



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
IN SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI

**DISCRIMINAZIONE ANATOMICA TRA IL LEGNO DI LARICE
(*Larix decidua* Mill.) E DI ABETE ROSSO (*Picea abies* Karst.)**

RELATORE: DOTT.SSA TIZIANA URSO

CORRELATORE: DOTT. ALAN CRIVELLARO

LAUREANDO: MARIO VALENTINI

MATRICOLA: N. 1018890

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

INDICE

Riassunto	Pag. 5
Abstract	Pag. 7
Introduzione	Pag. 9

Capitolo 1

Introduzione

1.1. Storia ed evoluzione degli studi di anatomia	Pag.11
1.2. Studi sulla discriminazione anatomica tra genere “ <i>Larix</i> ” e “ <i>Picea</i> ”	Pag.13
1.3. Osservazioni anatomiche e macroscopiche su legno di Larice Abete rosso	Pag.17
1.3.1. Legno omoxilo	Pag.18
1.3.2. Differenze anatomiche e macroscopiche	Pag.20
1.3.3. Legno maturo e giovanile	Pag.21
1.4. Durabilità	Pag.22
1.5. Impieghi	Pag.24
1.6. Resistenza meccanica	Pag.25

Capitolo 2

Obiettivo del lavoro

2. Obiettivo del lavoro	Pag. 27
-------------------------	---------

Capitolo 3

Materiali e metodi

3.1 Aree campione	Pag. 29
3.2 Materiali	Pag. 31
3.3 Scelta dei campioni	Pag. 34
3.4 Preparazione vetrini	Pag. 36
3.5 Variabili analizzate	Pag. 37
3.5.1. Passaggio tra legno primaticcio e tardivo	Pag. 37
3.5.2. Punteggiature bi-seriate in tracheidi assiali	Pag. 41
3.5.3. Morfologia punteggiature tracheidi radiali	Pag. 42
3.6 Elaborazione statistica	Pag. 43

Capitolo 4

Risultati e discussione

4.1 Statistica generale descrittiva	Pag. 45
4.2 Risultati per passaggio tra legno primaticcio e tardivo	Pag. 48
4.3 Risultati per punteggiature di tracheidi assiali	Pag. 51
4.4 Risultati per morfologia punteggiature di tracheidi radiali	Pag. 54

Capitolo 5

Conclusioni

5. Conclusioni	Pag. 59
----------------	---------

Bibliografia	Pag. 61
---------------------	----------------

Riassunto

L'obiettivo di questo lavoro è quello di cercare una soluzione al problema del riconoscimento microscopico del legno delle specie *Larix decidua* Mill. e *Picea abies* Karst, che non presentano caratteri anatomici in grado di permettere una sicura discriminazione tra esse. L'analisi ha preso in considerazione i caratteri diagnostici definiti dalla letteratura maggiormente significativi anche se non determinanti: sono stati studiati la presenza e la percentuale di punteggiature areolate biseriate sulle tracheidi assiali, l'andamento del passaggio tra legno primaticcio e tardivo, e la morfologia delle punteggiature areolate delle tracheidi radiali. Questi caratteri sono stati descritti da alcuni autori come indicativi, anche se non decisivi, dell'appartenenza all'una specie e o all'altra. Nessuno tuttavia ha verificato se la diversa posizione all'interno del tronco, o la diversa provenienza geografica possano modificare questi caratteri.

Sono stati quindi analizzati 15 individui di Larice europeo 15 di Abete rosso provenienti da 3 aree geografiche comprese tra Veneto e Friuli Venezia-Giulia, prelevando porzioni di legno giovanile, tra l'ottavo e il dodicesimo anello dal centro, e di legno maturo, tra l'ottavo e il dodicesimo anello a partire dalla corteccia.

Le osservazioni indicano che:

- Il passaggio tra legno primaticcio e tardivo presenta una certa variabilità tra le provenienze, mentre legno giovanile e legno maturo non mostrano particolari differenze; il Larice normalmente presenta un passaggio più brusco, ma non mancano abeti con passaggi altrettanto bruschi, soprattutto per la provenienza di Asiago. Quindi non è un carattere che da solo permetta di distinguere il legno delle due specie.
- Le punteggiature areolate biseriate sembrano essere un carattere che discrimina meglio le due specie, avendo l'accortezza di contarne un numero elevato. Infatti il Larice appare avere una percentuale di punteggiature biseriate superiore al 15%, con punte di 70% in base alla provenienza, mentre

l'Abete rosso risulta sempre sotto il 5%. Il legno giovanile del Larice sembra avere una minore percentuale di punteggiature biseriate rispetto a quello maturo.

- Le punteggiature delle tracheidi radiali sono morfologicamente diverse tra Larice e Abete rosso, anche se si possono trovare nello stesso campione più tipologie. Non sono emerse differenze tra le provenienze e tra diverse posizioni all'interno del tronco.

Quindi la discriminazione tra le due specie è possibile esaminando tutti e tre questi caratteri, su campioni tali da permettere lo studio di un numero sufficiente di punteggiature sulle tracheidi assiali e radiali. Questo metodo può essere utilizzato qualunque sia la provenienza geografica del legno, e anche se il legno è giovanile: in questo caso occorrerà tenere presente che le punteggiature biseriate del Larice potrebbero essere in percentuale minore, ma comunque superiori rispetto all'Abete rosso.

Abstract

The objective of this thesis is to seek a solution to the problem of microscopic recognition of the *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* Karst wood. The wood of these species does not show anatomical characteristics that would allow a reliable discrimination between them.

The analysis took into account the diagnostic characteristics defined by literature as significant although not decisive. The analysis considered such characteristics as the presence and percentage of biseriate bordered pits on the axial tracheids, the transition from earlywood to latewood and the morphology of the borders pits on radial tracheids.

These characters have been described by some authors as indicative, although not discriminate of one species or the other. No one has verified if the different location inside the stem, or the different geographical origin may change these characters.

Fifteen individuals of European Larch and 15 individuals of Spruce, from three geographic regions between Veneto and Friuli Venezia Giulia, were analyzed by taking portions of juvenile wood, between the eighth and twelfth centre ring, and mature wood, between the eighth and twelfth ring starting from the bark.

The observations indicate that:

- the transition between early wood and latewood presents variability depending on the provenance of the individual while juvenile wood and mature wood don't show detail differences; larch normally has a more abrupt transition, but there are equally abrupt transitions early wood to latewood from Asiago (Veneto). So it's not a characteristic that would distinguish the two species of wood.
- the biseriate bordered pits seem to be a characteristic that differentiates the two species. In fact, the larch appears to have a percentage of biseriate bordered pits higher than 15% , with peaks of 70% depending on provenance, while in spruce

they are always below 5%. The larch juvenile wood seems to have a smaller percentage of biseriate bordered pits than the latewood.

- the pits of radial tracheids in larch are morphologically different from those found in spruce, although various types can be found in the same sample . There are no differences given by provenance and the different locations inside the trunk.

In conclusion, the discrimination between the two species is possible by examining all three of these characteristics on samples that allow the study of a sufficient number of pits on axial and radial tracheids. This method can be independent of the geographical origin of the wood, even if the wood is juvenile, in which case one should keep in mind that two-serial pits in larch could be fewer, but still higher than in spruce.

Introduzione

Questo lavoro fa parte di uno studio più ampio effettuato in collaborazione con l'Università di Torino e il CNR-IVALSA di Firenze. L'obiettivo è quello di studiare la discriminazione anatomica tra i legni di Larice e Abete rosso prendendo in considerazione diversi popolamenti localizzati nella zona alpina (Veneto-Friuli; Trentino A.A. e Lombardia-Piemonte). Questo lavoro riguarda la zona Veneto-Friuli.

L'identificazione anatomica di Larice e Abete rosso è sempre stato considerato un problema. Infatti i due legni anche se macroscopicamente molto diversi, dato il colore ben differenziato del durame del larice, all'analisi microscopica risultano molto simili. Il senso di questo studio non è quello di definire la specie in caso di facile riconoscimento macroscopico, ma quello di identificare i due legni nel caso in cui il campione a disposizione non permetta di distinguere la differenza di colore. Una situazione del genere si verifica frequentemente nel legno in opera da molto tempo, nel quale il colore è alterato dalla luce, oppure ad esempio nel caso di legno archeologico.

Le applicazioni sono molteplici, e riguardano soprattutto l'ambito dei beni culturali, dal restauro di antiche coperture, all'analisi di reperti archeologici. I fattori che rendono problematica la differenziazione oltre che all'affinità microscopica sono:

- parziale sovrapposizione degli impieghi: infatti, in certi ambiti, l'utilizzo di un tipo di legno non esclude l'altro soprattutto in edilizia (strutture portanti, capriate);
- sovrapposizione dell'areale delle due specie in tutta la zona considerata dallo studio (Alpi italiane).

Ma questo non sarebbe un problema se i due legni avessero comportamenti simili, ma non li hanno. Le differenze tra le due specie riguardano soprattutto la durabilità e la resistenza meccanica. Il legno di Larice ha una buona resistenza ad attacchi fungini e una grande vocazione per impieghi esterni, esso infatti resiste bene a fattori abiotici di degrado: un utilizzo tradizionale nelle zone alpine è per fare le scandole per la

copertura dei tetti. Il legno di Abete rosso invece è più suscettibile a degrado, e soprattutto se usato all'esterno necessita di trattamenti con sostanze preservanti per evitare un prematuro degrado.

La differenziazione tra i due legni diventa fondamentale nel caso in cui si debba intervenire su manufatti lignei di interesse storico-artistico. Le norme UNI che stabiliscono le linee guida per gli interventi su legno di interesse storico artistico danno come prima fondamentale azione da fare il riconoscimento della specie legnosa (UNI 11118, UNI 11138, UNI 11141, UNI 11206) .

L'identificazione della specie può avere anche un 'interpretazione storico/culturale. Bartholin (1979) ha identificato come larice il legno di alcuni manufatti medievali provenienti da un sito in nord Europa, dove mancava il Larice come specie forestale. Da questo risultato si sono potute trarre delle considerazioni sul commercio di legname dell'epoca.

La discriminazione ha una importanza anche conoscitiva come ad esempio in Trentino nel sito delle "Palafitte di Fiavè" l'identificazione della specie legnosa utilizzata per i pali di sostegno delle palafitte diventa fondamentale per attuare una corretta metodologia di conservazione dei reperti.

Questo studio prendendo in considerazione i migliori caratteri diagnostici reperiti in bibliografia, cerca di analizzare le differenze anatomiche tra le due specie, l'eventuale influenza della provenienza e la posizione del legno nel tronco.

CAPITOLO 1

DESCRIZIONE GENERALE DEL LEGNO DI ABETE ROSSO E LARICE

1.1 Studi di anatomia: storia ed evoluzione

In questo paragrafo viene analizzato in maniera veloce l'evoluzione concettuale delle opinioni e delle scoperte scientifiche che hanno portato alla definizione della conoscenza contemporanea dell'anatomia del legno. Le prime informazioni sugli studi anatomici di organismi vegetali si hanno con l'analisi macroscopica legata all'osservazione di caratteri come anelli di accrescimento, durame e raggi parenchimatici (Bamber, 1984).

Già Aristotele (Stagira, 384 a.C – Calcide, 322 a.C.) e il suo allievo Teofrasto (Ereso, 370 a.C – Atene, 288 a.C.) descrisse alcune caratteristiche morfologiche macroscopiche della struttura di un tronco, delle radici e delle foglie (Crivellaro 2008). Dopo questi primi approcci alle scienze botaniche della florida età greca, l'interesse per questo tipo di studi declinò e restò in sospeso per molti anni, fino a quando nel corso del sedicesimo secolo ebbero inizio le prime opere di classificazione tassonomica basate sulla morfologia della pianta o del fiore. Il periodo che ne seguì fu ricco di scoperte supportate da un continuo miglioramento degli strumenti. Fondamentale per lo studio dell'anatomia fu la scoperta del microscopio e il continuo miglioramento a cui fu sottoposto negli anni, infatti prima non c'era altro che l'osservazione macroscopica che a poco poteva servire per descrivere l'anatomia del legno. Fino a questo periodo non furono presi in considerazione i particolari della struttura anatomica interna della pianta per fini tassonomici, questo, dovuto alla carenza di conoscenze e di tecnologie in grado di consentire osservazioni più

approfondite rispetto a quelle realizzabili a occhio nudo. Notevoli progressi conoscitivi ci furono nel diciassettesimo secolo con l'inizio dell'utilizzo di lenti di ingrandimento e microscopi semplici e composti. I primi furono il padre e figlio Zacharias e Hans Janssen (Olanda 1580-1638) che furono gli inventori dei progenitori di telescopio e microscopio; seguì poi Galileo Galilei (Pisa 1564-1642) che in base agli studi degli Janssen li migliorò. Grazie alle nozioni del meccanismo della visione umana divulgate da Johannes Kepler (Weil, 1572 – Ratisbona, 1630) i costruttori di strumenti per l'osservazione microscopica e astronomica riuscirono ad apportare importanti migliorie. Nel 1619 fu composto il primo microscopio "kepleriano" da Cornelius J. Drebbel (Alkmar, 1572 – Londra, 1633) (Crivellaro, 2008). Dai primi empirismi dotati di lenti scadenti e meccaniche approssimative, iniziarono i primi studi; uno tra i primi che si lanciò nella rappresentazione anatomica delle sue osservazioni fu l'inglese Robert Hooke (Freshwater, 1605 – Londra, 1703) con la sua *Micrographia* (1665) con la quale analizzò e rappresentò per la prima volta la struttura anatomica del ritidoma di *Quercus suber* L. Contemporaneo ad Hooke anche Anton van Leeuwenhoek (Delft, 1632 – Delft 1723) fu un abile microscopista che si specializzò sulla descrizione anche di legni esotici. Hooke e van Leeuwenhoek scelsero delle differenti strade; infatti Hooke decise di sviluppare il microscopio composto privilegiando le caratteristiche meccaniche, mentre l'olandese si dedicò a quello semplice ovvero formato da una sola lente lavorando sulla qualità delle lenti. Questi rinnovati fondamenti tecnici e conoscitivi portarono ai primi trattati sulla struttura delle piante grazie a Nehemiah Grew (Coventry, 1641 – Londra 1721) in Inghilterra e a Marcello Malpighi (Bologna, 1628 – Roma, 1694) in Italia. Questi due scienziati, molto interessati Nel 1770 John Hill pubblicò *The Construction of Timber* nella quale varie specie vengono descritte non solo dal punto di vista macroscopico ma analizzando anche caratteri microscopici (Crivellaro, 2008). Caratteri microscopici che riuscivano a discriminare in modo più certo la specie di appartenenza rispetto ad un esame macroscopico, ma non sempre. Infatti nel caso del legno di Larice ed abete rosso, anche se macroscopicamente molto diversi, da un'analisi microscopica evidenziano molte affinità.

1.2. Studi sulla discriminazione anatomica tra genere “*Larix*” e “*Picea*”

Gli studi per individuare la differenziazione tra i 2 generi iniziarono nel 1901 con il danese O.G. Petersen che dopo varie osservazioni affermò: “*I believe I dare say that, in spite of all work done, a good diagnostic histologic character for distinguishing the wood of Larch and Spruce is still to be regarded as a 'pium desideratum'. And I add that, whereas in many other cases I consider it hopeless, in this case I believe one may well expect to find a distinguishing mark in the course of continued investigations or by a coincidence, as the 2 plants in question are morphologically very different*”; con questo afferma che non è ancora stato trovato un carattere anatomico capace di discriminare i 2 generi (Bartholin, 1979).

Il Giordano (1971) non affronta il problema in maniera approfondita, ma individua come caratteri distintivi tra Larice e Abete rosso la presenza di punteggiature biseriate e la maggior frequenza e dimensione dei canali resiniferi del Larice.

Altri studi si susseguirono negli anni come quelli di Huber del 1970 che affermò: “*Trotzdem ist seit bald hundert Jahren den wiederholten Bemühungen vieler Holzanatomen vorläufig noch immer versagt geblieben, ein für alle Einzelfälle zutreffendes Unterscheidungsmerkmal für die beiden Gattungen zu finden.* (Huber 1970) con la quale manifestò l’ancora nebulosa situazione in cui si trovava la caratterizzazione dei due generi.

Su questi studi si basò il più famoso lavoro di Thomas Bartholin (1979). Egli analizzò la morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali, individuò tre differenti tipologie di punteggiatura, distribuite in modo diverso nelle 2 specie, e le propose come carattere diagnostico. Le 3 tipologie individuate sono:

1. tipo Larice L: la punteggiatura è relativamente grande con una grande apertura, il margine è arrotondato, leggermente marcato. Il bordo della punteggiatura è sottile.

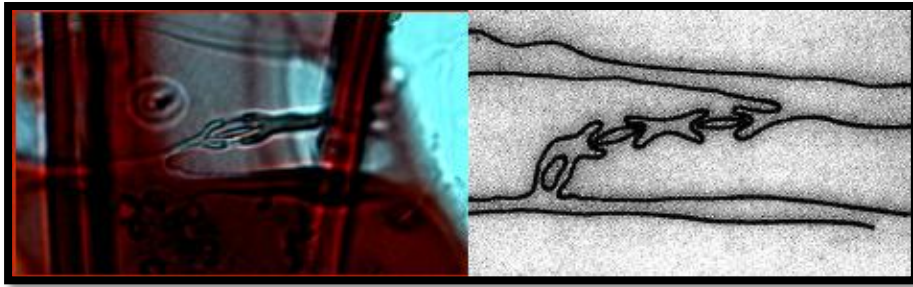


Fig. 1. Classificazione punteggiature di tracheidi radiali di Bartholin “tipo L”.

2. Tipo Picea P1: la punteggiatura è relativamente piccola, con una piccola apertura, il margine è spesso e marcato con uno o due angoli. Il bordo è generalmente spesso.

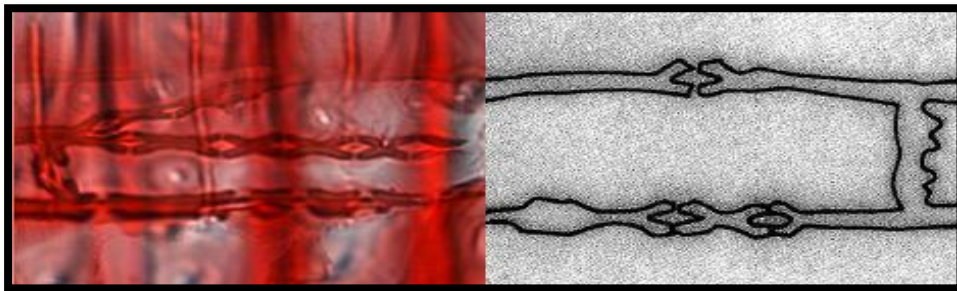


Fig. 2. Classificazione punteggiature di tracheidi radiali di Bartholin “tipo P1”.

3. Tipo Picea P2: ha lo stesso aspetto di Picea tipo 1, ma il bordo oltre ad essere angoloso è dentato.

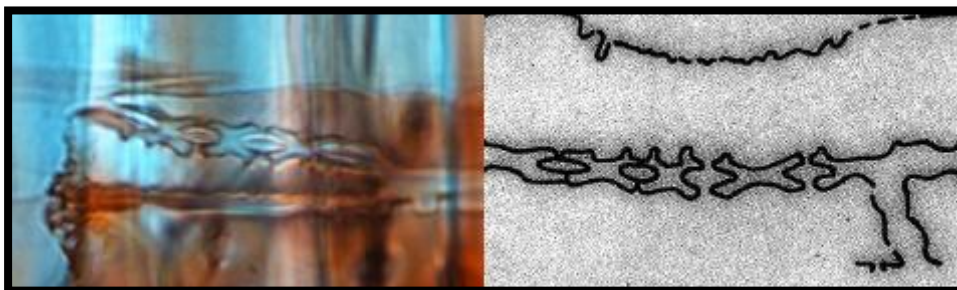


Fig 3. Classificazione punteggiature di tracheidi radiali di Bartholin “tipo P2”.

Marco Fioravanti nel 1989 manifestò la sua incertezza sulla possibilità di identificazione delle due specie durante la verifica dello stato di conservazione della torre del castello del Valentino (TO). Questo lavoro analizzava i caratteri considerati maggiormente significativi; arrivando alla conclusione che il carattere più significativo restava il passaggio tra legno primaticcio e tardivo (Fioravanti, 1989).

Schweingruber (1990) indica come non possibile una sicura discriminazione tra *Larix* e *Picea* solo sulla base dell'anatomia del legno; tuttavia nota come i due generi tendano a differire per alcuni caratteri, come indicato in fig. 4.



	LARICE	ABETE ROSSO
<u>heartwood colour</u>	reddish	heartwood indistinct
<u>early-/latewood transition</u>	generally abrupt	more or less gradual
<u>position of resin canals in rays</u>	more or less eccentric	more or less in centre
<u>no. of rows of pits in radial section</u>	frequently two	mostly one
<u>shape of exterior borders of pits in ray tracheids in transverse section</u>	more or less smooth	more or less angular
		
<u>width of growth ring</u>	in Alps often periodically narrow (over 7-10 years) due to outbreak larch bud moth	normal

Fig. 4. Differenze tra Larice e Abete rosso secondo Schweingruber (1990)

La differenza tra le due specie fu analizzata anche da Anagnost (Anagnost et al. 1994) che considerò i caratteri già descritti da Bartholin: la zona di transizione tra legno primaticcio e tardivo, la presenza di punteggiature biseriate o monoseriate sulle tracheidi assiali, ma anche l'analisi della morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali; queste analisi lo portarono ad affermare come migliore carattere diagnostico la morfologia delle punteggiature purché supportata da un numero elevato di osservazioni per campione. Anagnost individuò un'ulteriore morfologia, denominata *Intermediate*, costituita da una forma intermedia tra L e P1.

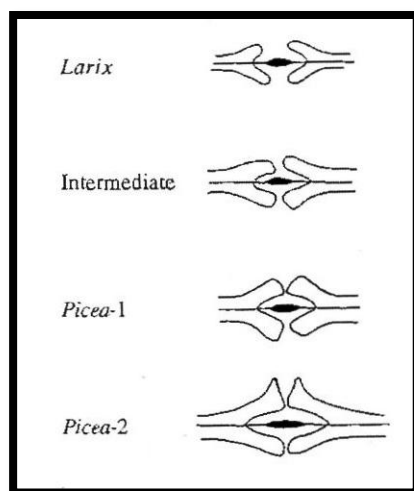


Fig. 5. Classificazione punteggiature di tracheidi radiali secondo Anagnost (1994)

Nel 1997 Brigitte Tallon, analizzando frammenti di carbone vegetale, per distinguere le due specie utilizza la classificazione della morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali, ma propone un'ulteriore morfologia, aggiungendo il tipo L2 ovvero punteggiatura con bordo sottile e arrotondato (fig. 6).

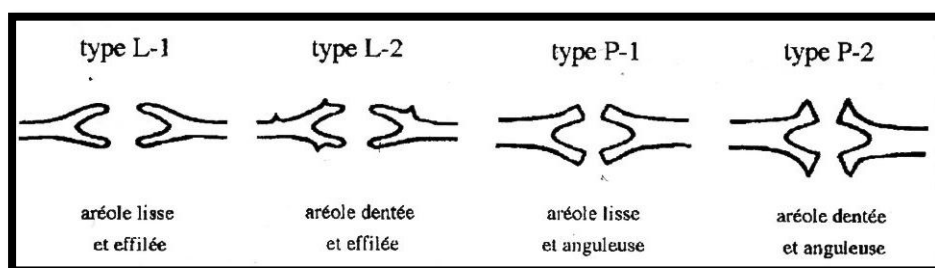


Fig. 6. Classificazione punteggiature di tracheidi radiali secondo Tallon.

Più recentemente Richard Jagels (Jagels et al., 2001) ha confermato l'attribuzione al gen. *Larix* di una serie di legni fossili provenienti da una foresta mista dei generi *Larix*, *Picea* e *Tsuga*, in Canada, utilizzando le indicazioni di Anagnost et al. In particolare ha indicato come carattere più utile alla discriminazione anatomica tra i 2 generi la proporzione tra le diverse tipologie di punteggiature delle tracheidi radiali,aggiungendo che per i campioni già identificati non analizzando le punteggiature delle tracheidi radiali: “*the reliability of these assignments is doubtful and these specimens should be re-examined using ray-tracheid bordered-pit morphology in order to be definitively assigned generic designation*”.

1.3 Osservazioni anatomiche e macroscopiche su legno di Larice e Abete rosso

1.3.1 – Legno omoxilo

Il legno omoxilo è composto da tracheidi, ovvero cellule con funzione sia di trasporto della linfa che di sostegno meccanico del fusto. Le tracheidi hanno forma allungata ed estremità appuntite, con lunghezza generalmente intorno ai 3 millimetri ma che in certi casi possono arrivare a 6 mm. Nell'ambito degli anelli d'accrescimento c'è una notevole differenza nella dimensione del lume cellulare e nello spessore delle pareti; infatti nella zona primaticcia le tracheidi sono hanno lume grande e parete sottile, mentre la zona tardiva ha tracheidi più schiacciate in senso radiale e con pareti più spesse (caratteristica che verrà analizzata in seguito per definire il passaggio tra legno primaticcio e tardivo) (Giordano, 1971). Le punteggiature delle tracheidi sono areolate, a orifizio per lo più circolare nelle tracheidi primaticce, lenticolari e talvolta debordanti nelle tracheidi tardive. Le pareti radiali delle tracheidi sono quelle con maggiore frequenza di punteggiature; e queste possono essere riunite in una serie sola oppure in due o più. Caratteristico per alcune specie vegetali (Tasso, Douglasia) è l'ispessimento elicoidale delle pareti, da non confondere con le sottilissime fessurazioni delle tracheidi tipiche del legno di compressione, le vere spirature possono essere anche confuse con fessurazioni dovute a ritiri o sollecitazioni meccaniche; se non confuse la loro presenza è un ottimo carattere diagnostico. Alcune specie presentano canali resiniferi schizogeni (sia in direzione assiale che radiale) mentre altre ne sono prive (Abete bianco). I raggi sono ordinariamente uniseriati e fanno eccezione solo poche specie che hanno raggi biseriati, nelle specie dotate di canali resiniferi questi sono inclusi nei raggi di cui si occupano per lo più la porzione centrale. In loro corrispondenza la larghezza del raggio comprende il canale resinifero vero e proprio attorniato dalle sue cellule secernenti, e non vi è continuità in senso verticale tra le cellule del raggio sopra e sotto (Nardi Berti, 1994). I raggi sono sempre formati da un certo numero di cellule parenchimatiche alle quali in alcune specie si aggiungono, in posizione estrema marginale e talvolta anche in posizione intermedia, delle tracheidi radiali. Le tracheidi radiali e quelle parenchimatiche dei raggi differiscono nelle punteggiature; quelle delle tracheidi sono sempre areolate ma più

piccole delle punteggiature tra tracheidi assiali; quelle delle cellule parenchimatiche hanno una certa variabilità di tipo e disposizione all'interno del campo d'incrocio con le tracheidi verticali. Nelle specie dotate di canali resiniferi le pareti delle cellule epiteliali che li bordano possono avere un diverso spessore, esiguo per il genere *Pinus*, ma assai maggiore nel genere *Larix* e *Picea*. Talvolta si hanno delle serie di canali resiniferi piuttosto ravvicinati e nella stessa zona dell'anello di incremento, che vengono detti "traumatici" derivano da eventi come fulmini o traumi meccanici; questo carattere non è assolutamente diagnostico perché anche specie che non sono dotate di canali resiniferi (Abete bianco) con certi traumi possono sviluppare questo tipo di canali. Riassumendo, i criteri sui quali bisogna basarsi per il riconoscimento dei legni di gimnosperme sono (dal punto di vista macroscopico) il durame differenziato o no; invece dal punto di vista microscopico più caratteri possono diventare diagnostici:

- canali resiniferi (presenza/assenza, forma, spessore pareti cellule epiteliali);
- cellule tracheidali nei raggi (presenza/assenza);
- punteggiature dei campi d'incrocio tra tracheidi verticali e cellule parenchimatiche dei raggi (forma e disposizione).

Ad eccezione del criterio macroscopico della classificazione del durame e della presenza/assenza dei canali resiniferi (rilevabile macroscopicamente con la trasudazione di resina) tutti gli altri caratteri possono essere osservati solo al microscopio (Giordano, 1971).

1.3.2 - Differenze macroscopiche e microscopiche tra Larice e Abete rosso

Macroscopicamente i due legni sono molto diversi; la prima caratteristica che li divide è la presenza nel Larice di un durame differenziato di colore rosso bruno che non è presente nell'Abete rosso. L'Abete rosso è un legno biancastro o giallognolo, lievemente lucido, con debole odore resinoso da fresco; ad anelli annuali ben distinti e regolari come percorso anche se talora ondulati oppure di spessore non costante; con transizione generalmente graduale tra la zona primaticcia e quella tardiva, tenero. Il Larice invece è caratterizzato da legno a durame roseo-bruno o rossastro assai resinoso e perciò odoroso specie se da fresco, con contorno regolare, e sottile alborno bianco giallastro; ad anelli annuali ben distinti e regolari anche se di dimensione non

costanti, con transizione piuttosto brusca tra la zona primaticcia e quella tardiva; da semiduro a duro (Giordano, 1971).

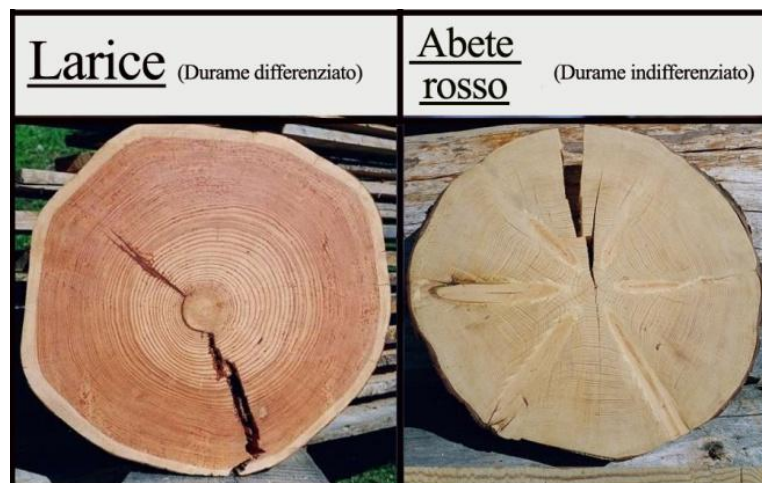


Fig. 7. Confronto macroscopico tra 2 topi di Larice e abete rosso

Da queste descrizioni macroscopiche si può comprendere come sia molto semplice distinguere i due legni se in buono stato di conservazione, avendo a disposizione un campione comprendente il durame e l'alburno; se invece il legno è degradato (legno archeologico, carbone, legni antichi, ecc.) perdendo così le sue peculiarità macroscopiche, se il materiale a disposizione è molto poco o se si ha a disposizione un campione di colore chiaro, che potrebbe essere alburno di Larice, l'unico modo per discriminare i due legni è quello di un'analisi microscopica. Tale analisi considerando l'estrema somiglianza tra le 2 specie diventa problematica. Il legno di Abete rosso infatti presenta tracheidi verticali nella zona primaticcia con grandi punteggiature areolate, talvolta in due serie accostate; piccole punteggiature sulle pareti radiali e tangenziali delle tracheidi della zona tardiva. Eccezionalmente sulle tracheidi tardive si può notare qualche lieve ispessimento elicoidale. Raggi parenchimatici uni serciati, ad eccezione di quelli contenenti canali resiniferi, alti fino a 15/18 assise di cellule, eterocellulari per file terminali di tracheidi a pareti sottili appena ondulate, e cellule parenchimatiche procombenti, a pareti di medio spessore, con 2/5 piccole punteggiature piceoidi per ogni campo di incrocio e numerose punteggiature sulle pareti tangenziali e orizzontali. All'inserzione delle pareti tangenziali si notano talvolta indentature. Il parenchima assiale è presente soltanto eccezionalmente (Giordano, 1971). Per quanto riguarda il Larice il Giordano nota solo 2 differenze anatomiche riguardanti la maggior frequenza e dimensione dei canali resiniferi e la

maggior frequenza di una doppia serie di punteggiature areolate sulle pareti radiali delle tracheidi assiali del legno primaverile.

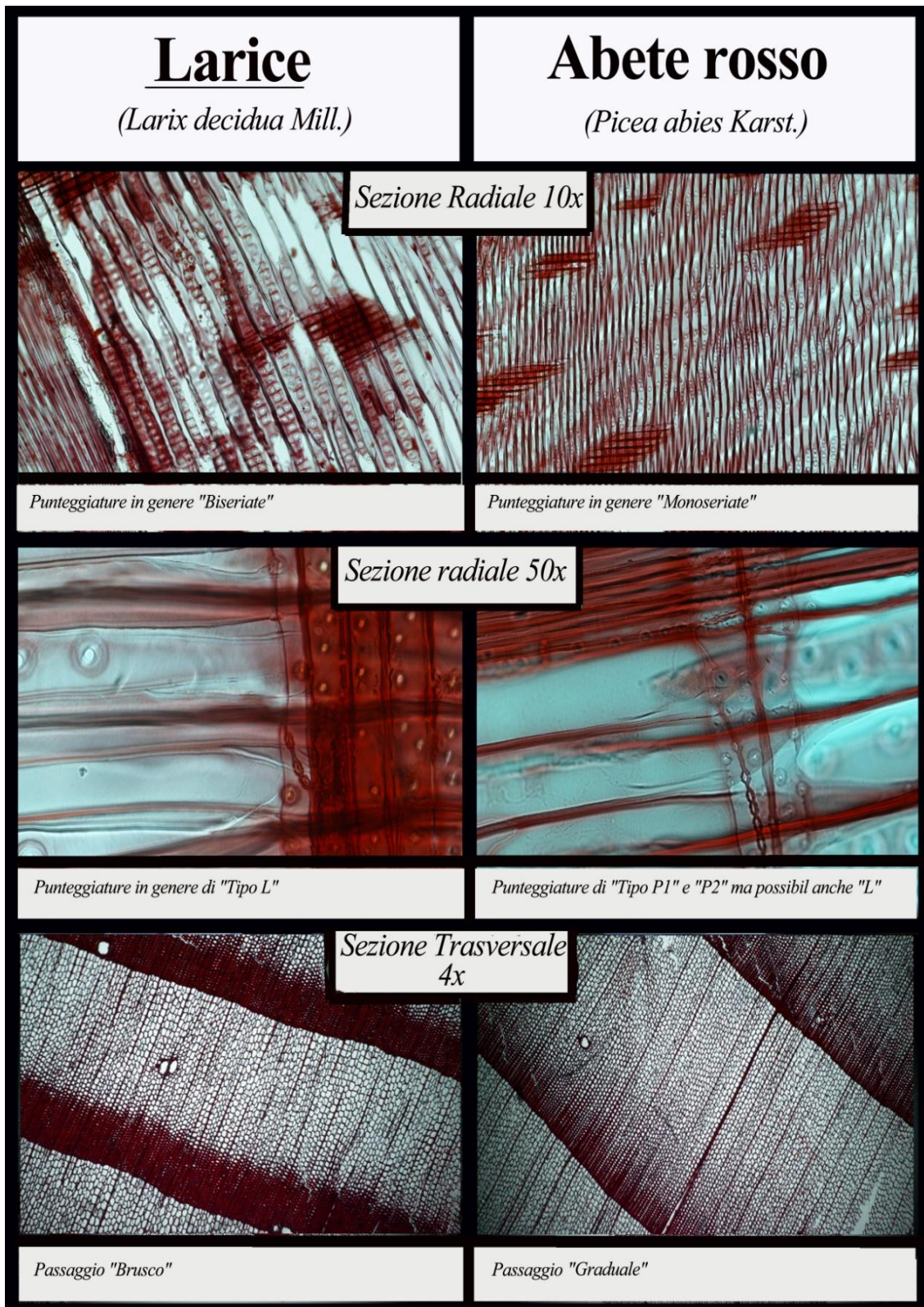


Fig. 8. Confronto tra caratteristiche microscopiche dei 2 legni.

1.3.3 Legno giovanile e legno maturo

Il legno non è un materiale uniforme, infatti all'interno di uno stesso un tronco possiamo trovare valori di densità, compattezza, e rigidità estremamente diversi. Nei primi anni di attività del cambio, il legno prodotto ha caratteristiche diverse sia anatomiche che fisiche e meccaniche. Questo legno, denominato legno giovanile costituisce i primi 10-15 anelli a partire dal midollo. Legno giovanile e legno maturo hanno, infatti, caratteristiche anatomiche e strutturali molto diverse, tanto da determinare differenze più o meno marcate anche nelle proprietà fisiche e meccaniche delle due zone (Berti et al., 2010). In breve le caratteristiche che contraddistinguono il legno giovanile sono:

- cellule più corte e con pareti più sottili;
- maggiore angolo delle microfibrille di cellulosa presenti nella parete cellulare;
- minore contenuto di cellulosa e maggiore di lignina ed emicellulose;
- minore percentuale di legno tardivo negli anelli di accrescimento;
- maggiore ritiro longitudinale;
- maggiore umidità;
- deviazione della fibratura più accentuata;
- minore densità;
- minori resistenze meccaniche.

Allontanandosi dal midollo, tutte le suddette caratteristiche variano gradualmente fino ad assumere le caratteristiche del legno migliorano gradualmente fino a raggiungere, all'incirca dal ventesimo anno di crescita, nel legno maturo, le "normali" proprietà del legno da noi conosciute (Giordano, 1971).

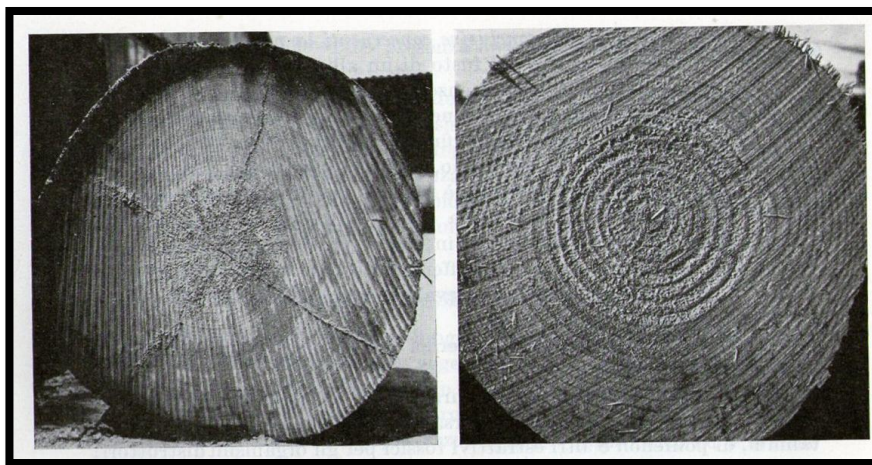


Fig. 9. In questi 2 topi si può notare al centro "l'anima" ovvero il legno giovanile (da Giordano).

1.4 Durabilità

La definizione di durabilità per il legno riguarda la sua capacità di resistere alle alterazioni (dovute a funghi, batteri, insetti). La durabilità è molto influenzata dalla presenza di estrattivi nel durame. Gli estrattivi sono delle sostanze (terpeni, fenoli, tannini ecc.) presenti generalmente all'interno del durame che conferiscono al legno delle definite caratteristiche chimiche. La presenza di queste sostanze è concentrata nel durame; è questo il motivo per cui la parte interna dei fusti è sempre preferita per la sua maggiore resistenza alle alterazioni. Ogni paese vanta manufatti e oggetti di legno di notevole antichità, come ad esempio per il bacino del Mediterraneo i manufatti di maggior durata riguardano i generi *Juniperus* e *Cupressus*, mentre per la zona delle pianure alluvionali il primato è tenuto dal durame di Rovere e Farnia, sulle Alpi invece la fa da padrone il durame di Larice (Giordano, 1984).

A partire dal 1998 sono state messe appunto varie norme UNI, documenti che definiscono le caratteristiche (dimensionali, prestazionali, ambientali, di qualità, di sicurezza, di organizzazione ecc.) di un prodotto, processo o servizio, secondo lo stato dell'arte e sono il risultato del lavoro di esperti in Italia e nel mondo. Queste norme riguardano anche la durabilità del legno, per poter indirizzare la produzione di opere lignee nella maniera più efficiente.

La norma UNI 350-1:1996 definisce 5 classi di durabilità naturale nei confronti dei funghi (Molto Durabile, Durabile, Moderatamente Durabile, Poco Durabile, Non Durabile). La UNI EN 335-1:2006 "Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno" definisce 5 classi di utilizzo in funzione di differenti situazioni di servizio. Per ogni classe sono indicate le condizioni in opera (non a contatto con il terreno e al coperto, non a contatto con il terreno e non al riparo, a contatto con il terreno), l'esposizione all'umidità (occasionale, frequente, permanente) e gli organismi xilofagi che si possono sviluppare in tali condizioni. La UNI EN 460:1996 mette in relazione le classi di durabilità naturale del legno stabilite per i funghi all'interno della normativa UNI EN 350:1996 con le differenti classi di utilizzo previste dalla UNI EN 335-1:2006; indicando in sostanza quale classe di durabilità è richiesta in funzione delle condizioni di servizio cui il materiale legno si verrà a trovare indicando anche quando è necessario prevedere trattamenti chimici preservanti. La normativa UNI EN 350-2:1996 riporta infine le classi di durabilità naturale per differenti specie legnose.

In certi casi tuttavia la scelta della specie legnosa non avviene in base alla durabilità del legno, ma può essere guidata da fattori economici, produttivi o dalla semplice disponibilità sul mercato. In tal caso si può presentare la necessità di applicare trattamenti preservanti al legno al fine di proteggerlo da insetti e funghi. I preservanti del legno sono prodotti chimici (semplici o miscele di diversi formulati) tossici o repellenti nei confronti di funghi, resistenti al dilavamento ed all'evaporazione. L'efficacia di un prodotto preservante è legata alla tossicità, cioè alla capacità di impedire lo sviluppo di funghi, e alla possibilità di penetrare profondamente nel legno. Quest'ultima caratteristica dipende in larga misura dall'impregnabilità del legno (la norma UNI EN 351-1 individua le classi di impregnabilità del legno e la UNI EN 351-2 riporta i valori di impregnabilità di diverse specie legnose distinguendo alborno e durame).

DURABILITÀ NATURALE E TRATTABILITÀ DI ALCUNE SPECIE LEGNOSE PIÙ COMUNEMENTE USATE (UNI EN 350/2 MODIFICATA)								
Nome commerciale (<i>Nome scientifico</i>) ed origine	DURABILITÀ NATURALE						TRATTABILITÀ	
	Funghi	Hylatropes	Hesperophanes	Anobidae	Lycus	Termiti	alborno	durame
Abete bianco (<i>Abies alba</i> Mill.) Europa e Nord America	4	NR	R	NR	R	NR	4	4
Abete rosso (<i>Picea abies</i> L.) Europa	4	NR	R	NR	R	NR	4	4
Douglasia (<i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco) Canada	3	NR	R	NR	R	NR	3	3
USA Europa	4	NR	R	NR	R	NR	2	3
Larice (<i>Larix decidua</i> Mill.) Europa	3	NR	R	NR	R	NR	2	3
Pino pece (<i>Pinus palustris</i> Mill. <i>P. taeda</i> L.) Nord America	3	NR	R	R	R	NR	1	3
Pino silano (<i>Pinus laricio</i> Poir.) Europa	4 - 5	NR	R	NR	R	NR	1	3
Pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Europa	3 - 4	NR	R	NR	R	NR	1	3
Castagno (<i>Castanea sativa</i> Mill.) Europa	2	R	NR	NR	NR	NR	2	4
Cerro (<i>Quercus cerris</i> L.) Europa	4	R	NR	NR	NR	NR	1	1
Faggio (<i>Fagus sylvatica</i> L.) Europa	5	R	NR	NR	R	NR	1	4
Farnia (<i>Quercus robur</i> L.) Europa	2	R	NR	NR	NR	NR	1	4
Pioppo (<i>Populus spp.</i>) Europa	5	R	NR	NR	R	NR	1	2

Da notare come i valori del Larice siano sempre maggiori o uguali a quelli dell'Abete rosso. Da questa tabella si può affermare la maggior durabilità del Larice rispetto all'Abete rosso.	5 4 3 2 1 ↓ RESISTENZA	NR : non resistente R : resistente	5 4 3 2 1 ↑ IMPREGNABILITÀ	5 4 3 2 1 ↑ IMPREGNABILITÀ
---	--	---------------------------------------	--	--

Fig. 10. Riepilogo tabella norme UNI sulla resistenza ed impregnabilità del legno.

1.5 Impieghi del legno di Larice e Abete rosso

Il legno di Larice è considerato come un legno di qualità, impiegato nelle più disparate utilizzazioni. Gli impieghi principali riguardano strutture costruttive sia in opere edili che stradali, idrauliche e navali, paleria di vario tipo, falegnameria pesante, listoni da pavimento, infissi interni e soprattutto esterni, mobili, arredamento, botti e mastelli, scandole per copertura dei tetti, imballaggi per grossi carichi. Generalmente il legno di Larice consumato in Italia proviene dalla produzione nazionale anche se occasionalmente si hanno delle modeste importazioni da Paesi alpini confinanti. Il valore di mercato è superiore all'abete rosso, in piedi (prezzo di macchiatico) in Trentino all'anno 2012 è di circa 50-60 euro/m³ con destinazione segheria.

Il legno di Abete rosso in confronto al Larice è considerato di qualità un po' più scadente, per la minore durabilità. Gli impieghi di questo tipo di legname riguardano strutture costruttive di vario genere, alberi da nave, paleria (trattata), segati, falegnameria, imballaggi, lana di legno, materiale da triturazione per pannelli e carta e cellulosa. Questo legno se utilizzato all'esterno al naturale è poco durevole, è perciò spesso trattato con agenti preservanti anche se caratterizzati da scarsa penetrazione. Il forte consumo italiano di Abete rosso è coperto solo in parte dalla produzione nazionale mentre cospicui quantitativi provengono da importazioni: i principali Paesi fornitori sono Austria, Unione sovietica e Repubblica Ceca. Il valore di mercato è inferiore al Larice, in piedi (prezzo di macchiatico) in Trentino all'anno 2012 è di circa 30-40 euro/m³ con destinazione segheria.

Dalla lettura dei vari impieghi si evidenzia come le due specie abbiano degli utilizzi parzialmente sovrapponibili soprattutto nell'edilizia. La grossa differenza tra le due specie sta nella durabilità del Larice naturale all'esterno, per esempio, il legno di larice è secolarmente legato alla produzione di scandole per la copertura dei tetti in montagna. Il legno di Abete rosso ha scarsa durabilità all'esterno se non trattato. L'abete rosso invece può essere utilizzato per la produzione di carta al contrario del Larice. Per questo motivo il problema della differenziazione tra le due specie è sentito, hanno impieghi simili, ma caratteristiche diverse.

1.6 Resistenza meccanica

Le proprietà meccaniche del legno esprimono la capacità di quest'ultimo di reagire alle sollecitazioni applicate (forze). Si riconoscono due aspetti diversi collegati tra loro:

- la deformabilità del legno sotto l'azione di una forza applicata che è espressa in termini di moduli di elasticità e di coefficienti di scorrimento;
- la capacità portante alle varie condizioni di carico (ad es. compressione, flessione, taglio ecc.; carichi di breve, media o lunga durata) che viene espressa in termini di resistenze (sollecitazioni che il legno può sopportare prima di rompersi).

Da tenere in considerazione è che il legno è *anisotropo* nei confronti di tutte le proprietà meccaniche, che quindi variano con la direzione anatomica considerata, inoltre non essendo materiale omogeneo, i valori di resistenza forniti devono essere intesi come "dati medi" largamente indicativi.

Un ulteriore punto da sottolineare è che le proprietà meccaniche di uno stesso provino di legno variano in funzione della temperatura e soprattutto della sua umidità, mentre provini diversi di uno stesso campione avranno proprietà meccaniche molto diverse tra loro in funzione soprattutto della difettosità e della massa volumica. Infine sono importanti anche le variazioni di deformazione e di resistenza legate alla durata delle sollecitazioni applicate o delle deformazioni imposte, che inseriscono il legno nel novero dei materiali a comportamento visco-elastico. Andando nello specifico e considerando i legni di Abete rosso e Larice il Giordano (1988) riporta questi valori.

<u>CARATTERISTICA</u>	<u>LARICE</u>	<u>ABETE ROSSO</u>
Resistenza a compressione assiale	Da 27 a 74 MPa	Da 20 a 62 MPa
Resistenza a flessione	Da 47 a 132 MPa	Da 40 a 110 MPa
Modulo elastico a flessione	In media 14.000 MPa	In media 15.000 MPa
Resistenza a taglio	Da 4,9 a 10,3 MPa	Da 4,3 a 11,3 MPa
Resistenza ad urto	Discreta	Modesta
Fissilità	Mediocre	Discreta

Fig. 11. Tabella riassuntiva delle resistenze meccaniche dei due legni (da Giordano 1988)

Dalla tabella si evidenzia come i valori di resistenza alla flessione e alla compressione assiale del Larice siano sempre maggiori, eccezion fatta per il modulo elastico che in genere è maggiore nell'Abete rosso. Si può quindi affermare che il legno di Larice ha delle prestazioni migliori dal punto di vista strutturale rispetto all'Abete rosso.

CAPITOLO 2

OBIETTIVO DEL LAVORO

Da quanto esposto nella parte introduttiva del lavoro si è messo in evidenza come i legni di larice e abete rosso:

- abbiano notevoli somiglianze anatomiche
- abbiano impieghi parzialmente sovrapponibili
- abbiano caratteristiche di resistenza meccanica diverse
- abbiano caratteristiche di durabilità differenti, soprattutto nei confronti dei funghi.

Quindi poter discriminare al microscopio le due specie legnose risulta importante, soprattutto quando si ha a che fare con legno strutturale in opera, nel quale può non essere visibile la differenza cromatica tra i due legni per la prolungata esposizione alla luce.

In letteratura i caratteri diagnostici più utili a distinguere il legno di larice da quello di abete rosso al microscopio sono risultati:

- esame del passaggio tra legno primaticcio e tardivo,
- presenza e percentuale di punteggiature biseriate;
- studio della morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali.

Tuttavia non sono stati trovati dati inerenti l'influenza della provenienza geografica del legno né se l'età del cambio possa avere influenzato tali caratteri.

Lo scopo di questo lavoro è quello di:

- confermare la capacità diagnostica dei caratteri riportati dalla letteratura per la discriminazione anatomica del legno di larice e abete rosso;

- verificare se l'età del cambio influenza tali caratteri anatomici, e quindi se ci sono differenze tra legno giovanile e maturo;
- verificare se legno di diversa provenienza geografica presenta differenze significative.

Con questo lavoro si ritiene inoltre di poter contribuire alla conoscenza dell'anatomia di questi due importanti legni.

CAPITOLO 3

MATERIALI E METODI

3.1 Aree campione

Sono state individuate 3 popolazioni geneticamente distinte con provenienza Veneto e Friuli in 3 aree geograficamente distanti come Tarvisio, Belluno e Asiago . Di queste 3 macrozone sono stati ricercati nella Xiloteca del dip. TESAF dei campioni già catalogati e per quelli mancanti si è provveduto al recupero in loco.

Più precisamente i luoghi di prelievo sono:

Asiago (Lusiana): L'area di studio è situata in zona boschiva, nella parte centro/orientale delle Alpi italiane (Lusiana,VI). La formazione arborea è composta da una foresta mista di *Larix decidua* Miller, *Picea abies* (L.) Karst., posta ad una quota di 900 m s.l.m., con esposizione prevalente a est e con pendenza compresa tra 55° e 15°. Si tratta di popolamenti con piante adulte e densità media.

Belluno (Val Visdende e San Vito di Cadore): L'area di studio è situata in zona boschiva, nella parte orientale delle Alpi italiane (Dolomiti, Cadore, BL) (46°27'N, 12°08'E). I campioni di larice sono stati raccolti in una formazione arborea composta da una foresta mista di *Larix decidua* Miller, *Picea abies* (L.) Karst. L'esposizione prevalente sud, è posto ad una quota di 1350 m s.l.m. e ha una pendenza compresa tra 15° e 30° Si tratta di popolamenti con piante mature e densità media. I campioni di Abete rosso invece in una foresta poco distante di abete rosso maturo con esposizione prevalente ovest e pendenze tra 20° e 40°; la densità del popolamento medio/alta.

Tarvisio (Paolaro e Fusine): L'area di studio è situata in zona boschiva, nella parte orientale delle Alpi italiane (Tarvisio, UD) La formazione arborea è composta da una foresta mista di *Larix decidua* Miller, *Picea abies* (L.) Karst. L'esposizione prevalente

sud, è posto ad una quota di 1550 m s.l.m. e ha una pendenza compresa tra 15° e 30°. Si tratta di popolamenti con piante mature e densità media.

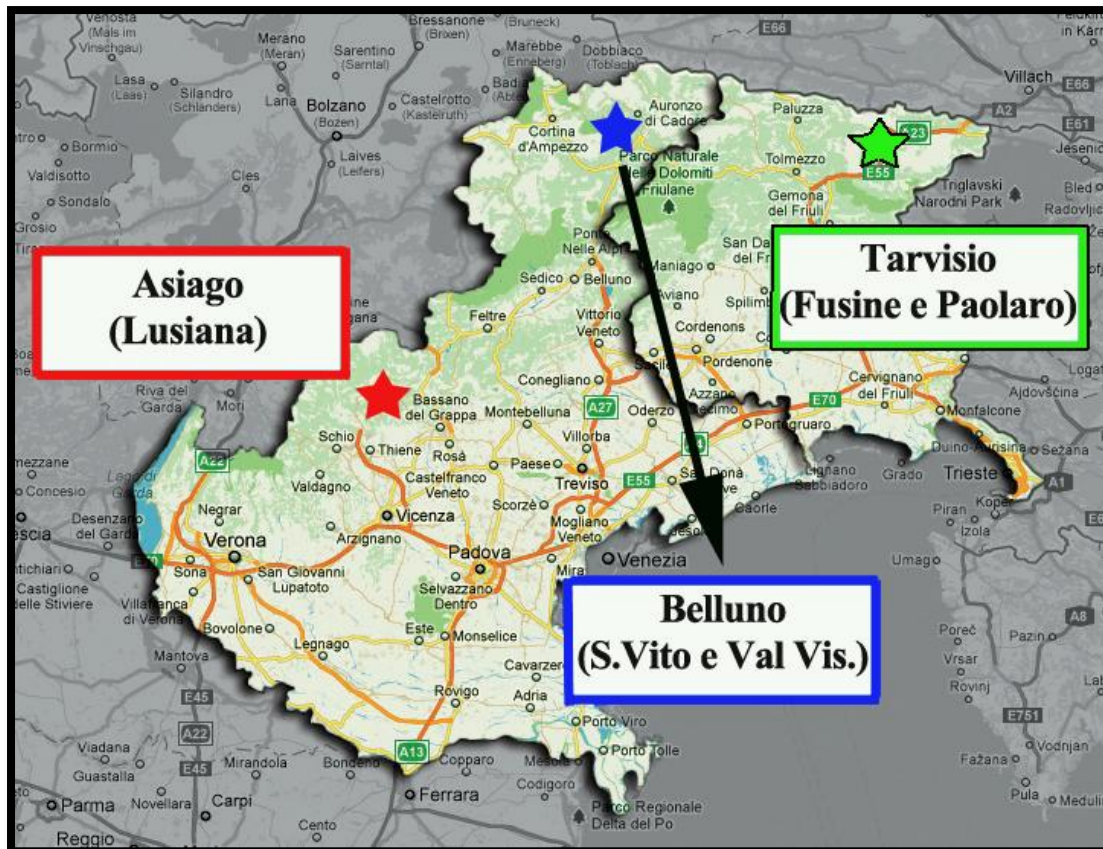


Fig.12. Localizzazione aree campione.

3.2 Materiali

Il lavoro di tesi si è svolto in due fasi operative; la prima "in campo" riguardante il recupero dei 30 campioni di 3 provenienze diverse e la seconda di laboratorio fatta da allestimento vetrini osservazione e analisi dei dati rilevati.

Gli strumenti utilizzati sono stati:

- 1) succhiello di Pressler: (detto anche Sonda Incrementale) viene utilizzato per prelevare campioni nei tronchi, al fine di valutare età, crescita, salute dell'albero, influssi negativi da inquinamento, densità del legno; in questo caso è stato utilizzato nei rilievi in campo per ottenere i campioni.

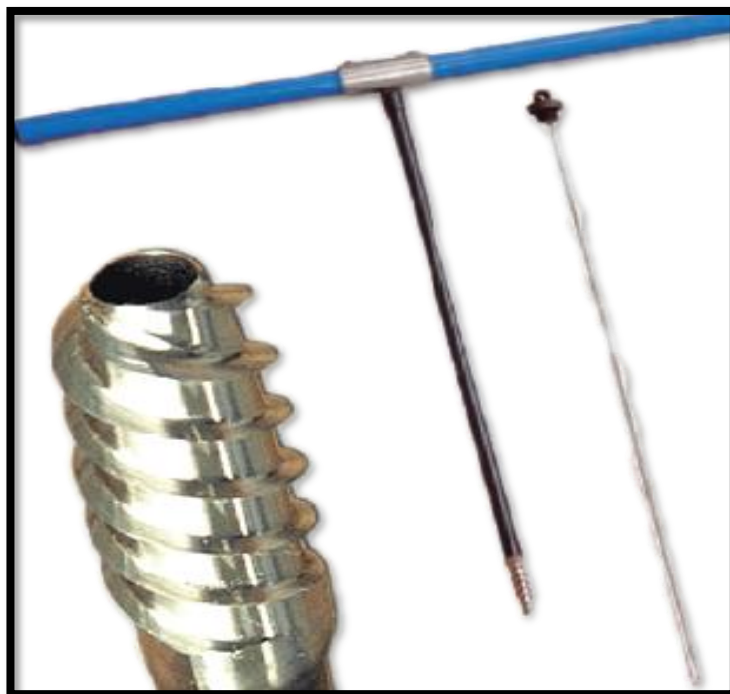


Fig.13. Succhiello di Pressler.

- 2) Microtomo: per il taglio del legno in sezioni sottili è stato utilizzato un microtomo Leica SM 2145 con lama in acciaio. Le sezioni trasversali avevano uno spessore di 20 μm , quelle radiali erano comprese tra 17 e 14 μm .



Fig.14. Microtomo Leica SM 2145

- 3) Microscopio ottico: per l'osservazione dei vetrini è stato utilizzato un microscopio ottico Nikon Eclipse 80i, con oculare 10x e obiettivi 2x, 10x e 50x. In particolare gli ingrandimenti utilizzati sono stati:

- 20x per le sezioni trasversali che devono contenere almeno un anello completo per poter individuare il passaggio tra legno primaticcio e tardivo;
- 100x per le sezioni radiali dove contare le punteggiature areolate delle tracheidi assiali;
- 500x ad immersione per le sezioni radiali per individuare la morfologia delle punteggiature areolate delle tracheidi radiali.

- 4) Fotocamera integrata: sono state scattate numerose foto digitali (1230 in totale) sulle quali sono state eseguite tutte le osservazioni e le misure.

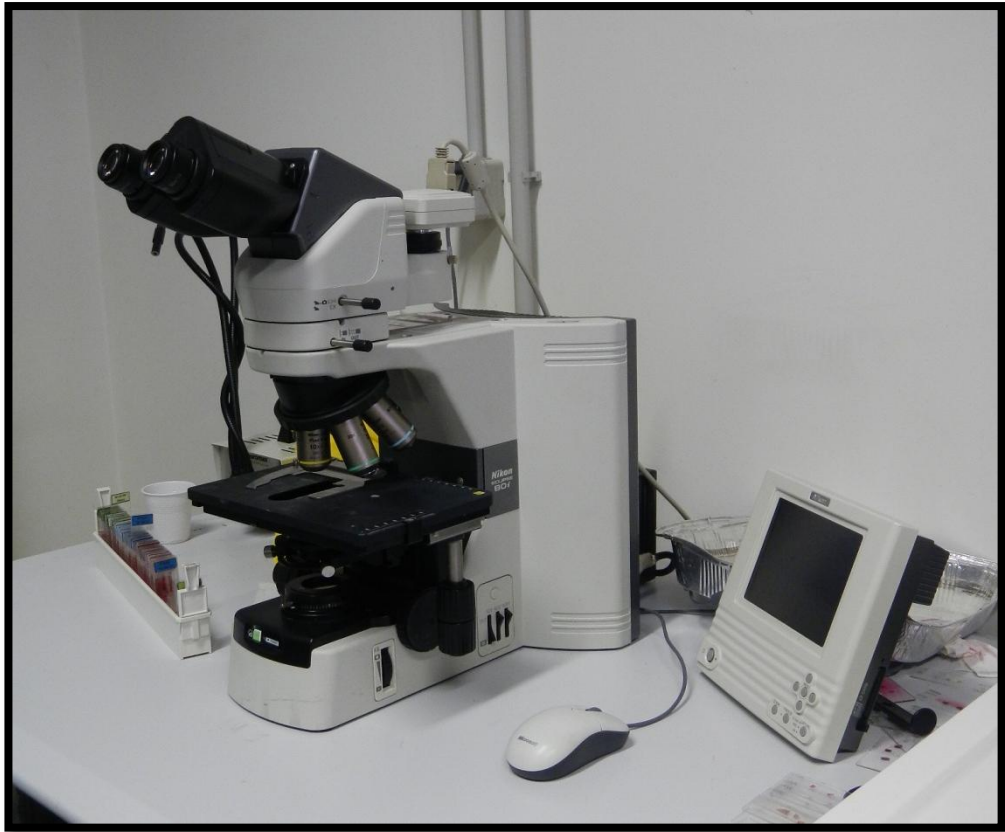


Fig.15. Microscopio ottico con fotocamera.

3.3 Scelta dei Campioni

Per ogni area geografica sono stati individuati 5 larici e 5 abeti rossi aventi diametro a petto d'uomo superiore a 30 cm. Dalla Xiloteca sono stati prelevati i campioni provenienti da Belluno e Udine, mentre i campioni provenienti da Lusiana sono stati prelevati direttamente da alberi in piedi. In totale sono stati collezionati 30 campioni, costituiti da carote dotate di corteccia e di midollo.

Nella tabella seguente sono riportate le informazioni relative ai campioni di legno dai quali sono state ricavate le sezioni.

<u>N°</u>	<u>Specie</u>	<u>N° di riferimento</u>	<u>Altitudine (m.s.l.m.)</u>	<u>Origine</u>
1	<i>Picea abies</i> Karst.	as PA 01	900	Lusiana (VI)
2	<i>Picea abies</i> Karst.	as PA 02	900	Lusiana (VI)
3	<i>Picea abies</i> Karst.	as PA 03	900	Lusiana (VI)
4	<i>Picea abies</i> Karst.	as PA 04	900	Lusiana (VI)
5	<i>Picea abies</i> Karst.	as PA 05	900	Lusiana (VI)
6	<i>Picea abies</i> Karst.	bl PA 01	1300	Val Visdende (BL)
7	<i>Picea abies</i> Karst.	bl PA 02	1300	Val Visdende (BL)
8	<i>Picea abies</i> Karst.	bl PA 03	1300	Val Visdende (BL)
9	<i>Picea abies</i> Karst.	bl PA 04	1300	Val Visdende (BL)
10	<i>Picea abies</i> Karst.	bl PA 05	1300	Val Visdende (BL)
11	<i>Picea abies</i> Karst.	fr PA 01	1400	Paularo (UD)
12	<i>Picea abies</i> Karst.	fr PA 02	1400	Paularo (UD)
13	<i>Picea abies</i> Karst.	fr PA 03	1400	Paularo (UD)
14	<i>Picea abies</i> Karst.	fr PA 04	1400	Paularo (UD)
15	<i>Picea abies</i> Karst.	fr PA 05	1400	Paularo (UD)
16	<i>Larix decidua</i> Mill.	as LD 01	900	Lusiana (VI)
17	<i>Larix decidua</i> Mill.	as LD 02	900	Lusiana (VI)
18	<i>Larix decidua</i> Mill.	as LD 03	900	Lusiana (VI)
19	<i>Larix decidua</i> Mill.	as LD 04	900	Lusiana (VI)
20	<i>Larix decidua</i> Mill.	as LD 05	900	Lusiana (VI)
21	<i>Larix decidua</i> Mill.	bl LD 01	1380	San Vito (BL)
22	<i>Larix decidua</i> Mill.	bl LD 02	1380	San Vito (BL)
23	<i>Larix decidua</i> Mill.	bl LD 03	1380	San Vito (BL)
24	<i>Larix decidua</i> Mill.	bl LD 04	1380	San Vito (BL)
25	<i>Larix decidua</i> Mill.	bl LD 05	1380	San Vito (BL)
26	<i>Larix decidua</i> Mill.	fr LD 01	1480	Fusine (UD)
27	<i>Larix decidua</i> Mill.	fr LD 02	1480	Fusine (UD)
28	<i>Larix decidua</i> Mill.	fr LD 03	1480	Fusine (UD)
29	<i>Larix decidua</i> Mill.	fr LD 04	1480	Fusine (UD)
30	<i>Larix decidua</i> Mill.	fr LD 05	1480	Fusine (UD)

Fig.16. Tabella dei dati con luogo, quota e ID dei campioni raccolti

3.4. Preparazione vetrini

Da ciascuna carota sono stati prelevati 2 campioni:

- legno giovanile, prelevato tra l'8 e il 12 anello a partire dal centro
- legno maturo, proveniente dalla zona compresa tra l'8 e il 12 anello a partire dalla corteccia

Si sono ottenuti così 60 campioni, da ciascuno dei quali sono state tagliate una sezione trasversale (per analizzare il passaggio tra legno primaticcio e tardivo) e una radiale (per analizzare le punteggiature areolate delle tracheidi assiali e radiali). Le porzioni di legno prelevate dalle carote di Lusiana non hanno subito trattamenti preliminari in quanto erano allo stato fresco, e sono state direttamente fissate al microtomo mediante la morsa in dotazione. Invece il legno delle carotine provenienti dalla xiloteca sono state fatte bollire in acqua distillata per un'ora circa, e quindi sottoposte al taglio. Utilizzando il microtomo rotativo semiautomatico "*Leica SM 2145*" in dotazione nel laboratorio sono state tagliate le sezioni trasversali con spessore 20 μm e quelle radiali con spessore compreso tra 17 e 15 μm .

Per l'allestimento dei vetrini si è seguita la metodica standard:

- colorazione della sezione con una soluzione al 1% di safranina e acqua distillata;
- primo lavaggio della sezione, in acqua distillata per eliminare residui di taglio e safranina;
- serie di lavaggi in alcool a concentrazioni crescenti (30, 50 e 100%) con lo scopo di disidratare chimicamente la sezione;
- ultimo lavaggio con BIOCLEAR[®] ovvero un detergente composto da vari terpeni naturali che si usa in sostituzione dello xilolo;
- montaggio della sezione con il balsamo (EUKIT[®]).

In seguito alla preparazione i vetrini sono stati classificati e rinominati in maniera tale che leggendo il codice assegnato si possa risalire a specie, n° campione e tipo di legno.

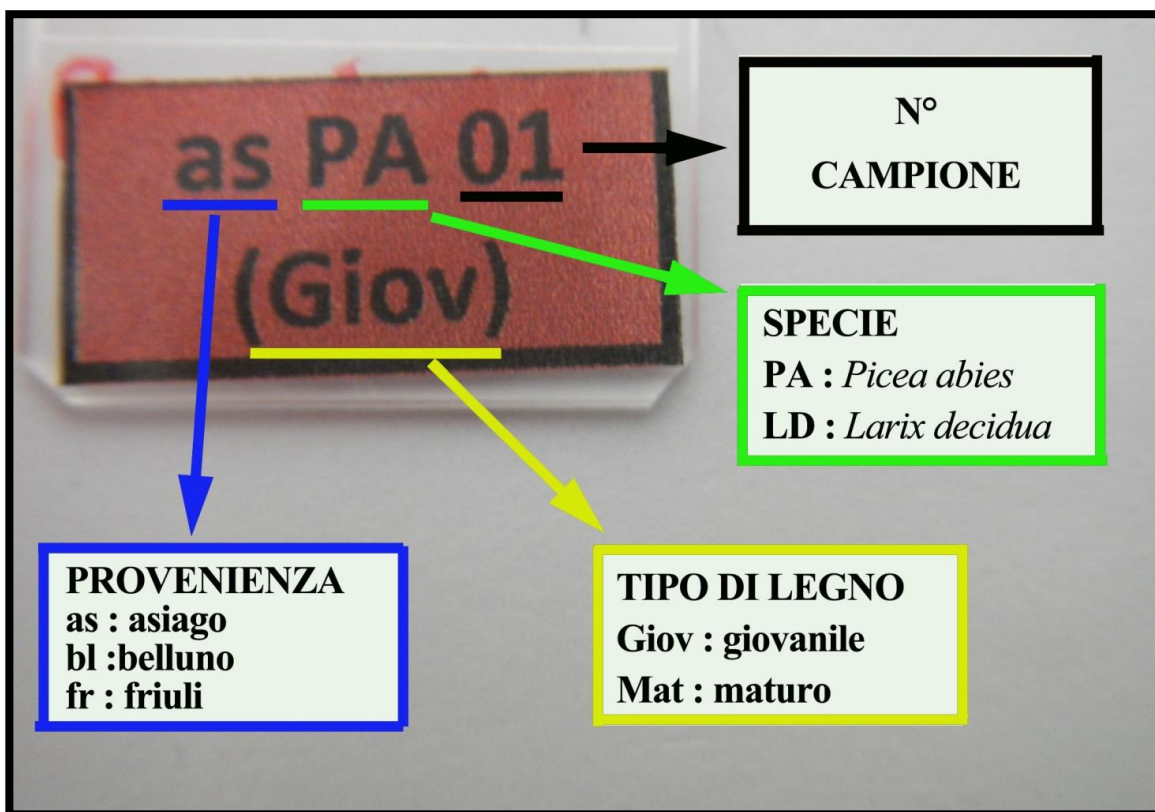


Fig.17. Spiegazione dell'ID campione.

3.5 Variabili analizzate

3.5.1 Passaggio tra legno primaticcio e tardivo

Per considerare questo carattere sono state osservate e fotografate le sezioni trasversali 4x. Dopo una prima analisi del carattere, nella quale era solo stato espresso un giudizio visuale arbitrario (graduale o brusco), si è cercato di standardizzare la definizione di brusco e graduale, allo scopo di eliminare l'eccessiva soggettività a cui era sottoposto questo carattere. Per questo motivo sono stati selezionati all'interno dei campioni disponibili, indipendentemente dalla specie, dieci individui con un passaggio marcatamente brusco e altri dieci individui caratterizzati da un passaggio marcatamente graduale. In seguito all'interno dell'anello di accrescimento sono stati individuati dieci punti equidistanti tra loro, in questi punti, tramite lo schermo del microscopio, sono stati misurati il diametro tangenziale e radiale delle tracheidi interessate; una volta ottenuti questi diametri è stato scelto di considerare il rapporto:

$$D_{Rad}/D_{Tan}$$

considerando il fatto che il diametro che varia di più, nel passaggio da primaticcio a tardivo generalmente è quello radiale rispetto a quello tangenziale che resta più costante.

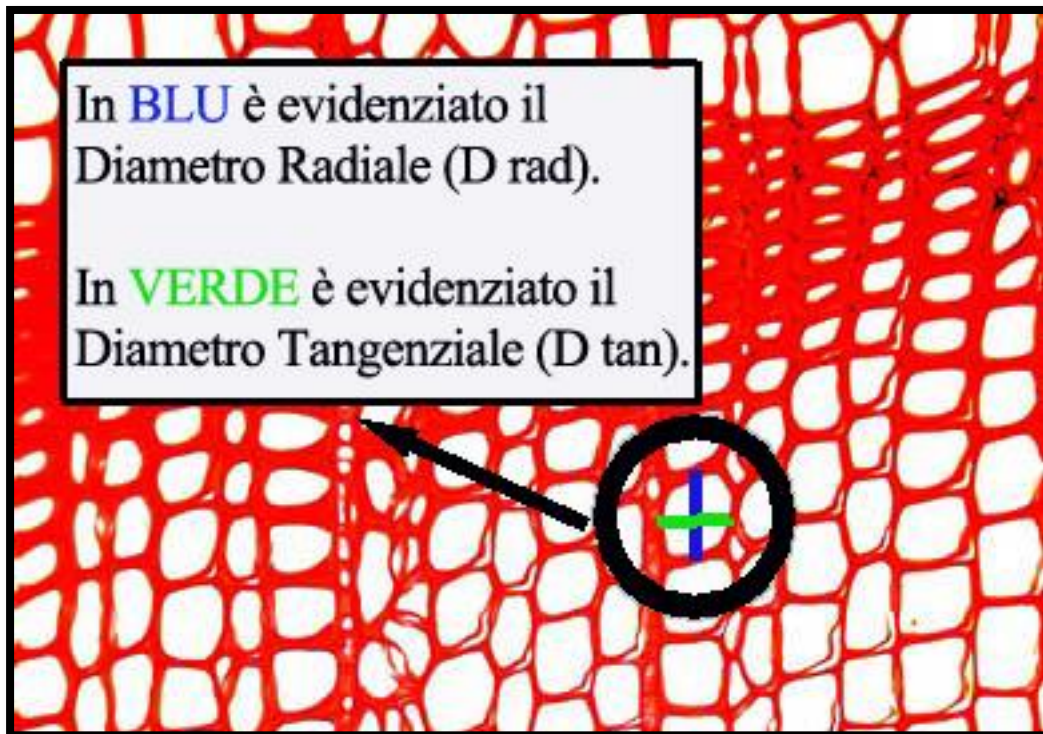
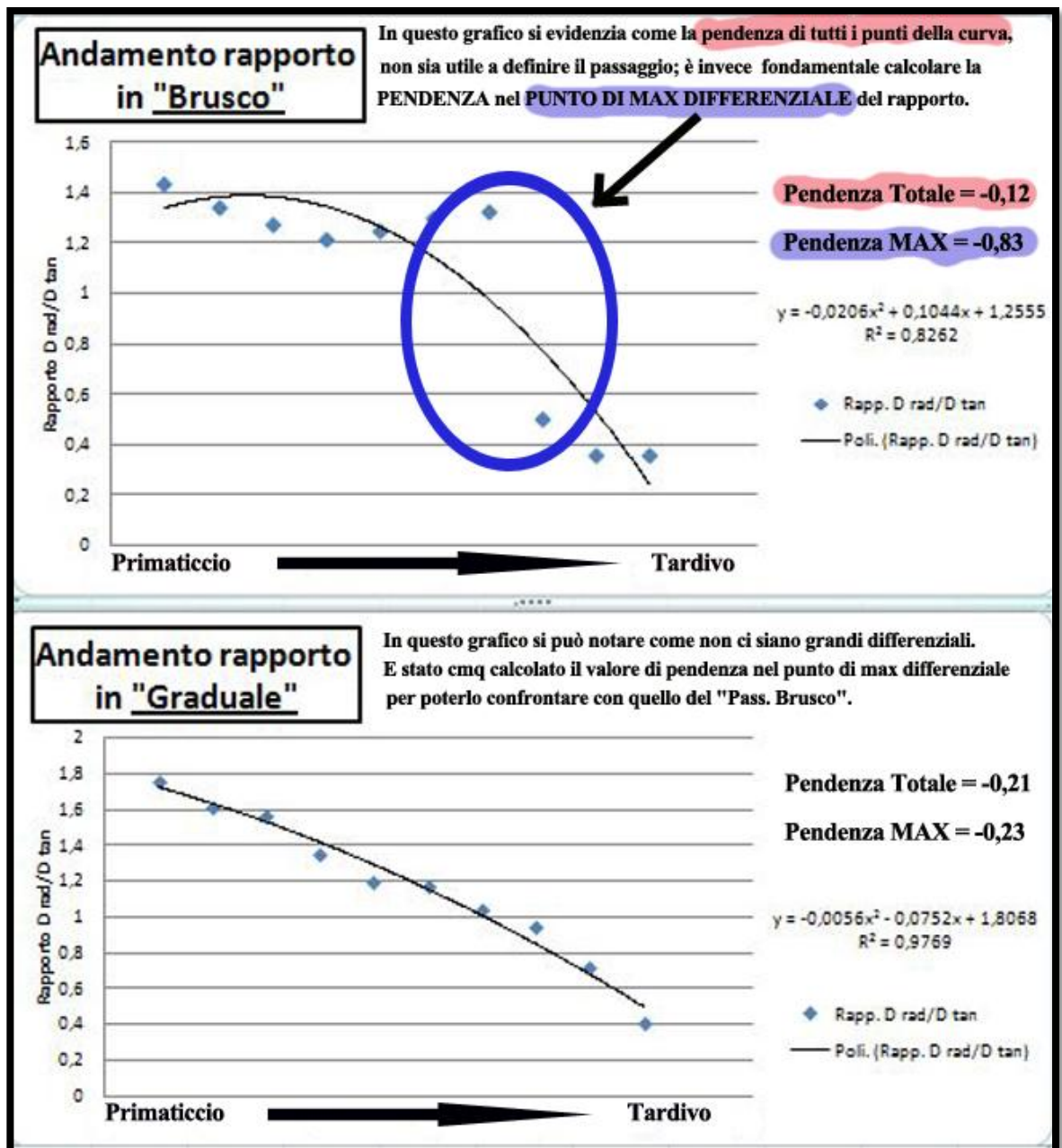


Fig.18. Spiegazione dei diametri radiali e tangenziali raccolti.

Analizzando i grafici risultanti si può notare la marcata differenza tra le due casistiche analizzate (brusco e graduale), si è cercato così di individuare un valore numerico per poter dare una definizione certa di passaggio brusco e graduale considerando la pendenza della curva di tendenza polinomiale; ma questa (come evidenziato dalle immagini) non dà una buona definizione del passaggio brusco.

Per questo motivo per la definizione di passaggio brusco e graduale è stata considerata la pendenza tra i due punti consecutivi con il massimo differenziale tra il rapporto D_{Rad}/D_{Tan} . Questo parametro è stato definito come *indice del passaggio legno primaticcio-tardivo* (IPPT).



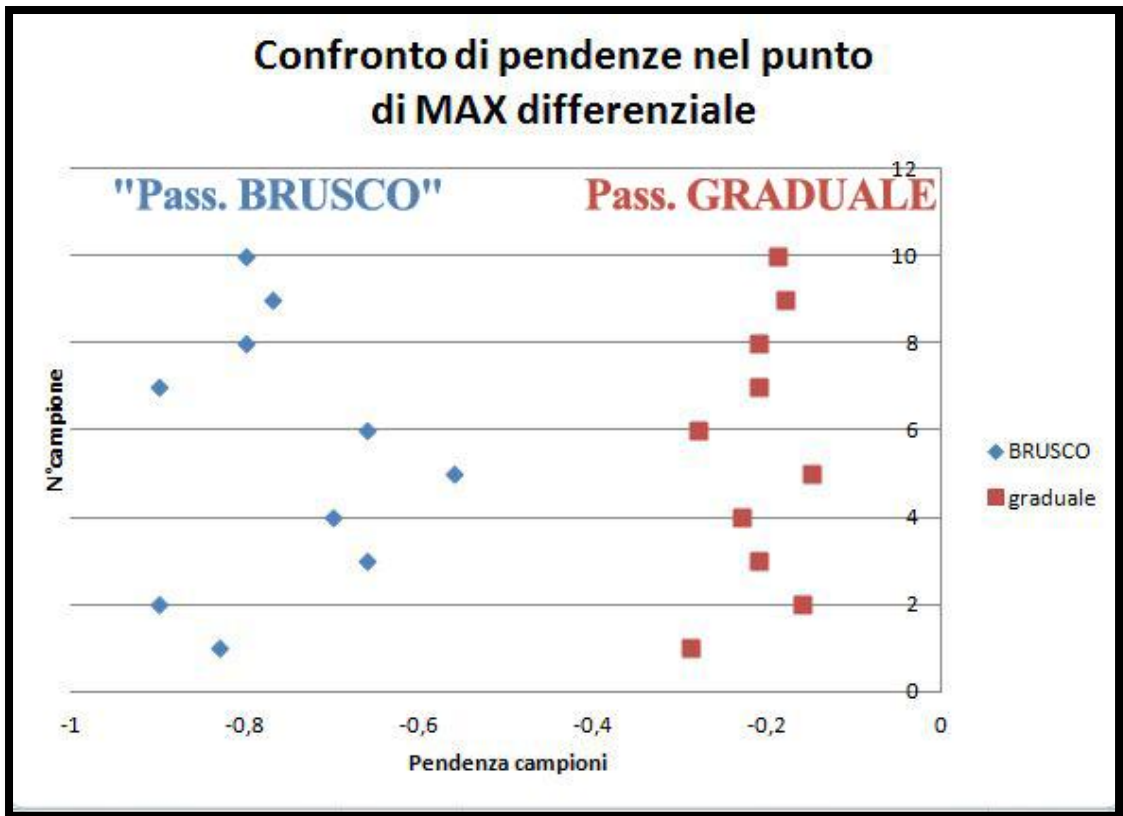


Fig.19. Risultati per la definizione del rapporto D_{Rad}/D_{Tan}

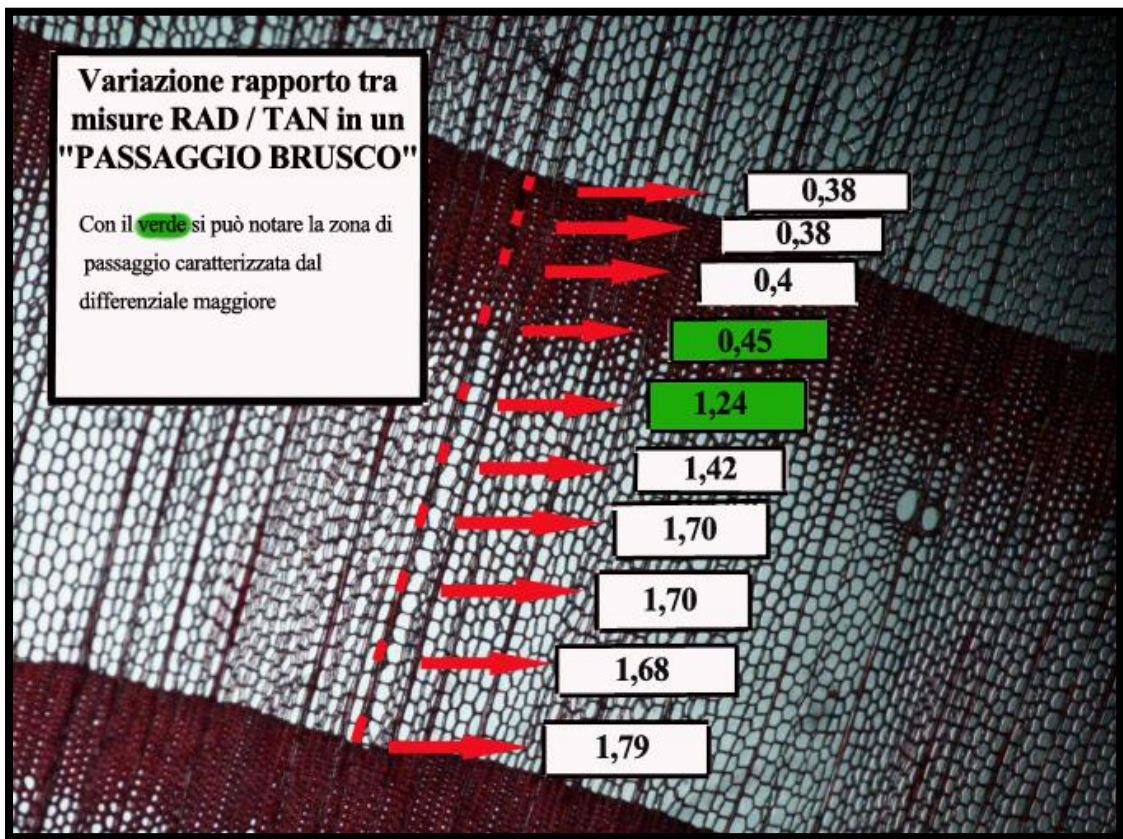


Fig.20. Variazione del rapporto in caso di passaggio brusco.

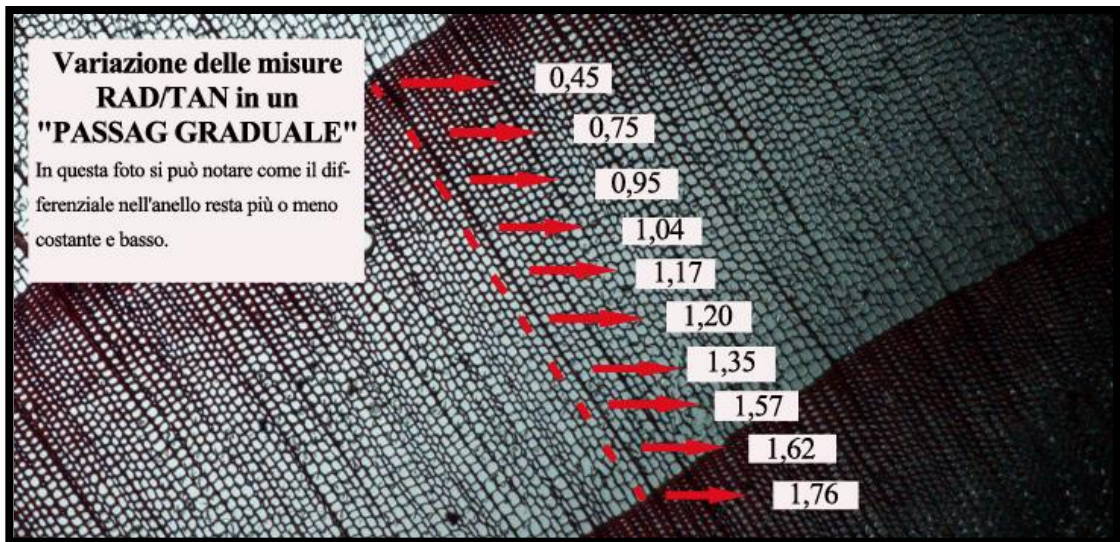


Fig.21 Variazione del rapporto nel caso di passaggio Graduale.

Una volta individuata la “regola” da usare è stato calcolato il rapporto D_{Rad}/D_{Tan} lungo un raggio di un singolo anello per tutti i 60 campioni e analizzato il comportamento del rapporto nei vari casi, tra specie diverse, tra provenienze diverse e nella stessa specie, tra legno giovanile e maturo.

3.5.2 Punteggiature monoseriate o biseriate

Per verificare la presenza di punteggiature biseriate sulle tracheidi assiali sono state osservate le sezioni radiali all’ingrandimento 100x. In un primo momento il conteggio delle punteggiature è stato eseguito sull’area determinata da un’immagine scelta a caso scattata a 100 ingrandimenti, cercando su quest’area 50 punteggiature. Tuttavia si è visto che spesso non ne erano presenti 50, e che l’immagine poteva non essere rappresentativa dell’effettiva loro distribuzione. Quindi si è optato per un conteggio di 50 punteggiature che interessassero tutta la sezione disponibile in maniera casuale, effettuando il conteggio direttamente al microscopio e non su foto.

Una volta contate le punteggiature e attribuita la percentuale di presenza di punteggiature biseriate le analisi hanno riguardato il confronto tra specie diverse, tra provenienze diverse e nella stessa specie, tra legno giovanile e maturo.

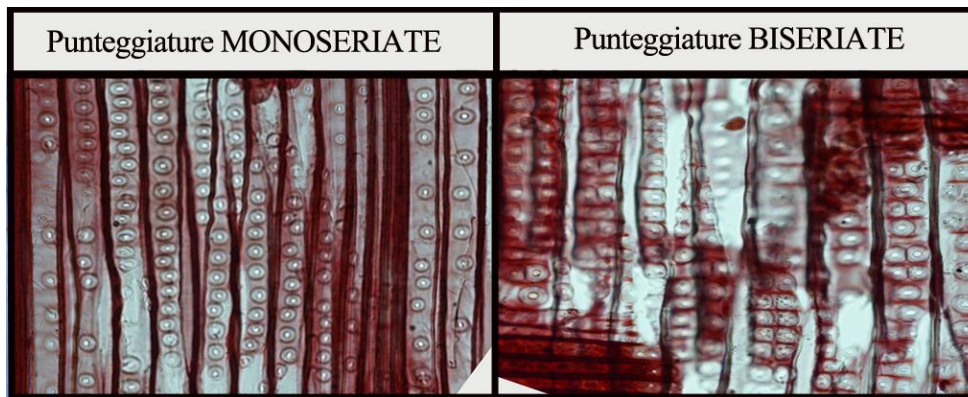


Fig.22. Confronto delle punteggiature di tracheidi assiali.

3.5.3 Morfologia punteggiature di tracheidi radiali

L'analisi della morfologia delle punteggiature areolate delle tracheidi radiali è stata condotta scegliendo a caso 50 punteggiature per campione sulle sezioni radiali a 500 ingrandimenti direttamente al microscopio, per l'impossibilità di mettere a fuoco contemporaneamente tutte le punteggiature presenti. Le punteggiature sono state classificate secondo Bartholin (1979). La scelta di questo metodo è stato ritenuto il più adatto per analizzare il legno di queste 2 specie europee, in quanto non sono state osservate punteggiature intermedie secondo Anagnost (1994) e anche per poter confrontare i risultati delle ricerche.

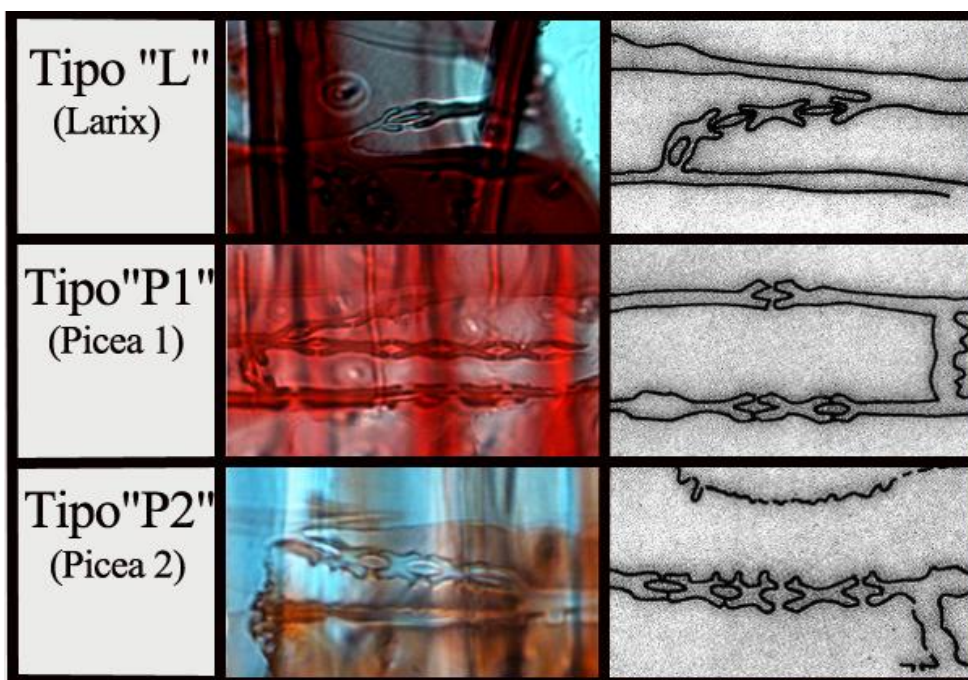


Fig.23 Tipologie di punteggiature delle tracheidi radiali secondo Bartholin

3.6 Elaborazione statistica

L'elaborazione statistica è stata condotta comparando i caratteri precedentemente descritti:

- rapporto del passaggio tra legno primaticcio e tardivo,
- percentuale di presenza di punteggiature bi-seriate,
- morfologia delle punteggiature sulle tracheidi radiali.

con le variabili esplicative (specie, provenienza e età cambiale)

Per l'analisi del passaggio tra legno primaticcio e tardivo è stato utilizzato il test T di Students (adatto all'analisi di variabili continue). Per gli altri due caratteri è stato necessario l'utilizzo del test del chi quadro (utile all'analisi di variabili discontinue). Per l'esecuzione di quest'ultimo test sono state predisposte delle tabelle di frequenza e su queste è stato calcolato il "P-value" attraverso l'impiego del programma R (R Project 2012) al fine di verificare la presenza di una relazione statisticamente significativa tra le variabili in oggetto. La comparazione grafica è stata eseguita utilizzando Excel mediante dei diagrammi a dispersione, mentre la visualizzazione grafica della variazione delle variabili categoriche è stata eseguita utilizzando dei diagrammi a barre.

CAPITOLO 4

RISULTATI E DISCUSSIONI

4.1 – Osservazioni anatomiche

Nelle tabelle 24 e 25 sono riportati tutti i risultati delle osservazioni anatomiche, divisi tra larice e abete rosso. Per ogni campione vengono descritti i tre caratteri analizzati:

- passaggio tra legno primaticcio e tardivo, indicato dal rapporto tra parete radiale e tangenziale,
- presenza e percentuale di punteggiature biseriate sulle tracheidi assiali;
- morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali secondo Bartholin e proporzione delle diverse tipologie.

<u>ID</u>	<u>Passaggio tra legno primaticcio e tardivo</u>		<u>Punteggiature tracheidi assiali</u>	<u>Punteggiature tracheidi radiali</u>		
	Larice	IPPT	Giudizio	% Presenza Biseriate	L	P1
as LD 01 (Giov)	-0,9	Brusco	20	32	18	0
as LD 01 (Mat)	-0,77	Brusco	18	31	19	0
as LD 02 (Giov)	-0,45	Intermedio	18	43	7	0
as LD 02 (Mat)	-0,58	Brusco	16	39	11	0
as LD 03 (Giov)	-0,85	Brusco	18	35	15	0
as LD 03 (Mat)	-0,25	Graduale	10	40	10	0
as LD 04 (Giov)	-0,9	Brusco	6	43	7	0
as LD 04 (Mat)	-0,55	Brusco	18	38	12	0
as LD 05 (Mat)	-0,8	Brusco	6	35	11	0
as LD 05 (Giov)	-0,9	Brusco	10	41	9	0
bl LD 01 (Giov)	-0,56	Brusco	6	43	7	0
bl LD 01 (Mat)	-0,7	Brusco	10	38	12	0
bl LD 02 (Mat)	-0,6	Brusco	50	47	3	0
bl LD 02 (Giov)	-0,28	Graduale	10	36	14	0
bl LD 03 (Giov)	-0,9	Brusco	10	31	19	0
bl LD 03 (Mat)	-0,66	Brusco	40	33	17	0
bl LD 04 (Giov)	-0,55	Brusco	24	50	0	0
bl LD 04 (Mat)	-0,6	Brusco	0	41	9	0
bl LD 05 (Giov)	-0,8	Brusco	6	43	7	0
bl LD 05 (Mat)	-0,7	Brusco	22	38	7	5
fr LD 01 (Mat)	-0,9	Brusco	70	41	9	0
fr LD 01 (Giov)	-0,95	Brusco	88	35	12	3
fr LD 02 (Giov)	-0,8	Brusco	46	48	2	0
fr LD 02 (Mat)	-0,8	Brusco	44	43	7	0
fr LD 03 (Mat)	-0,75	Brusco	50	36	14	0
fr LD 03 (Giov)	-0,9	Brusco	52	44	6	0
fr LD 04 (Giov)	-0,8	Brusco	72	39	11	0
fr LD 04 (Mat)	-0,85	Brusco	92	43	7	0
fr LD 05 (Giov)	-0,8	Brusco	90	46	4	0
fr LD 05 (Mat)	-0,9	Brusco	60	44	6	0
<u>Totale</u>				1184	292	8
<u>%</u>				80,04	9,7	0,26

Fig.24 Tabella dei caratteri osservati set di dati LARICE

ID	<u>Passaggio tra legno primaticcio e tardivo</u>		<u>Punteggiature tracheidi assiali</u>	<u>Punteggiature tracheidi radiali</u>			
	Abete rosso	IPPT	Giudizio	% Presenza Biseriate	L1	P1	P2
fr PA 01 (Giov)	-0,12	Graduale	2	2	10	38	
fr PA 01 (Mat)	-0,6	Brusco	4	2	27	21	
fr PA 02 (Giov)	-0,65	Brusco	4	4	41	5	
fr PA 02 (Mat)	-0,5	Graduale	0	2	33	15	
fr PA 03 (Giov)	-0,22	Graduale	0	0	23	27	
fr PA 03 (Mat)	-0,33	Graduale	0	3	11	36	
fr PA 04 (Giov)	-0,19	Graduale	0	4	42	4	
fr PA 04 (Mat)	-0,13	Graduale	2	5	38	7	
fr PA 05 (Giov)	-0,7	Brusco	0	8	19	23	
fr PA 05 (Mat)	-0,12	Graduale	2	6	34	10	
as PA 01 (Giov)	-0,12	Graduale	0	5	34	11	
as PA 01 (Mat)	-0,18	Graduale	4	2	26	22	
as PA 02 (Giov)	-0,18	Graduale	0	2	19	29	
as PA 02 (Mat)	-0,28	Graduale	2	1	31	18	
as PA 03 (Giov)	-0,27	Graduale	0	2	47	11	
as PA 03 (Mat)	-0,23	Graduale	0	1	40	9	
as PA 04 (Giov)	-0,22	Graduale	0	0	43	7	
as PA 04 (Mat)	-0,14	Graduale	0	6	31	13	
as PA 05 (Giov)	-0,12	Graduale	0	5	41	4	
as PA 05 (Mat)	-0,18	Graduale	0	3	28	19	
bl PA 01 (Giov)	-0,6	Brusco	0	9	32	9	
bl PA 01 (Mat)	-0,35	Intermedio	2	2	10	38	
bl PA 02 (Giov)	-0,4	Intermedio	0	3	20	27	
bl PA 02 (Mat)	-0,15	Graduale	0	2	25	23	
bl PA 03 (Giov)	-0,4	Intermedio	0	7	22	21	
bl PA 03 (Mat)	-0,4	Intermedio	0	3	34	13	
bl PA 04 (Giov)	-0,18	Graduale	4	2	37	11	
bl PA 04 (Mat)	-0,35	Intermedio	0	3	34	13	
bl PA 05 (Giov)	-0,4	Intermedio	42	1	23	26	
bl PA 05 (Mat)	-0,4	Intermedio	0	0	24	26	
				<u>Totale</u>	95	897	536
				%	6,28	59,6	34,22

Fig.25 Tabella dei risultati set di dati ABETE ROSSO

4.2 Passaggio tra legno primaticcio e tardivo

I dati raccolti sui 15 individui di Larice e 15 di Abete rosso sono stati organizzati in grafici e rielaborati statisticamente. Per la realizzazione di questi grafici i campioni analizzati sono stati suddivisi per specie, provenienza e età cambiale.

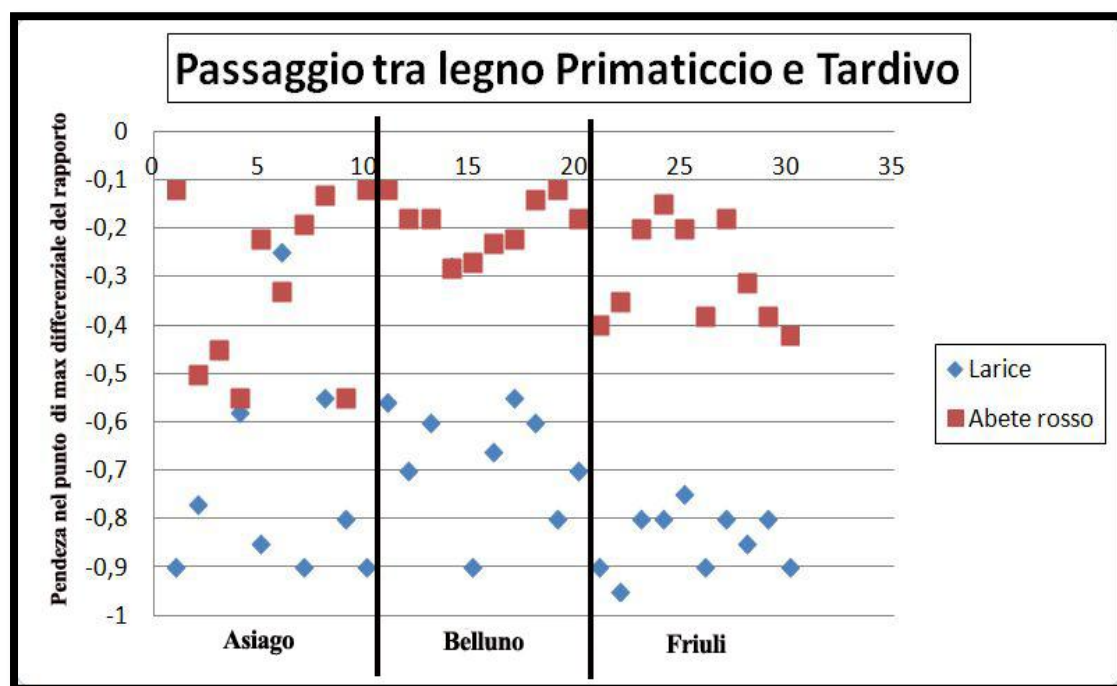


Fig.26. Pendenza nel punto di massimo differenziale per Abete rosso e Larice nelle tre provenienze.

Specie	Media IPTT	Dev. Stand.	n° osservazioni	T (test)
Abete rosso	-0,25	0,13	30	$P < 0,01$
Larice	-0,73	0,17	30	

Fig.27. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test della T di students tra le specie.

Correlando la pendenza nel punto di massimo differenziale del rapporto D_{Rad}/D_{Tan} (IPPT) con la specie legnosa si può notare come ci sia una netta divisione tra le due specie. Il Larice infatti manifesta per più del 95% delle osservazioni valori di pendenza inferiori a -0.5, il che significa un brusco passaggio tra primaticcio e tardivo. Per quanto riguarda l'Abete rosso invece per più del 75% delle osservazioni il valore del rapporto è inferiore a -0.4, il che sta a indicare il passaggio tra legno

primaticcio e tardivo come graduale. Dai dati ottenuti si può quindi affermare che il passaggio tra legno primaticcio e tardivo è un buon carattere diagnostico di discriminazione tra le due specie. La difficoltà di valutare visivamente il passaggio tra legno primaticcio e tardivo è stata superata utilizzando questo dato numerico, che è apparso di ottima utilità, applicabilità e ripetibilità.

Il rapporto D_{Rad}/D_{Tan} è stato analizzato anche dal punto di vista delle provenienze, per verificare l'influenza della provenienza geografica sul carattere in esame.

D_{Rad}/D_{Tan}	Larice	Abete rosso
Asiago / Belluno	$P > 0,05$	<u>$P < 0,05$</u>
Asiago / Friuli	<u>$P < 0,05$</u>	$P > 0,05$
Belluno / Friuli	<u>$P < 0,01$</u>	$P > 0,05$

Fig.28. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test della T di students tra le provenienze.

Analizzando in modo separato le tre provenienze si può notare come nei campioni Asiago e Friuli la netta divisione si mantenga e come, nel Set di dati Belluno, la differenza tra il rapporto delle due specie sia più blando anche se definito. Il set di campioni "Asiago" manifesta nell'Abete rosso dei valori compresi sempre tra -0.1 e -0.3, il che significa l'estrema gradualità con cui si manifesta il passaggio tra legno primaticcio e tardivo, questo manifesta la buona capacità diagnostica di questo carattere per l'abete rosso provenienza Asiago; per quanto riguarda il Larice l'andamento è un po' altalenante e concentrato su valori bassi, per questo non è da considerare un buon carattere diagnostico. Il set di campioni "Belluno" manifesta una discreta differenziazione tra le due specie anche se non particolarmente significativo. Il set di campioni "Friuli" mostra nel Larice la presenza di valori concentrati esclusivamente tra -0.8 e -0.95; si può affermare quindi che il Larice di provenienza Friuli sia caratterizzato da un passaggio marcatamente brusco. L'Abete rosso invece presenta valori altalenanti tra i quali si evidenziano anche passaggi definiti bruschi; non è quindi da considerare un buon carattere diagnostico.

Età cambiale	Specie	T (test)
<u>Abete rosso</u>	<i>Giovanile</i>	P > 0,05
	Maturo	
<u>Larice</u>	<i>Giovanile</i>	P > 0,05
	Maturo	

Fig.29. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test del chi quadro.

Esaminando invece l'influenza dell'età cambiale sul passaggio tra legno primaticcio e tardivo non sono state evidenziate delle differenze significative né per il larice né per l'abete rosso.

4.3 Risultati per punteggiature biseriate su tracheidi assiali

Questo tipo di analisi ha considerato vari aspetti, la presenza di punteggiature biseriate rispetto alla specie, la provenienza e tra legno giovanile e maturo. Di seguito sono stati presentati i grafici più significativi.

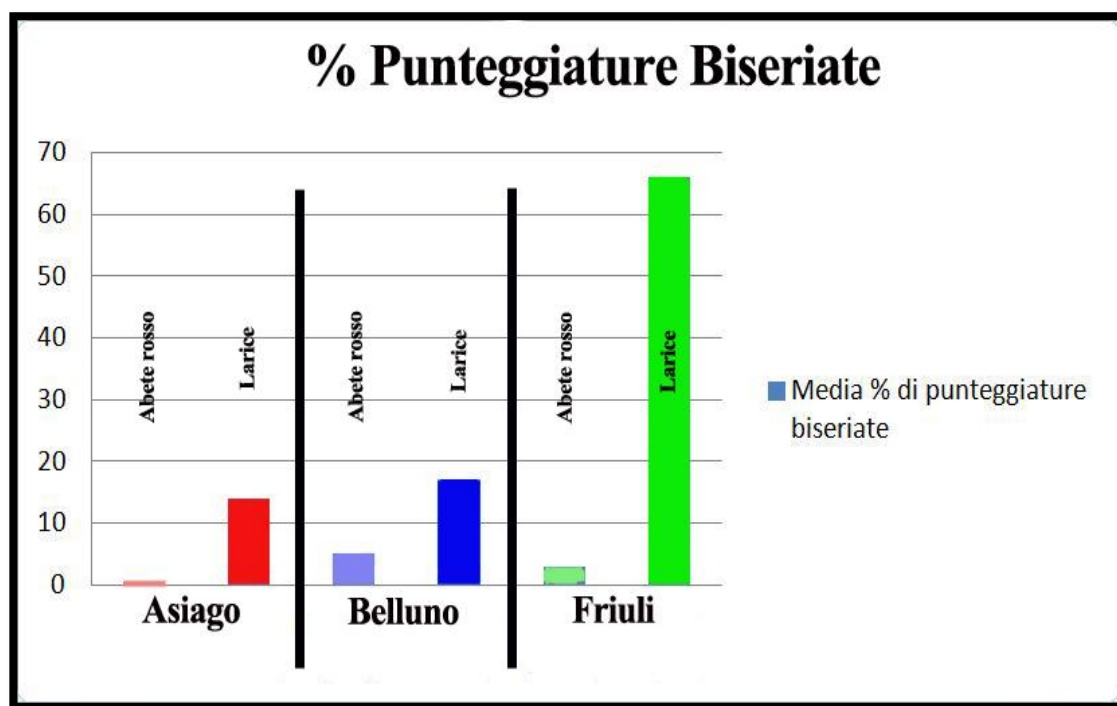


Fig.30. Presenza % di punteggiature bi-seriate divise per specie e provenienza.

In questo grafico sono rappresentate le percentuali medie di presenza delle punteggiature doppie delle tracheidi assiali. I dati sono divisi per provenienza e per specie per poter analizzare al meglio questo set di dati. La prima osservazione riguarda la differenza che si può notare tra le specie; infatti nelle le colonne dell'Abete rosso la percentuale non supera mai il 5%, denotando una scarsa presenza. Nelle colonne Larice invece la percentuale è sempre sopra il 15% con punte anche di 65% nel set "Larice Friuli". Con questa analisi si può affermare come in generale la presenza al di sopra di una certa soglia di punteggiature bi-seriate possa diventare un buon carattere diagnostico, che associato all'analisi di altri elementi può dare buoni elementi per la discriminazione tra le due specie.

Statisticamente i dati sono stati elaborati con il test del chi quadro, analizzando per tutte le osservazioni presenze ed assenze. I risultati sono messi in evidenza nella tabella.

	Larice	Abete rosso
Specie	<u>P < 0,01</u>	<u>P < 0,01</u>
Provenienza	<u>P < 0,01</u>	<u>P < 0,01</u>
Maturo/Giovanile	P > 0,05	P > 0,05

Fig.31. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test del chi quadro per le punteggiature biseriate.

Analizzando in maniera separata le tre provenienze, si può notare la somiglianza tra i set di dati “Asiago” e “Belluno” e la grande differenza con il set di dati “Friuli”. Il carattere è perciò diagnostico in modo diverso in base alla provenienza.

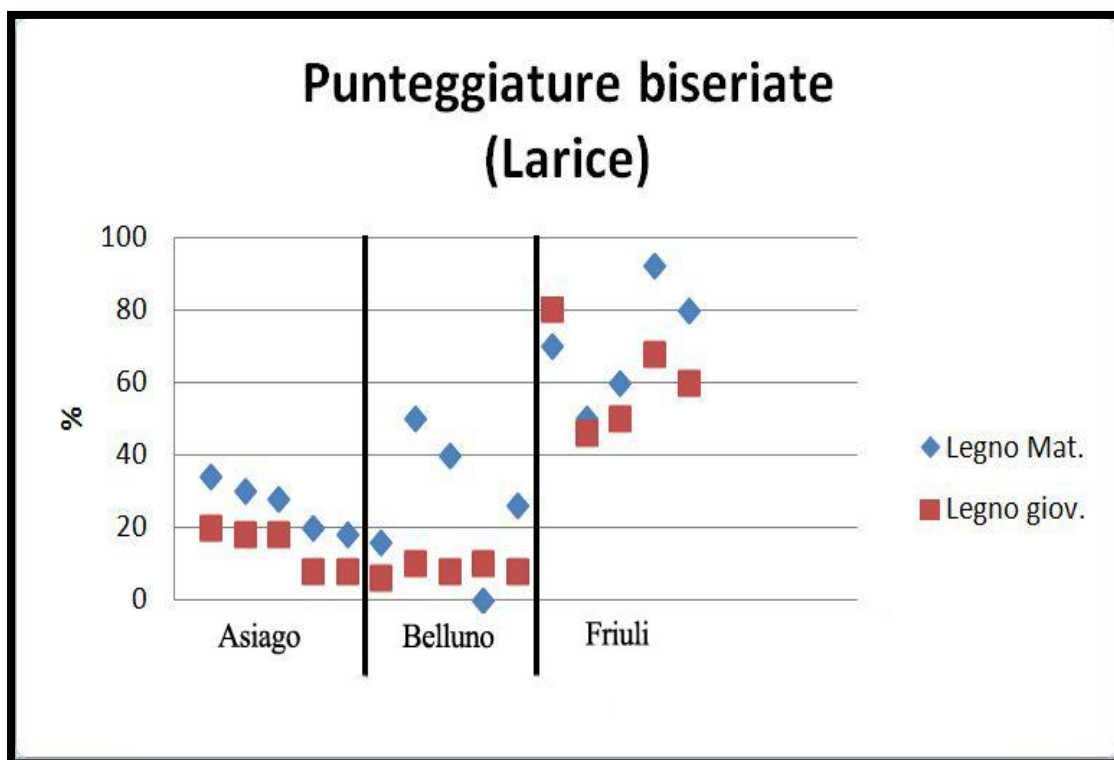


Fig.32. Presenza di punteggiature biseriate in percentuale nel set di dati Larice divisi tra Legno maturo e giovanile.

In questo grafico è stata presa in considerazione la presenza di punteggiature biseriate confrontando legno giovanile e maturo tra i dati solo di Larice. Si può notare come nel 86% delle osservazioni il legno maturo abbia sempre un maggior numero di punteggiature doppie (nello stesso campione). Si può affermare che generalmente nel legno maturo sono maggiormente presenti punteggiature bi-seriate, dall'analisi statistica il "P-value" è risultato uguale a 0,06 perciò la differenza è da considerarsi non significativa. La stessa analisi è stata effettuata sull'Abete rosso, ma non è stata considerata significativa per la scarsa presenza generale di punteggiature biseriate.

4.4 Morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali

È stata esaminata la morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali rispetto alla specie, la provenienza e l'età cambiale. Di seguito sono stati presentati i grafici più rappresentativi.

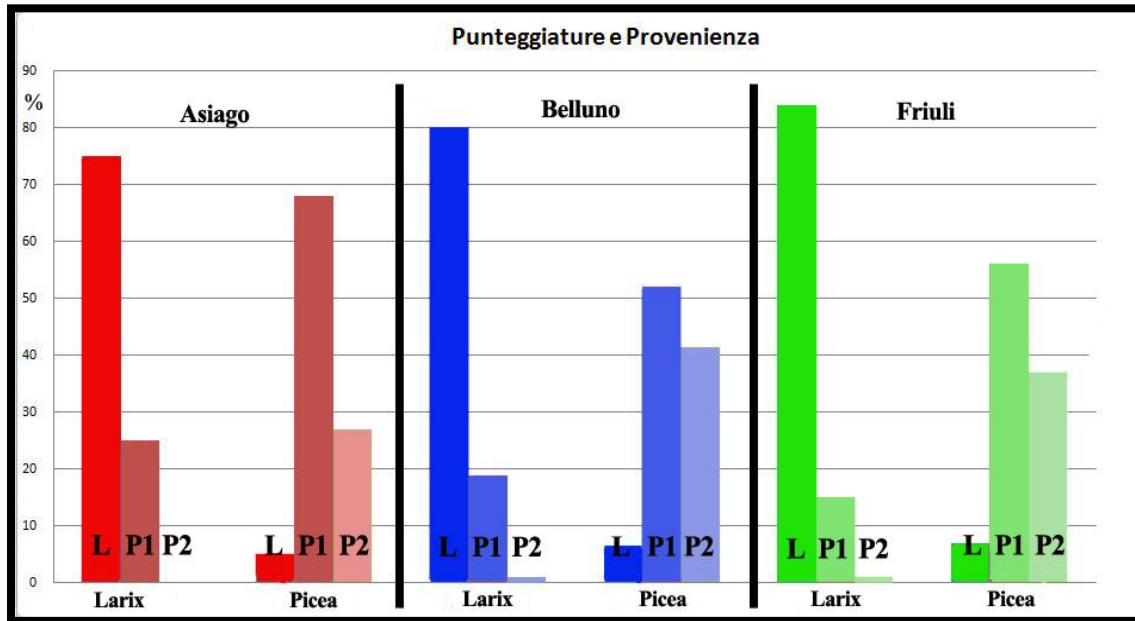


Fig.33. Grafico riepilogativo della morfologia delle punteggiature delle tracheidi assiali radiali, diviso per provenienza e specie

Questo grafico riassume l'analisi effettuata sulla morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali mettendo in evidenza la quantità e il tipo delle stesse in relazione a specie e provenienza. Come si può notare la distribuzione delle tipologie di punteggiature risulta simile in tutte e tre le provenienze, si può quindi affermare che, in questo caso, la provenienza non influisce sulla morfologia delle punteggiature.

Un altro aspetto preso in considerazione è il confronto tra le specie, messo in evidenza dai successivi grafici.

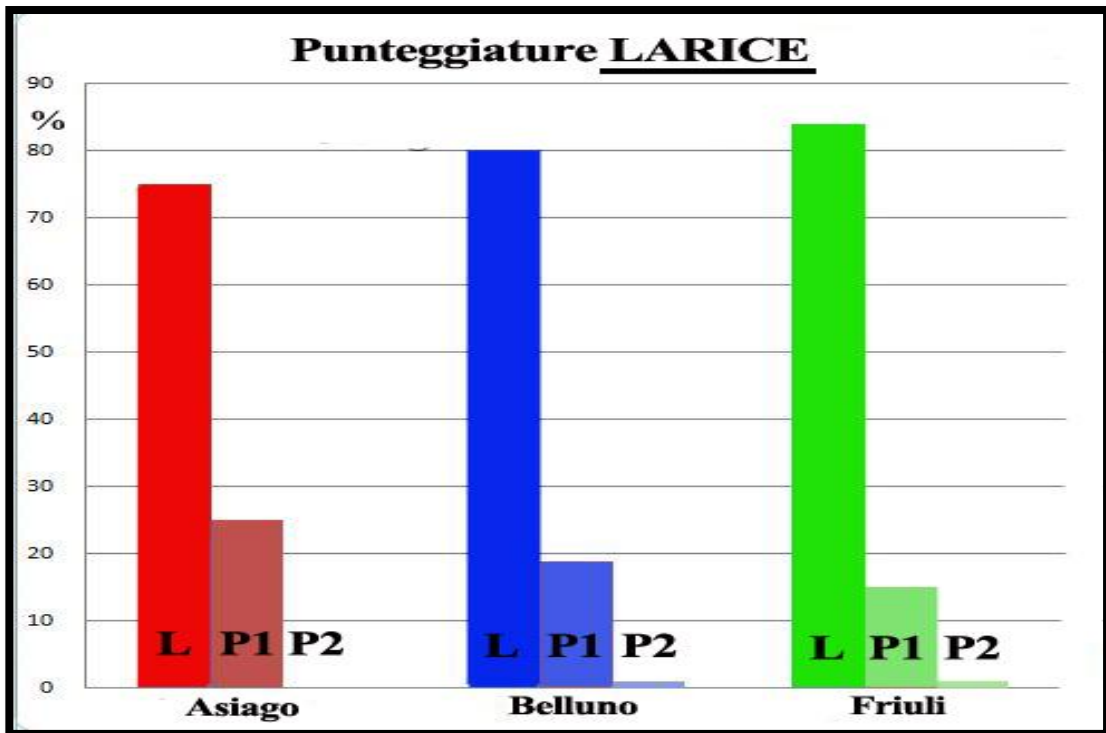


Figura 3. Confronto della morfologia delle punteggiature di tracheidi assiali del set di dati Larice con le provenienze.

In questo grafico è rappresentata la percentuale del tipo di punteggiature presenti nei campioni di Larice. Si mette in evidenza come oltre alla simile distribuzione, il tipo di punteggiatura “L” sia in presente in grande frequenza (70-80%) rispetto al tipo “P1” (15-25%) e al tipo P2 che generalmente è assente. Ciò significa che avendo a disposizione un certo numero di osservazioni per campione (più di 30), la proporzione della morfologia delle punteggiature permette la discriminazione della specie.

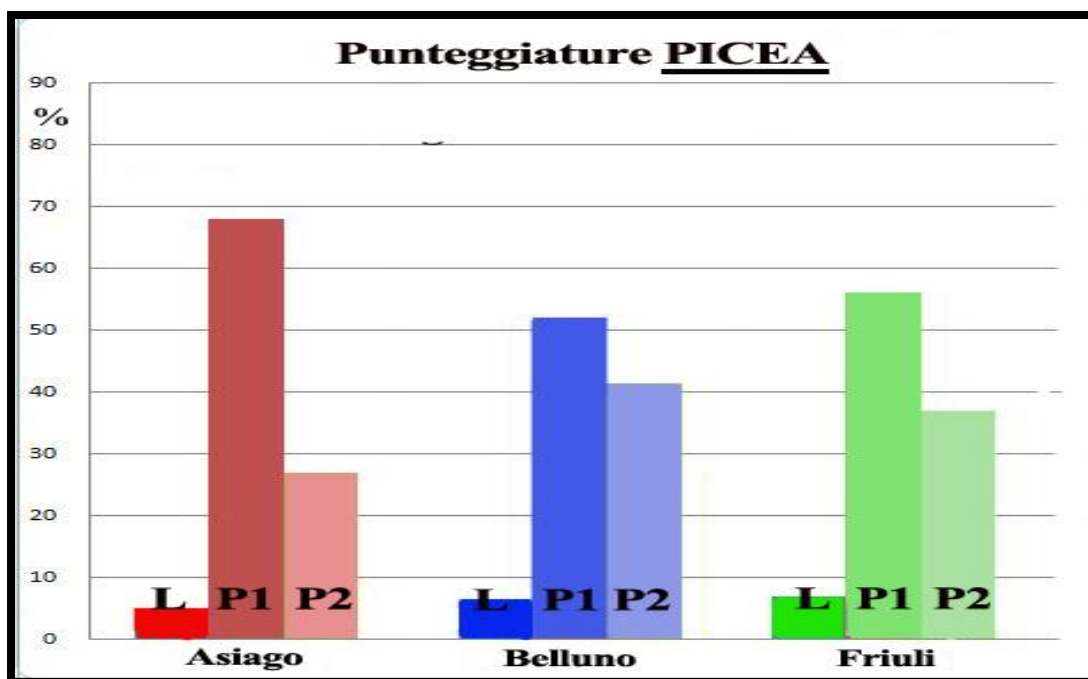


Figura 3. Confronto della morfologia delle punteggiature di tracheidi assiali del set di dati Picea con le provenienze.

In questo grafico è rappresentata la proporzione media delle morfologie delle punteggiature di tracheidi radiali dei campioni di Abete rosso. Si nota come le proporzioni tra le morfologie siano molto simili tra le provenienze. Altra osservazione riguarda la scarsa presenza del “Tipo L” (sempre inferiore al 10%) e la predominanza della morfologia “P1” e “P2”.

È stato effettuato il test del chi quadro, nella tabella sottostante sono riportati i risultati.

	Larice	Abete rosso
Specie	<u>P < 0,01</u>	<u>P < 0,01</u>
Maturo/Giovanile	P > 0,05	P > 0,05

Figura 3. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test del chi quadro tra specie e età cambiale.

	Larice	Abete
Tipo "L" / Provenienze	<u>P < 0,01</u>	P > 0,05
Tipo "P1" / Provenienze	P > 0,05	<u>P < 0,01</u>
Tipo "P2" / Provenienze	P > 0,05	<u>P < 0,01</u>

Figura 3. Tabella riassuntiva dei test statistici effettuati con il test del chi quadro tra provenienze e punteggiature.

In conclusione questo carattere, se supportato da un buon numero di osservazioni, ha una buona capacità diagnostica, ed è scarsamente influenzato dalla provenienza e dalla posizione all'interno del tronco.

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

È a questo punto possibile formulare una risposta ai quesiti esposti negli obiettivi dello studio (cap 3): È possibile discriminare anatomicamente il legno di *Larix decidua* Mill da quello di *Picea abies* Karst dall'analisi di determinati caratteri? E quali differenze possono esistere tra provenienze diverse della stessa specie? I caratteri sono omogenei nel fusto?

Dai dati raccolti si è visto come il passaggio tra legno primaticcio e tardivo possa essere considerato un buon carattere di discriminazione tra le due specie, anche se è influenzato dalla stazione di provenienza. Possiamo spiegare questa differenza forse con le differenti condizioni stazionali dei siti di campionamento prescelti; tuttavia non è da escludere una differenza a livello genetico delle piante.

La percentuale di punteggiature bi-seriate delle tracheidi assiali permette con buona sicurezza l'identificazione del larice quando sia al di sopra del 15-20%, anche se non è un carattere sufficiente, e va integrato con gli altri. Inoltre questo dato è attendibile se nel materiale in esame sono visibili almeno dalle 30 alle 50 punteggiature. Se la percentuale è al di sotto di questi valori potrebbe essere Abete rosso. La variabilità di questo carattere tuttavia è piuttosto elevata, in base alla stazione di provenienza. Il legno giovanile invece, pur mostrando per lo più una leggera diminuzione della percentuale delle punteggiature biseriate rispetto al legno maturo dello stesso albero, non è significativamente diverso per questo carattere, e quindi la posizione di prelievo del campione per l'identificazione non è influente.

La morfologia delle punteggiature delle tracheidi radiali non mostra differenze tra diverse provenienze né tra diverse posizioni del legno all'interno del fusto. Sono molto evidenti le differenze tra le due specie, infatti nel Larice c'è una netta presenza del "Tipo L" (80%) a discapito del "Tipo P1" e "P2", nell'Abete la situazione vede un'elevata presenza di morfologia "Tipo P1" e "P2" (90%) e una bassa presenza di "Tipo L" (inferiore al 10%). Ai fini diagnostici pertanto questo carattere, se verificato su almeno 30-50 punteggiature, può essere considerato attendibile, e utilizzabile anche se mancano gli altri due, nel caso in cui non si abbiano a disposizione la sezione trasversale o una sezione radiale sufficientemente ampia da contenere abbastanza

punteggiature delle tracheidi assiali. Tuttavia è di difficile utilizzo in quanto l'interpretazione e l'attribuzione all'una o all'altra categoria di molte punteggiature risulta soggettiva, dipendendo dall'abilità dell'osservatore.

L'identificazione anatomica del legno di *Larix decidua* Mill e *Picea abies* Karst., pur difficoltosa, risulta quindi possibile esaminando tutti e tre questi caratteri; nel caso in cui, per le condizioni del legno o per le dimensioni del campione a disposizione non sia possibile esaminarli tutti e tre, il carattere più attendibile da ricercare a questo scopo è la tipologia della punteggiatura delle tracheidi radiali, non influenzato dalla provenienza geografica né dalla posizione di prelievo all'interno del tronco del campione.

BIBLIOGRAFIA

1. Abe H, Funada R, Ohtani J, Fukazawa K (1997). Changes in the arrangement of cellulose microfibrils associated with the cessation of cell expansion in tracheids. *Trees* 11:328-332.
2. Aloini G, Miranda E (2007). Il legno. Tesina del corso di Tecnologia di chimica applicata, Corso di Laurea in Ingegneria meccanica. Relatore Siracusa G. AA 2006-2007 Università degli Studi di Catania. 1-40pp.
3. Anagnost S.E., Meyer R.W. de Zeeuw, C. (1994). Confirmation and significance of Bartholin's method for the identification of the wood of *Picea* and *Larix*. *IAWA Journal*, Vol 15 (2), 1994:171-184
4. Antonova G F, Stasova V V (1997). Effects of environmental factors on wood formation in larch (*Larix sibirica* Ldb.) stems. *Trees* 11(8):464-468
5. Bartholin T. (1979) The *Picea-Larix* problem, *IAWA Bulletin* 1;7-10.
6. Berti, S. Nocetti, M, Sozzi, L. (2010). Midollo e legno giovanile. *Sherwood* 5:25-29.
7. Bosshard, H.(1966). Notes on the biology of heartwood formation — *News Bulletin* 1966/1: 11.

8. Bousshard H., Hug E.(1980). The anastomoses of the resin canals in *Picea abies*, *Larix decidua* and *Pinus sylvestris*, Holz als Roh- und Werkstoff 38 325-328.

9. Butterfield B., Meyland B., (1979). Observation of Trabeculae in New Zealand Harwoods, Wood Science and Technology 13: 59-65.

10. Carrer M, Urbinati C (2004). Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. Ecology 85(3):730-740

11. Carrer M, Urbinati C (2006). Long-term change in the sensitivity of tree-ring growth to climate forcing in *Larix decidua*. New Phytologist 170:861-872

12. Crivellaro A. (2008). Studio della relazione tra fattori ecologici e caratteri anatomici dello xilema di specie legnose dell'isola di Cipro. Tesi di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali. Relatore T .Urso. AA 2008-2009 Università degli Studi di Padova.

13. Denne M P, Wilson J E (1977). Some quantitative effects of indoleacetic acid on the wood production and tracheid dimensions of *Picea*. Planta 134(3): 223-228

14. Deslauriers A, Morin H, Begin Y (2003). Cellular phenology of annual ring formation of *Abies balsamea* in the Quebec boreal forest (Canada). Can. J. For. Res. 33:190- 200

15. Deslauriers A, Morin H, Urbinati C, Carrer M (2003). Daily weather response of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) stem radius increment from dendrometer analysis in the boreal forests of Quebec (Canada). Trees 17:477-484

16. Fioravanti M.(1989). Identificazione anatomica del legno di *larice* ed abete rosso: un problema che si rinnova. In: Il restauro del legno. Volume primo. A cura di Gennaro Tampone. Nardini Editore, Firenze. 85-90.
17. Forster T, Schweingruber F H, Denneler B (2000). Increment Puncher A tool for extracting small cores of wood and bark from living trees. IAWA Journal 21(2):169- 180
18. Fowler J, Cohen L (1993). Statistica per ornitologi e naturalisti. Franco Muzzio Editore, Padova.
19. Gindl W (2001). Cell-wall lignin content related to tracheid dimensions in droughtsensitive austrian pine (*Pinus nigra*). IAWA Journal 22(2):113-120
20. Giordano G. (1971). Tecnologia del legno. La materia prima. UTET, Torino.
21. Giordano, G. (1988). Tecnologia del legno. I legnami del mondo. UTET, Torino.
22. Grace J, Norton D A (1990). Climate and Growth of *Pinus sylvestris* and its upper altitudinal limit in Scotland: Evidence from tree growth-rings. The Journal of Ecology 78(3):601-610
23. Greguss P. (1955). Identification of living Gymnosperme on the basis of xylotomy. Budapest, Akademia Kiodo.
24. Heinrichs D K (2005). Intra-annual xylem development in seven boreal tree species from eastern Canada. A thesis submitted in partial fulfillment of the Honours Thesis Course. 2005 University of Winnipeg. 49pp

25. Hudson H. (1970) The value of the fusiform rays in separating the genera *Larix* and *Picea*.
26. IAWA (1964) Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. IAWA Journal, Vol 40, Fasc. 1.
27. Jacquot C. (1955). Atlas d'anatomie des bois des conifères, Parigi, Centre technique du Bois.
28. Longo C (1997). Biologia vegetale forma e funzioni UTET 608pp
29. Nardi Berti, R. (1994). La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento dei legnami italiani di più frequente impiego. CSP XXXV, Istituto per la Ricerca sul Legno - CNR, Firenze.
30. Plomion C, Leprovost G, Stokes A (2001). Wood formation in Trees. Plant Physiology 127:1513-1523
31. Rossi S, Deslauriers A (2003). La formazione dell'anello legnoso nelle piante forestali: dinamismi e metodi di analisi. Monti e boschi 5:25-33
32. Rossi S, Deslauriers A, Morin H (2003). Application of the Gompertz equation for the study of xylem cell development. Dendrochronologia 21(1):1-7
33. Schweingruber F. H. (1978). Microscopic wood anatomy. Swiss Federal Institute of Forestry Research.
34. Schweingruber F. H. (1990). Anatomy of european woods. Haupt, Berlino.
35. Toumosis G. (1985). Identification of European Conifers from sawdust, Xilorama trend in Wood research, Basilea.

36. Tallon B. (1998). Etude anatomique et comparative de charbons de bois de *Larix decidua* and *Picea abies*, Institut mediterraneen d'ecologie et de paleologie.
37. UNI 2853: 1987. Nomenclatura delle specie legnose che vegetano spontanee in Italia (compreso FA 147 dell'ottobre 1984).
38. UNI 3917: 1983. Nomenclatura commerciale dei legnami esotici d'importazione (compreso FA-1 del maggio 1989).
39. UNI 8662: 1988. Parte 2 - Trattamenti del legno. Termini relativi all'impregnazione e alla preservazione.
40. UNI EN 335-1: 1993. Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Definizione delle classi di rischio di attacco biologico. Generalità.
41. UNI EN 335-2: 1993. Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Definizione delle classi di rischio di attacco biologico. Applicazione al legno massiccio.
42. UNI EN 350-2: 1996. Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida alla durabilità naturale e trattabilità di specie legnose scelte di importanza in Europa.
43. UNI EN 460: 1996. Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno. Durabilità naturale del legno massiccio. Guida ai requisiti di durabilità per legno da utilizzare nelle classi di rischio.
44. UNI 11118: 2004. Beni culturali - Manufatti lignei – Criteri per l'identificazione delle specie legnose.
45. UNI 11119: 2004. Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici e ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera.

46. UNI 11138: 2004. Beni culturali - Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici, criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione degli interventi.
47. UNI 11141: 2004. Beni culturali - Manufatti lignei – Linee guida per la datazione dendrocronologia del legno.
48. UNI 111206: 2007. Beni culturali – Legno di interesse archeologico ed archeobotanico, linee guida per il recupero e prima conservazione.
49. West G B, Brown J H, Enquist B J (1999). A general model for the structure allometry of plant vascular systems. *Nature* 400:664-667
50. Wimmer R, Grabner M (2000). A comparison of tree-ring features in *Picea abies* as correlated with climate. *IAWA Journal* 21(4):403-416
51. Wodzicki T J (1971). Mechanism of Xylem Differentiation in *Pinus sylvestris* L. *J. Exp.Bot.* 22(3):670-687