



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI, DEL SUOLO E DEL PAESAGGIO

## CAMBIAMENTI CLIMATICI ED EFFETTI SULLO SPETTRO POLLINICO IN ATMOSFERA

CLIMATE CHANGE AND THE EFFECTS ON THE POLLEN SPECTRUM IN  
THE ATMOSPHERE

TIPO TESI: sperimentale

Studente:

STEFANIA MARTELLI

Relatore:

PROF./DOTT. FABIO TAFFETANI

Correlatore:

PROF./DOTT. SIMONE PESARESI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

# SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	3
ELENCO DELLE FIGURE .....	4
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI .....	7
CAPITOLO 1 IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO: CAMPIONAMENTO AEROBIOLOGICO E METEOROLOGICO .....	9
1.1 Il monitoraggio aerobiologico.....	9
1.1.1 La rete POLLnet .....	9
1.1.2 Il campionamento: metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici aerodispersi.....	10
1.2 Il monitoraggio meteorologico.....	11
CAPITOLO 2 LE PIANTE ALLERGENICHE .....	13
2.1 Betulaceae .....	13
2.1.1 <i>Alnus glutinosa</i> L. (Ontano nero) .....	13
2.1.2 <i>Betula pendula</i> R.(Betulla bianca) .....	14
2.2 <i>Corylus avellana</i> L. (Nocciolo).....	15
2.3 Cupressaceae/Taxaceae.....	16
2.4 Oleaceae.....	17
2.4.1 <i>Fraxinus ornus</i> L. (Orniello) .....	17
2.4.2 <i>Fraxinus excelsior</i> L (Frassino maggiore) .....	17
2.4.3 <i>Olea</i> .....	18
2.5 Compositae .....	19
2.6 Graminaceae .....	19
2.7 Urticaceae .....	20
2.8 Fagaceae.....	21
2.8.1 <i>Quercus</i> .....	21
2.8.2 <i>Fagus sylvatica</i> L. ....	21

2.8.3 Castanea Sativa Mill. ....	22
CAPITOLO 3 MATERIALI E METODI .....	24
3.1 Inquadramento territoriale.....	25
3.2 Raccolta ed elaborazione dati .....	26
CAPITOLO 4 RISULTATI .....	30
4.1 Betulaceae .....	32
4.2 Corilaceae: Corylus avellana L. ....	34
4.3 Cupressaceae/Taxaceae.....	35
4.4 Fagaceae: Quercus .....	37
4.5 Fagaceae: Fagus Sylvatica L.....	39
4.6 Fagaceae: Castanea sativa Mill. ....	40
4.7 Oleaceae: Fraxinus excelsior L. ....	42
4.8 Oleaceae: Fraxinus Ornus L.....	44
4.9 Oleaceae: Olea .....	45
4.10 Compositae .....	47
4.11 Graminaceae .....	48
4.12 Urticaceae .....	50
CAPITOLO 5 DISCUSSIONE.....	52
CONCLUSIONI .....	54
BIBLIOGRAFIA .....	55

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 - Tabella 2 1: Allergenicità dei Taxa interessati dal campionamento aerobiologico dell'ARPAM.....	25
Tabella 2 - Allergenicità, trend e significatività del trend risultanti dall'analisi dei dati della serie storica 2012-2022 .....	30
Tabella 3 - Tabella riassuntiva allergenicità, tendenza, significatività, correlazioni di Spearman.....	31
Tabella 4 - valori rilevati per le Betulacee dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022 .....	32
Tabella 5 - Valori rilevati per <i>Corylus avellana</i> L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022 .....	34
Tabella 6 - Valori rilevati per Cupressaceae/Taxaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022 .....	36
Tabella 7 - Valori rilevati per <i>Quercus</i> dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.	37
Tabella 8 - valori rilevati per <i>Fagus sylvatica</i> L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	39
Tabella 9 - Valori rilevati per <i>Castanea sativa</i> Mill. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022 .....	41
Tabella 10 - valori rilevati per <i>Fraxinus excelsior</i> L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022 .....	42
Tabella 11 - Valori rilevati per <i>Fraxinus ornus</i> dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	44
Tabella 12 - Valori rilevati per <i>Olea</i> dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	45
Tabella 13 - Valori rilevati per le Compositae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	47
Tabella 14 - Valori rilevati per le Graminaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	48
Tabella 15 - Valori rilevati per le Urticaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022.....	50



## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Ontano nero tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	14
Figura 2 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Betulla bianca, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	15
Figura 3 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Nocciolo, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la protezione ambientale - Umbria. <a href="https://www.arpa.umbria.it/">https://www.arpa.umbria.it/</a> .....	16
Figura 4 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Cuperssaceae e Taxaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	16
Figura 5 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Orniello, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la protezione ambientale - Umbria. <a href="https://www.arpa.umbria.it/">https://www.arpa.umbria.it/</a> .....	17
Figura 6 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Frassino, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	18
Figura 7 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Frassino, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	18
Figura 8 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Ambrosia e Artetmisia, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	19
Figura 9 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Graminaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	20
Figura 10 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Urticaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	20

Figura 11 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di <i>Quercus</i> , tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	21
Figura 12 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di <i>Fagus</i> , tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	22
Figura 13 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di <i>Castanea</i> , tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <a href="https://www.arpae.it/">https://www.arpae.it/</a> .....	22
Figura 14 - Localizzazione delle stazioni di campionamento aerobiologico e meteorologico di Castel di Lama (AP).....	26
Figura 15 - Andamento stagioni polliniche Betulaceae .....	33
Figura 16 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	33
Figura 17 - Andamento stagioni polliniche <i>Corylus avellana</i> L. ....	34
Figura 18 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	35
Figura 19 - Andamento stagioni polliniche Cupressaceae/Taxaceae.....	36
Figura 20 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	36
Figura 21 - Andamento stagioni polliniche di <i>Quercus</i> .....	38
Figura 22 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	38
Figura 23 - Andamento stagioni polliniche di <i>Fagus sylvatica</i> .....	39
Figura 24 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	40
Figura 25 - Andamento stagioni polliniche di <i>Castanea sativa</i> Mill. ....	41
Figura 26 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	41
Figura 27 - Andamento stagioni polliniche di <i>Fraxinus excelsior</i> L.....	43
Figura 28 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	43
Figura 29 - Andamento stagioni polliniche <i>Fraxinus ornus</i> .....	44
Figura 30 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	45
Figura 31 - Andamento stagioni polliniche <i>Olea</i> .....	46
Figura 32 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	46
Figura 33 - Andamento stagioni polliniche Compositae.....	47
Figura 34 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	48
Figura 35 - Andamento stagioni polliniche Graminaceae.....	49
Figura 36 - Trend della quantità di polline aerodisperso .....	49
Figura 37 - Andamento stagioni polliniche Urticaceae.....	50

Figura 38 - Trend della quantità di polline aerodisperso ..... 51

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

È cresciuta esponenzialmente negli ultimi anni la consapevolezza dell'importanza di un uso responsabile delle risorse naturali per la vita di ogni individuo sulla terra e le decisioni politiche a riguardo necessitano di approcci scientifici interdisciplinari, per costruire la resilienza ai cambiamenti climatici. L'aumento delle temperature e della CO<sub>2</sub>, insieme all'aumento degli eventi estremi, sono la manifestazione più evidente del cambiamento climatico in atto.

La temperatura è uno dei fattori principali che regola le diverse fasi fenologiche delle piante e il suo innalzamento ha ripercussioni sulle stagioni polliniche. Anche l'aumento dei livelli di CO<sub>2</sub> si ripercuote sulle piante, che aumentano la fotosintesi e di conseguenza sono indotte a produrre più polline, per periodi più lunghi e nel caso delle piante allergeniche, il fenomeno produce effetti negativi sulla salute umana (D'Amato, 2023). La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera terrestre è passata da 280 ppmv dell'epoca preindustriale a 395 ppmv nel 2013 e le previsioni per il 2050 sono che raggiungerà 467 ppmv. Le piante, che utilizzano la CO<sub>2</sub> nel processo fotosintetico come fonte di carbonio per la produzione di composti organici, nel loro processo evolutivo si sono progressivamente adattate ai cambiamenti dei livelli di CO<sub>2</sub> che si sono susseguiti nell'arco della storia geologica terrestre. Le modificazioni che vengono indotte dal processo di adattamento riguardano diversi fenomeni, tra cui la fenologia e la produzione di strutture legate alla riproduzione, come accade ad esempio per *l'Ambrosia artemisiifolia* L., specie infestante e dall'alto potere allergenico, che a seguito degli aumentati livelli di CO<sub>2</sub> produce quantità superiori di biomassa e soprattutto di polline. L'effetto è amplificato nelle zone urbane, dove la concentrazione di CO<sub>2</sub> è maggiore e dove la densità di popolazione è più elevata, esponendo i soggetti allergici ad un aggravarsi della patologia e le persone non sensibili, al rischio di sensibilizzazione (Vidotto et al., 2013).

E' stato osservato che nel mondo industrializzato si è verificato un aumento progressivo delle malattie legate alle pollinosi, causato in parte anche da un effettivo aumento della quantità di polline in aria. L'aumento della produzione pollinica come risposta ai cambiamenti climatici e in particolare all'aumento della temperatura è stato osservato anche nelle Poaceae. Nell'ultimo decennio sono state registrate le temperature più alte dei tempi moderni e ciò ha

comportato cambiamenti anche nella distribuzione ed intensità delle precipitazioni, influenzando anche la dispersione pollinica in atmosfera. L'aumento della CO<sub>2</sub> ha migliorato la fotosintesi, mentre l'aumento di temperatura ha inciso sulla germogliazione e fioritura, tempo di maturazione, quantità e dispersione del polline. Anche aspetti fenologici legati alla stagione pollinica vengono modificati e per alcune specie si assiste infatti ad un anticipo dell'antesi. Per le piante arboree l'anticipo per decennio è di cinque giorni, per le erbacee/arbustive è di circa tre giorni. Tuttavia vi sono piante che prediligono climi freschi e con fioriture invernali, che hanno registrato comportamenti in controtendenza, diminuendo la produzione di polline e accorciano la stagione pollinica (Clò et al., 2016). Le informazioni sulle variazioni della fenologia e quindi una modifica della stagione pollinica, possono essere utilizzati come bioindicatori del cambiamento climatico (Recio, M., et al. 2018).

Quando l'incidenza dei cambiamenti climatici interessa un aumento della produzione e dispersione pollinica delle piante di maggiore interesse allergenico, il problema diventa di salute pubblica.

La conoscenza dell'incidenza dei condizionamenti ambientali sulla dispersione pollinica consente di prevedere in anticipo i comportamenti futuri delle piante, con un notevole vantaggio in fatto di prevenzione e definizione dei trattamenti sanitari per i pazienti affetti da pollinosi. La possibilità di modellizzare le relazioni che legano i fattori climatici e la dispersione pollinica delle piante allergeniche, infatti, consente di ottenere un vantaggio sull'attenuazione degli effetti per i soggetti sensibili.

Scopo di questa tesi è di ricercare una relazione tra cambiamenti climatici e variazioni fenologiche dei taxa allergenici, partendo da un'analisi dei dati raccolti nella provincia di Ascoli Piceno, dal 2012 al 2022, indagando a scala locale un fenomeno ampiamente trattato nella letteratura nazionale e internazionale.

Lo studio ha approfondito i caratteri fenologici e quantitativi dei taxa maggiormente allergenici, focalizzando l'attenzione sul quantitativo di polline che viene disperso in aria e su come questo valore subisca una variazione alla luce dei cambiamenti climatici, valutati dal punto di vista delle variabili di temperatura e precipitazione. La conoscenza degli adattamenti alle variazioni di temperatura e precipitazione che i modelli previsionali hanno prospettato per il futuro prossimo, messi in atto delle piante allergeniche, funge da base per la pianificazione e gestione territoriale urbana e periurbana. Una razionale gestione del verde, infatti, alla luce delle conoscenze ottenute, può supportare l'ambiente medico ad attenuare gli effetti negativi sui soggetti allergici, migliorandone la qualità di vita negli ambienti urbani e periurbani.

# Capitolo 1

## IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO: CAMPIONAMENTO AEROBIOLOGICO E METEOROLOGICO

Nel territorio nazionale numerose sono le centraline dislocate per la raccolta e il monitoraggio dei dati ambientali. I dati rilevati in tutto il territorio nazionale dagli Enti preposti, forniscono una serie di informazioni puntuali di vario interesse. In questo studio sono stati presi in considerazione i dati rilevati per le variabili meteorologiche e la qualità dell'aria, monitorata in termini di particelle aerodisperse. In quest'ultimo ambito le informazioni disponibili riguardano sia particelle inquinanti (come PM10, PM 2,5 e altre) sia pollini allergenici aerodiffusi, entrambi indispensabili per monitorare la qualità dell'ambiente di vita. Sono stati analizzati i dati riguardanti la diffusione dei pollini responsabili delle pollinosi.

### 1.1 Il monitoraggio aerobiologico

#### 1.1.1 *La rete POLLnet*

Nel 2017 nasce il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), con l'entrata in vigore della legge 28 giugno 2016, n. 132: Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale. Della rete fanno parte l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le Agenzie regionali e delle province autonome di Trento e di Bolzano per la protezione dell'ambiente (ARPA; APPA). Lo scopo è quello di coordinare e rendere omogeneo ed efficace il lavoro di monitoraggio e controllo del territorio, supportare le politiche di sostenibilità ambientale e prevenzione sanitaria a tutela della salute pubblica.

Del SNPA fa parte POLLnet, una rete nazionale di monitoraggio di pollini e spore fungine d'interesse allergenico, che integra le reti regionali e provinciali delle ARPA/APPA e ne coordina il lavoro in assenza di una normativa specifica di riferimento in materia. Per perseguire adeguatamente le finalità della rete, un apposito gruppo di lavoro interagenziale ha realizzato un documento denominato "Linee guida POLLnet" che formalizza finalità, procedure e organizzazione della rete curandone fin nel dettaglio gli aspetti tecnici e gestionali. Le "Linee guida per il monitoraggio aerobiologico", costituiscono il documento operativo

attraverso il quale la rete si organizza e coordina le attività di monitoraggio, definisce le procedure tecniche coerenti con i principi e gli obiettivi indicati, al fine di garantire omogeneità nella raccolta e trattamento del dato a livello nazionale da parte di tutti i Centri di monitoraggio che ad essa afferiscono. L'ISPRA e le ARPA/APPA, aderenti alla rete POLLnet, provvedono all'aggiornamento delle "Linee guida per il monitoraggio aerobiologico" e allo sviluppo delle procedure di qualità.

La rete POLLnet fornisce informazioni di estrema utilità in campo sanitario per la diagnostica e prevenzione delle patologie legate alle pollinosi; nel settore ambientale per il monitoraggio della qualità dell'aria, la programmazione del verde pubblico, la valutazione della biodiversità di specie vegetali, il rilevamento di fenomeni legati ai cambiamenti climatici; nel campo della comunicazione, fornisce settimanalmente, attraverso i principali mezzi di informazione la situazione rilevata e previsionale sulla diffusione, in aria, di pollini e spore fungine, a scala nazionale e locale.

La rete POLLnet elabora specifici bollettini settimanali "Pollini e spore fungine", i calendari decadali di pollini e spore fungine - elaborati da serie storiche e aggiornati annualmente, e gli indici pollinici annuali. Gli indici pollinici, elaborati dalle ARPA/APPA, sono trasmessi a ISPRA per l'elaborazione di tabelle di sintesi a scala nazionale, pubblicate poi in documenti descrittivi.

#### *1.1.2 Il campionamento: metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici aerodispersi*

Il metodo di campionamento fa riferimento alla norma UNI 11108:2004, Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse.

L'aria da analizzare viene prelevata da una pompa aspirante montata su un campionatore volumetrico di tipo Hirst e diretta su un nastro di campionamento opportunamente trattato. Il campionatore è calibrato per un flusso di aria in entrata di 10 L al minuto (valore che riproduce la frequenza respiratoria umana). Il rullo contenente il nastro viene sostituito settimanalmente e portato in laboratorio, dove viene montato su vetrini e trattato con fuxina, per essere sottoposto a lettura attraverso microscopio ottico. Il conteggio dei granuli pollinici è di tipo statistico e si effettua su una frazione del vetrino di campionamento. La lettura deve garantire una superficie minima corrispondente a una percentuale di lettura di almeno il 15%. Per stimare la concentrazione media giornaliera dei pollini e delle spore, espressa in numero di particelle per m<sup>3</sup> di aria, è necessario applicare al conteggio delle particelle campionate una costante moltiplicativa, detta fattore di conversione (FC). Nella fase di campionamento e calcolo della concentrazione delle particelle aerodisperse sono individuabili alcuni tipi di

errore poiché l'intero processo di campionamento e conteggio pollinico sono affidati ad un operatore, al quale è affidato il compito del riconoscimento delle peculiarità strutturali delle particelle campionate. Tuttavia, assumendo che l'operatore sia perfettamente addestrato, si considera che l'errore sia trascurabile.

La classificazione dei pollini si basa principalmente su alcuni aspetti morfologici: sulla dimensione e forma del granulo, sulle caratteristiche della parete pollinica (scultura e struttura della parete esterna - esina), sulla presenza, sulla forma e sul numero delle aperture presenti, sullo spessore della parete interna - intina, sulla colorazione della parete e particolarità del citoplasma.

I dati di concentrazione atmosferica di pollini e spore fungine vengono diffusi tramite l'emissione di un "Bollettino dei Pollini e delle Spore Fungine" a cadenza settimanale sul sito POLLnet e sui siti istituzionali delle singole Agenzie Regionali e riassumono le informazioni sulla diffusione pollinica delle famiglie e/o generi botanici di maggior interesse allergologico. I dati prodotti vengono utilizzati principalmente in campo sanitario per la predisposizione dei trattamenti per i pazienti allergici, secondariamente per lo studio e il monitoraggio ambientale. Il Bollettino è pubblicato entro il mercoledì ed è disponibile per ogni Regione con i giudizi di concentrazione relativi alla singola stazione di monitoraggio e riporta: la situazione dei pollini rilevata nella settimana precedente; l'indicazione della previsione di diffusione (tendenza) per la settimana corrente. Il programma prevede la produzione di sei tipi di documenti riepilogativi (formato Excel), generati in tempo reale. I report permettono di estrarre i dati dalla banca dati ORACLE in un formato utile per eventuali consultazioni e ulteriori elaborazioni. Le stazioni di monitoraggio nella Regione Marche sono quattro e sono collocate a Pesaro, Ancona, Castel di Lama (AP) e Comunanza (AP).

## 1.2 Il monitoraggio meteorologico

Nella fase di analisi e comprensione del dato per l'elaborazione dei bollettini pollinici, la parte meteorologica assume un ruolo chiave. Infatti le condizioni meteorologiche possono influenzare la dispersione pollinica in atmosfera. Si osserva infatti un calo dei quantitativi di polline aerodiffuso in concomitanza con rovesci di alta intensità, che abbattano i granuli pollinici al suolo, impedendone la cattura da parte del campionatore; abbassamenti repentini di temperatura comportano una sospensione del rilascio pollinico in atmosfera da parte delle piante; scarsa presenza di vento, responsabile dello spostamento in atmosfera dei pollini di piante anemofile condiziona la quantità di particelle allergeniche nell'aria. La conoscenza



delle condizioni meteorologiche, quindi, è fondamentale per interpretare i dati ottenuti dal campionamento dell'aria.

Il monitoraggio meteorologico nella Regione Marche è affidato all'AMAP ( Agenzia per l'innovazione nel settore agroalimentare e della pesca "Marche Agricoltura e Pesca"), che svolge l'attività di rilevazioni delle variabili meteorologiche attraverso una fitta rete di centraline dislocate in tutta la regione. L'AMAP attraverso la rete agrometeo regionale implementa la banca dati con informazioni giornaliere. Sono disponibili serie storiche sui dati climatici molto più lunghe rispetto alle serie storiche riguardanti i campionamenti aerobiologici. Questi ultimi non potrebbero essere validamente interpretati se non correlati ad osservazioni meteorologiche concomitanti.

## Capitolo 2

# LE PIANTE ALLERGENICHE

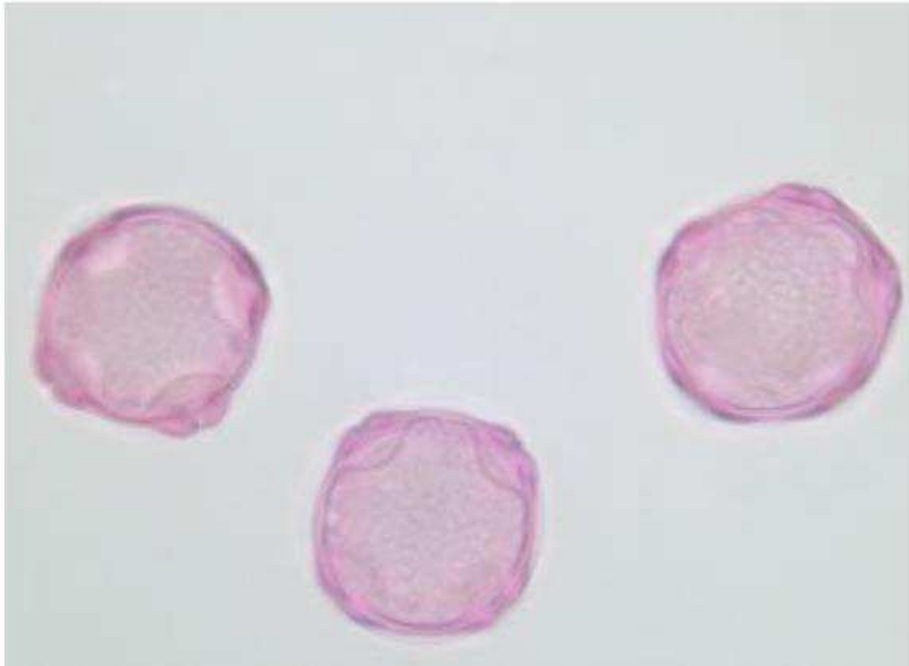
I campionamenti aerobiologici sono finalizzati alla rilevazione sul territorio dei pollini allergenici. L'ARPAM nella Regione Marche si occupa di rilevare la concentrazione pollinica di 44 taxa caratterizzati da diverso grado di allergenicità. In questo studio sono state approfondite le caratteristiche e i comportamenti di 12 di questi. Sono stati scelti quelli più allergenici come Betulaceae, Corilaceae (*Corylus avellana* L.), Cupressaceae/Taxaceae, Oleaceae (*Fraxinus ornus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Olea*), Compositae, Graminaceae, Urticaceae; a cui è stato aggiunto lo studio delle Fagaceae (*Quercus*, *Fagus sylvatica* L., *Castanea sativa* L.) che pur presentando un grado di allergenicità medio, hanno una importante diffusione sul territorio oggetto di studio.

### 2.1 Betulaceae

La famiglia delle Betulaceae in Europa è rappresentata dai generi *Alnus* e *Betula* ed è diffusa tra i 400 ed i 2000 m s.l.m. nelle regioni dell'Italia settentrionale e lungo la dorsale appenninica centrale.

#### 2.1.1 *Alnus glutinosa* L. (Ontano nero)

I granuli pollinici si presentano tetrapentazonopori, isopolari, oblatti o suboblatti, di grandezza compresa tra 22 e 34  $\mu\text{m}$ . L'esina è microechinata e ispessita intorno ai pori a formare aspides poco marcati. L'intina forma onci lievemente convessi al di sotto dei pori. La morfologia pollinica è simile a quella di *Corylus avellana* e *Ostrya carpinifolia*, questo ne rende difficile il riconoscimento.

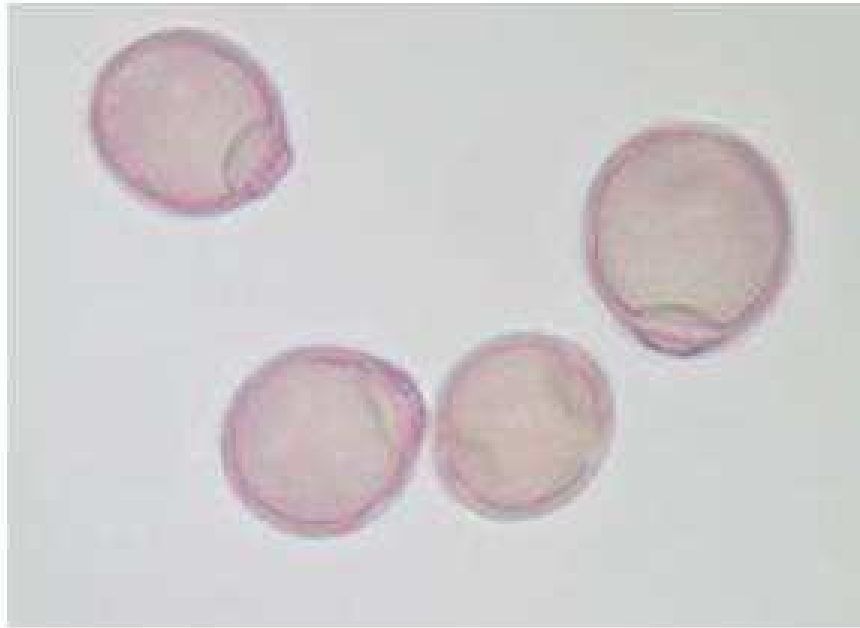


**Figura 1 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Ontano nero tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

#### *2.1.2 Betula pendula R. (Betulla bianca)*

La betulla bianca è un albero deciduo, poco longevo, il cui areale comprende l'Europa centro settentrionale, Asia media e boreale e il nord America. Poco frequente in Appennino, ma molto diffusa sulle Alpi dove arriva sino ai 2000 m.

Il granulo pollinico è isopolare, prevalentemente suboblato, tripurato. I pori sono circolari e circondati da un annulus. Esina con parete sottile e superficie liscia. Si ispessisce attorno ai pori formando aspides. Dimensioni medio-piccole (diametro maggiore 21-23).

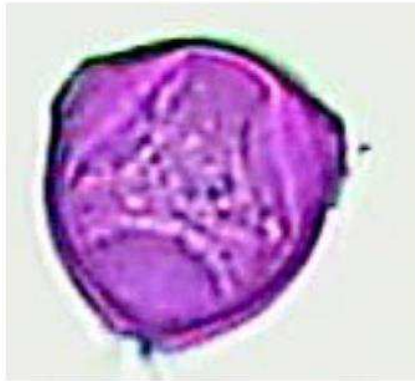


**Figura 2 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di *Betula bianca*, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell' Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

## **2.2 *Corylus avellana* L. (Nocciolo)**

Il nocciolo è un arbusto deciduo, poco longevo (60-70 anni), che cresce fino a 8 m di altezza nel sottobosco di foreste latifoglie e aghifoglie. Si trova nei sottoboschi appenninici e sulle Alpi, dal livello del mare fino a 1500 metri, raramente ad altitudini maggiori.

I pollini si presentano trizonoporati, isopolari, in genere suboblatti o suboblatti, di piccole dimensioni (19 -28  $\mu\text{m}$ ), con grossi onci che accompagnano i pori. I pori sono appena pronunciati dalla linea perimetrale che, in visione polare, è subtriangolare goniotrema. L'intina è piuttosto sottile e forma onci larghi e marcatamente convessi al di sotto dei pori. L'esina è scabrato-microechinata.



**Figura 3 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Nocciolo, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la protezione ambientale - Umbria.**  
<https://www.arpa.umbria.it/>

### **2.3 Cupressaceae/Taxaceae**

Alla famiglia delle cupressacee appartengono 113 specie di alberi e arbusti raggruppate in 17 generi. Vivono dal livello del mare fino a 700-800 m, e data la loro diffusione, rappresentano un elemento caratteristico del paesaggio italiano.

La famiglia delle Cupressaceae è rappresentata da specie arbustive e arboree appartenenti ai generi *Juniperus* (Ginepro), *Cupressus* (Cipresso) e *Thuja* (Tuia).

La famiglia delle Taxaceae comprende diversi generi arbustivi ed arborei di cui solo il *Taxus* (Tasso) è presente spontaneo in Italia



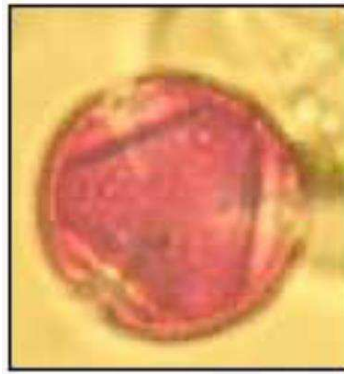
**Figura 4 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Cupressaceae e Taxaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna.** <https://www.arpae.it/>

## 2.4 Oleaceae

### 2.4.1 *Fraxinus ornus* L. (Orniello)

L'orniello è un piccolo albero, diffuso in tutta Italia, dalla pianura all'area collinare

Il Granulo pollinico simile a quello di *Fraxinus excelsior* ma di dimensioni leggermente inferiori; le maglie del reticolo hanno ampiezza decrescente in prossimità delle aperture.



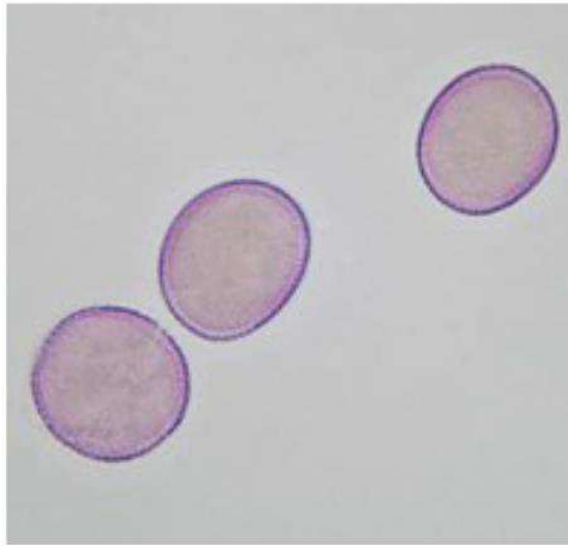
**Figura 5 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Orniello, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la protezione ambientale - Umbria.**

**<https://www.arpa.umbria.it/>**

### 2.4.2 *Fraxinus excelsior* L (Frassino maggiore)

Il frassino maggiore è presente in Italia settentrionale e centrale su boschi ripari, fino a 1500m.

I pollini si presentano tricolpati, ma talora tetracolpati (provvisto di tre o quattro aperture longitudinali), oppure tricolporati (provvisto di tre aperture composte cioè solchi + pori). Sono isopolari (senza differenze tra faccia prossimale e distale), in generale oblati (granulo non sferoidale più o meno schiacciato ai poli). L' esina è reticolata.

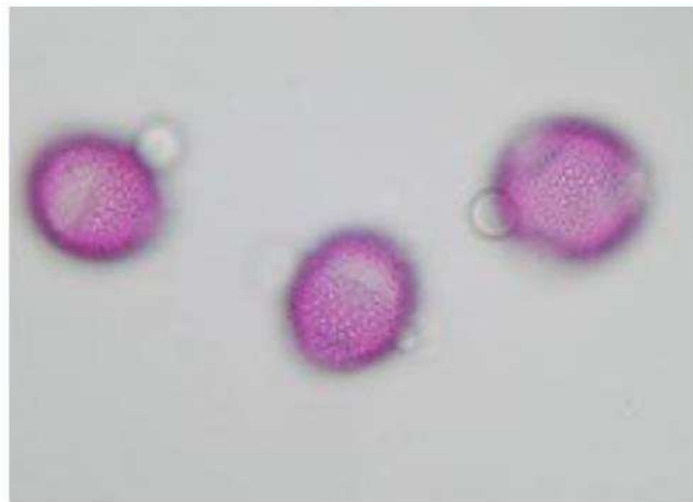


**Figura 6 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Frassino, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

#### 2.4.3 Olea

L'olivo è nativo della regione mediterranea ove è ampiamente diffuso. In Italia è presente principalmente in tutte le regioni centrali e meridionali.

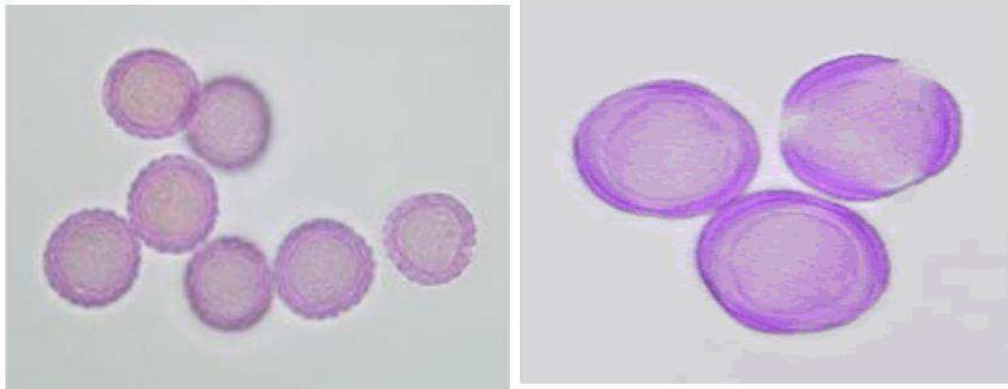
I granuli pollinici sono radiosimmetrici, isopolari, tri-tetrazonocolpati. L'esina subtettata, da medio reticolata a reticolata. I pollini dell'olivo presentano reattività incrociata con quelli del frassino ed hanno un elevato grado di allergenicità.



**Figura 7 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Frassino, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

## 2.5 Compositae

Quella delle composite è una delle famiglie più ricche di generi e specie, prevalentemente erbacee. Dal punto di vista del monitoraggio vengono distinte in particolare *Ambrosia artemisiifolia* L. (Ambrosia), appartiene alla flora infestante e l'*Artemisia vulgaris* L. (Artemisia o Assenzio selvatico) erba perenne aromatica che cresce soprattutto nei prati incolti.



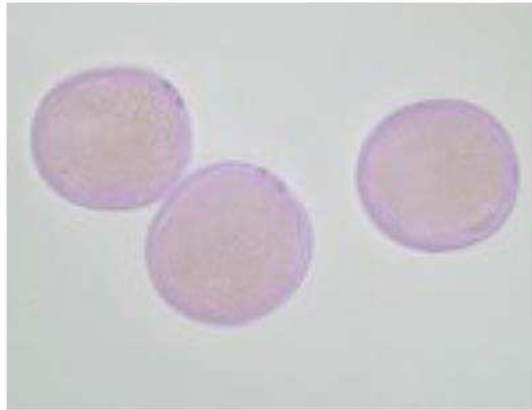
**Figura 8 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di *Ambrosia* e *Artemisia*, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell' Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

## 2.6 Graminaceae

Le graminacee sono una famiglia molto omogenea che comprende circa 5000 specie, quasi tutte erbacee, annue o perenni, distribuite su tutta la superficie terrestre.

I granuli pollinici delle graminaceae sono monoporati, eteropolari, da sferoidali a ovoidali, di dimensioni medie (25 – 40  $\mu\text{m}$ ). L'esina è finemente granulata o scabrata con elementi sculturali riuniti in gruppi. Il poro, di solito circolare, è circondato da annulus e coperto da un opercolo. L'intina è molto più spessa dell'esina, particolarmente sotto il poro.



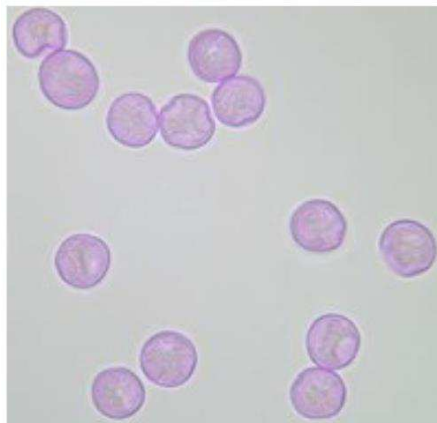


**Figura 9 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Graminaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

## 2.7 Urticaceae

La famiglia delle urticacee comprende circa 500 specie, che nel territorio marchigiano sono maggiormente rappresentate da piante erbacee come la parietaria (*P. officinalis* L.) e l'ortica (*U. dioica* L.).

I granuli pollinici sono triporati o tetrazonoporati, oblato-sferoidali, isopolari, di piccole dimensioni (14-19  $\mu\text{m}$ ). L'esina è microverrucata, leggermente ispessita attorno ai piccoli pori (< 2  $\mu\text{m}$ ) opercolati. L'intina, piuttosto sottile, forma onci convessi sotto i pori (fig. 3 – la barra è equivalente a 20  $\mu\text{m}$ ).



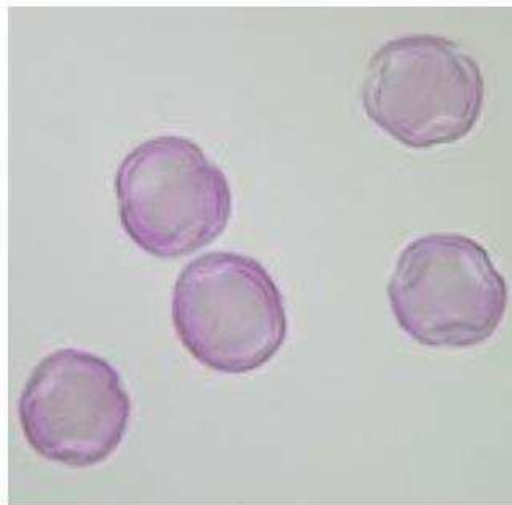
**Figura 10 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Urticaceae, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

## 2.8 Fagaceae

La famiglia delle fagacee riunisce unicamente piante legnose e comprende tre generi fra i più comuni nei boschi italiani: *Castanea* (Castagno), *Quercus* (Leccio, Quercia) e *Fagus* (Faggio).

### 2.8.1 *Quercus*

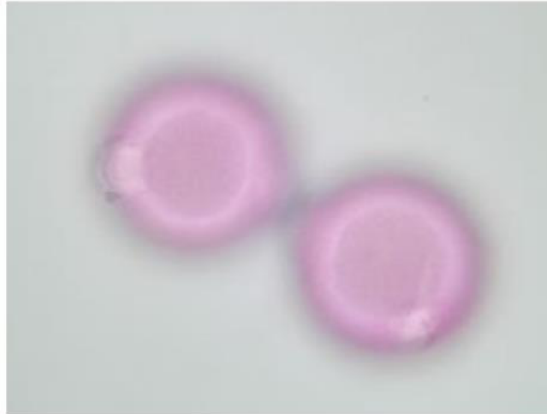
I granuli pollinici sono isopolari, prevalentemente suboblatti e tricoplati. Esina verrucata. Dimensioni da medio a medio-piccole (24,0 x 36 micron circa).



**Figura 11 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di *Quercus*, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

### 2.8.2 *Fagus sylvatica* L.

I granuli pollinici sono trizonocolporati, isopolari, oblatti-sferoidali, piuttosto grandi (40-45  $\mu\text{m}$ ). I colpi sono corti e acuti, per cui l'area polare è estesa. L'esina, piuttosto sottile, si ispessisce verso i pori ed è rugulata. L'intina forma onci sotto i pori.



**Figura 12 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Fagus, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**

### 2.8.3 Castanea Sativa Mill.

I pollini sono trizonocolporati, isopolari, subprolati, piccoli (11-16  $\mu\text{m}$ ). L'esina è sottile e debolmente rugulata. In visione polare il perimetro è più o meno circolare. I colpi sono sottili e lunghi; area polare piccola.



**Figura 13 - Immagine al microscopio ottico di granuli pollinici di Castanea, tratta dal sito web dell' Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. <https://www.arpae.it/>**



## Capitolo 3

### MATERIALI E METODI

La fenologia legata alla produzione pollinica e gli aspetti quantitativi sono stati studiati a partire dalla serie storica di dati sul polline aerodiffuso fornita da ARPA Marche, ottenuta dall'elaborazione dei campionamenti dell'aria effettuati dal 2010 al 2022. I dati giornalieri sono stati rilevati dal campionatore collocato presso il comune di Castel di Lama (AP) e sono poi stati confrontati e correlati con i dati giornalieri riguardanti le variabili meteorologiche (temperatura e precipitazione), rilevati dalla stazione di monitoraggio dell'AMAP collocata a pochi Km dal campionatore aerobiologico. I dati pollinici disponibili riguardano 44 taxa, ognuno dei quali è caratterizzato da un diverso grado di allergenicità (Tabella 1).

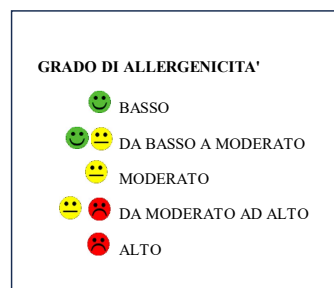
lo studio è stato condotto su una selezione di 12 taxa. Sono stati scelti quelli più allergenici come Betulaceae, Corilaceae (*Corylus avellana* L.), Cupressaceae/Taxaceae, Oleaceae (*Fraxinus ornus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Olea*), Compositae, Graminaceae, Urticaceae; a cui è stato aggiunto lo studio delle Fagaceae (*Quercus*, *Fagus sylvatica* L., *Castanea sativa* L.) che pur presentando un grado di allergenicità medio, hanno una importante diffusione sul territorio oggetto di studio.

Per questi Taxa sono state stimate, inoltre, le tendenze future, valutate anche in base all'incidenza delle variabili climatiche e dei cambiamenti climatici in atto.

**Tabella 1 - Tabella 2 1: Allergenicità dei Taxa interessati dal campionamento aerobiologico dell'ARPAM**

TAXA ARBOREI	ALTO	MEDIO	BASSO
Aceracee			😊
Araliacee			😊
Betulacee	😡		
Caprifoliacee			😊
Corilacee			
Corylus avellana L.	😡		
Ostrya carpinifolia Scop.		😊	
Carpinus betulus L.		😊	
Cupressacee/taxacee	😡	😊	
Fagacee			
Quercus		😊	😊
Fagus sylvatica L.		😊	
Castanea sativa Mill.		😊	
Hippocastanacee			😊
Mirtacee		😊	
Moracee			😊
Oleacee			
Fraxinus excelsior L.	😡	😊	
Fraxinus ornus L.	😡		
Olea	😡		
Pinacee			😊
Platanacee			😊
Salicacee			
Populus		😊	😊
Salix			😊
Ulmacee			😊
Juglandaceae			😊
Rosacee			😊
Tiliacee			😊

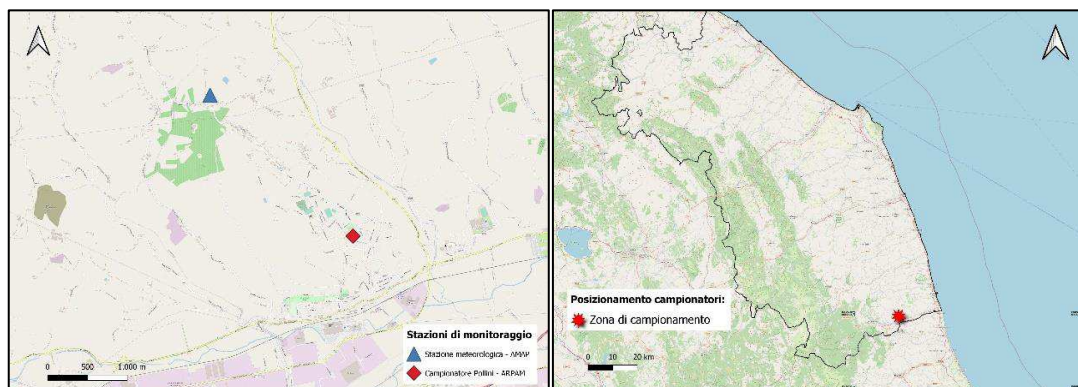
TAXA ERBACEI	ALTO	MEDIO	BASSO
Amarantacee		😊	😊
Chenopodiacee		😊	😊
Cannabacee			😊
Cyperacee			😊
Composite	😡		
Euforbiacee		😊	
Fabacee			😊
Graminacee	😡	😊	😊
Papaveracee			😊
Plantaginacee			😊
Poligonacee			😊
Ranunculacee			😊
Umbrellifere			😊
Urticacee	😡		



### 3.1 Inquadramento territoriale

Lo studio è stato attuato su una serie storica di dati aerobiologici e meteorologici rilevati dalle centraline posizionate nel territorio comunale di Caste di Lama (AP), a sud della Regione Marche, a 201 m. s.l.m. Il piccolo comune sorge in prossimità del fiume Tronto ed è circondato da zone collinari e alto collinari. Il paesaggio è caratterizzato da zone agricole e impianti produttivi, in cui si fondono elementi naturali e antropici, modellando il territorio

anche dal punto di vista della composizione floristica. Nella zona limitrofa al territorio comunale le aree boscate sono notevolmente ridotte per lasciare spazio agli ambienti agrari, nella zona collinare invece sono presenti boschi caducifogli di querce e boschi misti di latifoglie



**Figura 14 - Localizzazione delle stazioni di campionamento aerobiologico e meteorologico di Castel di Lama (AP)**

### 3.2 Raccolta ed elaborazione dati

Il campionatore di Castel di Lama (AP) è attivo dal 2010, campiona giornalmente l'aria circostante ed è posizionato sopra il tetto dell'edificio che ospita gli uffici comunali. L'attività di campionamento per questa stazione è stata eseguita con continuità anche nel periodo di restrizioni dovute al Covid-19, tuttavia i dati del 2010 e 2011 risultano incompleti in alcune parti, sono stati quindi eliminati poiché poco rappresentativi. I dati giornalieri di campionamento utilizzati sono quelli che partono dal 1° gennaio 2012 al 31 dicembre 2022.

Il dataset fornito per la serie storica riporta le concentrazioni medie giornaliere di polline per m<sup>3</sup> di aria, per ognuno dei 44 taxa, da cui sono stati estrapolati i valori per i 12 taxa studiati.

I dati mancanti nel dataset sorgente, indicati con la sigla NR (non rilevato), sono stati ipotizzati con le medie dei valori degli anni precedenti, come da prassi consolidata nella pratica di monitoraggio aerobiologico. Per le Oleacee, i dati del *Fraxinus excelsior* per il 2019 risultavano mancanti, sono stati ricavati dalla media dei tre anni precedenti. Da questo dataset opportunamente corretto con i dati mancanti e ristretto agli ultimi dieci anni, sono state estratte le variabili fenologiche per i 12 taxa:

- Inizio stagione pollinica.
- Fine stagione pollinica.
- Durata in giorni della stagione pollinica.
- Concentrazione totale di polline per m<sup>3</sup> di aria, campionata nell'anno.

L'inizio e la fine della stagione pollinica possono essere dedotti con diversi approcci. Le linee guida della rete POLLnet stabiliscono l'inizio della stagione il primo giorno in cui il valore della concentrazione media giornaliera raggiunge più di 1% dell'indice pollinico annuale (somma dei pollini totali annuali), ammesso che non seguano più di 6 giorni con una concentrazione media giornaliera uguale a zero. La stagione pollinica finisce nel giorno in cui viene raggiunto il 95% dell'indice pollinico annuale (Bucher E. et al., 2015). In questo lavoro, tuttavia, si è utilizzato l'approccio sopra descritto solo per le Cupressaceae e le Urticaceae, perché la particolare distribuzione del polline nell'arco dell'anno e la quantità totale di polline rilevato si prestano a questo approccio. Per gli altri Taxa è stata applicata una metodologia desunta da gran parte della letteratura, in base alla quale l'inizio della stagione pollinica viene fissato quando viene raggiunto il 2,5% (del totale annuo dei pollini) spot e termina quando viene raggiunto il 97,5% (del totale annuo dei pollini) cumulato (Adams-Groom, B et al. 2016).

La durata della stagione pollinica è stata desunta facendo il conto dei giorni tra l'inizio e la fine della stagione pollinica. La quantità totale di polline è stata ottenuta dalla somma dei conteggi giornalieri per metro cubo d'aria durante tutto l'anno.

Dopo aver definito tutti i valori fenologici e quantitativi, sono state dedotte le tendenze a lungo termine riguardo i due aspetti peculiari: la quantità di polline prodotta in un anno e la durata in giorni della stagione pollinica. In modo da avere una previsione su quali saranno le tendenze per i prossimi anni in base a quanto osservato dalla serie storica.

Per la stima delle tendenze della quantità di polline, è stato utilizzato un approccio basato sulle medie mobili (Scheifinger, H., et al. 2013). La scelta del metodo è stata dettata dalla necessità di lisciare il dato, evidenziando i pattern significativi e attenuando il rumore generato da valori anomali (Branca, G. et al. 2013).

La necessità di normalizzare i dati attraverso l'applicazione di alcune trasformazioni rappresenta, nel caso del polline, una scelta preferenziale. La produzione di polline, infatti, essendo un fenomeno naturale condizionato da diversi fattori ambientali stazionari e fisiologici, può facilmente presentare situazioni anomale che potrebbero invalidare il risultato finale. Nel 2020 ad esempio, si è osservato per molti Taxa e in generale per le piante arboree, un aumento considerevole e anomalo di produzione e dispersione di polline (Cristofolini et al. 2020). Per evitare che questi fenomeni anomali, limitati a condizioni del tutto eccezionali, possano condizionare il calcolo della tendenza e invalidare il risultato, sono state applicate delle correzioni di tipo matematico.



Per il calcolo delle medie mobili ogni anno è stato suddiviso in trimestri. E' stata calcolata la Media Mobile per 4 valori, generando un set di dati normalizzati rispetto ai dati di origine. E' stata calcolata una regressione lineare che ha generato una linea di tendenza. E' stata poi verificata la significatività della tendenza attraverso l'analisi della varianza.

E' stata verificata poi l'esistenza di un trend significativo nella durata della stagione pollinica, attraverso il test non parametrico di Mann-Kendall, mirato a dimostrare se la durata della stagione presenta la tendenza ad aumentare la sua durata in giorni o a diminuirla (Velasco-Jiménez, M. J., 2018).

Dopo aver definito i trend sono state analizzate le correlazioni con le variabili meteo. La serie di dati disponibile presentava le temperature medie giornaliere espresse in °C e la somma delle precipitazioni giornaliere espresse in millimetri, della serie storica analizzata, rilevate dalla centralina posizionata a Castel di Lama (AP).

La correlazione con le variabili meteorologiche è stata studiata con l'indice di correlazione di Spearman (Spearman, C. 1961) con un livello di confidenza fissato al 95%. Il calcolo del rho di Spearman consente di studiare le possibili correlazioni tra le concentrazioni di polline e parametri meteorologici (Fernández-Rodríguez, S. et al. 2014). Per lo studio della forza della correlazione tra quantità di polline prodotta e la variazione di temperatura, sono stati presi i valori totali della quantità di polline prodotta negli anni per tutta la serie storica e le temperature medie registrate durante la stagione pollinica. Per definire la temperatura media del periodo è stata fatta una media delle temperature giornaliere dei giorni interessati dalla stagione pollinica. Considerando che l'antesi, per avere inizio, è condizionata dalla temperatura e dalla stagione, sono state prese in considerazione solo le temperature prossime dalla stagione pollinica. La media è stata fatta partendo dieci giorni prima della data di inizio della stagione, proprio perché anche la temperatura che precede l'antesi è determinate.

Per la determinazione della correlazione tra quantità di polline prodotta e precipitazioni, sono state sommate le precipitazioni totali giornaliere per la stagione pollinica anticipata di dieci giorni e calcolata la correlazione di Spearman.

I risultati ottenuti sono valori compresi tra -1 (perfetta relazione negativa) e 1(perfetta relazione positiva). Il valore 0 indica che non è presente alcuna relazione tra le variabili analizzate. Quindi se l'indice di Spearman è vicino a zero, la relazione è definita debole, più l'indice si avvicina a +1 oppure a -1 più la relazione è definita forte. Infine è stata verificata la significatività del rho di Spearman.

Per l'applicazione dei test di Mann-Kendall e di Spearman non sono state applicate preventive trasformazioni dei dati, poiché si tratta di test basati sui ranghi, ovvero sugli indici

che denotano le posizioni occupate dalle osservazioni nel campione ordinato (Branca, G. et al. 2013).

## Capitolo 4 RISULTATI

I risultati ottenuti dall'analisi delle variabili quantitative hanno evidenziato come quattro taxa su 12 confermano la tendenza all'aumento del quantitativo di polline aerodisperso, mostrando significatività del trend. I pollini aerodispersi di *Corylus avellana* L., Cupressaceae/Taxaceae, Quercus e *Fagus Sylvatica* L. hanno dimostrato la tendenza ad aumentare la dispersione del polline progressivamente negli anni. Al contrario invece, per le Betulaceae e il *Fraxinus excelsior* L. è stata rilevata una tendenza alla diminuzione del quantitativo di polline aerodiffuso. La tendenza è stata confermata dalla significatività del trend. *Castanea sativa* L., *Fraxinus ornus* L. e Olea hanno presentato un trend in salita, ma non è risultato significativo (Tabella 2).

Il test di Mann-Kendal utilizzato per verificare la presenza di un trend nella durata della stagione pollinica non ha dato risultati significativi. Nessun taxa ha mostrato una tendenza verso una diminuzione o un aumento dei giorni della stagione pollinica.

**Tabella 2 - Allergenicità, trend e significatività del trend risultanti dall'analisi dei dati della serie storica 2012-2022**

TAXA ARBOREI	GRADO DI ALLERG.	TENDENZA QUANTITA' POLLINE AERODISPERSO	SIGNIFICATIVITA' DEL TREND
Betulacee	☹️	↓	✓
Corilacee			
Corylus avellana L.	☹️	↑	✓
Cupressacee/taxacee	☹️	↑	✓
Fagacee			
Quercus	😬	↑	✓
Fagus sylvatica L.	😬	↑	✓
Castanea sativa Mill.	😬	↑	✗
Oleacee			
Fraxinus excelsior L.	☹️	↓	✓
Fraxinus ornus L.	☹️	↑	✗
Olea	☹️	↑	✗

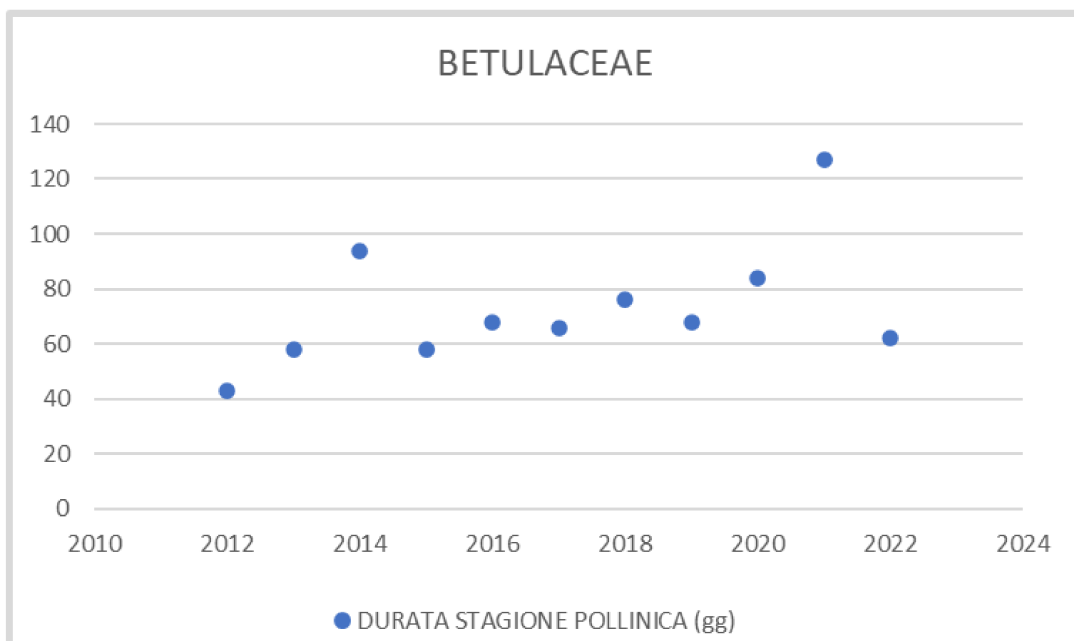
TAXA ERBACEI	GRADO DI ALLERG.	TENDENZA QUANTITA' POLLINE AERODISPERSO	SIGNIFICATIVITA' DEL TREND
Composite	☹	↓	✗
Graminacee	☹	↑	✗
Urticacee	☹	↓	✓

Le correlazioni tra quantità di polline aerodisperso e variabili meteo hanno evidenziato solo quattro situazioni significative. Il rho di Spearman, infatti, è risultato significativo solo per Cupressaceae/Taxaceae, Quercus e Olea, in rapporto alle precipitazioni; per il *Fraxinus excelsior* la significatività è dimostrata solo per il rapporto con le temperature. Tutti gli altri taxa non hanno dimostrato correlazioni significative con la variazione di temperatura del decennio (Tabella 3).

**Tabella 3 - Tabella riassuntiva allergenicità, tendenza, significatività, correlazioni di Spearman**

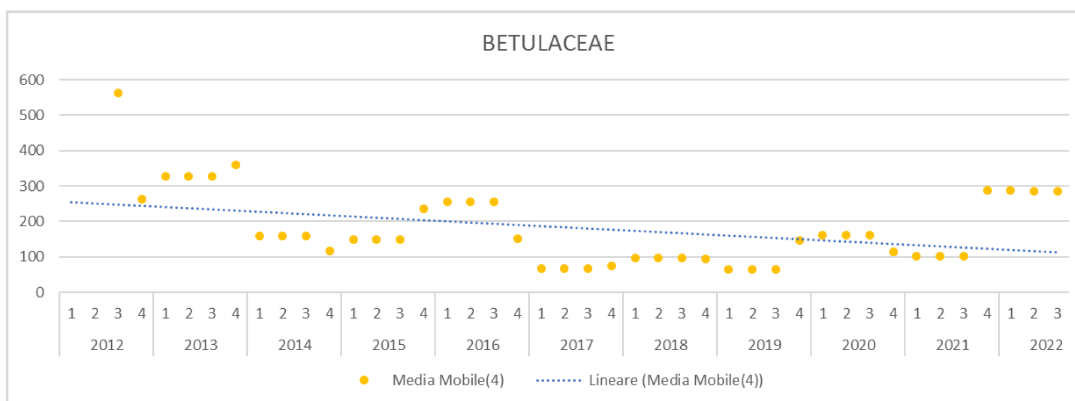
TAXA ARBOREI	GRADO DI ALLERG.	TENDENZA QUANTITA' POLLINE AERODISPERSO	SIGNIFICATIVITA' DEL TREND	CORRELAZIONE CON PRECIPITAZIONI mm	CORRELAZIONE CON TEMPERATURE °C
Betulacee	☹	↓	✓	-0,3	-0,509
Corilacee					
Corylus avellana L.	☹	↑	✓	0,173	0
Cupressacee/taxacee	☹	↑	✓	-0,845	-0,191
Fagacee					
Quercus	☺	↑	✓	-0,636	0
Fagus sylvatica L.	☺	↑	✓	-0,3	0,282
Castanea sativa Mill.	☺	↑	✗	-0,254	0,364
Oleacee					
Fraxinus excelsior L.	☹	↓	✓	0,0273	0,754
Fraxinus ornus L.	☹	↑	✗	0,582	-0,382
Olea	☹	↑	✗	-0,682	-0,054





**Figura 15 - Andamento stagioni polliniche Betulaceae**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in discesa per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica delle Betulaceae dovrebbe subire un decremento (Figura 16).



**Figura 16 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

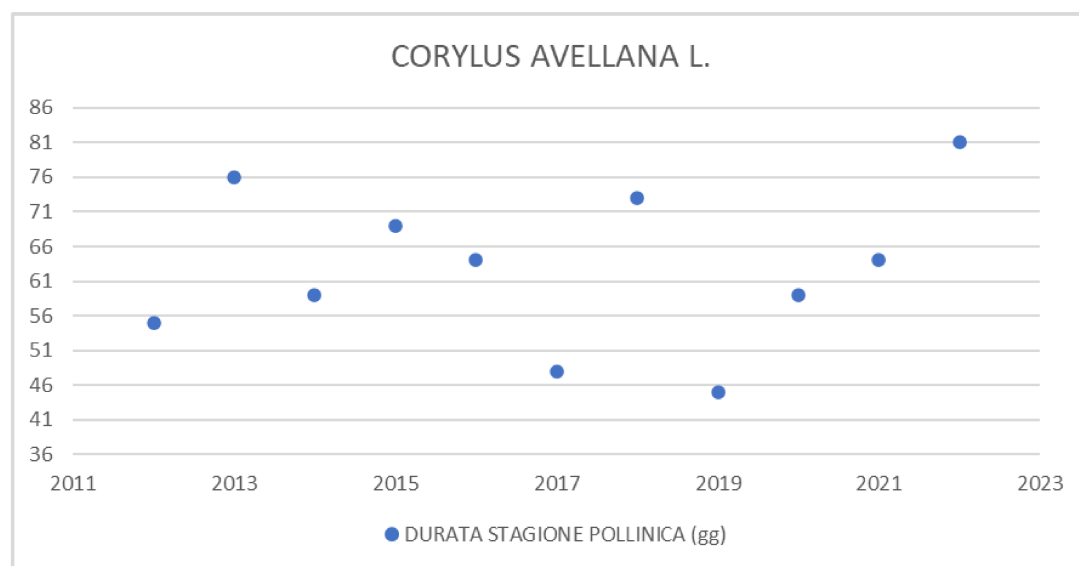
Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.

#### 4.2 Corilaceae: *Corylus avellana* L.

La stagione pollinica del *Corylus* ha registrato un valore di picco nel 2022 dove sono stati contati 81 giorni (valore massimo) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tutti tra 55 giorni del 2012 (durata minima) e 76 giorni del 2013. L'inizio della stagione si rimane costante nel mese di gennaio, oscillando tra l'inizio e la fine del mese o i primi giorni del mese successivo. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend. La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2022, in concomitanza con la stagione pollinica più lunga del decennio, in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 1.259,20 granuli pollinici. Il valore massimo si discosta molto dai valori degli anni successivi (Tabella 5).

**Tabella 5 - Valori rilevati per *Corylus avellana* L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

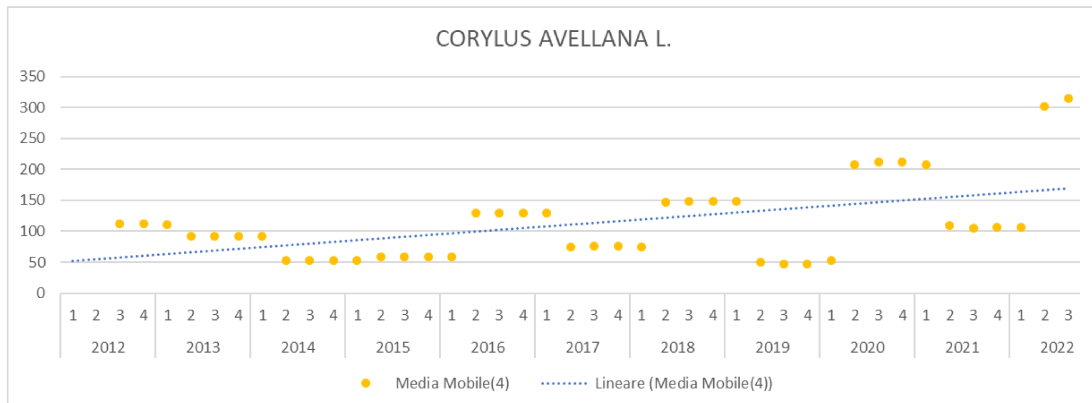
INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	11,2669752	9,2223625	5,27095016	5,880635	12,9346481	7,5779319	14,8084665	4,7616795	21,271289	10,572917	31,4801129
INIZIO STAGIONE POLLINICA	22-gen	05-gen	19-gen	09-gen	11-gen	01-feb	08-gen	18-gen	28-gen	22-gen	17-gen
FINE STAGIONE POLLINICA	18-mar	22-mar	19-mar	19-mar	16-mar	21-mar	22-mar	04-mar	28-mar	27-mar	08-apr
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	55	76	59	69	64	48	73	45	59	64	81
QTA' TOTALE POLLINI	450,68	368,89	210,84	235,23	517,39	303,12	592,34	190,47	850,85	422,92	1.259,20



**Figura 17 - Andamento stagioni polliniche *Corylus avellana* L.**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal

2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica del *Corylus avellana* L. dovrebbe subire un incremento (Figura 18).



**Figura 18 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.

### 4.3 Cupressaceae/Taxaceae

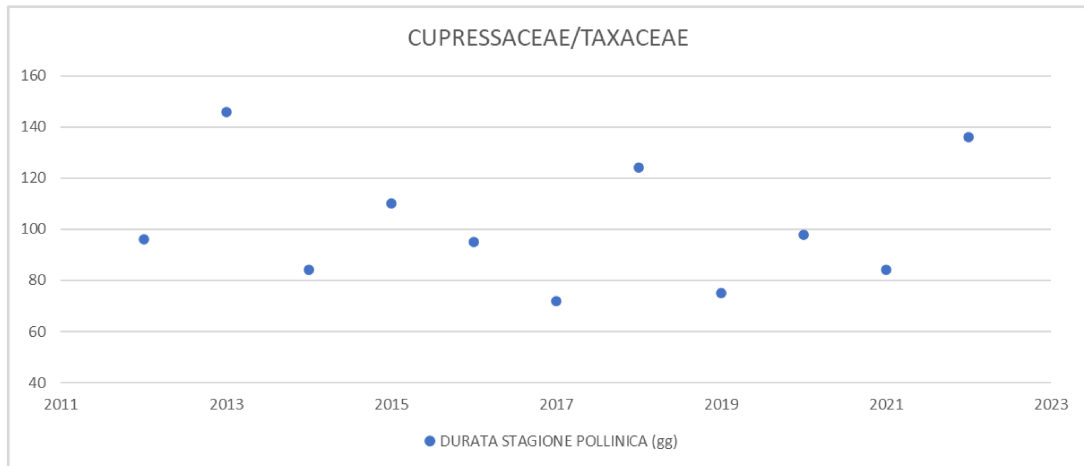
La stagione pollinica delle Cupressaceae/ Taxaceae ha registrato un valore di picco nel 2013 dove sono stati contati 146 giorni (valore massimo) di durata della stagione. Valori altrettanto elevati sono stati rilevati nel 2015 (110 giorni), nel 2018 (124 giorni) e nel 2022 (136 giorni). Gli altri valori si attestano tutti tra 72 del 2017 (durata minima) e 98 del 2020. L'inizio della stagione rimane costante nel mese di gennaio, oscillando tra l'inizio e la fine del mese o i primi giorni del mese successivo, non si evidenzia una propensione all'anticipo della stagione. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2021, nonostante la stagione pollinica non fosse la più lunga del decennio, in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 35.399,94 granuli pollinici. Il valore massimo si discosta molto dai valori degli anni successivi (Tabella 6).



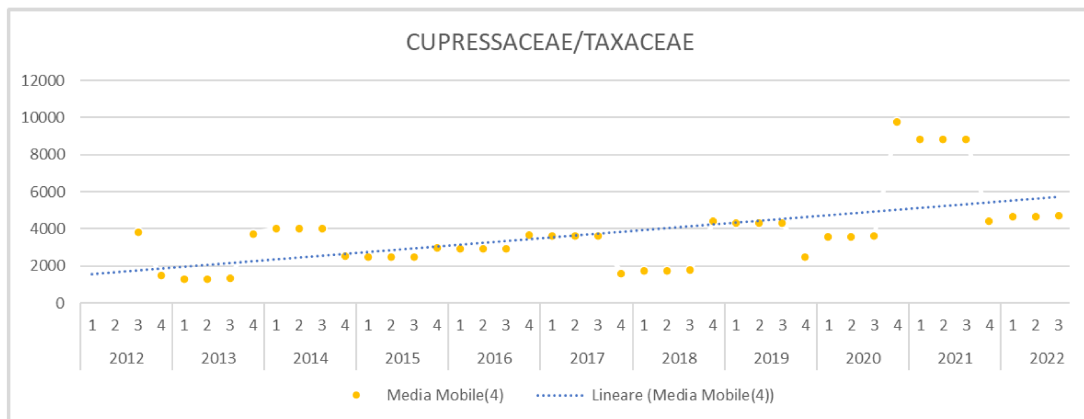
**Tabella 6 - Valori rilevati per Cupressaceae/Taxaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*1%	153,38	53,14	160,36	99,93	117,70	145,00	70,99	171,99	145,79	354,00	188,07
INIZIO STAGIONE POLLINICA	21-gen	21-gen	18-gen	18-gen	09-gen	01-feb	04-gen	05-feb	28-gen	21-gen	05-gen
FINE STAGIONE POLLINICA	27-apr	16-giu	12-apr	08-mag	14-apr	14-apr	08-mag	21-apr	06-mag	15-apr	21-mag
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	96	146	84	110	95	72	124	75	98	84	136
QTA' TOTALE POLLINI	15.337,72	5.313,74	16.035,76	9.992,77	11.770,22	14.500,38	7.098,71	17.198,61	14.578,81	35.399,94	18.807,39



**Figura 19 - Andamento stagioni polliniche Cupressaceae/Taxaceae**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica delle Cuperssaceae/Taxaceae dovrebbe subire un incremento (Figura 20).



**Figura 20 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato che: il coefficiente di correlazione di Spearman calcolato sulla temperatura media della stagione non è risultato significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni di temperatura e aumento della produzione pollinica; la correlazione con le precipitazioni invece, ha prodotto un risultato pari a  $r = -0,854$  significativo. La correlazione con le piogge risulta abbastanza forte e negativa. Ciò indica che l'aumento di polline per le Cupressaceae/Taxaceae è favorito dalla diminuzione delle precipitazioni.

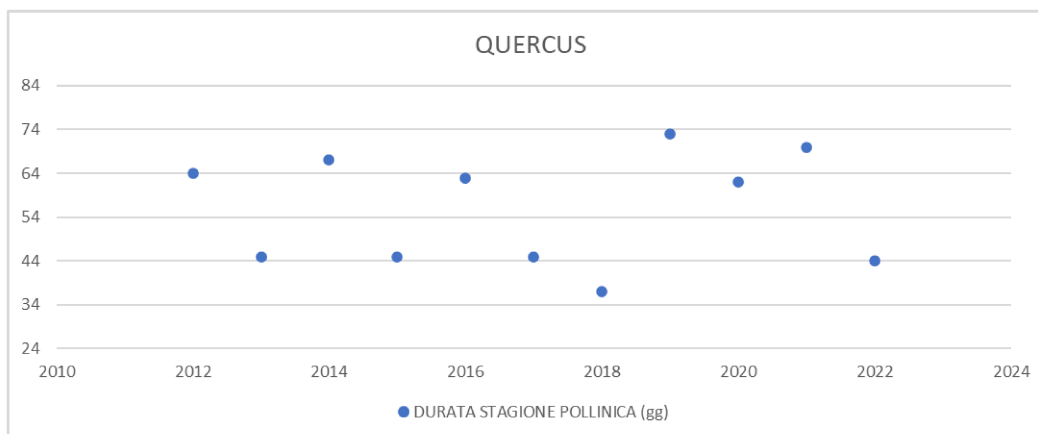
#### 4.4 Fagaceae: Quercus

La stagione pollinica del Quercus ha registrato un valore di picco nel 2019 dove sono stati contati 73 giorni (valore massimo) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tutti tra 37 giorni del 2018 (durata minima) e 70 giorni del 2021. L'inizio della stagione si rimane costante nel mese di aprile, oscillando tra la prima metà e la seconda metà del mese. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2017, nonostante la stagione pollinica fosse piuttosto corta rispetto ad altre stagioni (45 giorni), in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 8.896,95 granuli pollinici. Nel 2021 si registra un'altra dispersione pollinica importante, infatti la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 7.480,33. Questi due valori si discostano molto dai valori degli altri anni della serie storica (Tabella 7).

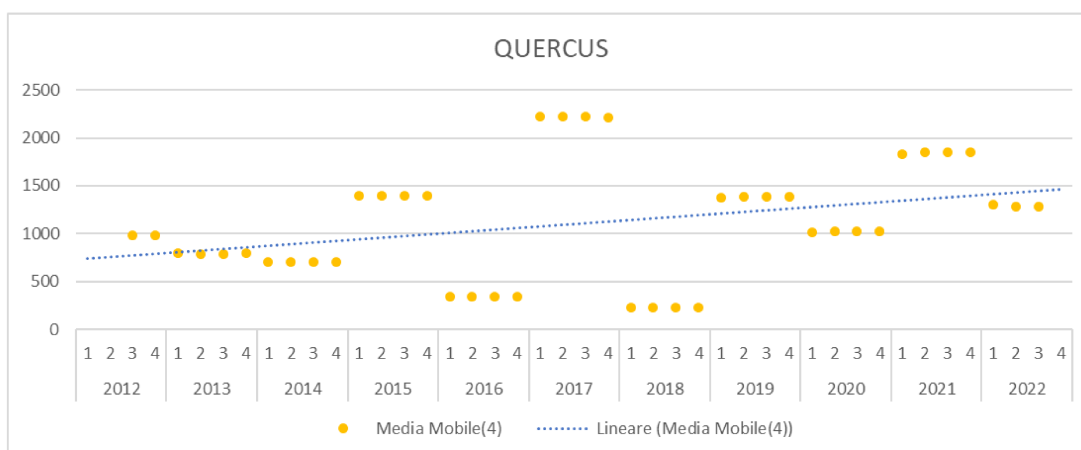
**Tabella 7 - Valori rilevati per Quercus dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	98,54552	79,07841	70,61239	139,2351	34,17508	222,4237	22,64836	138,2765	101,9073	185,2083	128,4217
INIZIO STAGIONE POLLINICA	06-apr	15-apr	01-apr	16-apr	08-apr	04-apr	24-apr	02-apr	13-apr	13-apr	23-apr
FINE STAGIONE POLLINICA	09-giu	30-mag	07-giu	31-mag	10-giu	19-mag	31-mag	14-giu	14-giu	22-giu	06-giu
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	64	45	67	45	63	45	37	73	62	70	44
QTA' TOTALE POLLINI	3.941,82	3.163,14	2.824,50	5.569,40	1.367,00	8.896,95	905,93	5.531,06	4.076,29	7.408,33	5.136,87



**Figura 21 - Andamento stagioni polliniche di Quercus**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica di Quercus dovrebbe subire un incremento (Figura 22).



**Figura 22 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato che: il coefficiente di correlazione di Spearman calcolato sulla temperatura media della stagione è risultato  $r = 0$ . Questo significa che non esiste una correlazione tra la variazione di temperatura e la quantità di polline aerodisperso. La correlazione con le precipitazioni invece, ha prodotto un risultato pari a  $r = -0,636$  significativo. Il valore si avvicina leggermente a -1, si può quindi pensare che la diminuzione delle precipitazioni favorisca in parte la dispersione pollinica.

#### 4.5 Fagaceae: *Fagus Sylvatica* L.

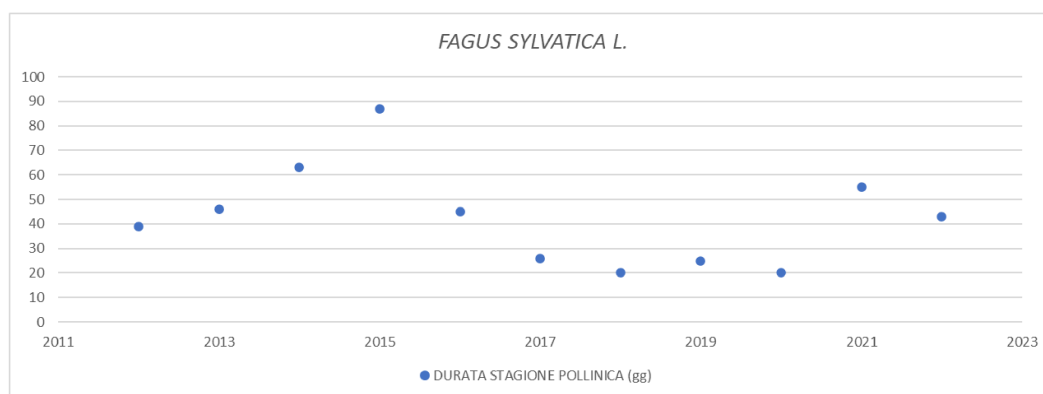
La stagione pollinica del *Fagus sylvatica* ha registrato un valore di picco nel 2015 dove la durata è stata di 87 giorni (valore massimo della serie storica). Gli altri valori si attestano tutti tra i 20 giorni del 2018 (durata minima) e i 63 giorni del 2014.

L'inizio della stagione si rimane costante nel mese di aprile, tranne che nel 2021 in cui anticipa al 15 marzo. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2020, nonostante la stagione pollinica fosse la più corta di tutta la serie storica, insieme a quella del 2018 (20 giorni), in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 1.884,64 granuli pollinici. Questo valore si discosta molto dai valori degli altri anni della serie storica, rappresentando un evento del tutto eccezionale per il faggio, soprattutto se confrontato con i valori rilevati nel 2014 (7,51 granuli pollinici per m<sup>3</sup> di aria), (Tabella 8).

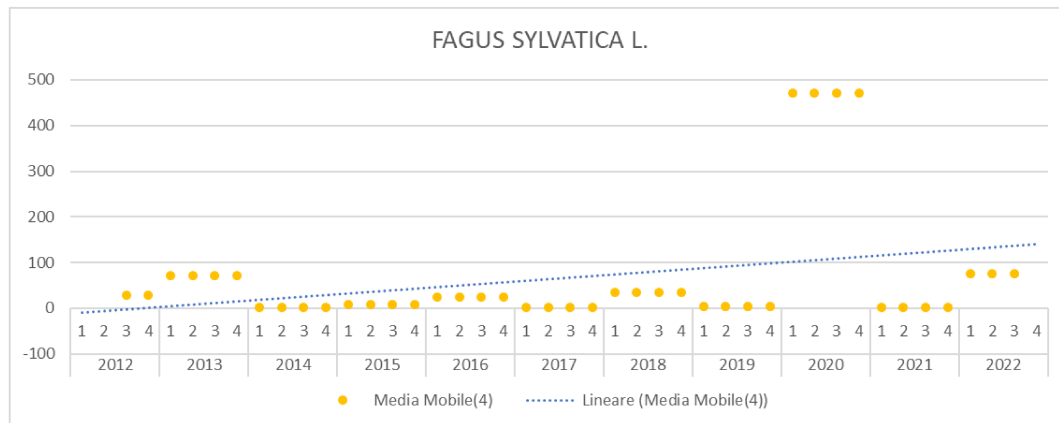
**Tabella 8 - valori rilevati per *Fagus sylvatica* L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	2,797839	7,119482	0,187816	0,729167	2,518939	0,22096	3,39173	0,408775	47,11595	0,143624	7,634154
INIZIO STAGIONE POLLINICA	26-apr	17-apr	21-apr	10-apr	12-apr	27-apr	24-apr	22-apr	27-apr	15-mar	16-apr
FINE STAGIONE POLLINICA	04-giu	02-giu	23-giu	06-lug	27-mag	23-mag	14-mag	17-mag	17-mag	09-mag	29-mag
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	39	46	63	87	45	26	20	25	20	55	43
QTA' TOTALE POLLINI	111,91	284,78	7,51	29,17	100,76	8,84	135,67	16,35	1.884,64	5,74	305,37



**Figura 23 - Andamento stagioni polliniche di *Fagus sylvatica***

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica di *Fagus sylvatica* L. dovrebbe subire un incremento (Figura 24).



**Figura 24 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni meteorologiche e aumento della produzione pollinica

#### 4.6 Fagaceae: *Castanea sativa* Mill.

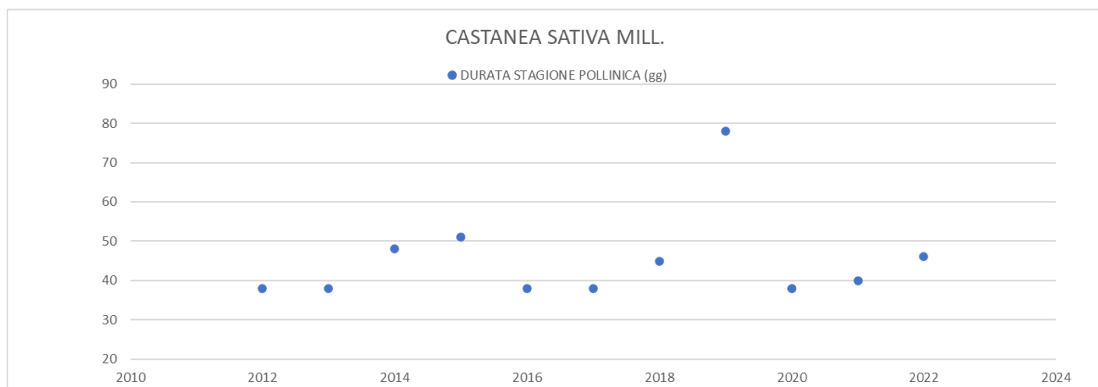
La stagione pollinica per *Castanea sativa* ha registrato un valore di picco nel 2019 in cui la durata è stata di 78 giorni (valore massimo della serie storica). Gli altri valori si attestano tutti tra i 38 giorni del 2018 (durata minima) e i 51 giorni del 2015.

L'inizio della stagione si rimane costante nel mese di giugno e termina tra luglio e agosto. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2022 e uno nel 2012, in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 1.039,63 e di 1.057,07 granuli pollinici. Questi due valori si discostano molto dai restanti valori della serie storica (Tabella 9).

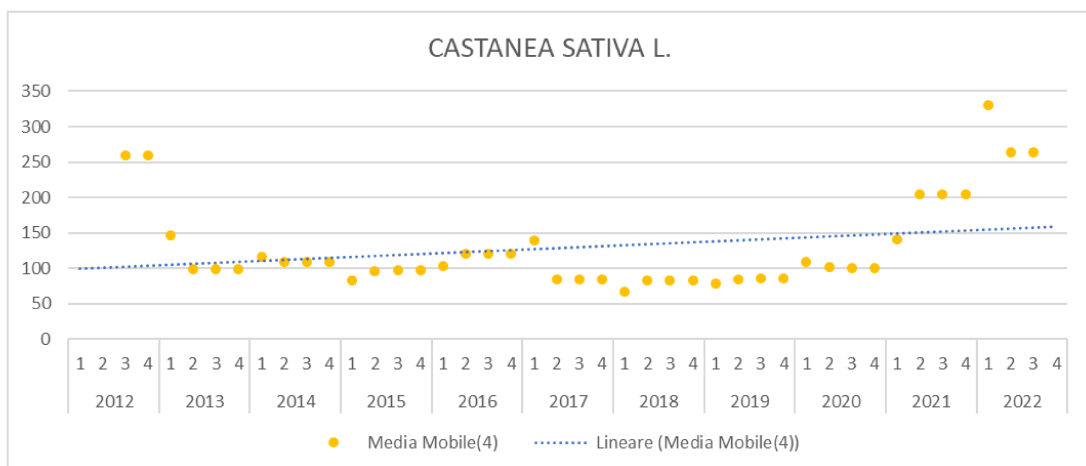
**Tabella 9 - Valori rilevati per *Castanea sativa* Mill. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	25,99074	9,934998	10,83864	9,680731	12,04006	8,506945	8,329194	8,606376	10,02052	20,42771	26,42677
INIZIO STAGIONE POLLINICA	18-giu	22-giu	11-giu	23-giu	24-giu	13-giu	15-giu	25-giu	23-giu	23-giu	08-giu
FINE STAGIONE POLLINICA	26-lug	30-lug	29-lug	13-ago	01-ago	21-lug	30-lug	11-set	31-lug	02-ago	24-lug
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	38	38	48	51	38	38	45	78	38	40	46
QTA' TOTALE POLLINI	1.039,63	397,40	433,55	387,23	481,60	340,28	333,17	344,26	400,82	817,11	1.057,07



**Figura 25 - Andamento stagioni polliniche di *Castanea sativa* Mill.**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022, ma la tendenza tuttavia non è risultata significativa. Non è possibile quindi, affermare che nei prossimi anni la dispersione pollinica di *Castanea sativa* sarà in aumento (Figura 26).



**Figura 26 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.

#### 4.7 Oleaceae: *Fraxinus excelsior* L.

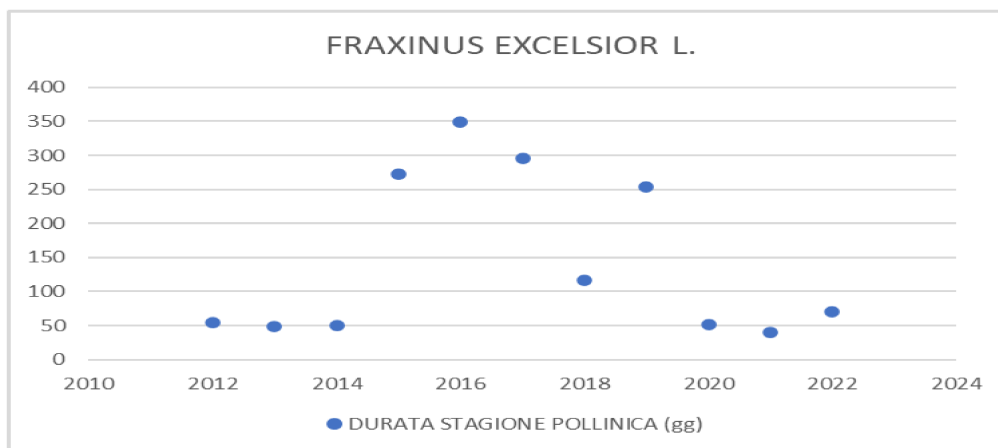
La stagione pollinica per *Fraxinus excelsior* L. ha registrato un andamento anomalo tra il 2015, 2016, 2017 e 2018 (si esclude il valore del 2019 poiché è un'ipotesi dedotta dalla media dei tre anni precedenti) in cui le stagioni polliniche si sono prolungate per ben 272, 349, 296 e 116 giorni rispettivamente. Gli altri valori si attestano tutti tra i 40 giorni del 2021 (durata minima) e i 71 giorni del 2022.

L'inizio della stagione si rimane costante tra i mesi di febbraio e marzo, ad esclusione del 2016 e 2018, in cui si è registrato un inizio anticipato a gennaio. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend significativo.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2012, in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 652,69 granuli pollinici (Tabella 10).

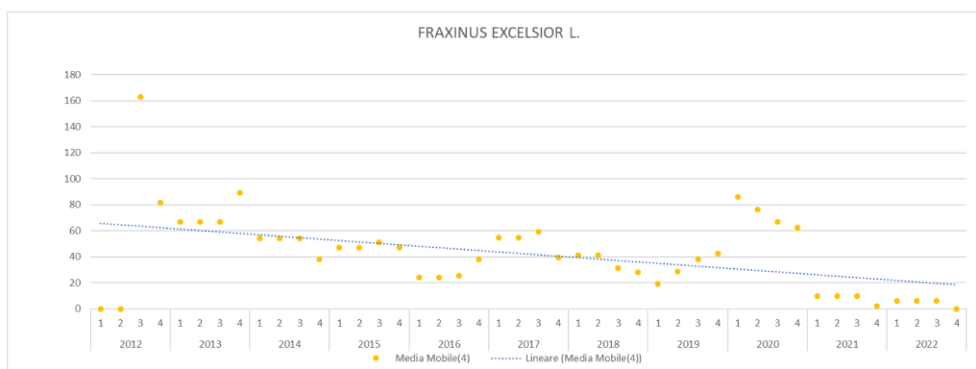
**Tabella 10 - valori rilevati per *Fraxinus excelsior* L. dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	16,31713	6,697204	5,436479	5,124299	2,548073	5,935302	3,125596	0	6,699986	0,972222	0,614759
INIZIO STAGIONE POLLINICA	03-mar	07-mar	18-feb	25-mar	11-gen	05-mar	06-gen		19-mar	19-feb	28-feb
FINE STAGIONE POLLINICA	26-apr	25-apr	09-apr	22-dic	26-dic	26-dic	02-mag		10-mag	31-mar	10-mag
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	54	49	50	272	349	296	116	254	52	40	71
QTA' TOTALE POLLINI	652,69	267,89	217,46	204,97	101,92	237,41	125,02	154,79	268,00	38,89	24,59



**Figura 27 - Andamento stagioni polliniche di *Fraxinus excelsior* L..**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in discesa per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022, la tendenza è risultata significativa. E' possibile quindi, affermare che nei prossimi anni la dispersione pollinica di *Fraxinus excelsior* dovrebbe diminuire (Figura 28).



**Figura 28 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato che: il coefficiente di correlazione di Spearman calcolato sulla temperatura media della stagione è risultato  $r = 0,754$  ed è risultato significativo. Questo significa che la correlazione tra la variazione di temperatura e la quantità di polline aerodisperso è abbastanza forte e positiva, quindi è ipotizzabile che all'aumentare delle temperature anche la quantità di polline aerodisperso possa aumentare. La correlazione con le precipitazioni ha prodotto un risultato che non consente di affermare che quantità di pollini e precipitazioni siano correlate non essendo significativo.



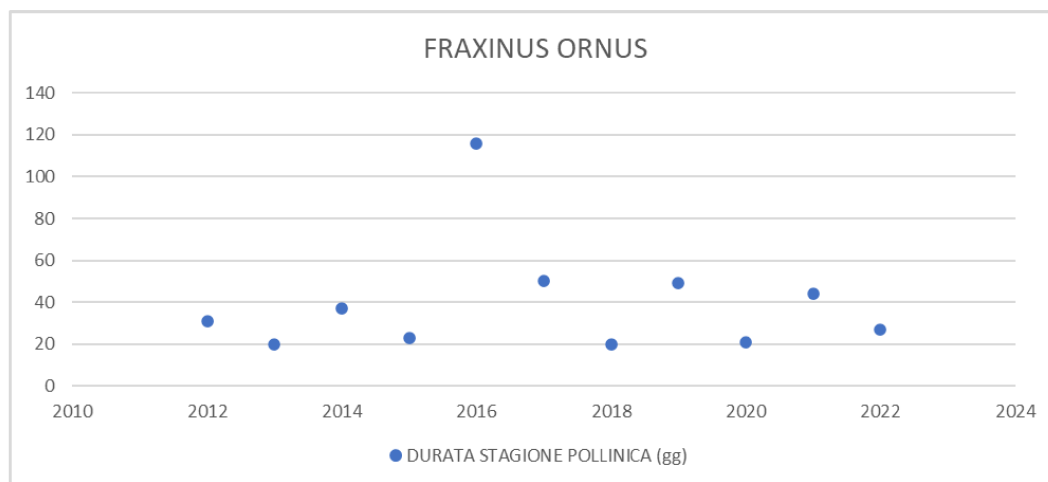
#### 4.8 Oleaceae: *Fraxinus Ornus* L.

La stagione pollinica del *Fraxinus ornus* ha registrato un valore di picco nel 2016 dove la stagione è durata 116 giorni (valore massimo della serie storica). Gli altri valori si attestano tutti tra 20 giorni del 2013 e 2018 (durata minima) e 50 giorni del 2017. L'inizio della stagione rimane abbastanza stabile intorno al mese di aprile, con un inizio anticipato anomalo nel 2019 registrato a gennaio. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend significativo.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2020 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 5.864,98 granuli pollinici. I valori legati alla quantità di polline aerodisperso sono molto variabili negli anni, passando da 29,61 granuli pollinici del 2017 (valore minimo) a 4.587,54 del 2018 (valore massimo) escludendo il valore di picco (Tabella 11).

**Tabella 11 - Valori rilevati per *Fraxinus ornus* dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

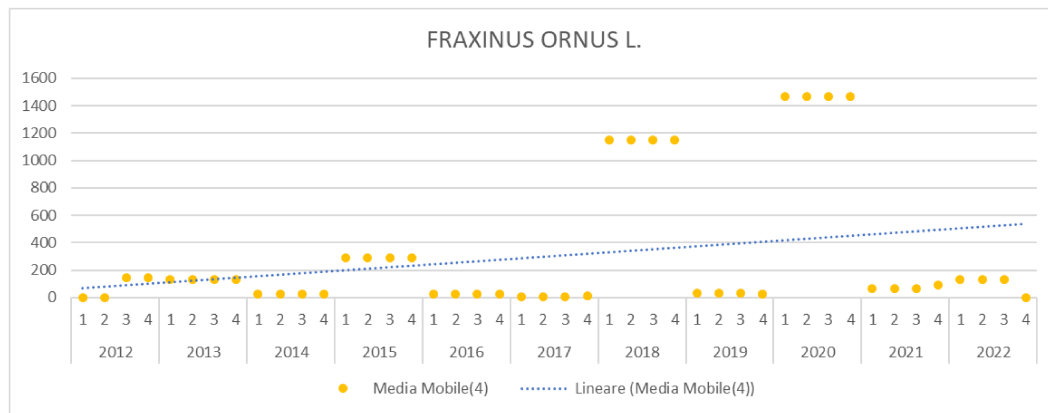
INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	14,13503	13,27795	2,375316	29,00094	2,507891	0,740215	114,6886	3,17077	146,6246	6,67298	13,45644
INIZIO STAGIONE POLLINICA	24-apr	27-apr	17-apr	23-apr	29-gen	01-apr	23-apr	09-mar	25-apr	26-apr	03-mag
FINE STAGIONE POLLINICA	25-mag	17-mag	24-mag	16-mag	25-mag	21-mag	13-mag	27-apr	16-mag	09-giu	30-mag
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	31	20	37	23	116	50	20	49	21	44	27
QTA' TOTALE POLLINI	565,40	531,12	95,01	1.160,04	100,32	29,61	4.587,54	126,83	5.864,98	266,92	538,26



**Figura 29 - Andamento stagioni polliniche *Fraxinus ornus***

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal

2012 al 2022. La tendenza però non è risultata significativa, non è possibile affermare che il trend della quantità di polline aerodiffuso è in aumento (Figura 30).



**Figura 30 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

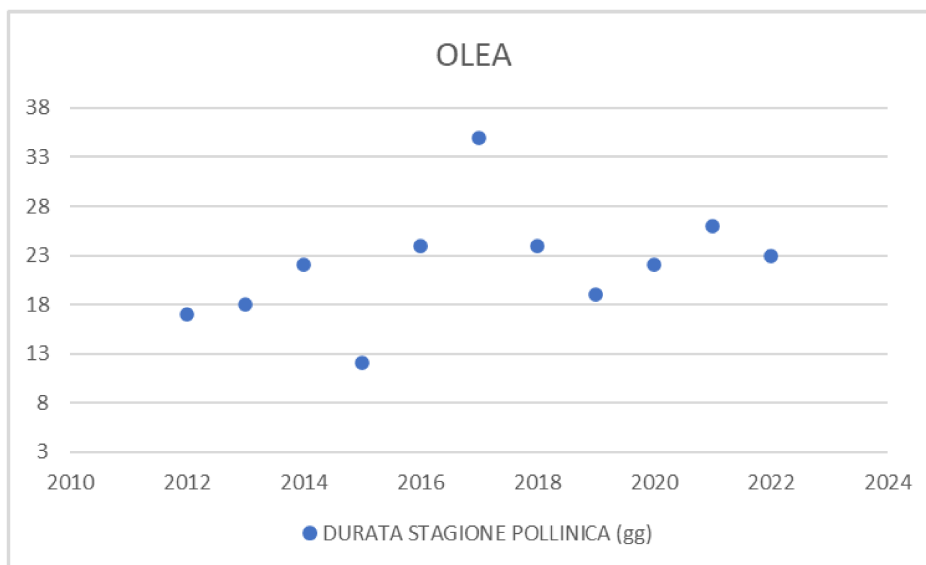
#### 4.9 Oleaceae: Olea

La stagione pollinica dell'Olea ha registrato un valore di picco nel 2017 dove sono stati contati 35 giorni (valore massimo) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tutti tra 12 giorni del 2015 (durata minima) e 26 giorni del 2021. L'inizio della stagione si rimane costante alla fine di maggio e inizio di giugno e le durate in giorni delle stagioni di tutta la serie storica sono abbastanza omogenee. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica, il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

A stagioni piuttosto brevi se confrontate con gli altri Taxa, corrisponde una dispersione pollinica importante lungo tutta la serie storica. La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2021 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 8.629,36 granuli pollinici. Il valore massimo si discosta molto dai valori degli altri anni, tuttavia il valore minimo è rappresentato da 1.513,13 del 2019, che rappresenta comunque una quantità importante di polline aerodisperso (Tabella 12).

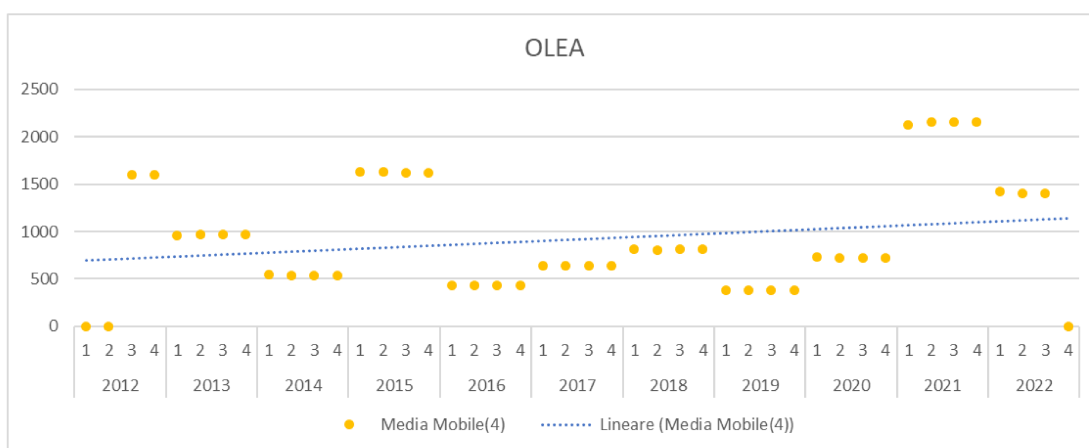
**Tabella 12 - Valori rilevati per Olea dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	159,7361106	96,60026	53,94729	162,5687	42,7876	64,0849	81,15846	37,82828	72,4637	215,7339	140,8838
INIZIO STAGIONE POLLINICA	25-mag	03-giu	22-mag	28-mag	23-mag	23-mag	23-mag	04-giu	21-mag	28-mag	21-mag
FINE STAGIONE POLLINICA	11-giu	21-giu	13-giu	09-giu	16-giu	27-giu	16-giu	23-giu	12-giu	23-giu	13-giu
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	17	18	22	12	24	35	24	19	22	26	23
QTA' TOTALE POLLINI	6.389,44	3.864,01	2.157,89	6.502,75	1.711,50	2.563,40	3.246,34	1.513,13	2.898,55	8.629,36	5.635,35



**Figura 31 - Andamento stagioni polliniche Olea**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza tuttavia non è risultata significativa, quindi non è possibile stabilire che nei prossimi anni l'Olea aumenterà il polline aerodiffuso (Figura 32).



**Figura 32 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato che: il coefficiente di correlazione di Spearman calcolato sulla temperatura media della stagione è risultato non significativo; la correlazione con le precipitazioni invece, ha prodotto un risultato pari a  $r = -0,682$  significativo. Il valore si avvicina leggermente a -1, si può quindi pensare che la diminuzione delle precipitazioni favorisca in parte la dispersione pollinica.

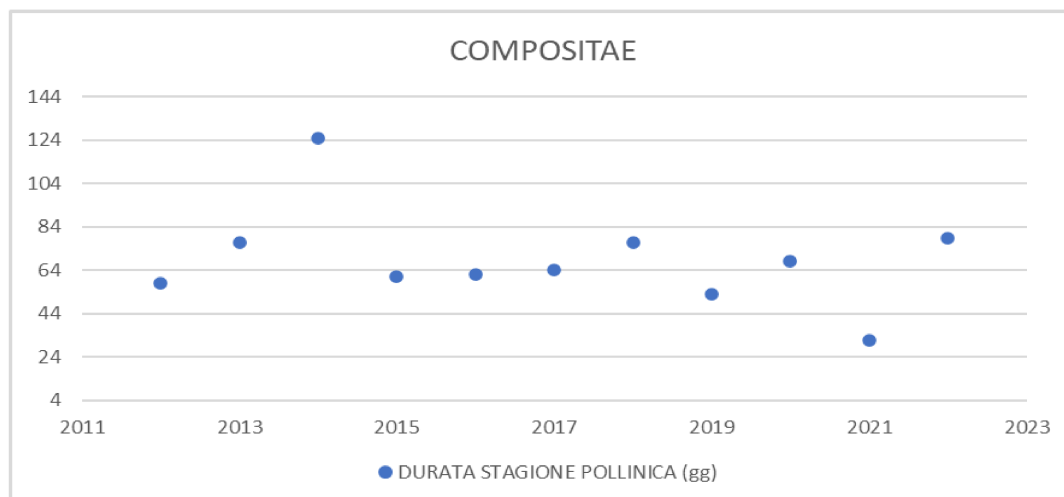
#### 4.10 Compositae

La stagione pollinica delle Compositae ha registrato un valore di picco nel 2014 dove sono stati contati 125 giorni (durata massima) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tutti tra 32 giorni del 2021 (durata minima) e 79 giorni del 2022. L'inizio della stagione è costante nel mese di agosto, ad eccezione del 2014 in cui si evidenzia un anticipo a giugno. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2012 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 624,68 granuli pollinici. I valori relativi alla quantità di polline aerodisperso sono abbastanza omogenei lungo tutto il periodo se si esclude il valore minimo del 2017 (165,06 granuli pollinici per m<sup>3</sup>), (Tabella 13).

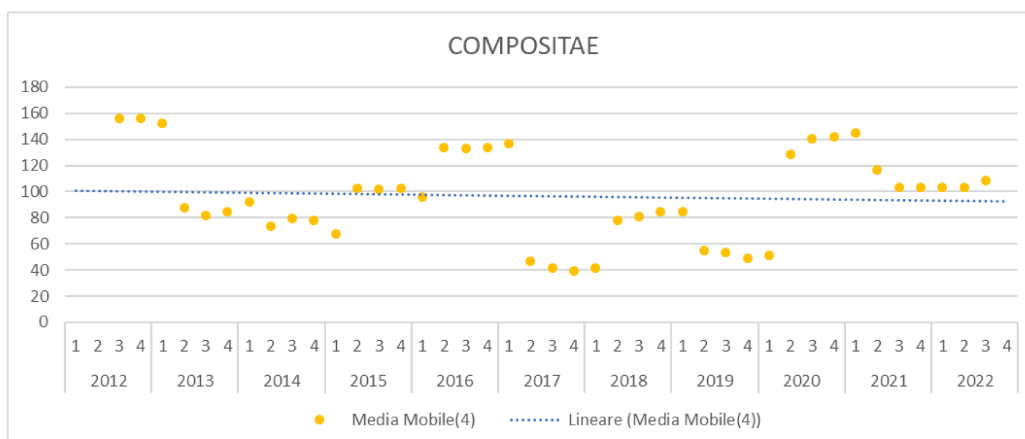
**Tabella 13 - Valori rilevati per le Compositae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	15,61693	8,180988	7,980733	10,15001	13,2764	4,126516	8,119283	5,314078	14,04051	10,32986	10,82677
INIZIO STAGIONE POLLINICA	11-ago	06-ago	13-giu	12-ago	14-ago	15-ago	16-ago	13-ago	07-ago	03-set	07-ago
FINE STAGIONE POLLINICA	08-ott	22-ott	16-ott	12-ott	15-ott	18-ott	01-nov	05-ott	14-ott	05-ott	25-ott
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	58	77	125	61	62	64	77	53	68	32	79
QTA' TOTALE POLLINI	624,68	327,24	319,23	406,00	531,06	165,06	324,77	212,56	561,62	413,19	433,07



**Figura 33 - Andamento stagioni polliniche Compositae**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in discesa per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza però non è risultata significativa, non è possibile stabilire che ci sarà una diminuzione del polline aerodiffuso nei prossimi anni (Figura 34).



**Figura 34 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.

#### 4.11 Graminaceae

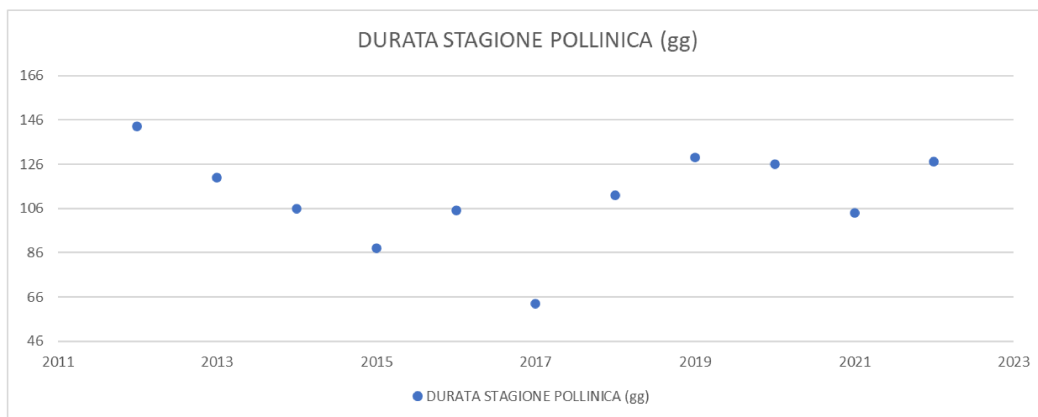
La stagione pollinica delle Graminaceae ha registrato un valore di picco nel 2012 dove sono stati contati 143 giorni (durata massima) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tutti tra 63 giorni del 2017 (durata minima) e 127 giorni del 2022. L'inizio della stagione è costante nel mese di maggio per tutta la serie storica.

Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2015 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 6.107,13 granuli pollinici. I valori relativi alla quantità di polline aerodisperso sono alti lungo tutto il periodo, il valore minimo infatti è di 2.095,84 granuli pollinici per m<sup>3</sup> di aria (Tabella 14).

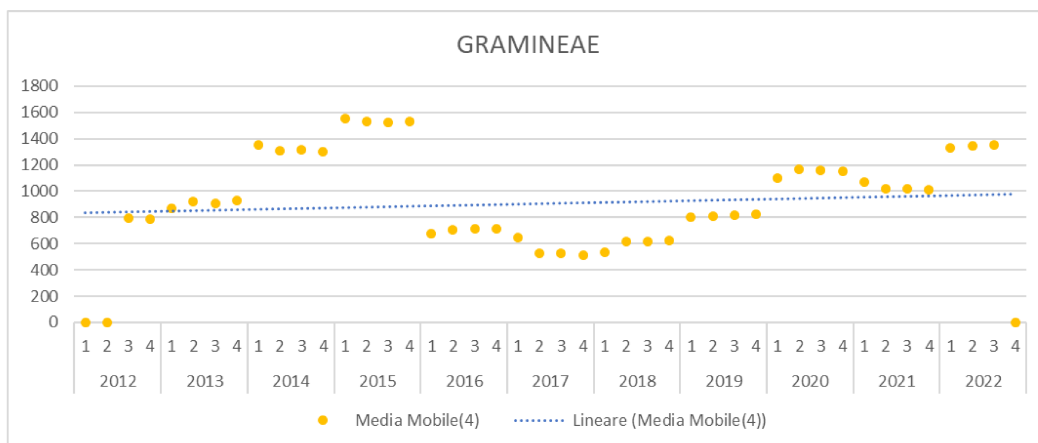
**Tabella 14 - Valori rilevati per le Graminaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*2,5%	79,259435	90,608244	131,42578	152,67827	71,225372	52,395978	61,838245	81,688763	115,96573	101,44255	135,24937
INIZIO STAGIONE POLLINICA	09-mag	07-mag	06-mag	07-mag	22-mag	08-mag	24-mag	11-mag	08-mag	11-mag	11-mag
FINE STAGIONE POLLINICA	29-set	04-set	20-ago	03-ago	04-set	10-lug	13-set	17-set	11-set	23-ago	15-set
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	143	120	106	88	105	63	112	129	126	104	127
QTA' TOTALE POLLINI GRAMINEAE	3.170,38	3.624,33	5.257,03	6.107,13	2.849,01	2.095,84	2.473,53	3.267,55	4.638,63	4.057,70	5.409,97



**Figura 35 - Andamento stagioni polliniche Graminaceae**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza però non è risultata significativa, non è possibile stabilire che ci sarà un aumento del polline aerodiffuso di Graminaceae nei prossimi anni (Figura 36).



**Figura 36 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.

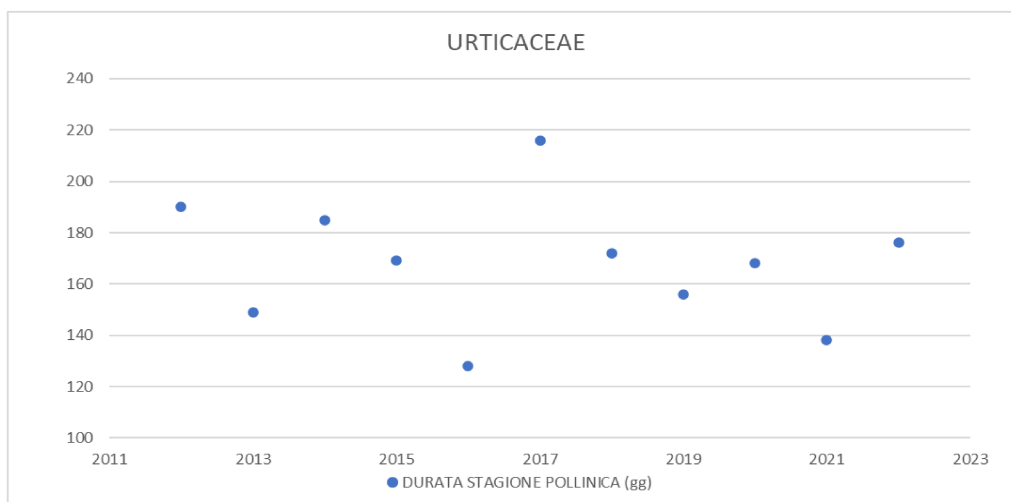
#### 4.12 Urticaceae

La stagione pollinica delle Urticaceae ha registrato un valore di picco nel 2017 dove sono stati contati 216 giorni (valore massimo) di durata della stagione. Gli altri valori si attestano tra 128 giorni del 2016 (durata minima) e 190 giorni del 2012. L'inizio della stagione avviene generalmente ad aprile, ma nel 2021 è stato anticipato ai primi giorni di maggio. Analizzando la durata delle stagioni polliniche della serie storica il test di Mann-Kendall non ha evidenziato la presenza di un trend.

La quantità di pollini aerodispersi ha registrato un valore massimo nel 2014 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 6.975,23 granuli pollinici, seguito dal 2020 in cui la concentrazione totale media per m<sup>3</sup> di aria è stata di 5.166,49. Entrambi i valori si discostano abbastanza dai valori degli altri anni della serie storica (Tabella 15).

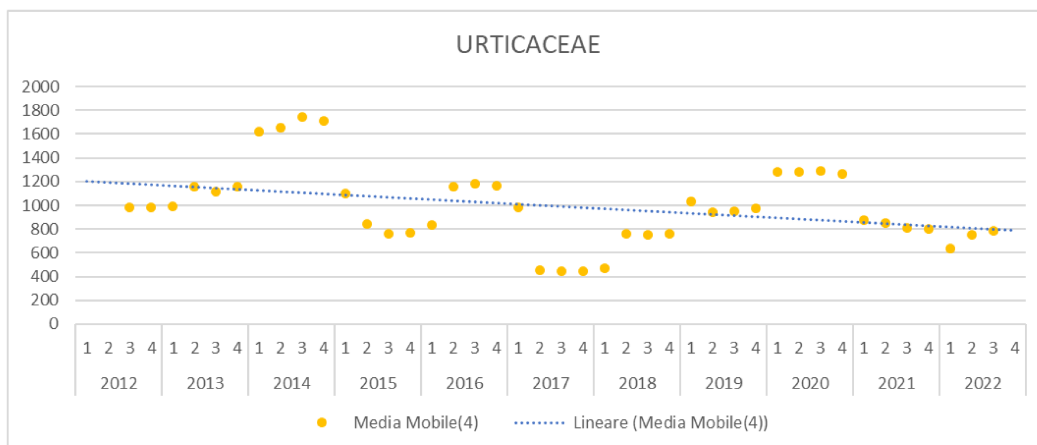
**Tabella 15 - Valori rilevati per le Urticaceae dalle osservazioni sulla serie storica 2012-2022**

INDICE POLLINICO ANNUALE*1%	39,46878	44,70808	69,7523	30,41524	47,31512	17,92119	30,10029	37,86805	51,66487	32,32639	31,38873
INIZIO STAGIONE POLLINICA	01-apr	16-apr	08-apr	13-apr	26-mag	01-apr	20-apr	28-apr	11-apr	01-mag	22-apr
FINE STAGIONE POLLINICA	08-ott	12-set	10-ott	29-set	01-ott	03-nov	09-ott	01-ott	26-set	16-set	15-ott
ANNO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DURATA STAGIONE POLLINICA (gg)	190	149	185	169	128	216	172	156	168	138	176
QTA' TOTALE POLLINI	3.946,88	4.470,81	6.975,23	3.041,52	4.731,51	1.792,12	3.010,03	3.786,81	5.166,49	3.232,64	3.138,87



**Figura 37 - Andamento stagioni polliniche Urticaceae**

La media mobile delle quantità di polline aerodisperso, calcolata sui trimestri della serie storica, ha evidenziato un trend in salita per quanto riguarda la quantità di polline prodotta dal 2012 al 2022. La tendenza è risultata significativa, ciò conferma che nei prossimi anni la dispersione pollinica delle Urticaceae dovrebbe subire un incremento (Figura 38).



**Figura 38 - Trend della quantità di polline aerodisperso**

Le correlazioni con le variabili meteorologiche di temperatura e precipitazioni hanno evidenziato un coefficiente di correlazione di Spearman non significativo, si può affermare quindi che non è dimostrato un legame tra variazioni climatiche e aumento della produzione pollinica.



## Capitolo 5

### DISCUSSIONE

I risultati dell'analisi fenologica e quantitativa dei 12 taxa ha mostrato come ci sia una estrema variabilità nella distribuzione dei valori. Non sono emerse particolari situazioni comuni tali da consentire una generalizzazione del fenomeno, piuttosto ognuno ha mostrato una propria variabilità in periodi distribuiti nell'arco della serie storica. Infatti ad esempio, non è possibile stabilire un anno in cui la dispersione pollinica abbia raggiunto livelli molto elevati in maniera sincrona per tutti o almeno per la maggior parte dei taxa. Tuttavia, dall'analisi della serie storica, è emerso come nel 2020 si siano create le condizioni ideali per alcuni taxa esaminati, per raggiungere alti quantitativi di dispersione pollinica nell'aria. Taxa arborei come *Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*, *Fraxinus Ornus*, *Fraxinus excelsior* e erbacei come Urticaceae, Compositae e Graminaceae, hanno mostrato alti valori di dispersione pollinica. In alcuni casi il fenomeno è stato molto accentuato, come nel caso del faggio in cui il valore massimo di dispersione è stato registrato proprio nel 2020 (1.884,64), molto differente rispetto agli altri valori della serie, il cui massimo, escluso il 2020, è stato raggiunto con una dispersione di 305,37 granuli pollinici per m<sup>3</sup> di aria. Anche per l'orniello il 2020 ha coinciso con il periodo di massima dispersione pollinica. Valori molto alti sono stati raggiunti anche dalle Urticacee e dalle Compositae. Una situazione analoga, con elevati quantitativi di polline aerodisperso, si è verificata anche in altre zone d'Italia, dove soprattutto le piante arboree hanno mostrato una produzione pollinica ben oltre la media (Cristofolini F. et al., 2020),

Secondo i modelli previsionali le variazioni climatiche che interesseranno l'area del bacino del Mediterraneo e che saranno dovute a modificazioni cicliche, amplificate dall'inquinamento atmosferico antropogenico, aprono nuovi scenari. Il tasso medio delle precipitazioni estive nell'area del bacino del Mediterraneo aumenterà, come aumenteranno le temperature medie (Gualdi S. et al., 2005). I risultati ottenuti dall'analisi dei dati pollinici della serie storica devono essere considerati anche alla luce di questa ipotesi di condizione futura, nell'ottica di una pianificazione consapevole del verde.

Le Cupressaceae/Taxaceae hanno mostrato elevati quantitativi di pollini aerodispersi, a seguire Quercus, Olea, Graminaceae e in parte anche Urticaceae. Questo aspetto è

particolarmente importante per le Cupressaceae/Taxaceae, perché il fenomeno viene amplificato dall'alto grado di allergenicità, unito alla tendenza futura di aumentare progressivamente la quantità di polline aerodiffuso. La correlazione negativa emersa con la variabile delle precipitazioni, non fa che amplificare il fenomeno. Il problema del Quercus è sicuramente minore rispetto al precedente, nonostante ci sia una tendenza significativa all'aumento della quantità, si tratta però di un polline con un grado di allergenicità medio.

*Corylus avellana* L. e *Fagus sylvatica* L. hanno mostrato un trend significativo in crescita, tuttavia il quantitativo di polline aerodiffuso è abbastanza esiguo, condizione dovuta anche alla posizione della stazione di campionamento posta nella vallata del fiume Tronto, lontano dalle zone e dalle altitudini di crescita dei due taxa. Nel caso del *Fraxinus excelsior*, la correlazione significativa con le temperature non va sottovalutata, poiché un loro aumento potrebbe comportare un aumento della quantità di polline aerodisperso. L'aumento delle precipitazioni invece, potrebbe essere causa di un decremento della quantità di polline aerodisperso di Olea, Quercus e Cupressaceae, poiché hanno dimostrato una correlazione inversa significativa, tuttavia i modelli previsionali prevedono l'aumento del tasso di precipitazioni nel periodo estivo, questo favorirebbe la diminuzione principalmente per Olea e Quercus che concentrano la stagione pollinica nei mesi di maggio e giugno. Alla luce di quanto emerso dallo studio della serie storica, le Cupressaceae/Taxaceae risultano il taxa più problematico sotto tutti gli aspetti.

Oltre alle correlazioni rilevate dallo studio, è rilevante ai fini della pianificazione conoscere la dinamica delle particelle polliniche durante gli eventi climatici estremi. È dimostrato infatti che eventi come i temporali intensi durante le stagioni polliniche provocano la rottura dei granuli pollinici imbibiti di acqua piovana, per shock osmotico, con conseguente liberazione in atmosfera di componenti allergeniche. Questo avviene soprattutto per le graminacee e la parietaria (D'Amato, 2023).

## CONCLUSIONI

La progettazione e gestione del verde urbano e periurbano, estesa non solo a parchi e giardini, ma anche ad aree incolte, scarpate, aiuole spartitraffico, alberature stradali e a tutte le zone che possono essere coperte da vegetazione, non dovrebbe prescindere dalla conoscenza approfondita della fenologia delle piante di interesse allergologico. La conoscenza di tali specie infatti dovrebbe costituire elemento fondamentale nel lavoro di gestione e progettazione del verde, soprattutto nelle aree più densamente popolate. Escludere le specie con indice allergenico elevato o limitarne la presenza, soprattutto per quelle specie che hanno manifestato un aumento della quantità di pollini aerodispersi nel tempo o il cui aumento è risultato correlato con l'aumento delle temperature o particolari condizioni di precipitazione, servirebbe a prevenire le pollinosi, con un risparmio sui costi sociali ed economici e un miglioramento delle condizioni di vita dei soggetti allergici. Attenzione va fatta anche per quei taxa che presentano una stagione pollinica molto lunga, come le Cupressaceae, le quali andrebbero limitate il più possibile nelle zone urbane e periurbane; Graminaceae e Urticaceae che spesso occupano i bordi stradali, giardini abbandonati o scarpate, la cui gestione razionale potrebbe limitarne la presenza, attraverso puntualità nei tagli e nelle potature. E' possibile migliorare l'ambiente di vita urbano per i soggetti sensibili, attraverso azioni locali e specifiche nel territorio, come la gestione puntuale e mirata del verde urbano e periurbano, ma queste azioni non possono prescindere da interventi a scala mondiale finalizzati a mitigare i cambiamenti climatici e ridurre l'inquinamento da polveri e gas. Un'azione sinergica tra interventi a scala locale e grandi azioni intraprese su scala mondiale possono ridurre l'impatto delle pollinosi sulla salute umana.

## BIBLIOGRAFIA

Bianchi, G., Verdi, G. & Rossi, M., 2018. Titolo dell'articolo. *Journal Name*, 48(3), pp. 11-11

Adams-Groom, B., Selby, K., Derrett, S., Frisk, C. A., Pashley, C. H., Satchwell, J., ... & Neilson, R. (2022). Pollen season trends as markers of climate change impact: *Betula*, *Quercus* and *Poaceae*. *Science of the Total Environment*, 831, 154882.

Braca G., Bussetini M., Lastoria B., Mariani S. (2013). Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici.

Bucher, E., Bottarelli, L., DE GIRONIMO, L., Ivaldi, C., Lessi, S., Moretti, O., ... & Tassan, F. (2015). POLLnet-Linee guida per il monitoraggio aerobiologico. *Delibera del Consiglio Federale, Seduta del*, 3, 2015.

Clò, E., Torri, P., Florenzano, A., & Mercuri, A. M. (2016). Riscaldamento globale e Indice Pollinico Annuale di *Poaceae*: dati pluriannuali dal campionatore aerobiologico di Vignola. *Atti della Societa dei Naturalisti e Matematici di Modena*, 147.

Cristofolini F, Salvadori M, Cristofori A, Gottardini E. Pollini 2020 un anno eccezionale per le piante forestali. *TERRA TRENTINA*. 2020;65(4):81.

D'Amato G. Variazioni climatiche, inquinamento atmosferico, eventi atmosferici estremi e asma bronchiale allergico. *Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio* 2023;38:37-42. <https://doi.org/10.36166/2531-4920-N681>

Fernández-Rodríguez, S., Tormo-Molina, R., Maya-Manzano, J. M., Silva-Palacios, I., & Gonzalo-Garijo, Á. (2014). Comparative study of the effect of distance on the daily and hourly pollen counts in a city in the south-western Iberian Peninsula. *Aerobiologia*, 30, 173-187.

Francesco Zangari, (2012). *Giardini senza polline*. Zangari Editore, Firenze.

Gualdi S, Navarra A (2005). Scenari climatici nel bacino mediterraneo. *Forest@* 2: 19-30. - doi: 10.3832/efor0250-0020019

Recio, M., Picornell, A., Trigo, M. M., Gharbi, D., García-Sánchez, J., & Cabezudo, B. (2018). Intensity and temporality of airborne Quercus pollen in the southwest Mediterranean area: Correlation with meteorological and phenoclimatic variables, trends and possible adaptation to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 250, 308-318.

Velasco-Jiménez, M. J., Alcázar, P., Valenzuela, L. R., Gharbi, D., Díaz de la Guardia, C., & Galán, C. (2018). Pinus pollen season trend in South Spain. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(4), 657-665.

Vidotto, F., Masin, R., Pannacci, E., & Mariani, L. (2013). Effetti del cambiamento climatico sulla dinamica evolutiva delle malerbe. In *Atti del XIX Convegno SIRFI "Gestione delle malerbe nelle colture agrarie alla luce delle attuali problematiche legislative, agronomiche e ambientali"* (pp. 29-56). SIRFI.

Scheifinger, H., Belmonte, J., Buters, J., Celenk, S., Damialis, A., Dechamp, C., ... & De Weger, L. A. (2013). Monitoring, modelling and forecasting of the pollen season. *Allergenic pollen: a review of the production, release, distribution and health impacts*, 71-126.

Spearman, C. (1961). The proof and measurement of association between two things.

