

HERAmbiente

Progetto “Capiamo” 2021: risultati analitici e relative considerazioni.

Tra gli insetti pronubi, le api “da miele” (*Apis mellifera*) presentano caratteristiche biologiche, fisiologiche ed etologiche che le rendono degli ottimi marker della qualità ambientale. All’interno di un’area di 7 km² le api bottinatrici di un singolo alveare possono arrivare a raccogliere fino a 10000 micro-campioni dalle matrici ambientali aria, acqua e suolo. I risultati numerici prodotti dall’analisi chimica e bio-chimica dei campioni raccolti devono essere letti sempre valutando tutti i fattori ambientali, climatici e zootecnici che influenzano le singole unità (api) e lo stato sanitario di un SUPER-organismo più grande e complesso, l’alveare.



Il progetto *Capiamo* 2021 è stato realizzato in collaborazione con la Dott.ssa Serena M. R.

Indice

1. Premessa.	Pag. 3
<i>1.1 Analisi dei dati</i>	
2. Descrizione del progetto Capiamo: obiettivi, caratteristiche distintive e fasi di sviluppo.	Pag. 6
3. Sviluppo e produttività degli alveari, 2021.	Pag. 9
<i>3.1 Il miele</i>	
4. Risultati e relative considerazioni.	Pag. 11
<i>4.1 Anioni.</i>	
<i>4.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).</i>	
<i>4.3 Metalli pesanti.</i>	
<i>4.4 Pesticidi.</i>	
<i>4.5 Diossine, furani e PCB-diossina simili</i>	
5. Conclusioni.	Pag. 24
6. Riferimenti bibliografici e normativi.	Pag. 27

1. Premessa.

Le diverse categorie tossicologiche immesse nell'ambiente come risultato delle attività antropiche rivolte alla produzione di beni e servizi (oggettistica, elettronica e altri beni di consumo, abbigliamento, farmaci, prodotti alimentari, trasporto, riscaldamento domestico, ecc.) si distribuiscono tra atmosfera, idrosfera, geosfera e biosfera. In quest'ultimo comparto è possibile osservare fenomeni di bioaccumulo e di biomagnificazione, che determinano l'accumulo di alcune sostanze (lipofile e altamente persistenti) nei grassi animali e l'aumento delle relative concentrazioni lungo la catena trofica. La presenza di residui estranei alla normale composizione di un alimento, dell'aria o dell'acqua, espone il consumatore ad intossicazioni di tipo acuto (alterazioni immediate dell'equilibrio fisiologico dell'organismo) o ad intossicazioni di tipo cronico (piccole alterazioni dell'equilibrio fisiologico, che si sommano nel tempo ed espongono l'organismo all'azione di altri fattori stressanti). Alterazioni fisiologiche da stress tossici sono comuni nell'uomo e negli animali. Dagli inizi del '900 è nota la particolare sensibilità di alcuni organismi, definiti *bio-indicatori* o *bio-markers*, capaci di segnalare precocemente alterazioni della qualità ambientale. Tra gli insetti pronubi, le api da miele (*Apis mellifera*), insetto ubiquitario facile da allevare e caratterizzato da una fine organizzazione sociale, sono state definite bio-indicatori ideali (Stöcker, 1980) e numerosi studi sono stati incentrati sull'utilizzo delle api e dei loro prodotti nella valutazione dell'inquinamento ambientale (Anderson e Atkins, 1958; Anderson e Tuff, 1952; Celli, 1983; Celli e Gattavecchia, 1983; Celli et al., 1985; Celli e Porrini, 1987; Ricciardelli D'albore et al., 1993; Costa et al., 2019; e altri ancora, vedi bibliografia). Un alveare infatti esegue circa 10 mila micro-campionamenti giornalieri tra le varie matrici ambientali (aria, acqua, suolo), dagli organismi vegetali (polline, nettare, resine/propoli) e da altri insetti (melata, deiezioni zuccherine originate dalla digestione della linfa da parte di insetti omotteri e rincotteri) in un'area di circa 7 Km². Un alveare trasporta fino a ½ litro di acqua al giorno e ½ litro di nettare e, le strette interazioni sociali garantiscono un'ampia diffusione delle sostanze chimiche tra i diversi tessuti dell'alveare. L'analisi chimica di diverse matrici analitiche, selezionate tra

questi tessuti, consente una valutazione qualitativa e quantitativa degli inquinanti ambientali, mentre eventuali squilibri riscontrati sul super-organismo alveare segnalano una cattiva qualità ambientale e rappresentano un segnale precoce di pericolo per la conservazione delle biodiversità e per la salute umana. Nei progetti di bio-monitoraggio con api, gli individui dell'alveare rappresentano il primo punto di interazione tra il super organismo alveare e l'ambiente. Pertanto, l'analisi chimica della matrice "api" consente di monitorare i livelli ambientali degli inquinanti, prima del loro ingresso nella biosfera. Il miele, prodotto alimentare di origine vegetale "semi-lavorato" dalle api, consente di misurare i livelli di inquinamento associati alla bio-massa vegetale, nonché i possibili rischi di esposizione umana attraverso i prodotti del settore agricolo. I progetti di biomonitoraggio che negli ultimi anni sono stati finanziati da aziende private (<https://www.ilpianetanaturale.org/approfondimenti/biomonitoraggio-2/>) hanno invece permesso di approfondire l'utilizzo della cera ai fini di una valutazione tossicologica approfondita, mirata all'identificazione dei rischi per la salute umana associati a fenomeni di bioaccumulo nei tessuti adiposi mediante diverse vie di esposizione oltre quella alimentare (Tulini et al., 2020).

1.1 Analisi dei dati.

I risultati ottenuti dall'analisi chimica delle matrici api, miele e cera vengono confrontati con altri dati scientifici presenti in bibliografia e riportati alla fine del presente documento. I risultati analitici inoltre, vengono confrontati con i limiti massimi residuali (LMR) sanciti dalla normativa vigente per diverse categorie tossicologiche su matrici alimentari (inclusi mangimi di origine vegetale e animale). Nel settore alimentare, il rispetto di tali limiti è una discriminante fondamentale per l'autorizzazione alla commercializzazione dei prodotti ed è una delle misure fondamentali per garantire la sicurezza del consumatore finale. Il limite massimo residuale di ogni sostanza viene stabilito in base alla ADI (dose giornaliera accettabile), dose di *sostanza x* che assunta giornalmente non determina fenomeni di intossicazione apprezzabili, sia nel breve che nel lungo periodo. Tali limiti sono stabiliti a partire da norme comunitarie, su diversi tipi di alimenti, sull'acqua utilizzata a scopo di bevanda o di irrigazione e su qualsiasi elemento che possa avere un contatto con i prodotti alimentari destinati al consumo. Per

delucidazioni ed approfondimenti si rimanda ai testi citati nei riferimenti bibliografici e normativi alla fine di questo documento. Si ricorda inoltre che annualmente l'Italia, come altri paesi europei, esegue il Piano Nazionale Residui (PNR) per verificare i livelli di concentrazione medi delle sostanze tossiche in diversi tipi di alimenti e per adottare, in caso di necessità, delle misure atte a garantire la tutela dei consumatori. Non esistono LMR per matrice api e per la cera (quest'ultima presenta LMR per pochi acaricidi solo se applicata nel settore biologico), ma nel PNR il miele viene campionato e analizzato al fine di determinare e quantificare possibili residui di metalli pesanti, fitofarmaci e antibiotici. Tuttavia, mentre per metalli pesanti e fitosanitari l'origine della contaminazione è ambientale, per quanto riguarda gli antibiotici la loro presenza nel miele è generalmente segnale di un uso fraudolento di questi farmaci da parte dell'apicoltore. Gli antibiotici pertanto non sono inclusi tra le categorie tossicologiche analizzate per questo progetto. Per approfondimenti si rimanda alla pagina web www.salute.gov.it/portale/news.

Nonostante la carenza di riferimenti normativi, numerosi sono gli studi scientifici focalizzati su una valutazione quali-quantitativa di diverse categorie tossicologiche nelle matrici dell'alveare che offrono un valido supporto per l'analisi e la comprensione dei dati (vedi ultimo capitolo). Per quanto riguarda i residui di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) misurati nella cera (tessuto di natura lipidica e organo strutturalmente fondamentale per l'alveare), questi vengono confrontati con i LMR stabiliti su matrici grasse di origine animale al fine di ottenere una valutazione dei fenomeni di bioaccumulo e biomagnificazione che si verificano lungo la catena trofica e che interessano il tessuto lipidico degli animali, uomo incluso.

2. Descrizione del progetto *Capiamo*: obiettivi, caratteristiche distintive e fasi di sviluppo.

Scopo della presente relazione tecnica è di illustrare gli esiti del progetto di biomonitoraggio “Capiamo” condotto presso l’impianto di coincenerimento di rifiuti non pericolosi, gestito dalla società Herambiente S.p.a., ubicato in via dell’Energia s.n.c., nel Comune di Pozzilli (Isernia). L’obiettivo del progetto “Capiamo” è di contribuire alla ricerca scientifica per la tutela ambientale, creando una raccolta di dati riguardante la distribuzione di diverse categorie tossicologiche nei tessuti di un alveare, in diverse aree geografiche del territorio nazionale, con un diverso livello di urbanizzazione e di industrializzazione, nelle quali sono dislocati alcuni degli impianti di trattamento di rifiuti gestiti da Herambiente.

Le attività sono state avviate nella primavera del 2020 con l’installazione di 3 alveari all’interno del sito impiantistico in cui si trova il termovalorizzatore di Pozzilli, allo scopo di monitorare un’area più ampia e complessa, situata tra i monti della Meta e quelli del Matese, nella quale si collocano attività industriali, artigianali e agricole. Secondo i parametri di classificazione riportati in scheda 1, l’area sottoposta a biomonitoraggio è stata quindi classificata come AREA MISTA, in cui si riconoscono diverse fonti di emissione per diverse categorie tossicologiche. Per una migliore comprensione delle caratteristiche orografiche del territorio, nonché del livello locale di antropizzazione, si rimanda alla lettura della *Relazione 2020* predisposta nell’ambito del progetto “Capiamo” per l’impianto di coincenerimento di rifiuti non pericolosi di Pozzilli.

Nel 2021 il progetto “Capiamo” è stato esteso, con l’inserimento di una stazione di bio-monitoraggio costituita da 3 alveari, presso l’impianto di compostaggio con produzione di biometano di Sant’Agata Bolognese (BO). Si prevede per gli anni successivi il proseguimento dell’attività su altri impianti Herambiente dedicati al trattamento dei rifiuti. Gli obiettivi del progetto si sono pertanto orientati anche verso una migliore conoscenza del territorio che circonda i singoli impianti, attraverso la

caratterizzazione pollinica e nettarifera dei mieli. Il fine ultimo è sempre quello di comprendere meglio il delicato rapporto tra uomo e ambiente, studiando le fitte interazioni tra api e territorio.

Scheda 1: classificazione dell'area oggetto di indagine in base all'impatto antropico definito secondo i parametri elencati e i relativi valori di riferimento.

Classificazione dell'area monitorata	Parametri di valutazione	Valori di riferimento
Agricola <u>Categorie tossicologiche:</u> pesticidi e anioni	centri abitati	< 30000
	SAU/SAT	≥ 75%
	nuclei industriali	assenti
	Infrastrutture pubbliche	carenti
	Infrastrutture economiche	SP e FS
Industriale <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f _s , pcb, ipa, met. pesanti	centri abitati	< 30000
	SAU/SAT	< 30%
	nuclei industriali	presenti entro 3 Km
	Infrastrutture pubbliche	carenti
	Infrastrutture economiche	SS e FS
Mista <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f _s , pcb, ipa, met. pesanti, pesticidi	centri abitati	< 30000
	SAU/SAT	30 % < x < 75 %
	nuclei industriali	presenti
	Infrastrutture pubbliche	presenti
	Infrastrutture economiche	SP, SS e FS
Urbana <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f _s , pcb, ipa, met. pesanti	centri abitati	> 30000
	SAU/SAT	< 30 %
	nuclei industriali	assenti/marginali
	Infrastrutture pubbliche	presenti
	Infrastrutture economiche	SS, Autostrada e FS
Metropolitana <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f _s , pcb, ipa, met. pesanti	centri abitati	> 100000
	SAU/SAT	< 30 %
	nuclei industriali	Presenti entro 15 Km
	Infrastrutture pubbliche	presenti
	Infrastrutture economiche	SS, FS, Autostrada, Aeroporto
Parco <u>Categorie tossicologiche:</u> nessuna	centri abitati	assenti
	SAU/SAT	100% boschivo o nativo
	nuclei industriali	assenti
	Infrastrutture pubbliche	assenti

Classificazione dell'area monitorata	Parametri di valutazione	Valori di riferimento
	Infrastrutture economiche	minima rete stradale o FS

Scopo della presente relazione è quello di illustrare i risultati ottenuti nel 2021 attraverso due campagne di campionamento e analisi che verranno di seguito identificate come: *fase 1* e *fase 2*.

La cera analizzata nella prima fase 2021 del progetto “Capiamo” di Herambiente presso il Termovalorizzatore di Pozzilli (IS), è stata raccolta da telaini trappola inseriti negli alveari a marzo 2021, si tratta pertanto di cera costruita senza supporto di foglio cereo. La cera raccolta e analizzata per la seconda fase 2021 è stata raccolta da telaini trappola inseriti negli alveari a giugno 2021, in corrispondenza delle attività di raccolta campioni della fase 1.



Serena Maria Rita Tulini
 Medico veterinario
 Via Antica Cattedrale n.30, 64100 Teramo, Italy.
 Tel. +39 0861266988
 Cell. +39 3286675435
 P.iva 02005850678

3. Sviluppo e produttività degli alveari, 2021.

Nella primavera del 2021 dai 3 alveari localizzati presso il Termovalorizzatore Herambiente di Pozzilli (IS), si sono formati 2 nuovi sciami che non sono stati coinvolti nelle fasi di campionamento e analisi 2021. Uno dei due nuovi sciami, interessato da frequenti e ripetuti fenomeni di sciamatura, non ha mai raggiunto un pieno e soddisfacente sviluppo e non ha prodotto miele. I controlli eseguiti per il contenimento di eventuali infestazioni da parte del parassita *Varroa destructor* hanno rivelato a luglio e ad ottobre meno di 10 *Varroa* x arnia. I trattamenti profilattici anti-*varroa* sono stati organizzati nel periodo agosto/novembre 2021, suddivisi in 3 somministrazioni di diversi farmaci tra quelli autorizzati. Il primo trattamento è stato eseguito il 09 Agosto 2021 e il secondo dopo 40 giorni, entrambi con Apivar (strisce pronte all'uso Veto Pharma, 12 Rue de la Croix Martre, 91120 Palaiseau, Francia) seguendo la posologia raccomandata. Il terzo e ultimo trattamento è stato eseguito con acido ossalico gocciolato alla fine di novembre, in presenza del naturale blocco di covata invernale. L'andamento meteorologico sfavorevole di aprile e maggio ha avuto effetti diretti sullo sviluppo sulla produttività delle famiglie. Oltre alla contrazione della covata, sono state riscontrate diffusamente criticità di scorte che hanno reso necessario monitorare attentamente gli alveari ed intervenire con la nutrizione di soccorso. Nelle regioni del centro-sud Italia, a partire dal mese di giugno, l'innalzamento delle temperature ha favorito i flussi di nettare delle fioriture stagionali come coriandolo, tiglio e castagno, che hanno migliorato la produttività stagionale degli alveari e che hanno però favorito un prolungamento della febbre sciamatoria caratteristica della primavera, che si è estesa fino al mese di luglio complicando ulteriormente la gestione degli alveari.

3.1 Il miele.

Nonostante condizioni metereologiche sfavorevoli, che hanno caratterizzato la primavera 2021, 4 su 5 alveari collocati presso il Termovalorizzatore di Pozzilli hanno permesso l'estrazione di 90 Kg di miele. Tra le regioni della penisola italiana, l'abbondanza di coriandolo (la cui fioritura si sovrappone



alla sulla) ed il clima favorevole nella seconda metà dell'estate 2021, hanno consentito in Molise una produzione media per alveare superiore a quella registrata in altre regioni (nettamente più alta rispetto alle medie registrate ad esempio in Emilia-Romagna; per maggiori info visita il sito <https://www.informamiele.it/report-straordinario-mancata-produzione-mieli-primavera-2021.html>).

Figura 3: Caratteristiche del miele Herambiente 2021.



Umidità: 16.6

Grado zuccherino: 83

Diastasi: 16,5

HMF: n.p. (<0,01 mg/Kg)

Piombo: < 0,1 mg/Kg (vedi par. Metalli pesanti)

L'analisi melissopalinologica del miele indica la presenza di specie polliniche caratteristiche della macchia mediterranea.

Tra le specie dominanti e di accompagnamento si identificano:

- ❖ specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Apiaceae*;
- ❖ specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Graminaceae*;
- ❖ specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Papaveraceae*;
- ❖ specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Fabaceae*;
- ❖ specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Plantaginaceae*;

Sono inoltre presenti, numerosi indicatori di melata e specie polliniche appartenenti alla fam. delle *Fagaceae* (tra cui spiccano i pollini appartenenti alla specie *Castanea sativa*).



4. Risultati e relative considerazioni.

Durante due anni di studio (2020-2021) non sono state identificate particolari alterazioni dello stato di salute degli alveari coinvolti nelle attività di monitoraggio ambientale presso il Termovalorizzatore di Herambiente sito a Pozzilli (IS). Nel complesso i risultati di laboratorio ottenuti nel 2020 e l'analisi crociata dei dati analitici restituivano un quadro d'insieme in cui si identifica il contributo di diverse sorgenti di inquinamento: traffico, processi di combustione e uso di olii per l'ambiente domestico, ai fini di riscaldamento, produzione di acqua calda e di energia elettrica, nonché industria, agricoltura, ecc., legate al livello di antropizzazione del territorio e in generale al livello di urbanizzazione. I risultati ottenuti per il 2021 hanno confermato il complesso quadro in cui si riconoscono multiple cause e concause che comportano la presenza di residui chimici estranei alla normale composizione dei tessuti dell'alveare con diversi livelli di concentrazione, ritenuti al momento non pericolosi, in quanto ampiamente inferiori ai limiti massimi residuali (LMR) stabiliti per queste sostanze in matrici ambientali e alimentari dall'UE (Reg).

In linea generale possiamo affermare che, sia nel 2020 che nel 2021, le categorie tossicologiche riscontrate con maggiori frequenze e con più alte concentrazioni, sono metalli pesanti, anioni e idrocarburi policiclici aromatici. Tra queste categorie tossicologiche si ricorda che i livelli di anioni e metalli pesanti sono influenzati dalle caratteristiche orografiche del territorio, nonché dalle condizioni metereologiche che ne modificano l'emivita ambientale e quindi la relativa bio-disponibilità. I livelli riscontrati nelle api e nel miele per queste categorie tossicologiche presentano piccole oscillazioni tra il 2020 e il 2021. Maggiore variabilità si osserva invece per gli idrocarburi policiclici aromatici. Diossine, furani e PCB non sono stati identificati in nessuna delle matrici analizzate, né nel 2020, né nel 2021.

Per maggiori informazioni sui risultati si rimanda alla consultazione dei referti analitici rilasciati da laboratori accreditati (ACCREDIA) e prodotti con la supervisione della Dott.ssa Tulini.



4.1 Anioni.

Cloruri, solfati e nitrati, sono contaminanti ambientali particolarmente presenti nelle acque per dilavamento del tessuto roccioso delle falde o per contaminazione da reflui urbani (deiezioni umane) e agricolo-zootecnici (deiezioni animali, concimi e fertilizzanti). Gli anioni sono inoltre comuni nella composizione di svariati prodotti, dal settore metalmeccanico (come componente di vernici e smalti) al settore sanitario (prodotti per l'igiene personale e per quella degli ambienti). Possono inoltre derivare dalla contaminazione del particolato atmosferico per movimentazione dei terreni nel corso di opere stradali o edili, nelle attività di ristrutturazione e manutenzione. I cloruri in particolare sono inquinanti idrici, mentre nitrati e solfati sono inquinanti idrici e geologici.

Piogge abbondanti possono favorire la penetrazione di queste sostanze nei terreni, quindi nelle specie vegetali e nei bacini idrici più profondi.

Tabella 1. Concentrazioni medie degli anioni in matrice api e miele.

LOQ	Unità di misura	FASE 1 (giugno) 2021		FASE 2 (settembre) 2021		Valori medi nel Miele italiano*
		API	MIELE	API	MIELE	
Cloruri	0,01 mg/Kg	350	112	669	272	53-154
Nitrati	0,01 mg/Kg	25,1	6,97	32,7	34	237-393
Solfati	0,01 mg/Kg	47,3	81,6	214	158	21-37

*Per maggiori informazioni contattare la Dott.ssa Tulini (serena.tulini@gmail.com)

Le concentrazioni riscontrate sulle api forniscono informazioni relative ai livelli ambientali di queste sostanze, ovvero alle concentrazioni presenti nell'aria, nell'acqua e nel suolo. Le concentrazioni misurate nel miele rispecchiano invece i livelli di concentrazione nelle matrici vegetali e quindi i possibili livelli di esposizione umana mediante alimentazione. I LMR di queste sostanze sono fissati dalla normativa vigente nelle acque potabili mediante D. Lgs 31/2001 ma non esistono attualmente riferimenti normativi atti a stabilire limiti di concentrazione di queste sostanze nel miele. Per

consultare i risultati di laboratorio e quindi per la verifica delle singole concentrazioni misurate nel 2021, si rimanda alla Tabella 1.

Si è osservato che i cloruri tendano ad aumentare (su matrice api e su matrice miele) nella fase di campionamento ed analisi che segue il periodo estivo (fase 2 – settembre), sia nel 2020 che nel 2021.

Come già sottolineato nei paragrafi precedenti e nella relazione 2020 infatti, la riduzione delle piogge nel periodo estivo determina una maggiore persistenza di queste sostanze sulle superfici idriche, vegetali e terrestri. Nel periodo estivo, inoltre, sono comuni i trattamenti di clorazione delle acque, per assicurarne la potabilità e quindi l'uso in ambito agricolo (che aumenta nel periodo estivo).

Rispetto al 2020, nel 2021 le concentrazioni misurate per i cloruri nel miele, sono minori, probabilmente a causa di una minore siccità e quindi ad un minore uso di acqua in ambito agricolo.

Alla luce delle variazioni metereologiche stagionali, le concentrazioni di cloruri, nitrati e solfati presentano piccole oscillazioni, in linea con le concentrazioni medie riscontrate da altri ricercatori nel miele italiano (2012). Tali oscillazioni sono minime per i nitrati, sia sulla matrice api che sulla matrice miele, ma presentano, tra le diverse fasi di campionamento e analisi del 2020 e del 2021, intervalli più ampi per il gruppo dei solfati. Queste sostanze in particolare, i solfati, presentano concentrazioni maggiori nelle aree in cui sono presenti industrie e servizi inerenti il settore sanitario, chimico e farmaceutico (vedi bibliografia). Nel 2020 infatti, l'analisi delle caratteristiche orografiche e socio-economiche del territorio che ospita il Termovalorizzatore Herambiente, aveva messo in risalto la presenza nell'area industriale di Pozzilli, di numerose industrie e servizi attinenti il settore sanitario, chimico e farmaceutico e di contro, la presenza di piccoli insediamenti agricoli prevalentemente a conduzione familiare e principalmente predisposti ad uso personale e non commerciale.

Per maggiori dettagli si consiglia la lettura della relazione 2020, disponibile al seguente link:

https://ha.gruppohera.it/binary/hera_herambiente_r15/biomonitoraggioapipozzilli/Risultati_analitici_e_considerazioni_sul_Progetto_Capiamo.1612457149.pdf.

4.2 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Gli Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono presenti nell'ambiente sotto forma di miscele complesse contenenti oltre un centinaio di differenti composti, alcuni dei quali altamente pericolosi per il potenziale cancerogeno e teratogeno. Gli IPA costituiscono una vasta classe di composti organici la cui caratteristica strutturale è la presenza di due o più anelli benzenici uniti tra loro. In base al numero di anelli benzenici e quindi al peso molecolare, i diversi congeneri di idrocarburi policiclici aromatici si suddividono in 2 gruppi, gli IPA "leggeri" e gli IPA "pesanti", che presentano diverse caratteristiche fisico-chimiche e sono soggetti a diversi "destini" ambientali, venendo più o meno rapidamente degradati per foto-decomposizione generando chinoni e perossidi. Gli IPA contenenti fino a quattro anelli benzenici in genere rimangono in forma gassosa quando sono immessi nell'atmosfera e entro circa 24 ore iniziano poi a degradarsi attraverso una sequenza di reazioni radicaliche. Gli IPA con quattro o più anelli benzenici non permangono a lungo nell'atmosfera come molecole gassose, tendono rapidamente a condensarsi e ad essere adsorbiti sulla superficie delle particelle di fuliggine e di cenere a causa della loro bassa tensione di vapore, mentre gli IPA "leggeri" aderiscono a tali particelle nel periodo invernale, dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura.

Tra i diversi congeneri conosciuti, 24 sono quelli convenzionalmente ricercati come residui pericolosi nelle matrici ambientali e alimentari. Questi sono i congeneri monitorati per il presente progetto di biomonitoraggio ed i risultati sono consultabili attraverso la Tabella 2 e la Tabella 3.

Negli alimenti le concentrazioni di queste sostanze devono rispettare i LMR imposti dalla normativa vigente (Regolamento UE 835/2011) sulla somma di 4 congeneri (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene e crisene. Precedentemente il LMR era imposto solo per il benzo(a)pirene, che oggi è noto essere il congenere dominante negli alimenti trasformati, le cui concentrazioni variano in base al processo tecnologico (soprattutto in base ai parametri tempo/temperatura) e quindi non risulta affidabile come marker di inquinamento ambientale.

Nel corso delle attività del progetto Capiamo, il benzo-a-pirene è stato identificato e quantificato solo in uno dei campioni di cera analizzati per la seconda campagna di analisi 2021. Allo stesso modo, solo nella cera sono stati identificati i 4 congeneri benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene e crisene, la cui somma risulta sia nel 2020 che nel 2021, inferiore ai limiti massimi stabiliti dalla normativa vigente.

Tabella 2. Profilo tossicologico riscontrato per gli IPA nelle diverse matrici analizzate per questo progetto di biomonitoraggio (FASE 1 – Giugno 2021)

N.	ANELLI	Unità di misura	CONGENERI	API FASE 1	MIELE FASE 1	CERA FASE 1
4		µg/kg	5-metilcrisene	ND	ND	ND
3		µg/kg	Acenaftene	ND	ND	2,7
3		µg/kg	Acenaftilene	ND	ND	5,6
3		µg/kg	Antracene	ND	ND	3,4
4		µg/kg	Benzo(a)antracene	ND	ND	0,9
5		µg/kg	Benzo(a)pirene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(j)fluorantene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Benzo(e)pirene	ND	ND	ND
6		µg/kg	Benzo(ghi)perilene	0,2	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(k)fluorantene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(b)fluorantene	0,66	ND	ND
5		µg/kg	Ciclopenta(cd)pirene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Crisene	0,9	ND	1,2
5		µg/kg	Dibenzo(a,e)pirene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,h)pirene	ND	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(ah+ai)pirene	ND	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(a,l)pirene	ND	ND	ND
3		µg/kg	Fenantrene	7,6	1,1	25
4		µg/kg	Fluorantene	3,6	0,4	4,7
3		µg/kg	Fluorene	10,7	1	36,2

N.	ANELLI	Unità di misura	CONGENERI	API	MIELE	CERA
AROMATICI				FASE 1	FASE 1	FASE 1
5		µg/kg	Indeno(1,2,3,cd)pirene	ND	ND	ND
2		µg/kg	Naftalene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Perilene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Pirene	5	0,4	6,1

Tabella 3. Profilo tossicologico riscontrato per gli IPA nelle diverse matrici analizzate per questo progetto di biomonitoraggio (FASE 2 – Settembre 2021)

N.	ANELLI	Unità di misura	CONGENERI	API	MIELE	CERA
AROMATICI				FASE 2	FASE 2	FASE 2
4		µg/kg	5-metilcrisene	ND	ND	ND
3		µg/kg	Acnaftene	ND	ND	0,7
3		µg/kg	Acnaftilene	ND	ND	ND
3		µg/kg	Antracene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(a)antracene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Benzo(a)pirene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(j)fluorantene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Benzo(e)pirene	0,5	ND	ND
6		µg/kg	Benzo(ghi)perilene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(k)fluorantene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(b)fluorantene	1,04	ND	ND
5		µg/kg	Ciclopenta(cd)pirene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Crisene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,e)pirene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,h)pirene	ND	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(ah+ai)pirene	ND	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(a,l)pirene	ND	ND	ND
3		µg/kg	Fenantrene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Fluorantene	ND	ND	ND

N.	ANELLI	Unità di misura	CONGENERI	API	MIELE	CERA
AROMATICI				FASE 2	FASE 2	FASE 2
3		µg/kg	Fluorene	ND	ND	ND
5		µg/kg	Indeno(1,2,3,cd)pirene	ND	ND	ND
2		µg/kg	Naftalene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Perilene	ND	ND	ND
4		µg/kg	Pirene	ND	ND	ND

Come evidenziato da altri studi riguardanti le fonti di emissione e i livelli ambientali di queste sostanze tossiche, il numero di congeneri quantificabili e i relativi valori di concentrazione, si presentano più alti in corrispondenza delle stagioni più fredde e si riducono drasticamente in corrispondenza dei periodi più caldi dell'anno. Tuttavia nel 2020 questa tendenza si presentava invertita, con un maggior numero di positivi e con maggiori livelli di concentrazione nel periodo estivo rispetto a quello primaverile. Nel 2021, nella fase 2, gli IPA risultano sostanzialmente assenti in tutte le matrici indagate.

Le più alte frequenze di positività e le maggiori concentrazioni osservate nel 2020 e nel 2021 sono comunque sempre associate ad alcuni congeneri, in particolare a fenantrene, fluorantene e fluorene, prodotti dalla combustione parziale e/o a basse temperature, dei carburanti fossili impiegati per garantire il servizio di riscaldamento pubblico e privato, provenienti dai gas di scarico dei veicoli stradali, ma presenti anche in tracce nei prodotti per l'igiene domestica e per l'igiene personale. Sono inoltre stati osservati frequentemente e con concentrazioni interessanti, anche altri congeneri, come il pirene, il crisene e l'acenaftene di origine petrogenica e pirogenica. Questi dati suggeriscono come nell'area monitorata siano presenti diverse fonti di emissioni, tra le quali si riconosce però un contributo importante e determinante delle abitudini domestiche e delle scelte quotidiane dei singoli abitanti del territorio.

Le maggiori frequenze di positività e i livelli di concentrazione più significativi sono stati osservati nei campioni di cera analizzati durante la prima fase 2021. La cera analizzata in questa occasione era stata inserita negli alveari durante le attività di invernamento 2020 (Novembre 2020), pertanto ha avuto un intervallo di tempo superiore agli altri campioni raccolti, per accumulare i diversi congeneri di IPA presenti sul territorio. Nella seconda fase di campionamento e analisi 2021 invece, il numero di congeneri quantificabili e le relative concentrazioni misurate, sono inferiori in tutte le matrici analitiche. Nella seconda campagna di analisi 2021 il miele risulta esente da residui di IPA (settembre 2021) ed anche le altre matrici analitiche, api e cera, presentano tracce di pochissimi congeneri tra quelli monitorati, registrando il minimo valore di frequenze e concentrazioni osservati in 2 anni di studio presso il Termovalorizzatore di Pozzilli.

Nella seconda fase 2021, nelle api si osservano solo 2 congeneri tra quelli monitorati, benzo e pirene e benzo b fluorantene, entrambi caratterizzati da 5 anelli benzenici, emessi principalmente dai gas di scarico di automobili e altre vetture stradali, dal fumo di tabacco e sigaretta, dalla pirolisi del catrame) e del carbone, nonché dalla pirolisi di amminoacidi e acidi grassi. Nella cera analizzata per la seconda fase 2021 si osserva invece solo l'acenaftene, derivante dal trattamento ad alte temperature dell'acenaftilene, comune in alcuni pesticidi (autorizzati solo in alcuni paesi europei ma non in Italia), ma anche nei prodotti per l'igiene della casa e per l'igiene personale (autorizzati e commercializzati anche in Italia).

Le variazioni che si osservano nel corso di questi 2 anni interessano prevalentemente i congeneri associati alla combustione parziale e/o a basse temperature di carburanti fossili (gas di scarico dei comuni veicoli stradali e riscaldamento domestico). Queste variazioni sono influenzate dalle temperature ambientali ma mostrano un andamento coerente al livello di antropizzazione del territorio e ai blocchi di circolazione imposti nel 2020 dall'emergenza sanitaria Covid-19 e al conseguente stato di paura che ha profondamente condizionato le successive scelte estive degli italiani (per approfondimenti si consiglia la consultazione dei dati ISTAT relativi all'andamento del



Serena Maria Rita Tulini
Medico veterinario
Via Antica Cattedrale n.30, 64100 Teramo, Italy.
Tel. +39 0861266988
Cell. +39 3286675435
P.iva 02005850678

settore turistico in Italia tra il 2019 e il 2021). Diversamente a quanto osservato nel 2020, nel 2021 il naftalene non è mai stato riscontrato in nessuna delle matrici analitiche.

4.4 Metalli pesanti.

I metalli si definiscono contaminanti ambientali in quanto presenti in natura come componenti essenziali della geosfera, ma immessi nell'ambiente anche come prodotto delle attività antropiche dedite alla produzione di beni e servizi. Le relative concentrazioni ambientali e quindi la loro biodisponibilità variano in base ad eventi naturali, come terremoti ed eruzioni vulcaniche; tuttavia, vengono emessi in continuazione da varie fonti antropiche generando livelli ambientali superiori a quelli normalmente presenti e, difficili da “metabolizzare” per l'ambiente.

Nella Tabella 4 sono riportati i risultati della analisi eseguite per il monitoraggio dei metalli pesanti nel 2021 presso il Termovalorizzatore di Pozzilli (IS).

Tabella 4. Profilo quali-quantitativo dei metalli pesanti in api e miele.

	LOQ	Unità di misura	Fase 1 (2021)		Fase 2 (2021)	
			API	MIELE	API	MIELE
Alluminio	0,05	mg/Kg	2,7	0,72	13	2,1
Antimonio	0,05	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Arsenico	0,01	mg/Kg	ND	ND	0,02	ND
Berillio	0,2	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0,01	mg/Kg	0,026	ND	0,068	ND
Cromo	0,005	mg/Kg	0,012	0,016	0,036	ND
Ferro	0,06	mg/Kg	77,9	13,7	36,9	8,3
Manganese	0,05	mg/Kg	44,6	0,79	17,4	1,6
Mercurio	0,005	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Nichel	0,01	mg/Kg	ND	ND	0,18	0,06
Piombo	0,02	mg/Kg	0,064	0,05	0,049	ND
Rame	0,05	mg/Kg	7,9	0,37	7,46	0,51
Selenio	0,01	mg/Kg	0,05	0,021	0,07	ND
Stagno	0,05	mg/Kg	0,06	0,015	0,04	0,015

	Fase 1 (2021)				Fase 2 (2021)	
	LOQ	Unità di misura	API	MIELE	API	MIELE
Vanadio	0,7	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Zinco	0,7	mg/Kg	29,6	1,5	33	1,9

Come osservato attraverso i dati pubblicati nel 2020, i metalli pesanti che presentano le concentrazioni più alte sono: ferro, manganese, zinco, rame e alluminio. Tali concentrazioni, sostanzialmente sovrapponibili nei due anni di studio, si mostrano decrescenti nella seconda fase 2021.

Ferro, manganese, rame e zinco, sono tra i metalli pesanti più abbondanti nelle rocce che caratterizzano la penisola italiana; tuttavia lievi variazioni si osservano sulle concentrazioni e sulle frequenze di positività dei metalli che non sono determinate da fenomeni di carattere naturale (come terremoti anche di piccole entità, o eruzioni vulcaniche), né dalle variazioni climatiche stagionali, ma più ragionevolmente sono caratteristiche dell'impatto antropico determinato dalle attività commerciali, dalle attività industriali e dai servizi presenti sul territorio.

Possiamo affermare che i livelli di concentrazione dei metalli pesanti analizzati per la presente indagine eco-tossicologica sono determinati principalmente dalle caratteristiche orografiche e geologiche del territorio e che l'area monitorata risulta poco inquinata. I livelli di concentrazione dei singoli metalli pesanti e l'analisi dei rapporti di concentrazione tra alcuni di essi secondo gli indici di valutazione proposti da Goretti *et al.* (2020), individuano tra le fonti antropiche che partecipano all'immissione di metalli pesanti nell'ambiente: il traffico automobilistico e ferroviario. Effettivamente, come già segnalato nel 2020, l'area descritta da un raggio di 7 Km intorno al termovalorizzatore ospita una linea ferroviaria e strade ad alto indice di transito. Ferro, manganese e alluminio sono anche le principali componenti delle leghe metalliche usate per l'edilizia e nel 2020 erano stati segnalati nella stessa area, diversi cantieri edili abbandonati, che in assenza di manutenzione e per azione degli agenti atmosferici, possono diventare importanti fonti di emissione

per questa categoria tossicologica. Zinco e rame sono invece abbondanti nei pesticidi utilizzati in ambito agricolo e domestico, nonché nei prodotti per l'igiene domestica. Il nichel, che compare in tracce nelle diverse matrici analizzate, con un andamento temporale irregolare, è invece ampiamente usato in moltissimi settori e con diverse finalità, anche grazie ad un prezzo conveniente. Il nichel viene utilizzato in gioielli economici, chiavi, graffette, elementi di fissaggio per abbigliamento (come cerniere, bottoni a pressione e fibbie per cinture), utensili domestici in acciaio inossidabile, apparecchiature elettriche, armamenti, monete, leghe, industrie metallurgiche e alimentari, pigmenti e catalizzatori. Viene inoltre impiegato per l'elettroformatura, nella produzione di batterie al nichel-cadmio e apparecchiature elettroniche in generale, nonché nel settore sanitario per la produzione di protesi e di protesi e altri materiali per l'ortodonzia.

4.5 Pesticidi.

I pesticidi sono sostanze chimiche di origine naturale o sintetica impiegate in campo agricolo e domestico per limitare l'azione nociva di organismi animali e vegetali sulle coltivazioni per le produzioni alimentari o sulle piante ornamentali (insetticidi, acaricidi, fungicidi ed erbicidi). Sono utilizzati in campo agricolo anche per favorire la crescita delle piante e lo sviluppo dei beni derivati (frutti, fiori, ecc.). Si impiegano anche in ambito zootecnico per la protezione degli animali da reddito (insetticidi, acaricidi e fungicidi, rodenticidi). Esistono varie modalità di applicazione, che prevedono la dispersione di queste sostanze nell'aria (vaporizzazioni) nel suolo (addizione alle sementi) e nelle acque (sospensione). Anche quest'anno, 2021, nella matrice api e nel miele, non sono state misurate concentrazioni superiori al LOQ (limite di quantificazione) per nessuna tra le molecole ricercate. Nella cera analizzata per la prima fase si evidenziano piccole concentrazioni di fluvalinate, coumaphos, clorfenvinphos e acrinatrina. Ad eccezione dell'acrinatrina, piretroide di terza generazione, le altre sostanze riscontrate sono state utilizzate in passato in apicoltura e/o in agricoltura biologica e sono pertanto sottoposte a LMR per la certificazione della cera biologica attraverso il Regolamento Tecnico 16 di Accredia. Coumaphos, clorfenvinphos e tau-fluvalinate, sono le molecole

più frequentemente identificate nel corso di indagini relative alla qualità della cera d'api in Italia (vedi bibliografia), mentre l'acrinatrina è un piretroide di terza generazione usato in agricoltura soprattutto su vite e fruttiferi.

Nella seconda fase del progetto, la cera sottoposta ad analisi per la ricerca di pesticidi non ha mostrato valori positivi per nessuno dei principi attivi ricercati.

4.6 Diossine, furani e policlorobifenili

Le diossine, i furani e i PCB (bifenili policlorurati) sono un gruppo di sostanze chimiche tossiche e persistenti che hanno effetti negativi sulla salute umana e sull'ambiente, tra cui dermatossicità, immunotossicità, disturbi della funzionalità riproduttiva, teratogenicità, alterazioni del sistema endocrino ed effetti cancerogeni. Queste sostanze sono immesse nell'ambiente da varie sorgenti e possono essere trasportate per lunghe distanze nell'atmosfera. Questi composti infatti sono presenti quasi ovunque nell'ecosistema – aria, acqua e suolo – e nella maggior parte dei casi a livelli molto bassi. In natura vengono rilasciate in particolare durante gli incendi boschivi e le eruzioni vulcaniche; le attività umane responsabili della loro formazione sono riconducibili alle emissioni di sorgenti industriali e in generale processi di combustione non controllate. La principale via di esposizione per l'uomo a diossine e furani è l'ingestione di alimenti ad alto tenore lipidico contaminati, come pesce e mammiferi marini, grassi, carne e prodotti caseari. Generalmente le diossine non vengono rilevate nelle diverse matrici come singoli composti, ma come miscele complesse dei diversi congeneri; si ribadisce, inoltre, che non tutti i congeneri sono tossici o lo sono alla stessa maniera. Per esprimere la concentrazione complessiva di diossine nelle diverse matrici si è introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ) che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni, espresse con l'unità di misura della matrice in cui vengono riscontrate.

Attualmente esistono due sistemi per la misura della tossicità equivalente delle diossine e dei furani.

Il primo, sviluppato in ambito NATO, è utilizzato principalmente per misurare i livelli di

concentrazione delle diossine nelle diverse matrici ambientali (acqua, aria, suolo) in relazione agli standard di qualità stabiliti da norme o regolamenti (sistema I-TE, International Toxicity Equivalent). Il secondo, sviluppato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, è utilizzato per valutare il grado di tossicità di questi composti in relazione agli effetti sulla salute umana (sistema WHO-TE, World Health Organization). In pratica, il valore di concentrazione di 'diossina equivalente' complessivo di un campione è ottenuto sommando i valori di concentrazione dei singoli congeneri dopo averli moltiplicati per i rispettivi fattori di tossicità equivalente. Da studi effettuati su diverse tipologie di aree emerge come la concentrazione media di PCDD/F nell'aria atmosferica, espressa in termini I-TE, sia dell'ordine dei fg/m³, fino a centinaia di fg/m³.

Nel corso dell'indagine sono stati ricercati anche i policlorobifenili (PCB) i quali costituiscono una serie di 209 composti aromatici formati da molecole di bifenile variamente clorate. Attualmente, in buona parte, ne è stato vietato l'uso e il commercio a causa della loro tossicità e della loro tendenza al bioaccumulo. Infatti, analogamente alle diossine, i PCB sono composti chimici molto stabili, poco volatili, resistenti ad acidi e alcali e alla fotodegradazione, non sono ossidabili, sono poco solubili in acqua, ma lo sono nei grassi e solventi organici. Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB diossina simili (PCB DL).

Nel corso di questi due anni di indagine eco-tossicologica presso il termovalorizzatore Herambiente di Pozzilli (IS), non sono stati identificati residui appartenenti a queste categorie tossicologiche.

5. Conclusioni.

Nel presente elaborato sono presentati i risultati 2021 del progetto di biomonitoraggio “Capiamo”, attivato da Herambiente presso il Termovalorizzatore di Pozzilli (IS) nel 2020. I dati presentati al termine del progetto realizzato nel 2020 avevano permesso di identificare alcuni tra anioni, IPA e metalli pesanti come le categorie tossicologiche di maggiore impatto nell’area monitorata. Anioni, metalli pesanti e IPA presentavano concentrazioni compatibili con le caratteristiche orografiche e socio-economiche del territorio, soggetto ad un intenso processo di industrializzazione negli ultimi 20 anni e determinate pertanto da diverse fonti di emissioni. L’area monitorata infatti, caratterizzata da un ambiente rurale, ricco di rilievi montuosi e di aree boschive, presenta un esteso polo industriale che occupa tutta la Piana di Venafro, in cui si colloca anche l’impianto di termovalorizzazione gestito da Herambiente. L’area monitorata presenta una bassa densità di popolazione ma un elevato indice di traffico, probabilmente a causa di una scarsa rete di trasporti pubblici.

I risultati analitici 2021 restituiscono complessivamente un’immagine sovrapponibile ed un quadro complesso in cui si identificano molteplici concause. I rapporti di concentrazione tra i singoli principi attivi monitorati per queste 3 categorie tossicologiche attribuiscono un ruolo di spicco al traffico automobilistico e ai veicoli stradali in generale, nonché al servizio di trasporto ferroviario. I dati rivelano inoltre la partecipazione dell’industria chimica e sanitaria nella definizione del livello locale di inquinamento. Nelle matrici indagate, Diossine, furani e pcb non sono mai stati riscontrati in questi due anni di studio.

I residui riscontrati per la categoria dei pesticidi sono associati principalmente a molecole autorizzate, attualmente o in passato, per l’uso in apicoltura contro il parassita *Varroa destructor* e riscontrate da diversi studi per il controllo della qualità della cera d’api (vedi bibliografia), anche come conseguenza dell’interazione tra api appartenenti a diverse famiglie e quindi a diversi alveari. Nella cera, infatti,

queste sostanze possono permanere per tempi molto lunghi, anche dopo trattamento ad alte temperature per il riutilizzo come fogli cerei nell'allevamento delle api.

Le variazioni relative al quadro complessivo di positività nelle diverse fasi analitiche 2020 e 2021 e le concentrazioni misurate per ogni sostanza, sembrano variare in linea a momenti storici che hanno determinato cambiamenti profondi nello stile di vita dei cittadini locali e non solo. Questo dettaglio suggerisce il ruolo fondamentale dei cittadini e delle amministrazioni territoriali nel controllo degli equilibri ecologici locali, attraverso le scelte quotidiane per l'uso dei comuni beni di consumo e per l'uso ed il mantenimento dei servizi pubblici e privati sul territorio.

In base alla Direttiva CE 96/23/CE, concernente le misure di controllo su talune sostanze e sui loro residui negli animali vivi e nei loro prodotti, il miele deve risultare esente da residui di sostanze farmacologicamente attive (antibiotici e pesticidi) e altri inquinanti (metalli pesanti e sostanze clorate). Pertanto, nell'ambito dell'annuale *Piano Nazionale Residui*, il miele italiano è analizzato per la ricerca e la quantificazione di tutte le sostanze di *categoria B* incluse dalla suddetta normativa europea. Tra queste, il miele analizzato per questo progetto di monitoraggio ambientale non contiene pesticidi; inoltre, piombo e cadmio rispettano i limiti massimi residuali stabiliti dalla normativa vigente (Regolamento CE 1881/2006, Direttiva 96/23/CE).

Il miele prodotto a Pozzilli (IS) presenta un profilo pollinico caratteristico della macchia mediterranea, con presenza di indicatori di melata e di pollini di castagno.

Serena Maria Rita Tulini
Medico veterinario

Via Antica Cattedrale n. 30, 64100 Teramo, Italy
Tel. +39 0861266985
Cell. +39 3286675435
P.iva 02005850678

SERENA M.R. TULINI
Medico Veterinario e Dottore
di Ricerca in Scienze degli Alimenti
Albo Professionale Matr. 511
P.IVA 02005850678
Cell. 328/6675435

6. Riferimenti Bibliografici e Normativi.

- 1) APAT (2006), Diossine Furani e PCB
- 2) APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Annuario dei dati ambientali 2005/2006. ISBN88-448-0182-5.
- 3) ARPAV (2009), Microinquinanti organici in provincia di Venezia. Livelli in aria ambiente ed emissioni in atmosfera
- 4) Christina M. Burden, Mira O. Morgan, Kristen R. Hladun, Gro V. Amdam, John J. Trumble & Brian H. Smith (2019) Acute sublethal exposure to toxic heavy metals alters honey bee (*Apis mellifera*) feeding behavior. Scientific reports, 9:4253.
- 5) COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs
- 6) COMMISSION REGULATION (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs.
- 7) Costa, A., Veca, M., Barberis, M., Tosti, A., Notaro, G., Nava, S., Lazzari, M., Agazzi, A. & Tangorra F.M. (2019) Heavy metals on honeybees indicate their concentration in the atmosphere. a proof of concept, Italian Journal of Animal Science, 18:1, 309-315.
- 8) DECRETO 4 dicembre 2009: Disposizioni per l'anagrafe apistica nazionale (Gazzetta Ufficiale n. 93 del 22 aprile 2010).
- 9) Decreto Legislativo 2 Febbraio 2001 n.31: Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano (GU L. 52)
- 10) E. Goretti, M. Pallottini, R. Rossi, G. La Porta, T. Gardi, B.T. Cenci Goga, A.C. Elia, M. Galletti, B. Moroni, C. Petroselli, R. Selvaggi, D. Cappelletti. 2020. Heavy metal bioaccumulation in honey bee matrix, an indicator to assess the contamination level in terrestrial environments. Environmental pollution. 256:113388.
- 11) Environmental agency: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): sources, pathways and environmental data October 2019.
- 12) ISO 16000-13:2008 Indoor air Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbent-backed filters
- 13) ISO 16000-14:2009 Indoor air Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry.
- 14) Lambert et al., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons: bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants
- 15) Lawal A.T., 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review.
- 16) Legge n. 313 del 24 Dicembre 2004 recante «Disciplina per l'apicoltura».
- 17) M J del Nozal, J L Bernal, J C Diego, L A Gómez, J M Ruiz, M Higes. 2000. Determination of oxalate, sulfate and nitrate in honey and honeydew by ion-chromatography. J Chromatogr A. 881(1-2):629-38.

- 18) Miriam Gutiérrez, Rafael Molero & Miquel Gaju, Josef van der Steen, Claudio Porrini, José Antonio Ruiz. 2015. Assessment of heavy metal pollution in Córdoba (Spain) by biomonitoring foraging honeybee. *Environmental monitoring assessment*. 187:651
- 19) Navid Kargar et al., 2017. Biomonitoring status and source risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons using honeybees, pine tree and propolis.
- 20) Perugini, M., Di Serafino, G., Giacomelli, A., Sabatini, A.G., Persano Oddo, L., Marinelli, E., Amorena, M. 2009. Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in bees (*Apis mellifera*) and honey in urban areas and wildlife reserve. *J. Agric. Food Chem.* 57(16):7440-4.
- 21) Perugini, M., Tulini, S.M.R., Zezza, D., Fenucci, S., Conte, A., Amorena, M. 2018. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013-2015. *Sci. Total Environ.* 625, 470-476.
- 22) Regolamento Tecnico n.16 (Accredia) rev. 05 del 2017, "Prescrizioni per l'accreditamento degli organismi che rilasciano dichiarazioni di conformità di processi e prodotti agricoli e derrate alimentari biologici, ai sensi del Regolamento UE 834/2007 e sue successive integrazioni e modifiche.
- 23) Regolamento UE 37/2010 della Commissione del 22 Dicembre 2009 concernente le sostanze farmacologicamente attive e la loro classificazione per quanto riguarda i limiti massimi di residui negli alimenti di origine animale.
- 24) Regolamento UE n. 1881/2006 della Commissione del 19/12/2006, che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari (GU L. 364) e successive modifiche e revisioni (Reg UE 629/2008; Reg UE 574/2011; Reg UE 420/2011; Reg UE 744/2012).
- 25) Regolamento UE n. 396/2005 del Consiglio del 23/02/2005, concernente i tenori massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale.
- 26) Stefan Bogdanov, 2006. Contaminants in bee products. *Apidologie*. 37:1.
- 27) Stöcker, G., 1980. In Schubert, R., Schuh, J. (Eds): *Methodische and Theoretische Grundlagen der Bioindikation (Bioindikation 1)*. Martin-Luther-Universität; Halle (Saale), GDR, pp. 10-21