

# **HERA**Ambiente

## Progetto “*Capiamo*” 2020: risultati analitici e relative considerazioni.

L'ape, che si muove su un'area di circa 7 km<sup>2</sup> effettuando circa 10000 prelievi giornalieri dalle matrici ambientali aria, acqua e suolo. Le api possono essere paragonate a micro-campionatori mobili, mentre l'alveare funge da stazione di accumulo sostanze (inquinanti/contaminanti) e raccolta campioni. 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.



**SERENA M.R. TULINI**  
Medico Veterinario e Dottore  
di Ricerca in Scienze degli Alimenti  
Albo Professionale Matr. 517  
P.IVA 02005850678  
Cell. 328/6675435



Il progetto *Capiamo* 2020 è stato realizzato in collaborazione con la Dott.ssa Serena M. R. Tulini.

# Indice

- 1. Premessa.** Pag. 3
- 1.1 Analisi dei dati*
- 2. Valutazione geo-morfologica dell'area sottoposta ad indagine ecotossicologica e del livello di antropizzazione del territorio.** Pag. 5
- 3. Sviluppo e produttività degli alveari Herambiente 2020.** Pag. 9
- 3.1 Il miele*
- 4. Risultati e relative considerazioni.** Pag. 10
- 4.1 Anioni.*
- 4.2 Diossine (PCDD), furani (PCDF) e policlorobifenili (PCB)*
- 4.3 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).*
- 4.4 Metalli pesanti.*
- 4.5 Pesticidi.*
- 5. Conclusioni.** Pag. 24
- 6. Riferimenti bibliografici e normativi.** Pag. 25

## 1. Premessa.

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 è di studiare il comportamento delle api quale bioindicatori efficaci per valutare lo stato di qualità dell’ambiente nella zona circostante l’impianto. Le attività sono state avviate nella primavera del 2020 con l’installazione di 3 alveari all’interno del sito impiantistico di Herambiente 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.

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



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

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 Km<sup>2</sup>. 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 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 Riferimenti adottati per l'analisi dei dati.**

Nel corso del 2020 sono state eseguite 2 campagne di campionamento e analisi su diversi tessuti dell'alveare. I risultati ottenuti dall'analisi chimica delle matrici api, miele e cera vengono sono stati confrontati con altri dati scientifici presenti in bibliografia e riportati alla fine del presente documento. I



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

risultati analitici, inoltre, sono stati 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. Attualmente, i limiti massimi delle sostanze analizzate per il presente progetto non sono stabiliti direttamente sui prodotti dell'apicoltura.

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](http://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), diossine(PCDD), furani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) 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. Valutazione geo-morfologica dell'area sottoposta ad indagine eco-tossicologica e del livello di antropizzazione del territorio.

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.

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

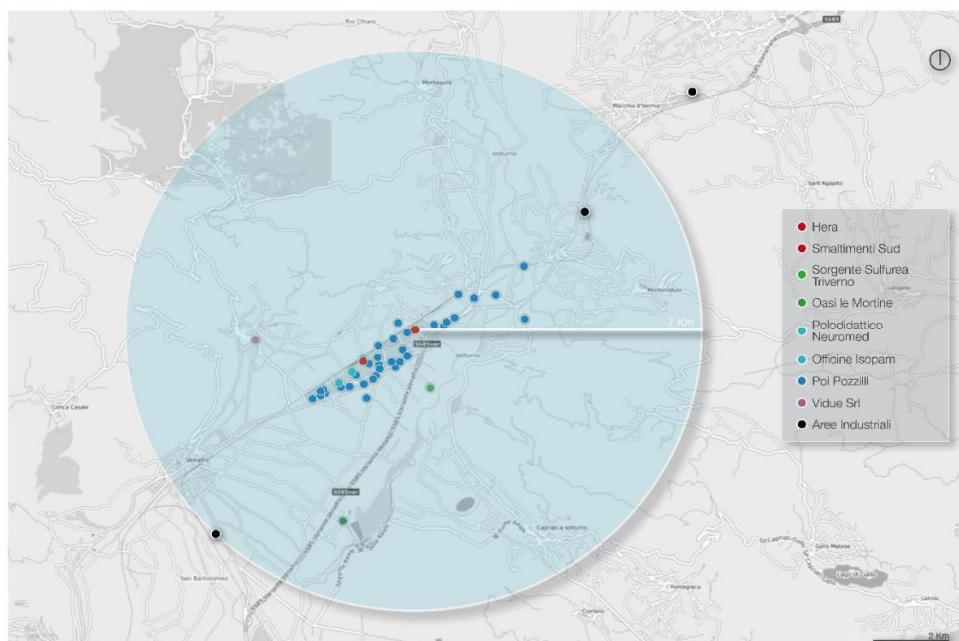
Classificazione dell'area monitorata	Parametri di valutazione	Valori di riferimento
<b>Agricola</b>  <u>Categorie tossicologiche:</u> pesticidi e anioni	centri abitati	< 30000
	SAU/SAT	≥ 75%
	nuclei industriali	assenti
	Infrastrutture pubbliche	carenti
	Infrastrutture economiche	SP e FS
<b>Industriale</b>  <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/fs, pcb, ipa, met. pesanti	centri abitati	< 30000
	SAU/SAT	< 30%
	nuclei industriali	presenti entro 3 Km
	Infrastrutture pubbliche	carenti
	Infrastrutture economiche	SS e FS
<b>Mista</b>  <u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/fs, 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

Classificazione dell'area monitorata	Parametri di valutazione	Valori di riferimento
<b>Urbana</b>	centri abitati	> 30000
<u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f <sub>s</sub> , pcb, ipa, met. pesanti	SAU/SAT	< 30 %
	nuclei industriali	assenti/marginali
	Infrastrutture pubbliche	presenti
	Infrastrutture economiche	SS, Autostrada e FS
<b>Metropolitana</b>	centri abitati	> 100000
<u>Categorie tossicologiche:</u> anioni, pcdd/f <sub>s</sub> , pcb, ipa, met. pesanti	SAU/SAT	< 30 %
	nuclei industriali	Presenti entro 15 Km
	Infrastrutture pubbliche	presenti
	Infrastrutture economiche	SS, FS, Autostrada, Aeroporto
<b>Parco</b>	centri abitati	assenti
<u>Categorie tossicologiche:</u> nessuna	SAU/SAT	100% boschivo o nativo
	nuclei industriali	assenti
	Infrastrutture pubbliche	assenti
	Infrastrutture economiche	minima rete stradale o FS

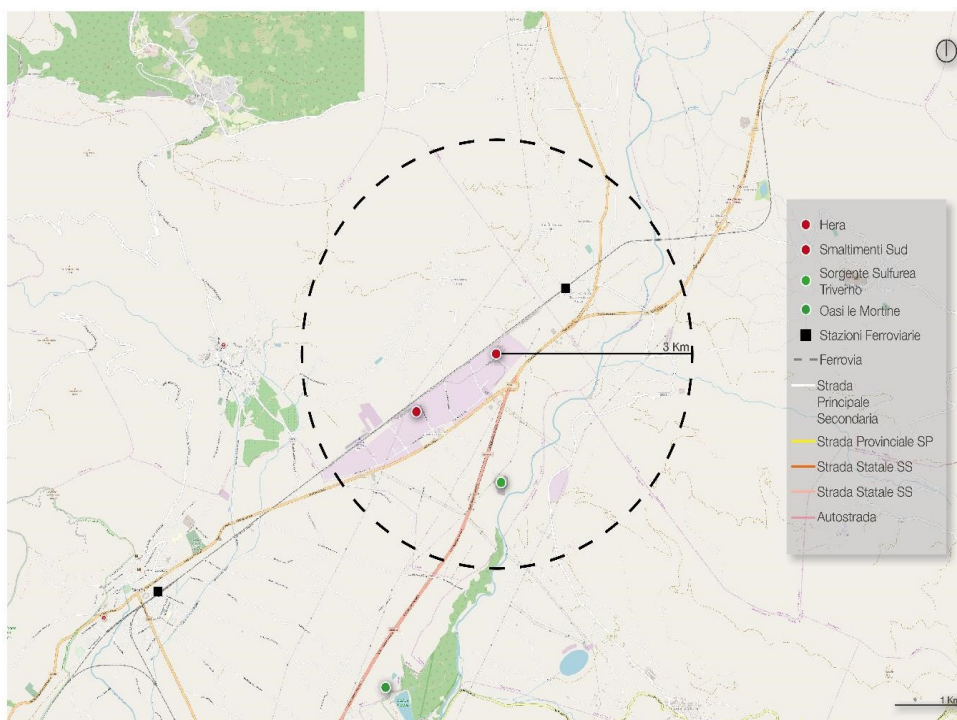
Nello specifico, la Piana di Venafro si colloca in un contesto rurale, caratterizzato da piccoli centri urbani (densità abitativa circa 241 abitanti/Km<sup>2</sup>) e da un rapporto di SAU/SAT superiore al 50 %. Tuttavia, le principali attività del settore agricolo sono rivolte alla zootecnia e alle piccole produzioni locali, pertanto i rischi legati all'inquinamento da pesticidi è minimo.

La Piana di Venafro risulta essere al contempo il principale polo industriale della regione Molise con numerosi insediamenti industriali ed importanti livelli di produzione (*Figura 1*). La presenza di infrastrutture pubbliche ed economiche è limitata, mentre si registra la presenza di strade ad alto indice di transito (*Figura 2*); poiché la rete dei trasporti pubblici risulta carente, i principali mezzi di trasporto sono gli autoveicoli, con il risultato di un elevato traffico in una zona a bassa densità di popolazione. Un altro dato importante, ai fini di una corretta valutazione eco-tossicologica della zona, è la presenza di cantieri edili e cave minerarie abbandonati/e, anche in aree di interesse naturalistico.

**Figura 1:** rappresentazione su mappa della localizzazione del termovalorizzatore HerAmbiente



**Figura 2:** rappresentazione delle infrastrutture dedicate alla mobilità e ai trasporti nell'area di interesse.





### 3. Sviluppo e produttività degli alveari Herambiente, 2020.

Tre famiglie di api sono state trasferite presso il termovalorizzatore di Pozzilli (IS) in data 09/04/2020, esenti da residui tossici su tutte le matrici analizzate (api, miele e cera). Gli sciami inizialmente disposti su 6 telaini (4 covata e 2 scorte) si sono sviluppati rapidamente nel primo mese, durante il quale è stata riscontrata un'abbondante importazione di polline che ha reso intensi e concitati i fenomeni di sciamatura. In generale l'importazione di polline è risultata nettamente superiore all'importazione di nettare e quindi alla produzione di miele durante tutto l'anno. Questo dato sembra legato alle caratteristiche orografiche del territorio e all'abbondanza di aree boschive e non coltivate. L'analisi melisso-palinologica del miele ha infatti permesso di identificare molti residui vegetali e cristalli, tipici del sottobosco.

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/dicembre 2020, suddivisi in 3 somministrazioni di diversi farmaci tra quelli autorizzati. Il primo trattamento è stato eseguito l'8 Agosto 2020 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 3° e ultimo trattamento è stato eseguito con acido ossalico gocciolato alla fine di novembre, in presenza del naturale blocco di covata invernale.

#### 3.1 Il miele.

La raccolta del miele per l'azienda è iniziata nei primi giorni di maggio 2020, con il posizionamento dei melari su 2/3 delle arnie presenti a causa di una sciamatura che nel mese di maggio aveva significativamente ridotto la popolazione dell'alveare n.3. L'importazione di polline è risultata

notevolmente più intensa rispetto all'importazione di nettare e gli alveari hanno registrato per l'anno 2020, una produzione media di 20 Kg di miele ciascuno.

Il miele prodotto nel 2020 presenta abbondanti markers di melata, in generale si riscontrano pollini appartenenti ai seguenti generi: rosaceae, brassicaceae, trifolium, rubus e, non nettario, quercus. L'abbondanza nel miele di ferro, rame e zinco risulta compatibile con le caratteristiche orografiche del territorio, caratterizzato dalla presenza di rocce dolomitiche e marnoso-dolomitiche, in cui risulta abbondante la presenza di questi metalli. L'edibilità del prodotto è stata stabilita sulla base dei parametri obbligatori per normativa, riportati in Figura 3. Tutti i dettagli relativi all'invasettamento del miele sono contenuti nel file *Allegato I*.

**Figura 3:** *Caratteristiche del miele Hera 2020.*



**Umidità: 17**

**Grado zuccherino: 82**

**Diastasi: 16,5**

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

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

#### **4. Risultati e relative considerazioni.**

Durante il 2020, non sono state identificate particolari alterazioni dello stato di salute del superorganismo alveare. Il livello di urbanizzazione generale del territorio comporta comunque la presenza di sostanze estranee alla normale composizione dei tessuti dell'alveare con diversi livelli di concentrazione che sono di seguito esaminati secondo i riferimenti bibliografici e normativi attualmente disponibili. L'assenza di pesticidi in tutte le matrici analizzate nella seconda fase del progetto, insieme all'aumento di cloruri e nitrati nella seconda fase del progetto, testimoniano la

prevalente presenza sul territorio di piccole attività agricole a conduzione familiare, che generalmente non prevedono un uso massiccio di pesticidi, ma che nel periodo estivo prevedono un uso abbondante di concimi e fertilizzanti, contenenti cloruri e nitrati (pesticidi comuni nell'attività agricola intensiva). Per quanto riguarda i cloruri, un significativo aumento nella seconda fase del progetto, potrebbe essere riferito ad un massiccio uso di sostanze clorate, per assicurare la potabilità dell'acqua e il relativo uso a scopo di irrigazione. Questa ipotesi si basa sull'osservazione dei dati analitici e sul relativo confronto dei risultati ottenuti per la matrice api e per la matrice miele. Quest'ultima matrice infatti, di origine vegetale, presenta nella seconda fase del progetto una concentrazione di cloruri 4 volte superiore rispetto alla prima fase.

Diossine (PCDD), furani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) non sono mai stati rilevati in nessuna delle matrici analizzate per il progetto "Capiamo" 2020. Per maggiori informazioni sui risultati analitici si rimanda alla consultazione dei referti analitici rilasciati da laboratori accreditati (ACCREDIA) e prodotti con la supervisione della Dott.ssa Tulini.

#### **4.1 Anioni.**

Questi composti (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. Cloruri e solfati non presentano effetti acuti particolarmente pericolosi per la salute umana, tuttavia dosi elevate (200 mg/l per i cloruri e 400 mg/l per i solfati) nel tempo possono: determinare fenomeni corrosivi a carico delle tubature delle reti idriche, generare sapori e odori sgradevoli nell'acqua e irritazioni gastrointestinali nell'uomo. I nitrati presentano invece una maggiore tossicità. Per azione della

microflora batterica presente nello stomaco sono ridotti a nitriti, capaci di provocare l'ossidazione dell'emoglobina a metaemoglobina, incapace di trasportare ossigeno. Il rischio è particolarmente grave per i neonati al di sotto dei 3 mesi, nei quali il 100% dei nitrati ingeriti viene trasformato in nitriti, mentre negli adulti questa percentuale è di circa il 10%. I LMR di queste sostanze sono fissati dalla normativa vigente nelle acque potabili mediante D. Lgs 31/2001 (Tabella 1). Nella prima fase di campionamento e analisi 2020 le concentrazioni di solfati e nitrati nelle api erano al di sotto dei limiti stabiliti per l'acqua potabile. I cloruri mostravano concentrazioni più alte. Nel miele campionato ed analizzato per la prima fase del progetto, i cloruri hanno evidenziato valori in linea alle concentrazioni medie riscontrate in altri mieli italiani da altri studi di bio-monitoraggio con api (<https://www.ecologiaviterbo.com/apesentinella/>), prossime ai limiti imposti dalla normativa vigente per l'acqua potabile. Nella seconda fase del progetto si osserva un significativo aumento dei cloruri nel miele. L'ipotesi di una possibile contaminazione di origine agricola è formulata sulla base di uno esclusivo aumento di queste sostanze nel miele, in cui si osserva anche l'aumento (seppur meno significativo) dei nitrati che sono una componente essenziale dei fertilizzanti agricoli. Le concentrazioni di anioni misurate nella matrice api nella prima e nella seconda fase del progetto sono sostanzialmente sovrapponibili. Una lieve riduzione dei solfati si osserva in questa matrice nella seconda fase del progetto, potenzialmente compatibile con una riduzione della produttività industriale durante il periodo estivo. I valori di concentrazione dei solfati, infatti, sono associati ad ambienti altamente industrializzati ed in particolare alla presenza di industrie chimiche. Sia nella prima che nella seconda fase del progetto, questi valori superano nettamente i valori di concentrazione dei nitrati, che sono invece più alti nelle aree agricole.

**Tabella 1. Concentrazioni medie degli anioni in matrice api e miele, misurate nella fase 1 del progetto 20BH01 (Giugno 2020).**

LOQ	Unità di misura	FASE 1 (giugno) 2020		FASE 2 (settembre) 2020		Limiti acqua potabile
		API	MIELE	API	MIELE	



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

	LOQ	Unità di misura	FASE 1 (giugno) 2020	FASE 2 (settembre) 2020	Limiti acqua potabile		
<b>Cloruri</b>	0,01	mg/Kg	658	157	615	579	250
<b>Nitrati</b>	0,01	mg/Kg	47,3	6,17	61,1	23,5	50
<b>Solfati</b>	0,01	mg/Kg	207	8,64	105	8,19	250

#### 4.2 Diossine (PCDD), furani (PCDF) e policlorobifenili (PCB)

Con il termine generico di “diossine” si fa riferimento ad un gruppo di 210 composti aromatici policlorurati divisi in due famiglie: le diossine propriamente dette (PCDD) ed i furani (PCDF). La loro tossicità dipende dal numero e dalla posizione degli atomi di cloro e tra i congeneri cui si fa riferimento con questi termini, solo 7 PCDD e 10 PCDF destano particolare preoccupazione da un punto di vista tossicologico (Tabella 2a). Sono sostanze chimiche, volatili, termostabili, liposolubili e altamente persistenti (non si degradano facilmente ma persistono nell’ambiente distribuendosi tra aria, acqua, suolo e biosfera), immesse nell’ambiente da numerose sorgenti in seguito a processi di combustione di materiale organico e in presenza di cloro. Il monitoraggio delle diossine negli alimenti e nelle matrici ambientali è eseguito non solo mediante la misurazione delle singole concentrazioni nelle diverse matrici, ma attraverso il rapporto tra le singole concentrazioni e il fattore di tossicità equivalente (TEF), che cambia in base al potenziale tossico di ogni singolo congenere e che viene stabilito dalla World Health Organization-WHO (Van den Berg et al., 2006). La somma dei risultati definisce il potenziale tossico associato alla matrice di riferimento e si esprime come (WHO-TEQ).

I policlorobifenili sono invece una famiglia di 209 composti costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Da un punto di vista tossicologico solo 12 tra i congeneri diossina-simili e 6 tra i congeneri non diossina-simili, sono considerati pericolosi per la salute umana e quindi soggetti a monitoraggio negli alimenti (Tabella 2b). Sono stati scoperti e prodotti a partire dagli inizi del secolo scorso per la bassa volatilità e la scarsa solubilità in acqua. Trovano attualmente una vastissima gamma di applicazioni

tecnologiche, che vanno dalla produzione di vernici, ritardanti di fiamma, fluidi dielettrici, pesticidi, adesivi, ecc..

Diossine, furani e PCB (diossina simili e non) sono stati in passato associate con alte concentrazioni ai processi di combustione per lo smaltimento dei rifiuti ma, negli ultimi dieci anni, le tecnologie relative all'attento e costante controllo delle temperature di combustione e l'uso di specifici sistemi di depurazione dei fumi, hanno permesso di azzerarne le emissioni associate a questi particolari servizi. Nel corso del progetto "Capiamo" 2020, nessuno dei congeneri monitorati è stato identificato nelle matrici in esame. I dati ottenuti risultano quindi ottimi se confrontati con altri dati presenti in bibliografia. Infatti, le concentrazioni atmosferiche medie di PCDD/F in ambiente urbano sono stimate pari a circa 0.1 pg/m<sup>3</sup> (3 ng/m<sup>3</sup> per PCB) ma sono possibili variazioni molto significative ( $\pm 0,094$  con conseguente range 0,03-0,2 pg/m<sup>3</sup>) nei differenti siti di misura (WHO, 2000). D'altra parte, le concentrazioni medie riscontrate nel suolo risultano molto più alte e quelle nell'acqua molto più basse, con range rispettivi di 0,9-19,5 pg/g (suolo urbano), 0,0002-0,001 \* 10<sup>-3</sup> pg/g (bacini idrici, stima effettuata fuori dai centri urbani).

**Tabella 2a: Congeneri di interesse tossicologico per la categoria diossine e furani.**

<b>Congeneri: PCDD e PCDF</b>	LOQ	Unità di misura	<b>WHO 2005 TEFs</b>	<b>PCB</b>	Congeneri	Unità di misura
2,3,7,8 – Tetraclorodibenzo-p- diossina (TCDD)	0,015	pg/g	<b>1</b>	<b>DIOSSINA SIMILI</b>	PCB 115	ng/g
1,2,3,7,8 – Pentaclorodibenzo-p- diossina (PeCDD)	0,011	pg/g	<b>1</b>		PCB 114	ng/g
1,2,3,4,7,8 – Esaclorodibenzo-p- diossina (ExCDD)	0,034	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 118	ng/g
1,2,3,6,7,8 – Esaclorodibenzo-p- diossina (ExCDD)	0,034	pg/g	<b>0,1</b>	<b>DIOSSINA SIMILI</b>	PCB 123	ng/g

<b>Congeneri: PCDD e PCDF</b>	LOQ	Unità di misura	<b>WHO 2005 TEFs</b>	<b>PCB</b>	Congeneri	Unità di misura
1,2,3,7,8,9 – Esaclorodibenzo-p- diossina (ExCDD)	0,034	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 126	ng/g
1,2,3,4,6,7,8 – Eptaclorodibenzo-p- diossina (EpCDD)	0,065	pg/g	<b>0,01</b>		PCB 156	ng/g
Octaclorodibenzo-p- diossina (OCDD)	0,08	pg/g	<b>0,0003</b>		PCB 157	ng/g
2,3,7,8 - Tetraclorodibenzofurano (TCDF)	0,02	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 167	ng/g
1,2,3,7,8 - Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,04	pg/g	<b>0,03</b>		PCB 169	ng/g
2,3,4,7,8 - Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,04	pg/g	<b>0,3</b>		PCB 189	ng/g
1,2,3,4,7,8 - Esaclorodibenzofurano (ExCDF)	0,02	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 77	ng/g
1,2,3,6,7,8 - Esaclorodibenzofurano (ExCDF)	0,02	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 81	ng/g
2,3,4,6,7,8 - Esaclorodibenzofurano (ExCDF)	0,02	pg/g	<b>0,1</b>	<b>NON DIOSSINA SIMILI</b>	PCB 28	ng/g
1,2,3,7,8,9 - Esaclorodibenzofurano (ExCDF)	0,02	pg/g	<b>0,1</b>		PCB 52	ng/g
1,2,3,4,6,7,8 - Eptaclorodibenzofurano (EpCDF)	0,04	pg/g	<b>0,01</b>		PCB 101	ng/g
1,2,3,4,7,8,9 - Eptaclorodibenzofurano (EpCDF)	0,04	pg/g	<b>0,01</b>		PCB 138	ng/g

<b>Congeneri: PCDD e PCDF</b>	LOQ	Unità di misura	<b>WHO 2005 TEFs</b>	<b>PCB</b>	Congeneri	Unità di misura
Octaclorodibenzofurano (OCDF)	0,07	pg/g	<b>0,0003</b>		PCB 153	ng/g
					PCB 180	ng/g

### ***4.3 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. 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. Gli IPA con quattro o più anelli benzenici 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", dato che la loro tensione di vapore si riduce bruscamente con l'abbassarsi della temperatura, si trovano più frequentemente come inquinanti idrici e geologici. La produzione e lavorazione di alluminio, ferro e acciaio, la combustione di carburanti fossili, l'incenerimento dei rifiuti, la produzione di energia o di asfalto e prodotti chimici, sono tra le fonti principali di questi composti che si distribuiscono in base al numero di anelli benzenici che li compongono e che ne definiscono anche la pericolosità (potenziale carcinogenico). La IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato queste sostanze in 4 gruppi, in base agli effetti cancerogeni e teratogeni conclamati, probabili o possibili. Se ci sono sufficienti evidenze di cancerogenicità negli esseri umani la sostanza viene classificata nel gruppo 1; se ci sono limitate evidenze di cancerogenicità negli esseri umani, ma sufficienti



evidenze negli animali di laboratorio, la sostanza viene classificata nel gruppo 2A; se ci sono limitate evidenze di cancerogenicità sia negli esseri umani sia negli animali, la sostanza è classificata nel gruppo 2B; se le prove non sono sufficienti, la sostanza è classificata nel gruppo 3; infine se le prove in esseri umani e altri animali indicano un'assenza di attività cancerogena, la sostanza è classificata nel gruppo 4. Il progetto di bio-monitoraggio "Capiamo" è stato dedicato all'identificazione e alla quantificazione dei 24 congeneri di maggiore interesse tossicologico secondo le opinioni di EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare), EPA (Agenzia Americana per la Protezione dell'Ambiente) e altre fonti bibliografiche. Negli alimenti le concentrazioni di queste sostanze devono rispettare i LMR imposti dalla normativa vigente (Regolamento UE 853/2011) 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). Proprio per questo motivo, la cera analizzata nel corso del progetto 2020 è stata raccolta mediante telaini trappola, in assenza di foglio cereo (cera trattata termicamente). Nel miele, gli IPA non sono stati identificati, ad eccezione di 0,400 µg/Kg di pirene in uno dei campioni esaminati nella prima fase (Tabella 3).

**Tabella 3. Profilo tossicologico riscontrato per gli IPA nel miele.**

N. AROMATICI	ANELLI	Unità di misura	CONGENERI	MIELE FASE 1	MIELE FASE 2
4		µg/kg	5-metilcrisene	ND	ND
3		µg/kg	Acenaftene	ND	ND
3		µg/kg	Acenaftilene	ND	ND
3		µg/kg	Antracene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(a)antracene	ND	ND
5		µg/kg	Benzo(a)pirene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(j)fluorantene	ND	ND

N.	ANELLI AROMATICI	Unità di misura	CONGENERI	MIELE FASE 1	MIELE FASE 2
5		µg/kg	Benzo(e)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Benzo(ghi)perilene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(k)fluorantene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(b)fluorantene	ND	ND
5		µg/kg	Ciclopenta(cd)pirene	ND	ND
4		µg/kg	Crisene	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,e)pirene	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,h)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(ah+ai)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(a,l)pirene	ND	ND
3		µg/kg	Fenantrene	ND	ND
4		µg/kg	Fluorantene	ND	ND
3		µg/kg	Fluorene	ND	ND
5		µg/kg	Indeno(1,2,3,cd)pirene	ND	ND
2		µg/kg	Naftalene	ND	ND
4		µg/kg	Perilene	ND	ND
4		µg/kg	Pirene	0,400	ND

Nella prima fase del progetto le analisi eseguite su matrice api non hanno mostrato concentrazioni quantificabili. Nella seconda fase del progetto le analisi sulle api hanno rivelato concentrazioni quantificabili per diversi congeneri di origine sia petrogenica che pirogenica (Tabella 4). Il maggior numero di positivi e le più alte concentrazioni sono state misurate nella cera (Tabella 5), probabilmente per la sua caratteristica composizione lipidica che tende a concentrare le sostanze liposolubili con gli IPA.

**Tabella 4. Profilo tossicologico riscontrato per gli IPA in matrice api.**

<b>N.</b>	<b>ANELLI</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>CONGENERI</b>	<b>API</b>	<b>API</b>
	<b>AROMATICI</b>			<b>FASE 1</b>	<b>FASE 2</b>
4		µg/kg	5-metilcrisene	ND	ND
3		µg/kg	Acenaftene	ND	ND
3		µg/kg	Acenaftilene	ND	1,200
3		µg/kg	Antracene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(a)antracene	ND	0,400
5		µg/kg	Benzo(a)pirene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(j)fluorantene	ND	ND
5		µg/kg	Benzo(e)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Benzo(ghi)perilene	ND	0,400
4		µg/kg	Benzo(k)fluorantene	ND	ND
4		µg/kg	Benzo(b)fluorantene	ND	ND
5		µg/kg	Ciclopenta(cd)pirene	ND	ND
4		µg/kg	Crisene	ND	1,500
5		µg/kg	Dibenzo(a,c)pirene	ND	ND
5		µg/kg	Dibenzo(a,h)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(ah+ai)pirene	ND	ND
6		µg/kg	Dibenzo(a,l)pirene	ND	ND
3		µg/kg	Fenantrene	ND	2,700
4		µg/kg	Fluorantene	ND	1,000
3		µg/kg	Fluorene	ND	2,800
5		µg/kg	Indeno(1,2,3,cd)pirene	ND	ND
2		µg/kg	Naftalene	ND	9,500
4		µg/kg	Perilene	ND	ND
4		µg/kg	Pirene	ND	1,500

I dati relativi alle matrici api e cera sono compatibili al livello di antropizzazione ed urbanizzazione del territorio e non sono riconducibili ad un'unica fonte di emissione (Tabella 3 e Tabella 4). Alcuni studi hanno evidenziato ad esempio, in prossimità dei centri urbani, il prelievo da parte delle api di olii e carburanti come matrice resinosa per la produzione di propoli, componente naturale della cera. Il traffico automobilistico, intenso in questa zona, anche a causa della carente rete di trasporti pubblici, ha sicuramente un ruolo importante nei risultati ottenuti per questa categoria tossicologica. L'assenza di congeneri quantificabili sulle api campionate nella prima fase e le relative differenze osservate nella seconda fase del progetto (identificazione di congeneri di origine pirogenica e petrogenica), possono ragionevolmente essere associate all'andamento del traffico automobilistico, fortemente ridotto in Italia tra marzo e maggio, a causa dell'emergenza sanitaria in atto. Tra i congeneri misurati fenantrene, fluorantene, fluorene e pirene mostrano le concentrazioni più alte. Il pirene in particolare, prodotto in corso di combustione di carburanti fossili (le autovetture che producono circa 1 mg/Km di pirene), mostra un andamento crescente tra prima e seconda fase, raggiungendo nella cera una concentrazione di 11,3 µg/Kg. Anche il fluorantene, associato alle combustioni incomplete a basse temperature, mostra un andamento crescente, mentre si riduce fortemente il fluorene, comune nei centri urbani come prodotto del riscaldamento domestico e indice di antropizzazione, comune nei prodotti dedicati all'igiene personale e degli ambienti. Il fenantrene, usato nell'industria farmaceutica per la sintesi di alcuni farmaci, mostra concentrazioni sovrapponibili tra le due fasi.

**Tabella 5. Profilo tossicologico riscontrato per gli IPA in matrice cera.**

N. ANELLI AROMATICI	Unità di misura	CONGENERI	CERA FASE 1	CERA FASE 2
4	µg/kg	5-metilcrisene	< LOQ	< LOQ
3	µg/kg	Acenaftene	1,500	1,900
3	µg/kg	Acenaftilene	2,067	ND
3	µg/kg	Antracene	1,300	ND
4	µg/kg	Benzo(a)antracene	0,600	1,000
5	µg/kg	Benzo(a)pirene	ND	0,700
4	µg/kg	Benzo(j)fluorantene	0,400	ND
5	µg/kg	Benzo(e)pirene	0,867	1,300

N. ANELLI AROMATICI	Unità di misura	CONGENERI	CERA FASE 1	CERA FASE 2
6	µg/kg	Benzo(ghi)perilene	0,600	0,600
4	µg/kg	Benzo(k)fluorantene	ND	0,500
4	µg/kg	Benzo(b)fluorantene	ND	0,600
5	µg/kg	Ciclopenta(cd)pirene	ND	ND
4	µg/kg	Crisene	2,367	2,200
5	µg/kg	Dibenzo(a,c)pirene	ND	ND
5	µg/kg	Dibenzo(a,h)pirene	ND	ND
6	µg/kg	Dibenzo(ah+ai)pirene	ND	ND
6	µg/kg	Dibenzo(a,l)pirene	ND	ND
3	µg/kg	Fenantrene	9,133	9,500
4	µg/kg	Fluorantene	4,133	7,400
3	µg/kg	Fluorene	8,567	4,400
5	µg/kg	Indeno(1,2,3,cd)pirene	ND	ND
2	µg/kg	Naftalene	ND	4,600
4	µg/kg	Perilene	ND	ND
4	µg/kg	Pirene	4,967	11,300

In generale, il confronto dei dati ottenuti dall'analisi degli IPA nelle diverse matrici analitiche, restituisce il quadro di una condizione ambientale a cui contribuiscono più sorgenti emmissive senza che si evidenzi un apporto significativo da parte dell'impianto in esame. Per concludere riguardo gli IPA, in api e cera campionati nella seconda fase del progetto si segnala la presenza di naftalene ed altri congeneri non riscontrati nei campioni della fase 1 e richiederanno maggiori approfondimenti nel progetto 2021 al fine di verificare l'andamento temporale delle relative concentrazioni e comprenderne le cause. La somma dei congeneri benzo (a) pirene, benzo (a) antracene, benzo (b) fluorantene e crisene risulta conforme ai limiti stabiliti dalla normativa vigente per i prodotti alimentari (Regolamento UE 1881/2006 e successive revisioni). Tale valutazione è stata eseguita per la cera, che nella seconda fase presenta tutti i 4 congeneri considerati dalla normativa come *markers* di qualità e sicurezza tossicologica. Il valore ottenuto dalla somma di questi congeneri è stato confrontato con il LMR stabilito dalle norme vigenti su olii e altri grassi risultando inferiore.

#### 4.4 Metalli pesanti.

I metalli si definiscono contaminanti ambientali in quanto fanno parte della normale composizione della materia ma vengono emessi in continuazione dalle varie fonti antropiche generando livelli ambientali superiori a quelli normalmente presenti e, difficili da “metabolizzare”.

**Tabella 6. Profilo quali-quantitativo dei metalli pesanti in api e miele, HerAmbiente 2020**

	Fase 1 (2020)				Fase 2 (2020)	
	LOQ	Unità di misura	API	MIELE	API	MIELE
Alluminio	0,05	mg/Kg	4,6	1,3	1,8	0,89
Antimonio	0,05	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Arsenico	0,01	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Berillio	0,2	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0,01	mg/Kg	0,025	ND	0,03	ND
Cromo	0,005	mg/Kg	0,034	0,009	0,033	0,033
Ferro	0,06	mg/Kg	60,633	33,3	21,4	2,7
Manganese	0,05	mg/Kg	30,067	0,54	11,3	1
Mercurio	0,005	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Nichel	0,01	mg/Kg	0,267	0,011	0,028	ND
Piombo	0,02	mg/Kg	0,067	ND	0,032	ND
Rame	0,05	mg/Kg	7,433	0,19	5,2	0,49
Selenio	0,01	mg/Kg	0,037	ND	0,09	ND
Stagno	0,05	mg/Kg	0,11	0,31	0,35	ND
Vanadio	0,7	mg/Kg	ND	ND	ND	ND
Zinco	0,7	mg/Kg	31,833	4,3	30,6	1,9

Le concentrazioni misurate nella prima e nella seconda fase su matrice api indicano la presenza di alluminio, ferro, manganese, rame e zinco (Tabella 6). Questi principi attivi sono presenti anche nel miele e come osservato per le api, se ne registra un deciso decremento nella seconda campagna analitica. Contrariamente a quanto registrato nei centri urbani ad alta densità abitativa e a quanto

stabilito dalla norma vigente, il miele analizzato risulta esente da residui di piombo. Ferro, manganese e zinco sono le principali componenti delle leghe metalliche usate per l'edilizia e come segnalato nell'analisi preliminare del territorio, l'area monitorata è ricca di cantieri edili abbandonati che partecipano in modo consistente ad arricchire il suolo e le falde acquifere dei metalli misurati nel miele. In questa matrice infatti tutti i metalli presentano concentrazioni inferiori rispetto a quelle misurate su api, ad eccezione dello stagno che nel miele aumenta e che viene utilizzato ampiamente in campo edile per diverse proprietà. Le elevate concentrazioni di ferro, manganese, rame e zinco potrebbero inoltre essere una caratteristica naturale di queste aree geografiche e quindi del miele locale, a causa dell'abbondanza di marna e dolomite. Tuttavia, nella seconda fase, realizzata dopo il periodo estivo, si evidenzia una brusca riduzione dei metalli pesanti, sia nelle api che nel miele. Tale andamento decrescente risulta particolarmente marcato per alluminio, ferro, nichel, stagno e zinco. Le attività antropiche giocano quindi un ruolo importante nel determinare queste variazioni, non attribuibili esclusivamente alle caratteristiche del territorio. Manganese e rame presentano concentrazioni stabili tra le due fasi di campionamento e analisi.

#### ***4.5 Pesticidi.***

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). Nella matrice api e nel miele, non sono state misurate concentrazioni superiori al LOQ (limite di quantificazione) per nessuna delle molecole ricercate. Nella cera analizzata per la prima

fase (costruita dalle api senza supporto del foglio cereo) si evidenziano piccole concentrazioni di fluvalinate, prossime al LOQ (0,03 mg/Kg), e concentrazioni più alte di amitraz (amitraz e metaboliti = 0,41 mg/Kg). Queste molecole sono attualmente autorizzate in agricoltura e in apicoltura per i trattamenti contro il parassita *Varroa destructor*, pertanto il riscontro di questi fitosanitari nella cera non risulta anomalo. Tuttavia, secondo i LMR stabiliti dal Regolamento Tecnico 16 di Accredia, questa cera non potrebbe essere utilizzata nel settore biologico (Perugini *et al.*, 2018). Nella seconda fase del progetto nessuno dei principi è stato riscontrato nelle diverse matrici analitiche, cera inclusa.

## 5. Conclusioni.

Le categorie tossicologiche di maggiore impatto nell'area monitorata risultano essere: anioni, IPA e metalli pesanti, sebbene siano stati ricercati nell'ambito del progetto anche diossine, furani, PCB e pesticidi.

I risultati relativi agli anioni sono compatibili con le caratteristiche orografiche e socio-economiche del territorio, soggetto ad un intenso processo di industrializzazione negli ultimi 20 anni. 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 l'impianto di termovalorizzazione di 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. Il contributo costante delle attività industriali si manifesta, in relazione al tenore di anioni, con valori costanti dei solfati che si presentano sempre al di sotto dei LMR stabiliti dalla normativa vigente per l'acqua potabile. Il contributo del comparto agricolo risulta ridotto e si manifesta con bassi valori di nitrati (con lieve aumento nella seconda fase). L'uso di concimi e fertilizzanti ed il contributo del comparto agricolo e zootecnico si presentano più evidenti sulla base delle concentrazioni misurate



per i cloruri, il cui aumento rilevato, nella seconda fase del progetto, nel miele ne suggerisce quale possibile causa l'uso diretto di sostanze clorate per garantire la potabilità dell'acqua (anche di quella in uso per l'irrigazione dei vegetali dai quali deriva il miele).

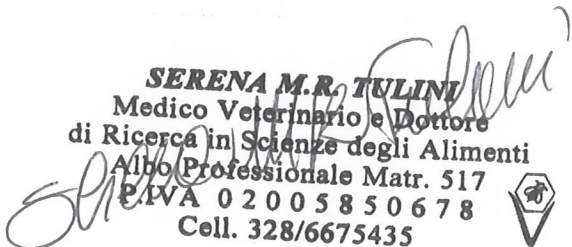

La presenza di cantieri edili abbandonati nelle immediate vicinanze del termovalorizzatore, nonché la presenza di cave abbandonate e la relativa scarsa manutenzione di queste infrastrutture, contribuiscono ai risultati ottenuti e si evidenziano particolarmente sui livelli misurati per i metalli pesanti. Nella prima fase di campionamento si è potuto osservare la presenza di alluminio, ferro, manganese, rame e zinco sia nelle api che nel miele, con una successiva riduzione nella seconda fase di indagine. La presenza di questi metalli è certamente ascrivibile alle caratteristiche naturali di queste aree geografiche contraddistinte dall'abbondanza di marna e dolomite, tuttavia il decremento registrato dopo il periodo estivo potrebbe essere messo in relazione con la riduzione delle attività produttive, suggerendo così che le attività antropiche giocano un ruolo importante nel determinare le oscillazioni di tali sostanze. In entrambe le campagne di campionamento il miele analizzato risulta esente da residui di piombo.

Le concentrazioni riscontrate nella cera per gli IPA mostrano come la definizione dei rischi ecologici associati all'inquinamento urbano ed industriale non siano identificabili attraverso l'analisi delle matrici ambientali ed alimentari in modo isolato. Le sostanze altamente persistenti, soggette a fenomeni di accumulo e bio-magnificazione nella biosfera, tendono infatti a concentrarsi nei grassi animali in cui si evidenzia la presenza di congeneri pericolosi per la salute dell'uomo e per la conservazione delle biodiversità locali e che spesso, non risultano quantificabili in altre matrici. I risultati analitici evidenziano livelli di concentrazione degli IPA nella cera, inferiori ai LMR imposti dalla normativa vigente per olii e grassi di origine animale nel settore alimentare (10 µg/Kg).

Diossine, furani e PCB, che soprattutto in passato venivano associati alle emissioni degli impianti di termovalorizzazione, non sono mai state identificati nel corso del 2020.

I pesticidi, riscontrati unicamente nella cera nella prima fase del progetto, segnalano un uso di queste sostanze da parte dell'apicoltore da cui sono state acquistate le famiglie per l'avviamento del progetto Capiamo 2020.

Nel complesso gli esiti ottenuti e l'analisi crociata dei dati analitici restituiscono 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, senza evidenziare apporti specifici da parte dell'impianto di termovalorizzazione

  
**SERENA M.R. TULINI**  
Medico Veterinario e Dottore  
di Ricerca in Scienze degli Alimenti  
Albo Professionale Matr. 517  
P.IVA 02005850678  
Cell. 328/6675435 

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

## 6. Riferimenti Bibliografici e Normativi.

- 1) APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. Annuario dei dati ambientali 2005/2006. ISBN88-448-0182-5.
- 2) Bocio, A., Domingo, J.L. 2005. Daily intake of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (PCDD/PCDFs) in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: a review of recent studies (2001–2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environ. Res.* 97, 1–9.
- 3) 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.
- 4) Cohen, M.D., Draxler, R.R., Artz, R. 2002. Modeling the atmospheric transport and deposition of PCDD/F to the Great Lakes. *Environ. Sci. Technol.* 36, 4831–4845.
- 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)  
Dioxin Analysis of Bee Pollen Pellets Collected by *Apis mellifera* L. in Rural Area of Turkey. *J. Api.Sci.* 62(1), 79-88.
- 10) Environmental agency: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): sources, pathways and environmental data October 2019.
- 11) Fagervold, S.K., Chai, Y., Davis, J.W., Wilken, M., Cornelissen, G., Ghosh, U. 2010. Bioaccumulation of polychlorinated Dibenzo-p-dioxins/Dibenzofurans in *E. fetida* from floodplain soils and the effect of activated carbon amendment.
- 12) Lambert et al., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons: bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants
- 13) Lawal A.T., 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review.
- 14) Legge n. 313 del 24 Dicembre 2004 recante «Disciplina per l'apicoltura».
- 15) Meneses, M., Schuhmacher, M., Domingo, J.L. 2004. Health risk assessment of emissions of dioxins and furans from a municipal waste incinerator: comparison with other emission sources. *Environ. Int.* 30, 481 – 489.
- 16) Navid Kargar et al., 2017. Biomonitoring status and source risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons using honeybees, pine tree and propolis.
- 17) Özkök, A., Çakiroğullari, Sorkun, K., G.Ç., Yağlı, H., G., Aslan, I., Bektaş, B., Kiliç, D. 2018.
- 18) Özkök, A., Sorkun, K., Çakiroğullari, G.Ç., Yağlı, H., G., Aslan, I., Bektaş, B., Kiliç, D. 2017. Dioxin analysis in pine honey from Turkey. *Acta Biol. Szeged.* 61(1), 69-75.

- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) Porrini, C., Caprio, E., Tesoriero, D., Di Prisco, G. 2014. Using honey bee as bioindicator of chemicals in Campanian agroecosystems (South Italy). *Bull Insectol.* 7(1), 137-146.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 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) 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
- 27) Van den Berg, M., Birnbaum, L., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N., Peterson, R.E. 2006. The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. *Toxicol. Sci.* 93(2), 223–241;
- 28) Van den Berg, M., Denison, M., Birnbaum, L., De Vito, M., Fiedler, H., Falandysz, J., Rose, M., Schrenk, D., Safe, S., Tohyama, C., Tritscher, A., Tysklind, M., Peterson, R.E. 2013. Polybrominated Dibenzo-p-Dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls: inclusion in the Toxicity equivalency Factor Concept for Dioxin-Like Compounds. *Toxicol. Sci.* 133(2), 197-208
- 29) Wang et al., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils and vegetation near an e-waste recycling site in South China: Concentration, distribution, source, and risk assessment.
- 30) Wei Ting Hsu et al., 2016. PAH emissions from coal combustion and waste incineration.