



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI (L)

Accrescimento radiale e sensibilità climatica
del tasso (*Taxus baccata* L.) in tre popolazioni
delle Marche

*Radial growth and climate sensitivity of yew (Taxus
baccata L.) in three populations of the Marche region*

TESI SPERIMENTALE

Tesi di:
FEDERICA TARTAGLIA

Relatore:
PROF. CARLO URBINATI

Correlatore:
DOTT. ALESSANDRO VITALI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020
SESSIONE AUTUNNALE OTTOBRE 2020

Dedico questo lavoro di tesi alla mia famiglia, ai miei genitori e a mia sorella Arianna che mi hanno sostenuto in questo percorso e che hanno sempre creduto in me.

SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	4
ELENCO DELLE FIGURE	5
ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	7
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE	
1.1 Il Tasso.....	8
1.1.1 Caratteri morfologici, biogeografici ed ecologici	8
1.1.2 Cenni storici sulla presenza del tasso in Italia.....	15
1.1.3 Il tasso nell'Appennino centrale e nelle Marche.....	16
1.2 La sensibilità climatica del tasso.....	19
1.3 La diversità genetica del tasso in Italia.....	21
1.4 Obiettivi della tesi	22
CAPITOLO 2 MATERIALI E METODI	
2.1 Area di studio.....	24
2.1.1 Topografia, geomorfologia e litologia.....	24
2.1.2 Caratteri pedologici, climatici e vegetazionali.....	30
2.2 Protocollo di campionamento.....	37
2.2.1 Rilevamento dendrometrico-strutturale.....	37
2.2.2 Prelievo dei campioni legnosi per analisi dendroclimatica.....	39
2.3 Metodi di analisi.....	40
2.3.1 Preparazione dei campioni	40
2.3.2 Analisi dendrocronologica e dendroclimatica.....	41
CAPITOLO 3 ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI	
3.1 Caratteri dendrometrico-strutturali delle popolazioni di tasso.....	44
3.2 Dinamica di accrescimento radiale	47
3.3 Relazioni clima-accrescimento.....	50
CONCLUSIONI	60
BIBLIOGRAFIA	62
RINGRAZIAMENTI.....	65

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 3.1.1 Alberi di tasso campionati nelle tre aree di studio.....	44
Tabella 3.1.1 confronto altezze, diametri, ed età nelle tre aree di studio. MDT: Macchia delle Tassinete, ADL: Alpe della Luna, INT: Internone.....	45
Tabella 3.2.1 statistiche descrittive prodotte delle serie grezze	47
Tabella 3.3.1 media delle medie mensili dei 3 fattori climatici per il periodo 1950-2019 in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di entrambi i siti ³ , in blu le correlazioni positive.....	59
Tabella 3.3.2 T.Max. T.min e Prec. Medie mensili per l'anno caratteristico 1993 in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di entrambi i siti , in blu le correlazioni positive.....	59
Tabella 3.3.3. T.Max. T.min e Prec. Medie mensili per l'anno caratteristico per il sito Int. 2016: in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di Internone , in blu le correlazioni positive.....	59

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1.1.1.1 esemplare di T. baccata sottocopertura con chioma piramidale espansa.....	8
Figura 1.1.1.2 a sinistra un esemplare di un tasso più giovane con corteccia bruno rossastra, a destra un tasso adulto con corteccia bruno-grigia e fusto scanalato.....	9
Figura 1.1. 1.3 foglie aghiformi e spiralate.....	<u>9</u>
Figura 1.1.1.4 a sinistra foto in dettaglio degli organi maschili del Tasso a destra organi femminili in via di sviluppo.....	<u>10</u>
Figura 1.1.1.5 rotello di legno di un esemplare adulto di Tasso dove son ben distinti albarno e durame.....	<u>11</u>
Figura 1.1.1.6 Areale di distribuzione del Tasso: in verde è indicata l'area naturale, mentre in arancione introdotta dall'uomo ed in seguito diffusasi spontaneamente.	<u>13</u>
Figura 1.1.2.1 mummia di Ötzi, con arco di legno di Tasso, esposta al museo di Bolzano...	16
Figura 1.1.3.1 dodici siti di T. baccata individuati da di Cosmo nel centro Italia.....	17
Figura 1.1.3.2 Distribuzione dei boschi con tasso nelle marche. In verde le aree SIC della rete Natura2000 per le Marche.....	18
Figura 1.2.1 A) Distribuzione della popolazione di tasso in Spagna (modificata Serra & Garcia-Martí, 2011), B) Percentuale di precipitazioni (normale a 1971-2000) in calo in Spagna nell'anno conclusosi il 30 settembre 2014 (dati AEMET, 2014).....	21
Figura 2.1.1.1 Localizzazione geografica della Dorsale di Cingoli (tratto da Nanni, 1997b)...	24
Figura 2.1.1.2 rappresentazione della Macchia delle Tassinete con linee viola che rappresentano l'area protetta ZSC e in marrone è rappresentata la zona interessata dalla frana (tratto dal sito del Geoportale Nazionale).....	25
Figura 2.1.1.3 vallata del Torrente Rudielle.....	25
Figura 2.1.1.4 Caratterizzazione geologica dell'area. Carta geologica regionale.....	27
Figura 2.1.1.5 il riquadro in rosso rappresenta il bosco dell'Internone comprendente le tre particelle forestali :49a, 49b, 51° (Carta del Piano di Assestamento Forestale).....	28
Figura 2.1.1.7 a sinistra la Macchia delle Tassinete a destra il Bosco dell'Internone (elaborazione dati Qgis 3.4).....	29
Figura 2.1.1.8 Limite geografico dell'area del SIC IT5310010 in verde e dell'area di studio in rosso (tratto da Belli,2020).....	30
Figura 2.1.2.1 Estratto della "Bioclimatic Map of Europe", (Rivas-Martinez et al., 2004)...	31
Figura 2.1.2.2 Digramma termo pluviometrico di Bagnouls e Gausson riferito al trentennio 1961-1990 per la stazione di Cingolin(ottenuti tramite il programma on-line www.globalbioclimatics.org).....	32

Figura 2.1.2.3 del bilancio idrico di Thornthwaite riferito al trentennio 1961-1990 per la stazione di Cingoli (ottenuti tramite il programma on-line, www.globalbioclimatics.org).....	32
Figura 2.1.2.4 Carta fitosociologica della vegetazione del SIC “Macchia delle Tassinete.....	33
Figura 2.1.2.5 Climogramma stazione termopluviometrica di Bocca Trabaria (periodo di riferimento di 40 anni per le precipitazioni e di 50 anni per le temperature) (da Piano di Gestione SIC IT5310010 Alpe della Luna-Bocca Trabaria).....	36
Figura 2.2.1.1. Censimento dei 1030 esemplari di tasso con diametro a petto d’uomo superiore ai 15cm rilevati all’interno del perimetro del SIC Macchia delle Tassinete. Scala 1:11000 (tratto da Bagnara,2012).....	37
Figura 2.2.1.2. Distribuzione degli individui di Tasso nell’area dell’Internone (tratto da Pietroni,2019).....	38
Figura 2.2.1.3. Distribuzione spaziale dei 96 individui di tasso campionati ad Alpe della Luna all’interno dell’area di studio (tratto da Belli,2020).....	38
Figura 2.2.2.1 a sinistra i componenti della trivella Pressler smontata a destra la trivella Pressler pronta per essere utilizzata.....	39
Figura 2.3.1.1 carote di Internone incollate su appositi supporti con codice identificativo....	40
Figura 2.3.2.1. sistema ottico semi-automatico LINTAB presso il TreeringLab – UNIVPM..	41
Figura 3.1.1. Struttura cronologica delle popolazioni di Tasso di Macchia delle Tassinete (a) e dell’Alpe della Luna (b) e dell’Internone(c).....	47
Figura 3.2.1. curve medie di incremento annuale delle tre aree di studio.....	48
Figura 3.2.2. Curva degli accrescimenti di area basimetrica (BAI:basal area increment).....	49
Figura 3.2.3 Curve cronologiche residue con le relative quantità campionate.....	49
Figura 3.3.1 correlazione T.Max- accrescimento: a sinistra Int. a destra M. delle T.....	51
Figura 3.3.2 Correlazioni su finestre mobili tra T.MAX – accrescimento: A)Int. B)M.delleT....	52
Figura 3.3.3 Correlazione T. min e accrescimento a sinistra Int. a destra M. delle T.....	53
Figura 3.3.4. correlazioni su finestre mobili tra accrescimento e T.min : A)Int. B)M.delleT...54	54
Figura 3.3.5. Correlazione precipitazioni-accrescimento a sinistra Int. a destra M.delleT.....	55
Figura 3.3.6 Correlazioni tra accrescimento e precipitazioni su finestre mobili di 25 anni A) Internone B)Macchia delle Tassinete.....	56
Figura 3.3.7. ANNI CARATTERISTICI INTB e M.delleT.....	57
Figura 3.3.7.1. Serie temporale dei dati climatici a partire dal 1950 concernenti: a) le T.medie max mensili b) le T. medie min. mensili c) le prec. medie mensili.....	58

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

SIGLA1	<i>T. baccata</i> → <i>Taxus Baccata</i> L.
SIGLA2	MDT o MT → Macchia delle Tassinete
SIGLA3	INT. → Internone
SIGLA4	ADL → Alpe della Luna
SIGLA5	VM → Val Maggio
SIGLA6	T. Max → Temperature Massime
SIGLA7	T. min. → Temperature minime
SIGLA8	Prec. → Precipitazioni

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

1.1 Il Tasso

1.1.1 Caratteri morfologici, biogeografici ed ecologici

Il tasso (*Taxus baccata* L.) è una specie arborea gimnosperma sempreverde appartenente all'ordine delle *Pinales* ed è l'unica rappresentante della famiglia delle *Taxaceae* presente in Italia.

È una conifera insolita, poiché oltre a non avere frutti legnosi, ma carnosì (arilli), è anche capace di rispondere al taglio o a un danneggiamento con ricaccio vegetativo ed emissione di polloni radicali. Può avere portamento arbustivo o arboreo. È una specie assai longeva e di lento accrescimento con un'altezza che normalmente raggiunge gli 8-10 m, ma in condizioni molto favorevoli può raggiungere anche altezze superiori a 20-25 m.

Il tronco è breve e rastremato, talvolta eretto e unico (sviluppo monopodiale), ma spesso suddiviso fin dalla base (simpodiale), spesso scanalato ed asimmetrico e presenta in molti casi getti epicormici, che in maniera più o meno continuativa, lo ricoprono in tutta la sua estensione.

La chioma ha una forma piramidale espansa o globosa irregolare, con una bassa inserzione sul fusto (Fig. 1.1.1.1).



Figura 1.1.1.1 esemplare di tasso sotto copertura con chioma piramidale espansa

La corteccia è inizialmente di colore rosso-bruno liscia e sottile per poi assumere una colorazione bruno-grigiastro e desquamarsi in placche longitudinali (Fig. 1.1.1.2).



Figura 1.1.1.2 a sinistra tasso più giovane con corteccia bruno rossastra, a destra tasso adulto con corteccia bruno-grigia e fusto scanalato

Il sistema radicale è robusto ed espanso, tendenzialmente orizzontale con numerose radichette secondarie molto ramificate. È perfettamente in grado di vegetare anche su terreni rocciosi e poco profondi. Questo esteso apparato consente alla specie di svilupparsi in molteplici condizioni pedologiche rendendola così plastica ed estremamente ubiquitaria.

Le foglie sono persistenti, aghiformi, spirali, di colore verde scuro sopra e giallastre sulla pagina inferiore; hanno una lamina lineare, appiattita, con apice acuto e nervatura centrale prominente; sono lunghe circa 12-35 mm (Fig.1.1.1.3).



Figura 1.1.1.3 foglie aghiformi e spirali del tasso

Il tasso è una specie principalmente dioica, ovvero porta gli organi riproduttivi maschili e femminili su piante distinte, sebbene esistano esempi di specie monoiche con sessi disposti in rami separati. I fiori maschili sono riuniti in amenti globosi con diametro di 2-3 mm circa

lungo il lato inferiore dell'ultimo germoglio dell'anno, mentre quelli femminili, portati all'ascella delle foglie sul rametto dell'anno precedente, sono gemmiformi e carnosi, di color verde e con un solo ovulo (Fig. 1.1.1.4). Il periodo di fioritura va da febbraio ad aprile e l'impollinazione è anemogama. I semi del tasso sono di colore nero, appuntiti e legnosi, circondati da un arillo (unica parte commestibile dell'intera pianta) che a maturità assume una colorazione rosso-carnosa. Il periodo di maturazione dell'arillo va da fine estate ad inizio autunno.



Figura 1.1.1.4 a sinistra foto in dettaglio degli organi maschili del Tasso a destra organi femminili in via di sviluppo

Nella disseminazione un ruolo fondamentale lo assumono gli uccelli che, cibandosi dell'arillo, distribuiscono il seme anche ad elevate distanze rispetto alla pianta madre (riproduzione principalmente ornitogama). La germinabilità del seme è pari circa al 50 %, 70% nei primi anni per poi arrivare al 95% al terzo anno. La germinazione in natura è senza dubbio facilitata dal passaggio nel tubo digerente degli uccelli, i cui succhi gastrici sembrano essere i soli in grado di accelerare i fenomeni di germinazione (Thomas, 2003). Solitamente i semi germinano la primavera seguente la loro espulsione da parte degli animali che se ne nutrono (Garcia, 2000). Qualora le condizioni non siano immediatamente propizie, per lo sviluppo della piantina, il *Taxus baccata L.* è in grado di attendere decenni che la volta arborea si apra per riprendere poi il suo accrescimento (Watt, 1926). Il raggiungimento della maturità sessuale è variabile, comprende un periodo che va dai 30 ai 60 anni (Cedro & Iszkulo, 2011) ed è strettamente correlato alle condizioni ecologiche del sito in cui si trova.

Oltre alla riproduzione da seme, il tasso può propagarsi per via vegetativa. I rami che toccano il suolo sono in grado di emettere radici avventizie e originare una nuova pianta (Paule & Gomory, 1993; Bagnara 2012).

Il legno del Tasso è caratteristicamente pesante, durevole, con tessitura finissima e compatta e con albarno e durame ben differenziati. È rosso porpora sulle superfici fresche di taglio, ma con il tempo tende ad assumere tonalità rosee, aranciate o bruno rossicce. Gli anelli di accrescimento sono chiaramente individuabili, anche se in genere di limitata ampiezza, con legno tardivo e sottile. I percorsi anulari sono spesso tortuosi a causa delle irregolarità del fusto e delle variazioni di ampiezza nell'ambito del medesimo anello annuale (Fig. 1.1.1.5). Con l'invecchiamento il durame tende a degradarsi, tanto che negli ultimi stadi di vita, gli esemplari di Tasso presentano frequentemente tronco cavo.

Per le alte caratteristiche qualitative del legno, in particolare pregio estetico, durezza e resistenza del materiale, il legno di Tasso è sempre stato considerato fin dall'antichità (scritti attribuiscono l'utilizzazione già in epoca etrusca ed egizia) un ottimo materiale, impiegato per costruzioni edili, manufatti, scopo energetico e produzione di armi bianche (archi, frecce). Nel corso dell'ultimo secolo, il Tasso, è stato oggetto di maggiori attenzioni da parte della comunità scientifica e medica mondiale in relazione alla scoperta delle proprietà antitumorali assegnate al taxolo. Il principio attivo del taxolo è contenuto nell'alcaloide tassina, una mistura di alcaloidi presenti in tutte le parti del Tasso ad eccezione dell'arillo (Pietroni, 2018).



Figura 1.1.1.5 Rotella di legno di un esemplare adulto di Tasso adulto in cui sono ben distinti albarno e durame

Biogeografia

Il tasso può essere definito un sopravvissuto di un'era passata, un albero che era molto più diffuso e abbondante nei periodi interglaciali del Terziario e il cui declino è probabilmente

iniziato da molte migliaia di anni (de Beaulieu et al., 2001; Burgarella et al., 2012; Mayol et al., 2015). I più antichi resti fossili di polline in Europa indicano che l'areale del *Taxus* si è ampliato durante i diversi periodi interglaciali e ha contribuito, in maniera molto più significativa rispetto ad oggi, alla vegetazione Europea (Mamakova 1989; Turner 2000, de Beaulieu et al. 2001; Müller et al. 2003; Koutsodendris et al. 2010). La successione di glaciazioni del Quaternario ha portato alla frammentazione del suo areale originario (Bradshaw & Mitchell, 1999; Bagnara, 2012). Resti palinologici indicano che il tasso è stato in grado di persistere durante l'ultima glaciazione (Würmiana, conclusa circa 10.000 anni fa) non solo nelle aree rifugio del Sud Europa (Allen et al. 2002; Carrión 2002; Carrión et al. 2003), ma anche in quelle dell'Europa centrale ed orientale (Stewart e Lister 2001; Willis e van Andel 2004).

L'altro fattore di primaria importanza che ha profondamente inciso alla riduzione dell'areale del tasso, insieme al verificarsi dei suddetti cambiamenti climatici, è senza dubbio da associare alle attività antropiche. Le attività antropiche hanno limitato l'areale del tasso sia in maniera diretta che indiretta (Bagnara, 2012). Oltre all'utilizzo diretto del legname, il tasso ha subito una limitazione indiretta conseguente all'eliminazione di estese superfici boscate sostituite da sistemi agro-pastorali. Inoltre, secondo Cedro & Cedro 2015, la sua limitata distribuzione è da attribuire anche alle deboli capacità competitive di questa specie.

Il tasso oggi ha un areale che si estende dall'Europa settentrionale all'Africa settentrionale, fino al Caucaso (Fig. 1.1.1.6). In particolare, il limite nord dell'areale, dovuto alle basse temperature e ai ristagni idrici, si estende fino in Svezia e Norvegia mentre a sud, per le alte temperature e la siccità, arriva fino all'Italia, Spagna, Grecia e al Nord Africa, ad ovest comprende gli arcipelaghi di Madeira e delle Azzorre ed infine ad est si sviluppa fino in Estonia, Polonia, Ucraina, Turchia e la catena montuosa del Caucaso (Thomas e Polwart 2003). In senso altitudinale, la specie, che in nord Europa cresce a livello del mare, raggiunge le quote più elevate in Grecia (2000 m s.l.m.) e in nord Africa (2500 m s.l.m.).



Figura 1.1.1.6 *Areale di distribuzione del Tasso: in verde è indicata l'area naturale, mentre in arancione introdotta dall'uomo ed in seguito diffusasi spontaneamente (tratto da wikimedia.org)*

In Italia il tasso è presente lungo tutto l'arco alpino e appenninico, fino alla fascia mediterranea. Nelle isole del Mediterraneo si ritrova in Sicilia, Sardegna, Corsica, Isola d'Elba e Baleari. Tuttavia, tale areale risulta essere molto frammentato e costituito da piccole popolazioni isolate (Gellini 1985).

Ecologia

Le condizioni ottimali di crescita del tasso sono quelle tipiche del clima oceanico con temperature moderate, inverni non troppo rigidi, elevate precipitazioni (meglio se >1000 mm/anno) ed umidità durante tutto l'anno (Godwin 1975). Infatti, negli ambienti collinari e montuosi dell'Europa, la presenza del tasso prevale nei versanti ombrosi con esposizioni nord-est e nord-ovest in mescolanza con specie decidue, che agevolano la formazione di microclimi stazionali a maggior impronta oceanica (Thomas e Polwart 2003). Non è resistente a lunghi e prolungati periodi di freddo, né tantomeno al vento forte e ghiacciato. La massima tolleranza si rinviene a metà inverno, generalmente a gennaio, e rapidamente diminuisce con l'avvenire della primavera quando i tessuti diventano decisamente vulnerabili.

Il tasso è ritenuto sciafilo (Fenaroli e Gambi, 1976; Gellini, 1985; Voliotis, 1986), anche se non fotobico, si adatta ad ogni tipo di suolo, ma sembra preferire quelli debolmente calcarei nella parte settentrionale del proprio areale e quelli subacidi verso l'estremità sud dell'Europa. Come evidenziato da Melzack e Watts (1982), gelate gravi a fine inverno o all'inizio della primavera possono causare danni ai tessuti nei fiori maschili di questa specie a fioritura precoce, un fenomeno osservato in Spagna nella maggior parte degli alberi nel 2006 (Sanza e Pulidoa 2014).

In uno studio svolto in Gran Bretagna è stato constatato che le precipitazioni influenzano positivamente la crescita, mentre questa risulta inversamente correlata con le temperature estive, che risultano essere il fattore di stress limitante (Moir 1999). Il range di temperatura per la fotosintesi è più grande di qualsiasi altra specie arborea europea, permettendo al tasso di fotosintetizzare in inverno, quando gli alberi decidui sono spogli; ciò contribuisce all'estrema tolleranza all'ombra della specie. Ma è stato riscontrato, in differenti condizioni stagionali, come l'eccessiva copertura sia sfavorevole alla rinnovazione naturale di tasso, situazione che si verifica frequentemente nelle faggete adulte (Svenning and Magard 1999, Dhar et al. 2006, Boratynski et al. 2001). Allo stesso tempo condizioni di completa apertura (troppa illuminazione) inibiscono la germinazione così come il basso livello di umidità del suolo.

Le migliori condizioni di accrescimento sono state verificate quando l'irradianza è compresa fra l'8 e il 30% (Iszkuło, 2010), ma qualora le condizioni non siano immediatamente propizie, *Taxus baccata* è in grado di attendere decenni che la volta arborea si apra per riprendere poi il suo accrescimento (Watt, 1926). È stato sperimentato inoltre, come al verificarsi di un cambiamento delle condizioni di ombreggiamento, gli aghi appena formati presentino una forte capacità di adattamento non riscontrata negli aghi formati l'anno precedente (Wyka et al., 2008).

Le problematiche di conservazione della specie non sono legate a problemi fitosanitari poiché, grazie alla sua tossicità, viene attaccata da pochi patogeni, funghi o acari, che non creano danni significativi, ma fanno riferimento alla limitata capacità di rinnovazione legata a diversi fattori: i) la produzione di seme delle singole piante, che può essere influenzata da vari fattori ecologici e di conseguenza dipendente dalla struttura dei popolamenti in cui il tasso vegeta, ii) le caratteristiche del suolo su cui si viene a trovare il seme, che incidono sulla sua capacità germinativa; iii) la presenza nell'habitat di avifauna, che può aumentarne la diffusione e la predisposizione del seme alla germinazione, iv) la presenza di fauna erbivora in particolari di ungulati come il capriolo che si ciba delle giovani piantine ne limita lo sviluppo o ne determina la morte (Urbinati & Bagnara, 2010). La pressione di brucatura nei confronti del Tasso può variare molto in funzione all'attività del capriolo, alla densità del suo popolamento, all'andamento stagionale ed alla disponibilità e presenza di risorse alimentari alternative (Mysterud & Østbye, 2004; Bagnara, 2012). La composizione del sottobosco ed in particolare la presenza di specie arbustive può rivestire a volte un ruolo determinante sulla protezione delle piantine di Tasso dalla brucatura del capriolo (Farris & Filigheddu, 2008; García & Obeso, 2003; Bagnara 2012).

1.1.2 Cenni storici sulla presenza del Tasso in Italia

Il nome generico *Taxus* secondo alcuni deriva dal latino *taxis* = fila, con allusione all'ordinata disposizione distica degli aghi (Pirone, 2005); altri sostengono l'origine greca dal termine *toxos* = arco, a sua volta derivato dalla radice indoeuropea *tec-* = lavorare abilmente poiché il legno di tasso, elastico e resistente, è facile da scolpire (Di Massimo, 2002); di origine greca anche la parola *toxicon* = tossico che allude alle proprietà velenifere della pianta, ben conosciute dagli antichi greci (Pucci, 1901).

Il potere tossico di questa pianta era ben noto già prima del Medioevo. I celti usavano la tossina di *Taxus* baccata per i suicidi rituali e come veleno in cui intingere le punte delle frecce da scagliare contro i nemici. Per i sacerdoti druidi il Tasso era considerato un albero sacro, un simbolo di immortalità per la sua longevità e resilienza.

Nel secondo secolo a.C. Giulio Cesare, nei *Commentarii de bello Gallico*, documentò la morte per avvelenamento con un estratto di tasso del re degli Eburoni. Ma anche Riccardo Cuor di Leone fu probabilmente ucciso nello stesso modo.

Tra il diciottesimo e il diciannovesimo secolo le popolazioni rurali in India e anche in Italia usavano preparare decotti di foglie di tasso per indurre l'aborto nelle donne (Bottigliero 2020). È poi attribuito al fisico e filosofo italiano Avicenna (980-1037 D.C.S.) il primo impiego del tasso in campo medico. Avicenna riportò nel suo libro "*Canon Medicinae*" utilizzato in Europa per 500 anni come il tasso (*Zarnab*) fosse una droga con un effetto tranquillante sul cuore (Tekol, 2007).

Nel Paleolitico, circa 150.000 anni fa, non è certo che fossero note le proprietà tossiche del tasso, ma gli uomini della pietra avevano già apprezzato le ineguagliabili proprietà elastiche del legno di tasso impiegandolo per realizzare i manici delle asce (Dovčiak, 2002).

Sono molte le testimonianze archeologiche sull'uso del tasso per la costruzione di, lance, asce e archi. Nel Neolitico il tasso veniva già utilizzato per la costruzione di archi per la caccia, esistono alcuni manufatti storici sui quali sono state compiute operazioni di datazione al radiocarbonio; un frammento di arco rinvenuto in Polonia è stato datato 3790-3380 BC (Margielewski et al., 2010) mentre l'arco di Ötzi, la mummia di Similaun, risale al 3300-3200 a.C. (Fig. 1.1.2.1).



Figura 1.1.2.1 La mummia di Ötzi, con arco di legno di Tasso, esposta al museo di Bolzano

Nel Medioevo il tasso era utilizzato nella costruzione dei più disparati oggetti tra cui strumenti musicali e mobili, ed il suo legno era così richiesto che furono abbattuti quasi tutti gli individui fino all'estinzione in gran parte dell'Europa. Inoltre, nel periodo medioevale, il Tasso era associato ai riti eretici e magici assumendo un valore ancora più esoterico.

In Italia sono stati compiuti studi sull'evoluzione della vegetazione attraverso analisi polliniche e indagini storiche. Indagini effettuate presso i laghi di Monticchio (PZ) riferiscono la presenza del tasso al 2000 BC indicando però nel 500 BC la data di estinzione della popolazione locale, probabilmente a seguito di un incremento della siccità estiva (Watts et al., 1996). Nelle indagini sulla storia della vegetazione dell'Appennino Umbro-Marchigiano si assegna al tasso un ruolo primario nella formazione dei boschi del passato (Marchesoni, 1957, 1958) (Bagnara, 2012).

A livello locale diversi documenti storici riportano una presenza di tasso molto più consistente rispetto a quella attuale sia nelle provincie del Piceno e di Macerata (Spadoni, 1828), che nel comprensorio del monte Catria (Salbitano, 1989).

1.1.3 Il tasso nell'Appennino centrale e nelle Marche

I boschi con tasso in Italia come in tutta Europa hanno subito nel corso dei secoli una progressiva riduzione del proprio areale di diffusione. Sebbene siano segnalati in tutta la penisola, dalle Alpi fino alla Calabria, isole comprese, per l'elevata esigenza di habitat a clima oceanico essi sono relegati in aree ristrette spesso con differenti problematiche stagionali e gestionali (Urbinati & Bagnara, 2010), nelle zone fitoclimatiche del *Lauretum*, *Castanetum* e *Fagetum* (Gellini, 1985), in esposizioni fresche.

In Toscana per esempio è presente in stazioni con precipitazioni medie annue di circa 1350 mm e medie estive di 160 mm, con temperatura media annua di 10-12° C e media del mese più freddo di 1-2° C. Occupa prevalentemente i versanti collinari o montani ombrosi con esposizione nord-est e nord-ovest associandosi a specie decidue che facilitano la formazione di microclimi stazionali a carattere oceanico (Mori, 2009).

Al nord non penetra nella fascia endalpica mentre sugli Appennini è sporadicamente presente lungo tutta la catena all'interno di foreste caducifoglie soprattutto nel settore centro-meridionale. Le cenosi più significative si trovano nei Monti Lepini, nel Bosco Martese (Monti della Laga) nel Terminillo, nei Simbruini, nella Marsica, nel Vallone Santa Margherita, nel versante nord del monte Genzana, nei Monti Frentani e nei Monti Pizzi. Altri nuclei di minore estensione sono quelli in Sardegna, con alcuni esempi di tassete in purezza, in Sicilia (Nebrodi), in Garfagnana e sul Gargano, dove vegetano esemplari maestosi (Presutti Saba, 2005).

Di Cosmo (2004) ha individuato, in Italia centrale, dodici popolazioni (Fig.1.1.3.1) alcune delle quali già indicate altri autori (Ricci, 1950, Marchesoni 1959, De Dominicis 1969, Biondi 1982). Si tratta di stazioni in prevalenza propriamente montane, sulla dorsale appenninica, o su rilievi preappenninici poco imponenti, ma in parte non distanti dalla costa e perciò non riconducibili a condizioni tipicamente montuose. In nove casi il tasso è associato a boschi di faggio, misto ad Abete bianco al Bosco della Martese, ma a Roccastrada e in Val di Farma cresce in boschi coetanei misti, le cui specie arboree principali sono: castagno, leccio, carpino bianco, carpino nero, pioppo tremolo, orniello, agrifoglio, corbezzolo. La presenza della specie il più delle volte è relegata a micrositi, piuttosto che ad aree di una certa estensione (Di Cosmo, 2004). In Valle Naforte (LT) il tasso cresce anche isolato, su terreni degradati;

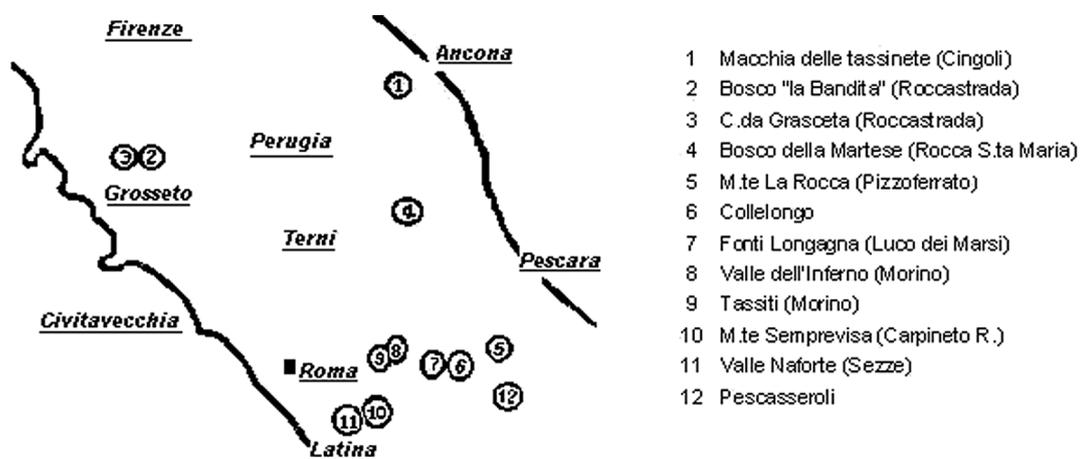


Figura 1.1.3.1 dodici siti individuati da Di Cosmo (2004) nel centro Italia

Nelle Marche la Macchie delle Tassinete a Cingoli (MC), rappresenta la più importante popolazione per numero di individui e assetto fisionomico-strutturale. Un altro sito importante per la presenza di Tasso, oggetto di un recente studio, è la foresta demaniale dell'Internone che si trova sulla stessa dorsale della Macchia delle Tassinete. Altre popolazioni segnalate nelle Marche si trovano: al Monte Catria–Monte Acuto (PU), Monte Carpegna (PU), Alpe della Luna (PU), Monte Cucco (AN), Montagna di Torricchio (MC), Monte Cavallo (MC), Bolognola (MC), Gola del Fiastrone (MC), Gola dell'Infernaccio (AP), Monte Ceresa (AP), Monti della Laga (AP). Tutte allo stato attuale incluse in aree della rete Natura2000 (Fig1.1.3.2). Un esemplare monumentale censito dalla Regione Marche è presente presso il monastero di Fonte Avellana (PU).

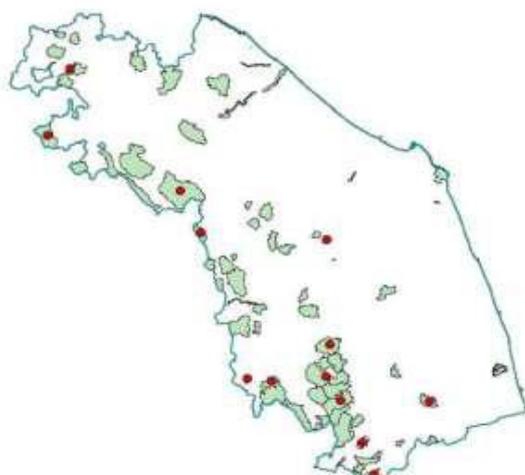


Figura 1.1.3.2 Distribuzione dei boschi con tasso nelle marche. In verde le aree SIC della rete Natura2000 per le Marche.

L'importanza della conservazione della ricca diversità di specie a cui partecipa in maniera attiva il *Taxus Baccata* nelle tipologie forestali è evidenziata dalla loro inclusione nelle diverse direttive Habitat dell'Unione Europea:

- 91J0 – Boschi di *Taxus baccata* delle Isole Britanniche;
- 9210 – Faggeti degli Appennini con *Taxus* ed *Ilex* → Questo Habitat si riferisce alle faggete termofile appenniniche con tasso e agrifoglio, che si trovano nella fascia bioclimatica supratemperata e mostrano ingressioni nella fascia mesotemperata superiore.
- 9580 – Boschi mediterranei di *Taxus baccata* → Questo habitat è attualmente indicato solo per la Calabria, la Sicilia e la Sardegna, e si riferisce ai boschi di *T. baccata*, spesso con *I. aquifolium*, che si trovano in piccole aree all'interno di formazioni boschive decidue, raramente sempreverdi, ma sullo studio si S. Zitti et al. (2014) si propone di estendere questo Habitat anche alle Marche, riferendosi ad esso il bosco di *T. baccata*, situato nella piccola gola al limite

meridionale del SIC, e descritto come la nuova associazione *Staphyleo pinnatae-Taxetum baccatae*.

1.2 La sensitività climatica del tasso

Il tasso è un valido candidato per gli studi di dendroclimatologia essendo una specie molto longeva e con una grande sensitività per quanto riguarda il clima. La sua crescita viene influenzata notevolmente dai cambiamenti repentini dei fattori climatici: effetto leggibile, più facilmente rispetto ad altre piante, nella grande variabilità di ampiezza degli anelli. Tuttavia, il legno del tasso presenta caratteristiche che possono complicare la misurazione degli accrescimenti: la presenza — assenza di anelli piccoli o inesistenti, che richiedono la disponibilità di sezioni trasversali (Bebber, Corona, 1986), oltre alla disformità di spessore del singolo anello lungo la circonferenza, che rende necessario effettuare misure multiple su diversi punti del tronco (Gheraldini et al., 2019). I principali fattori che influenzano l'accrescimento del Tasso sono la temperatura e le precipitazioni.

Entrando più nello specifico un fattore limitante per questa specie è sicuramente la siccità nel periodo estivo come mostrato dallo studio di Iszkulo et al. (2011), che mette in evidenza l'influenza negativa delle temperature dei mesi estivi dell'anno precedente la formazione dell'anello, con l'accrescimento del tasso. I mesi di febbraio e marzo nella popolazione di tassi analizzata da Istzulo et al. (2011) si sono mostrati, invece favorevoli influenzando positivamente l'accrescimento radiale della specie.

Un ulteriore fattore importante, per quanto riguarda la sensitività climatica del Tasso, può essere identificato nella quantità di precipitazioni - particolarmente importante nei luoghi asciutti e alcune zone di montagna (Cedro & Cedro, 2015). Secondo Katsavou e Ganatsas (2011) l'attività cambiale di entrambi i sessi risulta molto sensibile alle alte temperature dei mesi di luglio, agosto e settembre, influenzandola negativamente.

Questo è il periodo di maturazione dei semi nelle femmine e formazione simultanea di gemme generative in entrambi i sessi. Una situazione opposta si ha con le temperature invernali che vanno da dicembre a marzo dell'anno precedente la formazione dell'anello, dove l'attività cambiale è influenzata positivamente da inverni miti e brevi (Cedro & Cedro, 2015). Sono dunque necessarie elevate precipitazioni (meglio se > 1000 mm/anno concentrate specialmente in febbraio e luglio), elevata umidità durante tutto l'arco dell'anno ed inverni non troppo rigidi (Godwin, 1975). Il limite di distribuzione geografico risiede infatti nelle basse temperature alle latitudini nord, verso est nell'estrema continentalità delle regioni del Baltico ed in Polonia, nell'elevata siccità in Turchia ed in tutto il sud-est, nella siccità e nelle

elevate temperature medie ed estive nel nord Africa. Il fattore climatico limitante l'espansione della conifera nel senso della distribuzione oceanica in nord Europa, risulta essere l'elevata suscettibilità nei confronti del freddo ad inizio primavera.

Le divergenze tra individui di sesso maschile e individui di sesso femminile, in termini di accrescimento diametrico, emergono solo dopo il raggiungimento della maturità sessuale. L'accrescimento degli individui femminili risulta correlato positivamente alle quantità di precipitazioni nella stagione in corso di crescita, soprattutto nel periodo che va giugno a luglio, che coincide con lo sviluppo e la maturazione dei semi. I maschi invece risultano più sensibili alle precipitazioni precedenti l'anno di formazione dell'anello, in particolare nel mese di ottobre (Cedro & Iszkulo, 2011).

Dai pochi studi dendrocronologici disponibili condotti su popolazioni di Tasso presenti in Europa, nel confronto tra individui di sesso opposto, è emersa una differenza in termini di accrescimento. Il tasso di crescita è risultato minore nelle femmine rispetto ai maschi questa differenza potrebbe derivare da una diversa fisiologia tra i sessi; diversi periodi dell'incremento formazione e sviluppo, così come l'energia spese per lo sviluppo di fiori e semi (Cedro & Cedro, 2015).

Le dimensioni maggiori dei maschi possono essere collegate con la strategia di sopravvivenza della specie. Maschi di dimensione maggiore hanno un potenziale di dispersione del polline su distanze più lunghe (Cedro et al., 2011). Tuttavia, nello studio di Garbarino et al. (2015) la popolazione di Tassinete (MC) mostrava una maggiore dimensione in termini di altezza nelle femmine, questi dati suggeriscono che i maschi mettono più carbonio nella crescita del diametro, e le femmine nella crescita in altezza, quando sono nelle fasi di crescita più avanzate. Cedro e Cedro (2015) hanno trovato la frequente presenza di anelli da gelo negli individui giovani evidenziando la sensibilità dell'attività cambiale anche alle gelate nelle fasi giovanili. Thomas e Garcia-Martí (2015) evidenziano che essendo il tasso una specie con elevata sensibilità climatica, i cambiamenti in atto potranno influenzare negativamente la distribuzione e l'abbondanza della specie. In Spagna essi ipotizzano il ritiro del tasso dall'estremità meridionale del suo areale di distribuzione a causa dell'aumento dell'evapotraspirazione dovuta alla riduzione delle precipitazioni (Fig. 1.2.1).

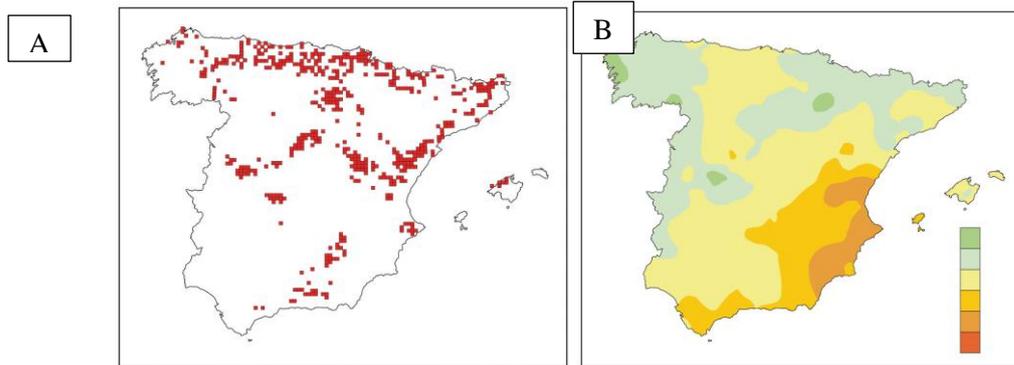


Figura 1.2.1 A) Distribuzione della popolazione di tasso in Spagna (modificata Serra & Garcia-Martí, 2011), B) Percentuale di precipitazioni (normale a 1971-2000) in calo in Spagna nell'anno conclusosi il 30 settembre 2014 (dati AEMET, 2014)

Nel sud, l'aumento della siccità aumenterà la frequenza degli incendi boschivi. Nelle zone più xeriche al limite settentrionale dell'areale, la presenza di tasso diminuirà soprattutto sulle zone con affioramenti calcarei ben drenati e con poco riparo dal sole (aumento dell'evaporazione) e ridotta disponibilità di acqua. Sulle zone più umide del nord, il tasso dovrebbe trovare condizioni climatiche migliori, ma sarà lento ad invadere nuove aree a causa di una riproduzione più scarsa influenzata dalla ridotta produzione di polline, frammentazione della popolazione e distribuzione limitata dei semi.

1.3 La diversità genetica del tasso in Italia

Caratterizzare geneticamente la biodiversità delle specie forestali è molto importante dal punto di vista evolutivo per la conoscenza del livello e della struttura della diversità genetica attuale e per la comprensione delle forze evolutive che li hanno determinati. Dal punto di vista applicativo la determinazione della diversità genetica ci permette di monitorare l'erosione o l'alterazione di tali risorse, salvaguardando la diversità autoctona (o intervenendo per integrarla laddove sia compromessa); allo stesso tempo può significativamente aiutare nel fornire materiale di propagazione di provenienza nota e di elevato valore genetico (Belli, 2020). *T. baccata* è una specie rigorosamente dioica le cui popolazioni sono piccole e spesso isolate. È noto che i rapporti tra i sessi possono variare nelle popolazioni naturali a causa di condizioni ambientali locali o eventi stocastici. Tuttavia, rapporti numerici fra i sessi sbilanciati possono avere impatti negativi sulla diversità genetica portando a una maggiore deriva genetica e all'*inbreeding*.

Una prima indagine sulle prime due popolazioni di *T. baccata* (Macchie delle Tassinete e Alpe della Luna) delle Marche ha evidenziato una diversità genetica generale di livello medio/basso

(Belli, 2020). I livelli stimati per le popolazioni marchigiane sono peraltro in linea con quelli del 39% delle popolazioni europee di tasso analizzate da Mayol et al. (2015) (con valori compresi fra $0,50 < He < 0,69$) ma divergenti dal 58% delle stesse che ha livelli più alti ($He > 0,70$) di diversità genetica. Le due popolazioni marchigiane presentano un elevato numero di alleli privati, ovvero esclusivi dell'una o dell'altra, in alcuni casi con frequenze alleliche significative. Allo stesso tempo, la percentuale maggiore di tali alleli presenta frequenze alleliche molto basse, indicando un forte rischio di perdita di tale diversità. Entrambe le popolazioni marchigiane presentano un elevato livello di *inbreeding*. Globalmente, tali parametri di inbreeding e differenziazione confermano come il tasso, al contrario di molte altre gimnosperme, abbia probabilmente tassi di flusso genico tra popolazioni estremamente limitati (Chybicki e Oleksa 2018), caratteristica che determina un'elevata struttura genetica sia a scala locale (Dubreuil et al. 2010) che regionale (González-Martínez et al. 2010; Chybicki et al. 2012).

1.4 Obiettivi della tesi

Da alcuni anni i gruppi di ricerca Sistemi Forestali e di Genetica del D3A in collaborazione con ASSAM Marche stanno conducendo una ricerca sulla presenza di popolazioni di tasso nella regione Marche. Oltre alla individuazione di popolazioni numericamente e fisionomicamente rappresentative, fra le numerose segnalazioni di presenza della specie, si sta procedendo alla caratterizzazione dendrometrico-strutturale, dendroclimatica nonché genetica con la collaborazione del IBBR (Institute of Biosciences and BioResources) del CNR di Firenze. Le prime analisi sono state avviate nel 2010 sulla ormai nota popolazione di Tassinete a Cingoli (MC) (Bagnara e Urbinati, 2010; Bagnara 2014, Garbarino et al., 2015) poi sono state estese ad altre popolazioni nell'ambito di tre convenzioni fra ASSAM e D3A-UNIVPM (2017-2018, 2019 e 2020-2022) (Mezzabotta 2018, Calandra 2018, Belli 2019, Pietroni 2020). Le nuove popolazioni sono quelle di Valmaggio (Borgo Pace, PU) nel gruppo montuoso dell'Alpe della Luna e quella dell'Internone (Cingoli, MC) vicina a quella di Tassinete, sempre nella dorsale cingolana.

Questa tesi affronta un aspetto non ancora trattato dai lavori precedenti e quindi si pone l'obiettivo di analizzare comparativamente la dinamica di accrescimento radiale e la sensibilità ai principali fattori climatici di *Taxus baccata* nelle tre popolazioni marchigiane. I quesiti posti in questo studio sono infatti: vi sono differenze sostanziali fra le tre popolazioni di tasso in termini di accrescimento radiale (o area basimetrica (BAI). Le serie di accrescimento sono

sufficientemente sincronizzabili, testimoniando risposte simili ai fattori climatici? La sensibilità del tasso ai fattori climatici cambia nelle diverse localizzazioni?

In tale studio, a partire dall'assetto dendrometrico-strutturale delle popolazioni di tasso, si è proceduto ad effettuare:

- un'analisi dendrocronologica ex-novo sul tasso dell'Alpe della Luna e dell'Internone
- un'aggiornamento della cronologia di tasso della Macchia delle Tassinete con alcuni campioni più recenti
- un'analisi dendroclimatica sulle popolazioni di Internone e Tassinete

I risultati ottenuti hanno consentito di tracciare un primo profilo della dinamica auxometrica e della sensibilità climatica del tasso nelle Marche.

CAPITOLO:2

MATERIALI E METODI

2.1 AREA DI STUDIO

2.1.1 Topografia, geomorfologia e litologia

Macchia delle Tassinete

La Macchia delle Tassinete è situata a 3 km a sud-ovest dell'abitato di Cingoli (MC) e si estende per una superficie complessiva di 179 ha sul versante settentrionale della Cima Mastro Luca, poco acclive e morfologicamente omogeneo, con un'esposizione prevalentemente Nord-Ovest e un'altitudine che va dai 450 ai 700 m s.l.m.

La Cima Mastro Luca (715m), fa parte del sistema montuoso detto "ellissoide del Monte Acuto di Cingoli" o "Dorsale Cingolana", sistema calcareo affiorante limitato a Nord dalla Valle del Musone e a Sud da quella del Potenza, che si sviluppa con andamento NW-SE nella fascia collinare marchigiana (Fig. 2.1.1.1) Esso è disposto parallelamente alla Dorsale Marchigiana ed alla Dorsale Umbro- Marchigiana ed è costituito da una serie di piccoli rilievi (Bagnara,2012).

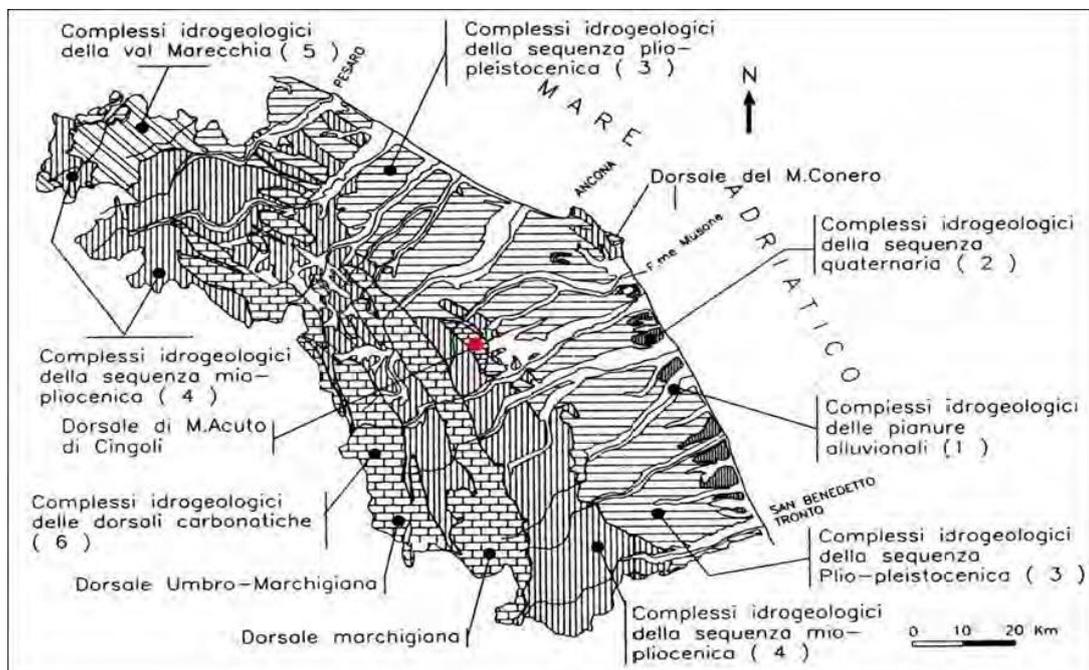


Figura 2.1.1.1 Localizzazione geografica della Dorsale di Cingoli (tratto da Nanni, 1997b)

Secondo la Direttiva 92/43/CEE “Habitat”, destinata a garantire la conservazione delle specie e degli habitat elencati negli allegati I e II della stessa, la Macchia delle Tassinete è stata individuata come una Zona Speciale di Conservazione (ZSC/SIC IT5330013).



Figura 2.1.1.2 rappresentazione della Macchia delle Tassinete con linee viola che rappresentano l'area protetta ZSC e in marrone è rappresentata la zona interessata dalla frana e come punto identificativo della frana è stato assegnato il pallino rosso (tratto dal sito del Geoportale Nazionale)

Dal punto di vista idrografico il corso d'acqua di maggiore importanza è il Fosso delle Scalette, che nasce in località Tassinete e scende verso Capo di Rio (Piano di Gestione di Macchia Tassinete, 2015), vi è anche il Torrente Rudielle, che attraversa l'incisione dividendo in due l'anticlinale.



Figura 2.1.1.3 Vallata del Torrente Rudielle

Più della metà della superficie ha una pendenza tra il 50 e il 30%. Il versante a maggior pendenza è quello con esposizione sud-est insieme all'area circostante la frana presente nel versante esposto a nord-ovest (Bagnara,2012).

Il settore in cui si colloca la cenosi con tasso è interamente compreso nel piano alto collinare, litologicamente composto da Calcere Massiccio affiorante, Maiolica, Scaglia Bianca, Scaglia Rossa, Marne a Fucoidi e sedimenti colluviali. Il substrato litologico di Macchia Tassinete vede la prevalenza dei calcari della Scaglia Rossa a della Scaglia Bianca, insieme a piccoli strati di Maiolica e Marne a Fucoidi (Belli,2020).

Bosco dell'Internone

Il Bosco dell'Internone è ubicato nell'omonima località in comune di Cingoli (MC), nei pressi di Capo di Rio ed Avenalee appartiene al gruppo orografico denominato Dorsale Cingolana. L'area di studio si trova tra la strada demaniale che passa a Monte della Costa di Prato Chiuso ed il crinale della *Macchia delle Tassinete*. Nella cartografia del "Piano particolareggiato di Assestamento Forestale delle Foreste Demaniale dei Comuni di Cingoli ed Albacina" (scala 1:10000) viene identificato nelle particelle forestali: 51a, 49b e 49a.

Il bosco ha una superficie di circa 25 ha distribuita sul versante di una vallecchia che ha nella parte più a monte in direzione sud-ovest, due impluvi caratterizzati da corsi d'acqua transitori che confluiscono più a valle nel Fosso Varene, l'altitudine è compresa fra i 500 m s.l.m., nella parte più a valle, ai 700 m s.l.m., raggiunti nella porzione meridionale in prossimità della Costa di Prato Chiuso. Risulta morfologicamente condizionata dal reticolo idrografico. I torrenti presenti risultano quasi sempre asciutti nel periodo estivo, anche a causa dell'alta permeabilità dei substrati calcarei. La pendenza è compresa tra il 40 e il 65% e al confine tra le particelle 49a e 49b è presente una piccola frana da cui si può vedere l'affioramento calcareo indicato dalla carta geologica regionale.

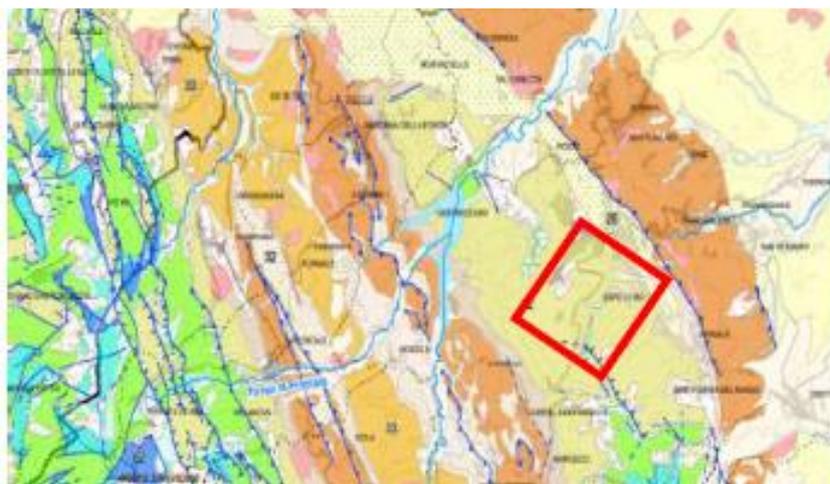


Figura 2.1.1.4 Caratterizzazione geologica dell'area. Carta geologica regionale.

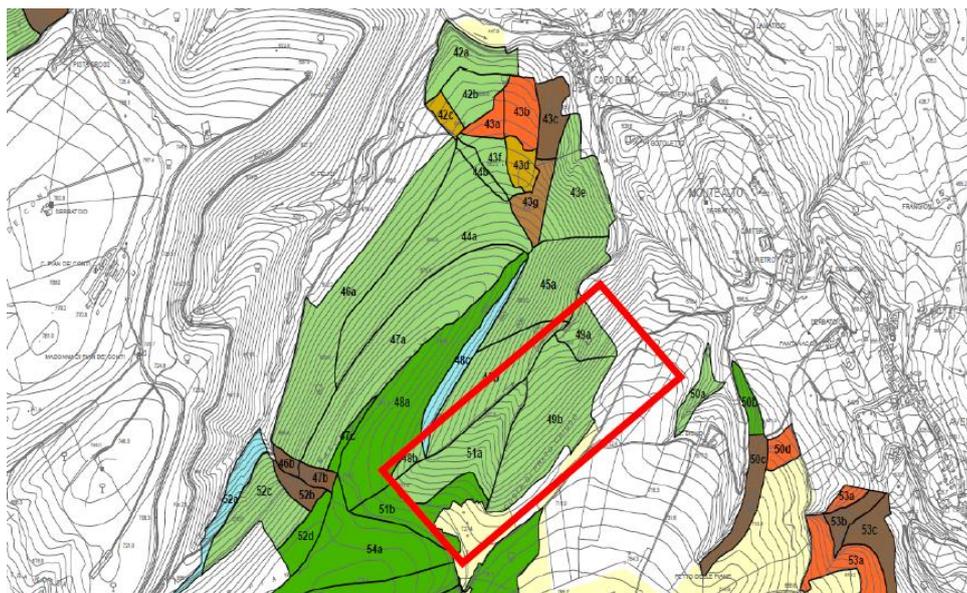


Figura 2.1.1.5 Bosco dell'Internone (riquadro rosso) comprendente le tre particelle forestali :49a, 49b, 51 (Fonte: Carta delle comprese del Piano di Assestamento Forestale Piano particolareggiato di Assestamento Forestale delle Foreste Demaniale dei Comuni di Cingoli ed Albacina).

Il popolamento di tasso è distribuito inizialmente su due versanti contrapposti, uno con esposizione sud-est ed uno con esposizione nord-ovest, per poi acquisire maggiore consistenza in corrispondenza del punto di inserimento dei due impluvi che sono separati da un crinale posto sulla sommità di due ridotti versanti con esposizione più marcatamente settentrionale ed orientale. Per la delimitazione si è deciso di utilizzare i confini naturali quali formazioni di impluvi, avvallamenti caratteristici riconoscibili anche in mappa, punti di confine bosco/campo coltivato dove presenti e in alcuni casi piste forestali e di sentieri presenti all'interno del bosco (Pietroni,2019). Il bosco dell'Internone si trova sulla Dorsale di Cingoli e presenta le stesse caratteristiche litologiche della Macchia delle Tassinete sopra descritte.



Figura 2.1.1.7 a sinistra la Macchia delle Tassinete a destra il Bosco dell'Internone (elaborazione dati Qgis 3.4)

Alpe della Luna

L'Alpe della Luna, diversamente dalle due aree precedentemente analizzate, si trova nella parte settentrionale della regione, è un gruppo montuoso dell'Appennino settentrionale compreso fra le regioni: Toscana, Umbria e Marche.

Più nello specifico occupa i seguenti comuni di tre province:

- Arezzo: Badia Tebalda, Pieve Santo Stefano, Sansepolcro e Sestino (sup di 1240 ha istituita a Riserva Naturale Regionale Alpe della Luna)
- Perugia: San Giustino;
- Pesaro-Urbino: Borgo Pace località Val Maggio

La parte del gruppo montuoso che interessa la provincia di Pesaro-Urbino è stata tutelata attraverso l'istituzione del SIC - Sito d'Importanza Comunitaria (ora ZSC – Zona Speciale di Conservazione) IT5310010 “Alpe della Luna – Bocca Trabaria” presentando faggete con *Taxus* e *Ilex* definiti dalla Direttiva 92/43/CEE habitat da tutelare e conservare (Habitat *9210). Si estende per 2624 ha tra i 550 e i 1252 m slm e interessa i comuni di Borgo Pace e Mercatello sul Metauro. L'ente gestore è l'Unione Montana Alta Valle del Metauro. Il nome caratteristico di questo massiccio arenaceo deriva dall'imponente scarpata rocciosa a forma di mezzaluna denominata appunto Ripa della Luna.

L'area oggetto di studio non è interessata da un reticolo idrografico principale, ma sono presenti numerose zone di impluvio che si congiungono col reticolo idrografico principale, primo tra tutti all'interno del SIC quello dell'Auro, che in località Borgo Pace confluisce con il Torrente Meta dando origine al fiume marchigiano con bacino idrografico di dimensioni maggiori, il Metauro (Belli,2020).

La presenza degli individui di *T. baccata* si riscontra sul piano submontano, litologicamente composto in prevalenza da formazioni marnoso-arenacee. In particolare, l'area di interesse ha un substrato geolitologico di argilloscisti.

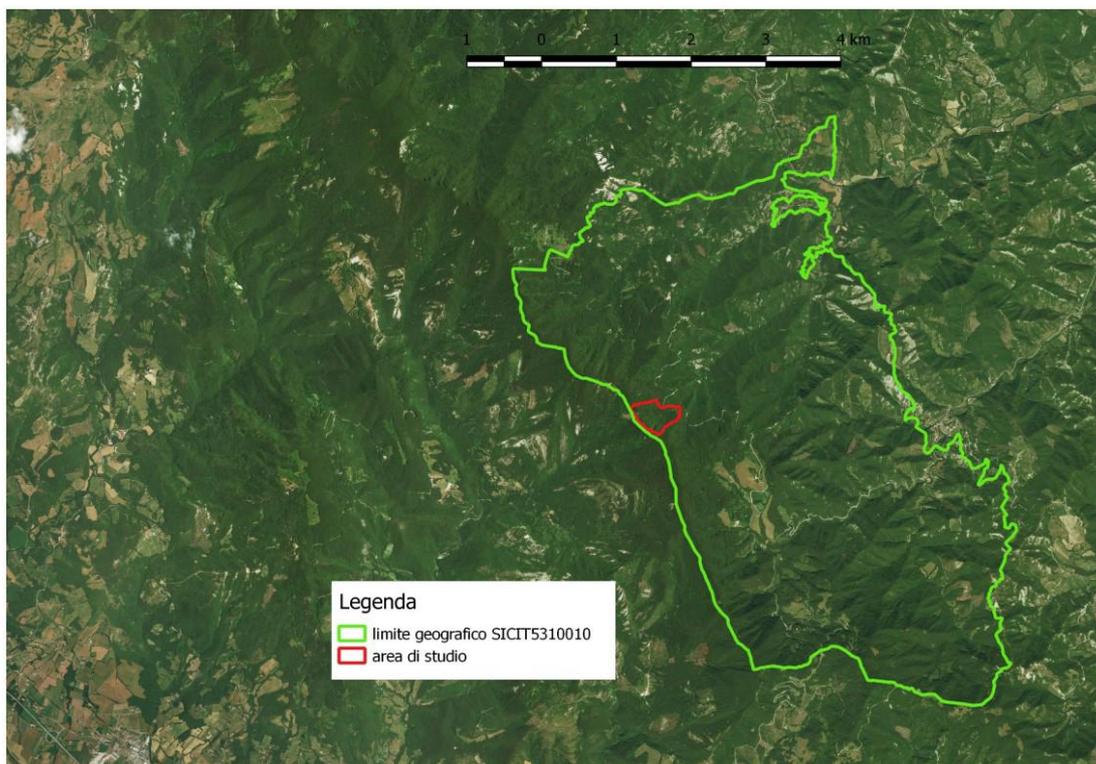


Figura 2.1.1.8 Limite geografico dell'area del SIC IT5310010 in verde e dell'area di studio in rosso (tratto da Belli,2020).

2.1.2 Caratteri pedologici, climatici e vegetazionali

Macchia delle Tassinete

Da un punto di vista pedologico i suoli della Macchia delle Tassinete sono stati identificati da Tiberi(2006) come *Cambisols* nei versanti boscosi ,con orizzonte superficiale ricco in sostanza organica e/o substrato litoide poco profondo, e da Pietracaprina et al. (2006) come “*Calcic Siltic Chernozem*” secondo la classificazione FAO-ISRICISS (1998); quindi suoli superficiali con orizzonti A e AB limitati ai primi 30 cm di profondità.

secondo il diagramma in linea di massima quest'area non è caratterizzata da periodi significativamente siccitosi, se non in alcune annate particolari.

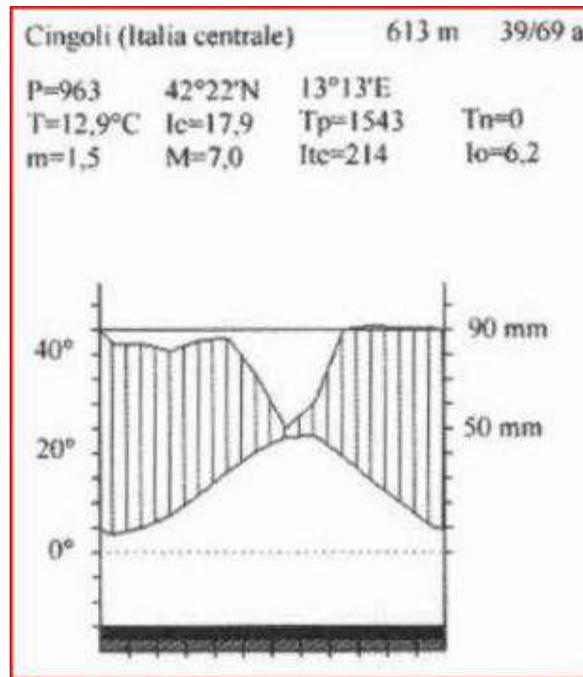


Figura 2.1.2.2 Digramma termo pluviometrico di Bagnouls e Gausson riferito al trentennio 1961-1990 per la stazione di Cingoli (ottenuti tramite il programma on-line www.globalbioclimatics.org)

Mentre il diagramma di Thornthwaite mette in evidenza un deficit idrico fra luglio e agosto, il quale tende progressivamente ad annullarsi nel corso dei mesi autunnali (Taffetani et al., 2004).

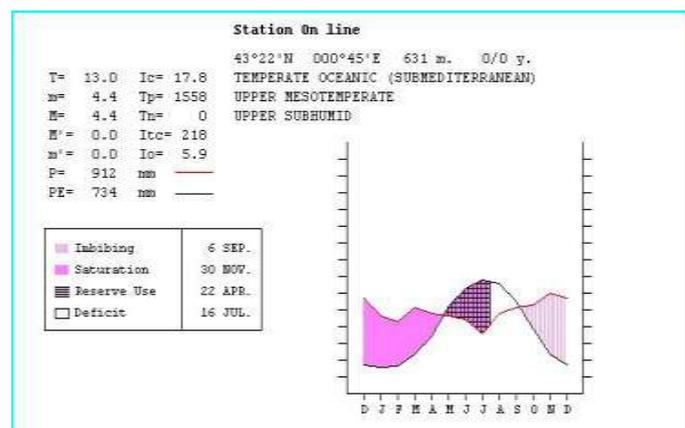


Figura 2.1.2.3 del bilancio idrico di Thornthwaite riferito al trentennio 1961-1990 per la stazione di Cingoli (ottenuti tramite il programma on-line, www.globalbioclimatics.org)

La vegetazione della Macchia delle Tassinete è quasi esclusivamente forestale inquadrabile secondo la Tipologia Forestale delle Marche (IPLA, 2001) quale Orno-ostrieto mesoxerofilo

riferibile all'associazione *Scutellario columnae-Ostryetum carpinifoliae* (Pedrotti, Ballelli & Biondi ex Pedrotti, Ballelli, Biondi, Cortini & Orsomando 1980) subass. *violetosum reichenbachianae* Allegrezza 2003 (Bagnara,2012) (Fig.2.1.2.4). Si tratta in prevalenza di boschi cedui con una elevata ricchezza di specie arboree mesofile e mesoxerofile quali acero riccio (*Acer platanoides*), faggio (*Fagus sylvatica*), nocciolo (*Corylus avellanae*), acero a foglie ottuse (*Acer obtusatum*) maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*), cerro (*Quercus cerris*), ciavardello (*Sorbus torminalis*), sorbo comune (*Sorbus domestica*), roverella (*Quercus pubescens*), acero campestre (*Acer campestr*), acero minore (*Acer monspessulanum*), ed il non comune paternoster o falso pistacchio (*Staphylea pinnata*) (Figura 2.6), considerata in Emilia Romagna una specie estremamente rara (Indice di rarità, 97,8)1 (Alessandrini e Bonafede, 1996). In successivi studi le aree caratterizzate dalla presenza significativa del tasso sono state riconosciute nell'associazione *Taxo baccatae-Ostryetum carpinifoliae* poi considerate come variante a *Taxus baccata* dell'orno-ostrieto (Taffetani et al. 2004). Nella parte sommitale di Cima Mastro Luca è presente nell'area una piccola porzione delle cerrete che sono invece prevalenti nel versante sud-orientale, ma al di fuori del perimetro dell'area floristica. Sopra l'abitato di Capo di Rio è presente anche un rimboschimento a prevalenza di pino nero (Urbinati & Bagnara).

Dalla consultazione del registro dei tagli del Comando Stazione Forestale di Cingoli è possibile evidenziare come in località “Tassinete” il turno di utilizzazione del ceduo fosse fra 12 e 16 anni negli anni '50-'60 del secolo scorso, dai 17 ai 20 anni negli anni '70-'80 ed infine fra 20 e 28 dai primi anni 90 ad oggi.

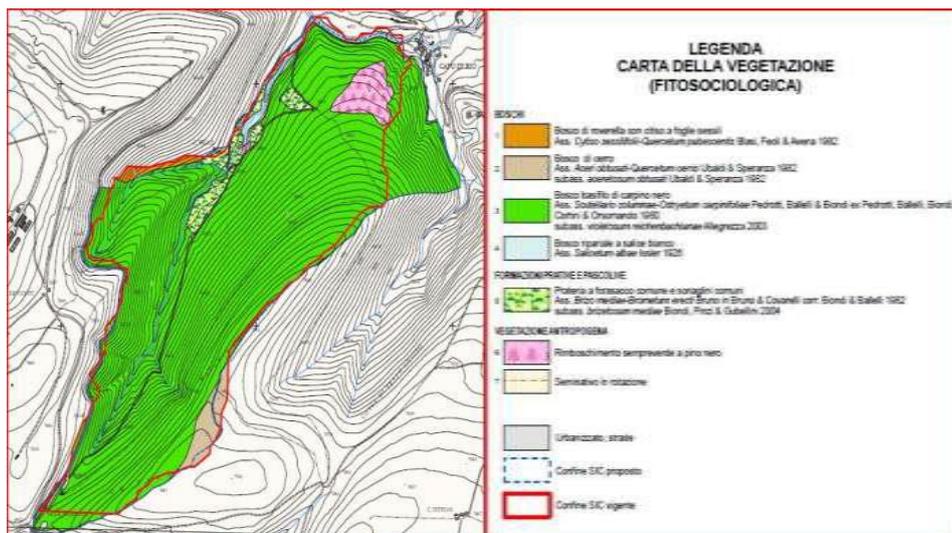


Figura 2.1.2.4 Carta fitosociologica della vegetazione del SIC “Macchia delle Tassinete

Bosco dell'Internone

Anche in questo caso il bosco dell'Internone presenta dal punto di vista climatico le stesse caratteristiche della Macchia delle Tassinete. Mentre, dati specifici sull'assetto vegetativo dell'area di studio derivano dal Piano Particolareggiato di Assestamento Forestale delle Foreste Regionali Demaniali di Cingoli ed Albacina, definite per singole particelle:

- Particella 49a: Orno-ostrieto mesoxerofilo. Costituito da ceduo immaturo di origine agamica mediamente vigoroso di Carpino nero (*Ostrya carpinifolia Scop.*) e in subordine Tasso (*Taxus baccata L.*), Roverella (*Quercus pubescens Willd.*), Cerro (*Quercus cerris L.*), Orniello (*Fraxinus ornus L.*), Albero di Giuda (*Cercis siliquastrum L.*). Strato arbustivo formato da Corniolo (*Cornus mas L.*), Coronilla, Nocciolo (*Corylus avellana L.*), Scotano (*Cotinus coggygia Scop.*), Biancospino selvatico (*Crataegus monogyna Jacq.*), Ginepro comune (*Juniperus communis L.*), Rosa (genere), Rovo (*Rubus ulmifolius Schott*), Pungitopo (*Ruscus aculeatus L.*), rappresentate su meno di un terzo della superficie. Strato erbaceo costituito da Geranium spp, Helleborus spp, Cyclamen spp, Hedera helix, Urtica dioica, Anemone trifolia, Asparagus acutifolius, Graminacee pr. submont. rappresentate sporadicamente sulla superficie.
- Particella 49b: Ostrieto mesofilo. Ceduo immaturo di origine agamica molto vigoroso di Carpino nero (*Ostrya carpinifolia Scop.*) e in subordine Tasso (*Taxus baccata L.*), Orniello (*Fraxinus ornus L.*), Faggio (*Fagus sylvaticae L.*), Albero di Giuda (*Cercis siliquastrum L.*), Acero opalo (*Acer opalus Mill.*) Presenza sporadica di Carpino bianco (*Carpinus betulus L.*). Strato arbustivo formato da Corniolo (*Cornus mas L.*), Coronilla (genere), Nocciolo (*Corylus avellana L.*), Scotano (*Cotinus coggygia Scop.*), Biancospino selvatico (*Crataegus monogyna Jacq.*), Ginepro comune (*Juniperus communis L.*), Rosa (genere), Rovo (*Rubus ulmifolius Schott*), Pungitopo (*Ruscus aculeatus L.*) rappresentate su meno di un terzo della superficie. Strato erbaceo costituito da Geranium spp, Helleborus spp, Cyclamen spp, Hedera helix, Urtica dioica, Anemone trifolia, Asparagus acutifolius, Graminacee pr. submont. rappresentate sporadicamente sulla superficie.
- Particella 51a: Ostrieto mesofilo. Ceduo maturo di origine agamica molto vigoroso di Carpino nero (*Ostrya carpinifolia Scop.*) e in subordine Tasso (*Taxus baccata L.*), Sorbo montano, Orniello (*Fraxinus ornus L.*), Faggio (*Fagus sylvaticae L.*), Albero di Giuda (*Cercis siliquastrum L.*), Acero opalo (*Acer opalus Mill.*), presenza sporadica di Carpino bianco (*Carpinus betulus L.*) e Acero riccio (*Acer platanoides L.*). Strato

arbustivo formato da Corniolo (*Cornus mas L.*), Coronilla (genere), Nocciolo (*Corylus avellana L.*), Scotano (*Cotinus coggygria Scop.*), Biancospino selvatico (*Crataegus monogyna Jacq.*), Fusaggine (*Euonymus europaeus L.*), Ginepro comune (*Juniperus communis L.*), Rosa (genere), Rovo (*Rubus ulmifolius Schott*), Pungitopo (*Ruscus aculeatus L.*) rappresentate su meno di un terzo della superficie. Strato erbaceo costituito da *Geranium spp*, *Helleborus spp*, *Cyclamen spp*, *Hedera helix*, *Urtica dioica*, *Asparagus acutifolius*, graminacee pr. submont. rappresentate sporadicamente sulla superficie.

In generale l'area di studio è composta da un popolamento è deciduo matricinato invecchiato, soggetto a conversione ad alto fusto. La struttura verticale è monoplana, nelle posizioni più fertili ed umide le piante sono molto filate e raggiungono altezze maggiori. Dove sono presenti nuclei più densi di Tasso si crea localmente una struttura biplana con uno strato di chiome sottomesse ben distinte. Sono presenti discontinuità nella copertura a causa di ribaltamenti di ceppaie e piante morte in piedi (Pietroni, 2019).

Alpe della Luna

Secondo la classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez, l'area appartiene al macrobioclima temperato oceanico a variante sub-mediterranea con termotipo supratemperato inferiore ed ombrotipo umido superiore (Rivas-Martinez, 1994; Rivas-Martinez, 1999). Il regime udometrico (riferito all'umidità del terreno) è sub equinoziale-autunnale, caratterizzato dalla presenza di un brevissimo periodo di aridità estiva tra la metà di luglio e la fine di agosto (Gallucci & Urbinati, 2009). Le precipitazioni medie annue sono di 912 mm, con valori massimi nel mese di novembre (98 mm) e minimi a luglio (50 mm) ed una distribuzione di tipo sub-equinoziale. Le precipitazioni medie nel trimestre estivo sono di 191 mm, mesi in cui si verifica il deficit idrico (Figura 2.1.2.5).

2.2 Protocollo di campionamento

2.2.1 Rilevamento dendrometrico-strutturale

Per gli individui di Tasso presenti nelle tre diverse aree di studio erano già disponibili i principali parametri dendrometrico-strutturali (diametro a petto d'uomo e altezza), rilevati precedentemente dal Laboratorio D3A dell'UNIVPM nel 2019 per quanto riguarda l'aria di Internone e Alpe della Luna e 2010 per Macchia delle Tassinete.

Entrambi i censimenti della popolazione di tasso hanno riguardato tutti gli individui di tasso aventi un diametro pari o superiore ai 13/15 cm all'altezza convenzionale di 1,3 m da terra. Si è proceduto quindi alla georeferenziazione degli individui tramite GPS differenziale (TRIMBLE GeoXT), all'apposizione di cartellini numerici e alla raccolta di parametri dendrometrico-strutturali degli individui adulti. Nell'area di Macchia delle Tassinete sono stati rilevati, mappati e censiti 1030 individui adulti (Fig. 2.2.1.1).

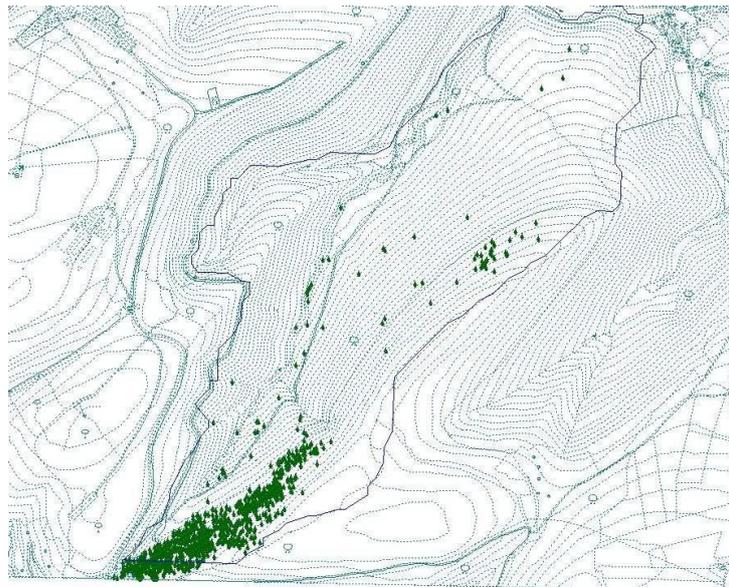


Figura 2.2.1.1. Censimento dei 1030 esemplari di tasso con diametro a petto d'uomo superiore ai 15cm rilevati all'interno del perimetro del SIC Macchia delle Tassinete. Scala 1:11000 (tratto da Bagnara,2012).

Nel rilevamento sull'intera area di studio di Internone (25 Ha) sono stati censiti 290 individui (Fig.2.2.1.2) di Tasso aventi un diametro a 1.30 m da terra maggiore/uguale a 13 cm. Per Alpe della Luna invece sono stati censiti tutti gli individui adulti di tasso accessibili (soglia minima classe DBH 15 cm) nel sito per un numero totale di 96 (Fig 2.2.1.3).

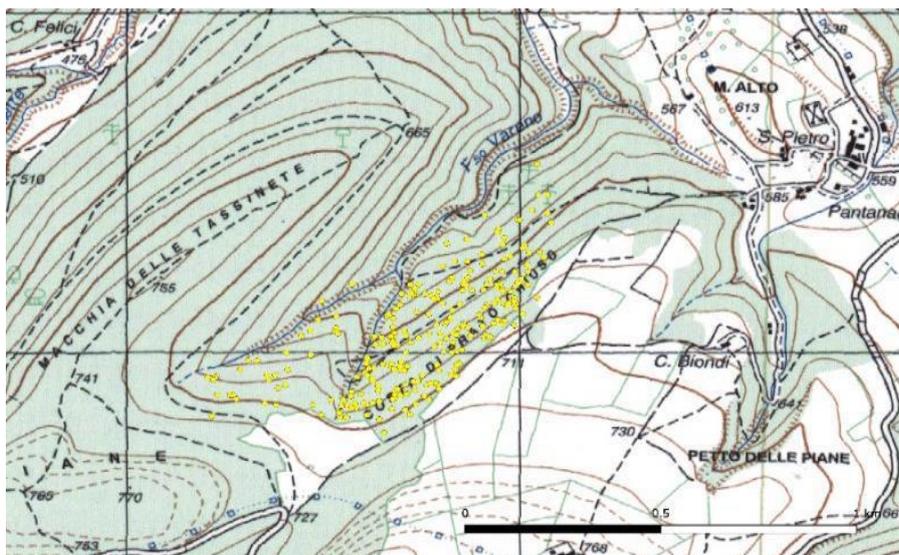


Figura 2.2.1.2. Distribuzione degli individui di Tasso nell'area dell'Internone (da Pietroni,2019)



Figura 2.2.1.3. Distribuzione spaziale dei 96 individui di tasso campionati ad Alpe della Luna all'interno dell'area di studio (da Belli,2020).

In particolare, sono stati rilevati: il diametro a 1,30 m da terra (DBH) attraverso l'uso di un cavalletto dendrometrico (calibro) e l'altezza totale (distanza lungo l'asse del fusto dell'albero da terra al suo vertice estremo) utilizzando un ipsometro digitale Trupulse o un ipsometro a ultrasuoni Vertex III. Inoltre, si è proceduto all'indagine sul sesso degli individui. Quest'ultimo parametro è determinabile solo nel periodo di fruttificazione della pianta (dioica), quindi è stato raccolto solo per il numero di individui che rappresentava i caratteri morfologici distintivi (arilli) (Belli,2020).

2.2.2 *Prelievo dei campioni legnosi per analisi dendroclimatica*

Ai fini della determinazione della struttura cronologica della popolazione di tasso, della dinamica di accrescimento e per poter effettuare le successive analisi dendroecologiche, fondamentali per questa ricerca, si è svolta la raccolta di campioni legnosi tramite utilizzo della trivella di Pressler. Sono state prelevate sul fusto arboreo, ad un'altezza di 1,3 m da terra, 1 carota legnosa per ogni fusto. I prelievi eseguiti in direzione ortogonale sono stati effettuati a monte e/o lungo la direzione della curva di livello per evitare zone con legno di compressione. Per il sito di Internone il campionamento ha interessato 50 individui adulti di Tasso tra quelli censiti, per Macchia delle Tassinete circa 100 individui, per Alpe della Luna invece 96 individui.



Figura 2.2.2.1 A sinistra i componenti della trivella Pressler smontata; a destra la trivella Pressler pronta per essere utilizzata.

Le carote prelevate sul fusto arboreo, hanno una sezione di 5 mm di diametro. I prelievi eseguiti in direzione ortogonale al fusto, sono stati effettuati a monte e/o lungo la direzione della curva di livello per evitare zone con legno di compressione. La scelta del punto di prelievo è stata funzionale alle caratteristiche del fusto, cercando di evitare zone visibili con presenza di anomalie morfologiche (calli di cicatrizzazione, rami epicormici sul fusto, torsioni o eccessive ramificazioni).

2.3 Metodi di analisi

2.3.1 Preparazione dei campioni

I campioni prelevati in campo sono stati trasferiti al laboratorio TreeringLab del D3A dove sono stati definitivamente incollati sul supporto con colla vinilica, facendo attenzione alla disposizione delle fibre in modo che sia ortogonale al piano d'appoggio consentendo un'efficace lettura della sezione trasversale. Una volta asciugati, la levigatura è stata eseguita manualmente per le carote legnose o meccanicamente utilizzando prima carte abrasive a grana medio - grossa (<200) per poi completare la rifinitura con quelle a grana fine (in genere si è utilizzato la 400), per evidenziare al meglio gli anelli legnosi e misurarne l'ampiezza con maggior accuratezza. I campioni sono stati identificati attraverso un codice univoco composto da otto caratteri rappresentanti rispettivamente la località (IN- Internone, MT-Macchia delle Tassinete, VM- Val Maggio: località di Alpe della Luna), la specie (TB – *Taxus baccata*), il codice della pianta campionata (n. del cartellino).



Figura 2.3.1.1 carote di Internone incollate su appositi supporti con codice identificativo

2.3.2 *Analisi dendrocronologica e dendroclimatica*

La dendrocronologia (dal greco "dèndron" = albero, "krònos" = tempo, e "loghìa" = studio) è un sistema di datazione che studia l'accrescimento nel tempo degli alberi, le modalità e i fattori che lo influenzano. Per produrre una dendrocronologia è stata effettuata una misurazione dell'accrescimento annuale degli anelli presenti sulle varie carote di T. baccata campionate, utilizzando il sistema LINTAB (Rinntech) costituito da un binoculare con crocefilo ed un piano mobile i cui spostamenti, corrispondenti alle ampiezze anulari espresse in 1/100 mm, vengono registrati dal software collegato TSAPW (Rinntech,2003) (Bagnara,2012). Questo software permette di registrare l'ampiezza in mm degli anelli misurati dalla stazione LINTAB, restituisce dei grafici in cui sono ben visibili gli incrementi e rende possibile calcolare la media e altre statistiche delle serie misurate.

La misurazione è stata effettuata su almeno 20 campioni per ogni sito e nel caso di Macchia delle Tassinete sono stati recuperate serie già prodotte nel 2010 alle quali sono state aggiunte misurazioni fatte su 10 campioni prelevati più recentemente (2017), per poter avere una cronologia più lunga e aggiornata delle serie di Tasso sulle quali effettuare le analisi dendrocronologiche e dendroclimatiche.

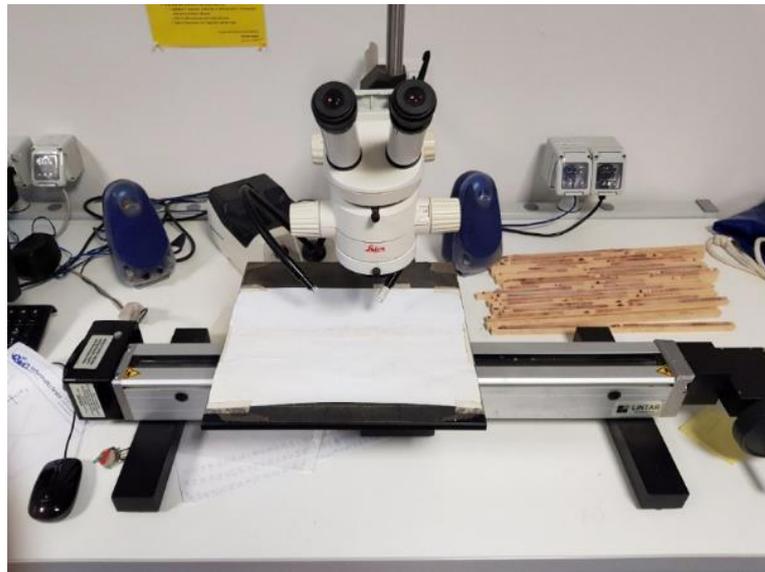


Figura 2.3.2.1. sistema ottico semi-automatico LINTAB presso il TreeringLab - UNIVPM

Ogni campione è stato datato in base alla data di raccolta, tenendo conto che la stagione vegetativa della pianta è limitata al periodo primaverile ed estivo. Ad esempio, nel caso dei campioni del Bosco dell'Internone la data dei rilievi in campo risaliva al mese ottobre 2019, in questo l'accrescimento dell'anello del 2019 non era ancora concluso, quindi ai campioni è

stato assegnato come ultimo anello misurato l'anno 2018. Il software TSAP consente di elaborare per ogni campione una curva dendrocronologica, che viene confrontata con le curve degli altri campioni della stessa specie e della stessa area geografica. Quindi si effettua una sincronizzazione visiva spostando le serie misurate alla ricerca di anni caratteristici e di possibili errori nella misurazione.

La qualità della sincronizzazione è stata anche valutata con il programma dedicato COFECHA (Holmes 1983), che confronta i segmenti di ogni campione rispetto alla cronologia media (*master chronology*), suggerendo le varie modifiche utili a migliorare l'esatta collocazione temporale della serie cronologica misurata. Quindi per ogni sito sono state scelte le serie cronologiche con una correlazione (Pearson) almeno di 0.3.

Nel sito VMTB in seguito al controllo qualitativo effettuato attraverso Cofecha e sincronizzazione visiva, sono stati selezionati solamente 5 campioni, per cui si è deciso di scartare quest'area per l'analisi dendroclimatica.

In seguito, le serie selezionate, mediante la funzione “*detrend*” del pacchetto dplR del programma R, sono state sottoposte a standardizzazione per rimuovere l'autocorrelazione di primo ordine (AC1), solitamente presente nelle serie di accrescimento. Questo passaggio, che elimina la varianza di medio-lungo termine e mantiene quella inter-annuale dovuta alla variabilità del clima, è indispensabile per poter sottoporre le serie prescelte all'analisi dendroclimatica.

Il *detrending* delle serie è stato attuato mediante una funzione *smoothing spline* di 12 anni (con cutoff a 50%) che ha trasformato le serie di incrementi legnosi (serie grezze) in serie indicizzate (RWI - *Ring Width Index*).

La qualità delle cronologie per l'analisi dendroclimatica è stata valutata attraverso gli indici R_{bar} ed EPS (*Expressed Population Signal*):

$$\text{EPS} = \frac{n \cdot R_{\text{bar}}}{(n \cdot R_{\text{bar}} + (1 - R_{\text{bar}}))}$$

dove R_{bar} indica il coefficiente di correlazione medio tra le serie della cronologia ed n il numero totale di serie utilizzate (Briffa e Jones, 1990; Wigley et al., 1984).

Sono così state costruite delle cronologie medie di ampiezza anulare e le corrispondenti cronologie di superficie anulare, denominate con l'acronimo BAI (Basal Area Increment). Tale parametro esprime l'effettivo incremento annuo di circonferenza escludendo la riduzione anulare che avviene per semplice effetto geometrico. Infatti, col passare degli anni la pianta pur formando la stessa quantità di biomassa, la distribuisce su una superficie anulare sempre

maggiore riducendo progressivamente l'ampiezza degli anelli. Il confronto fra le cronologie medie è stato eseguito mediante statistiche descrittive prodotte dal pacchetto dplR con software R a partire da serie grezze. Le principali statistiche descrittive prodotte sono: l'autocorrelazione (AR1) che descrive l'influenza della crescita precedente sulla crescita dell'anno, la media (mm) che rappresenta l'ampiezza media degli anelli, la deviazione standard (DS) e il coefficiente Gini (GINI) che spiega la percentuale di variabilità interannuale delle ampiezze. Sulle serie standardizzate altri due indicatori statistici importanti per la valutazione delle serie sono Rbar e EPS, precedentemente descritti.

Le analisi dendroclimatiche sono state effettuate per i campioni dell'area d'Internone e per la Macchia delle Tassinete e non per Val Maggio poiché le serie non presentavano una buona sincronizzazione. I fattori climatici presi in considerazione sono stati Temperatura e Precipitazione. I dati mensili delle precipitazioni totali (Prec), delle temperature medie minime (Tmin) e massime (Tmax), sono stati scaricati dal KNMI Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl>), andando a mettere le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) specifiche dell'area di studio, ovvero 43°25' N e 13°25' E. La finestra temporale in cui è stata effettuata l'analisi dendroclimatica è quella compresa tra il 1950 (primo anno presente per la griglia delle temperature e delle precipitazioni utilizzata) e il 2019 (anno dell'ultimo anello completo delle cronologie). La funzione di correlazione di Bootstrap tra cronologie residue e variabili climatiche è stata analizzata con il pacchetto R "*BootRes*" (Zang e Biondi 2013), e sequenziata da aprile dell'anno precedente la crescita (t-1) a ottobre dell'anno di crescita corrente (t). È stata poi applicata una funzione di correlazione mobile con un intervallo di 25 anni progressivamente spostato nel tempo per calcolare i coefficienti di correlazione per le stesse variabili mensili precedentemente utilizzate per valutare la persistenza nel tempo della sensibilità climatica. Infine, per vedere gli anni caratteristici è stato utilizzato il metodo "Cropper" (*normalization in a moving window method*) (Cropper, 1979) sulle serie grezze divise in finestre mobili di 5 anni ottenendo serie normalizzate. La soglia per definire un anno caratteristico è stata fissata a 0,75. L'analisi degli anni caratteristici è stata effettuata con il pacchetto *pointRes* (van der Maaten 2015) in R.

3. ANALISI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

3.1 Caratteri dendrometrico-strutturali delle popolazioni di tasso

Tabella 3.1.1 Alberi di tasso campionati nelle tre aree di studio

ADS	N. tot	N. età	% F	% M	% ND
MDT	1030	83	44	36	20
INT.	290	50	3	-	97
ADL	96	96	15	-	85

Come mostrato dalla Tab. 3.1.1 nell'area di MDT sono stati censiti 1030, individui (con DBH>15cm) per i quali sono misurati altezza e diametro a 1.30m , mentre solo 83 individui sono stati campionati per il dato età.

Per INT sono stati censiti 290 individui di cui solo quelli con DBH > di 13 cm sono stati misurati H e DBH, mentre solo 50 individui sono stati campionati la determinazione dell'età.

Infine, per ADL sono stati censiti, misurati (solo quelli con DBH>15cm) per H e DBH e campionati per età 96 individui.

Per tutte e 3 le aree, dove è stato possibile, è stato determinato il sesso degli individui censiti, in base alla presenza / assenza di organi riproduttivi femminili e/o maschili.

Dal censimento degli individui di tasso nell'area d'INT è stata osservata una maggiore frequenza di individui nel versante verso MDT che presenta caratteristiche topografiche e climatiche simile a MDT e quindi consone allo sviluppo del tasso.

La distribuzione spaziale degli individui è risultata anche molto più simile a quella della Macchia delle Tassinete, rispetto a quella dell'Alpe della Luna Questo può essere attribuito a diversi fattori:

- caratteristiche delle stazioni considerate: Internone e Macchia delle Tassinete fanno parte entrambe della Dorsale di Cingoli, si rinvergono le stesse condizioni climatiche e geo-pedologiche all'interno di entrambe le aree;
- disposizione e caratteristiche del versante: se osservati, i versanti della Macchia delle Tassinete e dell'Internone presentano stesse condizioni di esposizione e pendenza;
- dati storici: risalendo a periodi passati, c'erano comunque segnalazioni di grande presenza di Tasso in tutto il territorio boschivo Cingolano.

La popolazione dell'Alpe della Luna risulta essere invece più raccolta e circoscritta anche per le condizioni fisiografiche dell'area con pendenze locali molto più elevate. Questa è l'unica delle tre popolazioni compresa in una faggeta montana; le altre due della dorsale cingolana sono incluse in cenosi di latifoglie miste con presenza sporadica del faggio (Pietroni,2019).

Tutte e tre le popolazioni sono coetaniformi, sebbene con alcune differenze nei diametri: a *Macchia delle Tassinete* il diametro medio equivale a 26,1 cm, mentre a *Alpe della Luna* corrisponde a 21,95 cm e per *Internone* è di 21,5 cm. Infatti come viene mostrato dalla Fig.3.1.2 a) la frequenza % maggiore di individui per INT e ADL ricade nella classe dei 20 cm di DBH, mentre per MDT nella classe dei 30 cm di DBH.

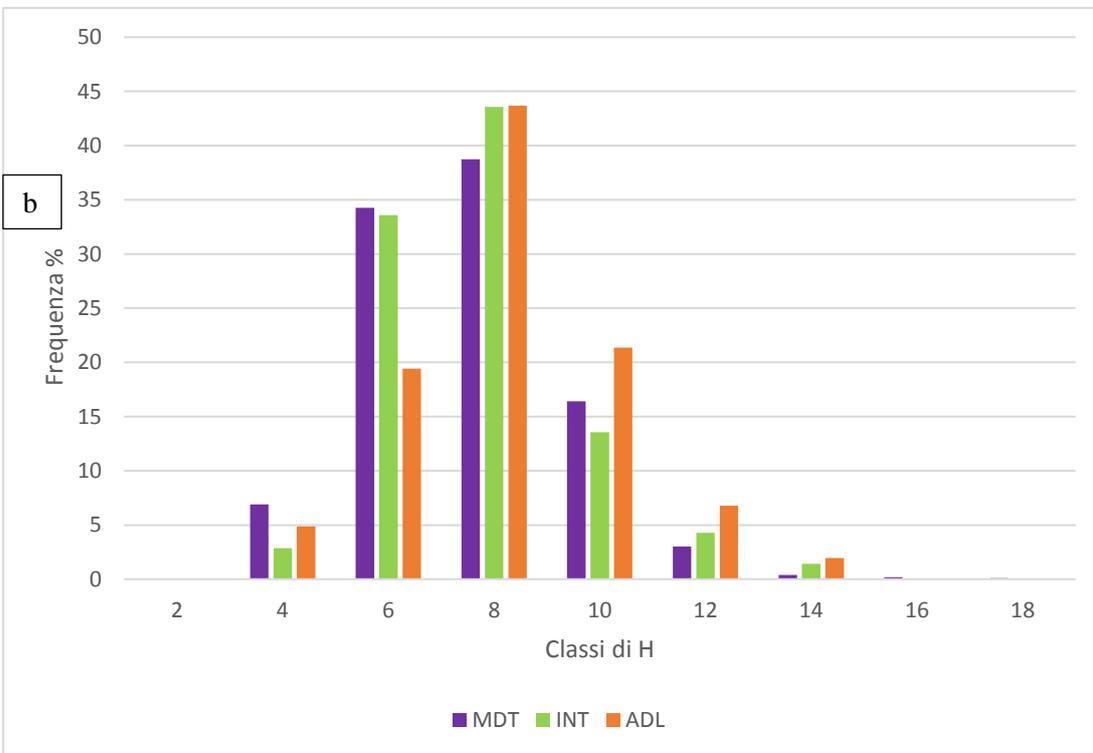
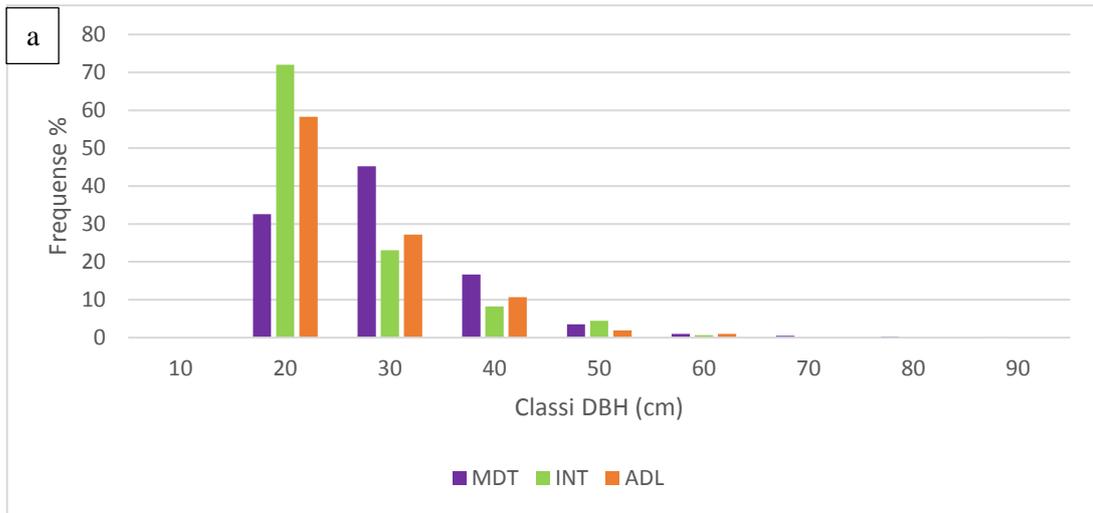
L'altezza massima tra gli individui campionati in MDT appartiene alla classe di 18 m mentre la minima a quella di 4m; gli individui di *ADP* e *INT* hanno un valore massimo nella classe di 14 m e minimo in quella di 4 m (Fig.3.1.2 b).

La popolazione di *Macchia delle Tassinete* mostra valori maggiori, determinati non da una maggiore disponibilità luminosa bensì dalla maggiore età e fertilità della stazione.

Dal punto di vista cronologico (Fig.3.2.2 grafico c) *MDT* presenta un maggior numero di Frequenza % di individui nelle classi comprese tra i 90- 140 anni, *ADL* nella classe degli 80 anni ed *INT* nelle classi tra i 60-120 anni (Tab.3.1.1).

Tabella 3.1.2 confronto altezze, diametri, ed età nelle tre aree di studio. MDT: Macchia delle Tassinete, ADL: Alpe della Luna, INT: Internone

	<i>Diametro (cm)</i>			<i>Altezza (m)</i>			<i>Età (anni)</i>		
	<i>MDT</i>	<i>ADL</i>	<i>INT</i>	<i>MDT</i>	<i>ADL</i>	<i>INT</i>	<i>MDT</i>	<i>ADL</i>	<i>INT</i>
Media	26.1	22.2	21.1	7.4	7.5	7.4	105.4	76.6	82.9
DS.	9.9	8.7	8.7	2.2	1.9	2.2	21.7	23.3	25
Mediana	24.5	19	18	7.1	7.5	7.1	108.0	78	85



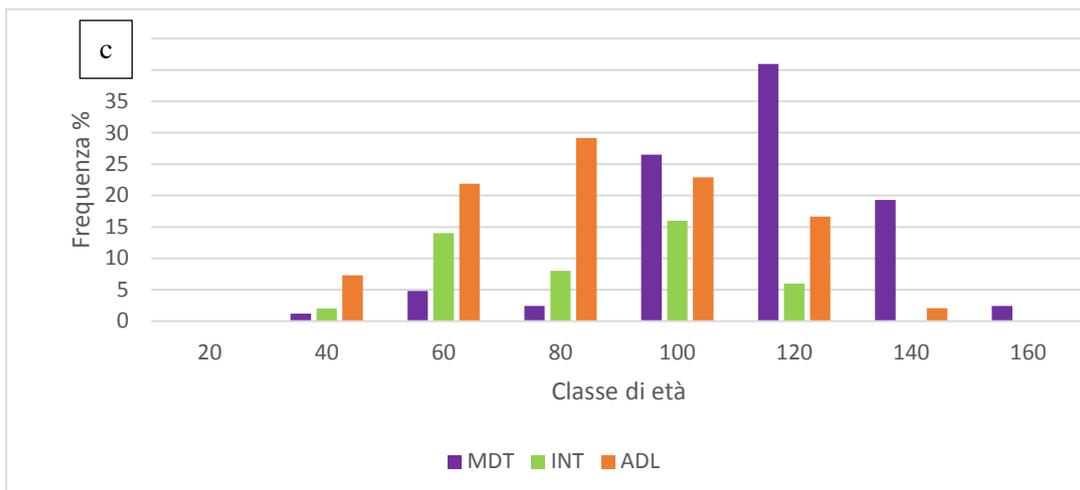


Figura 3.1.1 . I 3 grafici mostrano i dati strutturali dell tre aree di studio (a) distribuzione dei DNH (b) distribuzione delle altezze (c) distribuzione delle classi di età

3.2 Dinamica di accrescimento radiale

Dalle tre curve cronologiche medie delle relative popolazioni di tasso si osserva che Macchia delle Tassinete è l'area con campioni di età maggiore, con una buona correlazione tra le serie (R_{bar}) e con il più elevato valore di EPS.

Mentre la cronologia INT ha un'ampiezza media degli anelli maggiore rispetto alle altre due, si nota una buona sincronizzazione tra le serie un valore comunque elevato di EPS.

Tabella 3.1.1 statistiche descrittive prodotte delle serie grezze

Cronologie	N.	Periodo	Anni	Media (mm)	DS (mm)	GINI	AR1	EPS	Rbar
MTTB	67	1860-2016	109	1.05	0.57	0.29	0.69	0.95	0.30
INTB	20	1894-2019	86.50	1.39	0.85	0.32	0.74	0.85	0.30
VMTB	5	1945-2019	65.33	1.34	0.42	0.17	0.62	0.57	0.24

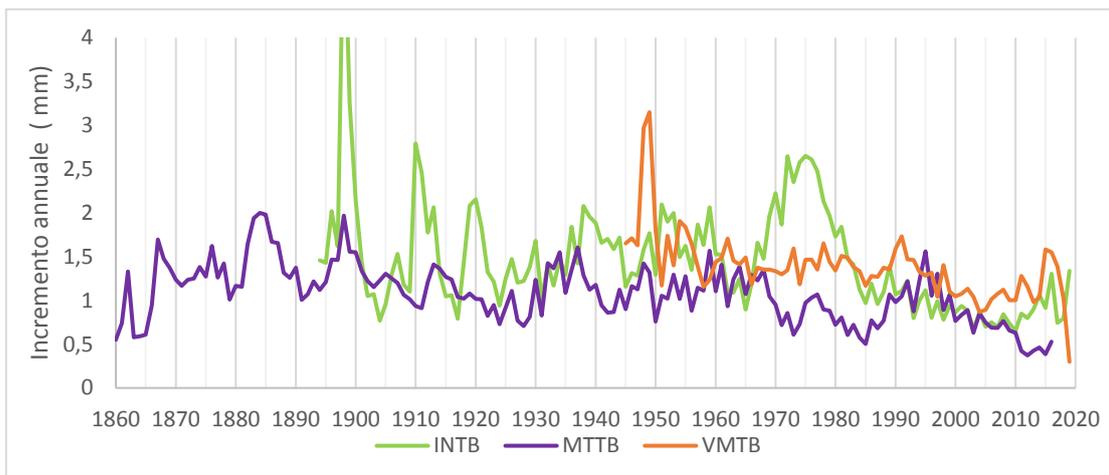


Figura 3.2.1. Cronologie medie di ampiezza degli anelli delle tre popolazioni di tasso

Il grafico (Fig.3.2.1) mostra come le due cronologie della Macchia di Tassinete e del bosco dell’Internone si sincronizzino meglio rispetto alla cronologia di Val Maggio.

La migliore sincronizzazione delle curve cronologiche della MDT e INT può essere attribuita alla similitudine dei due siti che porta quindi ad avere due scenari ecologici molto simili, soprattutto se si fa riferimento al clima e alla litologia, ma anche alla struttura dei popolamenti, entrambi cedui. Mentre a Val Maggio la situazione è ben diversa sia strutturalmente infatti in questo caso non sono presenti dei veri e propri popolamenti, ma diversi individui isolati sotto copertura che non hanno avuto quelle “aperture” dovute alla ceduzione, sia ecologicamente, perché in questo caso si trovano in un altro rilievo a nord ovest della regione e quindi con litologia, pedologia e condizioni climatiche locali differenti.

Le fluttuazioni delle curve di MdT e Int., in particolar modo fino agli anni ’50-’60 del secolo scorso, possono essere attribuite alle ceduzioni ricorrenti nei primi del ‘900 secondo Barontini 1903, che riporta che i boschi cedui di Montenero di Cingoli, sito non lontano da MdT e Int, venivano tagliati con turni di 6 o 9 anni. Turni che poi si sono allungati a 12-13 nel 1950-1960, 17-20 nel 1970-1980, e 20-28 nel 1990 fino ad oggi come riportato dal registro interventi del Comando Stazione Forestale di Cingoli (Bagnara, 2012).

Dopo la seconda Guerra Mondiale gli interventi nell’area di Macchia delle Tassinete hanno interessato solo le zone della proprietà privata e con il tempo superfici più piccole andando quindi a incidere sempre meno sull’andamento delle curve cronologiche in esame. Non è possibile fare lo stesso discorso per Internone non avendo a disposizione dati di questo tipo, ma possiamo presupporre che essendo un bosco demaniale, con il tempo, le ceduzioni siano diminuite come dimostra la struttura odierna del bosco, ovvero un ceduo in conversione a fustaia. Le serie presentano una tendenza negativa di accrescimento (Fig. 3.2.1.), ma in realtà

si tratta dell'effetto geometrico dovuto all'età: a parità di biomassa allocata annualmente l'aumento di circonferenza della pianta determina una riduzione progressiva dell'ampiezza degli anelli. Le stesse curve trasformate in superficie anulare (Fig.3.2.2.) mostrano un trend generale di crescita ancora positivo.

È interessante notare come gli anni 1948 e 1975-1976 siano stati particolarmente favorevoli per l'accrescimento del tasso, dato riscontrato in tutte e tre le cronologie.

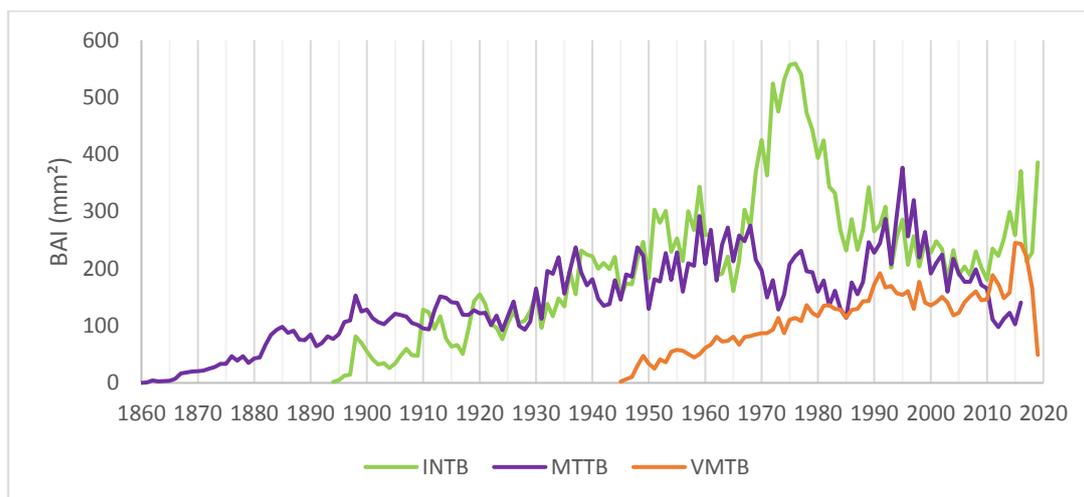


Figura 3.2.2. Curva degli accrescimenti di area basimetrica (BAI:basal area increment)

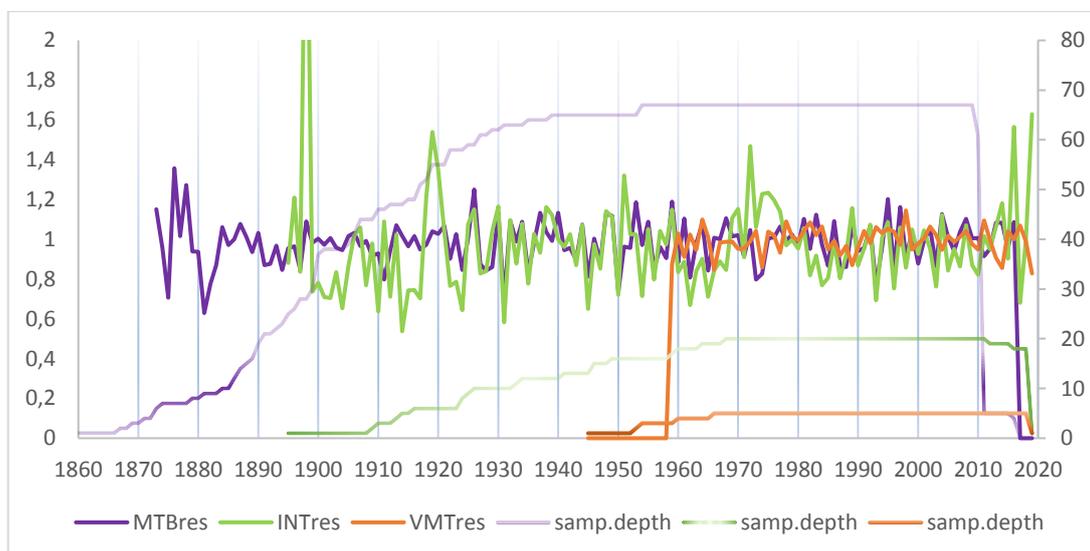


Figura 3.2.3 Curve cronologiche residue con le relative quantità campionate

3.3 Relazioni clima accrescimento

In questo studio è stata analizzata la risposta del Tasso ai fattori climatici basandosi sulle rappresentazioni grafiche ottenute con il pacchetto *pointRes* del software R, partendo dalla cronologia media residua.

Sui grafici (es. Fig 3.3.1) rappresentanti la correlazione di accrescimento con uno dei fattori climatici considerati, mostrano la correlazione media dell'anno biologico individuato. Mentre i grafici che rappresentano le correlazioni mobili (es. Fig. 3.3.2) , evidenziano la variabilità della correlazione , sempre in riferimento a uno dei fattori climatici, ma nel lungo periodo .

Una correlazione positiva con un parametro climatico significa che un aumento dei valori di quel parametro determina un effetto positivo sull'accrescimento radiale; viceversa, se la correlazione è negativa, un aumento nei valori del parametro considerato svolge un'azione negativa sulla formazione dell'anello.

I dati ottenuti delle aree di studio, ad esclusione di quella di ADL per mancanza di una cronologia congrua, sono stati poi interpretati confrontandoli con i risultati di altri studi fatti su questa specie a livello europeo e facendo riferimento all'ecologia specifica di questa specie.

Di seguito vengono riportati sinteticamente i risultati di alcuni studi fatti, utili per il confronto:
-studio di Katsavou e Ganatsas (2011: l'attività cambiale del tasso risulta molto sensibile alle alte temperature dei mesi di luglio, agosto e settembre, influenzandola negativamente.

- Cedro & Cedro, 2015: le temperature invernali che vanno da dicembre a marzo dell'anno precedente la formazione dell'anello influenzano la crescita radiale del tasso. L'attività cambiale è influenzata positivamente da inverni miti e brevi.

- Godwin, 1975: il tasso, gradisce elevate precipitazioni (meglio se > 1000 mm/anno concentrate specialmente in febbraio e luglio), elevata umidità durante tutto l'arco dell'anno ed inverni non troppo rigidi.

-Iszkuło et al. ,2011: temperature dei mesi estivi precedenti l'anno di formazione risultano sfavorevoli per l'accrescimento del tasso. Le temperature di febbraio e marzo invece sono risultate favorevoli per l'accrescimento del tasso. Le temperature del mese di maggio sono invece correlate negativamente con l'accrescimento diametrico del tasso.

È importante ricordare che i popolamenti di tasso oggetto di studio si trovano sul piano dominato della foresta e che quindi l'effetto dei fattori climatici viene in parte filtrato dagli individui dominanti.

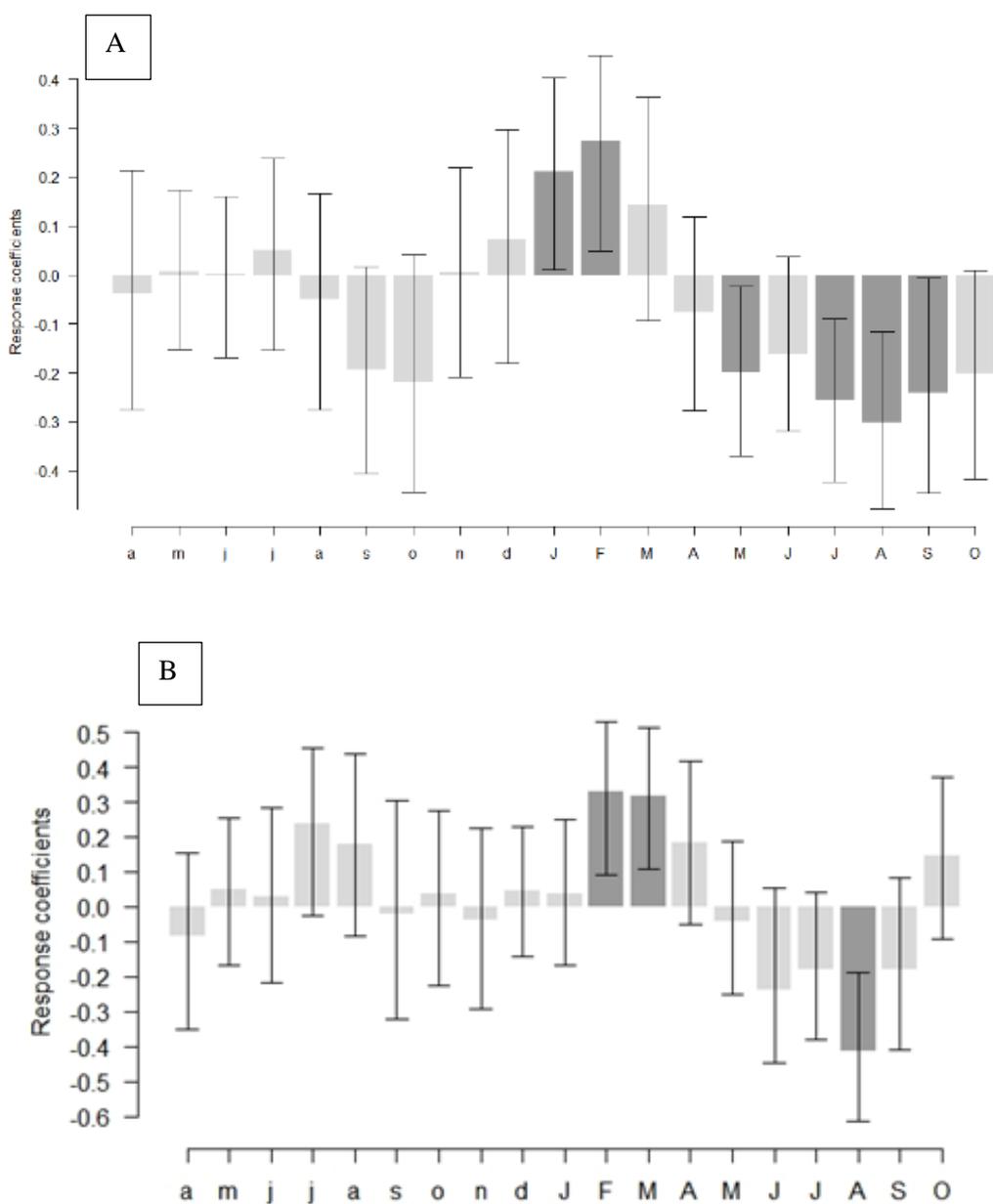


Figura 3.3.1 correlazione *T.Max*- accrescimento in ascissa sono presenti i mesi dell'anno biologico (in minuscolo quelli riferiti all'anno precedente, in maiuscolo quelli dell'anno in corso) preso in considerazione ed in ordinata il valore di correlazione :A) INT B) MDT.

In entrambi i siti è emersa una correlazione negativa nei mesi estivi: luglio, agosto e settembre per il sito d'Internone, agosto per Tassinete; ed una correlazione positiva a fine inverno/inizio primavera in particolare a gennaio, febbraio per Internone e febbraio/marzo per Tassinete (Fig. 3.3.1).

In questo studio l'accrescimento del tasso non sembra essere influenzato dalle temperature medie Max dell'anno precedente, risposta che invece troviamo in alcuni studi a livello europeo, come quello di Iszkuło et al.,20011 .

Questi risultati sono comunque in linea con l'ecologia del tasso: specie oceanica sensibile a inverni lunghi e rigidi (da qui si può spiegare la correlazione positiva con i mesi invernali e primaverili sopra citati) e a periodi siccitosi nei mesi estivi.

Nel sito d'Internone appare un'ulteriore correlazione negativa nel mese di maggio risultato che compare anche negli individui maschi di Tasso in Ucraina occidentale (Istzulo et al., 2011).

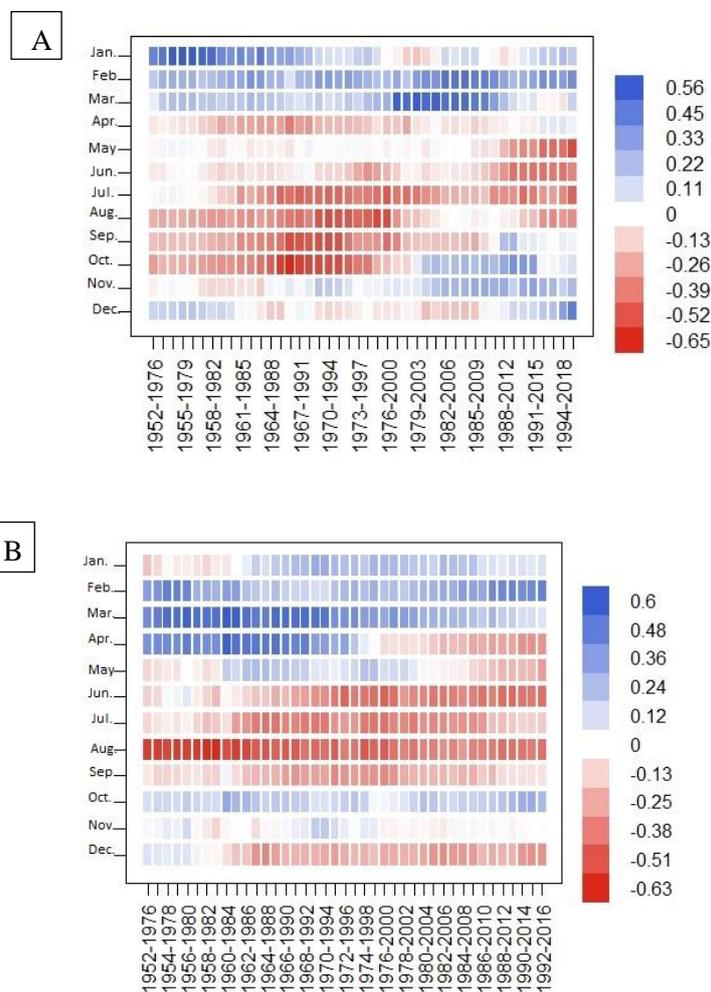


Figura 3.3.2 Correlazioni su finestre mobili tra T.MAX – accrescimento: A)Int. B)M.delleT.

Dalle correlazioni mobili effettuate su finestre di 25 anni si può notare l'intensità dell'effetto alle temperature medie max mensili sui vari mesi nel corso degli anni (Fig.3.3.2).

Prendendo come riferimento i mesi significativi precedentemente descritti, si può notare come il tasso della popolazione d'Internone sia sensibile al mese di luglio in modo continuato nei vari anni, fenomeno che appare anche a Tassinete, ma che assume maggiore significatività nel mese di agosto.

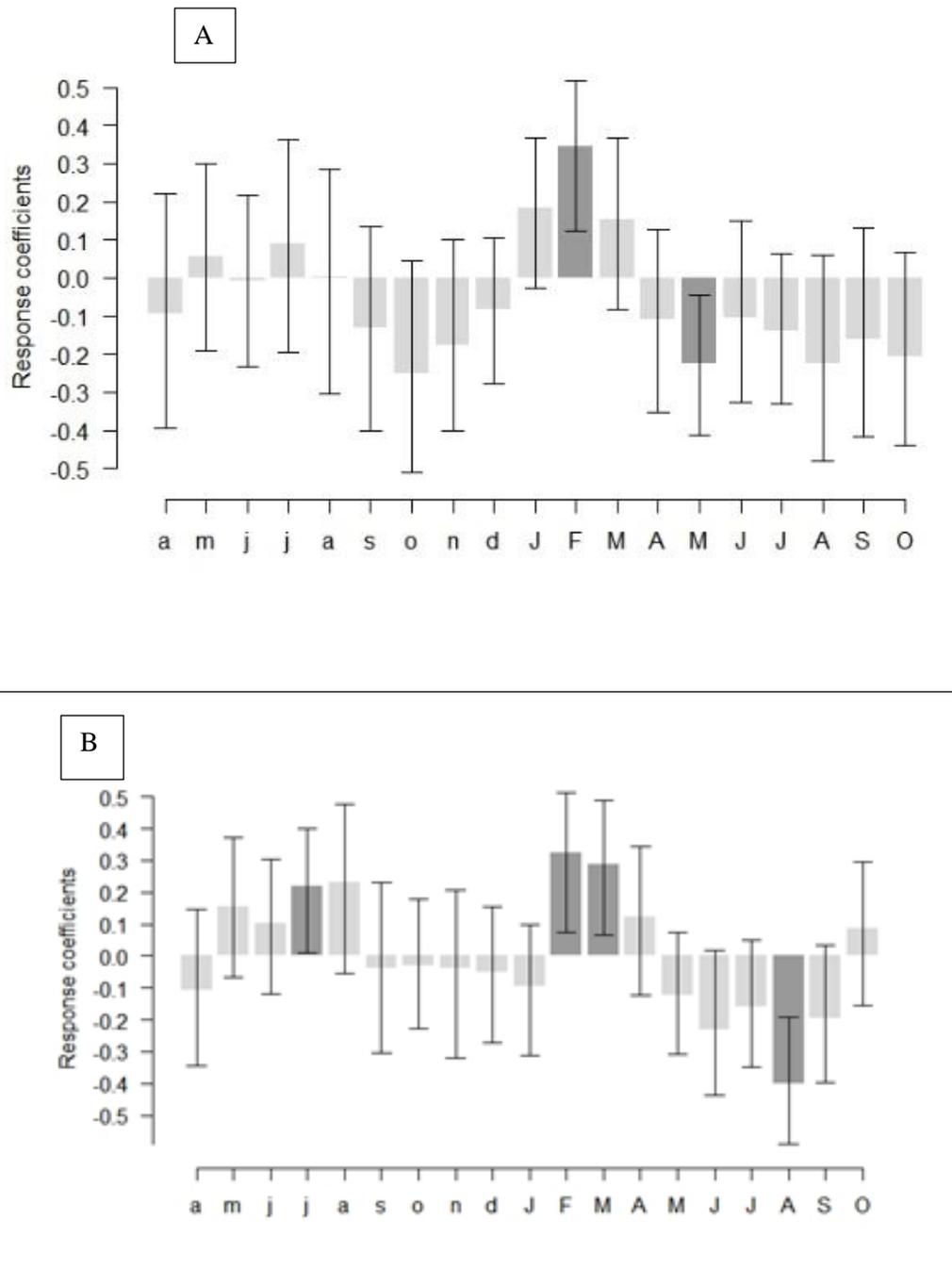


Figura 3.3.3 Correlazione $T. \min$ e accrescimento in ascissa sono presenti i mesi dell'anno biologico (in minuscolo quelli riferiti all'anno precedente, in maiuscolo quelli dell'anno in corso) A) INT B) MDT.

Relativamente alle Temp. minime medie mensili si è riscontrata una risposta significativa positiva dell'accrescimento, in entrambe le aree, nei mesi di febbraio e marzo dell'anno in corso. La sensibilità del tasso a questi mesi può essere legata, oltre che al suo carattere oceanico, anche al periodo di fioritura che va da febbraio ad aprile, periodo in cui i tessuti sono più vulnerabili.

La correlazione negativa degli individui della M. delle T. è in linea con le considerazioni fatte precedentemente riguardanti la sensibilità del tasso alla siccità, che quindi avrà un incremento in termini di accrescimento al diminuire delle temperature di agosto.

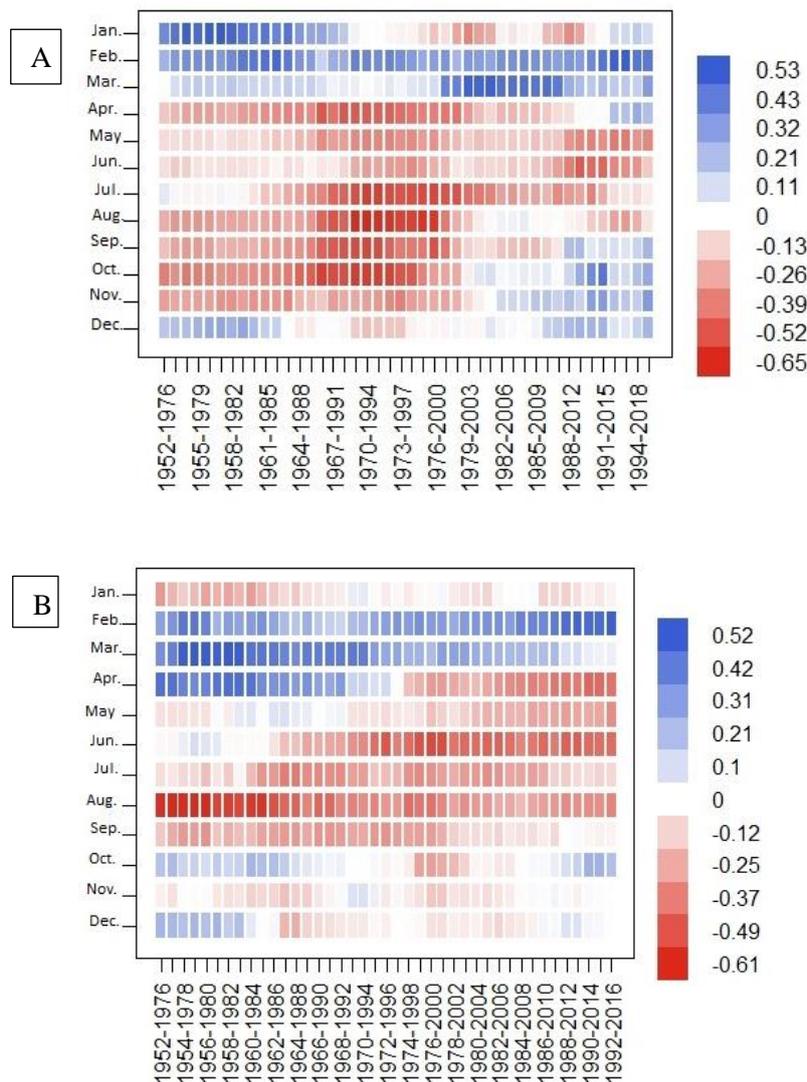


Figura 3.3.4. correlazioni su finestre mobili tra accrescimento e T.min : A) INT B) MDT

Grazie a questa rappresentazione delle correlazioni su finestre mobili si può notare come la correlazione positiva con il mese di febbraio sia più o meno continuativa in entrambi i siti

intensificandosi dal 1980 in poi. Inoltre, questa rappresentazione spiega la maggiore significatività di agosto nell'area di Tassinete rispetto ad Internone, dove l'intensità della correlazione negativa tende a diminuire nel tempo, mantenendo comunque una certa intensità, che viene invece persa nel sito di Internone, soprattutto nei primi anni duemila in cui si riscontrano valori prossimi allo zero.

PRECIPITAZIONI

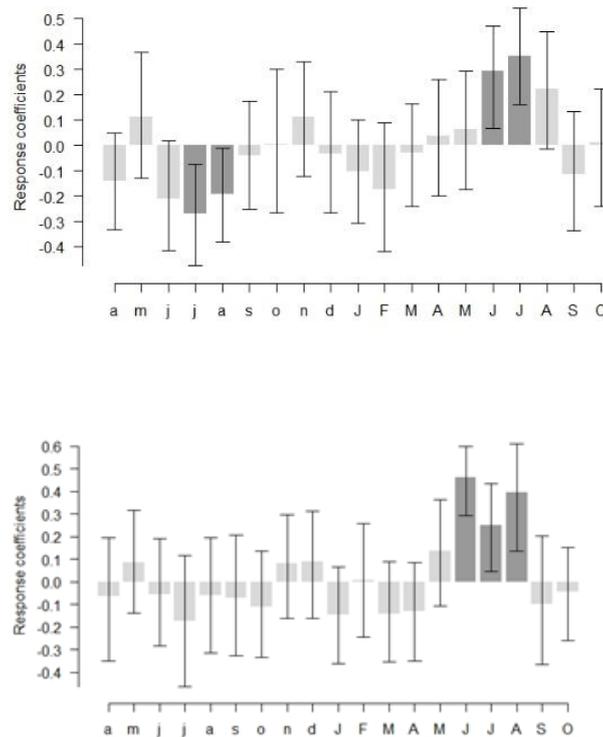


Figura 3.3.5. Correlazione precipitazioni-accrescimento a sinistra INT. a destra MDT.

Gli individui di tasso di entrambi i siti hanno mostrato una sensibilità particolare ai mesi estivi dell'anno di formazione dell'anello mostrando una correlazione positiva. Questo dato è in linea con le considerazioni precedentemente fatte sui mesi estivi.

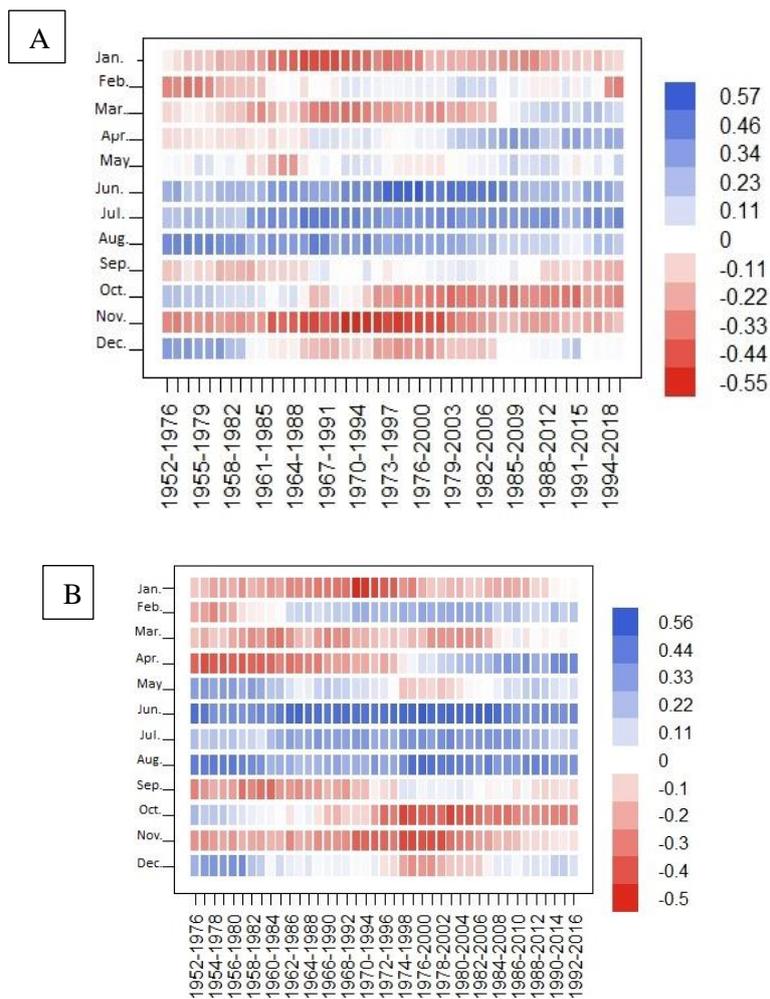


Figura 3.3.6 Correlazioni tra accrescimento e precipitazioni su finestre mobili di 25 anni A) Internone B) Macchia delle Tassinete

Osservando le correlazioni su finestre mobili dei mesi significati, si può notare come giugno sia il mese con una correlazione positiva intensa e continuata nelle diverse finestre temporali soprattutto nel sito di Macchia delle Tassinete.

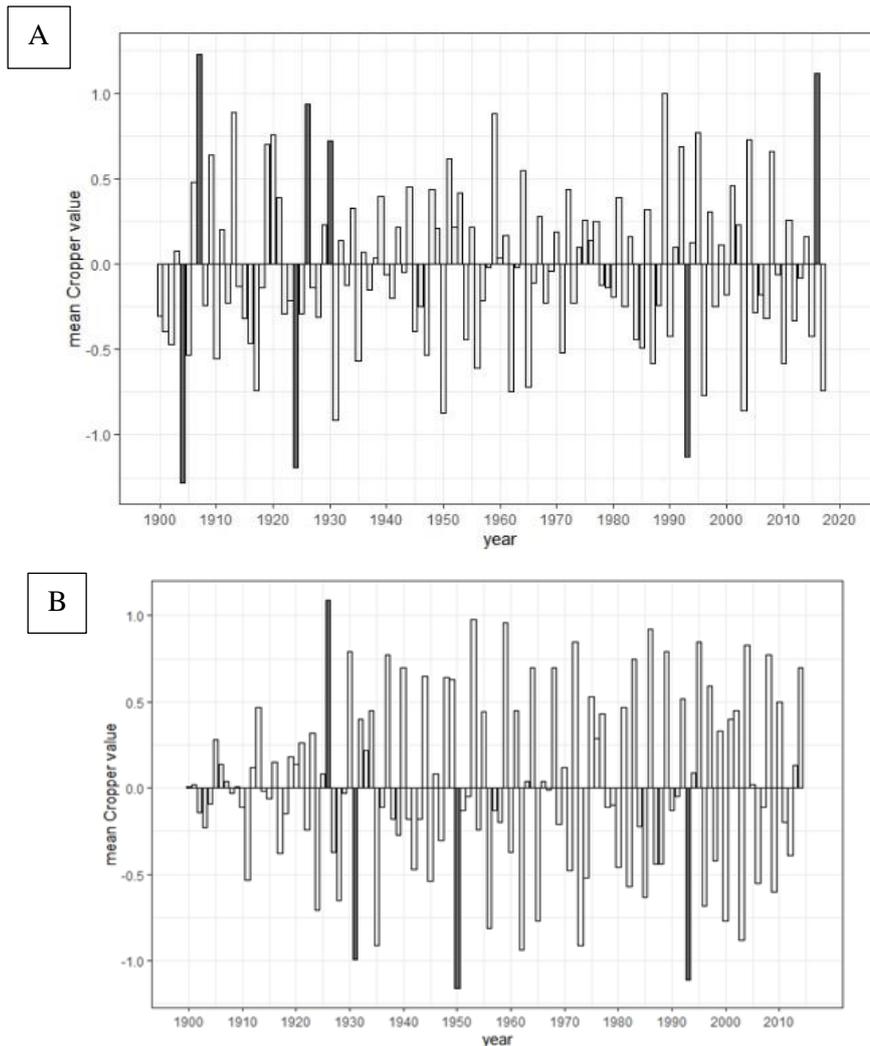


Figura 3.3.7. ANNI CARATTERISTICI A) INT B) MDT

Con l'applicazione del metodo "Cropper", dalle serie grezze, è stato possibile identificare gli anni che hanno caratterizzato particolarmente l'accrescimento del tasso nei due siti oggetto di studio. Per il sito d'Internone il 1904, il 1924 e il 1993 sono stati anni critici per il tasso, viceversa gli anni 1907-1926-1930-2016 sono stati favorevoli.

Mentre per Tassinete è risultato un solo anno positivo: 1926 e tre anni negativi :1931,1950,1993.

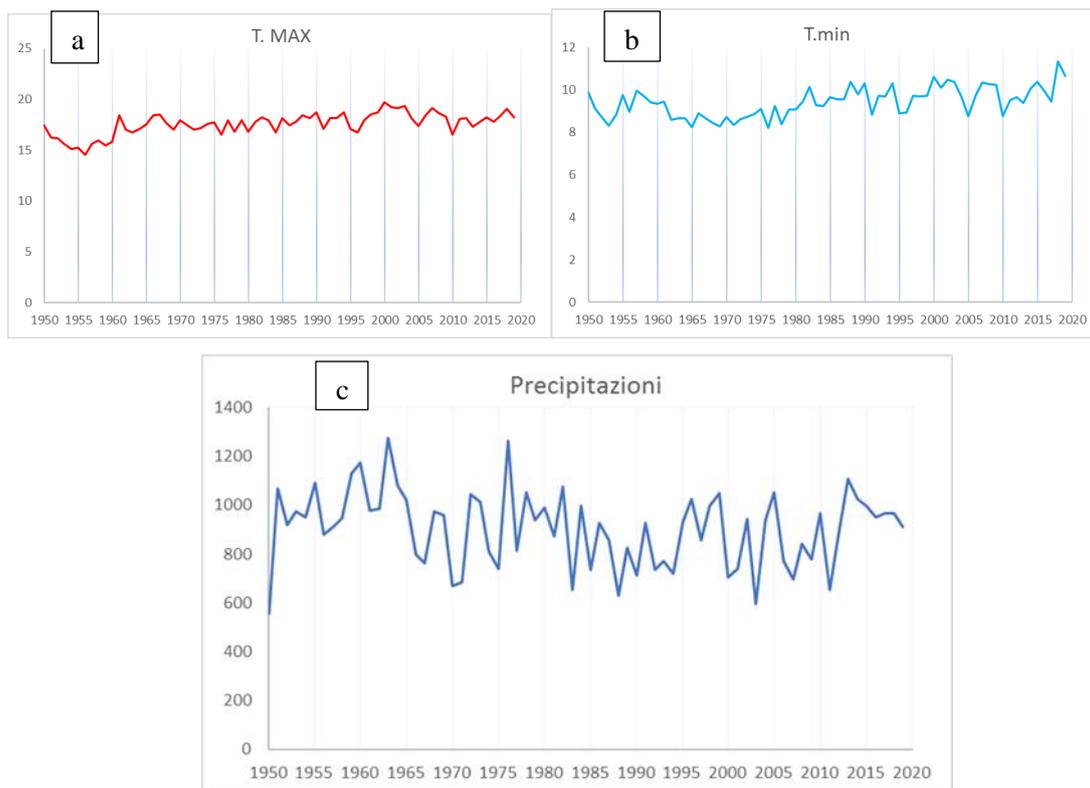


Figura 3.3.8 Serie temporale dei dati climatici a partire dal 1950 concernenti: a) le temperature medie max. annuali b) le temperature medie min. annuali c) le precipitazioni totali annuali scaricate precedentemente dal sito europeo Climate Explorer per le analisi dendroclimatiche

Non avendo a disposizione dati pregressi al 1950, il 1993 (anno negativo) e il 2016 (anno positivo) sono stati gli unici anni caratteristici ad essere analizzati con i dati climatici.

Dall'osservazione dei grafici sopra riportati (Fig. 3.3.7.1.) è possibile notare un trend positivo delle temperature massime e minime, che possono aver influito negativamente nell'accrescimento del tasso sensibile ai mesi estivi. Ma per un'analisi più dettagliata sono state consultate le temperature min e max, e le precipitazioni medie mensili dell'anno in questione, facendo attenzione ai mesi significativi per l'accrescimento del tasso, precedentemente definiti. È evidente come, le temperature medie massime e minime del mese di febbraio, e le precipitazioni dei mesi di giugno e luglio, nel 1993 (Tab3.3.1) siano state inferiori rispetto alla media degli stessi valori riferiti al periodo 1950-2019 (Tab 3.3.2), mentre le temperature del mese di agosto sono risultate maggiori. Probabilmente la significativa correlazione negativa del 1993 con l'accrescimento del Tasso è da attribuire maggiormente alla siccità nel periodo estivo, fattore a cui la specie è molto sensibile.

Tabella 2.3.1 media delle medie mensili dei 3 fattori climatici per il periodo 1950-2019 in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di entrambi i siti, in blu le correlazioni positive

1950-2019	Jan	Feb	Mar	May	Apr	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
T.max	7.9	9.1	12.6	16.5	21.3	25.6	28.67	28.6	23.85	18.6	13	8.9
T.min	1.67	2.2	4.6	7.49	11.56	15.35	17.776	17.7	14.36	10.51	6.45	3
Prec.	69.57	72	78.67	77.31	71.6	65.7	48.5	59	77.3	85.7	104.2	93.66

Tabella 3.3.2 T.Max. T.min e Prec. Medie mensili per l'anno caratteristico 1993 in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di entrambi i siti, in blu le correlazioni positive

1993	Jan	Feb	Mar	May	Apr	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
T.Max	8.5	8.1	11.8	16.1	22.6	26.7	28.5	31.6	24.4	19.1	9.9	10.7
T.min	2.64	-1.5	4.28	8.56	13.06	16.31	17.45	19.25	14.42	11.73	5.53	4.50
Prec.	76	4	85	72	37	36	26	36	51	101	182	66

Tabella 3.3.3. T.Max. T.min e Prec. Medie mensili per l'anno caratteristico per il sito Int. 2016: in rosso le correlazioni negative dei mesi significativi per il tasso di Internone , in blu le correlazioni positive

2016	Jan	Feb	Mar	May	Apr	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
T.Max	9.3	11.8	11.6	17.8	19.8	24.5	28.8	26.5	23.6	16.7	13.7	9.9.
T.min	3.52	5.54	5.16	9.34	11.07	15.48	18.74	16.87	14.39	9.61	6.71	2.8
Prec.	60	90	119	85	95	113	92	79	38	118	57	3

L'anno 2016 è un anno caratteristico positivo nel sito Internone. Facendo riferimento ai valori della griglia del 2016 (Tab3.3.3) è infatti evidente come il 2016 sia stato un anno con un'estate piovosa e fresca e un inverno mite. L'assenza di quest'anno caratteristico per l'area di M. delle T. è probabilmente da attribuire all'esiguo numero di campioni con una cronologia sufficientemente lunga, ma si può comunque notare che è stato un anno molto positivo anche per questa popolazione. Per l'anno 1926, non avendo a disposizione dati climatici riferiti all'area di studio, è stato consultato il sito del consiglio nazionale delle ricerche che ha definito il 1926 come un anno con temperature invernali elevate, fattore particolarmente favorevole per l'accrescimento del tasso, che è stato infatti riscontrato in entrambe le popolazioni.

CONCLUSIONI

In conclusione, dai risultati di questo studio è emerso che le differenze sostanziali in termini di accrescimento radiale (BAI) riguardano soprattutto la popolazione del sito di Val Maggio (APD), avendo un accrescimento che ben si differenzia dalle altre due popolazioni, ad eccezione di alcuni anni (es. 1948-1975-1976) in cui tutte e tre le curve di accrescimento hanno un trend simile.

Le analisi dendrocronologiche hanno mostrato una buona sincronizzazione delle serie di accrescimento delle popolazioni di MDT e INT, che hanno anche risposto in maniera simile ai fattori climatici usati nelle analisi dendroclimatiche. Mentre per Alpe della Luna le serie di accrescimento non essendo sincronizzate tra loro non è stato possibile effettuare le analisi climatiche. La mancata sincronizzazione tra le serie di accrescimento di ADL può essere ipoteticamente attribuita all'eterogeneità della distribuzione spaziale degli individui e alle condizioni stagionali più difficili.

Le analisi dendroclimatiche eseguite sulle due aree di studio del comune di Cingoli hanno confermato come il tasso sia una specie sensibili alle temperature e alle precipitazioni in particolar modo alle temperature dei mesi estivi e invernali/primaverili, e alle precipitazioni dei mesi estivi. Queste analisi svolte sul tasso offrono un'ottima possibilità di indagare sui punti deboli (es. siccità estiva) e punti di forza del tasso (inverni miti, elevate precipitazioni tutto l'anno) e sugli adattamenti nel tempo alle condizioni climatiche di queste due popolazioni.

È interessante notare come ci siano alcuni anni caratteristici differenti tra i due siti. Questo aspetto è importante perché si può ipotizzare, che la risposta diversa di un sito rispetto all'altro sia una caratteristica propria della popolazione di tassi insita forse nella genetica del sito in questione, e non di altre variabili ambientali, vista la vicinanza dei due siti e quindi la presenza di due scenari ecologici molto simili soprattutto per quanto riguarda clima, litologia e vegetazione.

Questo conferma l'importanza della caratterizzazione genetica svolta recentemente nel sito di Macchia delle Tassinete da Belli (2020), ma che è importante estendere anche al sito

d'Internone per poter confrontare i risultati e incrementando così le informazioni in merito a queste due popolazioni di tasso importanti per la regione Marche.

La conoscenza dello sviluppo a lungo termine delle foreste con tasso è essenziale sia per una comprensione teorica della composizione e struttura attuale sia per questioni pratiche di gestione e conservazione di ecosistemi forestali. Questo lavoro di ricerca intende contribuire alle ancora limitate conoscenze sull' ecologia, conservazione e gestione sostenibile dei boschi marchigiani con tasso.

BIBLIOGRAFIA

- Bagnara L., (2012) - *Assetto strutturale-funzionale e capacità di rinnovazione del Tasso (Taxus baccata L.) nella Macchia delle Tassinete (MC)*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Agrarie – UNIVPM
- Bagnara L., Urbinati C., (2010) - *Progetto per la Conservazione e la Valorizzazione ambientale dell'area floristica n. 51 "Macchia delle Tassinete"*. Regione Marche - UNIVPM.
- Taffetani F., Zitti S., Giannangeli A., (2004) - *Vegetazione e paesaggio vegetale della dorsale di Cingoli (Appennino Centrale, Dorsale Marchigiana)*.
- Pietroni D.,(2019)- *Le popolazioni di Taxus Baccata nella foresta demaniale in comune di Cingoli(MC)*.Tesi Triennale-UNIVPM
- Belli L.,(2020)- *Caratterizzazione genetica di due popolazioni di tasso(Taxus Baccata L.)nelle Marche*-Tesi Magistrale-UNIVPM
- Tonelli E.(2016)- *Accrescimento radiale e sensibilità climatica di Betula pubescens Ehr. nell'Islanda occidentale*. Tesi Triennale-UNIVPM
- Di Cosmo L.,(2004)-*Contributo alla conoscenza dell'ecologia del tasso (Taxus Baccata L.)*
- Garbarino M., Urbinati C., Weisberg P.J.,(2015)- *Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, Taxus baccata*
- Katsavou I., Ganatsas P.(2011)- *Ecology and conservation status of Taxus baccata population in NE Chalkidiki, northern Greece*
- Iszkulo G., Jasińska A. K., Sobierajska K., (2011)- *Dendroecological differences between Taxus baccata males and females in comparison with monoecious Abies alba*
- Cedro, A., Iszkulo, G., (2011)- *Do females differ from males of European yew (Taxus baccata L.) in dendrochronological analysis? Tree-Ring Research*
- Iszkulo G. & Didukh Y. & Giertych M. J.& Jasińska A. K.& Karolina Sobierajska & Szmyt J.(2012)- *Weak competitive ability may explain decline of Taxus baccata*
- Moir A., Hindson T., Hills T. and Haddlesey R.(2013)- *The exceptional yew trees of England, Scotland and Wales*
- Galvina S., Potitoo A., Hickeyb K.(2014)- *Evaluating the dendroclimatological potential of Taxus baccata (yew) in southwest Ireland*

- Cedro A., Cedro B.(2014)- *Growth-climate relationships at yew and wild service trees on the eastern edge of their range in Europe*
- Zitti S., Casavecchia S., Pesaresi S., Taffetani F., Biondi E.(2014)- *Analysis of forest diversity in an area of high presence of Taxus baccata L. and Ilex aquifolium L..The study case in the central Apennines (Italy)*
- Pulido F.,(2014)- *Pollen limitation and fruit abortion in a declining rare tree, the Eurasian yew (Taxus baccata L.): A reproductive cost of ecological marginality*
- Litkowiec M., Plitta-Michalak B., Lewandowski A. and Iszkuło G. (2015)- *Homogenous genetic structure in populations of Taxus baccata with varied proportions of male and female individuals*
- Sedmáková D., Saniga M., Kucbel S., Pittner J., Kýpeťová M., Jaloviari P., Bugala M., Vencurik J. and Lukáčik I.(2017)- *Irregular Shelterwood Cuttings Promote Viability of European Yew Population Growing in a Managed Forest: A Case Study from the Starohorské Mountains, Slovakia*
- Vencurik J., Bosela M.,Sedmáková D., Pittner D., Kucbel S., Jaloviari P., Parobeková Z., Saniga M.(2018)- *Tree species diversity facilitates conservation efforts of European yew*
- Gherardini L., Matteucci D, Capretti P., Morelli E.(2019)- *Un tasso racconta: tra cambiamenti culturali e cambiamenti climatici*
- Kýpeťová M., Jaloviari P., Walas L., Iszkuło G. (2018)- *Influence of herbivory pressure on the growth rate and needle morphology of Taxus baccata L. juveniles*
- Perrin P.M., Mitchell F.J.G.(2013)- *Effects of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (Taxus baccata L.)*
- Piovesan G., Presutti Saba E., Biondi F., Alessandrini A., Di Filippo A., Schirone B.(2009)- *Population ecology of yew (Taxus baccata L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies*
- Iszkuło G., Pers-Kamczyc E., Nalepka D., Rabska M, Walas L., Dering M. (2016)- *Postglacial migration dynamics helps to explain current scattered distribution of Taxus baccata*
- Scarnati L., Attorre F., De Sanctis M., Farcomeni A., Francesconi F., Mancini M., Bruno F. (2009)- *A multiple approach for the evaluation of the spatial distribution and dynamics of a forest habitat: the case of Apennine beech forests with Taxus baccata and Ilex aquifolium*
- Benham E.S., de Rigo D., Caudullo G. (2016)- *Taxus baccata in Europe: distribution, habitat, usage and threats*
- Devaney J.L., Jansen M., Pádraig M. Whelan, (2013)- *Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (Taxus baccata L.); Negative neighbourhood effects*

Alavi¹ S. J. & Ahmadi¹ K. & Hosseini¹ S.M. & Tabari¹ M. & Nouri Z.(2019)- *The response of English yew (Taxus baccata L.) to climate change in the Caspian Hyrcanian Mixed Forest ecoregion*

Thomas A. P. and Garcia-Martí X., (2015)- *Response of European yews to climate change: a review*

Vessella F., Salis A., Scirè M., Piovesan G., Schirone B. (2015)- *Natural regeneration and gender-specific spatial pattern of Taxus baccata in an old-growth population in Foresta Umbra (Italy)*

La Mantia T. (2016) - *Analisi dendrocronologica per lo studio dell'ecologia di alcune specie arboree ed arbustive in Sicilia*

Siti utilizzati:

<https://www.cnr.it/it/comunicato-stampa/4922/temperature-il-decennio-delle-anomalie>

<http://www.libereali.it/2018/12/il-tasso-un-albero-natalizio-di-altri.html>

<http://www.unescovarese.com/code/15018/Le-analisi-dendrocronologiche>

https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Taxus_Apennini_Studi_Scientifici_Simbruini.pdf

<https://floradabruzzo.wordpress.com/2018/03/30/taxus-baccata-albero-della-morte-e-della-vita-parte-1/>

https://www.lacooltura.com/2020/05/_taxus-baccata_lalbero-della-morte/

RINGRAZIAMENTI:

Un grande ringraziamento va al professore Carlo Urbinati e a tutto il team del Tree Ring Lab: al correlatore dott. Alessandro Vitali al dott. Francesco Malandra e in particolar modo al dott. Enrico Tonelli che mi ha aiutato, supportato e seguito pazientemente in questo lavoro.