

Titolo del progetto

“Azioni multidisciplinari ed integrate per il monitoraggio e la riduzione del particolato atmosferico nella piana lucchese”

Acronimo

VEG-LU-PM10

Lista dei partecipanti

Partecipanti Operative	(Unità)	Istituzione	Persone di riferimento
Capofila (UO1)		Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Firenze	Federico Martinelli
Partner 1 (UO2)		Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali	Francesco Ferrini
Partner 2 (UO3)		Consiglio Nazionale Ricerche: Istituto di Biometeorologia; Istituto di Fisiologia Clinica; Istituto di Protezione Sostenibile delle Piante	Beniamino Gioli; Andrea Berton; Ivan Baccelli
Partner 3 (UO4)		Dipartimento di ricerca Traslationale e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia dell'Università di Pisa	Angelo Baggiani; Michele Totaro; Sara Profeti
Partner 4 (UO5) (sub-contraente)		Ordine dei Medici Chirurghi e Odontoiatri della Provincia di Lucca	Davide Micheli
Partner 5 (UO6)		Comune di Lucca, Assessorato alla gestione del verde pubblico	Francesco Raspini, Mauro Di Bugno, Ilaria Nardi
Partner 6 (UO7)		Comune di Capannori, Assessorato all'Ambiente	Matteo Francesconi, Michele Nucci
Partner 7 (UO8)		Comune di Porcari, Assessorato all'Ambiente	Pacifico Fanani
Partner 8 (UO9)		Comune di Altopascio, Assessorato all'Ambiente	Daniel Toci
Partner 9 (UO10)		Azienda Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana	Bianca Patrizia Andreini

Introduzione

In un mondo dove il 54 % popolazione vive in ambiente urbano (UNFPA, 2014), e in una Unione Europea dove tale percentuale sale fino al 72% (European Environment Agency, 2015) l'inquinamento atmosferico da particolato, in inglese "particulate matter" (PM) rappresenta uno dei problemi più seri per la salute umana. Il PM viene comunemente classificato in base al diametro delle particelle in "grossolano" o PM_{10} (tutte le particelle comprese nei $10\ \mu m$), "fine" o $PM_{2.5}$ (tutte le particelle comprese nei $2.5\ \mu m$), e ultrafine o $PM_{0.2}$ (tutte le particelle comprese nei $0.1-0.2\ \mu m$).

Le particelle più piccole come il $PM_{2.5}$ sono capaci di maggiore dispersione nell'ambiente e hanno maggiore capacità di penetrazione nell'organismo umano. Al livello del sistema respiratorio possono raggiungere la regione alveolare e persino entrare nel flusso sanguigno. Anche per quanto riguarda il PM_{10} è stato visto che l'esposizione prolungata provoca gravi effetti, come disagio cardiovascolari e respiratorio, allergie croniche, mortalità prematura dei bambini ed il loro peso ridotto alla nascita, diversi tipi di tumori e malattie infiammatorie (Sun et al., 2016). A conferma di ciò, l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato l'inquinamento atmosferico e il PM come cancerogeno per l'uomo (gruppo 1). Gli effetti nocivi da esso provocati sono aggravati dal fatto che in ambiente urbano, il PM è fortemente ricco di metalli pesanti molto pericolosi come Cd, Cr, Cu e Ni, Pb, dotati di peso superiore a $5\ g/cm^3$, ed emessi principalmente da oli, pneumatici, carburanti delle auto, vernici, e rifiuti (Wang et al., 2017). Anche nel caso di PM emesso da fonti naturali è stata appurata una spiccata tossicità e cancerogenicità, anche a livelli estremamente bassi. L'inquinamento atmosferico nelle aree urbane e rurali/periurbane è causato da una moltitudine di fattori tra cui le attività industriali, i trasporti (particolarmente su gomma), il riscaldamento delle case, l'agricoltura, la gestione dei rifiuti (Figura 1). Tra queste cause, il traffico stradale ha sicuramente un ruolo di primo piano ed interessa direttamente i pedoni, i ciclisti e tutti coloro che vivono nelle zone limitrofe. Studi epidemiologici hanno dimostrato che la vicinanza di strade trafficate è associata a malattie croniche respiratorie nei bambini e negli anziani (Hoek et al., 2002) ed a incrementi di mortalità prematura (Lipfert et al., 2006). Tale fonte di inquinamento ha un particolare impatto nelle città capoluogo, dove si rilevano livelli di particolato nell'aria superiori ai limiti normati.



Figura 1. Fattori antropici di inquinamento atmosferico.

1). Gli effetti nocivi da esso provocati sono aggravati dal fatto che in ambiente urbano, il PM è fortemente ricco di metalli pesanti molto pericolosi come Cd, Cr, Cu e Ni, Pb, dotati di peso superiore a $5\ g/cm^3$, ed emessi principalmente da oli, pneumatici, carburanti delle auto, vernici, e rifiuti (Wang et al., 2017). Anche nel caso di PM emesso da fonti naturali è stata appurata una spiccata tossicità e cancerogenicità, anche a livelli estremamente bassi. L'inquinamento atmosferico nelle aree urbane e rurali/periurbane è causato da una moltitudine di fattori tra cui le attività industriali, i trasporti (particolarmente su gomma), il riscaldamento delle case, l'agricoltura, la gestione dei rifiuti (Figura 1). Tra queste cause, il traffico stradale ha sicuramente un ruolo di primo piano ed interessa direttamente i pedoni, i ciclisti e tutti coloro che vivono nelle zone limitrofe. Studi epidemiologici hanno dimostrato che la vicinanza di strade trafficate è associata a malattie croniche respiratorie nei bambini e negli anziani (Hoek et al., 2002) ed a incrementi di mortalità prematura (Lipfert et al., 2006). Tale fonte di inquinamento ha un particolare impatto nelle città capoluogo, dove si rilevano livelli di particolato nell'aria superiori ai limiti normati.

In continuità con le specifiche linee di ricerca degli enti coinvolti e con il percorso già intrapreso, che sta fornendo risultati interessanti, il presente progetto intende andare oltre la sola analisi dell'inquinamento ambientale, per allargare la collaborazione ad ulteriori partners scientifici

dotati di un know-how capace di fornire indicazioni utili nella realizzazione di concrete azioni di mitigazione. È ormai noto a tutti che le piante lungo le strade o in prossimità delle zone altamente inquinate, contribuiscono fortemente ad attenuare le concentrazioni di PM nell'aria proteggendo la salute degli abitanti. Le specie vegetali possono agire come naturali filtri intercettando e trattenendo le particelle sulle proprie superfici fogliari. Gli alberi sono considerati una delle soluzioni più appropriate per ridurre l'inquinamento atmosferico nelle aree urbane (Sgrigna et al., 2015). Le piante inoltre assorbono naturalmente l'anidride carbonica tramite gli stomi come substrato per la fotosintesi di materia organica e rilasciano ossigeno (essenziale per la vita di ogni essere umano). Sono inoltre in grado di assorbire inquinanti gassosi come l'ozono e gli ossidi di azoto e zolfo. L'abbattimento della CO₂ e gli effetti di "raffrescamento" del clima legati sia all'ombreggiamento che alla traspirazione di acqua dalle foglie rendono le piante una risorsa importante anche al fine di mitigare i cambiamenti climatici ed in particolare gli eventi termici estremi (*heatwaves*) (Figura 2). È quindi essenziale investire maggiormente in attività di ricerca per scoprire i meccanismi che regolano tali diverse capacità delle specie vegetali. In un recente e preliminare lavoro tratto dal Piano Regionale per la Qualità dell'Aria promosso dalla Regione Toscana è stato visto che le piante migliori per abbattere i livelli di NO₂ e O₃ sono le latifoglie decidue (faggi, ceri, frassini) mentre le grandi conifere sono maggiormente adatte per

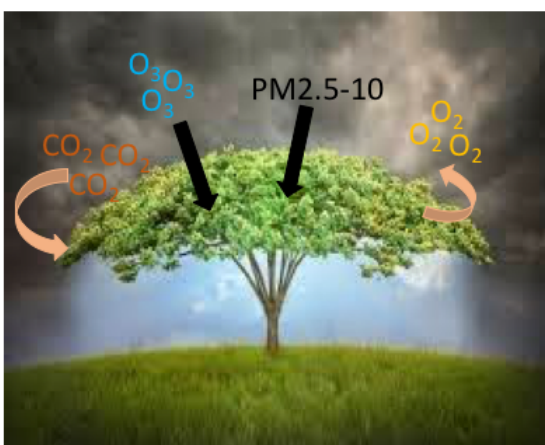


Figura 2. Principali effetti delle piante a livello planetario.

- Riduzione della temperatura globale del pianeta
- Riduzione dello scioglimento dei ghiacciai
- Mancato innalzamento dei livelli dei mari
- Riduzione di gravi patologie umane
- Aumento dei livelli di ossigeno
- Riduzione dei livelli di anidride carbonica
- Trattenimento e assorbimento di particolati e ozono

ridurre i livelli di PM10.

Tuttavia i meccanismi genetici e molecolari alla base di questa variabilità rimangono ancora in gran parte sconosciuti. Ciò giustifica la necessità di individuare quali specie tipiche di un certo ambiente climatico siano in grado di migliorare la qualità

dell'aria. A tal riguardo, Beckett et al. (2000) hanno quantificato l'efficacia di cinque specie arboree ed hanno scoperto che due conifere *P. nigra* e *C. leylandii* sono più efficaci nel catturare le particelle aeree grazie ad una particolare struttura fogliare. La vegetazione stradale può ridurre la concentrazione di PM10 fino al 60%. Le specie arboree vicino a strade e ferrovie accumulano elevate concentrazioni di particolati nelle foglie e quindi ne riducono fortemente la concentrazione nell'aria. Una delle Gimnosperme più benefiche per la qualità dell'aria è il cipresso in grado di accumulare significative quantità di metalli pesanti come il Cd, Cu, Mn, Ni e Zn (Maher et al., 2008)..

Questi studi dimostrano che un oculato ed intelligente utilizzo della vegetazione urbana da parte delle amministrazioni comunali può rappresentare un valido aiuto per ridurre i livelli spesso troppo elevati di pulviscolo atmosferico. Ciò non può prescindere dalla conoscenza maggiore e più ampia di quali specie vegetali (coltivate in un determinato ambiente climatico) siano in grado di assorbire e trattenere più particolati e metalli pesanti. Nonostante alcuni studi siano stati effettuati (PRQA), occorre ampliare il numero di specie (arboree, arbustive, erbacee) tenendo

conto di quelle adatte al microclima lucchese. Per tali obiettivi, è essenziale comprendere le complesse interazioni fisiologico-molecolari, nonché biofisiche, tra le specie vegetali e l'atmosfera. Nello stesso tempo, è necessario effettuare uno screening (il più esteso possibile) delle specie vegetali che adsorbono/intercettano più PM, metalli pesanti e ozono fornendo quindi una classifica delle piante più o meno accumulatrici di questi inquinanti atmosferici. La genotipizzazione delle specie più interessanti, mediante le moderne apparecchiature di sequenziamento, consentirà di comprendere quali geni e meccanismi molecolari sono alla base di tali positive proprietà. D'altrapiarte i progressi ottenuti dalle nuove tecnologie genomiche ci permettono oggi di effettuare tali studi in maniera molto approfondita e a costi relativamente contenuti.

Obbiettivi del progetto

I numerosi lavori scientifici presenti in letteratura testimoniano l'importanza che il verde pubblico ha nel migliorare la qualità dell'aria dei centri abitati. Tuttavia, è necessario che in ogni ambiente climatico siano identificate le specie vegetali autoctone che permettono di ridurre i livelli dei metalli pesanti e PM presenti nell'aria. In primo luogo, il progetto si propone di fornire conoscenze scientifiche utili per tutta la cittadinanza ed in particolare per le amministrazioni comunali (ad es. quelle del territorio lucchese), impegnate costantemente nel difficile compito di migliorare la salute dei loro abitanti senza impattare negativamente sulle attività produttive. Grazie all'installazione in zone strategiche di centraline *low cost* per il monitoraggio della qualità dell'aria, saremo in grado di: i) costruire una *baseline* (punto zero) sulla presenza degli inquinanti sul territorio; ii) quantificare il livello di effettiva esposizione agli inquinanti della vegetazione oggetto di intervento. In questo modo sarà possibile quantificare l'effettiva capacità di rimozione di particolato della specifica specie vegetale impiegata, e quindi valutare sia le azioni che verranno intraprese dalle amministrazioni, sia le correlazioni tra i dati ambientali e quelli sanitari. In terzo luogo, con la collaborazione dell'Ordine dei Medici Chirurghi, ci proponiamo di sensibilizzare l'opinione pubblica al problema delle polveri sottili in modo tale da valutare gli effetti della vegetazione sulle patologie croniche e quindi, nel lungo periodo, ridurre i costosi interventi terapeutici gravanti sul sistema sanitario nazionale. In quarto luogo, considerate le moderne metodologie impiegate, forniremo risultati scientificamente validi che promuoveranno la conoscenza sia in ambito scientifico sia in ambito tecnico e favoriranno l'innovazione nel settore ambientale.

Tenuto conto di questi scopi primari, possiamo individuare i seguenti obiettivi specifici:

- 1) costruire una *baseline* delle concentrazioni in atmosfera ed una quantificazione dei livelli di esposizione, effettuando una mappatura sul territorio dei livelli di alcuni inquinanti nell'aria circostante la vegetazione e le abitazioni mediante la installazione di apparecchiature low-cost;
- 2) classificare le specie vegetali più rappresentative delle aree urbane della lucchesia in base ai depositi fogliari di 21 elementi tra i quali alcuni metalli e di 3 diverse frazioni di PM (PM₁₀₋₁₀₀, PM_{2.5-10}, PM_{0.2-2.5}) come fatto in nostri precedenti lavori (Mori et al., 2018, Mori et al., 2015);
- 3) effettuare la caratterizzazione genomica delle specie vegetali che mostrano i più alti livelli di depositi fogliari di PM e elementi/metalli allo scopo di chiarirne i meccanismi molecolari di regolazione del trattenimento e assorbimento;

- 4) determinare eventuali rischi fitosanitari correlati all'impianto di tali piante iperaccumulatrici, valutando l'effetto dell'iperaccumulo sulla suscettibilità ai patogeni;
- 5) valutare eventuali correlazioni tra i dati degli inquinanti ambientali e i dati riguardanti lo stato di salute degli abitanti della zona oggetto di studio;
- 6) fornire un contributo che possa facilitare nel lungo periodo la riduzione dell'insorgenza di patologie croniche e degenerative causate dall'inquinamento atmosferico con conseguente riduzione dei costi sostenuti dal SSN;
- 7) sensibilizzare l'opinione pubblica sui temi della tutela ambientale, in accordo con le iniziative locali ed internazionali in atto;
- 8) fornire una serie di linee guida (con dettagli botanici e agronomici) per migliorare l'impatto del verde pubblico sulla qualità dell'aria;
- 9) sostenere tecnicamente ed economicamente le azioni previste dal piano "PAC" sulla qualità dell'aria promosso dai 5 comuni lucchesi;
- 10) valorizzare le azioni della Regione Toscana programmate sui comuni toscani e previste nei prossimi anni (i.e. aumento della vegetazione urbana);

In conclusione, quindi il nostro progetto tiene conto delle iniziative già svolte (Piano regionale per la qualità dell'aria, progetto regionale PATOS) ed intende effettuare azioni che: 1) agiscano in maniera sinergica e continuino il lavoro svolto, 2) integrino il lavoro programmato dalla Regione nei prossimi anni sul territorio lucchese e 3) valorizzino gli sforzi compiuti dalle amministrazioni comunali lucchesi per migliorare la qualità dell'aria respirata.

Attualità dell'argomento nel contesto locale e nazionale

Secondo l'ultimo rapporto "Mal'Aria di città 2019" di Legambiente, nel 2018, in oltre 50 capoluoghi di provincia italiani si sono stati superati i limiti giornalieri previsti per le polveri sottili o per l'ozono. Questo dato evidenzia come il miglioramento della qualità dell'aria sia un'emergenza che necessita di una serie di azioni integrate a più livelli, portate avanti non soltanto dagli enti competenti ma anche dalla stessa cittadinanza.

La Piana Lucchese rappresenta un'area critica in Toscana, in quanto di frequente interessata dal superamento dei limiti normativi per il particolato atmosferico (PM10), soprattutto nel periodo invernale, quando oltre al traffico si aggiunge un'altra fonte importante di PM: il riscaldamento delle abitazioni, soprattutto a biomassa. Ciò è riconducibile non solo all'elevata presenza di una variegata tipologia di fonti emissive ma anche ad una particolare conformazione geografica e a condizioni meteorologiche invernali che favoriscono il ristagno degli inquinanti. Al fine di avere una visione più chiara della presenza degli inquinanti sul territorio, nel 2017 è stata avviata una collaborazione tra ARPAT, UNIPI e CNR, concretizzatasi successivamente con la stipula di una Convenzione avente lo scopo di collaborare in maniera reciproca e continuativa per individuare e porre in essere iniziative congiunte nel settore della ricerca, dell'innovazione, e della formazione in ambito ambientale. Tale Convenzione assume maggior valore alla luce della Delibera della Giunta Comunale n. 268 del 7 dicembre 2017 con cui si stipula una collaborazione tra Comune di Capannori, CNR ed altri enti per l'attuazione di proposte progettuali sperimentali finalizzate ad una migliore caratterizzazione della qualità dell'aria all'interno del territorio comunale. In tale contesto a gennaio 2018 ha preso avvio il progetto "Air Quality Capannori" grazie al quale è iniziata la sperimentazione di una innovativa metodica di monitoraggio degli inquinanti ambientali. Il progetto prevede il posizionamento di quattro centraline low-cost (progettate dal CNR-IBIMET di Firenze) in aree strategiche del Comune, individuate seguendo le indicazioni normative. In particolare una di esse è stata affiancata alla centralina ARPAT in modo tale da

poter attuare un confronto tra la lettura dei dati dei due diversi apparecchi e poter effettuare, anche a posteriori, una ri-calibrazione dei sensori *low-cost*. Parallelamente è previsto l'utilizzo di un SAPR (drone) per il monitoraggio degli inquinanti ambientali a diverse altitudini. Da notare che questa metodologia di valutazione dei dati di tutti i monitoraggi ambientali è condivisa con l'ARPAT. L'intento è quello di fornire elementi e dati supplementari per la valutazione degli inquinanti ambientali, agendo in linea con quanto previsto dalla Direttiva 2008/50/CE. La Direttiva apre infatti alla possibilità di utilizzare misurazioni indicative che, nel rispetto dei criteri definiti dalla normativa stessa, consentano un'indicazione dei dati puntuali in termini di distribuzione geografica delle concentrazioni.

Le amministrazioni comunali di Lucca, Capannori, Porcari, Montecarlo e Altopascio hanno recentemente rinnovato il Piano d'azione comunale d'area vasta per il triennio 2019-2021, proveniente dal Piano regionale della qualità dell'aria del 2018. Questo documento prevede una serie azioni multisettoriali mirate alla riduzione dell'inquinamento atmosferico sulla base delle relazioni dell'ARPAT sulle sorgenti di emissione. Con questo atto, i cinque comuni si impegnano a condurre interventi volti ad evitare o almeno ridurre in maniera consistente i ripetuti sforamenti dei livelli di PM10 avvenuti recentemente. Questo documento è stato approvato da tutte le giunte comunali dei cinque comuni coinvolti nel progetto (Figura 3). Esso individua gli interventi strutturali da attuarsi, in maniera coordinata, tenendo conto della programmazione e delle risorse disponibili per ogni comune. Fra questi interventi strutturali, è prevista anche la messa a dimora di nuove piante in grado di assorbire il particolato e l'ozono presenti nell'aria. **Per tale motivo il finanziamento del progetto sarà essenziale per il successo di tale programma e per poter monitorare tali interventi sulla vegetazione valutandone la loro efficienza e programmando eventuali altre azioni integrative o correttive.** Le amministrazioni comunali si sono quindi impegnate a svolgere una serie di iniziative pubbliche, campagne di informazione e di educazione ambientale in linea con quanto sta accadendo a livello internazionale.

Il tema del nostro progetto è attuale e quindi potrà avere un grande riscontro nazionale ed internazionale. Il 15 marzo scorso, infatti, c'è stata la **giornata dello sciopero mondiale per il futuro**. I giovani di 198 paesi hanno aderito all'iniziativa "Gobal Strike for Future" e sono scesi in piazza per sollecitare i Governi di tutto il mondo ad agire più decisamente per contrastare i cambiamenti climatici, la grande sfida di questo millennio. I gruppi *Fridaysforfuture* nascono infatti dalla protesta della sedicenne attivista svedese Greta Thunberg, ormai famosa in tutto il mondo come ambasciatrice di questo nuovo movimento giovanile che si batte per la salvaguardia del nostro pianeta. Nel nostro progetto abbiamo quindi prevista l'organizzazione di almeno un convegno per ogni anno



Figura 3. Comuni della provincia di Lucca interessati dalla sperimentazione.

a cui saranno invitati personaggi pubblici impegnati nella tutela dell'ambiente. Questi convegni permetteranno di presentare i risultati ottenuti in corso, sensibilizzare ed informare correttamente l'opinione pubblica e stimolare la ricerca scientifica e l'innovazione ambientale.

Concetti, idee, coinvolgimento delle parti interessate

Concetti e idee: La comunità scientifica è d'accordo sull'importanza delle piante in quanto in grado di svolgere molteplici servizi ecosistemici tra i quali vi sono quelli della riduzione dell'inquinamento atmosferico e quello dell'assorbimento della CO₂. La necessità di ridurre l'inquinamento atmosferico è un argomento di grande interesse attuale, come dimostrato dalla recente giornata mondiale sull'ambiente del 15 marzo. La vegetazione urbana gioca un ruolo determinante nel miglioramento della qualità dell'aria e fornisce anche un generale miglioramento della qualità della vita dei cittadini creando ambienti esteticamente più belli e accoglienti, offrendo servizi ricreativi e di riduzione dell'inquinamento acustico e termico. Il nostro progetto nasce quindi da questi concetti consolidati. La nostra idea è quella di adattare tali principi all'ambiente microclimatico della provincia di Lucca focalizzando la nostra attenzione sulle specie autoctone e naturalizzate ed utilizzando tecnologie moderne nell'analisi dell'aria, nel sequenziamento del DNA, nella determinazione della capacità di intercettare alcuni inquinanti dell'aria e nelle analisi microscopiche dei tessuti vegetali (presenti nella nostra Regione).

Partners del progetto:

Uno schema dei partners e dei loro ruoli nelle attività del progetto è mostrato di seguito:

Tabella 1. Attività del progetto, partners (unità operativa), descrizione dei ruoli assegnati nel progetto.

Attività del progetto	Partner (Unità operativa)	Descrizione dei ruoli e compiti assegnati
<i>Attività 1: Identificazione dei livelli di inquinamento da particolato presente nell'aria mediante apparecchiature low cost</i>	UO1: UNIFI-BIOLOGIA UO3: CNR (IBIMET e IFC) UO4: UNIPI UO 6, 7, 8, 9: Comuni della Piana Lucchese UO10: ARPAT	- Integrazione e installazione delle centraline <i>low cost</i> e analisi dei dati relativi al particolato atmosferico presenti sul territorio
<i>Attività 2: Analisi di assorbimento e trattenimento dei particolati da parte delle diverse specie vegetali presenti negli "hotspots" urbani</i>	UO2: UNIFI-DAGRI UO1: UNIFI-BIOLOGIA	- Analisi dei depositi fogliari di PM ₁₀₋₁₀₀ , PM _{2.5-10} e PM _{0.2-2.5} e di 21 tra elementi e metalli della vegetazione presente e futura
<i>Attività 3: Genotipizzazione delle specie vegetali mediante sequenziamento di nuova generazione</i>	UO1: UNIFI-BIOLOGIA	- Sequenziamento del genoma, epigenoma e trascrittoma delle principali specie accumulatrici di particolati e metalli pesanti
<i>Attività 4: Monitoraggio dello stato fitosanitario delle specie vegetali autoctone</i>	UO3: CNR (IPSP)	- Monitorare lo stato fitosanitario delle piante iperaccumulatrici selezionate

<i>Attività 5: Analisi dei dati epidemiologici sulle principali patologie acute e croniche legate all'inquinamento atmosferico</i>	UO4: UNIPI UO5: MEDICI UO6: CNR (IFC)	- Analisi dei dati raccolti riguardanti l'assistenza sanitaria associata alle patologie causate dal particolato atmosferico
<i>Attività 6: Organizzazione di seminari e convegni per la divulgazione dei dati ottenuti dal progetto</i>	UO 1- 10: tutti i partners	- Organizzazione di convegni e di eventi pubblici aperti alla cittadinanza
<i>Attività 7: Pubblicazione dei risultati ottenuti</i>	UO 1- 10: tutti i partners	- Pubblicazioni di libri, opuscoli, linee guida, articoli di divulgazione e scientifici

Il coordinatore del progetto è Federico Martinelli, professore associato di Genetica (BIO/18) del **Dipartimento di Biologia** della Università di Firenze. Il prof. Martinelli guida un gruppo di ricerca costituito da tre dottorandi bioinformatici e diversi tesisti impegnato nello studio delle risposte molecolari agli stress ambientali mediante approcci integrati di genomica funzionale e biologia sistemica. Una consistente parte della ricerca ha riguardato anche lo sviluppo e la sperimentazione di metodi innovativi di diagnosi di patologie vegetali e di stati fisiopatologici nelle piante in relazione a stress ambientali. L'attività scientifica è documentata da oltre 50 pubblicazioni su riviste presenti nelle banche dati internazionali ISI/Scopus. Il prof. Martinelli ha svolto più di quattro anni di ricerca alla University of California (Davis) in qualità di post-doc e visiting researcher. Oltre alla UC Davis, sono attive collaborazioni con altre diverse istituzioni di ricerca pubbliche straniere come la University of Bern, l'Università Politecnica di Valencia, il CNRS di Strasburgo.

Il Dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze (a cui afferisce il prof. Martinelli) ha una lunga storia di ricerca scientifica che affonda le radici ben prima della fondazione dell'Università stessa. Esso infatti è l'erede degli studi naturalistici che hanno portato lustro alla città di Firenze e hanno contribuito allo sviluppo delle scienze naturali a livello mondiale. Nonostante questo importante passato, il Dipartimento ha saputo svilupparsi mediante un continuo rinnovamento che lo ha portato a vincere importanti finanziamenti pubblici, primo tra tutti, quello recentemente ottenuto dal bando di finanziamento per i dipartimenti eccellenti previsto dalla legge 232 del 2016 (legge di bilancio 2017). Questo intervento ha avuto l'obiettivo di individuare e finanziare, con cadenza quinquennale i migliori 180 Dipartimenti delle Università statali nazionali. Tale risultato ha permesso di acquisire infrastrutture di sequenziamento assenti nel restante territorio nazionale. Si tratta dei sequenziatori PacBio Sequel 6.0 e Novaseq 6000 (Illumina), in grado di sequenziare (mediante un approccio complementare) genomi di elevate dimensioni e di qualsiasi essere vivente. Il Novaseq 6000 è in grado di generare sequenze corte (<300 bp) ma in elevato numero (centinaia di migliaia) mentre il PacBio Sequel 6.0 permette l'ottenimento di sequenze più lunghe (>10000 bp) ma in numero più limitato (poche migliaia). Per il sequenziamento di un nuovo genoma vegetale ("de novo sequencing"), il solo utilizzo del PacBio è preferito se il genoma è relativamente piccolo (<1 Gbp). Tuttavia, nel caso di genomi più complessi un approccio integrato mediante entrambe le apparecchiature è auspicabile (approccio ibrido). In questo progetto, le due apparecchiature saranno entrambe utilizzate nel caso che le specie vegetali, che sceglieremo, risultino con genomi di elevate dimensioni.

Il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) è nato dalla fusione del Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell’Ambiente (DISPAA) e del Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali (GESAAF), ed ha iniziato la sua attività il 1 gennaio 2019. Il Dipartimento coordina i Dottorati di ricerca in Scienze Agrarie ed Ambientali, e Gestione sostenibile delle risorse agrarie, forestali e alimentari.

Il Dipartimento promuove e sviluppa numerose linee di ricerca nel campo delle Scienze Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali. Francesco Ferrini, professore ordinario del Dipartimento DAGRI è un esperto internazionale di verde urbano. È stato responsabile di progetti che riguardavano l’ultizzo delle piante arboree per la riduzione del particolato atmosferico nelle città.

La sua attività di ricerca riguarda argomenti pratico-applicativi, con particolare riferimento alla propagazione vegetativa, alla biologia fiorale, alla fisiologia della produzione nelle colture arboree. Il gruppo di ricerca del Prof. Ferrini ha un grande esperienza nello studio di diverse specie vegetali e di diversi altri fattori che influiscono sul fenomeno di deposizione fogliare degli inquinanti atmosferici. Grazie anche all’intensa attività di divulgazione, il prof. Ferrini è stato nominato Presidente della Società Italiana di Arboricoltura ricoprendo la carica dal febbraio 2005 al febbraio 2011. In seguito, è divenuto componente del Board of Directors della International Society of Arboriculture (ISA) che conta oltre 23.000 membri in tutto il mondo, rimanendo in carica fino ad Agosto 2016. Mantiene continui rapporti con ricercatori internazionali del settore e ha ospitato e ospita per soggiorni brevi o di lunga durata numerosi colleghi per stage di ricerca in collaborazione.

Ulteriore partner scientifico del progetto è il Consiglio Nazionale delle Ricerche che parteciperà con tre istituti: L’Istituto di Biometeorologia (Firenze), l’Istituto di Fisiologia Clinica (Pisa) e l’Istituto di Protezione Sostenibile delle Piante (Sesto Fiorentino, Firenze). La sezione fiorentina dell’IBIMET nasce a Firenze alla fine degli anni ‘70 come Istituto di Analisi Ambientale e Telerilevamento applicati all’Agricoltura – IATA, con l’obiettivo di effettuare ricerca nel settore della meteorologia applicata all’agricoltura e all’ambiente. Con un aggiornamento continuo delle competenze scientifiche e tecniche, questo Istituto ha percorso un cammino di oltre trent’anni di attività. Attualmente studia, progetta e sviluppa applicazioni di modelli numerici alle colture agrarie e agli ecosistemi; applicazioni della meteorologia a sistemi previsionali; applicazioni di metodologie come il telerilevamento da satellite ed i sistemi di informazione geografica. Si occupa inoltre di analisi ecofisiologica e biochimica delle piante, degli effetti dei gas ad effetto serra sugli agro-ecosistemi, di ricerche sulla prevenzione dei rischi per gli ecosistemi naturali e sulla gestione sostenibile dei sistemi agroambientali. A livello ecofisiologico l’istituto si occupa anche degli scambi fra la superficie vegetata e l’atmosfera mediante l’analisi di flussi di scalari di interesse ambientale (gas serra e microorganismi, ad esempio) sia a livello locale, sia a livello regionale mediante l’applicazione di eddy-covariance aviotrasportata. Tratta l’impatto di condizioni climatiche estreme sui biosistemi, e in particolare sul sistema agricolo e sull’ambiente urbano, andando ad approfondire l’utilizzo di tecnologie *low cost* per il monitoraggio della qualità dell’aria, *outdoor* e *indoor*. Tali attività hanno permesso di mettere a punto tecniche innovative per le previsioni stagionali. L’IBIMET ha inoltre promosso, in collaborazione con importanti istituzioni ed enti locali, la creazione di una rete di centri di studio e consulenza (Consorzio LaMMA - Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo Sviluppo Sostenibile; il CeSIA - Centro di Studio per l’applicazione dell’Informatica in Agricoltura della Accademia dei Georgofili; la FCS - Fondazione per il Clima e la Sostenibilità). Beniamino Gioli, responsabile della UO CNR è Primo Ricercatore presso l’IBIMET, e coordina un gruppo di ricerca che verrà impiegato nel progetto con competenze sulla sensoristica e tecnologie di

monitoraggio della qualità dell'aria. Si occupa da molti anni di qualità dell'aria e studia le interazioni tra ecosistemi naturali, urbanizzati ed atmosfera. La sensoristica *low cost* che verrà impiegata in questo progetto è stata sviluppata in IBIMET negli ultimi anni nell'ambito del progetto SMART finanziato dalla Regione Toscana (programmazione FAR-FAS) ed è già oggetto di attività di collaborazione con gli enti preposti al controllo della qualità dell'aria secondo la normativa vigente (ARPAT).

L'Istituto di Fisiologia Clinica, altro istituto CNR coinvolto nel progetto, è il più grande istituto di ricerca biomedica a orientamento clinico del CNR. Fin dalla sua fondazione nel 1968 ha anticipato la concezione culturale ed etica di ciò che oggi è la medicina basata sull'evidenza. Infatti, l'Istituto ha finalizzato le sue attività all'integrazione della ricerca sperimentale con la clinica, l'epidemiologia e la tecnologia più avanzata, sempre con l'attenzione rivolta alle aspettative dei pazienti.

Un team multidisciplinare, di diversa formazione e cultura scientifica, tra cui medicina, biologia, chimica, bioingegneria, fisica, matematica e informatica ha reso concreta l'idea di base per aggiungere il concetto di misurazione - finora confinato alla ricerca fisiologica - alla pratica medica. Andrea Berton è coordinatore del gruppo ReFly dell'Istituto di Fisiologia Clinica, si occupa di progettazione, realizzazione e gestione di SAPR (Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto), comunemente chiamati droni, ad uso scientifico. In particolar modo le attività sopra citate riguardano le applicazioni operative in contesti scientifici quali l'agroalimentare, l'ambientale e l'industriale con pertinenza a tutto ciò che riguarda la qualità della vita dell'individuo. L'altro istituto coinvolto, l'Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP), nasce il 1° maggio 2014 dalla fusione di due istituti preesistenti, IVV (Istituto di Virologia Vegetale) e IPP (Istituto per la Protezione delle Piante) del CNR, entrambi già impegnati su problematiche relative alla salute delle piante. L'IPSP, che fa parte del Dipartimento di Scienze Bio-AgroAlimentari del CNR, rappresenta il più numeroso ed importante gruppo di ricerca nelle diverse discipline afferenti alla protezione delle colture agrarie e forestali nel CNR ed è un riconosciuto centro di importanza internazionale. La *mission* dell'Istituto è lo studio dei fattori di stress (biotico e abiotico) e le conseguenti risposte delle piante, allo scopo di individuare meccanismi di resistenza, processi di adattamento, e metodi di protezione dagli stress che contribuiscano alla protezione e valorizzazione delle piante di interesse agrario e forestale, al potenziamento degli antagonismi naturali e dei metodi di biocontrollo dei parassiti delle piante, al miglioramento qualitativo e quantitativo delle produzioni agroalimentari, alla selezione e risanamento di germoplasma vegetale di pregio, alla caratterizzazione e produzione di bio-molecole di interesse agro-industriale, alla mitigazione degli impatti del cambiamento globale e a una crescita sostenibile e rispettosa dell'ambiente.

Ivan Baccelli è ricercatore presso l'IPS, sede di Sesto Fiorentino, dove studia i meccanismi di difesa delle piante dagli stress, con particolare riguardo agli stress di natura biotica (patogeni).

Un altro importante partner scientifico è rappresentato dal Dipartimento di Ricerca Traslazionale e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia dell'Università di Pisa. Nato dall'aggregazione di personale docente e tecnico precedentemente afferente a vari Dipartimenti della Facoltà di Medicina e Chirurgia, il dipartimento promuove attività multidisciplinari e traslazionali in ambito biomedico tramite la valorizzazione delle sinergie fra ricerca di base e ricerca applicata alla clinica.

L'attività di ricerca del Dipartimento è indirizzata allo studio degli aspetti morfologici, delle cause (fattori genetici, ambientali e sociali) e dei meccanismi relativi ai processi fisiologici del

corpo umano ovvero alla loro alterazione in condizioni di malattia. L'attività di ricerca del Dipartimento è quindi dedicata alla conoscenza dei fattori che influenzano la salute umana.

Angelo Baggiani, professore associato di Igiene generale ed applicata del Dipartimento, è titolare di insegnamento in numerosi corsi di studio; svolge attività di ricerca nell'ambito dell'igiene, dell'epidemiologia e della prevenzione delle malattie infettive, dell'igiene degli alimenti e dell'epidemiologia e organizzazione dei Servizi Sanitari nonché attività assistenziale presso l'U.O. di Igiene ed Epidemiologia universitaria dell'Azienda Ospedaliera Universitaria Pisana. È membro del CdA dell'Università di Pisa, Presidente del Corso di Laurea in Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro e autore di numerose pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali. Sostenitore dello sviluppo di strategie preventive e di iniziative che prevedano l'interazione diretta col tessuto sociale, ha un background e solide competenze nel settore della ricerca e dei servizi medici offerti alla comunità e, in seno all'Istituto di Igiene ha effettuato interventi di educazione ambientale, educazione sanitaria e valutazione del rischio.

Gli altri partners coinvolti nel progetto sono quattro comuni della provincia di Lucca: Lucca, Capannori, Altopascio e Porcari. I comuni sono partners essenziali per questo progetto poiché avranno il compito di garantire l'accesso alla vegetazione urbana già presente ed anche a quella che sarà messa a dimora sulla base dei finanziamenti previsti dalla Regione Toscana. Inoltre il loro ruolo sarà preminente nella costituzione di desks informativi ed organizzazione dei convegni annuali aperti alla cittadinanza ed alla comunità scientifica. Essi inoltre forniranno eventuale supporto logistico per il lavoro di analisi sull'aria e sulla vegetazione svolto dai ricercatori delle Università e del CNR.

L'ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), istituita con Legge regionale n. 66/1995, sarà coinvolta:

- 1) nel monitoraggio della qualità dell'aria tramite le stazioni di rete regionali presenti sul territorio dei quattro comuni,
- 2) nella valutazione congiunta di tutti i dati di monitoraggio chimico-fisico del progetto, la diffusione e la disseminazione dei dati.

Attraverso le proprie strutture dislocate in tutto il territorio regionale, essa garantisce l'attuazione degli indirizzi regionali nel campo della prevenzione e tutela ambientale operando secondo quanto previsto nella Carta dei servizi e delle attività che la istituzione si è dotata. L'Agenzia, dinamica e aperta alla partecipazione, opera al servizio delle istituzioni per effettuare il monitoraggio dello stato dell'ambiente e svolgere accertamenti sulle fonti di inquinamento e gli impatti che ne derivano, occupandosi dell'individuazione e della prevenzione di fattori di rischio per la salute dell'ambiente e dell'uomo.

L'Ordine dei Medici Chirurghi ed Odontoiatri della provincia di Lucca sarà un importante collaboratore dei partners del progetto. Vivendo in prima persona a diretto contatto con le patologie di cui soffrono i residenti, alcuni medici iscritti a tale ordine forniranno preziose informazioni utili ad effettuare una analisi descrittiva della situazione epidemiologica dell'area oggetto di indagine; essi avranno infatti il compito di fornire i dati delle richieste di assistenza medica e ricovero pervenute. Tali dati giornalieri saranno forniti da almeno cinque medici curanti appartenenti all'Ordine e saranno incrociati e correlati con i dati sulle analisi della qualità dell'aria ottenuti da CNR, Università di Pisa e ARPAT. Saranno quindi raccolti i dati di una coorte di circa 5000 abitanti della piana lucchese oggetto di studio. Inoltre tali medici si rendono disponibili a monitorare nel lungo periodo lo stato di salute degli abitanti con particolare riferimento a coloro che vivono in vicinanza delle zone in cui in futuro verrà piantata la vegetazione in modo tale da poter valutare gli eventuali effetti positivi delle piante sullo stato di

salute delle persone. Infine, l'Ordine sarà coinvolto nella organizzazione dei convegni annuali e fornirà un contributo essenziale nella sensibilizzazione e informazione sanitaria della cittadinanza.

Metodologia della ricerca

Allo scopo di raggiungere gli obiettivi prefissati, il progetto è strutturato in 3 “work packages” (WP) e 6 attività.

WPI – Analisi di inquinamento atmosferico e determinazione dei depositi fogliari di diverse frazioni di particolato e metalli e dei contenuti fogliari in metalli

Attività 1: Identificazione dei livelli di inquinamento da particolato presente nell'aria mediante apparecchiature low cost

Partners coinvolti: CNR (IBIMET, IFC e IPSP), UNIPI, Comuni di Lucca, Porcari, Capannori, Altopascio), UNIFI (Biologia e DAGRI).

Modalità di esecuzione: All'inizio del progetto sarà effettuata una ricognizione della vegetazione in prossimità dei luoghi dove sono posizionati gli strumenti di monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPAT. Parallelamente, in base ai siti in cui si intende impiantare in futuro le specie vegetali autoctone che risulteranno più idonee allo scopo, verrà stabilito congiuntamente dove posizionare le centraline *low-cost*. Sarà identificata una metodologia per la valutazione dei dati registrati con le metodiche definite dal D.Lgs 155/10 (ARPAT) e i metodi degli strumenti *low-cost*, in applicazione delle recenti indicazioni del World Meteorological Organization – WHO-UN [WMO 2018]. Saranno individuate le specie vegetali vicine agli strumenti e alle postazioni delle aree in cui si registrano i livelli maggiori di particolato durante l'anno. Dalla rilevazione periodica di questi dati, saranno individuati i giorni in cui effettuare i prelievi fogliari. Essi saranno effettuati nelle zone della pianta più esposte all'inquinamento nell'arco di al massimo 12 ore dal rilevamento del dato. Saranno soltanto prese in considerazione giornate in cui non si siano verificate piogge in almeno 24 ore precedenti allo sfioramento dei livelli di PM10. I prelievi saranno ripetuti nelle quattro stagioni in modo da avere informazioni anche sulla capacità delle specie vegetali di trattenere i PM10 durante tutto l'anno. Saranno prese in considerazione specie perenni (arboree ed arbustive) ma anche eventualmente erbacee. Particolare attenzione sarà volta alle specie arbustive che costituiscono le siepi lungo le strade poiché la loro potatura (ed il conseguente ricaccio vegetativo) permette di eliminare periodicamente le polveri ed il particolato atmosferico.

Attività 2: Analisi dei depositi fogliari (diverse frazioni di particolato e 21 elementi/metalli) e dei contenuti fogliari in metalli da parte delle diverse specie vegetali presenti negli “hotspots” urbani

Partners coinvolti: UNIFI-DAGRI, UNIFI-BIOLOGIA

Modalità di esecuzione: Saranno individuate le piante circostanti le aree interessate e su di esse saranno eseguite le seguenti analisi:

1) misurazione dei depositi fogliari di PM₁₀₋₁₀₀, PM_{2.5-10}, PM_{0.2-2.5}- e di 21 tra elementi e metalli per unità di area fogliare.

Nello specifico, ogni campione consisterà in circa 600 cm² di foglie sane e pienamente espanse. Ogni campione (prelevato con almeno 3 repliche) sarà stoccato in laboratorio a -20°C.

Per quanto riguarda la determinazione del deposito di PM_x, metà delle foglie di ogni campione sarà sottoposto ad un protocollo di lavaggio e filtrazione con tre diverse tipologie di filtri.

Per quanto riguarda invece la determinazione del deposito di 21 elementi e metalli al lavaggio delle foglie seguirà una digestione chimica con acidi e una successiva analisi tramite ICP. Di ogni campione sarà determinata l'area fogliare e i depositi saranno espressi con µg di PM o metalli per cm² di area fogliare.

Sarà determinata la quantità di depositi fogliari totali di PM₁₀₋₁₀₀, PM_{2.5-10}, PM_{0.2-2.5} e di 21 tra elementi e metalli mediante l'indice di area fogliare (LAI) che esprime la superficie fogliare incidente sull'area di proiezione della chioma. In aggiunta sarà misurata l'area di proiezione della chioma. Il LAI di ogni singola pianta sarà moltiplicato per la rispettiva area di proiezione della chioma calcolando così l'area fogliare totale di ogni singola pianta. Una volta ottenuta l'area fogliare totale sarà possibile moltiplicarla per i depositi fogliari unitari (PM_x e metalli/elementi) per avere una stima dei depositi fogliari totali di ogni pianta.

WP2 – Analisi genomiche e fisiopatologiche delle specie vegetali in risposta all'inquinamento atmosferico

Attività 3: Genotipizzazione delle specie vegetali mediante sequenziamento di nuova generazione

Partners coinvolti: UNIFI-BIOLOGIA

Modalità di esecuzione: Sulla base dei dati forniti dalle Attività 1 e 2 saranno scelte le specie vegetali che presentano un maggiore accumulo di particolati. Il DNA, di elevate qualità, estratto mediante kits commerciali, sarà utilizzato per costruire librerie genomiche da utilizzare per il sequenziamento mediante piattaforma Illumina prevedendo una copertura limitata. Ciò servirà a determinare la dimensione del genoma. Successivamente, nel caso di genomi di elevate dimensioni, saranno utilizzati entrambi i sequenziatori per un approccio complementare in grado di assemblare il genoma ottenendo una sequenza il più possibile completa. Per genomi di piccole dimensioni, utilizzeremo esclusivamente il Novaseq 6000 che presenta il vantaggio di fornire sequenze di DNA più brevi ma ad un costo più basso del PacBio Sequel 6.0. I dati ottenuti da questa attività ci permetteranno di chiarire i meccanismi genetico-molecolari che regolano tali capacità benefiche per l'ambiente. Ciò sarà possibile effettuando analisi sui cambiamenti epigenomici e trascrittomici di specie vegetali a diversa capacità di trattenimento dei particolati.

Attività 4: Analisi fisiopatologiche delle specie vegetali autoctone

Partners coinvolti: CNR-IPSP (Ivan Baccelli)

Modalità di esecuzione: Sarà effettuato un monitoraggio dello stato fitosanitario delle piante soggette all'inquinamento atmosferico durante l'intero svolgimento del progetto. Lo scopo è quello di determinare se la capacità di iperaccumulo di alcune specie possa influenzare la loro capacità di resistere agli stress, con particolare riguardo all'insorgenza di patologie (fungine, batteriche). Per tale motivo il monitoraggio sarà effettuato all'inizio del progetto, e almeno una volta l'anno nei tre anni di sperimentazione. La diagnosi si avvarrà, qualora necessario, del prelievo di campioni da analizzare in laboratorio, con l'eventuale ausilio di tecniche molecolari per l'identificazione degli agenti patogeni. Il confronto dello stato fitosanitario all'inizio ed alla

fine del progetto ci permetterà di determinare l'effetto dell'inquinamento atmosferico sulla salute delle piante, in particolare su quelle che risulteranno essere iperaccumulatrici di particolati e metalli pesanti. Le analisi saranno condotte mediante protocolli di laboratorio pubblicati su riviste scientifiche internazionali in modo da utilizzare le più aggiornate tecniche di diagnosi in patologia vegetale. Gli eventuali funghi e batteri patogeni saranno isolati su piastre mentre gli agenti virali e fitoplasmi saranno quantificati mediante qPCR. Queste analisi saranno effettuate dall'Istituto di Protezione Sostenibile delle Piante del CNR di Sesto Fiorentino.

WP3 –Analisi dell'impatto della vegetazione sulla salute umana

Attività 5: Analisi dei dati epidemiologici sulle principali patologie acute e croniche legate all'inquinamento atmosferico

Partners coinvolti: Ordine dei Medici Chirurghi ed Odontoiatri della provincia di Lucca, UNIPI, CNR (IFC).

Modalità di esecuzione: Almeno cinque medici curanti del territorio dei 4 comuni interessati avranno il compito di registrare i dati sugli interventi richiesti dai loro pazienti, riguardanti le patologie acute e croniche legate all'inquinamento atmosferico. Tali dati, ottenuti giornalmente, saranno incrociati con quelli derivanti dalle analisi chimico-fisiche dell'aria (acquisite nell'ambito dell'attività 1). Verrà quindi effettuato un confronto fra il numero di richieste di assistenza medica ricevute nei giorni in cui le centraline dell'ARPAT registrano i superamenti dei valori limite di PM10 (e fino a cinque giorni successivi all'evento), e il numero di richieste ricevute nei giorni in cui tali superamenti non si verificano. In questo modo sarà possibile valutare una eventuale correlazione tra la presenza di tali patologie e il livello di inquinamento da particolato. Parallelamente verranno richiesti all'ARS, e successivamente analizzati, i dati relativi ai ricoveri (urgenti e programmati) e agli accessi al Pronto Soccorso dei residenti nella zona per cause correlabili, secondo la letteratura scientifica, ad elevati livelli di particolato nell'aria. L'analisi descrittiva verrà effettuata secondo metodologie scientificamente riconosciute. Questi dati consentiranno di formulare stime sui costi sostenuti dal SSN per la cura di tali patologie. Inoltre, quando in futuro i comuni aumenteranno il verde urbano utilizzando le specie arboree autoctone più adatte, questi medici, con un'attività di monitoraggio nel lungo periodo, valuteranno eventuali effetti positivi della vegetazione sulla salute degli abitanti che vivono in loro prossimità.

WP4 - Trasferimento e disseminazione delle conoscenze acquisite

Attività 6: Organizzazione di seminari e convegni per la divulgazione dei dati ottenuti dal progetto

Partners coinvolti: Tutti i partners

Modalità di esecuzione: Sarà organizzato almeno un convegno ogni anno allo scopo di: 1) descrivere i risultati della sperimentazione in corso, 2) sensibilizzare ed educare l'opinione pubblica su questa tematica, 3) stimolare la discussione sulle azioni da mettere in atto per la riduzione dell'inquinamento atmosferico. Tutti i partners saranno coinvolti in questa attività. I comuni forniranno l'apporto logistico e mediatico agli eventi pubblici, i ricercatori e medici interverranno come relatori e moderatori della discussione. A questi eventi saranno invitati anche

esperti internazionali esterni al progetto, attivisti, professionisti o amministratori di altri enti pubblici impegnati su tali tematiche. I convegni avranno la durata di un giorno (sia mattina che pomeriggio). Saranno fornite le informazioni alla cittadinanza mediante la istituzione di un desk con materiale informativo (libri, locandine, depliants, gadgets etc.). Lo scopo è quello di informare correttamente la cittadinanza sulle cause di maggiore inquinamento dell'aria e sulle condotte di vita da attuare per contribuire significativamente a ridurlo. A tal riguardo i comuni interverranno mostrando i risultati ottenuti dal PAC (Piano d'azione comunale) e da altre iniziative regionali in corso per un'azione sull'ambiente in maniera integrata, complementare e sinergica. Soluzioni innovative, anche non riguardanti direttamente la vegetazione urbana, potranno essere presentate a tali eventi. Ci proponiamo di stimolare un confronto sulle soluzioni innovative che possono essere utilizzate da tutti i comuni italiani impegnati nella lotta all'inquinamento atmosferico. Lo scopo di questa attività sarà anche quello informare la cittadinanza sul sostegno finanziario ottenuto offrendo una immagine di provincia italiana volta al miglioramento della qualità di vita dei propri cittadini. Ci attendiamo che questa attività abbia riscontri positivi anche in termini turistici.

Attività 7: Pubblicazione dei risultati ottenuti

Modalità di esecuzione: I risultati ottenuti nel corso dei tre anni del progetto saranno pubblicati su riviste di divulgazione e scientifiche ad alto impatto. Prevediamo di ottenere la pubblicazione di almeno un articolo per ogni anno sia in ambito divulgativo che scientifico. Alla fine del progetto sarà pubblicato un documento in cui saranno mostrati e discussi tutti i dati ottenuti nella sperimentazione nei tre anni. Un ulteriore documento sarà quello riguardante le linee guida per l'impianto e gestione delle specie vegetali che accumulano più particolati e metalli pesanti. Tale documento sarà particolarmente utile per le amministrazioni comunali che si insedieranno in futuro sul territorio lucchese.

Ambizione della ricerca

Il progetto di ricerca ambisce a fornire importanti prodotti (“deliverables”) essenziali per le amministrazioni lucchesi allo scopo di migliorare la qualità della vita dei cittadini e quindi potenziare anche il turismo. Ci aspettiamo che alla fine del progetto, le amministrazioni comunali possano usufruire delle conoscenze scientifiche fornite dal progetto su tematiche ambientali di grande interesse nazionale ed internazionale. Ogni “work package” prevede l'ottenimento di almeno un prodotto (“deliverable”). Di seguito sono indicati i deliverables previsti per ogni work package:

Tabella 2. Work packages e relativi deliverables e tempi attesi per il loro raggiungimento.

Work Packages ed Attività	Prodotto (“Deliverable”)	Data di Ottenimento (da 0 a 36 mesi)
WP 1 - Analisi di inquinamento atmosferico e determinazione dei depositi fogliari di diverse frazioni di particolato e metalli e dei contenuti fogliari in metalli		
Attività 1 - Rilevamento dei dati di inquinamento atmosferico	-Determinazione dell'andamento dei livelli di particolato durante l'anno nella piana lucchese -Identificazione di nuovi siti ad elevato	12, 24 6, 12, 18, 24

	<p>inquinamento atmosferico (“hotspots”) -Analisi dei livelli di particolato e metalli pesanti nella vegetazione, per la comprensione dei fenomeni biologici sulle piante</p>	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24
Attività 2 - Analisi dei depositi fogliari (diverse frazioni di particolato e 21 elementi/metalli) e dei contenuti fogliari in metalli da parte delle diverse specie vegetali presenti negli “hotspots” urbani	<p>-Lista delle specie vegetali attualmente presenti nel territorio lucchese con i relativi valori di deposizione fogliare di PM_x ed elementi pesanti allo scopo di determinare le loro proprietà di accumulare e trattenere gli elevati livelli di particolati</p> <p>-Analisi delle specie vegetali in grado di assimilare i diversi inquinanti atmosferici</p> <p>- Lista delle specie che saranno messe a dimora, a seguito della attività di altri progetti regionali finanziati in base ai relativi valori di deposizione fogliare di PM_x ed elementi.</p>	12, 24 12, 24 12, 24 12, 24
WP 2 - Analisi genomiche e fisiopatologiche delle specie vegetali in risposta all’inquinamento atmosferico		
Attività 3 - Genotipizzazione delle specie vegetali accumulatrici di particolati	<p>-Determinazione delle relazioni filogenetiche tra le specie vegetali più accumulatrici di particolati e metalli pesanti</p> <p>-Determinazione ed annotazione del genoma di alcune delle specie vegetali iperaccumulatrici di pulviscolo atmosferico</p> <p>-Comprensione dei meccanismi molecolari di risposta delle piante agli stress causati dall’inquinamento atmosferico</p>	18, 36
Attività 4 - Analisi fisiopatologiche delle piante	<p>-Monitoraggio dello stato sanitario delle specie vegetali soggette all’inquinamento</p> <p>-Valutare l’effetto dell’ iperaccumulo sulla suscettibilità ai patogeni, così da determinare eventuali rischi fitosanitari correlati all’impianto di tali piante iperaccumulatrici</p>	0, 12, 24, 36

WP3 –Analisi dell’impatto della vegetazione sulla salute umana

Attività 5 - Analisi epidemiologiche sulle principali patologie legate all’inquinamento atmosferico	-Studio dell’effetto dell’inquinamento atmosferico sulla salute degli abitanti della piana lucchese -Valutazione del numero di richieste di assistenza medica in relazione ai periodi in cui le centraline ARPAT rilevano elevata presenza di particolato nell’aria -Stima della riduzione dei costi sanitari grazie alla vegetazione pubblica	12, 24 6, 12, 18, 24
---	--	-------------------------

WP4 - Trasferimento e disseminazione delle conoscenze acquisite

Attività 6 - Organizzazione di eventi pubblici per la disseminazione dei risultati e la sensibilizzazione della opinione pubblica	-Aggiornare la cittadinanza sui risultati ottenuti nel corso del progetto -Comunicare alla cittadinanza le azioni intraprese dai comuni per il miglioramento della qualità dell’aria -Sensibilizzare l’opinione pubblica su tematiche di buona condotta ambientale -Individuare e promuovere strumenti innovativi per la lotta l’inquinamento atmosferico	12, 24, 36
Attività 7 - Pubblicazione dei risultati su riviste divulgative ed internazionali	-Disseminare i risultati ottenuti all’interno della comunità scientifica internazionale per promuovere nuove sperimentazioni che confermino le evidenze osservate -Diffondere i risultati a qualsiasi parte interessata a tale tematica (altre amministrazioni comunali, attivisti, agricoltori ed associazioni, professionisti, aziende etc..)	12, 24, 36

Il diagramma di GANTT delle attività nel corso del progetto è riportato di seguito.

Attività	Mesi del progetto					
	0-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36
Attività 1 - Analisi dei particolati nell’aria	Saranno rilevati i dati di qualità dell’aria nelle postazioni gestite da ARPAT e i dati derivanti dalle centraline <i>low-cost</i> presenti nei quattro territori comunali					
Attività 2 - Analisi delle deposizioni fogliari di PMx e	Saranno analizzate le deposizioni fogliari di PM ₁₀₋₁₀₀ , PM _{2,5-10} e PM _{0,2-}					

elementi/metalli e del contenuto di alcuni metalli nei tessuti fogliari	2.5 e di 21 elementi/metalli e del contenuto di alcuni metalli nei tessuti fogliari		
Attività 3 - Analisi genomiche delle specie vegetali	Il genoma ed epigenoma di almeno 2 specie iperaccumulatrici di particolati sarà sequenziato mediante le piattaforme PacBio ed Illumina		
Attività 4 - Analisi fisiopatologiche vegetali	Monitoraggio dello stato fitosanitario delle specie oggetto di studio		
Attività 5 - Analisi epidemiologiche umane	Monitoraggio degli interventi medici causati dalle malattie dovute all'inquinamento atmosferico		
Attività 6 - Organizzazione di eventi pubblici	Convegno del primo anno di progetto	Convegno del secondo anno di progetto	Convegno del terzo anno di progetto
Attività 7 - Pubblicazione dei risultati	Pubblicazione di almeno tre articoli scientifici su riviste ad impatto internazionale Pubblicazione di almeno due articoli su riviste divulgative		

Le connessioni logiche delle attività ed i principali prodotti ottenuti sono mostrati in Figura 4.

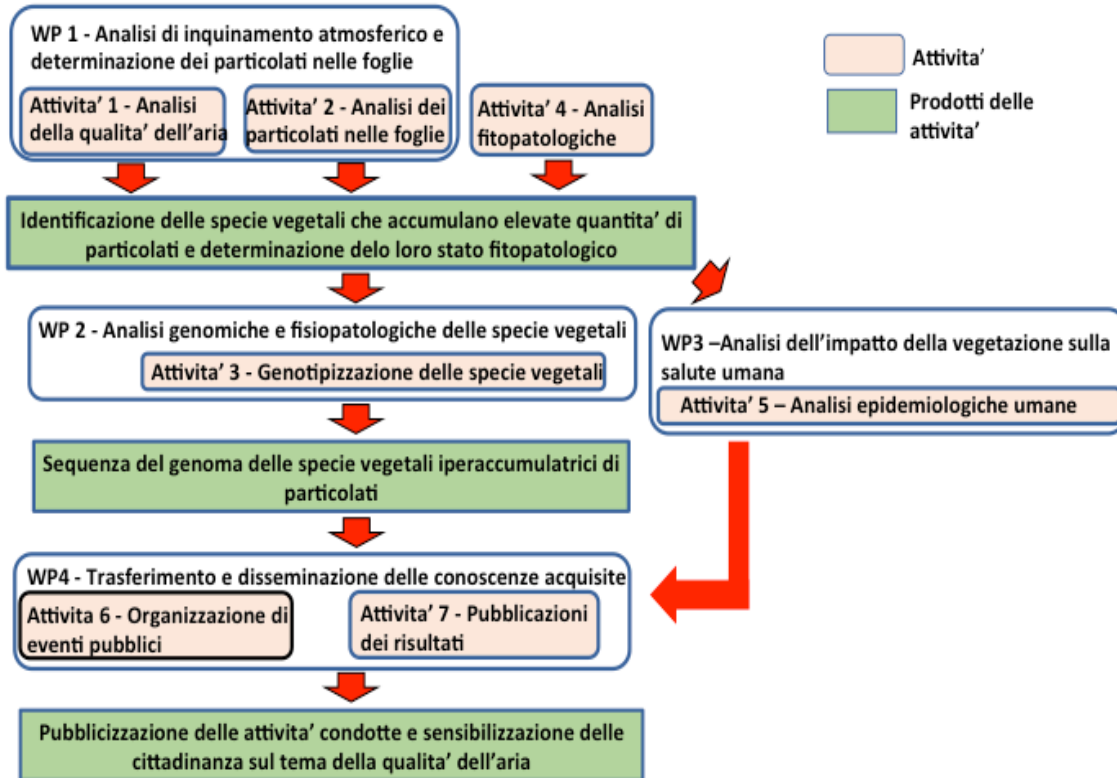


Figura 4. Struttura del progetto e connessioni logiche tra work packages, attività, prodotti "outputs" della ricerca.

Impatto atteso

Ci attendiamo che alla fine dei tre anni il progetto consenta di fornire alle amministrazioni comunali strumenti essenziali per migliorare la qualità dell'aria mediante un utilizzo opportuno, mirato e consapevole del verde urbano, che tenga conto, sulla base di evidenze scientifiche, della diversa capacità delle diverse specie di intercettare al livello fogliare il particolato atmosferico ed assorbire alcuni metalli pesanti nei propri tessuti fogliari.

Ci focalizzeremo sia sulle specie già largamente presenti nei contesti urbani oggetto di studio fornendo dati specifici, sia su possibili nuove specie o varietà attualmente poco diffuse ma che potrebbero essere impiantate dalle amministrazioni durante la durata del progetto e che si adattano bene alle condizioni pedo-climatiche lucchesi. Ciò permetterà di colmare le lacune delle precedenti attività regionali che hanno fornito essenzialmente dati su specie che non possono essere coltivate nel suddetto territorio.

Il nostro progetto avrà un impatto benefico sulle attività che sono state previste dagli altri progetti regionali. Infatti esso prevede la valutazione degli effetti delle specie vegetali che saranno piantate nei prossimi anni sia sulla qualità dell'aria che sulla salute dei cittadini. Il monitoraggio del loro stato fitosanitario consentirà anche di valutare gli effetti dell'inquinamento sulle stesse piante offrendo un dato più preciso sulla loro efficacia. Un impatto significativo è

atteso alla fine dei tre anni, quando sarà fornita la lista finale delle specie vegetali, adatte al microclima lucchese, che contribuiscono a ridurre i livelli di PM e altri inquinanti dell'aria. Ciò permetterà alle amministrazioni locali di avere una maggiore consapevolezza sui reali servizi ecosistemici offerti dal verde in ambiente urbano. Questo a sua volta si tradurrà in una pianificazione e gestione delle aree verdi più consapevole, efficiente e con risultati massimizzati dal punto di vista dei benefici ambientali apportati. Ciò aiuterà la futura pianificazione di nuovi insediamenti urbanistici tenendo conto anche di questa importante caratteristica della vegetazione. L'effetto di questo progetto si vedrà non soltanto nei 4 comuni coinvolti ma anche nei restanti comuni del territorio lucchese aventi ambiente climatico simile. L'organizzazione di almeno un evento pubblico all'anno consentirà un elevato livello di diffusione mediatica che potrebbe aumentare il numero di iniziative simili nel resto delle amministrazioni della Toscana e del resto d'Italia. Allo scopo di attuare una intensa attività di pubblicizzazione delle nostre attività prevediamo di attuare le seguenti azioni:

- 1) Comunicati stampa degli eventi organizzati nei principali quotidiani e tv locali
- 2) Costituzione di un sito web del progetto dove saranno inserite le notizie riguardanti gli scopi, risultati e novità del progetto
- 3) Inserimento degli eventi nei principali social networks

Considerata la forte innovazione delle tecnologie impiegate ci attendiamo che l'impatto mediatico delle attività sarà notevole non soltanto a livello nazionale ma anche internazionale. La partecipazione degli apparati amministrativi di 4 comuni Lucchesi assicurerà una forte attenzione mediatica e partecipativa della cittadinanza alle nostre attività. La popolazione nei 4 comuni oltrepassa i 160000 abitanti. Questa vasta area interessata assicurerà quindi una notevole pubblicità per la tutta la provincia di Lucca con risvolti positivi anche sul turismo e sulla immagine virtuosa del territorio lucchese a livello internazionale.

Ci attendiamo inoltre che le azioni previste dal progetto, grazie al coinvolgimento dei medici, potranno contribuire a ridurre le patologie legate al sistema respiratorio. Ciò sarà ottenuto non appena le amministrazioni comunali avranno la disponibilità di impiantare le nuove specie iperaccumulatrici di particolati in nuove aree a espansione urbana o al posto di quelle già esistenti. Si auspica che questo comporti per il SSN una riduzione dei costi necessari per la cura di tali patologie.

Forniamo di seguito un elenco dettagliato degli impatti specifici di ogni attività prevista.

Attività	Impatti specifici
Attività 1 - Analisi dei particolati nell'aria	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoraggio low-cost della qualità dell'aria nelle zone circostanti alla vegetazione e alle abitazioni per lo studio delle interazioni biologiche tra piante-atmosfera ed esseri umani - Miglioramento delle conoscenze sulla distribuzione dell'inquinamento atmosferico in una area vasta della provincia di Lucca - Contribuire ad una più coordinata attività tra le istituzioni coinvolte nel controllo e gestione della qualità dell'aria - Identificare nuovi potenziali siti ad elevato inquinamento atmosferico
Attività 2 - Analisi delle	- Maggior conoscenza del reale effetto sulla qualità

deposizioni fogliari di PMx e elementi/metalli e del contenuto di alcuni metalli nei tessuti fogliari	<p>dell'aria sulle specie già presenti nel territorio lucchese</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificazione delle specie vegetali che dovranno essere impiantate in futuro nella piana lucchese per ridurre il livello degli inquinanti presenti nell'aria - Fornire evidenze scientifiche che dimostrino le diverse capacità delle specie vegetali ad assorbire gli inquinanti atmosferici - Aiutare le amministrazioni comunali del territorio lucchese ad abbassare i livelli di inquinanti nell'aria mediante l'utilizzo del verde urbano - Analizzare l'accumulo dei particolati nella vegetazione che sarà impiantata in futuro - Analizzare l'effetto della vegetazione sui particolati aerei e salute umana (in particolare quelle messe a dimora nel prossimo futuro)
Attività 3 - Analisi genomiche delle specie vegetali	<ul style="list-style-type: none"> - Determinare in maniera univoca le specie vegetali presenti attualmente nei tre comuni, comprese le relazioni filogenetiche esistenti tra esse - Fornire informazioni utili per un futuro miglioramento genetico di tali specie - Fornire dati utili alla comunità scientifica per comprendere i meccanismi molecolari di risposta delle piante all'inquinamento atmosferico
Attività 4 - Analisi fisiopatologiche vegetali	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorare lo stato fitosanitario delle specie vegetali oggetto di studio nei 4 comuni della piana di Lucca - Valutare l'effetto dell'iperaccumulo sulla suscettibilità delle piante ai patogeni
Attività 5 - Analisi epidemiologiche su patologie umane legate al particolato atmosferico	<ul style="list-style-type: none"> - Determinazione degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute degli abitanti della Piana di Lucca - Stima del rapporto tra richieste di assistenza e superamento dei valori limite registrati dalle centraline ARPAT - Stima dei costi a carico del SSN per le cure dovute agli effetti dell'inquinamento
Attività 6 - Organizzazione di eventi pubblici	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilizzare la cittadinanza a una condotta più rispettosa dell'ambiente - Contribuire a migliorare la qualità della vita degli abitanti del territorio lucchese - Aiutare il turismo nella provincia lucchese - Valorizzare l'attività delle amministrazioni comunali a tal riguardo
Attività 7 - Pubblicazioni dei risultati	<ul style="list-style-type: none"> - Stimolare nuove ricerche internazionali riguardanti il monitoraggio e miglioramento della qualità

	<p>dell'aria in zone urbane e rurali</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promuovere l'innovazione sui temi che riguardano il miglioramento della qualità dell'aria mediante la vegetazione
--	--

Bibliografia

- Beckett KP et al. 2000. Particulate pollution capture by urban trees: Effect of species and windspeed. *Global Change Biology* 6: 995-1003
- Dossier di Legambiente, Mal'Aria di città 2019, La mobilità urbana al centro del risanamento, Legambiente 22 gennaio 2019
- Forni F, Progetto Regionale PATOS Particolato Atmosferico In Toscana, Il materiale particolato fine PM10, Regione Toscana
- Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea 11.6.2008 L.152/1 Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 2.216 del 15/9/2010 – suppl. ord. N.217 – in vigore dal 30/09/2010 Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
- EEA Report No.12/2018, Air Quality in Europe – 2018 Report, European Environment Agency, 2018
- Hoek et al. 2002. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: A cohort study. *Lancet* 360: 1203-1209
- Lipfert et al. 2006. PM_{2,5} constituents and related air quality variables as predictors of survival in a cohort of U.S. military veterans *Inhalation Toxicology* 18: 645-657
- Maher et al. 2008. Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. *Atmospheric Environment* 42: 364-373.
- Piano d'azione comunale per la qualità dell'aria ambiente, PAC d'area 2019 – 2021 dei Comuni della Piana lucchese
- Regione Toscana, Giunta regionale, Piano regionale della qualità dell'aria ambiente (PRQA) 2018
- Sgrigna G. 2015. Particulate Matter deposition on *Quercus ilex* leaves in an industrial city of central Italy. *Environmental Pollution* 197, pp. 187-194
- Wang et al. 2017. Distribution and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Atmospheric Particulate Matter and Dust. *Huanjing Kexue/Environmental Science* 38: 3575-3584
- World Meteorological Organization, Low cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications, WHO-UN [WMO 2018] WMO-No. 125