



Apitalia - Via Alfredo Fusco, 85 - 00136 - Roma - ITALY - UE - ISSN: 0391 - 5322 - ANNO XXXI • N. 10 • OTTOBRE 2015 - € 5,99 Poste Italiane S.p.A. Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1, DCB Roma



Apitalia

10/2015

APICOLTURA - AGRICOLTURA - AMBIENTE



L'ARIA E' INQUINATA? CE LO DICE L'APE



Le api svelano il mistero delle fonti di emissione di particolato inquinante

di **Ilaria Negri¹**, **Christian Mavris²**,
Gennaro Di Prisco³, **Emilio Caprio³**, **Marco Pellecchia¹**

Si tratta di una ricerca che è durata due anni, ed è stata pubblicata sul numero di luglio 2015 della Rivista scientifica internazionale Plos/One. Gli autori: Ilaria Negri, Marco Pellecchia (*Koiné-Environmental Consulenze Ambientali S.n.c., Parma, Italy*), Christian Mavris (*Department of Earth Sciences, Natural History Museum, London, United Kingdom*), Gennaro Di Prisco, Emilio Caprio (*Dipartimento di Agraria, Laboratorio di Entomologia E. Tremblay, Università degli Studi di Napoli Federico II, Portici - Napoli*). Nello studio scientifico i ricercatori dimostrano che le api si comportano anche come "campionatori" attivi di particolato atmosferico, i cosiddetti PM (dall'inglese "Particulate Matter"), di cui sono ricche le nostre città come troppo spesso avvertono i dati dell'Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente (ARPA).

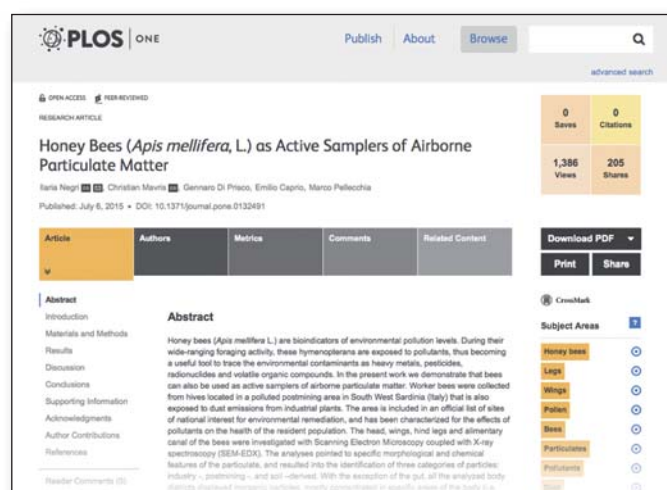
Dice che l'Iglesiente (Iglesias, Sardegna) è inquinato, fortemente contaminato da metalli pesanti come il piombo e il bario. E svela poi che la salute di chi ci vive potrebbe essere compromessa, se non lo è già, anche dall'alta concentrazione di ferro, silicio e alluminio.

Rivela ancora, con scientifica precisione, da dove provengono le micro particelle di queste impercettibilissime polveri: dalle miniere dell'Iglesiente e dalle industrie di Portovesme

Con le prime fioriture primaverili si ravviva anche l'attività delle api, rimaste appartate nell'arnia durante i mesi più freddi. A tre settimane di età, periodo durante il quale hanno già provveduto ai "lavori di casa" (pulire le celle, nutrire la regina e la prole neonata, costruire le celle secernendo la cera, provvedere alla difesa della famiglia e così via), le api escono dal loro nido e, per altrettanti giorni, si dedicano alla raccolta di polline, nettare, propoli, melata, acqua. Durante il volo quotidiano, ogni singola ape bottinatrice può visitare fino a un migliaio di fiori e percorrere persino più di 2 Km di distanza dall'arnia, esponendo il proprio corpo agli inquinanti presenti nell'aria, nell'acqua, sulla vegetazione, sul suolo. Dunque, questa formidabile macchina per la raccolta di polline e nettare può raccogliere e contaminarsi di metalli pesanti, biocidi, sostanze radioattive, diossine, composti organici volatili e incamerarli nei propri prodotti, come il miele e la cera fungendo, quindi, sia da bioaccumulatore che da biocollettore.

Nello studio scientifico da poco pubblicato sulla rivista scientifica *PLOS ONE* ¹ dimostriamo che le api si comportano anche come "campionatori" attivi di particolato atmosferico, i cosiddetti PM (dall'inglese "Particulate Matter"), di cui sono ricche le nostre città come troppo spesso avvertono i dati dell'Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente (ARPA).

Il particolato atmosferico è costituito prevalentemente da polveri di dimensioni variabili, fra cui generalmente si distinguono i PM 10 (particelle fino a 10 µm di diametro, vale a dire 10 millesimi di millimetro), i PM 2.5 (fino a 2.5 µm), i PM 1 (fino a 1 µm) e



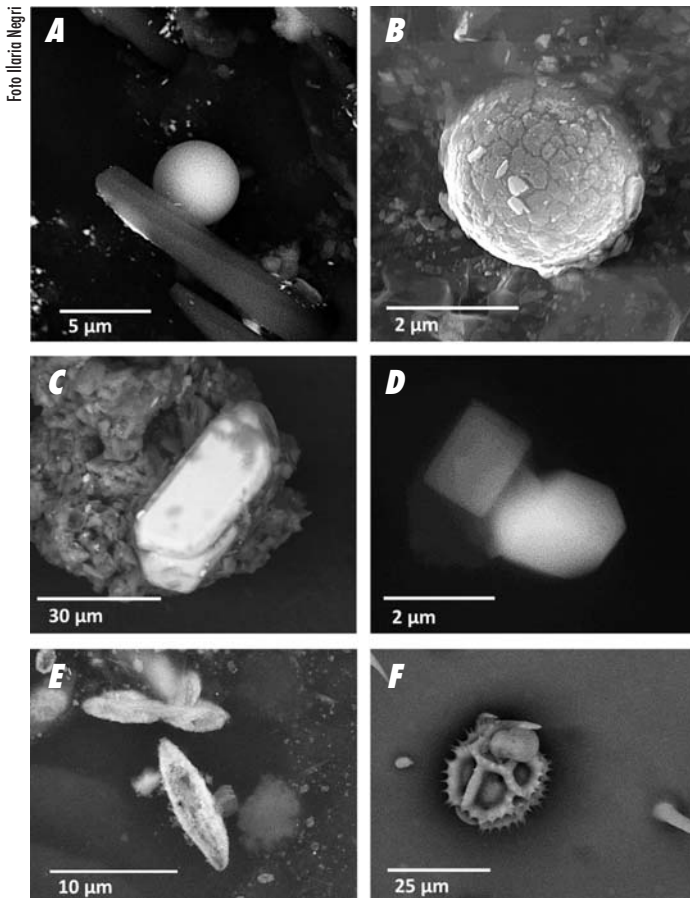


Figura 1. Morfologie caratteristiche di alcune polveri di origine industriale e naturale.

- (A) Immagine a elettroni secondari (SE) di una polvere industriale ricca in Ferro a superficie liscia.
- (B) Immagine a elettroni retrodiffusi (BSE) di una polvere industriale ricca in Ferro a superficie scagliosa.
- (C) Agglomerato con cristalli prismatici di Zirconio, un minerale presente in rocce granitiche.
- (D) Cristalli cubici di sale (cloruro di sodio), derivanti dall'aerosol marino.
- (E) Diatomee, alghe unicellulari con parete silicea.
- (F) Granulo pollinico.

A livello cellulare studi tossicologici hanno evidenziato che i PM possono indurre citotossicità, neurotossicità, mutazioni genetiche e perfino alterazioni epigenetiche, potenzialmente trasmissibili di generazione in generazione. Dai risultati del progetto europeo *Escape (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects)* emerge chiaramente che non esistono limiti di sicurezza all'esposizione delle polveri². Il PM 0.1 o particolato ultrafine, in particolare, risulta estremamente pericoloso in quanto, oltrepassando le barriere alveolari dei polmoni, può penetrare direttamente nel circolo sanguigno e "incistarsi" in qualsiasi tessuto od organo, compreso il cervello. Purtroppo, con i metodi di controllo delle polveri aerodisperse dell'ARPA, le polveri ultrafini non vengono monitorate. Come si può fare per superare questa lacuna e ottenere dati anche su queste polveri così nocive?

La risposta ora c'è ed è nell'utilizzo delle api, veri e propri campionatori attivi e mobili di PM. Nello studio pubblicato su *PLOS ONE*¹ abbiamo infatti dimostrato che il particolato incontrato dalle api durante il volo e l'attività di bottinamento rimane per-

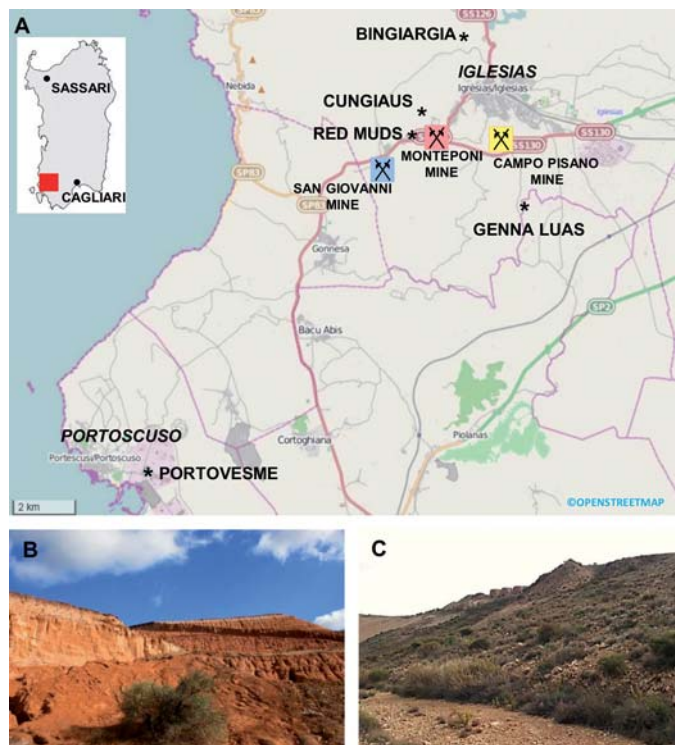
i PM 0.1 (fino a 0.1 μm). Queste ultime vengono comunemente definite polveri ultrafini, avendo un diametro anche mille volte più piccolo di quello di un capello.

Il particolato può avere origini naturali, ad esempio se generato a seguito di incendi, eruzioni, attività erosiva della pioggia e del vento sulle rocce e i suoli, ed è anche naturalmente composto da frammenti organici vegetali o animali, microorganismi, polline, spore fungine, e così via. Anche le attività umane sono responsabili dell'emissione in atmosfera di polveri; esempi tipici sono l'incenerimento dei rifiuti, i processi industriali, il traffico, le attività agricole e minerarie, il riscaldamento.

L'esposizione al particolato genera gravi conseguenze per la salute pubblica, sia a breve sia a lungo termine, tanto che numerose fonti di emissione ad esempio industriali sono riconosciute ormai come un problema emergente. Tra le numerose patologie connesse all'inalazione delle polveri inquinanti si annoverano ovviamente quelle respiratorie, quali asma, bronchiti, cancro al polmone, ma anche infiammazioni croniche e malattie cardiovascolari possono avere una causa nell'esposizione al particolato atmosferico.

Figura 2.

- (A) Area oggetto del presente studio.
- (B) I Fanghi Rossi della Miniera di Monteponi.
- (C) Lo scavo a cielo aperto di Cungihaus.



fettamente adeso al corpo e alle ali, come se questi insetti fossero ricoperti di colla. Con l'utilizzo di un Microscopio Elettronico a Scansione (SEM), le polveri incollate alle api possono essere caratterizzate nelle loro dimensioni, arrivando a visualizzare anche il PM 0.1.

Con il SEM, inoltre, si può osservare la morfologia delle polveri. Il microscopio è costituito da un generatore che emette un fascio di elettroni che vanno a "bombardare" il campione: gli elettroni del fascio incidente (elettroni primari) danno luogo a vari effetti, quali ad esempio l'emissione di elettroni secondari e retrodiffusi. Un sistema di rilevazione collegato ad un computer permette la visualizzazione delle immagini del campione, sia dovute agli elettroni secondari (SE, dall'inglese "Secondary Electrons") sia a quelli retrodiffusi (BSE, dall'inglese "Back Scattered Electrons"). Le immagini SE danno informazioni sulla morfologia del campione in quanto esso appare in rilievo e se ne possono apprezzare gli spigoli, mentre le immagini BSE presentano diverse tonalità di grigio a seconda del numero atomico degli atomi che compongono il campione, con gli elementi più pesanti in toni di grigio più chiari e brillanti.

La morfologia delle polveri è una caratteristica fondamentale ad esempio per l'identificazione di fonti di emissione industriale che comprendono combustioni ad alta temperatura. Le particelle, in questo caso, sono tipicamente sferiche e, a seconda del processo e degli elementi chimici coinvolti, possono avere una superficie li-

scia, con trame complesse o, ancora, con uno o più fori se la particella conteneva dei gas che sono poi sfuggiti (Fig. 1A-B).

Anche alcune particelle di origine naturale possono essere identificate osservandone le forme geometriche piuttosto regolari e le simmetrie, come ad esempio frammenti minerali di rocce soggette ad erosione, l'aerosol marino che cristallizza in forme cubiche o i pollini, le ife, i microfossili e altri elementi naturali che hanno strutture caratteristiche (Fig. 1C-F).

Se il SEM è dotato di una sonda a raggi X (EDX), con questa si può analizzare la composizione chimica delle polveri, riuscendo quindi ad avere ulteriori informazioni sulle loro fonti di emissione. In generale, le polveri emesse dalle attività umane si distinguono da quelle di origine naturale in quanto possono avere una composizione chimica peculiare o così complessa da non esistere analoghe in natura; oppure la loro composizione, pur essendo tipica di un composto naturale, risulta insolita rispetto a quella dei suoli e delle rocce insediati in un determinato ambiente e, quindi, quelle polveri potrebbero in certi casi avere origine antropica. Di conseguenza, conoscendo i processi industriali, le attività agricole, ecc. insediate nel territorio, è possibile identificare le relative emissioni di particolato, tenendo sempre presente che esso può diffondere nell'ambiente e contaminarlo seguendo la direzione delle correnti aeree.

La caratterizzazione chimica delle polveri dà informazioni anche

Quartì[®]
beekeeping

**la nuova
6 QUARTI 2015**

**ART. A77
ARNIA da 6 favi
in polistirolo
ad alta densità
"La nuova 6 Quarti 2015"
rete antivarroa fissa
- doppia apertura -
fondo (OPTIONAL)
estraibile
in lamiera zincata**

SEDE LEGALE - STABILIMENTO
VENDITA INGROSSO
Via San Pietro, 20 - Zona Commerciale
24030 Barzana (Bg) - Italy
Tel. +39-035/549708
Fax +39-035/549292
e-mail: enricoq@tin.it

VENDITA AL PUBBLICO
Via San G. Bosco, 26/c
24010 Petosino Sorisole (Bg) - Italy
Tel. +39-035/572214
e-mail: t.quarti@tin.it

La nuova 6 Quarti
A77

La classica 6 Quarti
A41

www.quartitaly.com



Figura 3. Schema delle zone del corpo dell'ape bottinatrice in cui si ha accumulo di particolato (in rosso): la zona frontale del capo; il margine delle ali anteriori; la superficie interna del terzo paio di zampe.

sui rischi per la salute, nonché sul destino ambientale di tali particelle, in quanto permette l'identificazione dei metalli pesanti o di altri elementi tossici e la natura chimico-fisica o biochimica del composto (ad esempio se è solubile in acqua, biodisponibile e così via).

I dati sulla qualità del particolato e sulle fonti di emissione vanno a completare quelli quantitativi dell'ARPA le cui centraline oggi forniscono esclusivamente i microgrammi per metro cubo di PM10 e PM2.5 generici, "pesati" quotidianamente dai dispositivi presenti in una certa postazione.

In sintesi, dunque, l'utilizzo di un sistema di biomonitoraggio di polveri attivo e mobile quale è l'ape permette:

- un numero elevatissimo di microprelievi di polveri che le api bottinatrici effettuano durante gli spostamenti e le attività quotidiane;
- l'analisi non solo dei PM10 e PM2.5, ma anche dei PM1 e PM0.1 (rispettivamente particolato fine ed ultrafine che possono sfuggire ai Filtri Anti Particolato);
- l'identificazione delle fonti di emissione di particolato;
- il grado di pericolosità per la salute pubblica e il destino ambientale delle polveri campionate;
- rappresenta un mezzo particolarmente efficace nella sensibilizzazione dell'opinione pubblica sul tema dell'importanza della qualità dell'ambiente.

Infine, come noto, il monitoraggio dell'inquinamento con le api offre anche il vantaggio di avvalersi di un sistema vivente che, in quanto tale, dà risposte biologiche precise di fronte a fenomeni di stress ambientale (es. tassi di mortalità elevati, variazioni nella fisiologia e nel comportamento, ecc.).

Nella *Lettera Enciclica* sull'ambiente, intervenendo sull'inquinamento ambientale e sui suoi effetti nocivi, il Santo Padre Francesco sottolinea correttamente che *"Molte volte si prendono misure solo quando si sono prodotti effetti irreversibili per la salute delle persone"*. È chiaro che solo informazioni complete e dettagliate sulla presenza di contaminanti ambientali e sulle loro fonti di emissione permettono di adottare strategie di controllo (e soprattutto prevenzione) realmente efficaci per la tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

MONITORAGGIO DELLE POLVERI INQUINANTI IN UN SITO DI INTERESSE NAZIONALE (SIN) PER LA BONIFICA

Il monitoraggio delle polveri aerodisperse utilizzando le api è stato sperimentato all'interno del Sulcis-Iglesiente¹. Quest'area è stata annoverata tra i Siti di Interesse Nazionale (SIN) per la bonifica individuati dallo studio epidemiologico del 2011 finanziato dal Ministero della Salute, il Progetto Sentieri, che correla i dati sulla mortalità delle persone all'esposizione agli inquinanti³.

La cittadina di Iglesias, nel Sud-Est della Sardegna (Fig. 2A), è famosa in tutto il mondo per i depositi minerari di barite (solfato di Bario) e ricchi in Piombo e Zinco. Durante tutto il '900 e fino a poche decine di anni fa, l'attività estrattiva era talmente fiorente che si potevano contare dozzine di miniere comprese all'interno di un'area di oltre 150 Km², chiamata per tale motivo "anello metallifero". Fra le varie miniere dell'Iglesiente, Monteponi, Campo Pisano e San Giovanni (Fig. 2A) sono le più celebri.

I residui dell'attività mineraria sono ancora oggi ben visibili nelle numerose discariche minerarie a cielo aperto e nei cumuli di sterile: fra questi spiccano, ad esempio, i Fanghi Rossi della miniera di Monteponi (Fig. 2B), che si estendono lungo la Statale 130 occupando circa 15 ettari di territorio, con un volume di 500,000 m³ di materiale di scarto ricco in metalli pesanti, o la voragine di Cungiaus (Fig. 2C), un enorme scavo che si estende per una superficie di 10 ettari da cui sono stati estratti più di un milione di metri cubi di roccia ricca di calamina, minerale dal quale si estrae lo Zinco.

Oltre ai residui dell'attività mineraria, le persone che vivono nell'Iglesiente sono anche esposte a emissioni industriali dovute principalmente al polo di Portovesme (comune di Portoscuso), ubicato sulla costa Sud-Est e distante da Iglesias circa 8 Km (Fig. 2A). Il polo industriale comprende diverse unità produttive, fra cui una per la produzione di allumina dalla bauxite e alluminio per elettro-

lisi dell'allumina (unità ora in *standby*); centrali elettriche alimentate a carbone e a olio; una fonderia che utilizza polveri di acciaieria per l'estrazione dello Zinco. Le emissioni di metalli pesanti da parte delle attività di Portovesme sono note avere un forte impatto sull'ambiente costiero e i suoi organismi.

Nonostante il territorio sia munito di alcune centraline di monitoraggio delle polveri (PM10 e PM2.5) dell'ARPA, che individuano regolarmente la presenza atmosferica di particolato, non si hanno informazioni precise né sul tipo di polveri, né sulla loro provenienza, né tantomeno sul rischio sanitario a cui potrebbe essere esposta la popolazione.

Per questo motivo, in collaborazione con un apicoltore di Iglesias, agli inizi del mese di Novembre 2013 sono state prelevate alcune api bottinatrici provenienti da arnie insediate in località Bingiargia, nei pressi di Iglesias (Fig. 2A). Le api sono state trasportate in laboratorio e preparate per le successive analisi al SEM-EDX. In particolare, le osservazioni sono state concentrate sul capo, sul terzo paio di zampe (superficie interna) e sulle ali anteriori. La scelta di questi settori del corpo è stata fatta a seguito di analisi preliminari che hanno dimostrato che le polveri si concentrano principalmente in quelle aree, come schematizzato in Fig. 3. Il capo, infatti, è la parte del corpo che per prima impatta l'aria durante il volo: la zona "frontale" compresa tra l'ocello mediano e la base delle antenne, incluso lo scapo, non subisce operazioni di pulizia da

Fondimiele elettrico ad aria calda



Fondimiele elettrico ad aria calda in acciaio inox per 2 latte di miele o 40 vasi da 1 kg.

Utilizzabile anche come essiccatoio per polline/frutta secca inserendo degli appositi contenitori (non compresi).

€ 780,00

IVA e trasporto compreso

CARATTERISTICHE

- Struttura in acciaio inox AISI 304 coibentato
- Porta totalmente apribile con guarnizioni a tenuta stagna - gancio di chiusura a leva in acciaio inox - maniglia in policarbonato - (vetro stratificato e satinato ai bordi)
- Ripiano in acciaio inox mobile (compreso)
- Diffusore di aria calda in acciaio inox
- Ricircolo forzato dell'aria
- Ventilatore con ventola in alluminio
- Resistenza in acciaio inox con doppia potenza 1000/2000 watt
- Doppio interruttore per accensione resistenza 1000/2000 watt
- Temperatura regolabile con termostato
- Misuratore di temperatura digitale con display a cristalli liquidi (LCD) autoalimentato con batteria inclusa (durata un anno)
- Temperatura massima raggiungibile 75°
- Capacità di carico 2 secchi da kg 25 oppure 40 vasi di miele da kg 1 o 4 contenitori inox per polline
- Alimentazione 230 volt 50 Hz - p. max 2000 watt



Quartì
beekeeping

Vendita al pubblico:

Stabilimento vendita ingrosso:

Via San G. Bosco, 26/c - 24010 Petosino Sorisole (Bg) - Italy

Tel. +39-035/572214 - e-mail: t.quarti@tin.it

Via San Pietro, 20 - Zona Commerciale - 24030 Barzana (Bg) - Italy

Tel. +39-035/549708 - Fax +39-035/549292 - e-mail: enricoco@tin.it - www.quartitaly.com

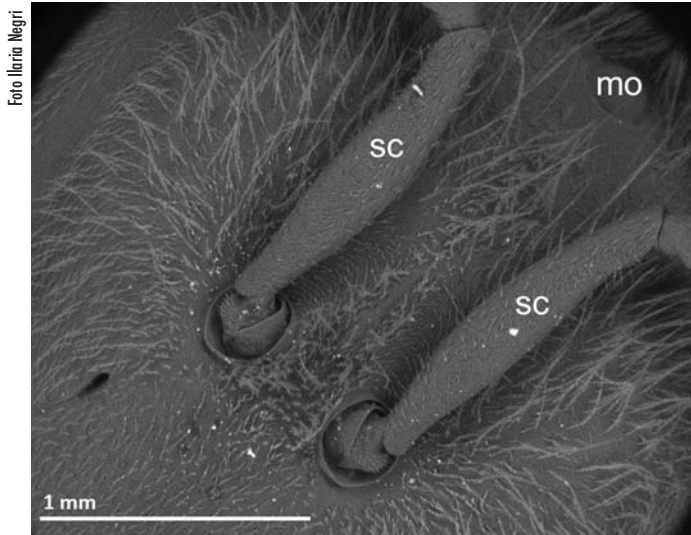
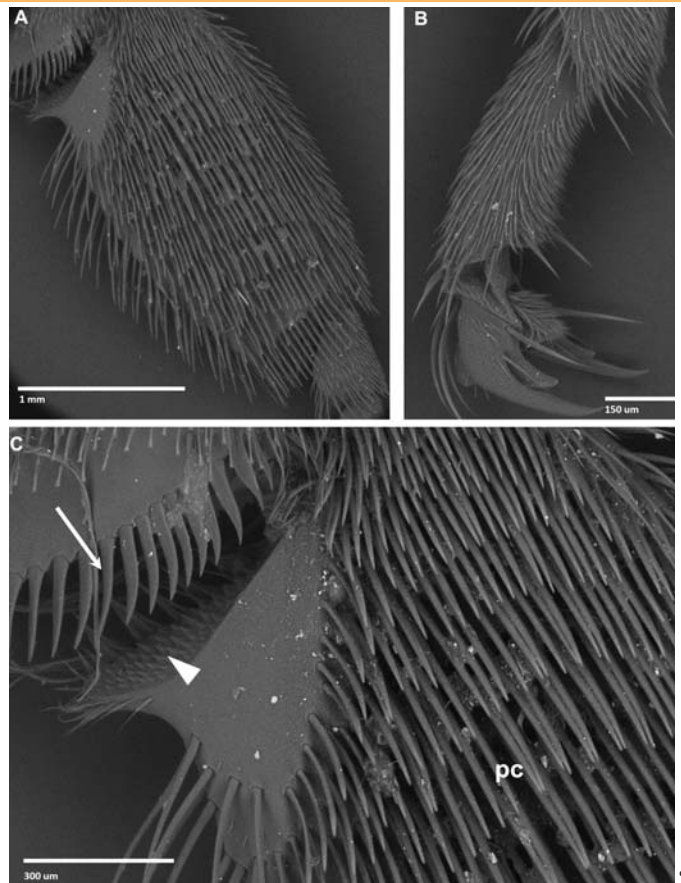


Figura 4 (sopra) - Particolare al SEM della zona frontale del capo di un'ape bottinatrice. Il particolato (puntini luminosi) si concentra preferibilmente nella zona compresa tra l'ocello mediano (mo) e le antenne, compreso lo scapo (sc).

Figura 5 (a destra) - Immagini al SEM del terzo paio di zampe con particolato (puntini luminosi). (A) Metatarso. (B) Segmenti distali della zampa. (C) Particolare delle strutture atte alla pulizia e impacchettamento del polline. Freccia = spine del pettine; punta di freccia = spine dell'auricola; pc = setole della spazzola.



parte delle zampe, restando dunque contaminata dal particolato (Fig. 4). Il terzo paio di zampe può trattenere il particolato a livello della superficie interna in quanto, per strutture (spazzola, pettine, auricola) e movimenti, è la zona deputata a pulitura e impacchettamento del polline e di tutto quanto viene raccolto dalle altre paia di zampe, polveri comprese (Fig. 5). Un discorso peculiare invece va fatto per le ali anteriori che accumulano i PM soprattutto a livello del margine alare: il motivo sembra risiedere nel fatto che, durante il volo, sul margine delle ali si crea un piccolo vortice d'aria (il cosiddetto LEV, dall'inglese *Leading Edge Vortex*) che potrebbe convogliare il particolato atmosferico e farlo concentrare proprio in quella porzione d'ala (Fig. 6).

L'osservazione al SEM delle api sarde ha messo in luce la presenza di miriadi di particelle inorganiche adese al corpo dell'ape, di dimensioni comprese tra pochi nm e 50 μm circa. Le particelle si presentavano isolate o formavano aggregati anche molto complessi (Fig. 7). In qualche caso il particolato risultava coperto, completamente o parzialmente, di sostanza organica (Fig. 8), presumibilmente la cera epicuticolare dell'insetto o, nel caso delle setole della spazzola sul terzo paio di zampe, i residui di cera secreta dalle ghiandole ceripare nel primo periodo di vita dell'ape (Fig. 9).

La successiva analisi con sonda EDX ha permesso di identificare la composizione chimica delle polveri. Per quanto riguarda l'interpretazione degli spettri risultanti dalle analisi, non ci si è limitati a elencare gli elementi chimici che componevano le particelle, ma sono state considerate le fasi minerali che quegli elementi andavano a costituire. Sulla base di questo assunto è stato possibile quindi distinguere tra le polveri di origine naturale, che riflettevano la geologia delle rocce e dei sedimenti presenti nel territorio o in

aree limitrofe e che potevano essere legati a una naturale erosione degli stessi, e quelle di origine antropica, individuando anche le attività responsabili di emissioni in atmosfera.

In particolare, l'osservazione al SEM ha evidenziato la presenza di polveri sferiche, di dimensioni anche inferiori a 1 μm, tipicamente emesse da fonti industriali che comprendono combustioni ad alta temperatura e, quindi, compatibili con la attività del polo industriale di Portovesme (Fig. 1A-B; Fig. 8A-D). Le polveri sferiche contenevano essenzialmente Ferro oppure Silicio combinato con Alluminio (in proporzioni ben diverse rispetto ai composti naturali).

Le prime possono verosimilmente far parte delle polveri di acciaieria utilizzate a Portovesme come materia prima per l'estrazione dello Zinco: alcuni video disponibili in rete sembrano testimoniare che a Portoscuso le operazioni di scarico e carico delle materie prime dalle navi avvengono con abbondante dispersione di polveri nell'ambiente (http://www.youtube.com/watch?v=__P6WRsp3To). Ovviamente non è escluso che ci possa essere emissione di questo tipo di particolato anche durante i processi produttivi. D'altra parte, che le emissioni dal polo industriale di Portovesme determinino un forte impatto inquinante sull'ambiente è confermato da molteplici studi, riguardanti ad esempio i sedimenti marini nel porto o gli organismi bentonici che lì vivono. Per quanto riguarda invece le polveri sferiche ricche in Silicio e Alluminio, esse sono tipicamente emesse da centrali a carbone, come quelle insediate a Portovesme. Dunque, il particolato industriale potrebbe raggiungere l'entroterra e Iglesias grazie ai venti che spirano dalla costa in direzione Ovest-Nord Ovest, come dimostrato dalla stazione meteo locale (www.meteoiglesias.it). Il ritrovamento sulle api anche

L'APE È UN'AMICA DELL'AMBIENTE

A colloquio con la dottoressa Negri, Koiné, Consulenze Ambientali snc, Parma



Dottoressa ci può presentare Koiné?

È una società di Parma che si occupa di consulenze in campo alimentare e ambientale e ha sviluppato delle tecniche di monitoraggio sugli inquinanti che vanno considerate innovative, tra cui segnalo il Metodo BeePM che si

avvale del prezioso lavoro delle api per il controllo del particolato atmosferico inquinante.

Può entrare più nel dettaglio?

Il particolato atmosferico è costituito da polveri (PM) che possono avere origine naturale o antropica, cioè dovute all'azione dell'uomo. Emissioni che derivano in primis dalle attività industriali e agricole; inceneritori, riscaldamento, traffico, ecc. C'è da considerare che le emissioni non rappresentano un problema solo per l'ambiente ma anche per la salute delle persone che vi entrano in contatto. Le patologie connesse sono molteplici: cardiovascolari, respiratorie, cancro. L'approccio BeePM è particolarmente innovativo perché si avvale dell'ape, come sensore dell'inquinamento da particolato. Infatti, l'ape bottinatrice che è una formidabile macchina per la raccolta del polline, insieme a quest'ultimo raccoglie anche le polveri che con la nostra tecnica possono essere caratterizzate per dimensioni, forma e composizione chimica. Così abbiamo raccolto una mole di informazioni che sono fondamentali per capire le fonti di emissione, il "destino" ambientale e perfino il grado di tossicità dei PM. Si tratta, infine, di dati che possono essere complementari a quelli quantitativi forniti dall'ARPA (Agenzia Regionale Protezione Ambientale).

Perché le api?

Perché sono dei bioindicatori utilizzati da oltre 40 anni per rilevare l'inquinamento. E ancora, è più semplice il loro trasporto, l'allevamento e con costi assai modesti rispetto ai benefici che assicurano.

Quali potrebbero essere gli aspetti applicativi della ricerca e gli sviluppi futuri?

Caratterizzare le fonti inquinanti attraverso il monitoraggio dei Pm, come abbiamo visto, e delle polveri ultrafine, le più pericolose per la salute. In un futuro assai prossimo, questo monitoraggio, sperimentato insieme all'Università di Napoli Federico II e al British Museum di Londra, sarà esteso anche al territorio dell'Alto Casertano. Un Progetto, prende il nome di C.A.R.A. Terra, che si è reso possibile grazie alla collaborazione con il professor Emilio Caprio dell'Università Federico II di Napoli e del professor Antonio De Cristoforo, Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimentazione, Università del Molise. Il Progetto si avvale anche del sostegno del GAL Alto Casertano, del Cona-proa e della Fondazione Luigi Terriaca.

(M.I.)

Figura 6 - Ali anteriori di ape bottinatrice.

(A) Immagine a elettroni retrodiffusi (BSE) di ala con accumulo di polveri (puntini luminosi) sul margine causato dal vortice d'aria che si crea durante il volo. (C-E) Dettagli a ingrandimento sempre maggiore del margine alare (C,E) immagini a elettroni retrodiffusi; D: immagine a elettroni secondari). Asterisco = frammento di Galena (Solfuro di Piombo) (F). Ala pulita di un'ape bottinatrice che vive in una zona distante da fonti di emissione di particolato.

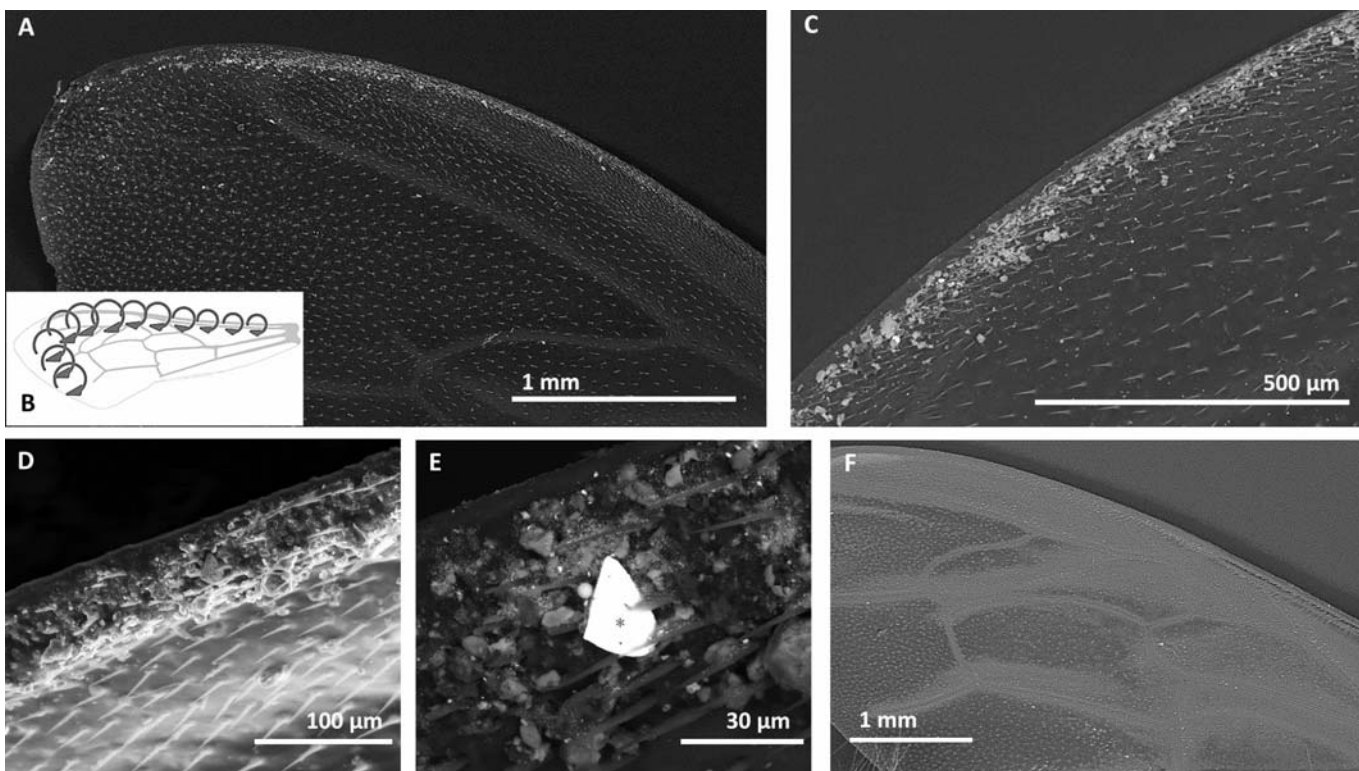


Foto Ilaria Negri

L'APE DALLE MILLE VIRTÙ

Abbiamo sentito il professor Antonio De Cristoforo, Dipartimento Agricoltura, Ambiente, Alimentazione, dell'Università del Molise, che ha monitorato il territorio di 10 comuni dell'Alto Casertano, Parco Regionale del Matese, con l'obiettivo di individuare metalli pesanti e idrocarburi policiclici aromatici.

Al Progetto collabora anche la dottoressa Ilaria Negri (Koinè); il professor Emilio Caprio, Università Federico II di Napoli; il dottor Gennaro Di Prisco, Università Federico II di Napoli. L'indagine è stata promossa dal Conapro che l'ha anche finanziata, con il decisivo contributo del Gal Alto Casertano.

Professor De Cristoforo perché questo rapporto stretto fra Ape e biomonitoraggio?

Abbiamo scelto di lavorare nel campo del biomonitoraggio con l'ape da miele perché presenta non pochi vantaggi. E ne spiego la ragione. Tra gli organismi viventi che sono indicati come bioindicatori, l'ape non è solo diffusa ovunque ma soprattutto si segnala per particolari virtù.

Quali?

È, specie indicatrice, bioindicatore vero, bioindicatore accumulatore, bioindicatore biocollettore.

C'è poi da dire che ogni centralina di rilevazione copre una superficie di 7 Km² ed è costituita da due alveari. Centraline che sono in grado di fornire una notevole mole di dati da interpretare insieme a quelli ottenuti attraverso le tecniche analitiche tradizionali.



C'è dell'altro?

Il vantaggio maggiore che assicura l'ape è la sua capacità di fornire stime sugli effetti combinati che esplicano varie categorie di agenti inquinanti sugli esseri viventi. Un altro vantaggio che emerge con forza sta nell'effetto accumulazione e nella sinergia tossica che questi diversi componenti possono avere, sempre sugli esseri viventi.

Perché sono importanti tali caratteristiche?

Beh, perché si tratta di ricerche che stimano la biodisponibilità degli inquinanti, indipendentemente dalla concentrazione in cui si trovano nell'ambiente. Spiego agli amici apicoltori. La biodisponibilità è fondamentale: ci indica la possibilità di accumulo degli inquinanti nella catena alimentare. Insomma, al di là che un inquinante

sia presente, ciò che ci interessa è la possibilità che entri nella catena alimentare.

Che cosa è emerso dalla Ricerca portata avanti nell'Alto Casertano?

I risultati definiti disponibili riguardano i metalli pesanti presenti nelle aree campionate, per il periodo 2014-2015, e ci dicono che la loro quota è nettamente al di sotto dei limiti di allarme.

È bene, però, precisare che questi risultati possono essere correttamente interpretati e certificare lo stato di un territorio qualora il biomonitoraggio sia esteso sul medio-lungo periodo. Ciò per dire che due anni possono essere indicativi ma non sufficienti.

Perché?

È fondamentale monitorare e misurare le oscillazioni che le concentrazioni degli inquinanti subiscono nel tempo. La faccenda è che i metalli pesanti, sotto forma di nanoparticelle, possono arrivare anche da molto lontano. In parole povere, è importante il biomonitoraggio costante.

Dei dati che uso intendete fare?

Li abbiamo consegnati al Gal Alto Casertano e qualora i nostri successivi monitoraggi indicassero lo stesso andamento, i comuni della zona sono pronti a richiedere alle autorità competenti una Certificazione Ambientale (EMAS).

(M.I.)

di cristalli di NaCl provenienti dall'aerosol marino è una chiara conferma di tale ipotesi.

Oltre a queste particelle, le api di Iglesias erano contaminate anche da miriadi di polveri ultrafini (PM < 0.1) contenenti Bario e Zolfo. Tali polveri sono state osservate sparse o formanti aggregati anche con altre fasi mineralogiche (Fig. 7; Fig. 10). L'analisi mineralogica ha confermato che si tratta di polveri di Barite (Sol-

fato di Bario), un minerale noto per essere il componente principale della ganga dei depositi di Piombo e Zinco sfruttati durante l'attività mineraria. I minatori, per estrarre il Piombo a sua volta contenuto in minerali come la Galena, tritavano finemente la ganga a Barite e, successivamente, la sottoponevano a un processo di flottazione.

Un'analisi con SEM-EDX della frazione più superficiale - e quindi

Figura 7 - Aggregati complessi di più fasi mineralogiche rinvenuti sul corpo delle api. Le immagini a elettroni retrodiffusi (BSE) mettono in risalto le diverse tonalità di grigio che corrispondono a elementi chimici diversi. Le tonalità più chiare sono proprie di elementi relativamente più pesanti (nelle immagini, il Bario è responsabile delle colorazioni grigio brillante).

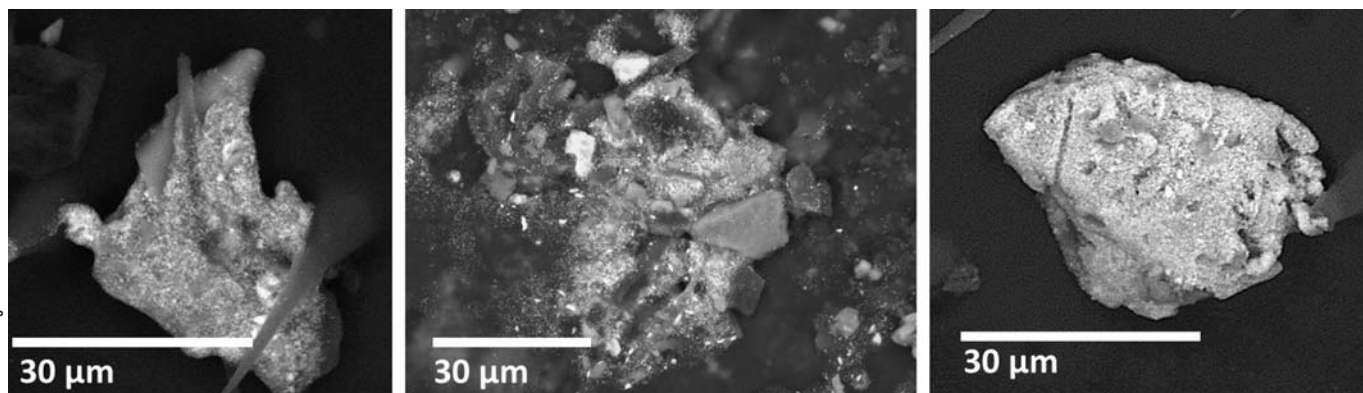


Foto: Ilaria Negri

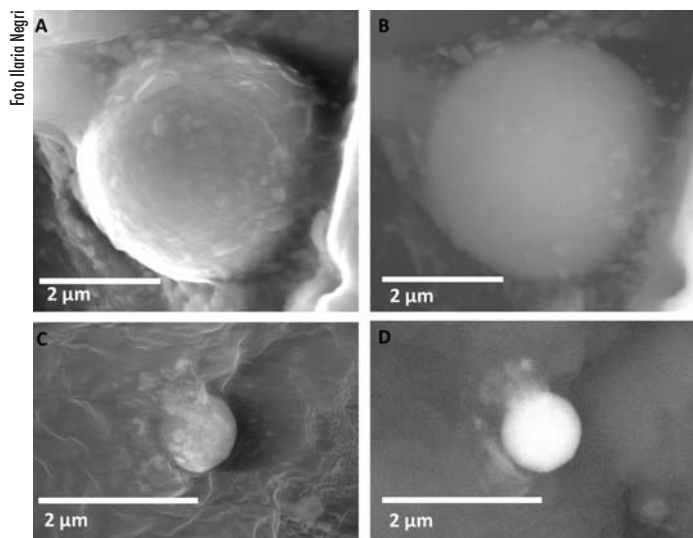


Figura 8 (sopra) - (A, B). Immagini a elettroni secondari (SE) e retrodiffusi (BSE) di polveri sferiche di acciaieria ricche in Ferro. (C, D). Immagini a elettroni secondari (SE) e retrodiffusi (BSE) di una particella (PM1) sferica costituita prevalentemente da Silicio combinato con Alluminio, tipica di centrali a carbone.

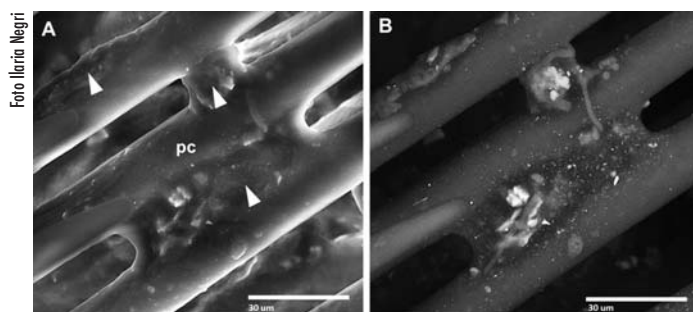


Figura 9 (sopra) - Immagini a elettroni secondari (SE) e retrodiffusi (BSE) di particolato inglobato nei residui di cera (teste di freccia) rimasti tra le setole della spazzola (pc) sul terzo paio di zampe.

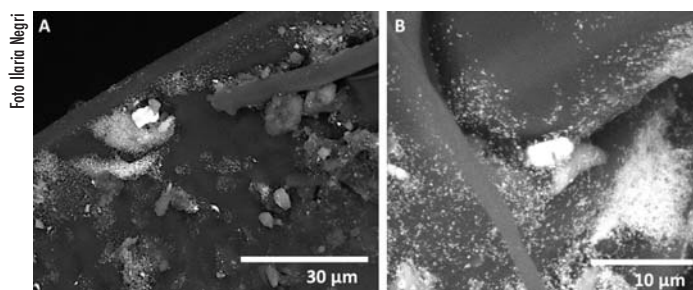


Figura 10 - Immagini a elettroni retrodiffusi (BSE) di polveri fini e ultrafini (PM0.1) di Barite.

BIBLIOGRAFIA

- Negri I, Mavris C, Di Prisco G, Caprio E, Pellecchia M (2015) Honey Bees (*Apis mellifera*, L.) as Active Samplers of Airborne Particulate Matter. PLoS ONE 10(7): e0132491. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0132491>
- <http://www.escapeproject.eu/>
- <http://www.epiprev.it/sentieri/risultati>

dispersibile dal vento - dei suoli del territorio ha messo in luce che granuli di Barite sono presenti nello scavo di Cungiaus e a Bingiargia, dimostrando che i residui della triturazione di tonnellate di ganga baritica si possono trovare dispersi nel territorio e potrebbero includere ampie zone dell' "anello metallifero", anche al di fuori dell'area di foraggiamento delle api oggetto del presente studio. In effetti, la Barite non è l'unico minerale rinvenuto sulle api, le quali recavano sul proprio corpo anche frammenti di Galena, vale a dire Solfuro di Piombo, in particelle di diversi micron di dimensione (Fig. 6E).

Dal momento che le api bottinatrici sono rimaste esposte non più di tre settimane a tali polveri, sarebbe interessante capire gli effetti che questo inquinamento potrebbero avere sulle persone che vivono un'intera vita in quel territorio. I dati rilevati dal Progetto Sentieri parlano di diverse patologie che hanno colpito le persone residenti nel SIN del Sulcis-Iglesiente, tra cui anche la pneumoconiosi o altre malattie respiratorie (dalla bronchite al cancro al polmone). In effetti, una delle cause della pneumoconiosi è proprio l'inalazione di polveri di Barite, la cui patologia specifica è chiamata, appunto, baritosi. Le api di Iglesias recavano sul loro corpo anche polveri di origine naturale, tra cui frammenti di calcite/aragonite (Carbonati di Calcio), dolomite (Carbonato di Calcio e Magnesio), Plagioclasti ricchi in Sodio e Fillosilicati, tutti minerali naturalmente presenti nel territorio. Tuttavia, le polveri di origine naturale rappresentavano una frazione davvero poco significativa rispetto alle polveri di origine industriale e post-mineraria.

In conclusione, a causa della storia mineraria e delle attività industriali, il Sulcis-Iglesiente è una zona altamente inquinata. Finora, mentre grande attenzione è stata data ad esempio ai metalli pesanti che possono entrare nella catena alimentare e nelle acque, con grande danno per la salute delle persone, minor considerazione è stata riservata all'inquinamento da particolato atmosferico che, dai nostri dati, risulta particolarmente significativo. Infatti, le api bottinatrici, in meno di tre settimane si sono fortemente contaminate di polveri (fra cui anche polveri ultrafini) contenenti anche metalli pesanti derivate dalle attività umane presenti e passate. Questo fa pensare che l'esposizione della popolazione residente agli inquinanti sia stata fino ad oggi sottovalutata.

Infine, si può affermare che il monitoraggio dell'inquinamento da particolato aerodisperso effettuato tramite le api apre nuove prospettive nel campo del controllo ambientale, diventando un contributo irrinunciabile a completamento dei dati forniti dai tradizionali campionatori dell'ARPA.

Ilaria Negri¹, Christian Mavris²,
Gennaro Di Prisco³, Emilio Caprio³, Marco Pellecchia¹

¹Koiné - Consulenze Ambientali S.n.c., Parma

² Department of Earth Sciences, Natural History Museum, Londra

³ Dipartimento di Agraria, Laboratorio di Entomologia E. Tremblay, Università degli Studi di Napoli Federico II