

Biomonitoraggio ambientale e *smartness* urbana. Le api quali bioindicatori per la pianificazione del verde a Torino*

Environmental biomonitoring and urban smartness. Bees as bioindicators for the planning of the green spaces in Turin

ANGELO BESANA, FRANCESCA CIRIO, ALBERTO DI GIOIA

Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio – Politecnico e Università degli Studi di Torino
abesana@unito.it

Riassunto

Il contributo intende discutere dell'efficacia delle api quali bioindicatori alla scala urbana per l'implementazione di un sistema di monitoraggio a supporto delle attività di pianificazione territoriale e di *smartness* ambientale. Più precisamente, utilizzando i risultati delle analisi melissopalinoologiche relative ai mieli prodotti in alcuni apiari dislocati in aree diverse della città di Torino, si procede dapprima a dimostrare l'utilità dei dati rilevati sul "campo" dalle api per la verifica e l'integrazione delle informazioni derivabili dal Catasto del verde comunale relativamente alla presenza delle diverse varietà botaniche. Di seguito si provvede all'elaborazione di un progetto di localizzazione potenziale degli apiari urbani per la predisposizione di un'efficace rete urbana di biomonitoraggio ambientale. Il lavoro è interamente condotto con uso di strumenti GIS allo scopo di definire una metodologia operativa facilmente trasferibile.

Parole chiave

Biomonitoraggio ambientale; Verde urbano; *Smartness* urbana; GIS

Abstract

The paper will discuss the effectiveness of the bees as bioindicators for the implementation of a monitoring system for support to spatial planning activities and environmental smartness at the urban scale. More precisely, using the results of melissopalynological analysis relating to honey produced in some apiaries placed in different sites of the Turin city, we will first proceed to demonstrate the usefulness of data collected in the "field" by bees for testing and integration of information derived from the Registry of the urban green spaces about the presence of different botanical varieties.

Below we will elaborate a potential localization project of urban apiaries for the preparation of an effective network of urban environmental biomonitoring. The work is entirely carried out with use of GIS tools in order to define an easily transferable operational methodology.

Keywords

Environmental biomonitoring; urban green spaces; urban smartness; GIS

* Sebbene il presente articolo sia il risultato del lavoro congiunto degli autori, la sua stesura può essere così attribuita: Angelo Besana, §§ 1, 1.1. e 4; Francesca Cirio, §§ 1.2., 1.3. e 2; Alberto Di Gioia, § 3.

1. Introduzione

Con il presente contributo si è inteso verificare l'efficacia delle api quali bioindicatori alla scala urbana per l'implementazione di basi dati complementari a quelle solitamente prodotte a livello comunale a supporto della pianificazione territoriale e dell'individuazione di indicatori di *smartness* urbana relativamente alla componente ambientale. In particolare, utilizzando i risultati delle analisi melissopalinoologiche qualitative¹ di campioni di miele prodotto in alcune aree selezionate della città di Torino, è stato possibile predisporre un geodatabase delle specie botaniche individuate "sul campo" da confrontare e integrare con i dati ufficiali del Catasto del verde comunale. Sulla base dei riscontri positivi così ottenuti, si è quindi proceduto all'elaborazione di un progetto di localizzazione potenziale degli apiari per la realizzazione di una rete urbana di biomonitoraggio ambientale.

Il lavoro è stato interamente condotto con uso di strumenti GIS con l'intenzione ulteriore di predisporre, sulla base dell'esperienza condotta, un'apposita metodologia di analisi spaziale e di elaborazione dei dati facilmente trasferibile ed applicabile, in particolare, alle questioni di valutazione della *smartness* urbana, oltre che alle attività di supporto alla pianificazione del verde.

1.1. Aree verdi e *smartness* urbana

La vegetazione rappresenta, in termini generali, la componente biologica più importante degli ecosistemi in quanto garantisce la produzione primaria² ed è un ele-

mento essenziale dei processi di pedogenesi oltre che un fattore fondamentale per la conservazione della biodiversità globale. Il verde urbano, in particolare, svolge un ruolo indispensabile per la regolazione climatica e la qualità dell'aria delle città. La vegetazione, infatti, mitiga il fenomeno dell'isola di calore delle aree costruite ed è un efficace depuratore atmosferico, intercettando il particolato ed assorbendo gas nocivi (anidride solforosa, ossidi di azoto, ozono, ecc.) e metalli pesanti presenti nell'aria. Le aree verdi sono ritenute altresì una componente necessaria per garantire il benessere psicofisico degli abitanti delle città, in quanto consentono la pratica di attività ludico-ricreative considerate rigeneranti. Quindi, per le sue molteplici funzioni (ecologico-ambientale, storico-paesaggistica, didattico-culturale, contemplativa, ricreativa, ...), il verde è una componente considerata sempre più importante per l'organizzazione e gestione delle città tanto che la sua conservazione e progettazione costituiscono un ambito di specifico interesse della pianificazione urbana (Cassatella, 2013; Pelorosso *et al.*, 2013), come anche testimonia la recente istituzione per legge del Catasto del verde pubblico comunale³. Il catasto rappresenta, infatti, lo strumento normativo sulla base del quale le città sono chiamate a elaborare specifici piani di tutela e valorizzazione del verde pubblico al fine di conservare, difendere, ripristinare, migliorare e qualificare l'ambiente e il paesaggio urbano.

Tuttavia, nonostante l'importanza del verde urbano i dati e le informazioni disponibili relativamente ad esso sono ancora piuttosto limitati, sia per quanto riguarda il Catasto del verde che per quanto concerne, più in generale, gli indicatori di *smartness* urbana, nel cui ambito non viene pressoché considerato se non in termini di semplice disponibilità superficiale, media o per abitante

1 Si tratta di analisi chimico-fisiche che consentono la determinazione dell'origine geografica e botanica del miele attraverso l'individuazione della parte corpuscolare (polline, spore, alghe, ife e lieviti) presente nel sedimento del campione esaminato. L'analisi qualitativa consiste nell'identificazione dei vari tipi pollinici presenti in un miele e nella determinazione delle relative percentuali di presenza, mentre quella quantitativa consiste nel conteggio del numero assoluto di granuli pollinici contenuti in 10 g di miele (PK/10g).

2 La produzione primaria è la produzione di composti organici derivati dalla CO₂ presente nell'atmosfera o in acqua, che avviene principalmente mediante processi fotosintetici o, in misura minore, chemiosintetici. Si tratta di processi fondamentali per l'esisten-

za degli esseri viventi sulla Terra, in quanto consentono di trasferire il carbonio dalla sua forma ossidata (l'anidride carbonica dell'atmosfera) alla sua forma di carboidrati ridotti (presenti nei tessuti delle piante). Tutta la vita sulla Terra è direttamente o indirettamente dipendente dalla produzione primaria che consiste, in termini generici, nella conversione dell'energia proveniente dalle radiazioni elettromagnetiche in energia chimica da parte degli organismi viventi.

3 Si veda la Legge nazionale 10/2013: Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani.

(Istat, 2016)⁴. Il modello⁵ della *smart city* è, per molti aspetti, quello oggi predominante nell'area della pianificazione e governance urbana (Anthopoulos, Vakali, 2012; Crivello, 2013; De Luca, 2013) e tende ad imporre in questi ambiti l'obiettivo della transizione a città *digitali*, dotate cioè di sistemi intelligenti (*high-tech*) in grado di connettere luoghi, persone e attività allo scopo di migliorare l'efficienza, l'equità e la qualità di vita delle città stesse (Albino *et al.*, 2015). Questa visione tecnologica ha portato anche alla continua elaborazione di protocolli e indicatori per misurare e monitorare la *smartness* urbana, unitamente a sistemi di *ranking* e *benchmarking* delle *smart city*, riferiti a quelle che sono considerate le dimensioni fondamentali del modello: *economy, environment, energy, mobility, people* e *governance* (Crivello, 2013; De Luca, 2013). A quest'approccio dominante e, per così dire, performante se ne può contrapporre però uno minoritario, più propriamente politico, volto alla definizione della *smart city* non tanto rispetto alla dotazione di determinati strumenti di efficienza della propria organizzazione e gestione, quanto piuttosto in riferimento alla capacità di elaborare percorsi di sviluppo autocentrato ed integrato delle diverse dimensioni di *smartness* urbana, specifici del contesto territoriale e svincolati da forme di confronto competitivo con altre città (De Luca, 2013). L'intelligenza della città non dipenderebbe tanto dalla crescita di infrastrutture e servizi *high-tech* quanto piuttosto dalla capacità di selezionarli e coordinarli rispetto ad un contestuale progetto di sviluppo sostenibile. In questo ambito gli indicatori non rappresentano misure prestazionali ma strumenti di analisi, di verifica e di comunicazione che

4 Un indicatore di *smartness* per il verde urbano spesso utilizzato è quello desunto dal Bilancio arboreo (art. 2, legge n. 10/2013) e relativo al numero di piante pubbliche messe a dimora per ogni nuovo nato durante la legislatura comunale. Un numero che deve essere almeno pari a quello dei bambini nati nello stesso periodo (legge n. 113/92). Secondo il primo Bilancio arboreo della Città di Torino, nel quinquennio 2011-2016, sono stati messi a dimora 38.114 nuovi alberi e arbusti, pari a 1,1 piante per ogni nuovo nato.

5 ... se tale possa essere effettivamente considerato. Al riguardo Vanolo (2013) sostiene che, almeno per quanto concerne le scienze sociali, la materia sia campo di interesse più della letteratura grigia che di quella scientifica e che manchi di un vero e proprio corpus teorico. Il dibattito scientifico risulterebbe dominato, pertanto, dalla contestualizzazione delle problematiche, marginalizzando la riflessione teorica.

necessitano di essere messi a sistema e coordinati rispetto agli obiettivi ed ai programmi di pianificazione e di sviluppo della città.

Nell'ottica di questo secondo approccio, l'adozione di un particolare bioindicatore quale strumento informativo di una certa componente dimensionale di *smartness* può non solo rivelarsi una scelta efficiente rispetto all'esigenza di misurarne, pianificarne e verificarne lo stato e l'andamento, ma risultare anche un'opportunità di sostegno ad attività socialmente ed economicamente utili, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile della città. Questo potrebbe essere appunto il caso del verde urbano, delle api e dell'apicoltura urbana.

1.2. Le api: un efficiente bioindicatore

Nelle scienze ambientali, in particolare nel campo dell'analisi e monitoraggio degli inquinanti, è ormai pratica consolidata associare al rilevamento dei parametri chimico-fisici anche quello di tipo biologico, allo scopo di derivare valutazioni più approfondite rispetto alla semplice constatazione della presenza di sostanze inquinanti nell'ambiente. Gli indicatori biologici, in quanto rappresentazioni sintetiche di realtà complesse, consentono infatti di rilevare direttamente le conseguenze derivanti al proprio stato naturale dalle interazioni sinergiche con uno o più fattori ambientali (Schmidt di Friedberg, 1987). Un indicatore biologico, quindi, è un organismo, animale o vegetale, che reagisce in maniera osservabile, in modo macroscopico o microscopico, alle modificazioni della sua nicchia ecologica o, più in generale, del suo biotopo. Sulla base delle loro caratteristiche etologiche e morfologiche le api sono considerate degli affidabili rilevatori ecologici, soprattutto della presenza di inquinanti (Porrini *et al.*, 2002; Celli, Maccagnani, 2003; Ruiz *et al.*, 2013). La loro moria o assenza sono considerate, infatti, sintomatiche di una situazione di grave contaminazione tossicologica da inquinamento di origine agricola da antiparassitari e diserbanti (Celli, Porrini, 1991; Krupke, Long, 2015), urbana da metalli pesanti (Crane, 1984; Conti, Botrè F., 2001) o industriale da radionuclidi, fumi industriali, elettromagnetismo (Tonelli *et al.*, 1990; Del Bene *et al.*, 2008). Anche l'alveare e i prodotti in esso stoccati (miele, polline, propoli e cera), sono matrici utili nel

biomonitoraggio, in quanto le arnie sono il collettore-accumulatore delle sostanze direttamente e indirettamente raccolte dalle api (Bargańska *et al.*, 2016).

Oltre al monitoraggio degli inquinanti, le api e la matrice miele, più precisamente, possono consentire di ricavare informazioni sufficientemente attendibili circa le varietà botaniche presenti nell'ambiente (Ricciardelli *et al.*, 1978; Ricciardelli *et al.*, 2000). Come dimostra, infatti, un interessante studio effettuato nella città di Udine, le analisi melissopalinoologiche possono consentire di identificare con adeguata precisione le specie floristiche di interesse apistico presenti in città (Zanolli *et al.*, 2007). Dal riconoscimento dei pollini contenuti nel miele e dal calcolo delle loro percentuali è possibile risalire alle specie botaniche bottinate, con una precisione superiore rispetto alle semplici osservazioni dirette. La melissopalinoologia, infatti, permette di conoscere un numero maggiore di varietà botaniche presenti nel territorio rispetto alla loro identificazione sul campo e determinare, in maniera più approfondita, la composizione floristica dell'area di produzione del miele. Per questo, l'utilizzo di tale tecnica in ambito urbano può essere utile per reperire informazioni più accurate circa la flora presente.

1.3. L'apicoltura urbana

Gli insetti e le api, in particolare, svolgono un ruolo fondamentale per la vita degli ecosistemi in quanto garantiscono la riproduzione di ampia parte delle specie vegetali, soprattutto di quelle di interesse diretto per le attività umane. Tuttavia negli ultimi decenni, a causa delle forti pressioni ambientali, dall'aumento dell'inquinamento alla perdita di biodiversità, le popolazioni di api si sono fortemente ridotte, tanto che oggi la pratica dell'apicoltura è considerata un'attività fondamentale per la conservazione di questa specie animale. Inoltre, con sempre maggiore evidenza, si sta osservando un'inattesa predisposizione delle api alla "vita urbana" (Hernandez *et al.*, 2009). Il crescente fenomeno della sciamatura in ambienti urbani deriva, oltre che dalla compromissione degli habitat rurali per l'incremento dell'uso di sostanze chimiche in agricoltura, dal fatto che la vegetazione urbana può offrire nutrimento sufficiente per la maggior parte dell'anno e che la città

rappresenta un microclima più accogliente, soprattutto per il periodo invernale. Per queste ragioni sostanziali e per la recente tendenza alla riscoperta e valorizzazione sociale delle produzioni alimentari in ambito urbano, la pratica dell'apicoltura urbana è in forte espansione a scala mondiale⁶.

A questo riguardo a Torino è attivo dal 2010 il progetto pilota UrBees, che si connota, peraltro, in termini di *smartness* urbana in quanto intende:

- contribuire alla salvaguardia delle api;
- rafforzare il legame tra uomo e natura;
- stimolare la socialità e la sensibilità verso il patrimonio pubblico;
- contribuire a preservare la biodiversità;
- potenziare i servizi ecosistemici in ambito urbano;
- costruire una rete di biomonitoraggio per la rilevazione dello stato di salute dell'ambiente urbano, in particolare per quanto attiene all'inquinamento atmosferico.

Secondo la visione di questo progetto, ogni possessore di un'arnia può contribuire a raccogliere e diffondere, in maniera trasparente ed oggettiva, i risultati derivanti dalle analisi effettuate sui vari prodotti del proprio alveare, partecipando fattivamente alla costruzione di una vera e propria rete di centraline ambientali per il monitoraggio della qualità dell'aria. Allo stesso tempo conoscere in prima persona il livello di salute, e quindi la qualità ambientale, del proprio spazio di vita può consentire di incentivare la diffusione di pratiche sostenibili nella città, secondo un meccanismo di feedback positivo volto ad accrescere consapevolezza e sensibilità ambientale nella comunità urbana.

Nonostante tali evidenze e simili esperienze, la pratica apistica e, soprattutto, la relativa funzione di biomonitoraggio non risultano essere considerate tra le attività oggetto di applicazione dei vari progetti di *smart city* sia in ambito europeo sia in ambito nazionale⁷ (Toldo,

⁶ Si veda, ad esempio, il caso di Vancouver in Broadway e Broadway (2011)

⁷ Tra i quali si possono citare: European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities, la rete Smart City, promossa dal Programma Strategico per le Tecnologie Energetiche SET-Plan, Smart City and Regions dell'Unione Europea, Smart City and Communities and Social Innovation del MIUR, il piano

2013; Istat, 2016). Un primo obiettivo di questo lavoro è dunque quello di dimostrare che sussistono oggettivi motivi per considerare tale pratica del tutto appropriata rispetto alla funzione di monitoraggio urbano così come usualmente descritta nelle varie linee guida associate ai principali indicatori di *smart city*⁸, in particolare per quanto attiene il campo della sostenibilità ambientale.

2. Biomonitoraggio e composizione del verde urbano

Potendo disporre delle analisi melissopalinoologiche della produzione mellifera annuale (2013) di sette apiari dislocati nella città di Torino (si veda figura 1) si è pensato di utilizzare tali informazioni per verificare il monitoraggio di un altro importante elemento della qualità ambientale dell'ecosistema urbano, oltre che dell'inquinamento atmosferico. Come già accennato, le analisi melissopalinoologiche, svolte di per sé per il controllo della qualità del miele, infatti, si prestano ad essere utilizzate anche per individuare con elevata affidabilità la composizione delle specie arboree⁹ presenti nelle aree di bottinaggio circostanti gli alveari di produzione e, quindi, consentire di integrare le informazioni derivabili dal Catasto comunale del verde per le stesse aree.

L'ape, quale bioindicatore, può essere definito un sensore viaggiante. L'area intorno all'alveare che può essere ispezionata da un'ape nell'arco di una giornata si estende per circa 7 kmq, corrispondente ad un cerchio di raggio pari a 1,5 km (Crane, 1984). Un alveare in

buono stato può contenere fino a 10.000 api bottinatrici, ognuna delle quali visita circa un migliaio di fiori al giorno, pertanto una colonia può effettuare all'incirca 10 milioni di microprelievi al giorno di polline nella propria area di bottinaggio. Questo semplice dato può rendere immediatamente l'idea di quanto efficace possa essere l'analisi melissopalinoologica dei mieli di un alveare per definire la composizione vegetale di una determinata area. Nella figura 2 sono state ricostruite, con semplici strumenti di *buffering*, le aree di bottinaggio riferibili agli apiari considerati in questo studio. Aree a cui sono attribuibili i dati dell'origine vegetale derivati dalle analisi melissopalinoologiche dei mieli prodotti negli apiari localizzati nel loro baricentro spaziale.

Dal portale del Settore Verde pubblico del Comune di Torino si evince che la città possiede un vasto patrimonio ambientale formato, oltre che da alberi (più di 110.000), da aree verdi, da parchi e giardini urbani, fluviali e collinari e da zone boscate, presenti soprattutto nell'area collinare orientale. Stando ai dati, qui disponibili, con una superficie complessiva di aree verdi a gestione pubblica di circa 19.569.000 mq (corrispondente al 16,5% dell'intera superficie comunale) e una popolazione di 892.276 abitanti, Torino presenta un'elevata percentuale di verde pubblico per abitante: 22 mq.

Al di là di questi numeri, i dati relativi alla composizione del verde urbano di Torino presentano ancora diverse lacune informative, tali da non renderli di fatto pienamente utilizzabili ai fini di un'efficiente attività di pianificazione del verde. La georeferenziazione e schedatura del verde è limitata alla piantumazione arborea dei viali principali di Torino (300 km di vie alberate). Il database comunale, pertanto, non fornisce la situazione relativa alla composizione della vegetazione presente nei parchi, nei giardini, negli orti e nei cortili del resto della città. Inoltre, anche per quanto riguarda le alberate, risultano censite solamente le piante arboree mentre non sono rilevate quelle arbustive e cespugliose, altrettanto importanti all'interno dell'ecosistema urbano. Per contro, le analisi melissopalinoologiche effettuate sui campioni dei sedimenti¹⁰ di miele prodotto nei set-

governativo Decreto crescita 2.0 (che comprende tra i suoi obiettivi l'individuazione di indicatori di *smartness* omogenei a scala nazionale) e le iniziative dell'Osservatorio Nazionale Smart City dell'ANCI.

8 Quale, ad esempio, lo Smart City Index di Between o quello definito dallo Studio Ambrosetti per il rapporto del 2012 The European-House-Ambrosetti, *Smart Cities in Italia: un'opportunità nello spirito del Rinascimento per una nuova qualità della vita*.

9 I dati si riferiscono, ovviamente, alle specie arboree di interesse apistico (quelle che forniscono alle api nettare e/o polline) e non quindi alla totalità di quelle presenti nell'areale circostante l'apiario. In ogni caso, tali specie rappresentano un insieme sufficientemente consistente di varietà arboree da rendere il dato comunque interessante per un confronto con le informazioni catastali del verde urbano.

10 Le analisi melissopalinoologiche sono state condotte secondo il metodo tratto da Louveaux *et al.*, 1978.

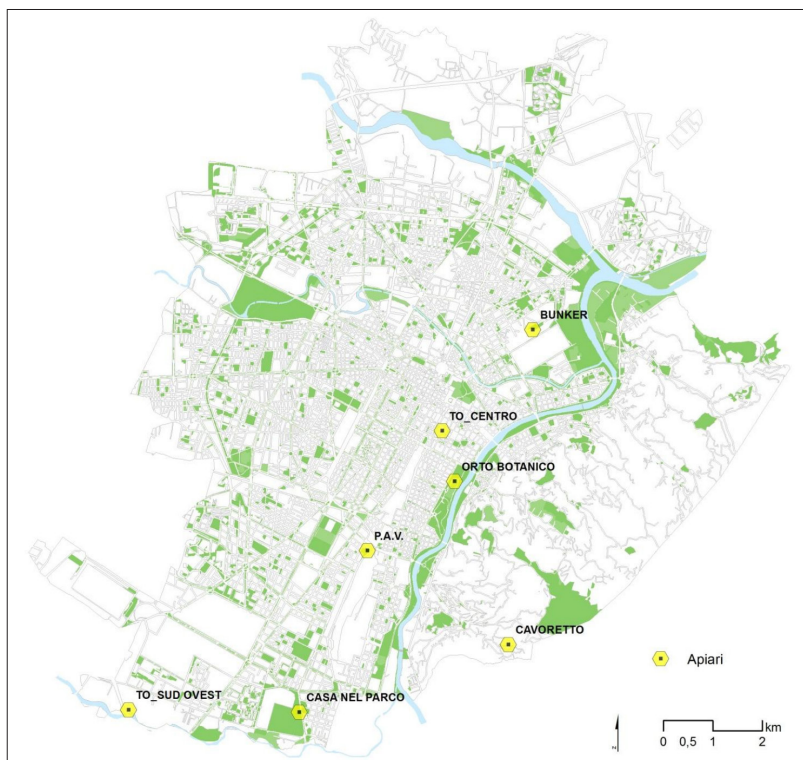


FIGURA 1
I sette apiari della città di Torino utilizzati per questo studio (sei apiari appartengono al progetto UrBees, mentre il settimo è quello dell'Orto botanico di Torino)

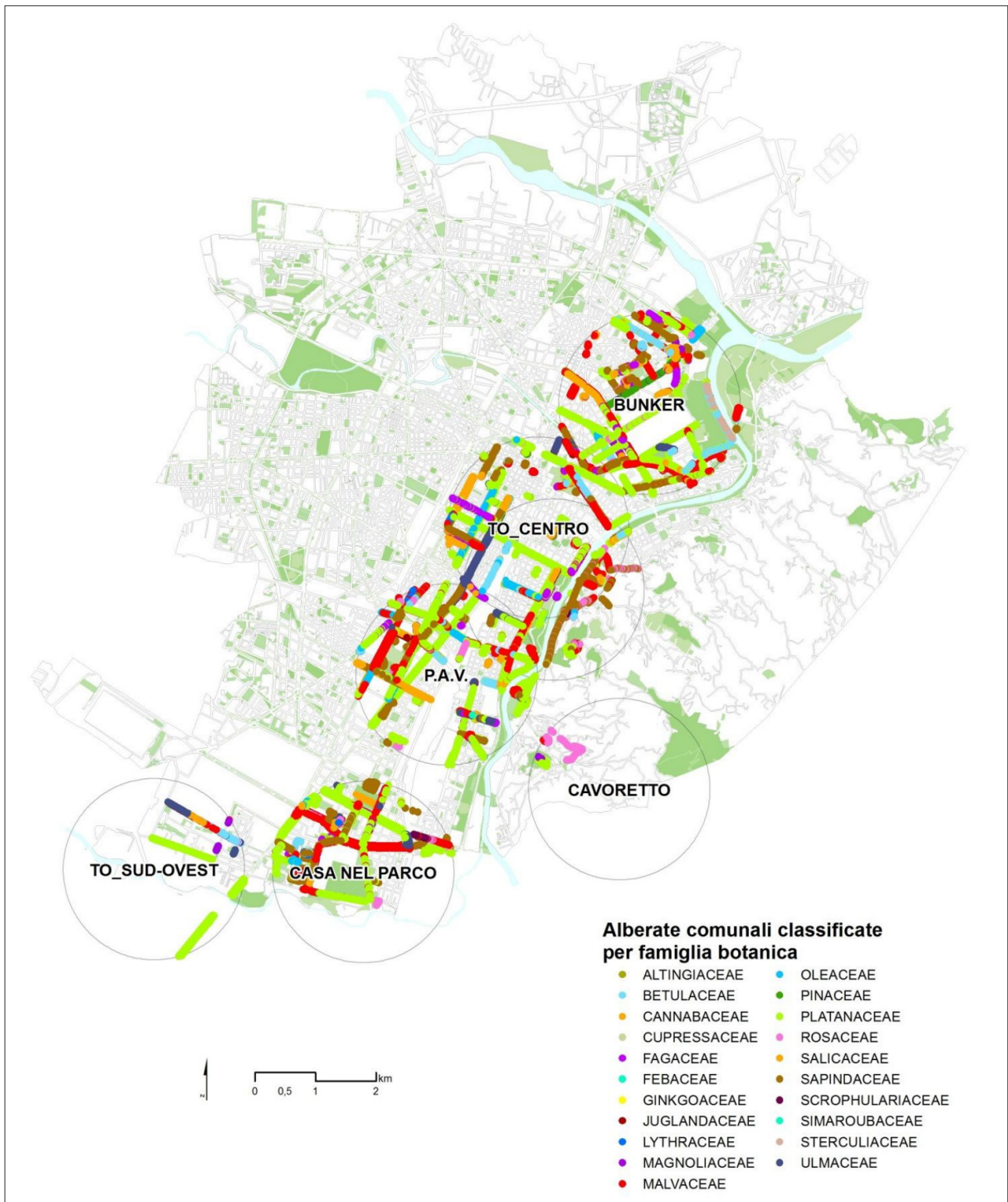
FONTE: nostra elaborazione su dati del Comune di Torino



FIGURA 2
Le aree di bottinaggio riferibili ai sette apiari della città di Torino individuati attraverso la costruzione di buffer circolari con raggio di 1,5 km (nel loro insieme, le aree di bottinaggio consentono di monitorare circa il trenta per cento della superficie comunale)

FONTE: nostra elaborazione su dati del Comune di Torino

FIGURA 3 – Le alberate per famiglia botanica presenti nelle aree di bottinaggio oggetto di studio, derivate dal Catasto del verde del Comune di Torino



FONTE: nostra elaborazione su dati del Comune di Torino

te apiari torinesi, hanno complessivamente consentito di individuare la presenza di settanta generi botanici¹¹, appartenenti a quarantatré distinte famiglie botaniche¹², a cui vanno aggiunte ulteriori otto famiglie per le quali non è stato possibile individuare anche i rispettivi generi. L'Orto Botanico risulta essere la postazione con lo spettro pollinico più ampio, trentacinque generi e quindici famiglie (grazie, ovviamente, alla presenza delle numerose varietà botaniche coltivate in prossimità dell'apiario), mentre Cavoretto è risultato l'apiario con la minore varietà di pollini, con quindici generi e due famiglie¹³.

L'interrogazione spaziale effettuata invece sui dati georiferiti delle alberate torinesi, attraverso la sovrapposizione degli areali di studio (si veda la figura 3), ha portato all'acquisizione di un insieme informativo significativamente più ridotto, individuando solamente trentasette generi botanici appartenenti a ventuno famiglie. Confrontando tra loro più in dettaglio i due insiemi di dati, dei settanta generi di piante rilevati dalle api solo venti risultano censiti anche dal catasto comunale. Quindi sono ben cinquanta i generi "scoperti" attraverso il biomonitoraggio: ventisei erbacei, dodici arbustivi, nove arborei e tre agricoli. Per quanto riguarda invece le famiglie botaniche sono trentatre quelle di "nuova" individuazione. Viceversa dei trentasette generi mappati dal catasto, diciassette non risultano individuati dall'analisi del miele, verosimilmente perché riguardanti specie non di interesse apistico.

11 Ventinove arborei, ventisei erbacei, dodici arbustivi e tre di interesse agricolo.

12 I risultati delle analisi melissopalinologiche hanno richiesto un attento lavoro di riorganizzazione ai fini della loro comparabilità. Innanzitutto, è stato necessario aggregare i dati dei diversi alveari a livello di singolo apiario. Rispetto ad ogni apiario i risultati delle analisi sono stati ricondotti poi ad un unico virtuale periodo annuale di osservazione e tradotti in termini relativi di presenza percentuale dei diversi spettri pollinici.

Per rendere, inoltre, queste informazioni confrontabili con quelle delle schede delle alberate del catasto comunale, il dato relativo ai tipi pollinici presente nei campioni di miele è stato aggregato in base ai generi e alle famiglie di appartenenza.

13 Questi semplici valori potrebbero rappresentare, già di per sé, degli indici di biodiversità applicabili alla scala di quartiere. Esempio concreto di come il biomonitoraggio delle api possa fornire informazioni utili per l'implementazione di indicatori di *smartness* ambientale urbana.

I dati della presenza e della distribuzione delle specie botaniche così rilevati negli areali di studio potrebbero essere ulteriormente elaborati sulla base di due fattori: il livello di *dominanza* (definibile in ragione della quota percentuale del singolo genere pollinico sul totale del polline rilevato nella singola area studio) e il livello di *concentrazione* (individuabile dalla quota percentuale del genere pollinico rilevato nella singola area di studio sul totale dello stesso nell'insieme delle aree considerate)¹⁴. Questi due fattori, oltre a consentire una migliore caratterizzazione della composizione e distribuzione del verde urbano, potrebbero rappresentare due interessanti indicatori di *smartness* urbana attraverso cui monitorare, ad esempio, la biodiversità del verde urbano ma anche operare il controllo della diffusione di determinate piante, come quelle allergeniche o quelle alloctone.

3. La progettazione di una rete di biomonitoraggio del verde urbano

La seconda parte di questo lavoro è dedicata alla definizione di una metodologia GIS per l'individuazione delle potenziali localizzazioni di apiari in ambito urbano allo scopo di realizzare una rete di biomonitoraggio ambientale.

La metodologia proposta si fonda sull'uso di specifici indicatori relativi:

- ai vincoli legali in materia di apicoltura (legge 24/12/2004 n. 313, Disciplina dell'apicoltura);
- alla distribuzione spaziale della popolazione residente;
- alla localizzazione di particolari servizi sociali rivolti a fasce sensibili di utenti.

I principali vincoli spaziali in ambito urbano riferibili alla disciplina nazionale che regola la pratica dell'apicoltura prevede che per la collocazione degli apiari a

14 Per quanto riguarda la *dominanza*, ad esempio, si potrebbe costruire un indicatore basato su di una classificazione in cinque classi, similmente a quella operata da Zanolli *et al.* (2007), distinguendo fra genere: *raro* (<= 1%); *scarso* (1% < <=5%); *secondario* (5% < <=15%); *rilevante* (15% < <=45%); *dominante* (> 45%). La *concentrazione* potrebbe essere, invece, valutata attraverso il noto *coefficiente di Gini* (per questo si può vedere un qualsiasi manuale di statistica descrittiva).

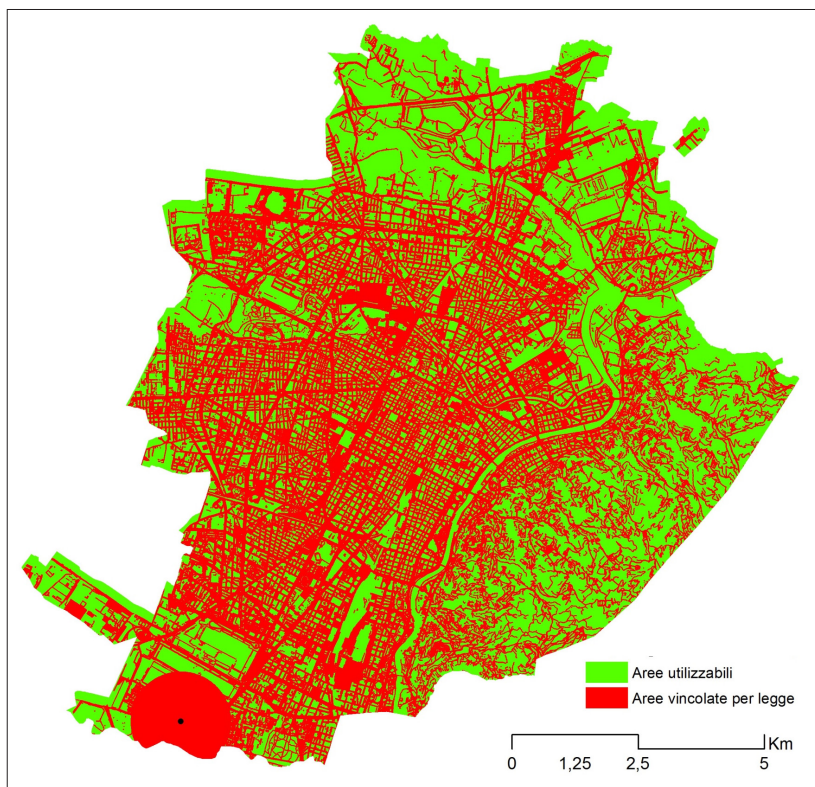


FIGURA 4
Distribuzione spaziale dei principali vincoli legali per la localizzazione di apiari

FONTE: nostra elaborazione su dati del Comune di Torino

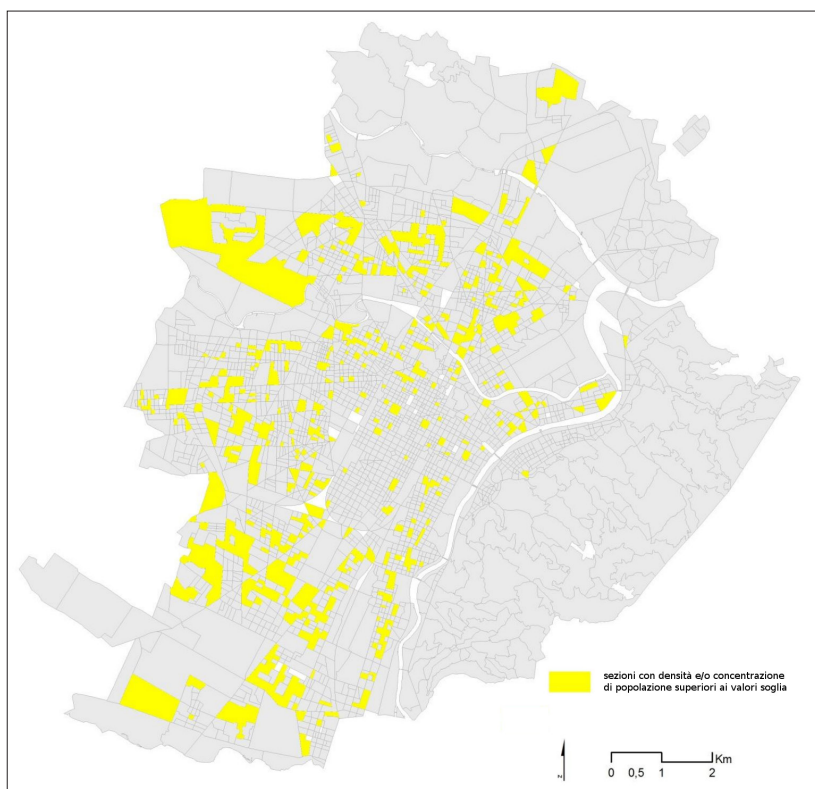


FIGURA 5
Classificazione delle sezioni di censimento sulla base delle caratteristiche di densità e concentrazione della popolazione

FONTE: nostra elaborazione su dati del Comune di Torino

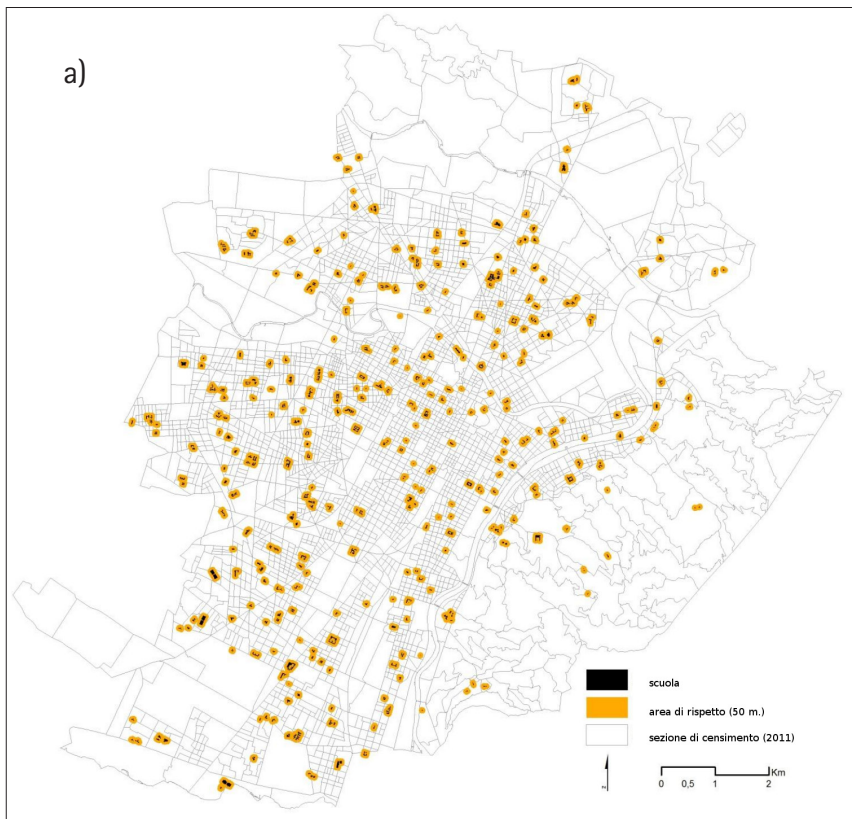
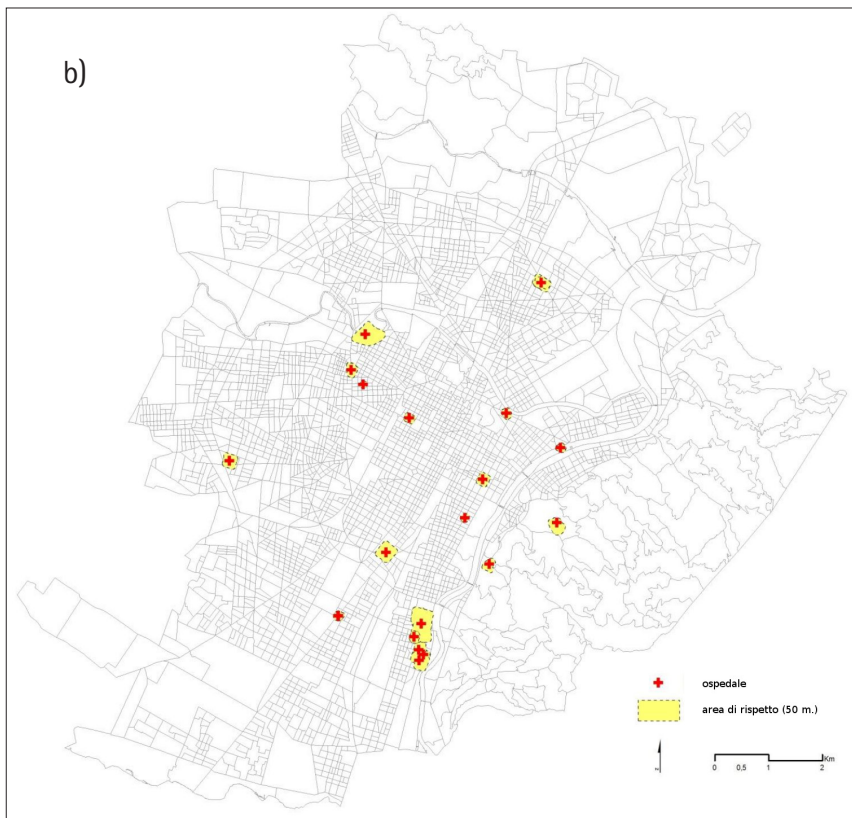


FIGURA 6
a) Localizzazione di scuole e ospedali
b) Relative aree di rispetto (50 m.)



FONTE: nostra elaborazione
su dati del Comune di Torino

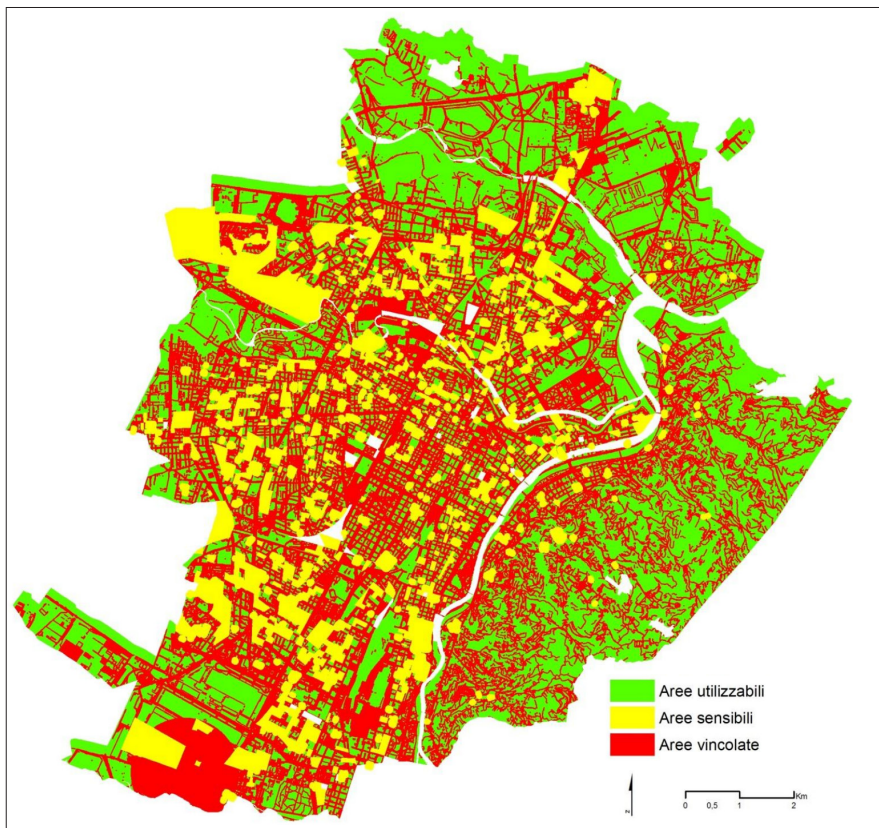


FIGURA 7
Carta di riferimento
per le scelte di localizzazione
di apiari a Torino

FONTE: nostra elaborazione
su dati del Comune di Torino

livello del piano campagna, questi siano posizionati ad una distanza minima di dieci metri dalle strade di pubblico transito e di un chilometro dagli impianti saccariferi. La figura 4 rappresenta la distribuzione dei suddetti vincoli nella città di Torino.

Per quanto riguarda invece le caratteristiche della distribuzione spaziale della popolazione residente¹⁵ si è ritenuto di prendere in considerazione tre variabili a livello di sezione di censimento: la densità di popolazione, la concentrazione di popolazione per edificio e la concentrazione di popolazione in età giovane (con meno di quindici anni)¹⁶ per edificio. Calcolata per ciascuna di queste distribuzioni di valori la rispettiva soglia di riferimento, data dalla somma di media e varianza, sono state considerate non idonee tutte quelle in cui almeno una delle tre variabili presentasse un valore su-

periore alla rispettiva soglia (si veda la figura 5), corrispondenti alle zone di maggior densità/concentrazione di popolazione e quindi di maggiore esposizione a rischi per la salute conseguenti alla puntura delle api.

Per analogia ragione, di minimizzazione dei rischi per la salute di particolari categorie di soggetti della popolazione, si è deciso di fare riferimento, a mero titolo esemplificativo, alla localizzazione di scuole (dell'infanzia, primarie e secondarie di primo grado) ed ospedali, creando intorno a queste delle aree di rispetto con un raggio di cinquanta metri.

Dalla sovrapposizione dei tre strati informativi appena descritti è possibile derivare una carta di sintesi che individui, in particolare, le aree idonee alla localizzazione di apiari. Nella figura 7 le aree di colore verde sono appunto quelle utilizzabili per la localizzazione degli apiari, quelle di colore rosso quelle vincolate per legge, mentre quelle di colore giallo rappresentano quelle sconsigliate per le caratteristiche di densità e concentrazione della popolazione e/o la presenza di strutture scolastiche od ospedaliere.

¹⁵ I dati utilizzati sono quelli relativi alla popolazione residente per sezioni di censimento del XV Censimento Istat della popolazione e delle abitazioni (2011).

¹⁶ Perché è soprattutto nella popolazione in età pediatrica che si hanno i maggiori rischi di salute legati alla puntura delle api.

4. Conclusioni

Quest'ultima carta tematica consente di evidenziare la concreta possibilità di realizzare a Torino un'ampia rete di apiari distribuiti in tutta la città per la costruzione di un sistema geo-riferito di rilevamento ambientale della qualità del verde ma anche dell'aria.

Nel primo caso, la rete contribuirebbe ad un'effettiva implementazione del Catasto del verde urbano, strumento ad oggi solo parzialmente realizzato e di fatto non utilizzabile al fine della pianificazione e gestione delle aree verdi. Oltretutto, se fosse possibile disporre di analisi melissopalinologiche di maggior accuratezza e dettaglio allora la rete spaziale di apiari potrebbe fornire informazioni più fini della composizione e delle caratteristiche delle aree verdi urbane. Analisi utili, ad esempio, per controllare la presenza e diffusione di categorie particolari di piante, come quelle invasive o allergeniche, oppure per consentire l'elaborazione di calcoli più precisi circa lo stoccaggio di CO₂ da parte della biomassa urbana, misura che potrebbe rappresentare un indicatore di *smartness* particolarmente significativo.

Nella seconda ipotesi, invece, le api potrebbero efficacemente integrare gli altri sistemi di rilevazione puntuale di cui la città già dispone, vale a dire le centraline dell'ARPA per la rilevazione degli inquinanti. Le differenze tra questi due sistemi di rilevamento sono sostanziali sia in termini di modalità di rilevamento dei dati sia di tipologia degli inquinanti indagati. Per questo motivo, un loro utilizzo congiunto sarebbe sicuramente utile per lo studio complessivo delle condizioni ambientali della città. Oltretutto, l'installazione e gestione di una rete di apiari è un'attività relativamente poco costosa e con risvolti di utilità sociale ed economica potenzialmente anche importanti.

Rispetto, quindi, all'esigenza del modello *smart city* di messa a punto di una consistente rete spaziale di sensori atti a misurare e monitorare le condizioni dell'ambiente urbano, le api, quali bioindicatori, possono senz'altro rappresentare uno strumento semplice e al tempo stesso "redditizio", per le sue ricadute ambientali e sociali, e dunque molto importante nella costruzione di una città sostenibile e intelligente a tutti gli effetti.

Bibliografia

- Albino V., Berardi U., Dangelico R. M. (2015), "Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives", *Journal of Urban Technology*, 22(1), pp. 3-21.
- Anthopoulos L.G., Vakali A. (2012), "Urban planning and smart cities: interrelations and reciprocities", in: Álvarez F. et al. (eds), *The Future Internet. FIA 2012, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 7281. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 178-189.
- Bargańska Ž., Ślebioda M., Namieśnik J. (2016), "Honey bees and their products: bioindicators of environmental contamination", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(3), pp. 235-248.
- Broadway, M. J., Broadway, J. M. (2011), "Green dreams: Promoting urban agriculture and the availability of locally produced food in the Vancouver Metropolitan Area", *Focus on Geography*, 54(1), 33-41.
- Calzada I., Cobo C. (2015), "Unplugging: Deconstructing the smart city", *Journal of Urban Technology*, 22(1), pp. 23-43.
- Cassatella C. (2013), "Il verde urbano", in: Cencini C. e Corbetta F. (a cura di), *Il manuale del bravo conservatore. Saggi di ecologia applicata*, Edagricole, Bologna, pp. 693-721.
- Celli G., Maccagnani B. (2003), "Honey bees as bioindicators of environmental pollution", *Bulletin of Insectology*, 56(1), pp. 137-139.
- Celli G., Porrini C. (1991), "L'ape, un efficace bioindicatore dei pesticidi", *Le Scienze*, 274, pp. 42-54.
- Conti M., Botrè F. (2001), "Honeybees and Their Products as Potential Bioindicators of Heavy Metals Contamination", *Environmental Monitoring and Assessment*, 69(3), pp. 267-282.
- Crane E. (1984), "Bees, honey and pollen as indicators of metals in the environment", *Bee World*, 65, pp. 47-49.
- Crivello S. (2013), "Circolazione, riproduzione e adattamento di un'idea di smart city", in: Santangelo M., Aru S. e Pollio A. (a cura di), *Smart city. Ibridazioni, innovazioni e inerzie nelle città contemporanee*, Carocci, Roma, pp. 25-38.
- De Luca A. (2013), "Oltre gli indicatori: verso una dimensione politica della smart city", in: Santangelo M., Aru S. e Pollio A. (a cura di), *Smart city. Ibridazioni, innovazioni e inerzie nelle città contemporanee*, Carocci, Roma, pp. 87-106.
- Del Bene G., Tesoriero D., Sabatini, A. G. (2008), "Approccio alla individuazione delle cause della sindrome dello spopolamento degli alveari (CCD Colony Collapse Disorder) con riferimento alle onde elettromagnetiche", *Apoidea*, 5(2), pp. 70-77.
- Hernandez J. L., Frankie G. W., Thorp R. W. (2009), "Ecology of urban bees: a review of current knowledge and directions for future study", *Cities and the Environment (CATE)*, 2(1), 3, pp. 15.
- Istat (2016), *Ambiente urbano: gestione ecostenibile e smartness*, Report. Roma.
- Krupke C. H., Long E. Y. (2015), "Intersections between neonicotinoid seed treatments and honey bees", *Current opinion in insect science*, 10, pp. 8-13.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. (1978), "Methods of melissopalynology", *Bee World*, 59(4), pp. 139-157.
- Pelorosso R., Gobattoni F., Lopez N., Leone A. (2013), "Verde urbano e processi ambientali: per una progettazione di paesaggio multifunzionale", *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(1), pp. 95-111.
- Porrini, C., Ghini S., Girotti S., Sabatini A.G., Gattavecchia E., Celli G. (2002), "Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy", in: Devillers J., Pham-Delègue M.H. (eds.), *Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals*. Taylor & Francis, London and New York, pp. 186-247.
- Ricciardelli D'Albore G., Persano Oddo L. (1978), *Flora apistica italiana*, Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria, Firenze.

Ricciardelli D'Albore G., Intoppa F. (2000), *Fiori e Api. La flora visitata dalle api e dagli altri apoidei in Europa*, Edagricole, Bologna.

Ruiz J.A., Gutiérrez M., Porrini C. (2013), "Biomonitoring of Bees as Bioindicators", *Bee World*, 90(3), pp. 61-63.

Schmidt di Friedberg P. (1987), *Gli indicatori ambientali. Valori, metri, e strumenti nello studio di impatto ambientale*, Franco Angeli, Milano.

Toldo A. (2013), "Smart environment e governace ambientale", in: Santangelo M., Aru S. e Pollio A. (a cura di), *Smart city. Ibridazioni, innovazioni e inerzie nelle città contemporanee*, Carocci, Roma, pp. 107-134.

Tonelli D., Gattavecchia E., Ghini S., Porrini, C., Celli G., Mercuri A. (1990), "Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 141(2), pp.427-436.

Vanolo A. (2013), *Smart city, condotta e governo della città*, in: Santangelo M., Aru S. e Pollio A. (a cura di), *Smart city. Ibridazioni, innovazioni e inerzie nelle città contemporanee*, Carocci, Roma, pp. 39-52.

Zanolli P., Barbattini R., Frilli F., Gazzola F. (2007), *Analisi del miele della città di Udine: sorgenti mellifere e inquinamento ambientale*, APOidea, 4, pp. 82-94.

Sitografia

Comune di Torino - Geoportale, <http://www.comune.torino.it/geoportale/database.htm>

Istat - basi territoriali e variabili censuarie, <https://www.istat.it/it/archivio/104317>