detriti: la quasi totalità (oltre 130 milioni) di dimensioni comprese tra il millimetro e il centimetro; un milione tra 1 e 10 centimetri e circa 36.500 più grandi di 10 centimetri. Gli oggetti in orbita sono costantemente monitorati e gli operatori manovrano spesso i satelliti per evitare potenziali collisioni con i detriti, che nonostante le piccole dimensioni viaggiano a velocità estreme, fino a 28.160 km/h. Un frammento di circa 10 cm, in caso di scontro, potrebbe distruggere un satellite di medie dimensioni (5-10 metri circa). Ne potrebbe poi bastare uno di appena un centimetro per compromettere un'operazione di lancio. Il sovraffollamento della cosiddetta orbita bassa, la fascia atmosferica compresa fra i 300 e i 1.000 km di altezza, aumenterebbe il rischio di collisioni. La gestione della "spazzatura" spaziale rappresenta quindi una vera sfida per il futuro, da affrontare con soluzioni innovative e sicure, su cui stanno già lavorando organizzazioni e aziende in tutto il mondo.

quantità enorme di satelliti – prosegue Benvenuti – Si passerà dai circa 2.000 in orbita due anni fa a circa 40.000, fino ad arrivare a 100.000 in un futuro prossimo. Questo significherebbe che, quando illuminati dal sole, questi satelliti sarebbero visibili anche di notte, a seconda della stagione, e alcuni anche a occhio nudo perché più brillanti di alcune stelle deboli. Tutti, comunque, sarebbero visibili dai telescopi». E non c'è soltanto Space X. Anche Amazon ha già pronto il proprio progetto, come altre compagnie minori di vari Paesi del mondo. Considerati i grandi numeri previsti, gli impatti sull'astronomia professionale potrebbero essere significativi. Proprio lo scorso marzo, una *news* pubblicata su *Nature Astronomy* da un gruppo di ricerca internazionale ha rivelato che, oltre ai telescopi da terra, anche quelli spaziali vengono sempre più spesso disturbati nelle loro osservazioni dal passaggio delle costellazioni di satelliti artificiali, come quelli di Starlink. Nel caso del telescopio Hubble della Nasa, ad esempio, la probabilità che le immagini risultino guastate dalle loro scie luminose è salita dal 3,7 al 5,9% nell'arco di un decennio ed è destinata ad aumentare ancora.

«L'Iau, osservatore permanente nel comitato

Onu per l'utilizzo dello spazio, si impegna con le compagnie spaziali disponibili a trovare misure utili a minimizzare l'impatto delle costellazioni artificiali – racconta Benvenuti – Da una parte facendo in modo che i satelliti siano meno riflettenti, e quindi meno luminosi, per proteggere la visione del cielo originario; dall'altra, sviluppando sistemi che permettano di conoscere con precisione la posizione dei satelliti in ogni momento, così da interrompere le osservazioni astronomiche nel tempo necessario al satellite per attraversare il campo visivo interessato. Per fare questo ci sarebbe da organizzare ex novo un vero e proprio servizio, operazione impraticabile se i numeri degli oggetti in orbita saranno nell'ordine delle centinaia di migliaia».

È bene sottolineare che i satelliti sono ormai fondamentali per il nostro stile di vita e necessari per i sistemi di navigazione e per il posizionamento globale (gps), nonché per le osservazioni meteorologiche, per il contrasto al cambiamento climatico e il monitoraggio della Terra, solo per citare alcuni dei tanti vantaggi. A oggi sono in numero relativamente esiguo, li si vede passare sporadicamente, come fossero aerei nel cielo notturno. «Il



‘Lo spazio deve essere gestito in modo sostenibile, ma i satelliti servono’

Intervista a Federico Fierli, fisico ricercatore del Cnr

“Copernicus” è il programma di osservazione della Terra dell’Ue, che dal 2014 monitora il nostro pianeta a beneficio di tutti i cittadini. Offre servizi di informazione e acquisisce enormi quantità di dati provenienti da satelliti e sistemi di misurazione terrestri. Le serie di dati sono indicizzate e rese comparabili, garantendo così il monitoraggio nel tempo, con innumerevoli ricadute pratiche. Federico Fierli, fisico ricercatore del Cnr e atmospheric composition expert di Eumetsat, organizzazione europea per l’esercizio dei satelliti meteorologici, spiega l’importanza dei satelliti e come gestirli.

Quali sono gli obiettivi di “Copernicus”?

“Copernicus” è l’ambizioso programma europeo per il monitoraggio ambientale e ha l’obiettivo di avere una panoramica della Terra da qui ai prossimi trent’anni su diversi parametri: monitoraggio dei fuochi, del terreno, perdite di petrolio, tendenze di vegetazione, livelli di anidride carbonica, uso del suolo, estensione glaciale, cambiamenti climatici, inquinamento atmosferico, emergenze e sicurezza. I dati acquisiti sono messi a disposizione degli utenti, in un’ottica di democrazia digitale. L’obiettivo è coinvolgere la cittadinanza sui problemi ambientali e mantenere alta l’attenzione sulla necessità di proteggere la Terra.

Come funziona?

Ha diverse “sentinelle” numerate da 1 a 6. Ogni gruppo di sentinelle è dedicato al monitoraggio di una componente dell’ecosistema terrestre e ha una serie di strumenti, tra cui satelliti che si danno il cambio ogni 10-15 anni, arrivati a fine vita. Sentinel 1 e 2 sono dedicate alla vegetazione e all’uso del suolo; Sentinel 3 monitora lo stato delle coste e degli ecosistemi costieri e marini; la 4 – che deve ancora partire – e la 5 sono destinate all’analisi dell’inquinamento atmosferico. Sentinel 6 invece monitora la concentrazione di anidride carbonica e fornisce dati che potranno aiutare gli Stati a ridurre l’emissione di gas a effetto serra, per raggiungere gli obiettivi dell’Accordo di Parigi sul clima.

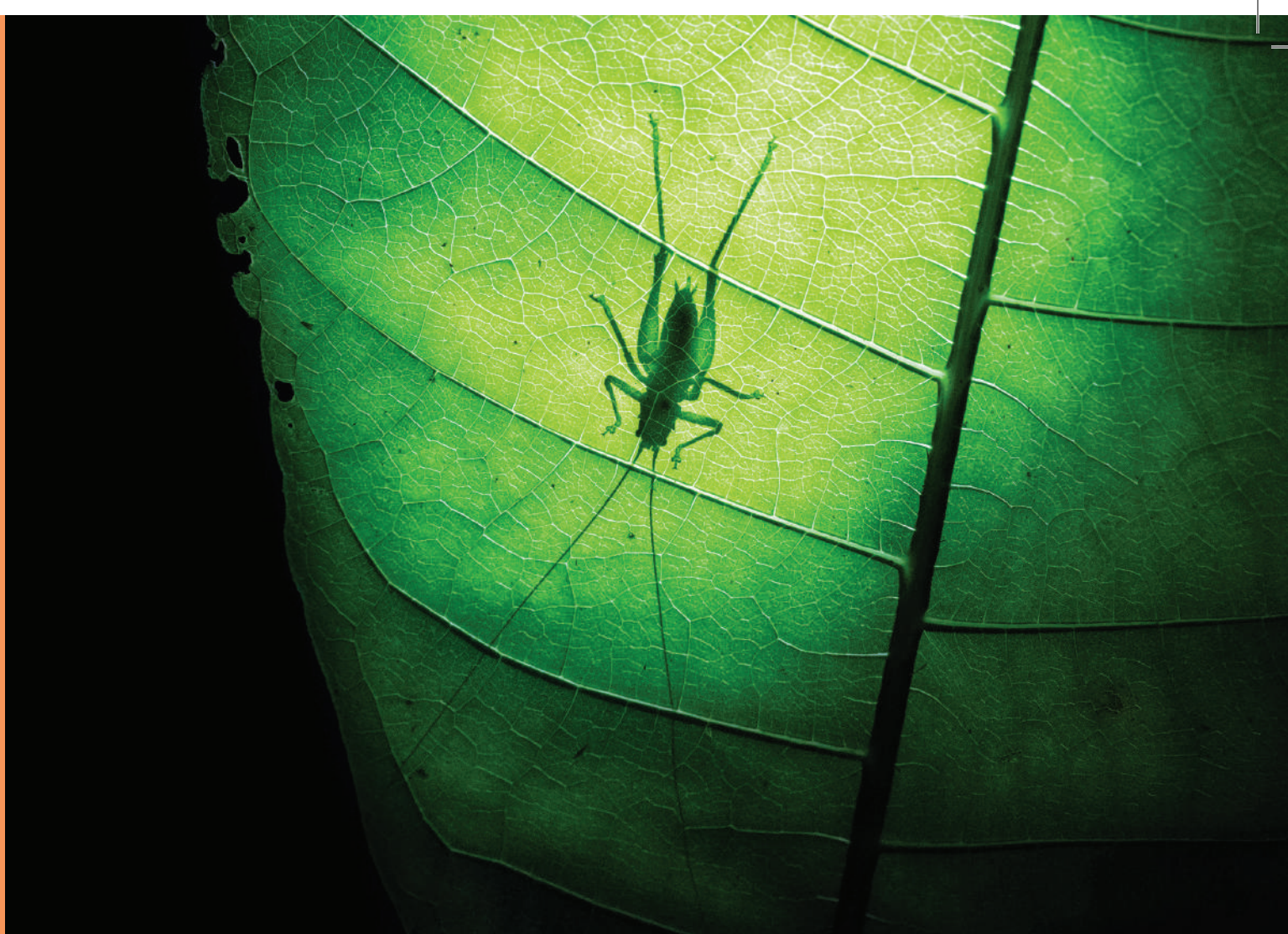
Ai fini del monitoraggio può essere problematico l’affollamento della zona orbitale intorno alla Terra?

È molto importante avere satelliti che monitorano l’ambiente terrestre, perché abbiamo un immenso problema di distruzione degli ecosistemi che va seguito per cercare di “salvare il salvabile”. Negli ultimi anni c’è stato un aumento esponenziale di lanci di satelliti e questo va attenzionato. Dovremmo soprattutto gestire l’utilizzo commerciale dello spazio che potrebbe mettere a rischio attività di tipo infrastrutturale, come quella dei satelliti meteorologici. Tante nostre azioni vengono compiute tramite satelliti. Ma è fondamentale capire che lo spazio non è una risorsa infinita e deve essere gestito con sostenibilità, e anche protetto con processi coordinati a livello internazionale. (Giu. As.)

problema – insiste l’esperto – è la frequenza ormai quasi settimanale dei lanci per le mega costellazioni, che avvengono “a grappolo”, con 60 satelliti o più ogni volta».

Traffico in orbita

Oltre agli effetti sull’astronomia, la proliferazione dei satelliti aumenterebbe anche il rischio di collisioni e la formazione di nuovi detriti spaziali (*space debris*, vedi box a pagina 23), nonostante i processi di *decommissioning*. Il rischio di sovraffollamento delle orbite è un problema noto, che tutte le agenzie spaziali del mondo stanno già monitorando, anche se manca ancora un regolamento internazionale chiaro. Senza considerare possibili problemi di ordine geopolitico. «La rete di Space X – conclude Benvenuti – è stata da poco usata anche nel campo di battaglia tra Ucraina e Russia». Insomma, l’attenzione della comunità scientifica è sempre più alta sull’argomento, e nell’ultimo incontro del comitato Onu a Vienna, lo scorso febbraio, circa 40 Paesi si sono espressi a favore delle azioni messe in atto dal Centro per la protezione del cielo buio. Un patrimonio comune, universale, da salvaguardare senza rinunciare al progresso. Né alle stelle. ●



CANTARE ALLA LUCE SBAGLIATA

Dal canto dei grilli al volo di falene e pipistrelli. I comportamenti di insetti e animali sono influenzati dalla luce. Il libro "Elogio del buio" spiega come e perché

di **Johan Eklöf**

I grilli friniscono sia per marcare il territorio sia per attirare una compagna. Le serenate del maschio avvengono soprattutto di sera e il canto è strettamente legato al passaggio dalla luce al buio. Bastano piccole variazioni nell'intensità della luce per indurre l'insetto a rimandare l'esecuzione, perdendosi così il rituale di accoppiamento. In più, se la luce è troppo forte, i giovani grilli (detti ninfe) crescono più lentamente. [...]

Il canto dei grilli richiama l'attenzione non solo degli esemplari del sesso opposto, ma anche dei predatori. Cantando alla luce sbagliata, i grilli corrono un rischio elevatissimo di trasformarsi in cibo prima di avere avuto il tempo di accoppiarsi: un problema comune a molti insetti. Le falene che si trattengono intorno a luci e lampioni dopo l'alba, per esempio, sono una preda facile. È dimostrato che uccelli, ratti, lucertole, rospi e ragni approfittano degli insetti che restano radunati nei pressi delle luci. Per i predatori, è come trovarsi davanti un buffet apparecchiato. Sul



‘In un cielo costantemente illuminato dalle luci artificiali è come se ci fosse sempre luna piena’

interferire con l'orientamento degli insetti, l'uso intensivo dell'illuminazione artificiale comporta che la luce prodotta dagli esseri umani si disperda in continuazione nel cielo. Un lampione non adeguatamente schermato irradia più luce ed energia nell'atmosfera che non in basso, verso la strada che dovrebbe illuminare. Questo spreco si trasforma in un bagliore diffuso detto sky glow. In una sera di cielo coperto, quando le nuvole riflettono la luce rimandandola sulla superficie terrestre, l'alone luminoso dello sky glow avvolge le città in una cupola gialla che nasconde completamente il cielo notturno, e questo crea ulteriori problemi agli insetti.



Johan Eklöf
Elogio del buio
Corbaccio
pp. 256, 19 euro

finire del XX secolo i miei colleghi del piccolo gruppo di ricerca sui pipistrelli dell'università di Göteborg decisero di studiare le interazioni tra falene e pipistrelli in città. Servendosi di un piccolo generatore di ultrasuoni, emettevano suoni ad alta frequenza identici a quelli prodotti dai pipistrelli. [...] Le falene [...] in condizioni normali riescono a evitare di finire tra le fauci dei predatori notturni. Tuttavia, quando il generatore di ultrasuoni veniva testato con le falene sotto i lampioni, gli insetti sembravano sordi e non mostravano alcuna reazione. Era come se la luce mandasse in tilt il loro apparato uditivo. [...]

Gli occhi degli insetti notturni sono particolarmente sensibili al verde, al blu e all'ultravioletto. [...] E questo significa che ogni strada, persino il più piccolo dei marciapiedi, agisce come una sorta di barriera.

Anche se impiegassimo soltanto luce ambrata o addirittura rossa, che viene in certa misura ignorata dagli insetti, o se progettassimo lampioni con spettri ben definiti per non

Già di per sé la luna piena può essere abbastanza splendente da tenere certe specie di insetti a terra, perché se volassero diventerebbero una preda facile. Anziché muoversi al chiaro di luna rischiando la vita, gli insetti aspettano che arrivino notti più buie. In genere questo non rappresenta un problema: come è noto, la luna compie il suo percorso silenzioso e ben presto le tenebre tornano a occupare il cielo. Le fasi lunari sono prevedibili e ricorrenti e costituiscono uno dei cicli naturali che condizionano e regolano l'orologio biologico. A volte però basta che una nuvola copra parzialmente la luna per consentire agli insetti di spiccare il volo di notte. Ma in un cielo costantemente illuminato dalle luci artificiali, anche quando ai nostri occhi appare scuro, è come se ci fosse sempre la luna piena, se non peggio. In un cielo simile nemmeno le nuvole sono di grande aiuto, anzi: spesso sono controproducenti, perché riflettono la luce facendola tornare sulla terra.

Estratto da "Elogio del buio" di Johan Eklöf.
Edito da Corbaccio