

2. DIAGNOSI STRUMENTALE/b

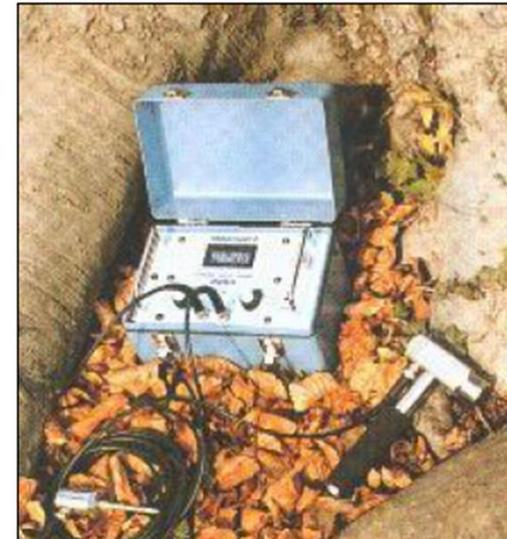
d. *Metodologie soniche* (le onde sonore si espandono + velocemente nel legno sano): martello ad impulso elettronico (velocità di propagazione di un'onda di carico); Arbotom, Metriguard, Sylvatest, oscilloscopio + geofono, mutuate dall'ingegneria strutturale

e. *Metodologie radar geofisiche* (non distruttiva, fusto circondato dall'antenna radar - immagine video)

Martello elettronico

- Misura *velocità propagazione suono all'interno di una sezione*
- Impulso a bassa frequenza provocato da un colpo di martello su una vite
- Per ogni specie arborea esiste una velocità caratteristica del suono

LIMITI: non quantifica il difetto



Velocità di propagazione del suono in un solido

$$v = \sqrt{E/\rho}, \text{ in m s}^{-1}$$

in cui:

ρ = densità del mezzo, in kg m^{-3} , cioè rapporto massa/volume (es. 160 kg m^{-3} in balza)

E = Modulo di elasticità (o m. di Young), in N m^{-2} ,

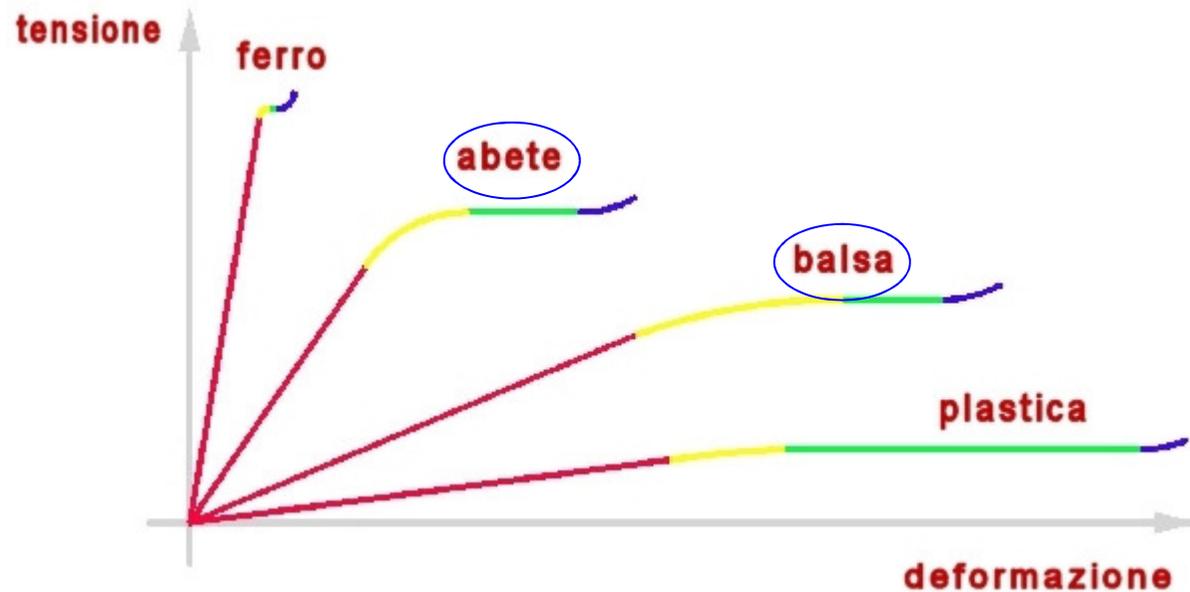
pari a sforzo (in N m^{-2}) x deformazione relativa⁻¹ (m m^{-1})

Una maggiore rigidità corrisponde ad un modulo E più elevato

Quindi, la velocità del suono che attraversa il tessuto legnoso di un albero dipende dalla sua **elasticità** (specie-specifica) e dalla **densità** (dipendente dalla presenza di eventuali carie)

Ciò significa che la velocità di propagazione del suono in un materiale è direttamente proporzionale al modulo elastico E ed inversamente proporzionale alla densità. In definitiva, il suono viene trasmesso meglio da un materiale rigido e molto leggero.

E (modulo elastico, di Young) è una costante che dipende dal materiale:
molto alto per materiali rigidi



Il **modulo elastico "E"** è rappresentato graficamente dalla pendenza del **tratto** lineare **rosso** e viene misurato in Newton su millimetro quadrato (N/mm^2).

Il tratto curvo **giallo** rappresenta il confine fra le deformazioni elastiche (la capacità del materiale di ritornare nella posizione precedente la sollecitazione) e quelle plastiche (permanenti). Il valore della tensione dove passa da rosso a giallo è detto "carico di snervamento"

Il tratto **verde** orizzontale rappresenta lo snervamento progressivo (la tensione resta costante ma aumenta la deformazione)

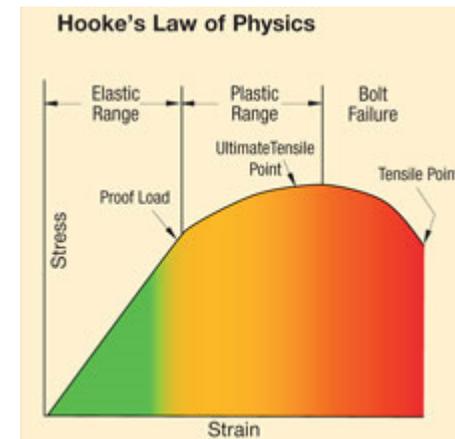
Il tratto **blu** rappresenta lo stato della tensione in prossimità della rottura. Il punto dove termina il tratto blu è detto "carico di rottura"

Il rapporto tra sforzo e deformazione nella zona lineare del grafico è una costante chiamata **modulo di Young, E**

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

Nel diagramma si distinguono quattro settori:

- un primo settore, in cui l'allungamento è proporzionale alla sollecitazione, secondo una legge enunciata intorno al 1634 dall'inglese **Hooke**. Il fattore di proporzionalità, che è caratteristico di ogni materiale, si chiama "modulo di elasticità" o "modulo di Young";
- uno in cui l'allungamento è maggiore di quello previsto dalla legge di Hooke, ma non tanto da deformare in modo permanente il materiale;
- uno in cui la struttura interna del materiale comincia a perdere le proprie caratteristiche o, come si dice, a "snervarsi";
- infine, uno in cui la struttura interna si disgrega, fino a causare la rottura del campione.



La "Legge di Hooke"

Vale per i corpi elastici: ne analizza i comportamenti in seguito a sforzi applicati con una certa intensità, su una determinata superficie.

Calcola che genere di resistenza, il materiale elastico analizzato, offre alla tensione applicata.

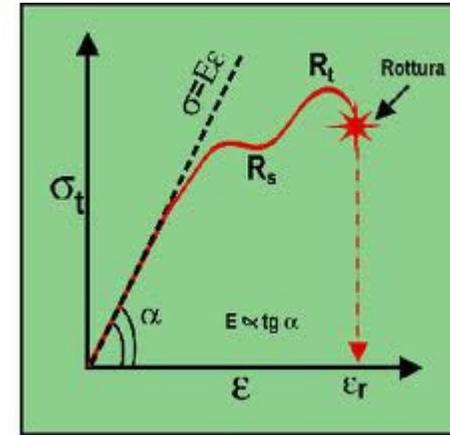
Sull'asse delle ordinate (y) c'è la "sigma", ossia la tensione che il materiale sopporta, sulle ascisse(x), "epsilon" l'allungamento del materiale in esame.

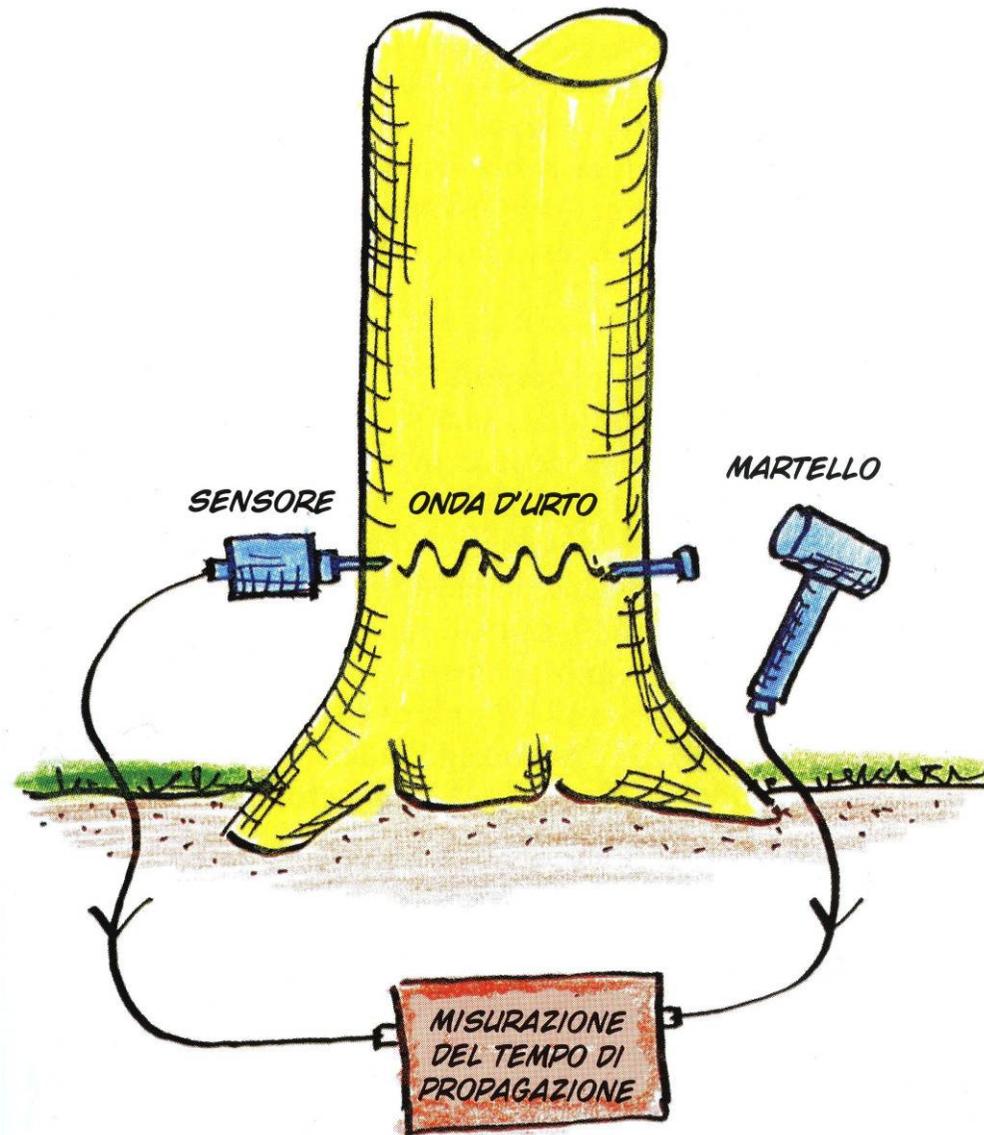
La tensione è data dal "modulo di elasticità" o "modulo di Young" che moltiplica l'allungamento.

$$T = D \times E$$

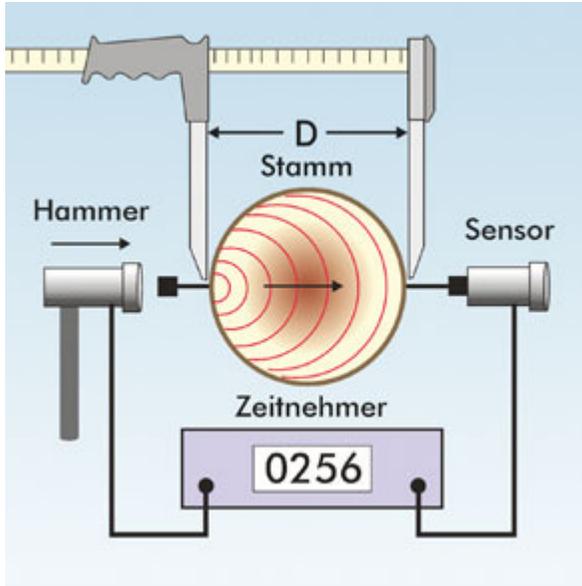
Il modulo di Young è specifico per ogni materiale.

Il punto indicato con ***Rs*** è lo snervamento, il punto indicato con un ***asterisco rosso***, è la rottura.

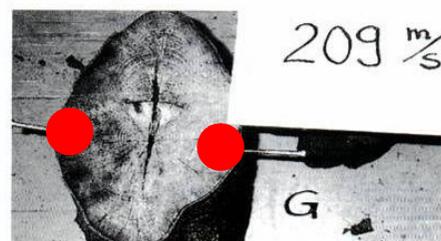
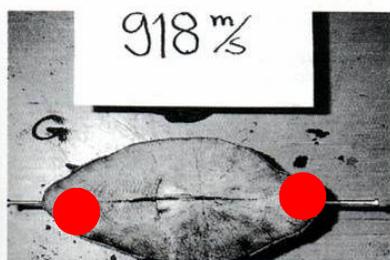
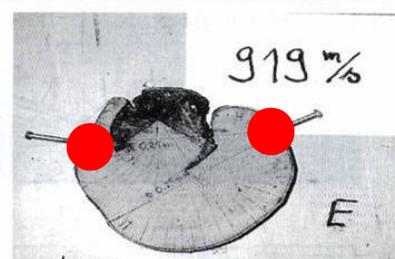
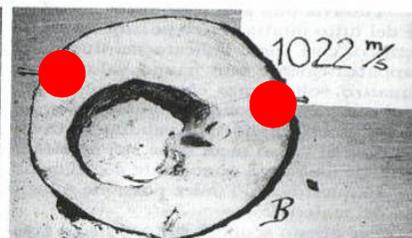
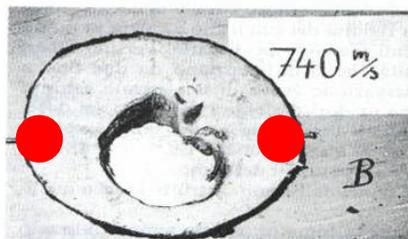
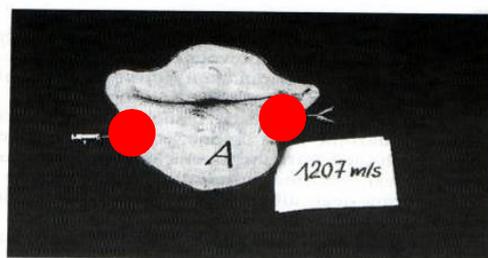
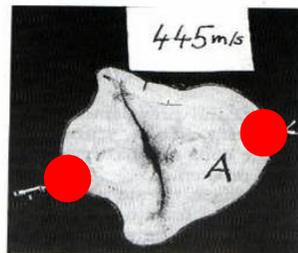




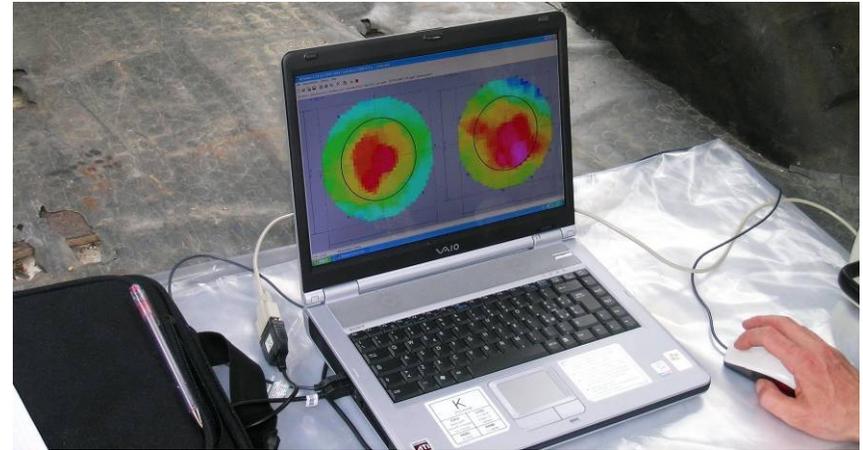
Misurazione della propagazione dell'onda d'urto sul tronco.



Martello ad impulsí:
velocità di propagazione con difetti diversi



Arbotom



Arbotom

L'impianto del cantiere:

- individuare il Nord
- piantare una palina a N (se superficie dura, inserire la punta in un birillo)
- serve anche per verificare l'inclinazione dell'albero (la palina deve essere perfettamente verticale: bolla, filo a piombo)
- è utile anche per stimare le dimensioni nelle immagini fotografiche (la banda bianco/rossa è 20 cm)

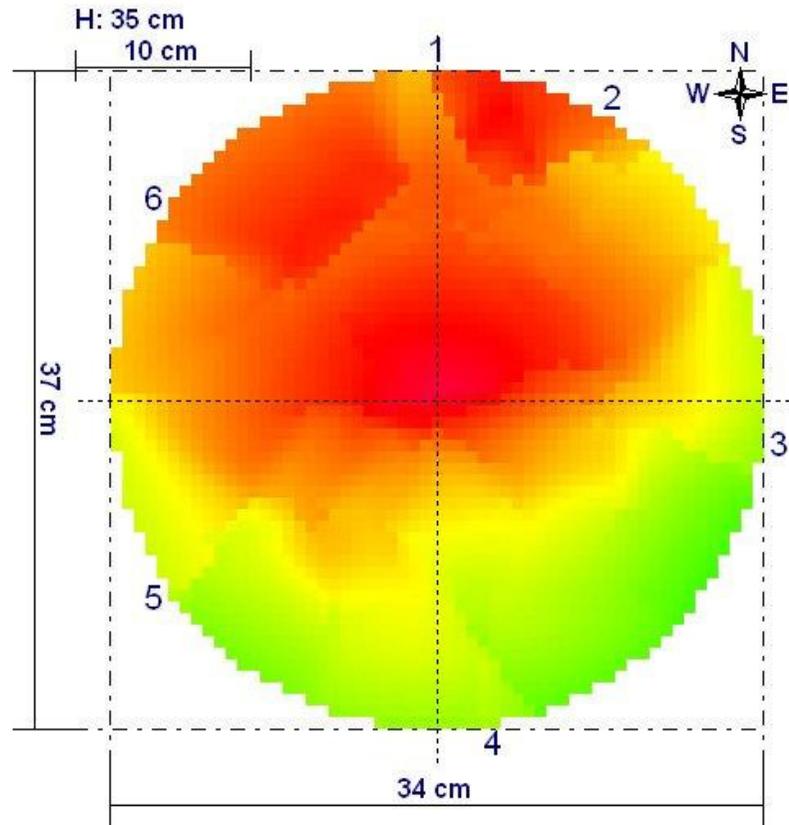


Arbotom

Project: VDM
Location: 

Tree: Cerro
Tree species: Quercus

Date: 03/10/2008
North: 0°

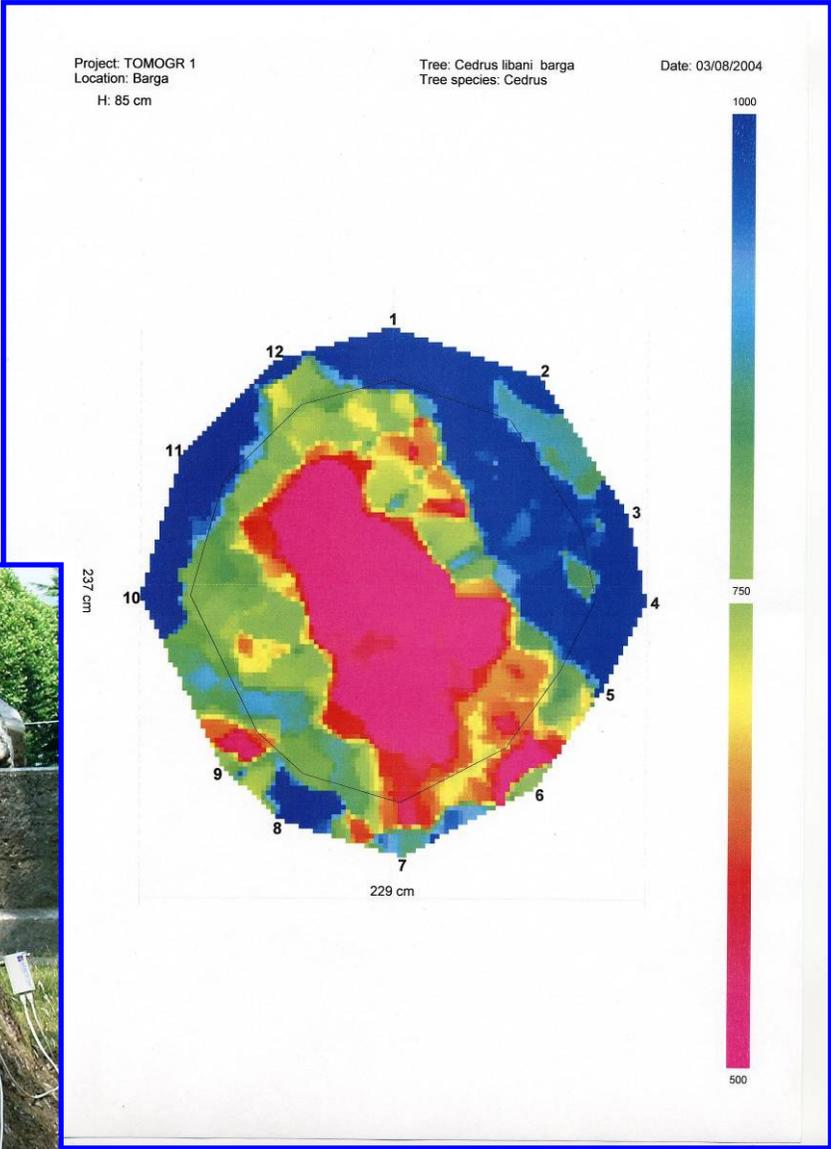


1290

925
m/s

561

Arbotom

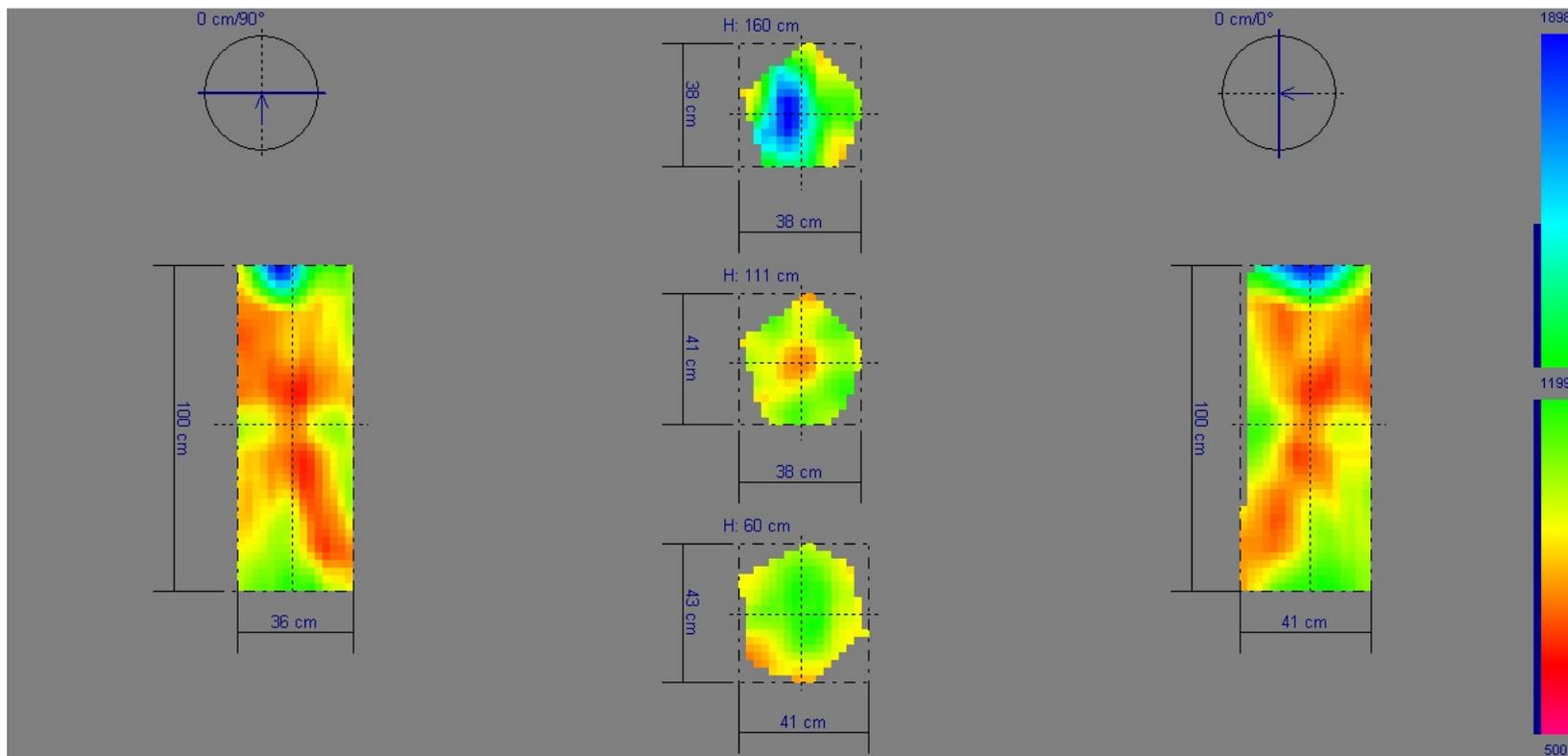


Arbotom 3D

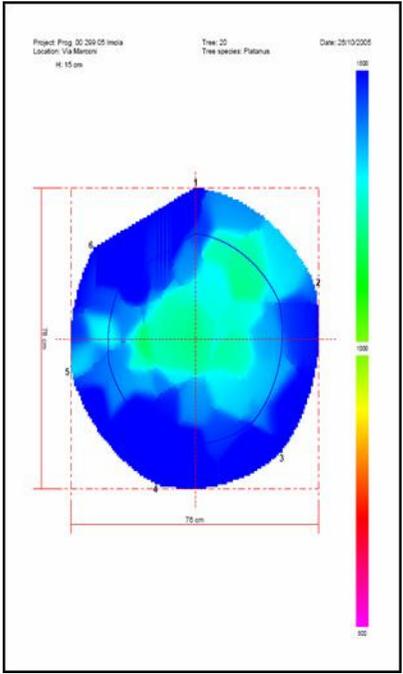
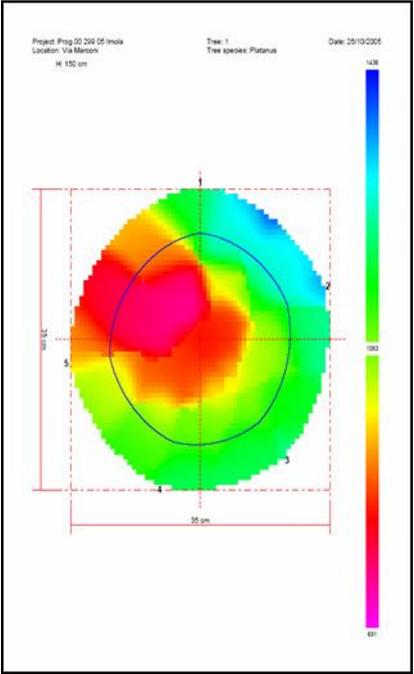
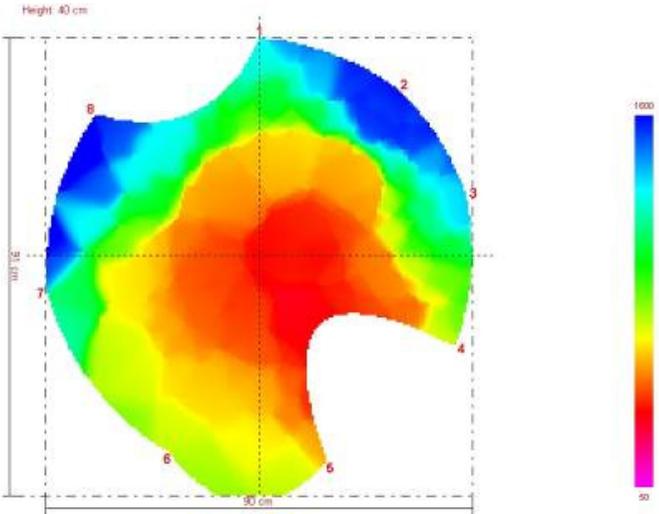
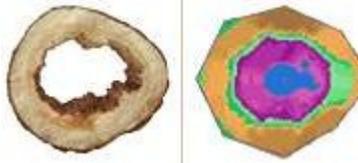
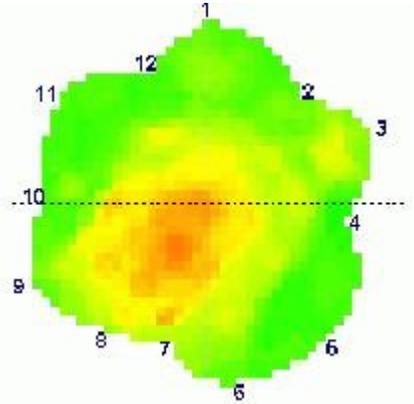
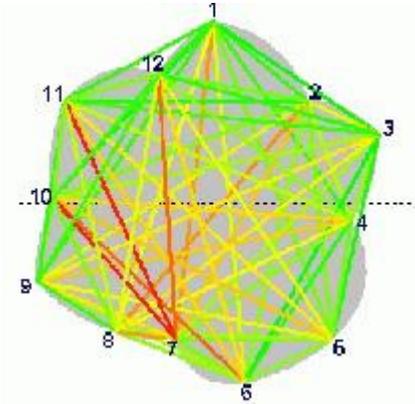
Project:
Location:

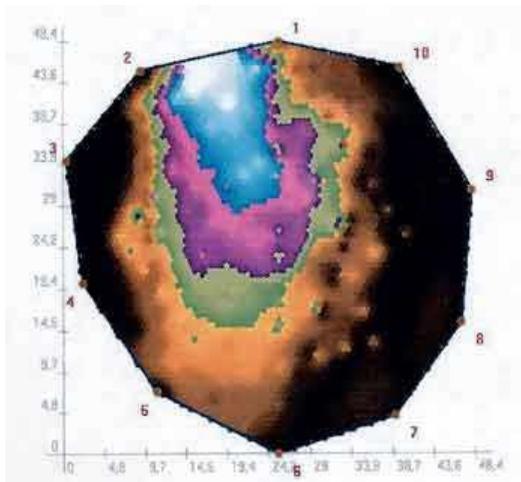
Tree:
Tree species: Pinus

Date: 18/01/2007

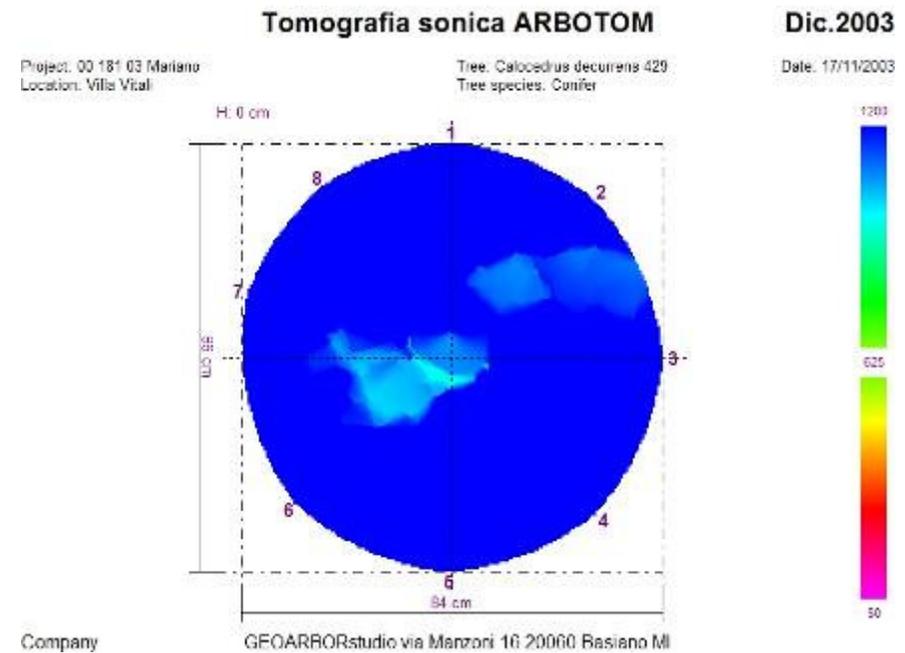


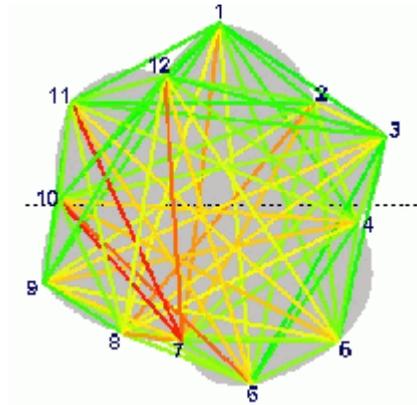
Arbotom & Pículus



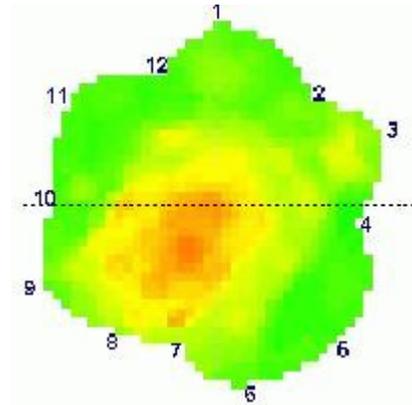


La tomografia ha escluso la presenza di inclusioni di corteccia e di decadimenti interni del legno

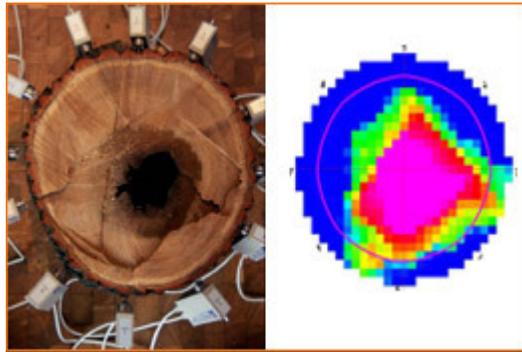


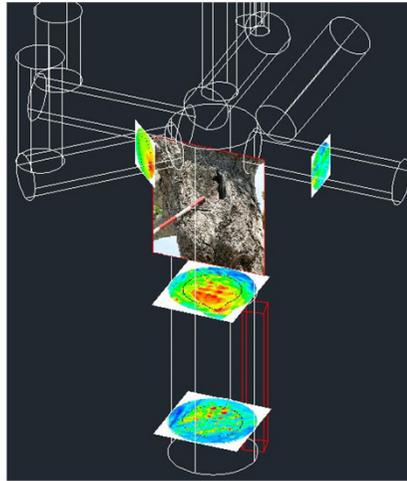


Dati originali



Interpolazione grafica





Sistemi d'ispezione radicale: Arboradix

