

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
DOTTORATO DI RICERCA IN
COLTURE ARBOREE E AGROSISTEMI FORESTALI,
ORNAMENTALI E PAESAGGISTICI

Ciclo XXIV

Settore concorsuale di afferenza: AGR/04

LA DIAGNOSTICA SONICA
NELL'ARBORICOLTURA
ORNAMENTALE

Presentata da: Dott.ssa Laura Cevenini

Coordinatore Dottorato
Prof. Luca Corelli Grappadelli

Relatore
Dott. Alberto Minelli

1. INTRODUZIONE.....	4
1.1 <i>Il verde urbano.</i>	4
1.2 <i>La gestione del verde urbano.</i>	6
1.3 <i>La valutazione della stabilità.</i>	8
2. UTILIZZO DELLA TOMOGRAFIA SONICA NELLA GESTIONE DEL VERDE URBANO: INDAGINE SU LARGA SCALA.	12
2.1 <i>Introduzione.</i>	12
2.2 <i>Materiali e metodi.</i>	15
2.3 <i>Risultati e conclusioni.</i>	22
3. IDENTIFICAZIONE DI STADI PRECOCI DI ALTERAZIONE E LORO EVOLUZIONE IN SPECIE ARBOREE ADULTE MEDIANTE TOMOGRAFIA SONICA	27
3.1 <i>Introduzione.</i>	27
3.2 <i>Prove preliminari.</i>	32
3.3 <i>Materiali e metodi.</i>	35
3.4 <i>Risultati e conclusioni.</i>	38
3.5 <i>Il caso del Pioppo sito nel Golf Club Verona.</i>	38
4. VALUTAZIONE DELL'USO DEL TOMOGRAFO SONICO PER EVIDENZIARE LA TRASLOCAZIONE DI FLUIDI ALL'INTERNO DELLA PIANTA, INIETTATI CON METODI ENDOTERAPICI.....	43
4.1 <i>Introduzione.</i>	43
4.2 <i>Materiali e metodi.</i>	47
4.3 <i>Risultati e conclusioni.</i>	49
5. COMPARAZIONE TRA TOMOGRAFIA SONICA E RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE.	62
5.1 <i>Introduzione.</i>	62
5.2 <i>Materiali e metodi.</i>	63
5.3 <i>Risultati e conclusioni.</i>	65
6. LA DIAGNOSTICA SONICA NELL'ARBORICOLTURA ORNAMENTALE.	68
7. BIBLIOGRAFIA.....	71
7.1 <i>Libri consultati e citati.</i>	71

7.2 Tesi.....	71
7.3 Atti di convegni.....	71
7.4 Articoli consultati e citati.....	72
7.5 Siti internet.....	74

1. INTRODUZIONE

1.1 Il verde urbano.

Con il generico termine Verde si definiscono le aree naturalmente o artificialmente dotate di vegetazione (Chiusoli, 1999). Dal punto di vista urbanistico il verde comprende le aree dotate di proprie e specifiche funzioni e destinazioni, all'interno del contesto urbano, non suscettibili di essere edificate a scopo residenziale o produttivo (verde pubblico), suscettibili di essere edificate per scopi di pubblica utilità (verde sportivo, naturalistico, ecc..) o per scopi privati e produttivi nell'ambito di determinate normative sulla trasformazione del territorio (Chiusoli, 1999). Secondo Baluermel (si veda Chiusoli, 1999) il verde urbano viene classificato, secondo le dimensioni, in boschi e parchi urbani, aree verdi di grandi e piccole dimensioni, compresi i giardini privati, le piantagioni stradali che comprendono sia i filari lungo le strade di percorrenza che le scarpate.

Per evitare spreco di risorse, costi aggiuntivi per l'apporto di infrastrutture mancanti e manutenzioni straordinarie, è fondamentale una corretta progettazione degli spazi verdi.

La progettazione è un percorso logico che prevede la consapevolezza di cosa realizzare, dove e come realizzarlo (Toccolini, 2002). Ciò significa che prima di tutto bisogna avere ben chiari gli obiettivi da perseguire, ovvero le finalità del nostro progetto, conoscere il luogo in cui si andrà a intervenire, per evitare di costruire qualcosa che non sia intonato con ciò che già esiste sul territorio. Inoltre è necessario avere chiare le procedure di intervento, gli strumenti da usare. La consapevolezza dell'obiettivo, delle operazioni da effettuare e degli strumenti da usare sono fondamentali per realizzare un luogo piacevole e funzionale, proteggendo le risorse naturali, storiche e culturali, ascoltando le esigenze dell'utenza.

Attraverso, quindi, l'analisi del sito, che prevede lo studio dell'ambiente, delle infrastrutture, del clima, del suolo e del sottosuolo, si deve creare un sistema in cui elementi naturali ed artificiali coesistono in modo armonico, conoscendo anche chi userà il sito e come lo farà.

Nel cosiddetto studio preliminare si stila una lista delle caratteristiche che l'ambiente in cui si progetta possiede, sia positive che negative, e le si compara con le caratteristiche che il sito dovrebbe avere, secondo il progetto. Si compie quindi una'analisi territoriale e paesaggistica approfondita, che viene poi seguita dal progetto di massima, il quale deve

contenere un progetto principale e varie soluzioni alternative. Se il progetto viene approvato si giunge al progetto esecutivo, comprensivo del piano di gestione.

Per crescere in ambiente urbano, le specie vegetali devono far fronte a pesanti fattori limitanti presenti in città. La pianta non deve combattere solo contro l'aridità, il freddo, il caldo, i venti, ma anche contro una serie di fattori avversi che nelle situazioni di campagna non esistono mai tutti insieme. L'atmosfera è ricca di sostanze tossiche per le piante (anidride solforosa e vari gas inquinanti), e impregnata di polveri sottili che si attaccano alle foglie e ne impediscono la traspirazione. La luce solare può essere insufficiente, come l'acqua a disposizione delle radici; le asfaltature e le pavimentazioni impediscono l'aerazione del suolo (Chiusoli, 1978). Il vento si inserisce tra gli edifici, prendendo forza, lo spazio disponibile per la crescita degli alberi è limitato dalla presenza di condutture sotterranee, di linee aeree, di segnali stradali.

D'altra parte in nessun altro ambiente la vista di un gruppo di alberi, fiori e foglie verdi, può essere di maggior ristoro per gli uomini, ma soprattutto di enorme utilità per la sopravvivenza della nostra specie (Chiusoli, 1978). Le foglie producono ossigeno, raccolgono sulle loro superfici le polveri dannose che vengono sottratte ai nostri polmoni. Inoltre, spesso, le quinte arboree possono attutire notevolmente il rumore.

Se da una parte, come già detto, la pianta in ambiente urbano deve sopportare vari limiti ambientali e tecnici, essa deve avere anche determinate caratteristiche per poter essere "accettata" dall'opinione pubblica. Non deve produrre semi o frutti che provochino intralcio al passaggio delle persone, o imbrattamento dei veicoli parcheggiati sotto di esse; non deve produrre pollini o semi allergenici; deve crescere rapidamente nei primi anni e lentamente da adulta, per limitare gli interventi manutentivi. Non deve avere radici invadenti, che possono rompere i marciapiedi o l'asfalto, non deve produrre polloni basali. È preferito il portamento colonnare perché meno ingombrante, l'attitudine alla resistenza al vento, all'inquinamento dell'aria e del suolo, alla siccità e all'asfissia. Se le piante che si andranno ad utilizzare non saranno abbastanza rustiche, si avranno, con il passare del tempo, problemi di gestione.

Durante la progettazione di uno spazio verde, quindi, devono essere prese in considerazione le caratteristiche del suolo, le proprietà edafiche del luogo in cui si opera; il clima, ovvero le temperature, il vento, la radiazione solare; le caratteristiche delle componenti vegetali, ovvero quale sarà la loro funzione (architettonica, funzionale, estetica), come dovranno essere impiantate e mantenute e soprattutto quale specie usare. Quest'ultimo aspetto è di notevole importanza, bisogna, infatti, prediligere specie autoctone che abbiano una buona

resistenza agli inquinanti e al vento e non specie alloctone che potranno avere svariati problemi di ambientamento.

Tutti questi elementi, il suolo, il clima e l'elemento vegetale, vanno considerati in rapporto con l'ambiente circostante, per valorizzarlo.

1.2 La gestione del verde urbano.

Quando si parla di gestione del verde urbano si intendono tutte quelle pratiche che servono a mantenere le piante, a renderle sane, a correggerne i difetti e a prevenire problemi fitosanitari.

a) LA POTATURA

La prima operazione che ci viene in mente in merito alla gestione del verde urbano, in particolare degli alberi, è la potatura.

Pratica sicuramente importante, ma non indispensabile per la sopravvivenza delle specie arboree, è utile nel periodo di allevamento per far raggiungere alla pianta, in breve tempo, la struttura scheletrica definitiva. Diventa però un intervento straordinario se si parla di alberi maturi. Questo concetto vale per alberi ornamentali in forma libera, ma non per quelli presenti sulle strade.

La potatura accorcia la vita delle piante e in genere, in città, viene effettuata per avere una pianta equilibrata e stabile, per non ostacolare il transito di persone e veicoli, per profilassi sanitaria, asportando perciò parti secche o malate, per non intralciare l'illuminazione pubblica, la segnaletica stradale, i cavi e le condutture.

Ecco perché anche in questo senso è importante la scelta della specie da utilizzare nel nostro progetto; una pianta va scelta non solo per la sua bellezza o rusticità, ma anche conoscendo le sue dimensioni finali, lo spazio disponibile e la forma naturale della pianta, in funzione, quindi, delle sue esigenze di manutenzione. È inutile scegliere una pianta che sappiamo diventerà alta ed espansa, quando lo spazio a disposizione è risicato.

Esistono molte tecniche di potatura, in base allo scopo e alle esigenze specifiche: il diradamento; il raccorciamento dei rami con taglio di ritorno, ovvero in prossimità di una branca laterale; la capitozzatura, che consiste in un drastico raccorciamento del tronco. Tali tecniche, molto diverse tra loro, possono servire per eliminare la vegetazione troppo densa,

correggere o riparare danni o difetti, dare direzione di crescita, per ottenere forme speciali, riequilibrare la chioma dopo un trapianto o mantenere alberi secolari.

Le modalità di potatura che si adottano, come già detto, devono essere strettamente legate alle finalità da raggiungere. Anche l'epoca in cui effettuare l'intervento ha una notevole importanza. Se un albero viene potato a fine inverno si avrà la massima risposta vegetativa e un ottimo rivestimento della chioma. Se la potatura viene fatta in tarda estate la pianta viene nanizzata e si ottiene un contenimento della chioma; intervenendo in tardo autunno la gestione del lavoro è più semplice e veloce perché le piante non sono piene di foglie come in estate.

b) GESTIONE DI CANTIERI

La gestione del verde urbano comprende anche le situazioni di cantiere, quando chiaramente esso coinvolge piante e spazi verdi. Esiste una serie di regole che chi lavora nei cantieri dovrebbe rispettare, ovvero distanze minime dall'albero al di sotto delle quali lo scavo dovrebbe esser fatto a mano. Bisognerebbe evitare l'eccessivo calpestamento con gli automezzi, non depositare materiale nelle vicinanze delle radici e lavorare sempre fuori chioma. Nel caso vengano danneggiate le radici, bisognerebbe favorirne la rigenerazione.

Possiamo tutti notare che nella realtà queste misure sono scarsamente adottate; tuttavia esistono metodi che consentono di fare scavi senza arrecare danni alle radici e alle piante, come nel caso dei sistemi ad aria compressa e del radar per l'identificazione della posizione delle radici.

c) ENDOTERAPIA

Nell'ambito della gestione del verde urbano, oltre ai sistemi per riequilibrare la pianta e per evitare di arrecare inutilmente danni, esistono anche le pratiche fitoiatriche, per combattere malattie e insetti dannosi. Le piante in città sono molto suscettibili alle avversità biotiche per cui spesso si osservano patologie anche di notevole impatto sulle quali è obbligatorio intervenire presto. In questi casi è fondamentale colpire il bersaglio, fungo o insetto che sia, con la minima dispersione di prodotto nell'ambiente per tutelare la salute dei cittadini.

I normali trattamenti con aspersione di prodotto alla chioma non si possono fare in città: alberi troppo grandi, troppo vicini alle abitazioni, posti in zone ad elevata fruizione le rendono difficilmente attuabili. Si è così sviluppata l'endoterapia, una tecnica che si basa sull'introduzione vera e propria del principio attivo nel tronco o nelle radici, in modo che si possa ridistribuire in tutta la chioma grazie al sistema vascolare della pianta.

Le prime applicazioni endoterapiche risalgono al 1900, quando venivano fatti studi sulla nutrizione vegetale. Successivamente, negli anni '50, sono stati fatti i primi esperimenti applicando insetticidi e fungidi. Ma il vero sviluppo di questa tecnica si deve alle infestazioni e infezioni avute a partire dagli anni '80, da parte di insetti quali la tingide del platano (*Corithiuca ciliata*) e *Cameraria ohridella* su ippocastano, e funghi quali cancro colorato del platano (*Ceratocystis fimbriata*) e antracnosi del platano (*Gnomonia platani*). La necessità di trovare una soluzione per queste problematiche ha stimolato la ricerca e il perfezionamento dei metodi endoterapici.

Esistono diversi tipi di strumentazioni a questo scopo, che analizzerò in seguito; per tutti vale il principio che il trattamento non va effettuato su piante troppo debilitate in quanto il prodotto farebbe molta fatica a circolare nella pianta.

I trattamenti endoterapici, oltre al vantaggio di arrivare a trattare dove gli altri metodi non riescono, hanno anche qualche effetto indesiderato, ed è per questo motivo che non sono tollerati in tutti gli stati. Possono avere effetti fitotossici, possono provocare danni ai vasi linfatici in caso di elevate pressioni di esercizio, si può avere una mancata cicatrizzazione dei fori con possibile penetrazione di funghi patogeni.

d) LA VALUTAZIONE DELLA STABILITA' DELLE PIANTE

La valutazione della stabilità è un altro aspetto molto importante della gestione del verde urbano, che mira a dare sicurezza sia alle persone che alle cose che insistono nelle aree verdi.

Nell'ultimo decennio si è sviluppata una forte necessità di eseguire valutazioni di esemplari arborei per individuarne soprattutto il rischio di schianto. Alcune teorie hanno assunto notevole importanza, a livello pratico, tanto da essere spesso incluse in capitolati d'appalto.

1.3 La valutazione della stabilità.

Il primo passo per effettuare una valutazione di stabilità è la valutazione morfologica dell'albero; solo attraverso un'attenta analisi della pianta e di tutto ciò che ha nell'intorno, si riescono a capire tutti i punti critici e potenzialmente pericolosi, che potranno poi essere analizzati in maniera mirata, se necessario, con diverse strumentazioni.

Secondo Mattek, fisico tedesco studioso della materia, le piante si comportano seguendo l'assioma della tensione costante, ovvero le strutture biologiche si sviluppano in

modo da garantire una regolare distribuzione del carico sulla superficie, nessun punto è sovraccarico o scarico. In caso di stress costante avviene la produzione di materiale di riparazione. Lo stress può essere, ad esempio, il contatto con un marciapiede, o una ferita, o comunque qualsiasi cosa che alteri l'equilibrio della pianta. La pianta reagisce a quest'anomalia producendo nuovo materiale, che può essere il callo di cicatrizzazione delle ferite o il legno di reazione sviluppato in seguito ad alterazioni interne.

Chi compie le valutazioni relative alla stabilità di un albero deve conoscere perfettamente l'anatomia e la struttura secondaria delle piante. Bisogna considerare la pianta nel suo insieme, le dimensioni della chioma e la sua posizione baricentrica. Fondamentale poi è l'identificazione dei punti critici della struttura; si tratta per esempio di biforcazioni con corteccia inclusa, rigonfiamenti anomali e cavità interne al fusto. I difetti riscontrati possono avere come effetto una potenziale rottura di una porzione di pianta., che può essere un ramo o una branca, oppure lo schianto e il ribaltamento dell'intero albero. Mentre per il primo rischio si dovrà prendere in considerazione la porzione critica della pianta, ad esempio un'inserzione, una biforcazione, nel secondo caso le nostre analisi dovranno riferirsi alla posizione basale della pianta, al colletto e al sistema radicale.

La principale causa delle alterazioni strutturali è sicuramente la presenza di alterazioni ai tessuti dovute a patogeni fungini; l'esperto dovrebbe riuscire a stimare l'entità del danno e la sua gravità, e l'implicazione che la stessa ha sulla struttura arborea. Per fare questo occorre valutare parametri relativi alla zona alterata, ovvero la presenza di anomalie visibili dall'esterno, la consistenza del legno in decadimento, lo spessore della parete residua, la velocità di avanzamento del fungo. Vanno poi considerati i parametri relativi all'albero nel suo insieme, ovvero la sua altezza, la forma della chioma, la circonferenza del fusto, la sua posizione e le condizioni fitosanitarie della pianta.

In prima analisi, quindi, vanno osservate con attenzione tutte le componenti dell'albero, per evidenziarne anomalie: vanno segnalati disseccamenti, alterazioni fogliari, lesioni al cambio, attività cariogene a carico del legno morto, presenza di ferite sui rami, sul tronco o a livello radicale.

Nel caso di alterazione a carico di legno morto, detto duramen, è bene valutare la consistenza del legno in decadimento, in quanto questa proprietà è collegata al tipo di carie che si sta sviluppando. La carie bruna si comporta diversamente da quella bianca, ed è sempre meglio conoscere chi sta minando la sicurezza della pianta. Va però ricordato che i funghi possono avere comportamenti degradativi diversi; un fungo può utilizzare meccanismi degradativi diversi a seconda della situazione che trova e dell'ospite in cui è.

Il tronco di un albero è stato paragonato da Matteck ad un cilindro; la cavità all'interno del cilindro, secondo il fisico tedesco, può portare ad un abbassamento dei livelli di sicurezza, in quanto questo cilindro si può piegare facilmente, come un tubo di gomma. Ma un tubo cavo non ha sempre prestazioni differenti rispetto ad un tubo pieno, basta pensare ai tubi innocenti, dove in caso di sollecitazione da una parte del tubo, dall'altra si ha una reazione uguale e contraria che si oppone alla prima, e quindi la risultante è nulla (Minelli, 2003). La cavità all'interno della pianta, ovvero la percentuale di legno sano rispetto al raggio del tronco, non deve essere perciò sinonimo di abbattimento, ma è sempre utile determinare l'entità di questa, tramite l'individuazione della parete residua del tronco.

Come già detto, la sola constatazione della presenza del patogeno non è sufficiente per un'accurata verifica della stabilità della pianta. È molto utile conoscere il tipo di fungo che sta attaccando la pianta, per riuscire a comprendere la velocità di avanzamento e il tipo di degrado. L'albero cresce continuamente e il fungo può essere più veloce o più lento dell'albero, nella crescita.

Per quanto riguarda l'albero nel suo insieme, ha importanza determinarne l'altezza, e la forma della chioma, per definire la posizione del baricentro. La chioma è importante anche perché è la parte che offre resistenza al vento; tale forza viene poi scaricata a terra dalle radici, attraverso il tronco. La circonferenza del fusto, oltre a indicare le dimensioni del tronco, per valutarne la capacità di scaricare a terra le forze suddette, va anche correlata con la parete residua: maggiore è la circonferenza e minore può essere lo spessore di parete residua per poter garantire la stabilità dell'albero.

Nell'analisi morfo-sintomatica vanno poi considerate le condizioni fitosanitarie della pianta; spesso sono presenti rami secchi dovuti all'inquinamento o alla senescenza dell'albero, patologie fogliari o insetti dannosi che vanno comunque segnalati. Il luogo in cui si trova la pianta influisce molto sulle operazioni da fare e sulla sua staticità. Il sistema radicale può essere più o meno esteso a seconda del substrato in cui insiste; la struttura della pianta può essere diversa a seconda che sia dominata o dominante.

Il metodo più conosciuto per l'analisi morfo-sintomatica dell'albero è il VTA, Visual Tree, Assessment, ideato dal fisico Matteck negli anni '80. Il metodo si compone di tre fasi: un'analisi visiva della pianta, un'analisi strumentale, se necessaria, nei punti critici identificati nella prima fase, e la determinazione del rischio di schianto. L'essenza dell'analisi, che sia VTA o una semplice analisi morfo-sintomatica, è l'esperienza del tecnico. Esso deve saper riconoscere la struttura della pianta, i segni di instabilità e i sintomi di criticità.

Per completare l'analisi visiva sono in commercio diversi strumenti per l'analisi dell'albero, i quali si avvalgono di metodi fisici o meccanici, tutti hanno pregi e difetti, e non ce n'è uno migliore degli altri. Anche qui vale la regola che tutti gli strumenti sono ottimi se usati da un ottimo tecnico e nella situazione adatta. Per i metodi meccanici il più usato è il dendrodensimetro, una microtrivella che grazie ad un motore elettrico penetra a velocità costante nel legno. Il software elabora l'assorbimento di potenza del motore, in stretta relazione con la densità del legno. Da questo strumento si ottiene un grafico in cui è possibile notare le possibili cavità interne o alterazioni del legno. Per quelli fisici esistono il martello a impulsi e il tomografo sonico, che sfruttano le onde sonore. La sezione da indagare viene fatta attraversare dal suono in una direzione (nel caso del martello) o più direzioni; in base alla velocità di attraversamento del suono si può capire la densità del legno.

Alcuni strumenti possono essere migliori per valutare una situazione, altri trovano maggior riscontro in altre. Va da se che tutte le tecniche, più o meno invasive, vanno usate con coscienza e dopo un'attenta valutazione visiva.

Successivamente all'analisi strumentale, qualora fosse stata necessaria, l'operatore valuta la pianta nella sua interezza, giudicandola stabile o meno, prescrivendo operazioni di manutenzione, tempi di intervento e intervallo di ricontrollo.

La presenza di piante in città assume importanza culturale, economica e sociale, ma è soprattutto un elemento chiave per l'equilibrio del territorio. È doveroso programmare adeguatamente la sua conservazione, la valorizzazione e il restauro.

Questa tesi propone un'analisi critica dei metodi di indagine sulla stabilità, prendendo in esame il tomografo sonico per valutare l'identificazione di stati precoci di alterazione, e un'indagine sulle potenzialità dello strumento di valutare i movimenti dei fluidi all'interno della pianta.

2. UTILIZZO DELLA TOMOGRAFIA SONICA NELLA GESTIONE DEL VERDE URBANO: INDAGINE SU LARGA SCALA.

2.1. Introduzione.

Una corretta gestione del verde urbano riveste un'importanza fondamentale nel bilancio di un'amministrazione pubblica.

Secondo l'articolo 2051 del codice civile chi ha in custodia un bene ne è responsabile; quindi un'amministrazione, o l'ente che gestisce il patrimonio verde né garante. L'articolo 2043 del codice civile, invece, stabilisce che chi ha in possesso un bene è responsabile del danno quando il suddetto bene ne cagionasse qualcuno. Si parla di colpa in caso di comportamento negligente, imprudenza e imperizia; tale colpa però non sussiste nell'ipotesi di caso fortuito. In base a questo articolo il gestore del bene è tenuto a fare una manutenzione costante. A questo proposito è necessario stabilire la causa che ha portato al danno, che nel nostro caso può essere uno schianto o uno sradicamento di un esemplare arboreo, per accertare la colpevolezza o l'innocenza del gestore.

È quindi nell'interesse del soggetto responsabile coordinare tutte quelle operazioni ordinarie e straordinarie che consentono la messa in sicurezza del verde urbano e la sua corretta manutenzione.

La valutazione morfo-sintomatica ne è una parte fondamentale; ma considerando che l'albero è un essere vivente, non si può mai parlare di garanzia di messa in sicurezza, in quanto non potrà mai essere eliminato il pericolo naturale di cedimento.

La valutazione di stabilità, quindi, serve per selezionare quelle piante con segni o sintomi che possono condurre la parte coinvolta ad un cedimento più o meno rapido.

Se il proprietario o gestore del verde pubblico non attua un programma di monitoraggio delle condizioni vegetative, fitosanitarie e di stabilità, e l'albero provoca un qualsivoglia danno, può essere accusato di negligenza.

La città di Imola (Bo) ha un considerevole patrimonio verde; in particolare esiste un vasto parco, a pochi passi dal centro storico, che riveste un ruolo particolare. Si tratta del parco dell'ex ospedale psichiatrico dell'Osservanza, esteso per circa 12 ettari subito a Sud-

Overst del centro storico. È considerata la più importante area verde urbana del comune, in quanto fa da cerniera tra il centro, l'area dei parchi fluviali e il quartiere Pedagna (fig. 1-2).



Figura 1: parco dell'Osservanza (fonte: Google Maps ®) racchiuso nel quadrilatero formato dalle vie Venturini, Tiro a segno, Boccaccio, Saldona..



Figura 2: schema del parco, gli edifici sono in marrone e giallo, le aiuole in verde.

Con la legge Basaglia del 1978 l'Osservanza ha smesso di essere un ospedale psichiatrico e da allora versa in stato di abbandono. È composto da un grande patrimonio arboreo, costituito da più di cinquecento alberi, e architettonico. Esistono infatti 19 padiglioni, una cappella poligonale, vecchie officine, magazzini, serre, una lavanderia, un forno e la portineria. Sono tutti edifici intatti ma vuoti, che conservano la memoria di un passato di sofferenze umane per quei circa mille pazienti che vi risiedevano. Oggi, invece, gli edifici sono abitati da senzatetto e da gente senza fissa dimora. Porte sbarrate, finestre rotte e un'atmosfera spettrale caratterizzano questo parco (fig. 3-4).



Figura 3-4: fotografie che mostrano lo stato di fatiscenza in cui versano gli edifici (fonte: www.gruppophoto4.it).

Per quanto riguarda il patrimonio arboreo, tra gli edifici sono presenti, come già detto, più di 500 piante, alcune di dimensioni veramente considerevoli, che mancano però di quella manutenzione ordinaria necessaria per la loro conservazione.

Tra gli altri sono presenti bellissimi esemplari di *Gingko biloba* e tigli maestosi; il viale delle palme poi, che attraversa tutto il parco collegando l'ingresso al teatro dell'osservanza, è veramente caratteristico.

La gestione di questo sito, per pianificare un riutilizzo dopo l'abbandono, è stato un argomento preso spesso in considerazione dal Comune di Imola, il quale però non ha mai redatto un progetto definito sulla rivalutazione dell'area.

Nel 2010 è stata demolita Villa dei Fiori, nel lato a Nord-Est del parco, e sono stati abbattuti 48 alberi, tra pioppi, tigli e ippocastani. Queste operazioni preliminari sono servite per rendere più adeguata e sicura la fruibilità del parco. La zona dove insisteva la villa doveva essere oggetto di costruzione di una zona residenziale. Le piante abbattute, invece, risultavano malate o a rischio di schianto.

Per far fronte all'esigenza di riqualificazione dell'area, l'ente che lo gestisce, Osservanza s.r.l., ha chiesto al Dipartimento di Colture Arboree di approntare un piano di gestione manutenzione di tutto il patrimonio verde del parco.

2.2 Materiali e metodi.

La prima operazione da fare per affrontare l'analisi degli esemplari arborei di un parco, è approntare la scheda di valutazione.

Considerando le caratteristiche che si voleva mettere in luce e i difetti che erano interessanti da segnalare, è stata messa a punto una scheda dettagliata, che comprendeva tre parti distinte. Nella prima erano richiesti i dati dendrometrici della pianta (altezza totale, altezza dell'inserzione delle branche, diametro del fusto e diametro della chioma) e le caratteristiche del luogo dove essa era, ovvero la posizione sociale e i dati stazionali. Valutando una pianta, infatti, non è importante descrivere solamente quello vediamo su di essa di anomalo o meno, ma anche segnalare ciò che c'è nell'intorno: com'è il terreno, se sono presenti ostacoli che possono limitare lo sviluppo della chioma o delle radici, se la pianta è in competizione con qualche altro organismo vegetale (fig.5).

Si è ritenuto altresì importante segnalare quella che in gergo tecnico viene chiamata Zona di Protezione, ovvero l'area di rispetto all'interno della quale non dovrebbero sussistere elementi di disturbo allo sviluppo radicale (Sani, 2008). Questa zona dipende dalla specie, dalla sua tolleranza nei confronti dei danneggiamenti alle radici, al suo vigore e dalle sue esigenze, ma anche dal tipo di terreno e dal tipo di intervento che vi si realizza.

Nella seconda parte, la più estesa, (fig. 5-6-7) si doveva descrivere dettagliatamente tutte le caratteristiche delle varie parti della pianta, dall'apparato radicale, alla chioma, passando per il colletto, il fusto e il castello.

Nell'ultima parte, la più importante, (fig. 8) era richiesto un giudizio della pianta a livello di gestione del rischio, e definire le prescrizioni da adottare per metterla in sicurezza.

Dopo aver messo a punto la scheda di valutazione, si è andati in parco a visionare tutti gli esemplari presenti. A uno a uno veniva redatta la scheda e praticata, ove necessario, l'analisi tomografica o penetrometrica. Veniva quindi fatta un'analisi completa del rischio del parco, comprensiva delle operazioni di manutenzione che erano richieste per mettere in sicurezza gli alberi.



Parco dell'Osservanza. Imola (BO).

1) DATI GENERALI				2) DATI DENDROMETRICI			
ID albero				altezza		altezza ins.	
specie				diámetro		diámetro chioma	
aiuola				Fase fisiologica			
data							
Posizione sociale	codominante		dominante		dominata		sottoposta
	isolata		di margine		interna		

3) DATI STAZIONALI							
stazione	formella		aiuola	x	campo		zona di protezione
compattazione	0, +, ++						0
fessurazioni	si, no		sollevamento	si, no			
permeabilità	impedita		scadente	moderat		notevole	ottima
fertilità	m. bassa		bassa	media		elevata	notevole
conflitti	scavi, tubazioni, muri sott		marciap., lampioni, tombini			muri edifici	
	linee aeree		pedonalizz.		transito auto		sosta auto
competizione	erbe		arbusti		liane		alberi
sito di radicazione	inadatto		scadente		mediocre		buono
sito di vegetazione	inadatto		scadente		mediocre		buono
NOTE							

4) APPARATO RADICALE							
non visibile	superf.		ridotto		asimm		platea radicale
difetti	affioranti		scoperte		esposte		decorticate
	avvolgenti		strozzanti		contrafforti		carie
NOTE							

5) COLLETO							
cilindrico		azzampato		zampa di elefante		ovale	
asimm		cordonato		collo di bottiglia		imbuto	
corteccia	assenza		degradata		coloraz. anomala		sollevam.
	piegatura		taglio		bruciatura		luogo
difetti	gibbosità		rignonf. anello		pieghe fisarmonica		depressioni
	incavi		cretti radiali		cretti trasversali		
anomalie del legno							
carie		carporfori		cavità		cancri	
ferite		inclusioni		insetti			
NOTE							
giudizio colletto	molto grave		mediocre		discreto		buono

Figura 5: prima pagina della scheda, con dati generali, stazionali e dendrometrici per la prima sezione e inizio della seconda sezione.

6) FUSTO										
regolare		asimm.		costolato		troncato		biforcato		policornico
ramificato										
inclinazione		intensità								
		lineare		sciabola		arco		sinuoso		
corteccia		assenza		degradata		coloraz.anomala		sollevam.		arricciata/stirata
		piegatura		taglio		bruciatura		luogo		
difetti		gibbosità		rigonf. ad anello		pieghe fisarmonica		bombatura		
strozzatura		deviazione		fibre deviate		fibre spiralate		incavo		
piega		piega a S		fusti codominanti		inserzione stretta		corteccia inclusa		
perdita leader		costolatura		H/D						
cretti										
anomalie legno										
carie		carpofori		cavità		cancri		neoplasie		legno di reazione
ferite		inclusioni		insetti		epifiti		parassiti		
resinazione										
colatura										
NOTE										
giudizio fusto		molto grave		grave		mediocre		discreto		buono
7) CASTELLO										
		assente		normale		fionda		forchetta		torrioni
difetti		inserzione stretta		corteccia inclusa		rigonfiamenti		cavità		carie
		carpofori		monconi		spaccature				
NOTE										

Figura 6: seconda pagina della scheda.

8) CHIOMA									
ramificazione	naturale	modif.	danneg	candelabro	pennello				
rami secondari	riscoppi	polloni	succhioni						
corteccia	assenza	degradata	coloraz.anomala	sollevam.	arricciata/stirata				
	piegatura	taglio	bruciatura	luogo					
difetti	sinuosi / arcuati	ricadente	90 °	assurg.	torsioni				
inserz. Orizz	inserz. Debole	ins. Stretta	dep/morta	L/D	coda di leone				
anastom	danni corticali	cretti	dissecc	trave di sventura					
anomalie legno									
carie	carpofori	cavità	cancri	neoplasie	legno di reazione				
ferite	inclusione	insetti	epifiti	parassiti					
resinazione									
colatura									
giudizio rami	molto grave	grave	mediocre	discreto	buono				
forma chioma	libera	asimmetr	bandiera	sbilanc	compressa				
pennello	espansa	lacunosa	vuota						
difetti	branche rotte	secco	parassiti veg	insetti	nidi ins				
FOGLIE									
giudizio chioma	molto grave	grave	mediocre	discreto	buono				
INTERVENTI PREGRESSI									

Figura 7: terza pagina della scheda.

9) GESTIONE DEL RISCHIO

pericolosità	tronco	trascur	bassa	moder	elevata	estrema
	rami					
colletto						

ANALISI STRUMENTALI

	resi	tomo	succh
radici			
colletto			
fusto			
castello			
rami			

RESISTOGRAPH

	posiz	° N	inclinaz	risultato
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

TOMOGRAFIA

LEV 1	
LEV 2	
LEV 3	

GIUDIZIO

10) PRESCRIZIONI	abbatt	potatura rimonda	potatura alleggerim	potat epicormici	
consolidam	tratt fito	diradamento	spalcatura	accorciamento	

URGENZA	urgente	immediato	3 anni	5 anni	opzione	
----------------	---------	-----------	--------	--------	---------	--

MONITORAGGIO	6 mesi	1 anno	2 anni	3 anni	4 anni	indef	
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	--

Figura 8: quarta e ultima pagina della scheda, che comprende la gestione del rischio e le prescrizioni per la gestione del soggetto arboreo.

Dopo l'analisi visiva veniva definita la pericolosità del tronco, dei rami e del colletto e, in base a questi giudizi, venivano definite la quantità e la posizione delle analisi strumentali da effettuare.

In base alle osservazioni visive e alle verifiche strumentali effettuate, la pianta veniva poi giudicata, utilizzando la Failure Risk Classification (FRC), ovvero le classi di rischio definite dalla SIA, Società Italiana di Arboricoltura.

Tale classificazione definisce cinque classi di valutazione degli alberi, in base alla propensione al cedimento:

A, trascurabile.

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, non manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ridotto.

Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a cinque anni.

B, bassa.

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti lievi, riscontrabili con il controllo visivo ed a giudizio del tecnico con indagini strumentali, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero non si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a tre anni. L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico.

C, moderata.

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a due anni. L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico. Questa avrà comunque una cadenza temporale non superiore a due anni. Per questi soggetti il tecnico incaricato può progettare un insieme di interventi colturali finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e, qualora realizzati, potrà modificare la classe di pericolosità dell'albero.

C/D, elevata.

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia drasticamente ridotto. Per questi soggetti il tecnico incaricato deve assolutamente indicare dettagliatamente un insieme di interventi colturali. Tali interventi devono essere finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e devono essere compatibili con le buone pratiche arboricolturali. Qualora realizzati, il tecnico valuterà la possibilità di modificare la classe di pericolosità dell'albero. Nell'impossibilità di effettuare i suddetti interventi l'albero è da collocare tra i soggetti di classe D.

D, estrema.

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ormai quasi esaurito. Per questi soggetti, le cui prospettive future sono gravemente compromesse, ogni intervento di riduzione del livello di pericolosità risulterebbe insufficiente o realizzabile solo con tecniche contrarie alla buona pratica dell'arboricoltura. Le piante appartenenti a questa classe devono, quindi, essere abbattute.

Successivamente all'espressione del giudizio, la scheda prevede la descrizione delle operazioni di manutenzione da effettuare, ove necessarie, ovvero il tipo di potatura richiesta nel caso specifico o l'abbattimento, e la sua urgenza.

Nelle ultime righe è poi richiesta la compilazione delle caselle riguardanti l'esigenza di monitoraggio, ovvero bisogna esprimere il tempo che deve intercorrere tra il momento del controllo e il successivo.

2.3 Risultati e conclusioni.

Il passo successivo, dopo il lavoro di campo, è stato l'elaborazione delle numerose schede compilate, con le rispettive analisi dei tomogrammi o dei profili dendrodensimetrici.

Dall'analisi dei dati risulta che circa un terzo delle piante è classificato in classe A, mentre 102 piante, pari a circa il 20%, sono da abbattere, di queste la maggior parte sono latifoglie. Nella tabella 2, relativa agli abbattimenti, in realtà il totale delle piante coinvolte è 103, e non 102 come precedentemente scritto, in quanto una era già caduta.

FRC	Quantità alberi
A	184
B	128
C	94
C-D	16
D	103
tot	527

Tabella 1: classificazione degli esemplari del parco in base alla Failure Risk Classification (FRC).

ABBATTIMENTI	TOT	Altezza piante			
		fino a 6 m	6-12 m	12-16m	16-23 m
latifoglie	83	12	38	30	1
conifere	13	2	11		
arbusti	4				
palme	2				
tot	102				

Tabella 2: riassunto degli abbattimenti, suddivisi in base alle altezze delle piante coinvolte. Il costo dell'operazione è diverso in funzione di questo parametro.

Avendo sempre come base le schede di valutazione degli esemplari arborei sono state anche messe a punto delle tabelle riassuntive per indicare le operazioni di manutenzione da effettuare per mettere in sicurezza le piante. Quella maggiormente consigliata per le latifoglie (tabella 3) è stata la rimonda con alleggerimento della chioma oppure la rimonda con diradamento dei rami. Nelle conifere, invece, (tabella 4) era richiesta in molti casi una rimonda del secco.

LATIFOGLIE				
OPERAZIONE	ALTEZZA PIANTE			TOT
	6- 12 m	12- 16 m	16- 23 m	
alleggerimento	3			3
alleggerimento-ricostruzione	1			1
alleggerimento-riforma	1			1
diradamento	3	4		7
diradamento-alleggerimento			1	1
riforma	4			4
rimonda	35	5		40
rimonda-alleggerimento	34	65	17	116
rimonda-risanamento	1			1
rimonda-accorciamento	1	3		4
rimonda-diradamento	24	10	1	35
rimonda-diradamento- epicormici	1			1
rimonda-ricostruzione	3			3
rimonda-spalcatura	3			3
rimonda-spalcatura- alleggerimento		1		1
				221

Tabella 3: riassunto delle operazioni di manutenzione da effettuare sulle conifere del parco; anche in questo caso sono state divise in base all'altezza per facilitare poi la compilazione del computo metrico estimativo.

CONIFERE				
OPERAZIONE	ALTEZZA PIANTE			TOT
	6- 12 m	12- 16 m	16- 23 m	
accorciamento		1		1
alleggerimento		2		2
alleggerimento-ricostruzione	1			1
diradamento			1	1
diradamento-spalcatura			1	1
riforma		2		2
rimonda	33	38	13	84
rimonda-alleggerimento	1	7		8
rimonda-consolidamento		1		1
rimonda-accorciamento	1			1
rimonda-diradamento	5	3		8
rimonda-ricostruzione	2			2
rimonda-spalcatura	8	3		11
				123

Tabella 4: riassunto delle operazioni di manutenzione richieste per le conifere.

ARBUSTI	
OPERAZIONE	TOT
alleggerimento	6
riforma	5
rimonda e riforma	5

Tabella 5: riassunto delle operazioni di manutenzione richieste per gli arbusti.

PALME	
OPERAZIONE	TOT
rimonda	2

Tabella 6: riassunto delle operazioni di manutenzione richieste per le palme.

Come si evince dalle operazioni di manutenzione richieste, il parco versava davvero in stato di abbandono e gli alberi necessitavano soprattutto di un'operazione ordinaria, la rimonda del secco.

I dati sopracitati hanno consentito poi la compilazione di un computo metrico estimativo, comprensivo di tutte le voci delle operazioni di manutenzione e abbattimento, per arrivare a considerare il costo totale della messa in sicurezza del parco.

La preparazione delle schede su misura per il lavoro è stata importantissima; tuttavia tali moduli possono essere usati per altri lavori. Essendo molto dettagliate, richiedono una compilazione laboriosa e talvolta lunga, ma consentono di avere un quadro chiarissimo della situazione anche a chi non ha di fronte l'albero.

L'uso poi degli strumenti diagnostici è stato fondamentale: il tomografo sonico Arbotom[®] è stato usato in larga scala, testando così le sue capacità di lavoro e la sua praticità. Il Resistograph[®] poi veniva usato in casi dubbi anche dopo l'indagine sonica.

Il tomografo fornisce le migliori indicazioni su alberi di grosse dimensioni; ma, essendo un metodo un po' macchinoso, che richiede una preparazione sulla pianta anche abbastanza lunga, andrebbe utilizzato solo in casi che lo necessitano veramente, e non così su larga scala. Ciò non toglie che sia un metodo affidabile e utile nella valutazione morfosintomatica delle piante.

L'analisi è servita per capire il funzionamento dello strumento, le sue capacità lavorative e la sua importanza nell'analisi della stabilità, rispetto al suo utilizzo "normale", ovvero quello per cui è stato progettato. Nei capitoli successivi si andrà ad indagare la sua predisposizione a usi meno convenzionali, che esulano talvolta dalla mera analisi della stabilità delle piante.

3. IDENTIFICAZIONE DI STADI PRECOCI DI ALTERAZIONE E LORO EVOLUZIONE IN SPECIE ARBOREE ADULTE MEDIANTE TOMOGRAFIA SONICA

3.1 Introduzione.

Il tomografo sonico è, tra gli strumenti utilizzati nell'analisi della stabilità delle alberature, uno dei più innovativi. Presente sul mercato da alcuni anni è basato sull'elaborazione dei tempi di attraversamento dei tessuti legnosi da parte di un fascio di onde sonore. Funziona sfruttando il principio secondo il quale la velocità del suono, attraversando il legno, dipende dal modulo di elasticità e dalla densità del legno stesso (Schiavon, Petrin. 2004).

$$V = \sqrt{E/\rho}$$

Secondo la formula sopracitata la velocità del suono dipende dal modulo di Young (E), ovvero dall'elasticità, e dalla densità del legno (ρ).

Il modulo di Young è definito a partire dalla legge di Hooke ed è una grandezza caratteristica di un materiale che definisce il rapporto tra tensione e deformazione.

$$E = \sigma/\varepsilon$$

Il simbolo “ σ ” definisce lo sforzo e generalmente viene misurato in Pascal (quindi è una forza su una superficie) mentre “ ε ” esprime la deformazione, spesso indicata come la variazione di lunghezza sulla lunghezza iniziale.

I principali danni a carico degli alberi sono rappresentati da fratture, cavità, degenerazione del legno; tali fenomeni alterano l'elasticità del legno, talora peggiorandola e talora migliorandola (in casi particolari di carie), e la densità dello stesso. Secondo questa affermazione e considerando le formule enunciate in precedenza, va da se che ad una alterazione della densità del legno e/o della sua elasticità corrisponde una variazione della velocità del suono.

Le caratteristiche strutturali del legno dipendono dalla specie, e pertanto tutti gli strumenti il cui output è una mera misura della velocità di propagazione del suono all'interno della sezione indagata, necessitano di tabelle di comparazione standard, per poter valutare se i tessuti sono in condizioni normali o alterate. Il tomografo sonico, invece, può effettuare una serie di misure e di calcoli che gli permettono di calibrarsi automaticamente rispetto alla velocità di propagazione normale delle onde per quel tipo di legno. Lo strumento restituisce un tomogramma che mette in evidenza le zone dove la velocità del suono è diversa rispetto al normale.

Lo strumento utilizzato è un Arbotom[®] 3D (fig. 11), composto da 24 sensori che vengono posizionati, tutti o una parte di essi (a seconda della circonferenza della pianta), in senso orario intorno alla zona che si vuole indagare. Ogni sensore (fig. 9-10) è appoggiato ad un chiodo di diametro 0,3 cm, il quale è fissato nel legno a profondità variabile, in genere 1 cm. Le dimensioni e la profondità a cui viene piantato il chiodo dovrebbero evitare qualsiasi grave danno alla pianta. I sensori sono tutti collegati tra loro, formando un anello aperto, in cui il primo sensore è collegato al secondo sensore e alla batteria mentre l'ultimo è collegato solamente al penultimo (fig. 12).



Figura 9: sensore Arbotom[®] e chiodo



Figura 10: sensori.



Figura 11: valigia Arbotom ® completa di batterie, sensori, cavi.

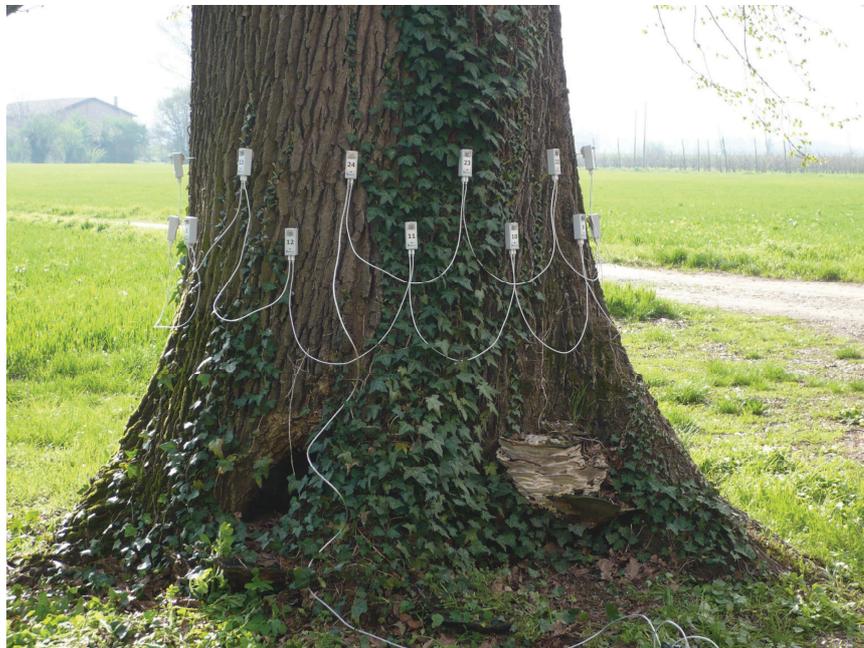


Figura 12: rilievo tomografico effettuato in 3D, analizzando due sezioni contemporaneamente.

L'onda sonora viene generata dalla percussione ripetuta dei sensori con un martello, i dati vengono trasmessi via bluetooth ad un portatile sul quale compaiono tutte le velocità di attraversamento del suono da e per ogni sensore. Il software elabora poi tali dati estrapolando le medie relative ad ogni sensore (fig. 13) in una tabella a doppia entrata in cui è possibile leggere i vari "dialoghi" tra i sensori. Sull'asse delle ordinate si leggono i sensori da cui partono i segnali, e la velocità (in m/sec) che tali segnali hanno per arrivare ai sensori posti sulle ascisse.

Arbotom 1.73 (c) 1999-2009 Frank Rinn / RINNTECH. - [6.abt]											
File Measurement Options Help											
Positions Distances [cm] Runtimes [μs] Velocities [m/s] Delta [%] Lines 2D 3D Mechanical Notes											
Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		1020	972	1028	830	653	684	786	1158	1098	1236
2	1093		1101	1279	1078	920	867	863	880	821	1178
3	990	1106		1316	1153	1127	1070	1129	798	754	943
4	1039	1271	1280		905	1059	1109	1198	577	699	925
5	905	1111	1239	975		1006	1181	1325	588	527	804
6	717	1007	1202	1091	965		1252	1496	889	940	758
7	696	873	1077	1084	965	1047		1229	867	971	786
8	744	830	1092	1165	1220	1373	1192		802	1047	927
9	1146	908	795	645	581	781	873	885		1493	1350
10	1104	816	635	697	439	811	945	1121	1854		1228
11	1085	1080	900	870	739	446	726	900	1159	967	

Figura 13: schermata del software con la tabella delle medie delle velocità del suono tra i sensori.

L'output dello strumento è il tomogramma, ovvero un grafico che evidenzia aree diversamente colorate a seconda della velocità di propagazione del suono. La legenda posta alla destra del grafico (modificabile sia come colore che come scala) chiarisce il significato dei colori. Nel nostro caso le aree blu sono quelle in cui le onde sonore viaggiano meglio, quindi dove il legno è in buono stato e ha normale funzione meccanica (fig. 15). Man mano che si va verso il colore rosso-fucsia si avrà una situazione più o meno alterata, dove possono essere presenti cavità o degradazioni. Dal risultato del tomogramma non è però possibile distinguere tra queste due tipologie di alterazioni, ma si può avere un'indicazione sull'estensione del problema.

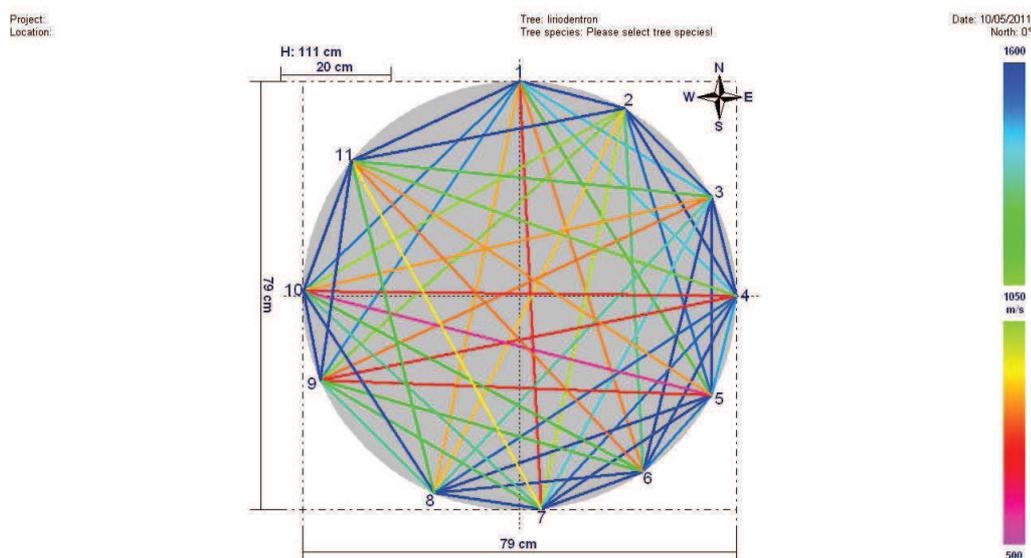


Figura 14: elaborazione grafica "lines". La velocità del suono tra i sensori è espressa con una linea colorata secondo la scala graduata. A velocità più basse (fucsia) corrisponde una minore densità del legno; a velocità più alte (blu) corrisponde legno sano.

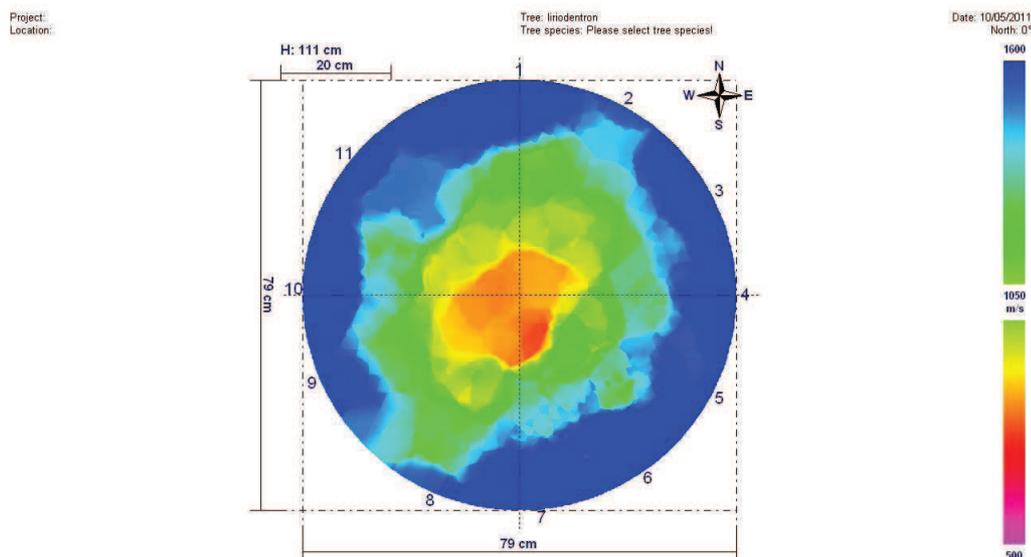


Figura 15: Tomogramma. I dati considerati sono gli stessi del grafico di figura 6; il dato in questo caso viene “spalmato” nell’intorno, ottenendo così un’elaborazione più comprensibile.

La tomografia sonora è un metodo scarsamente invasivo usato per indagare una o più sezioni, che consente di avere una visione d’insieme della situazione dell’albero, molto più efficace rispetto a strumenti dall’indagine lineare, come il Resistograph®. La valutazione attraverso un grafico colorato è di più facile interpretazione rispetto ad un profilo dendrodensimetrico, ma bisogna sempre fare attenzione alla scala usata come riferimento. Essa, infatti, può essere modificata dall’operatore, e uno stesso albero può apparire sanissimo o completamente alterato semplicemente modificando tale scala.

L’accuratezza dell’indagine dipende dal numero di sensori utilizzati per l’analisi e dalla precisione con la quale vengono posizionati. Infatti, dovrebbero essere tra di loro il più possibile equidistanti. La distanza comunque viene decisa dall’operatore, il quale dovrà solamente inserire nel software la circonferenza del tronco e la distanza tra i sensori sulla circonferenza.

Lo scopo di questo lavoro, oltre a studiare approfonditamente lo strumento, era quello di valutare la possibile identificazione di stadi precoci di alterazione e la loro evoluzione in specie adulte utilizzando questo strumento.

3.2 Prove preliminari.

Come primo approccio per lo studio dello strumento sono state effettuate prove per comprendere se in caso di utilizzo di un numero potenzialmente eccessivo di sensori, ovvero di posizione troppo ravvicinata tra gli stessi, poteva verificarsi un effetto di risonanza acustica.

La risonanza acustica è un fenomeno di amplificazione delle onde sonore; avendo sensori che possono emettere e ricevere segnali sonori molto vicini tra loro, volevo chiarire se potevano “infastidirsi” a vicenda, e quindi falsare il dato, o meno.

Su un campione di legno sono stati posizionati sei sensori sulla circonferenza. Dopo aver percosso i sensori e salvato il tomogramma, ho ripetuto l’analisi con il numero doppio di sensori, ovvero 12.

In seconda analisi sono stati sistemati 10 sensori su un campione di legno e, dopo aver effettuato la prova tomografica, ho aggiunto, intorno al sensore 6, altri due sensori, il sensore 11 e il 12, posizionandoli molto vicini al sesto(fig.16-17).



Figura 16-17: fotografie esplicative della prova; nella figura 8 il campione analizzato con 10 sensori, in figura 9 lo stesso campione con due sensori in più, evidenziati nel cerchio.

Nel primo caso ciò che cambiava dall’analisi a 6 sensori rispetto a quella a 12 era il dettaglio della tomografia. Aumentando il numero di sensori il grafico è più dettagliato (fig. 19-21).

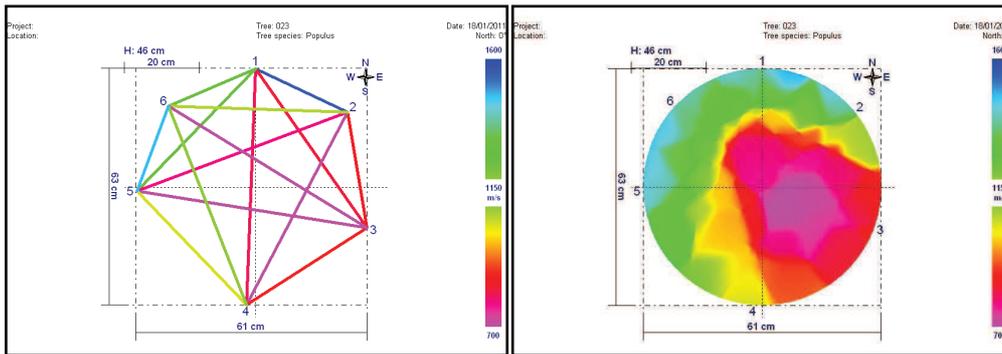


Figura 18-19: grafico “lines” e tomogramma dell’analisi effettuata con 6 sensori.

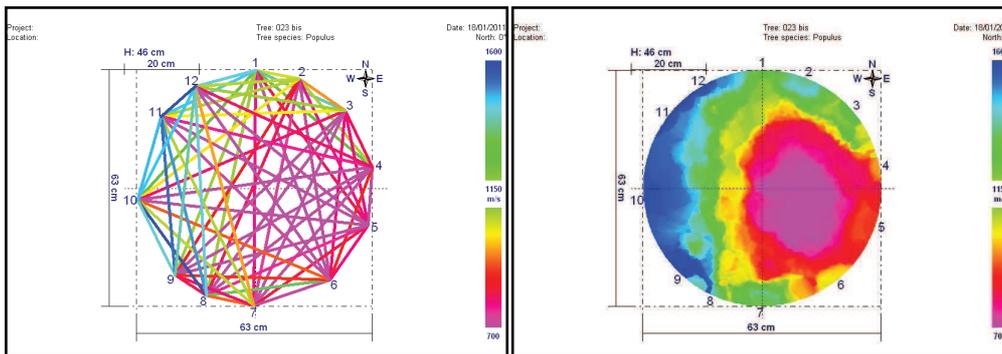


Figura 20-21: grafico “lines” e tomogramma dell’analisi effettuata con 12 sensori.

Come si può notare dalla comparazione tra la figura 19 e la 21, c’è un maggior dettaglio nell’analisi che utilizza un numero doppio di sensori, nella quale compare la zona blu del legno sano e la zona verde in corrispondenza del sensore 7, e quindi l’estensione della zona alterata, quella rossa, è più definita.

Nel secondo caso l’analisi statistica dei dati per mezzo del test T di Student ha messo in evidenza che non ci sono differenze significative tra i valori ottenuti con 10 sensori e quelli con l’analisi con 2 sensori in più. Quindi si può concludere che per questo tipo di sensori non sembra esserci effetto di risonanza.

	1	2	3	4	5	7	8	9	10
6	1595	1613	1468	1183	947	1511	1555	1595	1281
6+11 +12	1459	1666	1470	1237	932	1443	1492	1616	1375

Tabella 7: tabella che esprime i valori di propagazione dell’onda sonora nei sensori interessati dalla prova. Nella prima riga si leggono i valori che partono dal sensore 6 verso tutti gli altri. Nella seconda riga si evidenzia la media dei valori che partono dai sensori 6,7,8 verso tutti gli altri sensori.

Numerosità campione	9	9
Media	1356,1333	1356,6667
Dev. standard	194,0018	228,0679
t		
	0,0053	
gradi di libertà		
	16	
P (livello di significatività)		
	0,9958	

Tabella 8: test T di Student sui dati della tabella 1. Dal confronto tra il valore ottenuto dal test e la tabella dei valori di riferimento del t si evince una non significatività delle differenze tra i valori.

	6	6+11+12
1	1347	1387
2	1483	1520
3	1456	1457
4	1036	1142
5	1254	897
7	1288	1331
8	1400	1348
9	1626	1690
10	1300	1371

Tabella 9: valori di propagazione dell'onda sonora tra tutti i sensori e il sensore 6, nella prima colonna, e tra tutti i sensori e l'insieme del sensore 6 e dei due aggiunti. È un dato contrario rispetto a quello della tabella 1 in quanto si leggono le risposte dei sensori oggetto di prova rispetto a tutti gli altri.

Numerosità campione	9	9
Media	1398,1111	1410,0000
Dev. standard	194,0018	228,0679
t		
	0,1191	
gradi di libertà		
	16	
P (livello di significatività)		
	0,9067	

Tabella 10: analisi statistica per mezzo del T di Student dei dati di tabella 3. Anche in questo caso, confrontando il valore ottenuto con il test con le tabelle di riferimento, si conclude una non significatività tra le differenze dei dati.

Stabilito quindi che i sensori non sembrano soggetti a risonanza e che, a parità di sezione da indagare, si ha un maggior dettaglio con un numero maggiore di sensori, lo scopo era anche quello di testare la veridicità dell'espressione grafica rispetto al vero.

Per fare questo mi sono avvalsa di un *Populus* abbattuto in seguito ad analisi tomografica, presso il Golf Club di Verona.

L'albero presentava estesi disseccamenti alla chioma e cavità al fusto. La tomografia evidenziava una vasta area degradata che partiva dal colletto e si estendeva verso l'alto. L'indagine tomografica era stata fatta al fusto mentre il colletto era stato indagato con Resistograph®. È stato quindi deciso l'abbattimento dell'albero, anche perché in posizione pericolosa, in quanto molto vicina all'area di gioco del campo da golf. La tomografia è stata effettuata anche dopo l'abbattimento, sulla ceppaia. Nelle immagini seguenti il confronto tra quest'ultimo tomogramma e la fotografia della ceppaia. Il sensore che si vede in foto (fig. 23) è quello indicato con il 14 nel tomogramma.

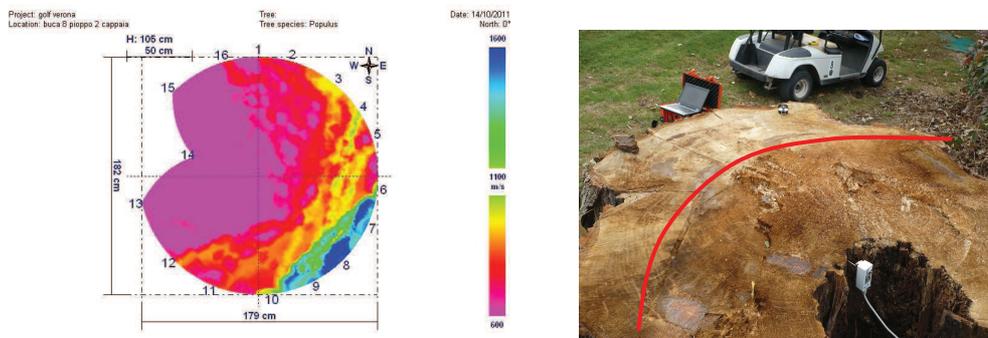


Figura 22-23: tomogramma e fotografia a confronto. Il sensore che si vede nella foto è il 14 del tomogramma.

Dal confronto tra le immagini si evidenzia la corrispondenza tra la zona rosso-fucsia del tomogramma e la zona cariata dell'albero, delimitata dalla linea rossa. La zona gialla-arancio potrebbe essere quella che è sede di processi di avanzamento della carie, dove le caratteristiche fisico-meccaniche del legno sono alterate.

Il grafico, in questo caso, sembra essere molto simile alla situazione reale della sezione del *Populus*.

3.3 Materiali e metodi.

Come scritto in precedenza, lo scopo di questo lavoro era quello di valutare la possibile identificazione di stadi precoci di alterazione e la loro evoluzione in specie adulte.

Per fare questo è stato preso in esame un lungo viale alberato nel comune di Conselice (Ra), viale Guglielma, dove sono presenti 269 *Platanus* in filare.

Nel Settembre del 2010 gli alberi sono stati tutti analizzati con il tomografo sonico. La prova veniva effettuata al colletto utilizzando 6 sensori per tutte le piante. È stato possibile utilizzare un numero uguale di sensori per tutti gli alberi perché questi erano coetanei, e le dimensioni non variavano di molto da individuo a individuo.

Questo accorgimento ci ha permesso di fare un lavoro più spedito: gli alberi erano numerosi, la strada molto trafficata e pericolosa; c'era la necessità di fare un buon lavoro ma in modo veloce e partire con i sensori già preparati e connessi tra loro, staccarli da un albero e attaccarli al successivo, lo rendeva possibile.

I sensori venivano posizionati al colletto il più possibilmente equidistanti tra loro; venivano percossi con il martello dalle sei alle otto volte ciascuno, in modo da eliminare quello che poteva essere l'errore di misurazione, calcolato direttamente dal software.

I grafici ottenuti sono stati poi visionati e analizzati in laboratorio; i tomogrammi ottenuti sono stati divisi in tre classi: la prima comprendeva i grafici completamente blu o blu-verdi, che delineavano la presenza di legno sano o alterazioni leggerissime. La seconda classe evidenziava la presenza di un difetto di intensità moderata mentre la terza classe apparteneva ad alberi con difetti molto gravi, giudicati da abbattere. Nella tabella seguente vengono mostrate le percentuali delle tre classi presenti sul viale.

totale platani	269	%
classe 1	234	87,0
classe 2	28	10,4
classe 3	2	0,7

Tabella 11: riepilogo della situazione del viale.

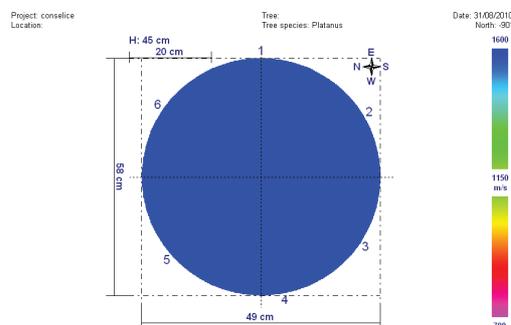


Figura 24: esempio di tomogramma di classe 1.

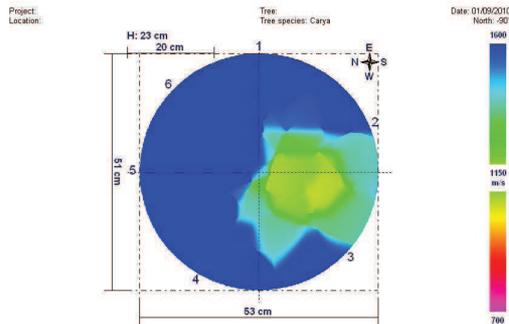


Figura 25: esempio di tomogramma di classe 2.

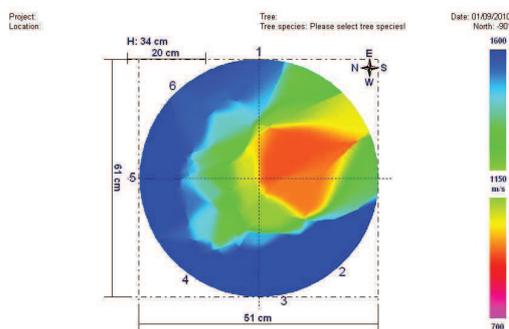


Figura 26: esempio di tomogramma di classe 3.

Nel marzo del 2011 sono state ripetute le prove su 41 alberi dei 267 testati a settembre. I campioni sono stati scelti in base al tomogramma della prima analisi, 35 appartenevano alla prima classe e 6 alla seconda. Taluni nella prima analisi avevano dato un grafico completamente blu, altri un'alterazione di media o piccola entità. Lo scopo era quello di monitorare l'evoluzione del difetto e di definire i primi stadi di alterazione.

Nel giugno successivo furono poi analizzati 38 alberi, di cui 5 di seconda classe e 2 alberi che non erano stati analizzati a marzo.

Un'altra prova doveva essere fatta tra dicembre 2011 e gennaio 2012, ma non è stato possibile effettuarla per una rottura del tomografo sonico.

3.4 Risultati e conclusioni.

I grafici (allegato I) sono stati analizzati per semplice comparazione dei tomogrammi.

- Nel 9% dei campioni il tomogramma è sembrato migliorare nell'analisi di Marzo per poi invece peggiorare a Giugno. Si evidenziava una diminuzione dell'area rossa-gialla nel mese di Marzo, che poi invece aumentava nell'ultima prova.
- Nel 5% dei casi si è avuto un risultato contrastante con il precedente, ovvero il grafico peggiorava nel mese di Marzo.
- Nel 7% dei casi i grafici migliorano con il passare dei mesi. L'area rossa-gialla-verde diminuisce da Marzo a Giugno; ma le differenze tra i grafici sono significative visibilmente.
- Nel 79% dei casi non c'è una differenza visibile tra i tre grafici, tra una prova e l'altra.

Talvolta sembra esserci un'influenza della stagione sul grafico, in quanto nell'analisi effettuata a Marzo si può avere sia un peggioramento che un miglioramento del tomogramma, quindi una variazione. Ma nella maggior parte dei casi non sembra esserci una correlazione tra stagione, e quindi umidità del legno, e tomogramma.

3.5 Il caso del Pioppo sito nel Golf Club Verona.

Il Golf Club di Verona, sito nel comune di Sommacampagna, ha come simbolo un bellissimo esemplare di *Populus*. Un esemplare di notevoli dimensioni, alto circa 22 metri, ha un diametro di 136 cm.



Figura 27: Club House del Golf Club di Verona, con il maestoso esemplare di *Populus*.

L'albero, oltre all'importanza estetica, ha anche un forte ruolo simbolico, ed è per questo che è stato ed è continuamente monitorato nella sua staticità. È situato nel retro della Club House, a pochi passi dal campo pratica. Sul suo fusto sono presenti forti alterazioni, sintomo di un'attività cariogena che comincia al colletto, probabilmente intaccando anche le radici, e prosegue in modo acropeto fino alle branche.



Figura 28-29-30: particolari del fusto del pioppo, ove sono visibili alterazioni.

Lo scopo del lavoro, questa volta, era eseguire un monitoraggio costante delle condizioni dell'albero, per valutare l'evoluzione dell'alterazione interna e le misure da adottare per mantenere in sicurezza l'albero.

Sono state eseguite cinque tomografie al tronco e due al colletto, a partire da Maggio del 2010 fino a Gennaio 2012.

Le analisi sono state effettuate con numeri diversi di sensori, ma sempre alla stessa altezza, e con il primo sensore rivolto a Nord, in modo da avere i grafici sovrapponibili.

Nelle seguenti figure si può apprezzare l'evoluzione dei tomogrammi nel tempo.

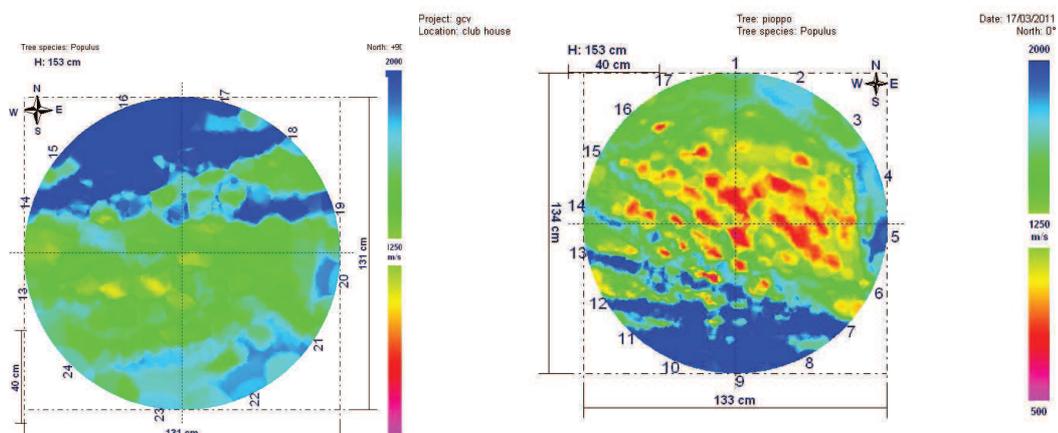


Figura 31-32: grafico relativo a Maggio 2010 e Marzo 2011.

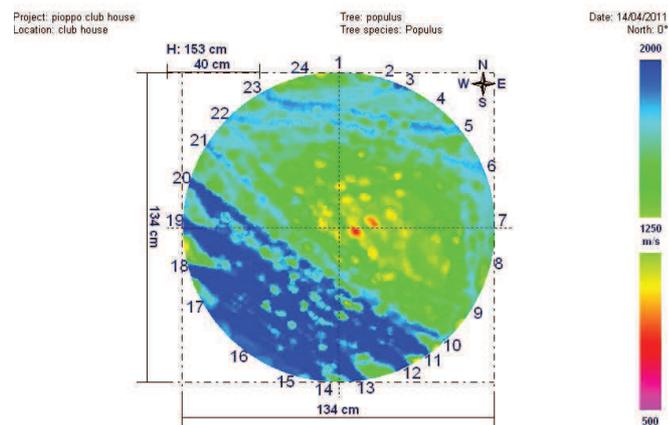


Figura 33: Aprile 2011.

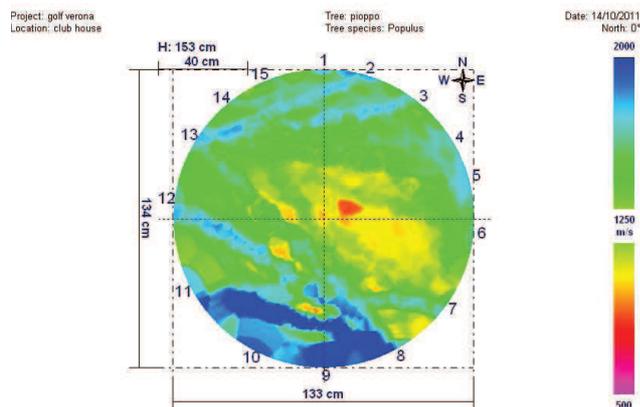


Figura 34: Ottobre 2011.

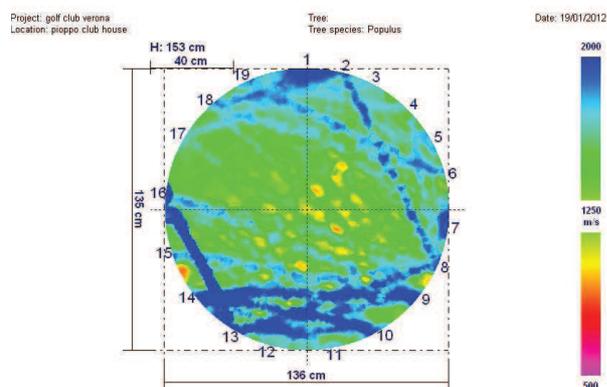


Figura 35: Gennaio 2012

I grafici, al primo sguardo, appaiono abbastanza diversi tra loro. Tuttavia tali differenze possono essere imputate al diverso numero di sensori utilizzati; nel primo caso (fig.31), sono stati utilizzati solo 12 sensori, rispetto ai 15-20 delle altre prove, e probabilmente sono in numero troppo esiguo per tale esemplare; infatti tutti gli altri grafici sono più dettagliati.

Il grafico di Aprile 2011 è simile a quello di Marzo 2011, con la “sola” variazione della maggior quantità di colore rosso, corrispondente a circa 700 m/s. il grafico di Gennaio 2012 sembra essere quello “migliore”, con maggiore percentuale di blu e verde rispetto a tutti gli altri.

Per quanto riguarda le indagini effettuate al colletto, hanno rilevato una situazione alterata, ma, ferma restando la scala di riferimento, il grafico di Gennaio è migliore rispetto a quello di Luglio 2011 (fig. 36-37).

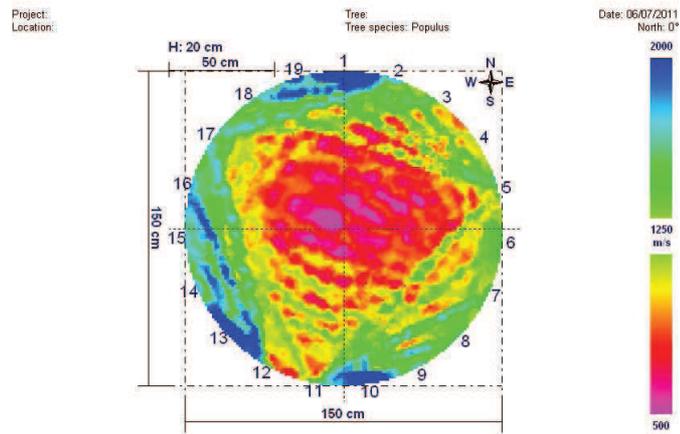


Figura 36: grafico relativo all'indagine effettuata al colletto del pioppo, nel luglio 2011.

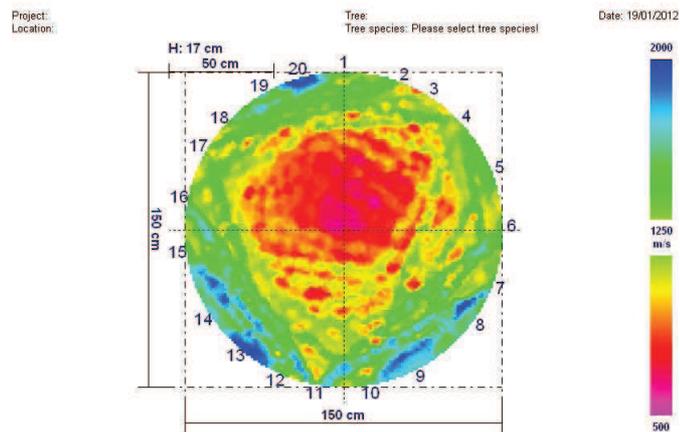


Figura 37: grafico ottenuto nell'indagine al colletto del pioppo nel Gennaio 2012.

Il numero dei sensori in questo caso variava di un solo elemento e i grafici sono molto più sovrapponibili rispetto a quelli ottenuti nelle analisi effettuate al tronco.

Da questa prova si deduce, ancora una volta, che con il diverso numero di sensori varia il grado di dettaglio del risultato.

Come parzialmente dimostrato nell'esperimento di Conselice, anche in questo caso il tomogramma relativo alla prova nel mese di Marzo, è risultato peggiorativo. In questo caso sembrerebbe che l'umidità del legno e forse anche le temperature influiscano sulla propagazione delle onde sonore all'interno del legno.

4. VALUTAZIONE DELL'USO DEL TOMOGRAFO SONICO PER EVIDENZIARE LA TRASLOCAZIONE DI FLUIDI ALL'INTERNO DELLA PIANTA, INIETTATI CON METODI ENDOTERAPICI.

4.1 Introduzione.

In ambito urbano il verde pubblico è considerato un patrimonio collettivo, al quale tutti i cittadini tengono in modo particolare. I piccoli o grandi parchi, le alberature stradali, sono spesso l'unico elemento naturale che migliora la qualità della vita delle persone.

Purtroppo, però, in città le piante sono più suscettibili alle avversità biotiche, in quanto vivono costantemente sotto stress. Essendo indebolite dall'ambiente circostante, si possono notare spesso manifestazioni parassitarie che possono richiedere o meno un pronto intervento da parte dell'uomo.

In alcuni casi si parla di patologie per cui non sono disponibili mezzi di intervento, come nel caso del cancro colorato del platano, in altri casi, invece, i tecnici devono intervenire con mezzi e metodi adeguati all'ambiente in cui si opera, per garantire efficacia contro il bersaglio e minima dispersione nell'ambiente di preparati antiparassitari.

In ambiente urbano sono presenti alberi molto alti, in posizioni prossime alle abitazioni o comunque posti in zone ad alta fruizione pubblica. È per questi motivi che i metodi tradizionali con i quali vengono trattate le chiome degli alberi (aspersione alla chioma), in questi ambienti non possono essere utilizzati, o sono addirittura vietati.

Per far fronte al problema delle patologie o delle infestazioni, si sono sviluppate varie metodologie di distribuzione dei prodotti, tra le quali le applicazioni endoterapiche.

L'endoterapia si basa sul principio per cui, introducendo una sostanza caratterizzata da proprietà sistemiche direttamente nel tronco o nelle radici, questa si ridistribuisce nella chioma attraverso il sistema vascolare della pianta (Vai, 2000).

In ambiente urbano, con le tecniche endoterapiche, si riesce a far fronte a molte problematiche, quali *Corythuca ciliata* del platano, *Cameraria ohridella* e *Guignardia aesculi* su ippocastano, processionaria del pino, afidi del tiglio, difficilmente controllabili con altri sistemi.

I vantaggi offerti dall'endoterapia sono:

- la maggiore efficacia rispetto ai metodi tradizionali di distribuzione dei fitofarmaci, in quanto questi ultimi non sono soggetti a dilavamento da parte delle piogge,
- una prolungata persistenza d'azione, che permette di effettuare i trattamenti anche ad anni alterni,
- la possibilità di ridurre le dosi di applicazione dei fitofarmaci e una minore dispersione degli stessi nell'ambiente.

I trattamenti endoterapici si possono suddividere in due categorie, in base alle modalità di introduzione del prodotto nella pianta:

- iniezioni ad assorbimento naturale;
- iniezioni a pressione o a micropressione.

La prima categoria di metodi sfrutta la normale capacità che la pianta ha di assimilare le sostanze. La strumentazione è costituita da sacche, contenitori sigillati contenenti la sostanza da immettere nell'albero, e condotti che portano il liquido ai gocciolatori, che vanno inseriti, tramite fori effettuati col trapano, nel tronco. Il liquido arriva ai gocciolatori per gravità, quindi la sacca deve essere posta a circa 2 m da terra. La capacità di assorbimento della pianta, in questo caso, è fortemente influenzata dalle condizioni di luminosità, ventosità, umidità relativa e temperatura, oltre che dalle condizioni fitosanitarie e dalla fase fenologica dell'albero. In altre parole è influenzata dalla capacità della pianta di traspirare.

I metodi a pressione, invece, prevedono l'introduzione forzata del liquido all'interno della pianta. Il liquido viene prelevato da un serbatoio, tramite una pompa o aria compressa, e arriva sotto pressione ai condotti di distribuzione, collegati agli iniettori. La pressione di esercizio può essere variabile, si va dai 0,5-2 bar per il metodo Arboprof[®] (fig. 38) ai 4 bar del metodo Arborjet[®] (fig. 39-40). In questo caso l'influenza della traspirazione sulla penetrazione del liquido nell'albero, è minore, ma rimane fondamentale nella sua entrata in circolo.



Figura 38: ArboProf®. La strumentazione è composta dal serbatoio contenente il liquido da iniettare e aria compressa, la quale spinge il liquido nelle otto condutture che portano agli ugelli da inserire nel o nei tronchi.



Figura 39-40: Arborjet®. È composto da una cintura contenete tre piccoli serbatoi, uno contiene il prodotto da iniettare e gli altri l'aria compressa. Tali serbatoi sono collegati ad una pistola. L'operatore, dopo aver praticato il foro sul tronco vi inserisce un plug, un tassello contenente una membrana, con l'ausilio di un martello (foto 40). La membrana viene forata dall'ago della pistola al momento dell'iniezione, e quando l'operazione è conclusa e si estrae lo strumento, la membrana si richiude, impedendo l'entrata di parassiti o patogeni.

Per i metodi a micropressione si parla di capsule pressurizzate, il cui ugello viene fatto entrare nel foro praticato con un trapano sul tronco. Le capsule possono essere usa e getta (metodo Mauget®, fig. 41) oppure riutilizzabili (Arbocap®, fig. 42). Il liquido viene spinto all'interno del tronco grazie a una molla caricata dall'operatore. Anche in questo caso, dato

che la pressione di esercizio è bassa, si parla infatti di 0,5 bar, l'assorbimento da parte della pianta è influenzato dalle condizioni atmosferiche e fisiologiche in cui si trova la pianta.



Figura 41: capsule Mauget[®], monouso.



Figura 42: capsula Arbocap[®].

Per tutti i metodi sopraelencati il foro deve essere fatto, al tronco o al colletto, con un trapano, utilizzando preferibilmente punte per acciaio e non per legno, in quanto lasciano il foro più libero dai trucioli. Il numero dei fori necessari per la riuscita dell'intervento varia a seconda della specie, del diametro e delle caratteristiche morfologiche della pianta. Gli interventi vanno sempre fatti su piante non morenti o comunque non completamente compromesse; è bene infatti ricordare che per la riuscita dell'intervento la linfa deve circolare bene all'interno del sistema albero. Se la pianta è in forte stato di sofferenza o presenta troppi disseccamenti apicali, l'intervento potrebbe essere inutile. Il foro va effettuato sul tronco, in corrispondenza di grosse branche, e successivamente all'applicazione del fitofarmaco il foro deve essere disinfettato o coperto con un tappo di amido, per evitare possibili infezioni.

Per questo sistema di cura delle piante devono essere utilizzati solamente fitofarmaci che riportino in etichetta la possibilità dell'uso endoterapico, alle dosi consigliate, per evitare problemi di fototossicità.

Per evitare di fare più danni che benefici all'esemplare trattato con questa tecnica, è bene non utilizzare pressioni elevate, per evitare di danneggiare i vasi linfatici.

In questo lavoro è stato utilizzato il metodo Arbocap[®] per iniettare diverse sostanze nelle piante oggetto di indagine; successivamente veniva fatta una tomografia sonica nel tronco per valutare i movimenti di tali liquidi nel tronco.

4.2 Materiali e metodi.

Nell'estate del 2010, nel Vivaio Comunale di Bologna, sono state effettuate le prime prove sulla traslocazione di liquidi.

Inizialmente, grazie ad un aiuto esterno, non avendo il Dipartimento nessuna strumentazione endoterapica, è stato usato un Arborjet[®].

I test sono stati eseguiti su tigli di circa 10-12 anni di età, molto vicini tra loro, nei quali veniva iniettata solamente acqua oppure una miscela di acqua e fucsina.

Sono state scelte queste sostanze per non sprecare alcun principio attivo, ben consapevoli del loro costo. La fucsina è una sostanza colorante organica molto usata in biologia per la colorazione cellulare, dalla consistenza leggermente più densa dell'acqua. Ed è proprio per la sua diversa densità che è stata scelta per la prova.

Dopo la scelta dei campioni da trattare, veniva loro fatta una tomografia sonica tridimensionale (utilizzando più anelli di sensori) sul fusto. Veniva poi praticato il foro con un trapano a batteria e inserito il plug con l'aiuto di un martello.

Dopo l'iniezione di circa 20 cc di acqua o acqua e fucsina si ripeteva l'indagine tomografica a diverse cadenze di tempo.

Il numero totale delle indagini svolte al vivaio comunale di Bologna sono state sei, ovvero due a Maggio, due a Giugno e due a Luglio del 2010 con due o tre repliche a seconda della prova.



Figura 43-44: a sinistra il momento dell'apertura del foro dopo la prima tomografia sonora. A destra il particolare del plug inserito sul tronco, tra i sensori.

In seconda analisi, dopo aver esaminato i risultati della prova sopracitata, è stata fatta un'ulteriore indagine su un albero di maggiori dimensioni.

Nel parco sperimentale di Villa Cuccoli-Borra (Monte San Pietro, Bologna) la prova è stata effettuata su un platano di grandi dimensioni, effettuando una tomografia a due livelli, sopra e sotto il punto di iniezione. In questo caso è stata iniettata solamente acqua. L'indagine tomografica è stata eseguita subito prima e subito dopo l'iniezione endoterapica, effettuata con metodo Arbocap[®] (fig. 45).



Figura 45: fotografia che mostra la porzione del tronco di platano indagato nella prova di Villa Cuccoli. I sensori erano stati posti in un doppio anello, per effettuare un'analisi tridimensionale. In evidenza della foto la capsula Arbocap[®] posta tra i due anelli.

4.3 Risultati e conclusioni.

Nelle prove effettuate a Maggio 2010 è stata iniettata, con metodo Arborjet[®], acqua in un esemplare di tiglio, e una miscela di acqua e fucsina in un altro esemplare.

La tomografia è stata effettuata in tre ripetizioni successive: subito dopo l'intervento, a una e due ore di distanza.

I tomogrammi sembrano evidenziare una diminuzione delle velocità di propagazione del suono, come conseguenza dell'iniezione, come dimostrano i grafici sottostanti (fig. 46-51).

Successivamente a questo tipo di prova, dopo l'analisi dei risultati, si è deciso di eliminare l'analisi tomografica dopo un'ora dall'iniezione, in quanto il risultato ottenuto in questa indagine è sembrato essere molto simile a quello ottenuto a due ore dall'iniezione.

Per validare le analisi c'era la necessità di avere più repliche, quindi, nelle prove effettuate a Giugno, sono stati presi in esame due tigli per ogni trattamento.

In questo caso, mentre il trattamento con acqua non mostrava differenze visibilmente significative tra i tomogrammi ottenuti subito dopo e dopo 2 ore dall'iniezione, si evidenziava una diminuzione della velocità di propagazione delle onde sonore con il trattamento di fucsina (figure 52-55 per le prove con acqua e 56-59 per le prove con fucsina).

Un'ulteriore sperimentazione è stata effettuata a Luglio 2010, utilizzando, questa volta, solo acqua e aumentando il numero di repliche.

Nelle tre repliche l'indagine tomografica veniva effettuata prima dell'iniezione, subito successivamente all'intervento e un quarto d'ora dopo. In questo modo si cercava di valutare la visibilità del movimento dell'acqua nei primi minuti dopo l'iniezione. In questo caso, a parte la prima replica in cui sembra esserci un viraggio di colore verso il blu con il passare dei minuti, non si hanno variazioni considerevoli (figure 60-68).

Alla fine di Luglio un'ultima prova è stata effettuata sempre con acqua su due piante, che venivano indagate prima dell'iniezione e successivamente dopo 15, 60, 120 minuti. Quest'ultima tomografia veniva effettuata anche in posizione più alta rispetto alle prime, per valutare il movimento del fluido nel tronco (figure 69-78).

In questo caso sembra esserci una diminuzione della velocità del suono nel punto di iniezione; nel primo albero sembra esserci persino la traccia del viaggio dell'acqua verso l'alto, visibile con la macchia fucsina sul tomogramma di fig 73.

Di seguito i grafici delle prove: maggio (fig 46-51), giugno (fig. 52-59), luglio (60-78).

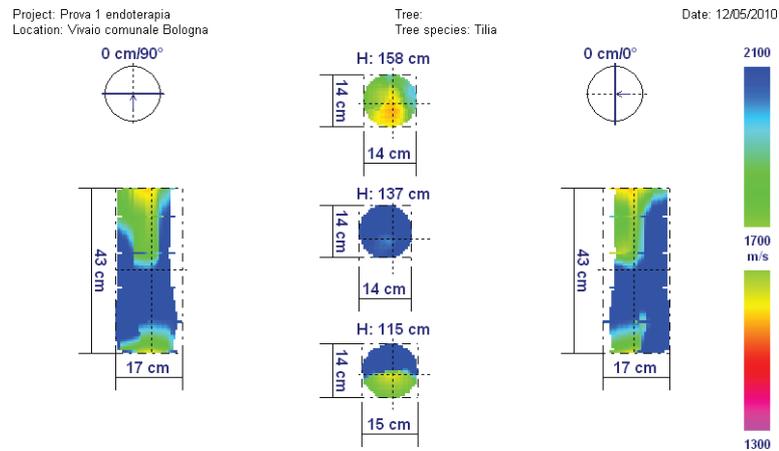


Figura 46: tomogrammi in tre dimensioni ottenuti subito dopo l'iniezione di fucsina nel taglio.

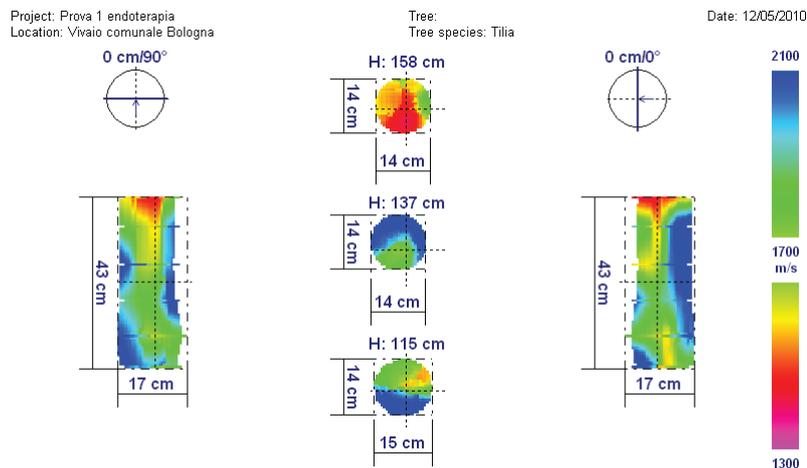


Figura 47: tomogrammi in tre dimensioni ottenuti dopo un'ora dall'iniezione di fucsina. Si nota un abbassamento della velocità di propagazione del suono andando verso l'alto nel tronco.

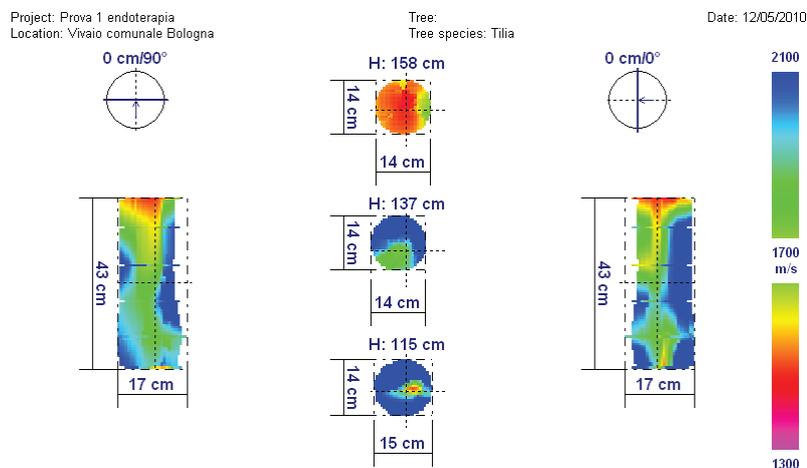


Figura 48: tomogramma in tre dimensioni ottenuto dopo 2 ore dall'iniezione di fucsina. Il risultato è paragonabile a quello di figura 40.

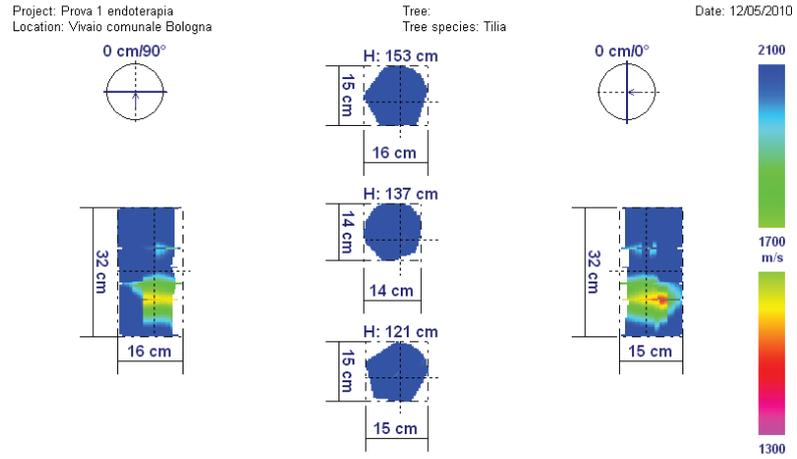


Figura 49: tomogrammi in tre dimensioni ottenuti subito dopo l'iniezione di acqua neliglio.

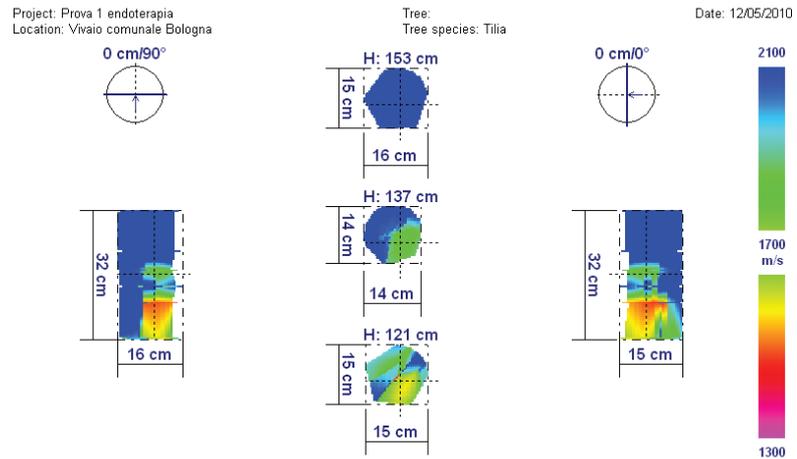


Figura 50: tomogrammi in tre dimensioni ottenuti dopo un'ora dall'iniezione di acqua. A livello del punto di iniezione si verifica una diminuzione della propagazione della velocità del suono.

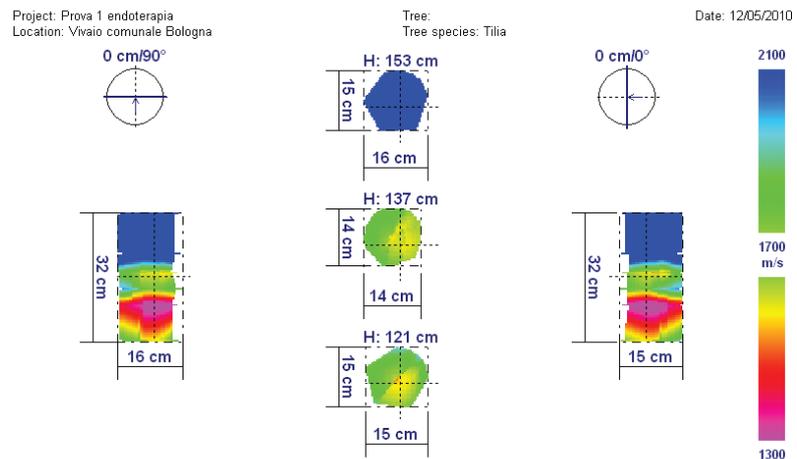


Figura 51: tomografia in tre dimensioni effettuata dopo due ore dall'iniezione. Anche qui è ben visibile un viraggio di colore verso il fucsia in corrispondenza del punto di iniezione.

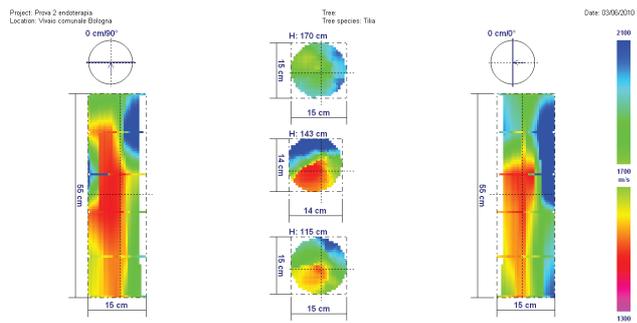


Figura 52: tomogramma in tre dimensioni ottenuto subito dopo l'iniezione di acqua nel primo taglio.

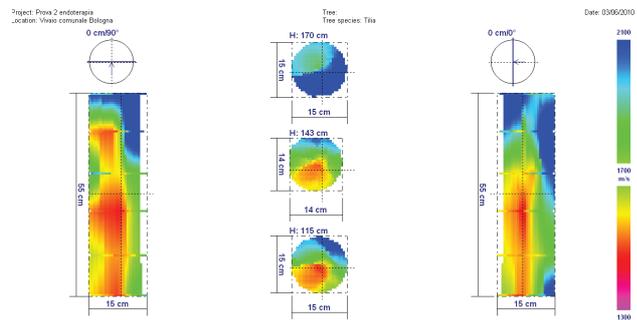


Figura 53: tomogramma in tre dimensioni ottenuto due ore dopo l'iniezione di acqua nel primo taglio.

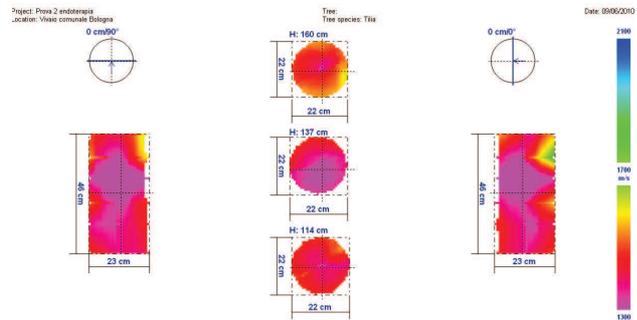


Figura 54: tomogramma in tre dimensioni ottenuto subito dopo l'iniezione di acqua nel secondo taglio.

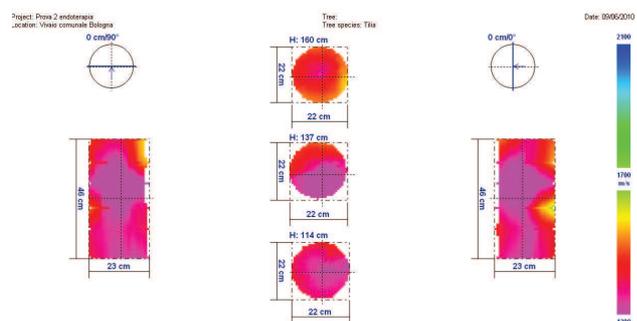


Figura 55: tomogramma in tre dimensioni ottenuto due ore dopo l'iniezione di acqua nel secondo taglio.

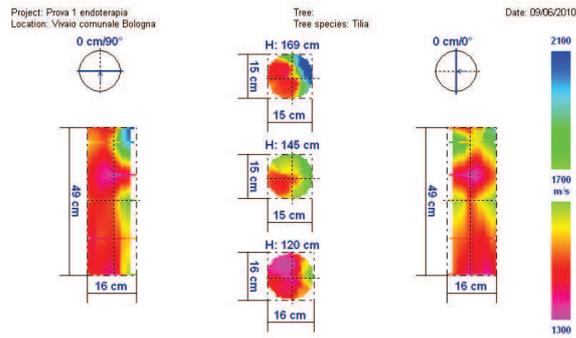


Figura 56: tomogramma in tre dimensioni ottenuto subito dopo l'iniezione di fucsina nel primo taglio.

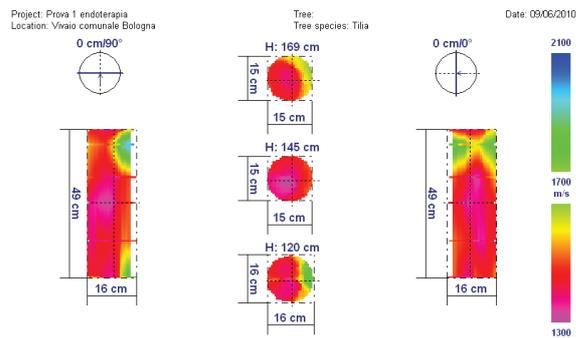


Figura 57: tomogramma in tre dimensioni ottenuto dopo due ore dall'iniezione di fucsina nel primo taglio.

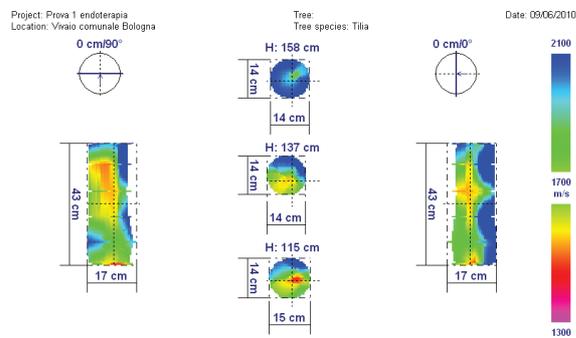


Figura 58: tomogramma in tre dimensioni ottenuto subito dopo l'iniezione di fucsina nel secondo taglio.

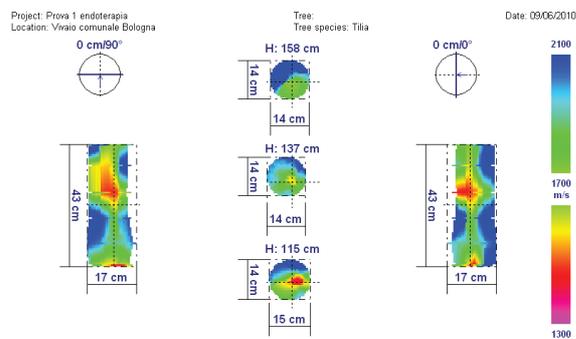


Figura 59: tomogramma in tre dimensioni ottenuto dopo due ore dall'iniezione di fucsina nel secondo taglio.

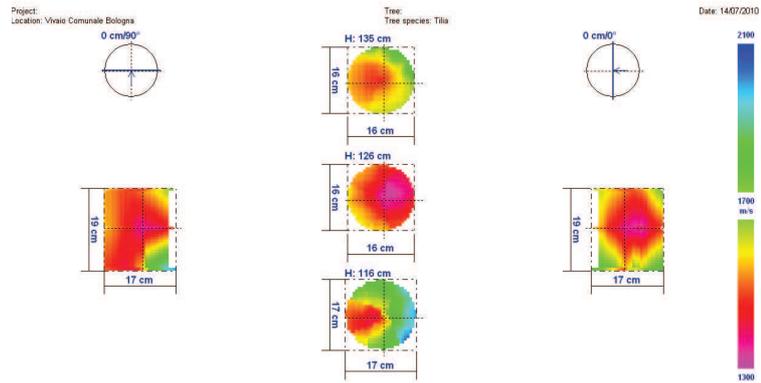


Figura 60: tomogramma in tre dimensioni effettuato prima dell'iniezione di acqua nel primo taglio.

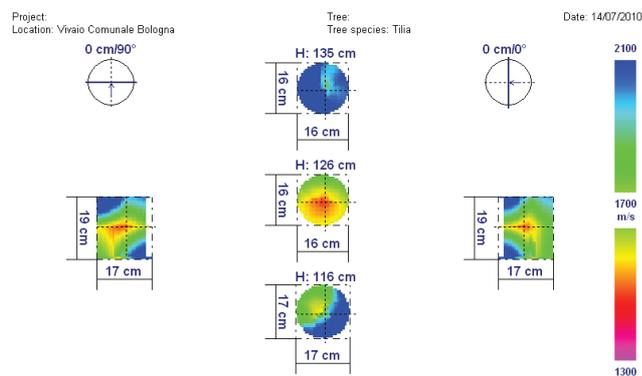


Figura 61: tomogramma in tre dimensioni effettuato subito dopo l'iniezione di acqua nel primo taglio.

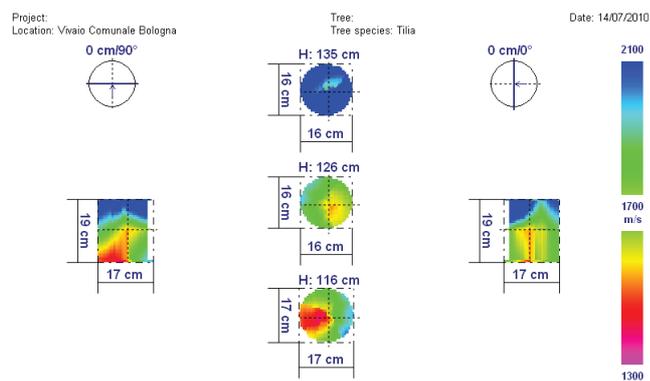


Figura 62: tomogramma in tre dimensioni effettuato 15 minuti dopo l'iniezione di acqua nel primo taglio.

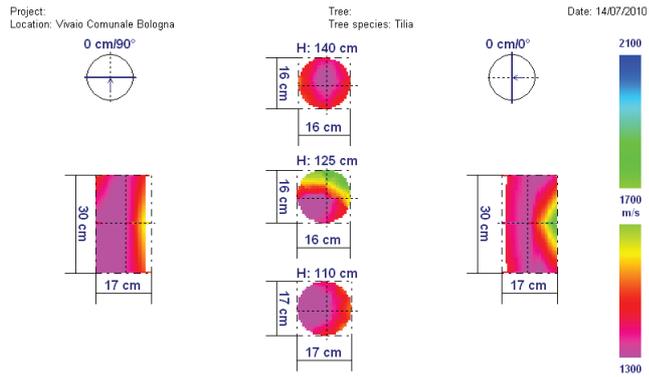


Figura 63: tomogramma in tre dimensioni effettuato prima dell'iniezione di acqua nel secondo taglio.

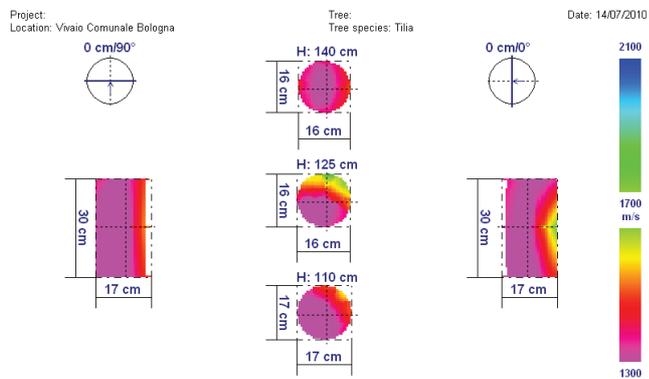


Figura 64: tomogramma in tre dimensioni effettuato subito dopo l'iniezione di acqua nel secondo taglio.

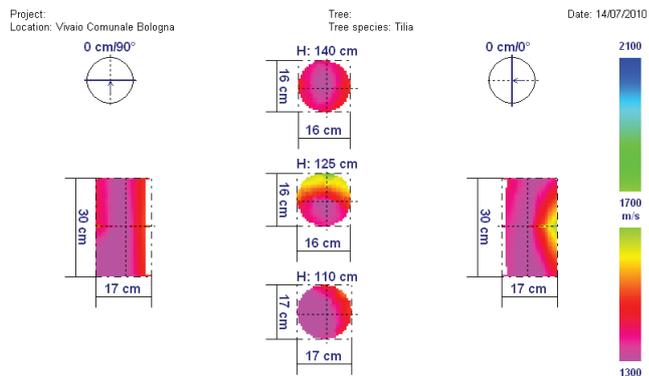


Figura 65: tomogramma in tre dimensioni effettuato 15 minuti dopo l'iniezione di acqua nel secondo taglio.

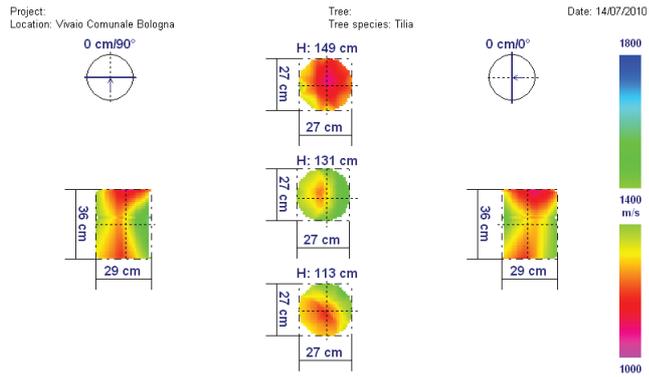


Figura 66: tomogramma in tre dimensioni effettuato prima dell'iniezione di acqua nel terzo taglio.

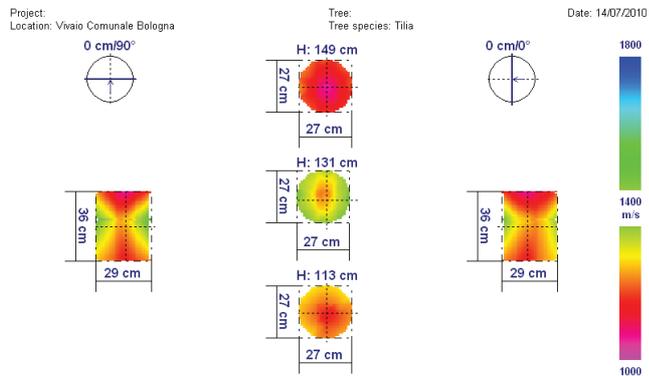


Figura 67: tomogramma in tre dimensioni effettuato subito dopo l'iniezione di acqua nel terzo taglio.

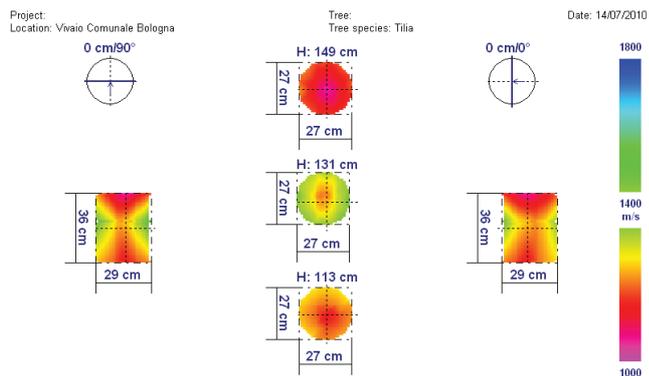
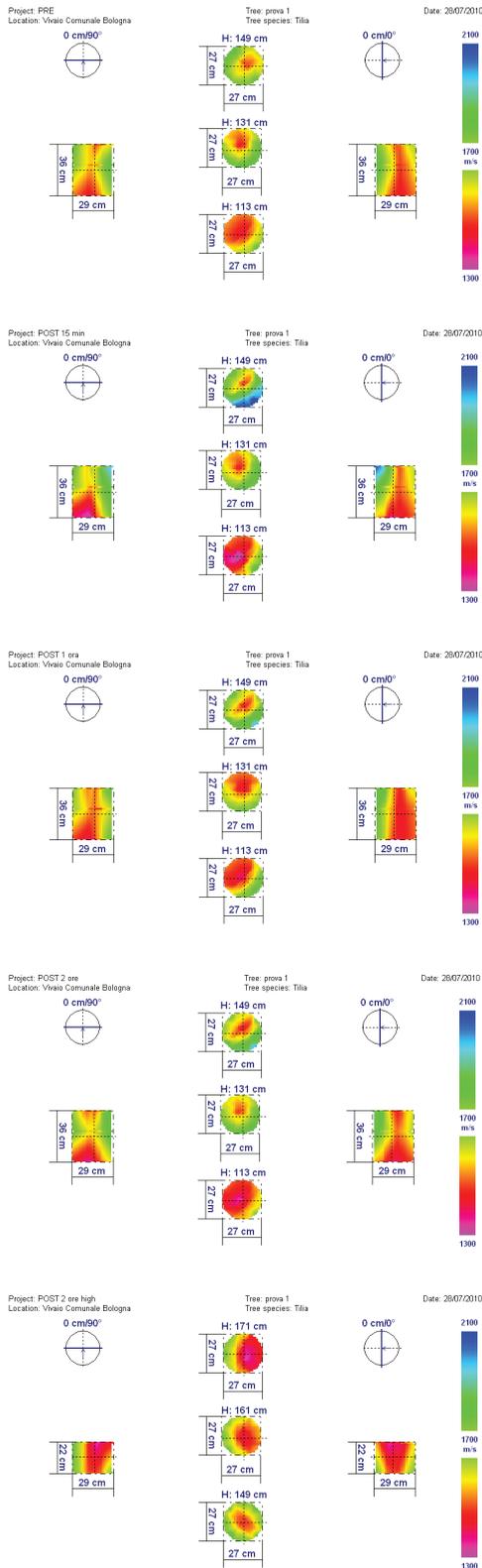


Figura 68: tomogramma in tre dimensioni effettuato 15 minuti dopo l'iniezione di acqua nel terzo taglio.

Figura 69-73: ultima prova di Luglio.

Dall'alto verso il basso sono i tomogrammi relativi al primo taglio effettuato prima dell'iniezione, e a cadenza di 15, 60, 120 minuti. L'ultimo grafico è stato effettuato in posizione più alta rispetto agli altri. Sembra evidenziarsi una debole diminuzione della propagazione della velocità dell'onda sonora. Nell'ultimo grafico sembra esserci una indicazione del "viaggio" compiuto dall'acqua verso l'alto, è visibile infatti una macchia fucsia nella parte alta del grafico.



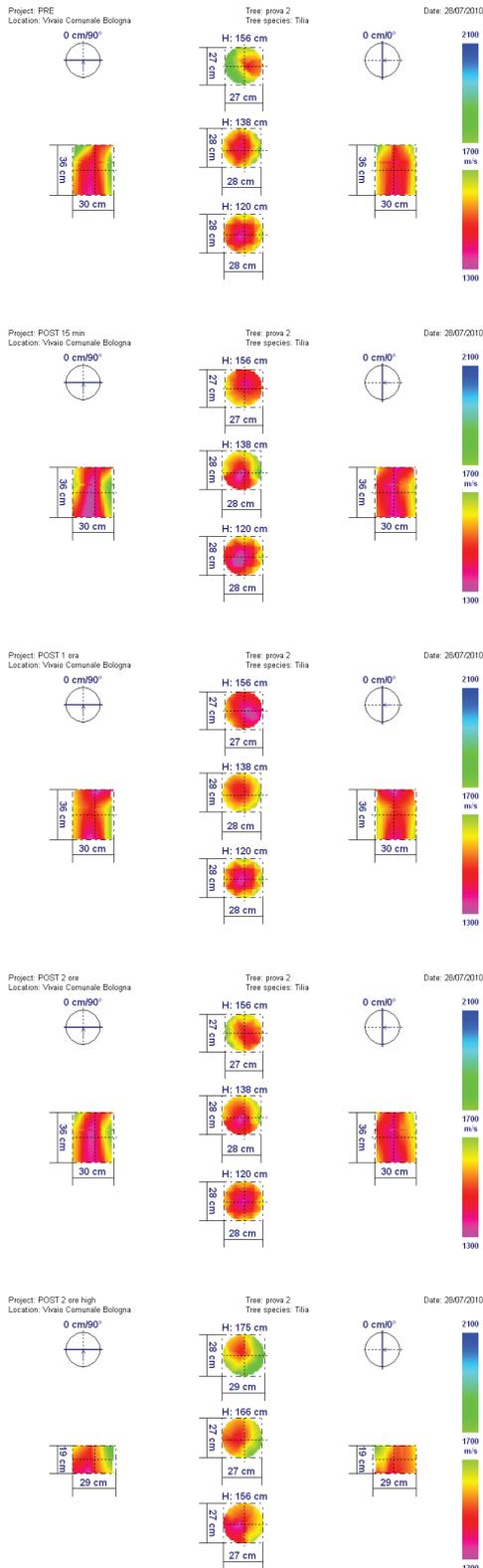


Figura 74-78: ultima prova di Luglio.
 Dall'alto verso il basso sono i tomogrammi relativi al secondo taglio effettuati prima dell'iniezione, e a cadenza di 15, 60, 120 minuti. L'ultimo grafico è stato effettuato in posizione più alta rispetto agli altri. Sembra evidenziarsi una debole diminuzione della propagazione della velocità dell'onda sonora. La macchia fucsia sembra andare verso l'alto per poi sparire negli ultimi due grafici, nei quali le sezioni più alte ritornano ad avere delle zone verdi e gialle.

Dai risultati ottenuti nelle prove effettuate nel vivaio comunale di Bologna, è apparsa una variazione di colore dei grafici in seguito all'iniezione. Sembra esserci, infatti, una progressiva diminuzione della velocità dell'onda sonora in seguito all'iniezione di acqua. Tuttavia i dati sono confusi e poco significativi. Non è chiaro infatti un vero e proprio profilo di movimento del fluido, la differenza della velocità tra prima e dopo non è così evidente.

Questo poteva essere dovuto alle scarsi attitudini del tomografo sonico di valutare questo tipo di proprietà, oppure a motivazioni ambientali.

Ricordiamo, infatti, che le prove sono state effettuate su alberi giovani, di piccolo diametro, che normalmente non andrebbero trattate con endoterapia. Inoltre gli alberi erano sistemati molto vicini gli uni agli altri; la vicinanza ha provocato una filatura della chioma e un suo scarso sviluppo, caratteristica che altera la normale traslocazione di fluidi all'interno della pianta.

Nella primavera del 2011 si è deciso di ripetere la prova su un albero adulto con chioma libera, situato nel parco di Villa Cuccoli, in comune di Monte San Pietro, sulle colline Bolognesi.

È stata fatta una tomografia tridimensionale prima e dopo l'iniezione, effettuata questa volta con il metodo Arbocap[®].

Le immagini seguenti rappresentano i risultati ottenuti da tale prova: la figura 79 mostra le due sezioni di fusto indagate con il tomografo prima dell'iniezione, dove le frecce azzurre identificano le zone interessate dalla pratica endoterapica. Il foro, infatti, è stato praticato tra i due livelli di sensori, in corrispondenza della porzione tra i sensori 2 e 3, per il livello più basso, e 14 per il livello superiore. L'immagine 80 è stata ottenuta dopo che la capsula Arbocap[®] si era completamente svuotata dal liquido.

Per facilitare la comprensione del risultato sono riportati anche in fig. 81 e 82, i particolari dei grafici.

Analizzando le immagini dei particolari si mostra un apparente innalzamento dei valori di velocità del suono sotto l'iniezione e una diminuzione di tali valori, già riscontrati nelle prove effettuate al vivaio comunale, nella parte sopra l'iniezione.

In questo caso, seppur con variazioni minime e non molto significative, si conferma che all'iniezione di acqua corrisponde una variazione in termini di diminuzione, dei valori di velocità del suono.

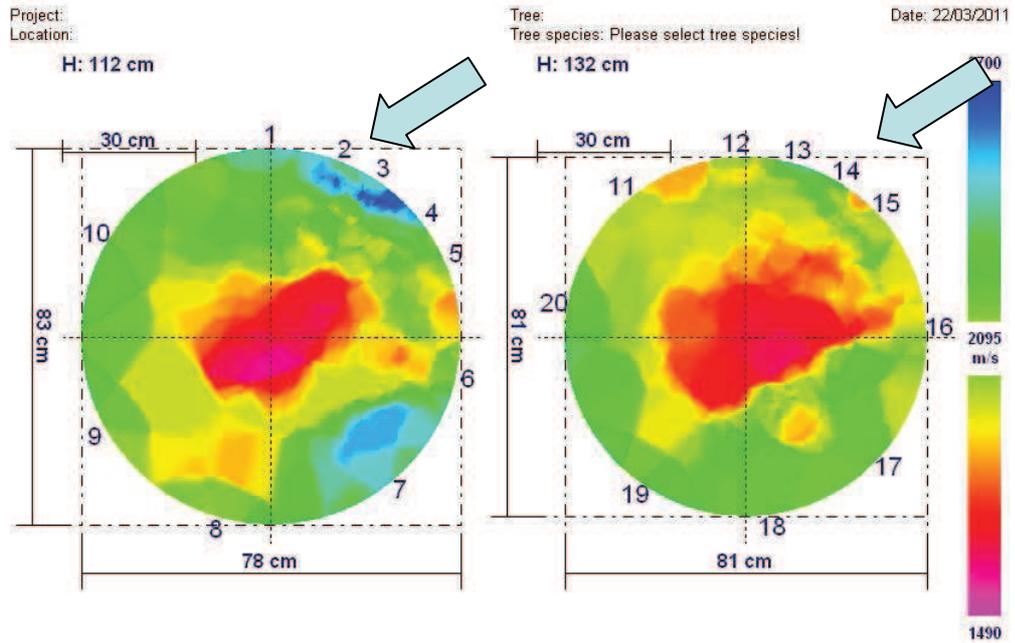


Figura 79: tomogramma ottenuto prima dell'iniezione, nel platano di Villa Cuccoli.

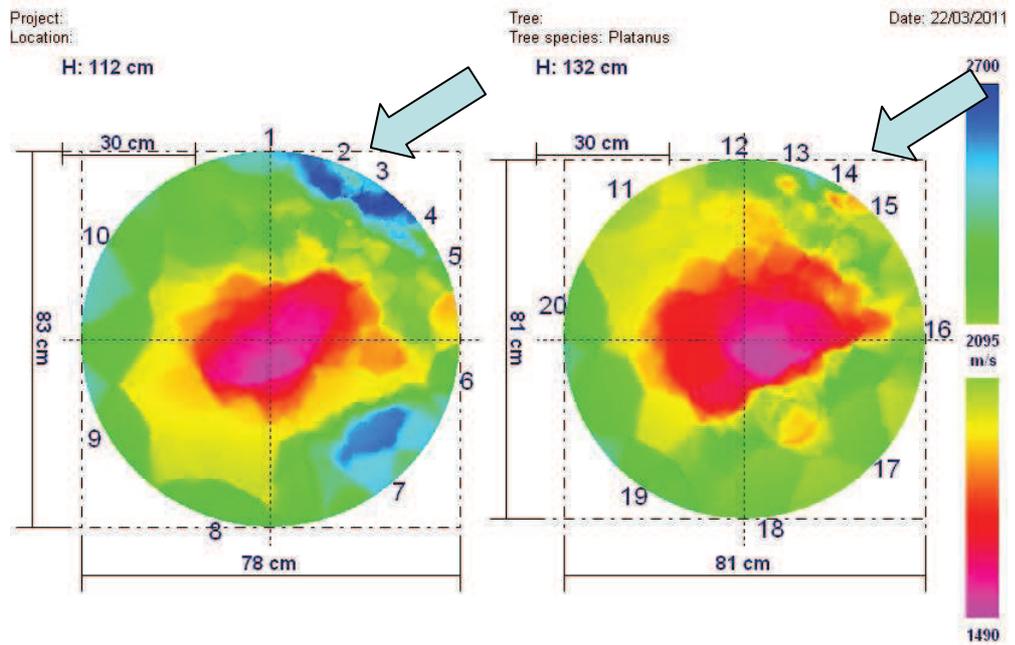


Figura 80: tomogramma ottenuto ad iniezione avvenuta, sul platano di Villa Cuccoli.

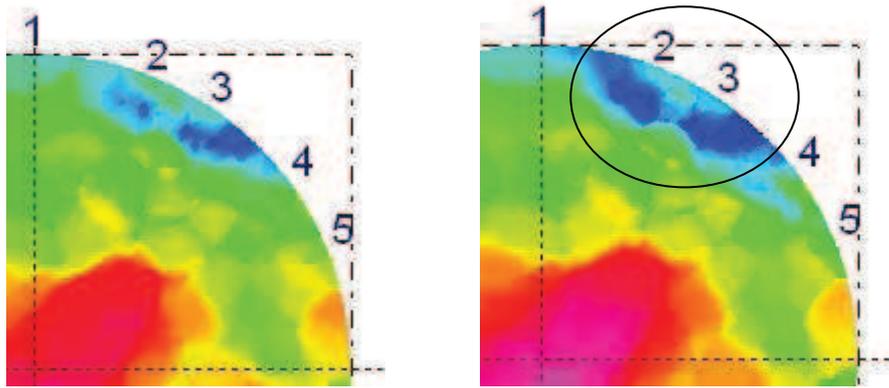


Figura 81: particolare della tomografia del primo livello, sotto il punto di iniezione; a sinistra prima dell'iniezione e a destra dopo. Il cerchio evidenzia la zona interessata dal cambiamento di colore.

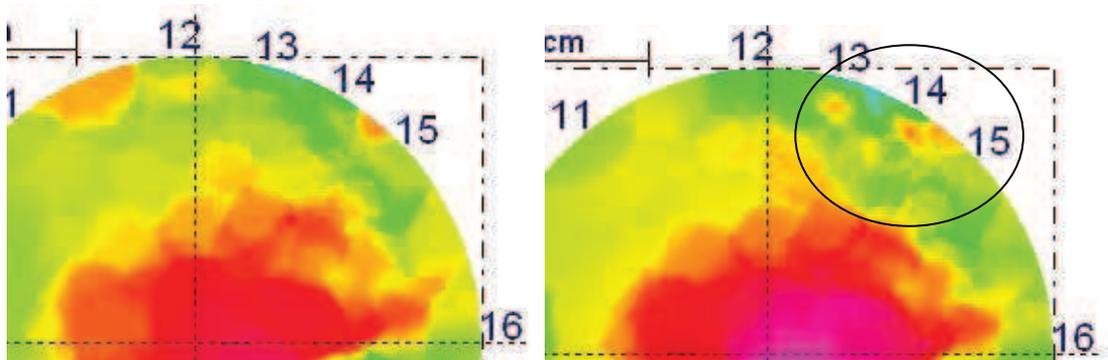


Figura 82: particolare della tomografia del secondo livello, sopra il punto di iniezione; a sinistra prima dell'iniezione e a destra dopo. Nel cerchio si evidenzia la zona interessata dalle variazioni di colore.

La traslocazione di un fluido sembra visibile con il tomografo sonico, tuttavia le variazioni dei grafici tra prima e dopo l'iniezione, sono poco significative.

Si riscontra, in media, una diminuzione dei valori di velocità del suono dopo l'iniezione di acqua.

Per ottimizzare la prova si potrebbe pensare di usare un fluido più denso, le cui capacità acustiche siano molto diverse da quelle del legno umido; tali sostanze potrebbero essere oli o gli stessi prodotti chimici utilizzabili in endoterapia.

5. COMPARAZIONE TRA TOMOGRAFIA SONICA E RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE.

5.1 Introduzione.

Esistono patologie che colpiscono gli alberi che sono invisibili ai normali strumenti utilizzati per l'analisi della stabilità.

Una di queste è quella provocata da *Splanchnonema platani* (anamorfo: *Macrodiploidiopsis desmazieresii*), un ascomicete che era conosciuto in Nord America come saprofita. Giunto in nord Europa, è stato segnalato in Germania, Inghilterra, Olanda e Francia, dove provoca infezioni sulle branche. Inizialmente, quindi, attaccava solo alberi deperiti, con la successiva evoluzione ha cominciato ad interessare anche alberi sani, comportandosi da parassita.

Provoca una colorazione rosata nella parte superiore delle branche, che poi assumerà sfumature nerastre, interessando anche la parte interna della struttura. Le fibre si degradano, così come le pareti cellulari. L'episodio finale della patologia è la rottura della branca, che avviene in modo improvviso, dopo poche settimane dall'infezione.

Questa patologia può essere considerata simile alla carie soffice, dove la lignina rimane pressoché intatta, mentre vi è una forte degradazione della cellulosa e dell'emicellulosa.

I suoi sintomi non sono comunemente visibili con le normali operazioni di manutenzione e ispezione, in quanto interessano solamente la parte superiore delle branche, nella loro inserzione al tronco, e sono quindi invisibili al tecnico che osserva dal basso.

In Germania ha provocato grossi danni sulle alberature urbane, ed essendo arrivata anche qui in Italia, è bene prendere le dovute misure di precauzione per tutelare la pubblica incolumità.

È una patologia grave e ancora sconosciuta, ma soprattutto non è riscontrabile con le strumentazioni che si usano per la valutazione morfo-sintomatica delle alberature. Infatti né il resistograph® né il tomografo sonico riescono a identificare differenze tra il legno sano e il legno malato.

Con questa prova è stata testata la risonanza magnetica come metodo di individuazione di questa patologia.

5.2 Materiali e metodi.

Nel maggio 2011 è arrivata al Dipartimento di Colture Arboree, tramite il comune di Bologna, una segnalazione riguardante la caduta di una branca di platano sui viali di circonvallazione della città.

L'albero in questione era un maestoso esemplare di Platano, sito in un giardino privato, alto circa 20 m. La chioma si presentava libera e sana, sul tronco e sulle branche, da terra, non si manifestavano evidenti sintomi di sofferenza o squilibrio (fig. 83).

Durante il sopralluogo, grazie all'uso di un cestello, sono state notate anomalie nella parte superiore (nascoste all'occhio di chi guarda da terra) delle branche vicine a quella schiantata (fig. 84).

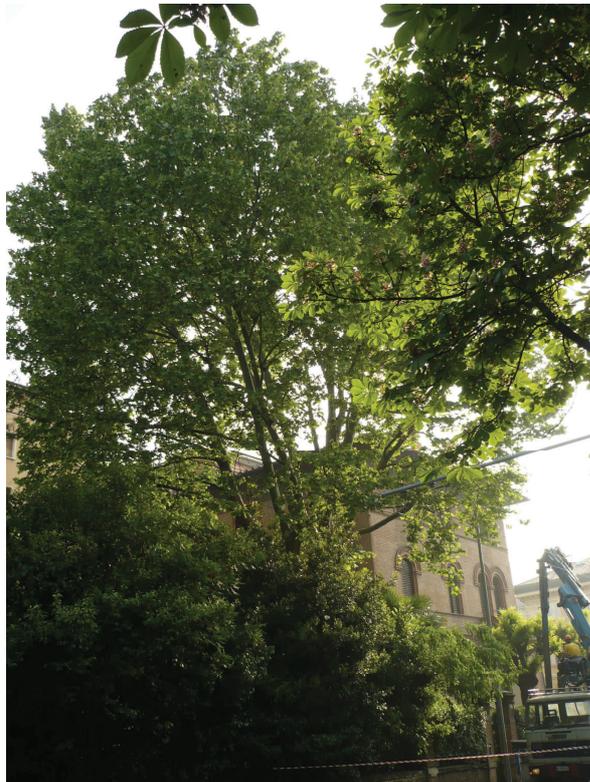


Figura 83: Platano interessato da *Splanchnonema platani*.

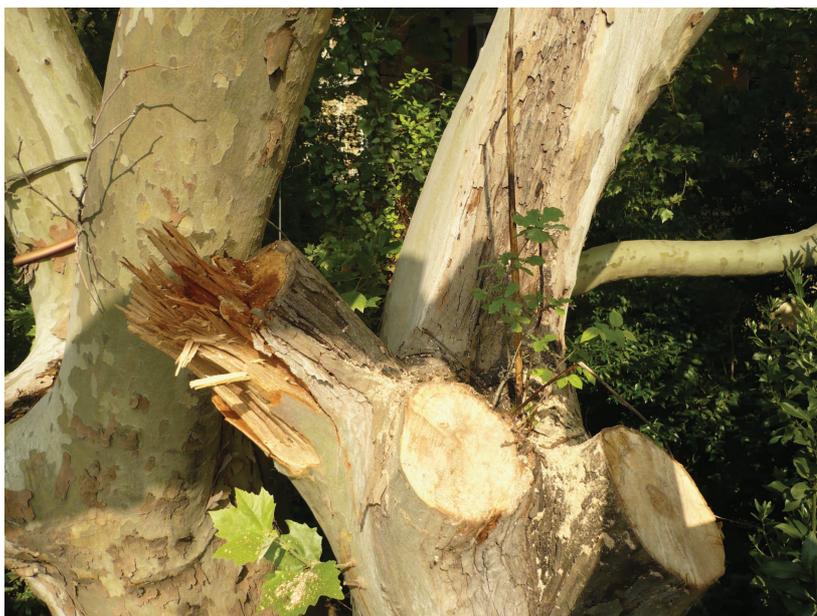


Figura 84: particolare del platano in cui si nota la branca spezzata, due altre branche tagliate e la terza su cui si può notare la colorazione brumastra lungo la corteccia.

Anche se non si avevano a disposizione metodi diagnostici per l'identificazione dell'agente di malattia, considerati i sintomi e la particolarità dell'evento, si è subito pensato a *Splanchnonema platani*.

La corteccia appariva imbrunita, molto diversa dalla conformazione normale. Il legno poi, visibile nella sezione, aveva una colorazione giallastra, molto diversa dal caratteristico colore bianco-rosato che è tipico del platano sano (fig. 85-86).



Figura 85: a sinistra. Particolare di una branca infetta. Si nota molto bene la colorazione anomala della corteccia.



Figura 86: particolare della sezione di una branca dove si può notare la colorazione anomala del legno (gialla, in basso) rispetto a quella normale rosata.

Sia il test con il penetrometro (resistograph®) che con il tomografo sonico, effettuati su una delle branche ancora in essere visibile in fig. 84, segnalavano un legno normale, senza alterazioni.

Il tomogramma, addirittura, appariva completamente blu, dove tale colore rappresentava 1600 m/s di propagazione della velocità del suono.



Figura 87: sensori posizionati sulla branca di platano, infetta da *Planchnonema platani*.

5.3 Risultati e conclusioni.

La patologia c'era, ed era innegabile, e l'albero era pericoloso considerando il rischio dovuto alla branca caduta.

Gli strumenti in dotazione al Dipartimento di Colture Arboree non erano riusciti a vedere ciò che i nostri occhi osservavano.

Sono stati quindi recuperati alcuni campioni di legno che sono stati portati nei laboratori dell'A.U.S.L. di Imola (Bo), dove hanno subito un trattamento con risonanza magnetica nucleare.

Questa tecnica diagnostica è basata sull'utilizzo di un campo magnetico e onde radio. L'acqua svolge un ruolo fondamentale in questa analisi: la parte più interna di un atomo di idrogeno, che compone l'acqua, è costituito da un protone; in condizioni normali i protoni delle molecole di acqua ruotano costantemente e sono così inclusi in un microscopico campo magnetico.

La risonanza non è altro che un potente magnete che, generando un campo magnetico, orienta e allinea i minuscoli campi magnetici formati dagli atomi di idrogeno.

Nel campione da analizzare tutti i protoni delle sue molecole d'acqua si orientano in senso favorevole o contrario alla direzione del campo magnetico generato dalla risonanza

magnetica. Per creare un'immagine diagnostica vengono dirette, verso il campione, onde radio, che modificano l'orientamento dei protoni.

L'intensità di segnale di risonanza magnetica è correlato alla densità di protoni presenti nel tessuto, e quindi al contenuto di acqua. Maggiore è la quantità di acqua e maggiore sarà l'intensità del segnale e quindi più chiara sarà l'immagine.

Con questa tecnica si riescono a discriminare i vari tessuti, in quanto quelli malati, nel nostro caso cariati, contengono più acqua; in altre parole, sono più umidi.

Grazie a questa analisi la presenza della patologia in questione è percepibile, come si può vedere in figura 88 e 89.

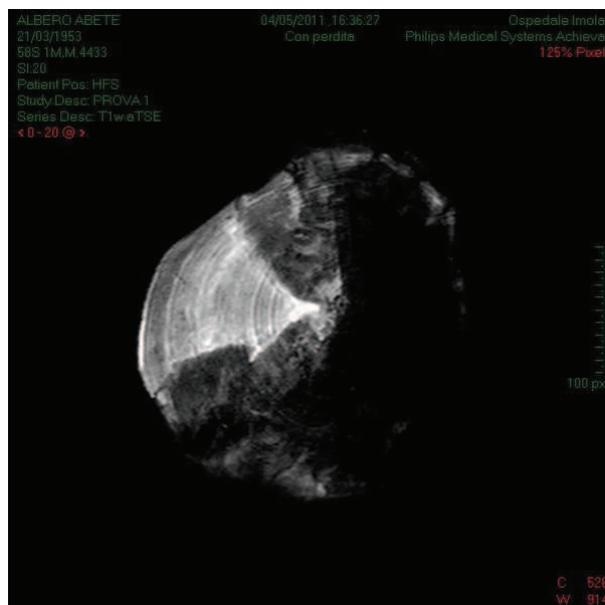


Figura 88: risultato della risonanza magnetica nucleare effettuata su un campione di legno di Platano. Nella zona chiara è ben visibile la parte infetta dal fungo.



Figura 89: campione di platano "fratello" di quello analizzato con risonanza magnetica. Provengono dalla stessa branca.

L'applicazione di risonanza magnetica nucleare sembra aver dato un ottimo risultato; è arrivata, infatti, dove la diagnostica sonica ha mancato il bersaglio.

Resta il problema delle molte difficoltà operative dovute alla necessità di appoggiarsi ad una struttura sanitaria, che compie le analisi tra un paziente e l'altro, con tempistiche piuttosto lente.

Dal punto di vista pratico sarebbe sicuramente interessante la messa a punto di una strumentazione portatile che consentisse di compiere queste analisi, se non direttamente in campo, perlomeno in piccoli laboratori. Rimane da verificare poi l'economicità di questa pratica.

6. LA DIAGNOSTICA SONICA NELL'ARBORICOLTURA ORNAMENTALE.

La valutazione della stabilità delle piante è una pratica sempre più richiesta da chi gestisce il verde, sia in ambito pubblico che in quello privato. Si tratta di un'analisi morfo-sintomatica di uno o più esemplari arborei che porta a valutarne la staticità, ovvero il rischio di crollo.

Una corretta manutenzione del verde deve comprendere tutte quelle operazioni che servono per la conservazione delle piante, nel nostro caso degli alberi; essi, infatti, devono rimanere nell'ambiente fino alla fine della loro vita, a meno che non si decida una loro sostituzione per vari motivi. È quindi necessario che durante la loro esistenza non provochino danni o disagi alle persone e alle cose che gli gravitano intorno, pena la responsabilità civile di chi ha in gestione il bene.

È importante scegliere il giusto albero per un determinato luogo, considerando la specie, lo spazio a disposizione, il suo sviluppo e la sua rusticità; ed è necessario adoperare tutte le operazioni che servono per farlo rimanere in salute.

La valutazione morfo-sintomatica si compone di un'analisi visiva della pianta, che presuppone l'osservazione dell'albero nella sua interezza e di ciò che gli sta intorno: terreno, edifici, specie vegetali. In base a ciò che l'esperto vede, sintomi, segni di anomalie o sofferenze, si può capire com'è la situazione, ovvero se l'albero ha bisogno per esempio, di potature, concimazioni, trattamenti fitosanitari o consolidamenti.

In aiuto all'analisi visiva, quando e se necessario, il tecnico può disporre di diverse strumentazioni che possono aiutarlo a definire le problematiche evidenziate nella prima fase.

Si tratta di strumenti che sfruttano capacità fisiche o meccaniche del legno; gli strumenti più usati sono il resistograph[®] e il tomografo sonico. Il primo strumento è un penetrometro composto da una punta di ferro dal diametro di 2 mm, lunga 30 – 40 cm che, attraverso un motorino elettrico, riesce a penetrare nel legno a velocità costante. Dallo strumento si ottiene un grafico che esprime la resistenza che il legno offre alla penetrazione. L'assenza di continuità nel grafico può significare un'alterazione interna o una cavità. È una prova lineare in quanto analizza ciò che c'è nella sola porzione di legno attraversata dalla punta di ferro.

Gli strumenti più recenti, invece, sfruttano la diversa capacità che il legno ha di farsi attraversare dalle onde sonore, in relazione alla sua densità. Come spiegato in precedenza, se

il legno è sano le onde sonore che lo attraversano hanno una velocità di propagazione diversa, in genere più alta, rispetto al caso di legno alterato.

Con il martello ad impulsi si può analizzare, grazie a due chiodi sistemati in modo diametralmente opposto sul tronco, il viaggio che l'onda sonora fa sul diametro, e perciò capire se in quella direzione ci può essere o meno un'alterazione.

Il tomografo sonico rappresenta un'evoluzione del martello ad impulsi, in cui un numero variabile di sensori viene posto sulla circonferenza da indagare. Ogni sensore è in grado di emettere e ricevere segnale sonoro, che viene fatto partire dall'operatore tramite percussione degli stessi con un martello. Essendo i sensori tutti collegati tra di loro e in connessione con un computer portatile, sul software vengono registrati tutti i dialoghi tra i dispositivi. In questo modo si rileva la propagazione delle onde sonore nell'intera sezione dell'albero, ottenendo un grafico a colori chiamato tomogramma, in cui ogni colore corrisponde ad una velocità di propagazione del suono. La legenda presente nel grafico chiarisce il significato dei colori, che possono essere scelti dall'operatore.

In questa tesi è stata analizzata in lungo e in largo l'applicazione del tomografo sonico Arbotom[®] nell'ambito dell'arboricoltura ornamentale.

Dapprima, attraverso prove preliminari, si è visto che se i sensori sono posti a distanza ravvicinata, non sembrano infastidirsi tra loro con effetti di risonanza; se, d'altra parte, i sensori sono posizionati in modo molto distante tra loro, e quindi sono in numero basso sulla circonferenza, il grafico sarà meno dettagliato.

Effettuando poi l'analisi tomografica su una ceppaia di un albero già abbattuto, il dato ottenuto dallo strumento concordava pienamente con la sezione che si poteva realmente vedere.

Durante la prima sperimentazione effettuata con il tomografo sonico Arbotom[®] è sembrato esserci un'influenza della stagione sul grafico. Sembra, infatti, esserci un abbassamento della propagazione della velocità del suono nei mesi primaverili, probabilmente dovuta al diverso tenore di umidità del legno. Le differenze, però, non sono sembrate particolarmente significative.

Nella valutazione di un intero parco, era stata richiesta, come Dipartimento di Colture Arboree, oltre alla scheda da compilare per ogni esemplare, anche un'analisi strumentale delle piante presenti all'Osservanza. Per questo motivo, chiaramente, è stata effettuata l'indagine con il tomografo anche su esemplari che non lo richiedevano, sia perché completamente sani e sicuri, sia perché completamente compromessi, con notevole dispendio di tempo.

L'analisi strumentale, nella valutazione morfo-sintomatica di un albero, deve essere una cornice dell'analisi visiva, e non prevalere su quest'ultima. Un bravo tecnico deve sapere esattamente quando è necessaria e quando non lo è, e il punto o le zone in cui va praticata per essere funzionale all'indagine.

Bisogna sempre ricordare, infatti, che la pedina fondamentale in questo gioco è il tecnico, e non gli strumenti che si hanno a disposizione.

Anche quando servirebbe un'analisi, con un penetrometro o un tomografo, nel caso in cui l'occhio non arrivi a valutare le caratteristiche del problema, essa si può rivelare inutile. Esistono, infatti, alcune patologie che non riescono ad essere "viste" da tali ausili. L'unico modo per avere conferma di una possibile anomalia nell'albero, in questi casi, è l'uso di un cestelli, per andare ad indagare anche visivamente zone invisibili da terra, o l'ausilio di altre tecniche più sofisticate, come la risonanza magnetica.

Esulando da quello che è lo scopo per cui è stato creato l'Arbotom[®], abbiamo provato a valutare il movimento di fluidi iniettati con endoterapia, nel tronco di alberi, prima in un vivaio e poi in un parco. Con queste prove, appunto, si cercava di identificare una metodologia per determinare il percorso delle sostanze che possono essere iniettate nelle piante.

In queste prove sembra esserci una debole variazione dei valori di propagazione dell'onda sonora a seguito dell'iniezione, che consiste in un abbassamento di tali valori, ma le variazioni sono sempre risultate essere poco significative.

Questa tesi mi è servita per conoscere a fondo uno strumento innovativo in uso a chi fa valutazioni morfo-sintomatiche di alberi, che può e deve essere usato in campo, quando e se necessario, e che ha dei limiti, come tutti i dispositivi.

7. BIBLIOGRAFIA.

7.1 Libri consultati e citati.

CHIUSOLI, A., 1999. *La scienza del paesaggio*. CLUEB. Bologna.

TOCCOLINI, A., 2007. *Piano e progetto di area verde*. Maggioli editore. Santarcangelo di Romagna.

PANCONESI, A. *et al.*, 2005. *Manuale di endoterapia vegetale. Curare gli alberi con iniezioni al tronco*.

SANI, L., 2008. *Valutazione integrata dell'albero. Manuale ad uso pratico per il rilevamento delle condizioni vegetative, fitosanitarie e di stabilità degli alberi in ambito urbano*. NICOMP L.E. Firenze.

MATTHECK, C., BRELOER, H., 2003. *La stabilità degli alberi. Fenomeni meccanici e implicazioni legali dei cedimenti degli alberi*. Il verde editoriale. Milano.

LONGHIN, G., 2012. *Endoterapia – Trunk injection. Metodo Arboprof[®]. Esperienze e approfondimenti*. TgBook. Tecnografica. Vicenza.

7.2 Tesi.

CEVENINI, L., 2006. *Analisi comparativa di metodologie e applicazioni strumentali nella valutazione di alberature stradali*. Prova finale in Protezione delle piante e dei prodotti vegetali. Università degli Studi di Bologna.

CEVENINI, L., 2008. *La reazione dell'albero in base all'epoca e all'intensità di potatura in ambiente urbano*. Prova finale in Scienze dei sistemi Agroindustriali. Università degli Studi di Bologna.

7.3 Atti di convegni.

CLABASSI, I. *et al.*, 2000. Prove di lotta contro *Cameraria ohridella* dell'ippocastano con trattamenti endoterapici nella città di Trieste. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1: 419-426

- CLABASSI, I., *et al.*, 2004. Valutazione di nuove attrezzature per la difesa endoterapica contro *Cameraria ohridella* dell'ippocastano. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1: 137-144.
- MINELLI, A., 2003. L'incidenza dei fattori biotici e abiotici nella valutazione della stabilità degli alberi. *Uomo, albero, città. Aspetti biologici e tecnici per una corretta gestione dell'albero in città*. San Pietro in Casale (BO), 29 gennaio 2003.
- MONJOI, P., 2004. Un progetto per la: l'area dismessa dell'ospedale psichiatrico "Osservanza" ad Imola. *5° Rassegna Urbanistica Nazionale. Venezia, 10-20 Novembre 2004*.

7.4 Articoli consultati e citati.

- AMBROSI, P. *et al.*, 2004. Alla radice del problema. *Acer*, 6: 29-34.
- CELLERINO, G., NICOLOTTI, G., MIGLIETTA, P., 1997. La valutazione della stabilità degli alberi. *Acer*, 2: 20-24.
- CELLERINO, G., NICOLOTTI, G., 1998. L'integrità degli apparati radicali degli alberi in città: quali tecniche di diagnosi? *Informatore fitopatologico*, 6: 45-50.
- CHIUSOLI, A., 1978. La città uccide l'albero. *Il giardino fiorito*. XLIV, num. 7:253-258.
- CHIUSOLI, A., 1980. La progettazione del verde pubblico. *Rassegna tecnica pugliese – continuità*. Anno XIV, num. 3: 3-9.
- CHIUSOLI, A., 1996. La potatura delle piante ornamentali, alberi e arbusti. *Il divulgatore*. Num. 1.
- COMINO, E., QUAGLINO, A., SAMBUELLI, L., 1998. Cavità in onda. *Acer*, 1: 66-69.
- DEFLORIO, G., FINK, S., SCHWARZE, F.W.M.R., 2008. Detection of incipient decay in trees stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood sci. technol.*, 42: 117-132.
- DOLWIN, J., 1996. Evaluation of internal defects in trees and legal implications. *Arboriculture journal*, 20: 173-178.
- FAZEKAS *et al.*, 1999. The contribution of magnetic resonance imaging to the diagnosis of multiple sclerosis. *Neurology*, 53:1448-456.
- GILBERT, E.A., SMILEY, E.T., 2004. Picus sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus alba*) and hickory (*Carya spp.*). *journal of arboriculture*, 30 (5): 277-281.
- GILL, S., *et al.*, 1999. Use of soil and trunk injection of systemic insecticides to control lace bug on hawthorn. *Journal of Arboriculture*, 25 (1): 38-42.

- MARESI, G., AMBROSI, P., LOBIS, V., 2003. La stabilità degli alberi. Vta e sia-sim a confronto due casi di studio. *Sherwood*, 92: 39-45.
- MULLER, U. *et al.*, 2001. Detection of fungal wood decay using Magnetic Resonance Imaging. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 59: 190-194.
- NICOLOTTI, G. *et al.*, 2003. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. *Journal of Arboriculture*, 29 (2): 66-78.
- NICOLOTTI, G., GONTHIER, P., GIORDANO, L., 2006. Effetti collaterali di trattamenti endoterapici su legno d'ippocastano. *Informatore fitopatologico*, 10: 34-39.
- NICOLOTTI, G., GONTHIER, P., 2006. Iniezioni letali? *Acer*, 6: 49-53.
- PESTALOZZA, A., PELLEGGATTA, A., 1998. Applicazioni del Visual Tree Assessment (VTA) per la valutazione delle condizioni strutturali di un esemplare monumentale di *Populus alba* infetto da patogeni fungini cariogeni. *Informatore fitopatologico*, 6: 60-64.
- PESTALOZZA, A., 1998. La sicurezza delle alberature urbane. *Sherwood*, 36: 29-33.
- WEBER, K., MATTHECK, C., 2006. The effects of excessive drilling diagnosis on decay propagation in trees. *Trees*, 20: 224-228.
- RABE, C. *et al.*, 2004. Detection of decay in trees with stress waves and interpretation of acoustic tomograms. *Arboriculture journal*, 28: 3-19.
- SCHIAVON, A., PETRIN, S., 2004. La tomografia sonora aiuta a valutare la stabilità degli alberi. *L'informatore agrario*, 16: 53-56.
- TREVISAN, M., BUCCELLATI, A., CORRADI, B., 1998. Trattamenti endoterapici per salvaguardare il verde urbano. *L'informatore agrario*, 34: 83-84.
- VAI, N., 2000. Endoterapia: una tecnica fitoiatrica a basso impatto ambientale. *Informatore fitopatologico*, 12: 15-18.
- VAI, N., 2000. L'endoterapia per la difesa del verde urbano. *L'informatore agrario*, 45: 77-79.
- VAI, N., 2003. Difesa del verde a basso impatto ambientale: linee guida per l'ambiente urbano. *Informatore fitopatologico*, 7-8: 17-21.
- WANG, X., ALLISON, R.B., 2008. Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling. *Arboriculture and urban forestry*, 34 (1): 1-4.
- WANG, X. *et al.*, 2005. Nondestructive evaluation of incipient decay in hardwood logs. *Gen. Tech. Rep.FLP-GTR-162. Madison, WI. US Department of Agriculture, Forest service, forest products, laboratory. 11 p.*

WANG, X., *et al.*, 2007. Acoustic tomography for decay detection in red oak trees. *Research paper FPL-RP-642. Madison, WI. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory. 7 p.*

WANG, X. *et al.*, 2004. Assessment of decay in standing timber using stress wave timing non-destructive evaluation tools. *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-147. Madison, WI. US Department of Agriculture, forest service, forest product laboratory. 12 p.*

7.5 Siti internet.

<http://www.corriereromagna.it/imola>

<http://www.eac-arboriculture.com/en/default.aspx>

[http://www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note07.pdf/\\$FILE/pathology_note07.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note07.pdf/$FILE/pathology_note07.pdf)

<http://www.golfclubverona.com/>

<http://www.ilrestodelcarlino.it/bologna/>

<http://www.isaitalia.org/>

<http://www.lavocediromagna.com/vocediromagna/>

<http://www.sclerosi-multipla.com/capire-la-sm/la-diagnosi-di-sclerosi-multipla/risonanza-magnetica-nucleare-58.htm>

Allegato 1

SETTEMBRE

A053

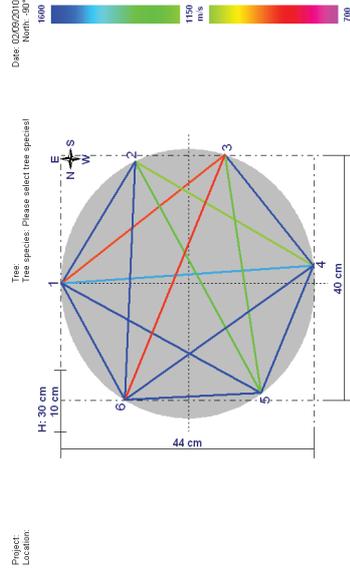
altezza
orientamento

30
E

velocità

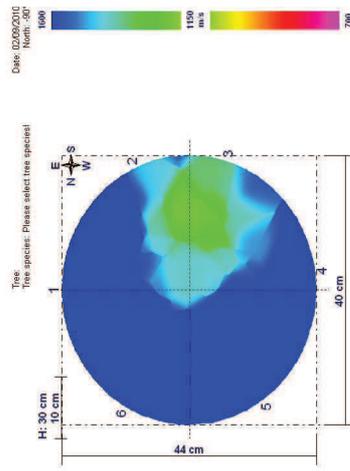
	1	2	3	4	5	6
1	1308	1337	717	1428	1219	931
2	703	0	797	1010	1089	704
3	1400	885	1196	1103	1210	1155
4	1434	1205	1058	1147	1384	
5	1323	1368	866	1572		
6						

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

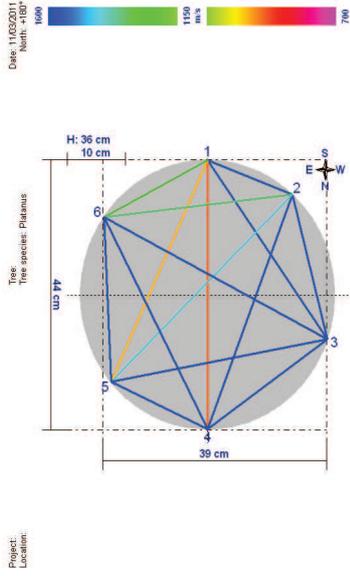
altezza
orientamento

36
S

velocità

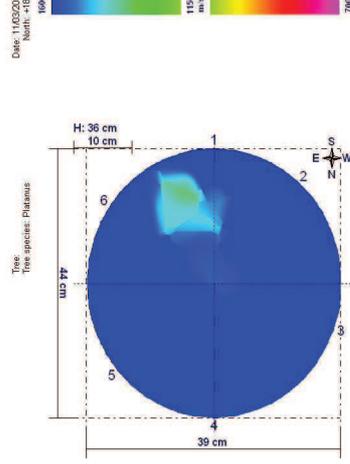
	1	2	3	4	5	6
1	1534	1647	1365	945	694	822
2	1396	1377	1494	1410	1252	942
3	821	1410	1407	1431	1486	1495
4	831	1378	1654	1374	1236	1554
5	875	1005	1511	1477	1166	1448
6						

Lines



tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

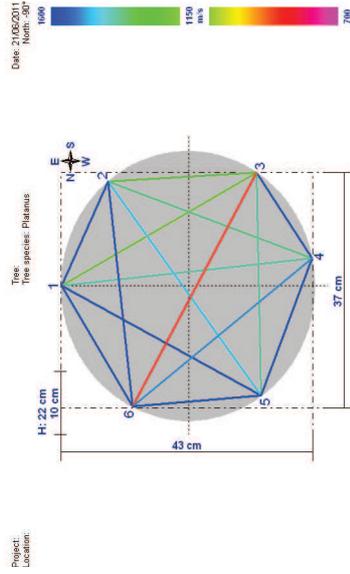
altezza
orientamento

22
E

velocità

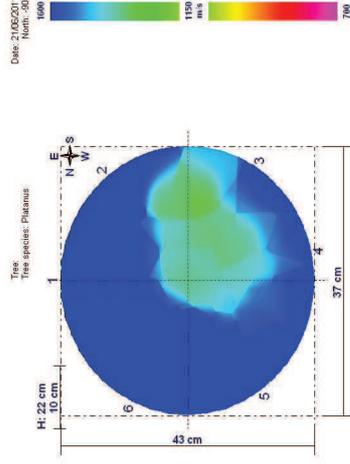
	1	2	3	4	5	6
1	1277	1425	945	1311	1533	1258
2	816	765	853	1052	1427	1283
3	1299	1073	1150	1150	981	711
4	1424	1368	1070	1078	1187	1207
5	1168	1424	833	1222	1172	1124
6						

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



SETTEMBRE

A077

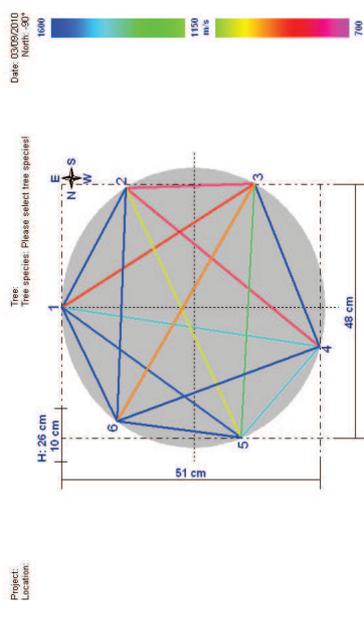
altezza
orientamento

26
E

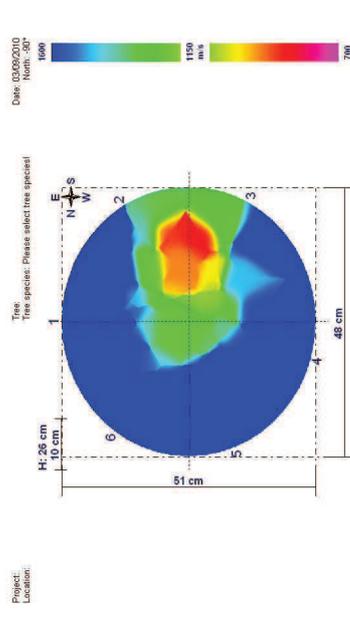
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1565	681	1313	1198	1186	
2	1389	555	685	989	1203	
3	636	501	1241	950	798	
4	1274	688	1491	974	1426	
5	1204	1042	1101	966	1223	
6	1186	1311	941	1585	1300	

Lines



Tomogramma



MARZO

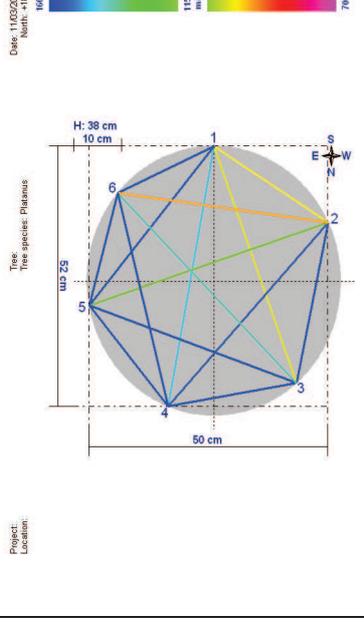
altezza
orientamento

38
S

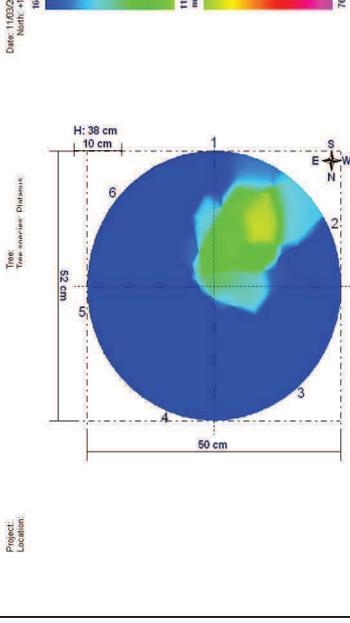
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	733	673	713	1145	1307	1486
2	910	1415	1415	1248	1086	749
3	1314	1310	1353	1314	1586	1264
4	1337	1069	1581	1327	1101	1056
5	1517	778	1340	1359	1318	1254
6						

Lines



tomogramma



GIUGNO

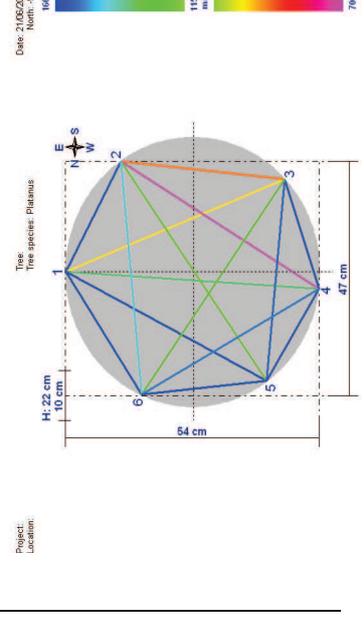
altezza
orientamento

22
E

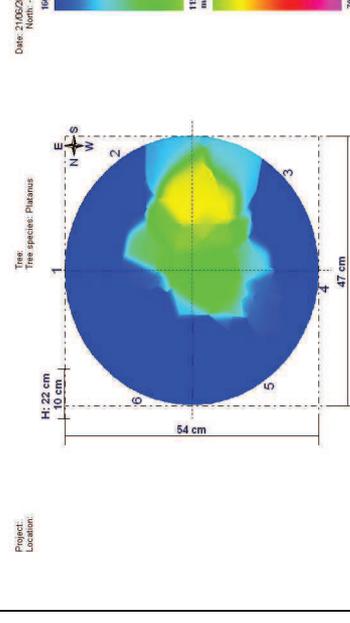
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1282	1524	873	1300	1564	1263
2	817	696	686	514	1091	1079
3	1220	525	1365	1478	1153	975
4	1500	1172	1153	1080	1000	1159
5	1206	1144	1088	1159	1288	
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A085

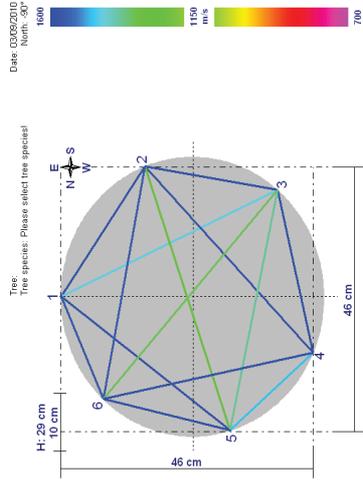
altezza
orientamento

29
E

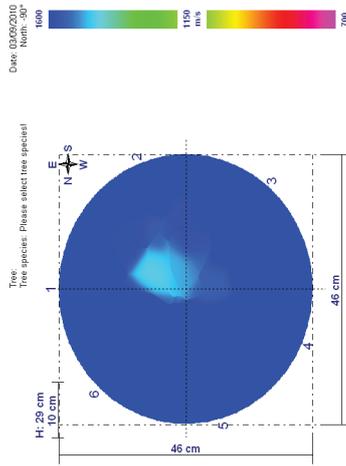
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1187	1171			856
2	1241		1131	1380	1079	991
3	1081	1077		1269	990	1036
4	0	1371	1263		904	1486
5	1405	1203	1094	993		1258
6	1056	1218	1307	0	1299	

Lines



tomogramma



MARZO

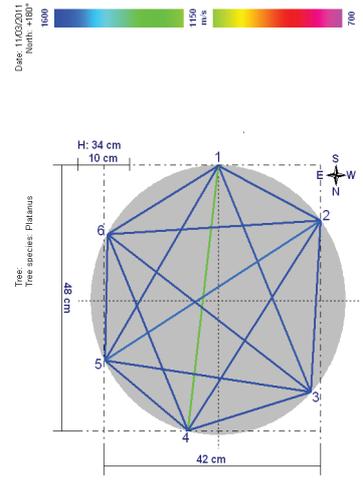
altezza
orientamento

34
S

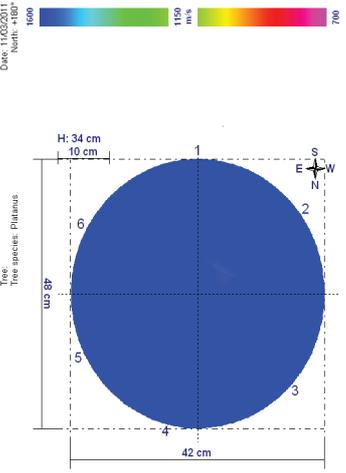
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1267	1297	1190	1270	1512
2	1108		1418	1356	1441	1330
3	1278	1438		1292	1858	1886
4	1158	1389	1222		1331	1527
5	1356	1458	1707	1249		1333
6	1401	1370	1802	1515	1356	

Lines



Tomogramma



GIUGNO

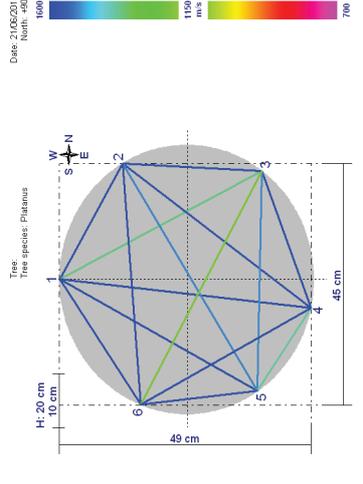
altezza
orientamento

20
E

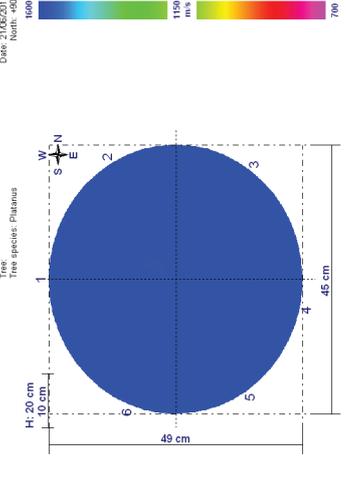
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1248	1308	1100	1670	1233
2	1248		1337	1533	1452	1210
3	948	1142		1257	1058	896
4	1361	1317	1128		932	1052
5	1603	1478	1160	932		849
6	1260	1359	1104	1284	1084	

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A087

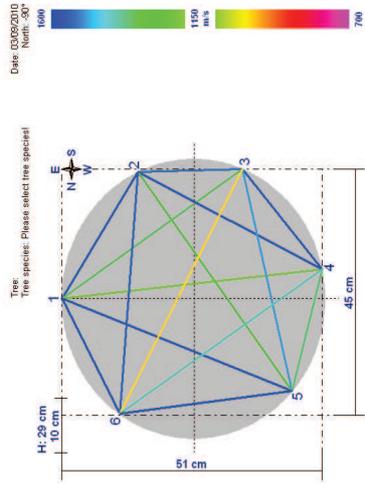
altezza
orientamento

29
E

velocità

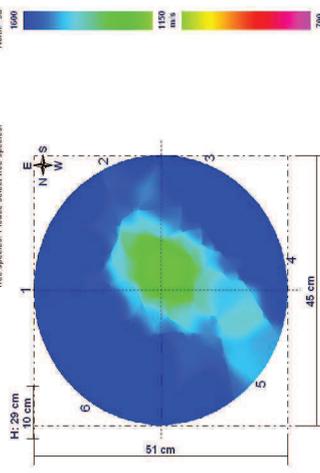
	1	2	3	4	5	6
1		1238	1033	1100	1245	957
2	368		1026	1214	1018	997
3	958	1036		1373	1132	548
4	1105	1256	1189		883	991
5	1378	1113	1150	925		1072
6	1107	1234	978	1172	1176	

Lines



tomogramma

Project: Location:



MARZO

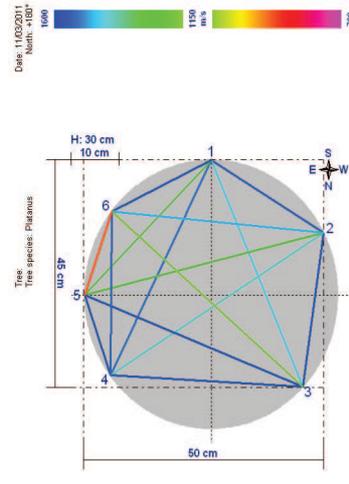
altezza
orientamento

30
S

velocità

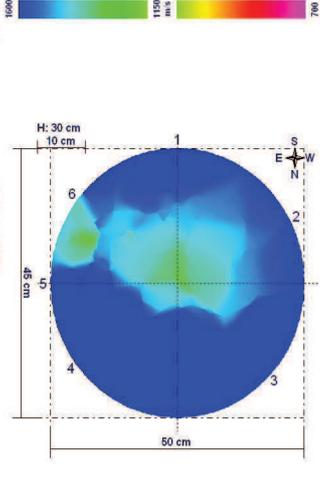
	1	2	3	4	5	6
1		1049	1073	1186	1058	956
2	1049		1073	948	1068	938
3	1020	1116		1420	1462	973
4	1230	1344	1472		1051	1084
5	946	1131	1407	955		624
6	1064	1142	1132	957	515	

Lines



Tomogramma

Project: Location:



GIUGNO

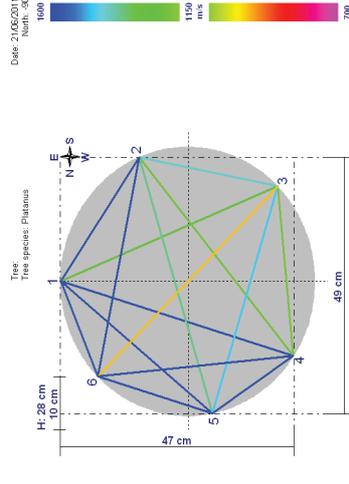
altezza
orientamento

28
E

velocità

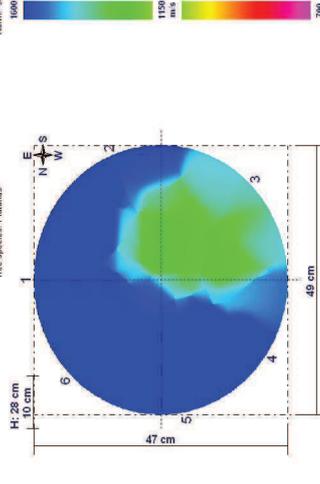
	1	2	3	4	5	6
1		1036	1335	1057	1442	1048
2	1036		976	1035	1134	1030
3	792	793		839	892	609
4	1126	945	835		1133	1002
5	1353	1290	1161	989		1044
6	1037	1260	1015	1308	1111	

Lines



Tomogramma

Project: Location:



SETTEMBRE

A089

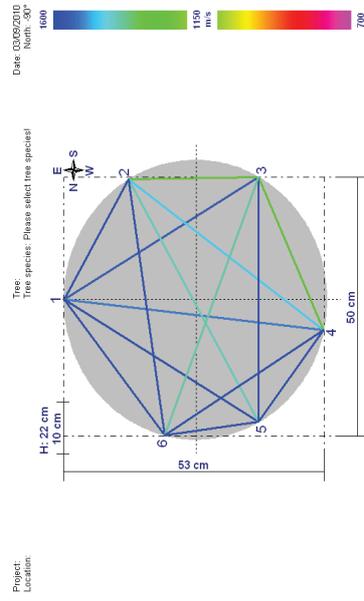
altezza orientamento

22 E

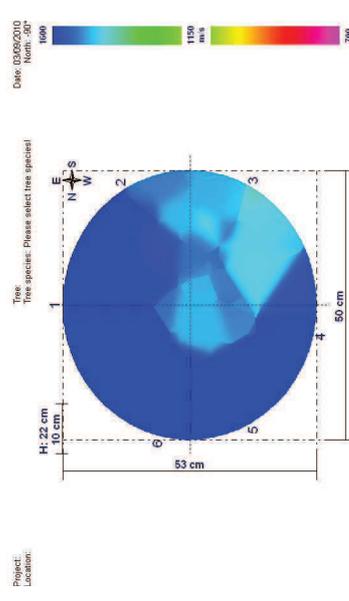
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1164	1234			1081
2	769		673	1060	1046	883
3	1196	898		881	1042	1111
4	1427	1203	906		1024	1046
5	1418	1377	1267	1168		1068
6	1246	1357	1290	1384	987	

Lines



tomogramma



MARZO

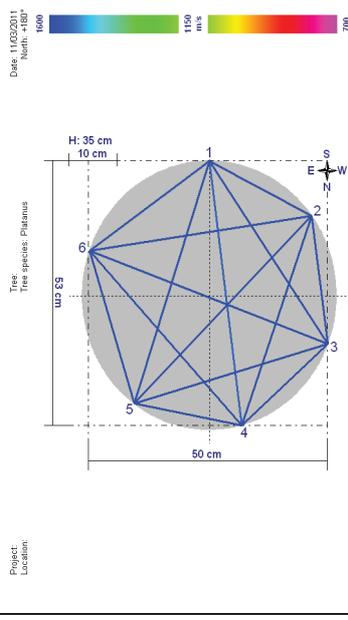
altezza orientamento

35 S

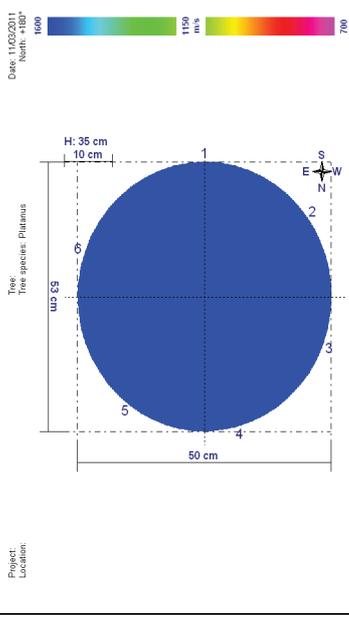
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1223	1303	1311	1366	1283
2	1223		1203	1439	1498	1659
3	1351	1300		1324	1504	1676
4	1437	1493	1236		1275	1511
5	1455	1658	1537	1296		1250
6	1238	1625	1650	1468	1066	

Lines



Tomogramma



GIUGNO

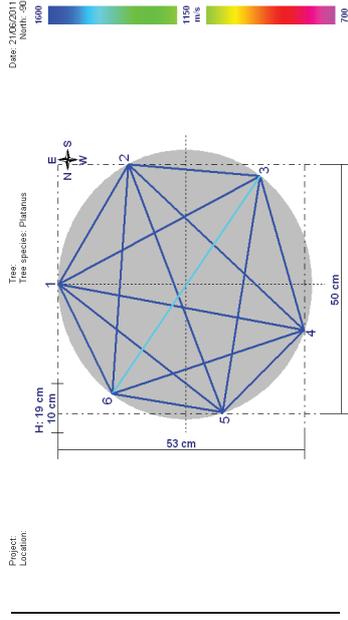
altezza orientamento

19 E

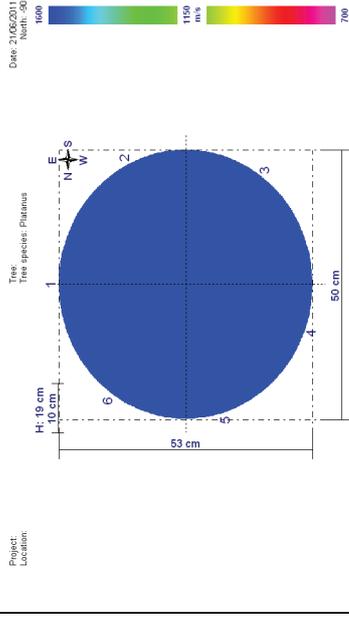
velocità

	1	2	3	4	5	6
1		1193	1290	1592	1763	1457
2	1193		1168	1602	1420	1243
3	1349	1284		1161	1173	1220
4	1696	1654	1246		1189	1428
5	1467	1559	1420	1257		1201
6	1065	1356	1425	1481	1183	

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A095

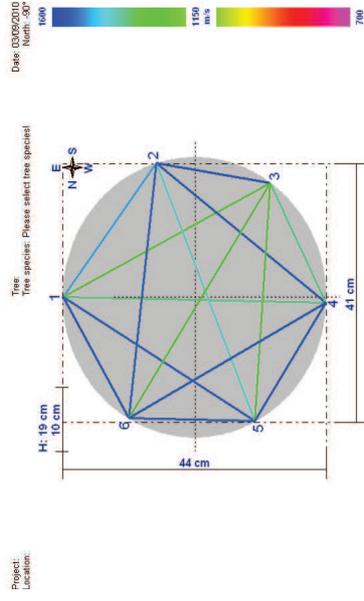
altezza
orientamento

19
E

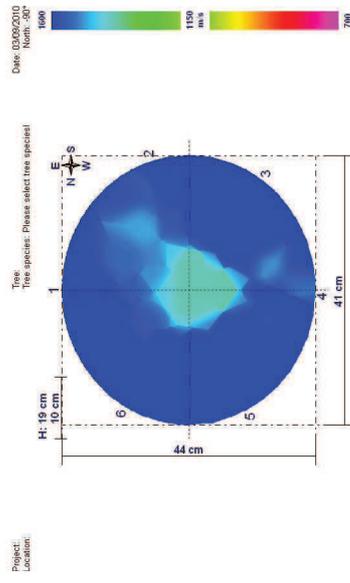
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1058	1054	1054	1339	1104	972
2	1013	1157	1157	1349	1142	1164
3	1051	1164	1037	946	950	1037
4	1206	1225	854	861	1120	986
5	1243	1338	1014	1144		
6	1220	1296	1216	1390	1076	

Lines



tomogramma



MARZO

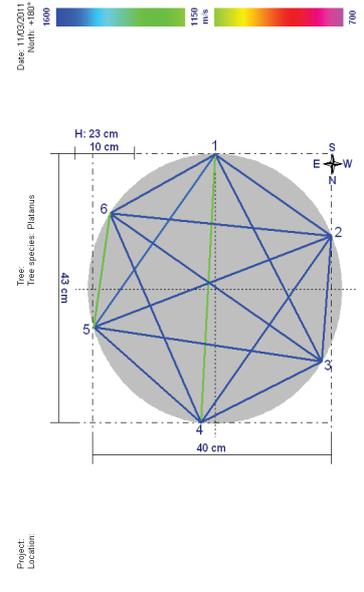
altezza
orientamento

23
S

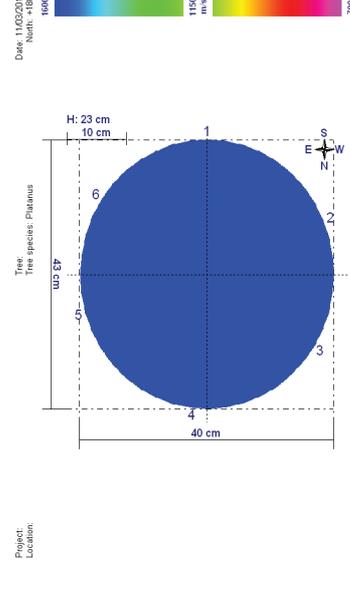
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1283	1431	1291	1269	1126	1277
2	1287	1238	844	1420	1532	1730
3	1185	1228	973	1355	1575	1640
4	1176	1637	1594	1357	948	1240
5	1269	1857	1705	1575		880
6						

Lines



Tomogramma



GIUGNO

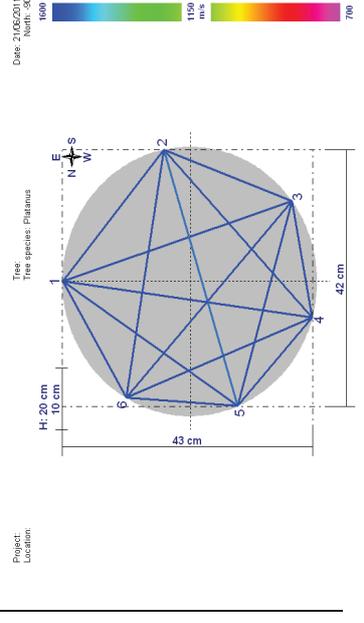
altezza
orientamento

20
E

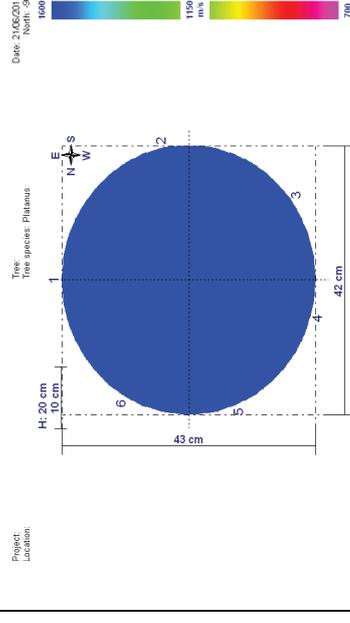
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1150	1320	1433	1755	1424	1207
2	1409	1537	1409	1597	1342	1299
3	1624	1668	1200	1246	1244	1370
4	1386	1449	1300	1254	1178	1452
5	1187	1435	1453	1563		1200
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A115

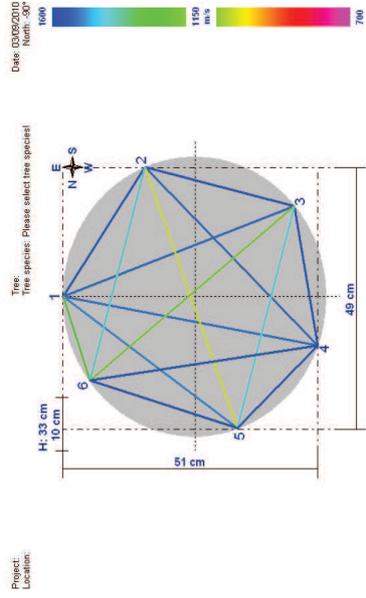
altezza
orientamento

33
E

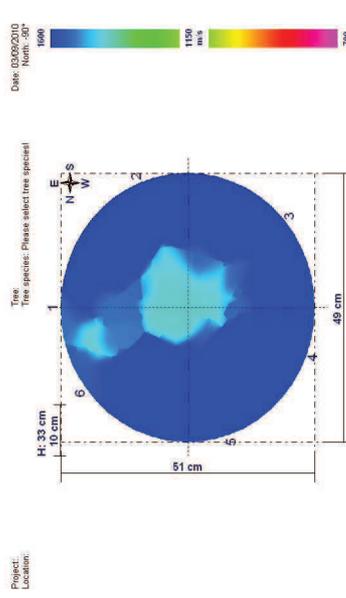
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1026	1288	1301	1393	1153	705
2	887	1416	1054	991	725	681
3	1363	1275	1081	1302	762	699
4	1156	1080	1095	1217	1204	1377
5	811	1066	1146	1543	1325	1110
6						

Lines



tomogramma



MARZO

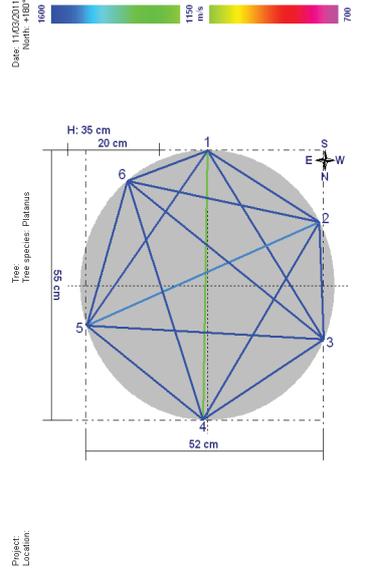
altezza
orientamento

35
S

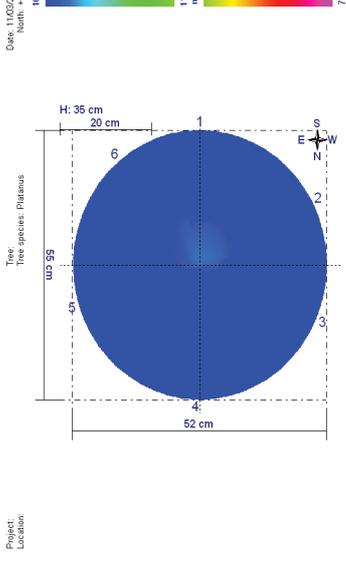
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1442	1613	1282	1196	1182	1187
2	1389	1491	1272	1552	1362	1694
3	1270	1648	1494	1539	1614	1464
4	1208	1433	1447	1292	1387	1493
5	1122	1764	1399	1493	1306	1248
6						

Lines



Tomogramma



GIUGNO

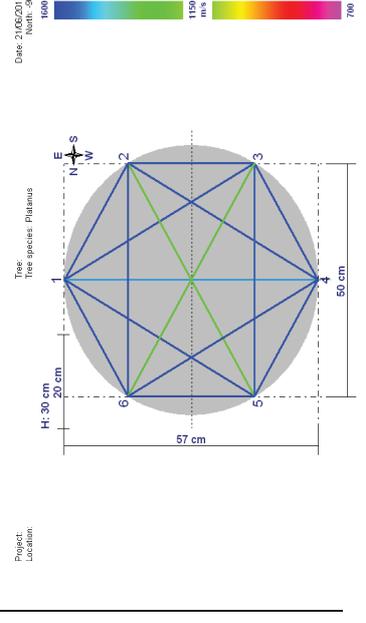
altezza
orientamento

30
E

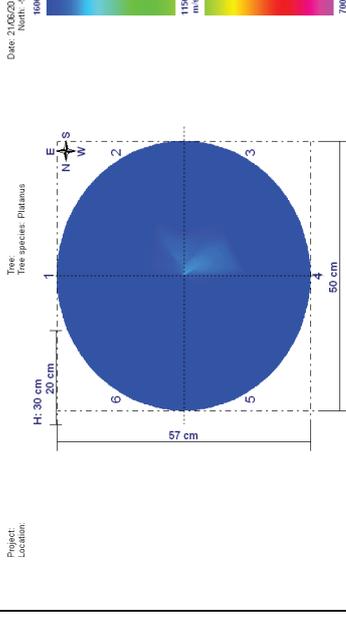
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1194	1371	1285	1484	1430	1256
2	965	1230	1326	1316	1119	1133
3	1342	1282	1151	1189	783	722
4	1402	1293	1231	1351	1123	1219
5	1279	1414	1248	1536	1219	1224
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

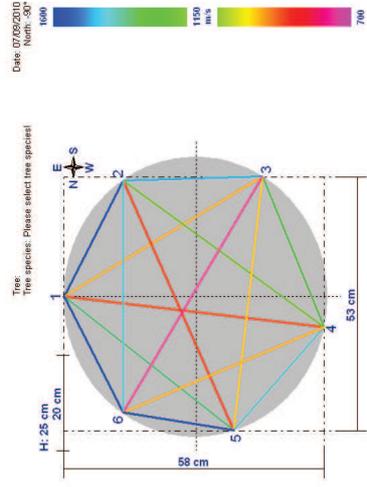
A120

altezza orientamento E

velocità

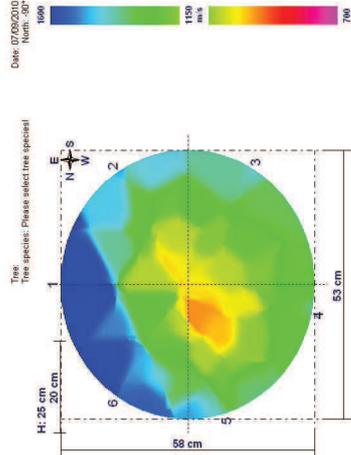
	1	2	3	4	5	6
1	1146	790	790	874	1018	1088
2	1132	803	1026	931	789	983
3	803	871	977	906	825	738
4	871	977	935	846	973	803
5	1038	845	846	986	1019	1019
6	1195	1115	755	781	1075	1075

Lines



tomogramma

Project: Location:



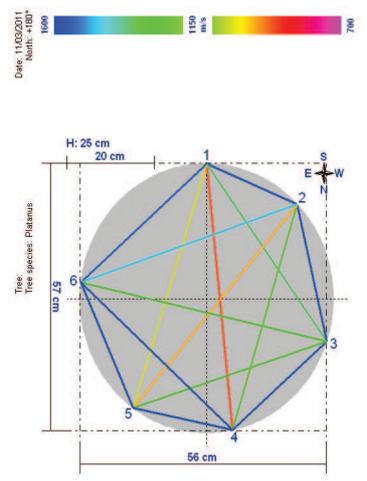
MARZO

altezza orientamento S

velocità

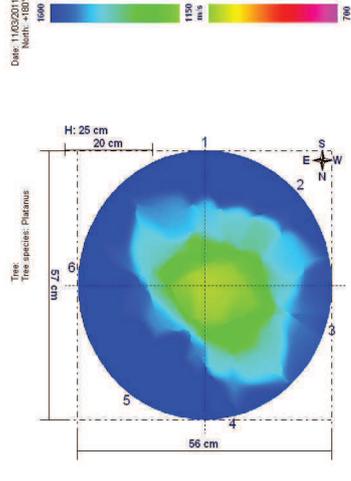
	1	2	3	4	5	6
1	1109	1287	1033	878	944	1120
2	1109	1287	1033	878	944	1120
3	1004	1130	984	1107	942	1135
4	835	959	1090	1240	988	1195
5	898	959	938	1070	1240	1233
6	1094	1184	1162	1256	1241	892

Lines



Tomogramma

Project: Location:



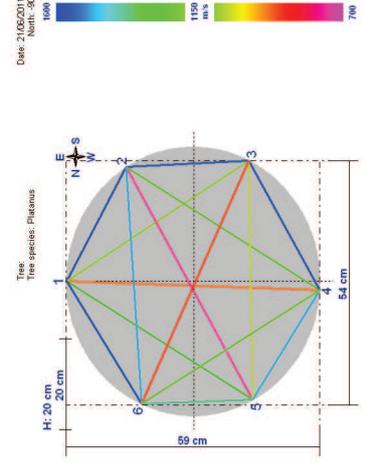
GIUGNO

altezza orientamento E

velocità

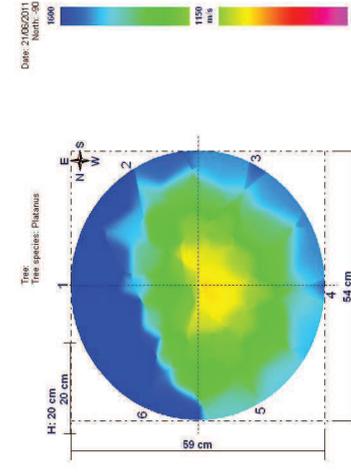
	1	2	3	4	5	6
1	1101	1202	897	941	963	1442
2	1101	1202	897	941	963	1442
3	892	1080	1034	964	762	1116
4	841	861	885	1111	898	892
5	965	768	877	1023	828	762
6	1449	1193	907	912	938	884

Lines



Tomogramma

Project: Location:



SETTEMBRE

A126

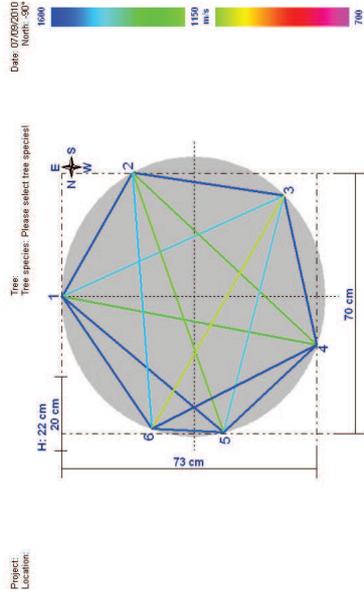
altezza
orientamento

22
E

velocità

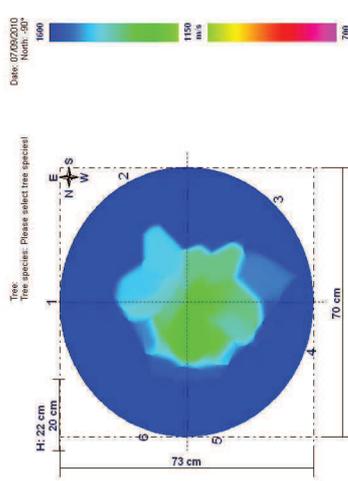
	1	2	3	4	5	6
1		1369	1188	1199	1278	1243
2	1262		1513	942	919	1067
3	1158	1482		1302	1091	892
4	1135	1010	1327		1181	1163
5	1321	1093	1143	1217		901
6	1283	1213	995	1284	1026	

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

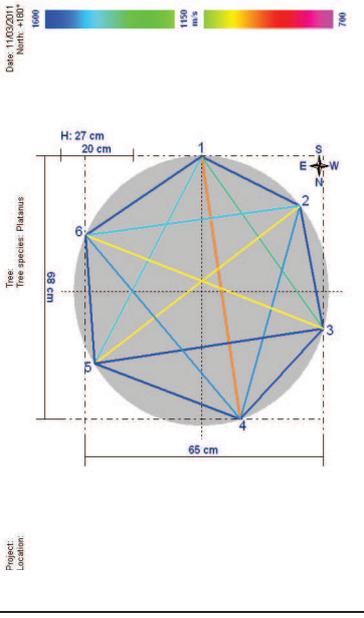
altezza
orientamento

27
S

velocità

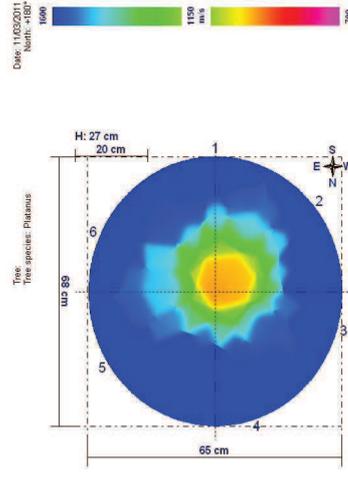
	1	2	3	4	5	6
1		1087	1167	1044	898	1062
2	1087		1312	1152	962	1060
3	987	1312		1075	1311	961
4	863	1112	964		1153	1161
5	1138	1012	1274	1341		1130
6	1266	1132	1008	1233	953	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

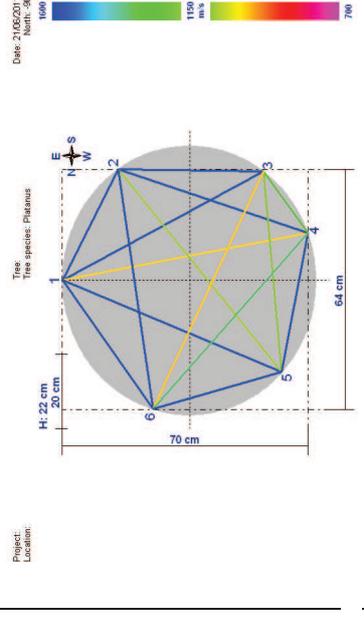
altezza
orientamento

22
E

velocità

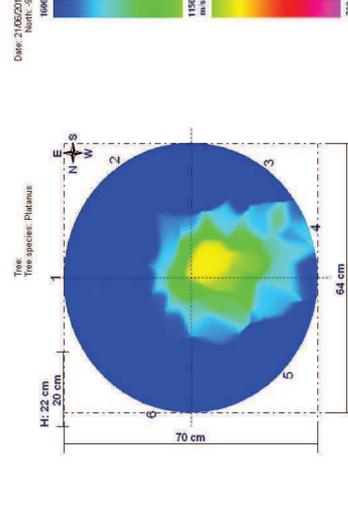
	1	2	3	4	5	6
1		1304	1425	1383	921	1263
2	1304		1707	1187	1036	1198
3	1348	1812		781	821	817
4	940	1207	802		1088	977
5	1302	1062	854	1154		1305
6	1297	1317	940	1090	1449	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



SETTEMBRE

A129

altezza
orientamento
velocità

33
E

MARZO

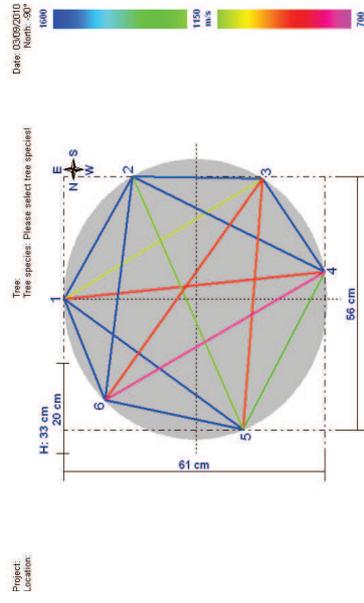
42
S

GIUGNO

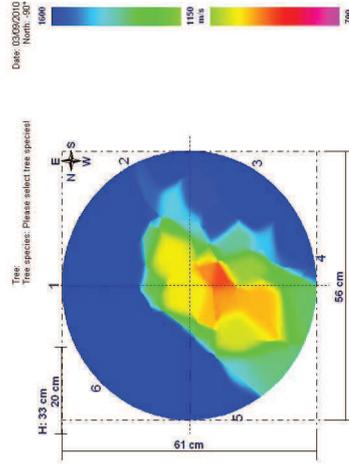
26
E

1	2	3	4	5	6
1273	1327	879	812	1397	1067
841	1073	1073	1204	1116	1268
772	1222	1281	1052	611	616
1465	1062	752	857	632	1087
1287	1432	828	676	1342	

Lines

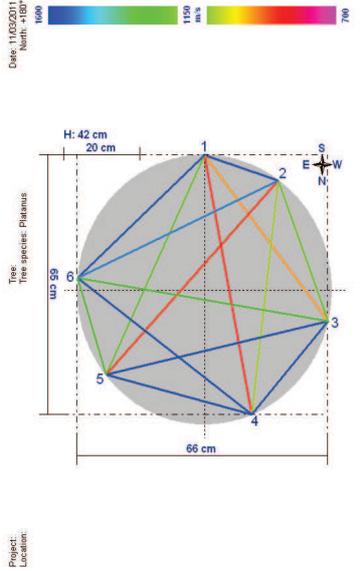


tomogramma

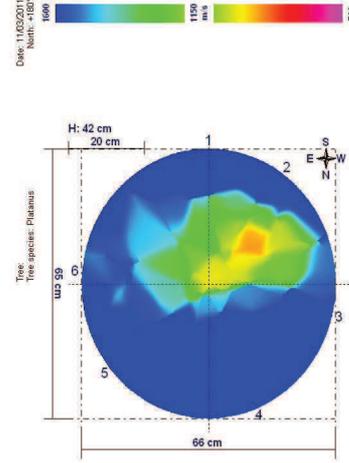


1	2	3	4	5	6
1531	1708	752	776	961	1162
722	820	702	904	813	1079
880	691	1427	1420	1713	1195
822	1567	1833	1800	1371	837
1130	1199	1148	1381	878	

Lines

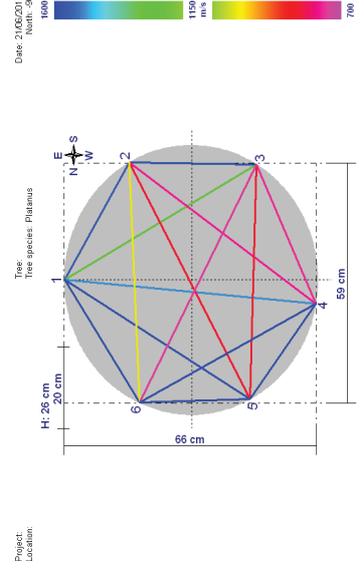


Tomogramma

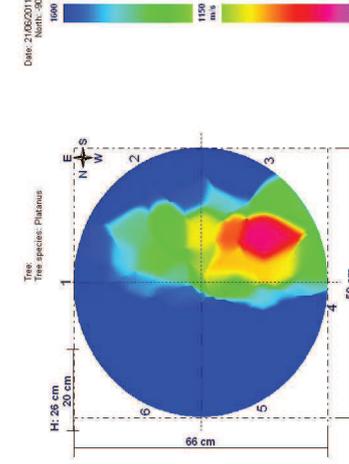


1	2	3	4	5	6
723	1081	987	1400	1382	1057
984	1518	971	574	447	608
1427	635	537	537	663	705
1416	842	682	1336	1277	1485
1130	871	726	1428	1150	1244

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

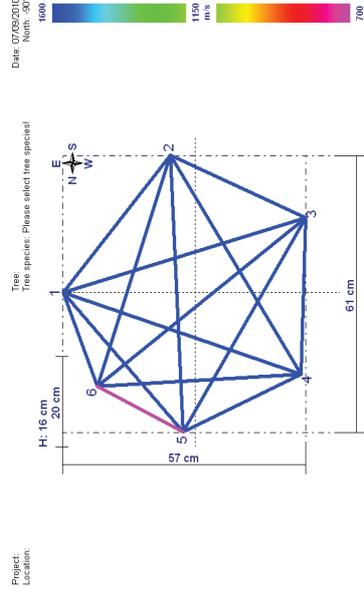
A140

altezza
orientamento
velocità

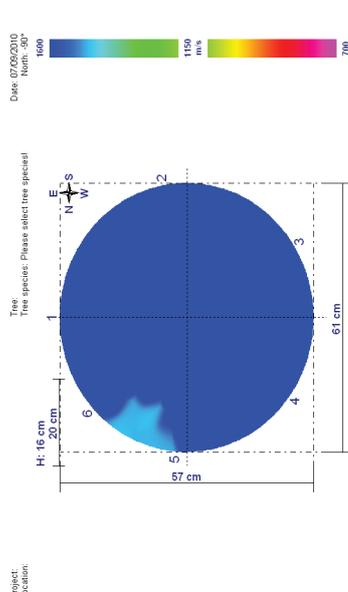
16
E

	1	2	3	4	5	6
1	1262	1472	1458	1458	1243	1159
2	1283	1417	1468	1417	1413	1413
3	1525	1483	1263	1381	1534	1534
4	1506	1479	1210	1150	1398	450
5	1365	1492	1445	1224	1398	450
6	1208	1443	1606	1398	437	

Lines



tomogramma



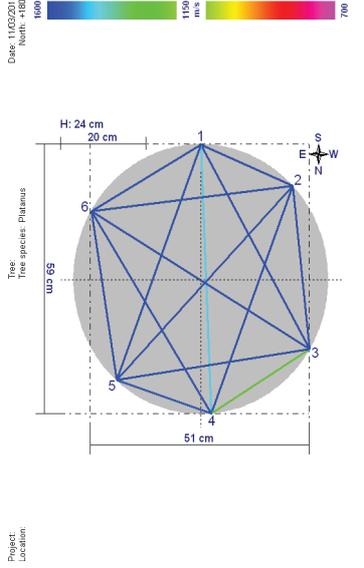
MARZO

altezza
orientamento
velocità

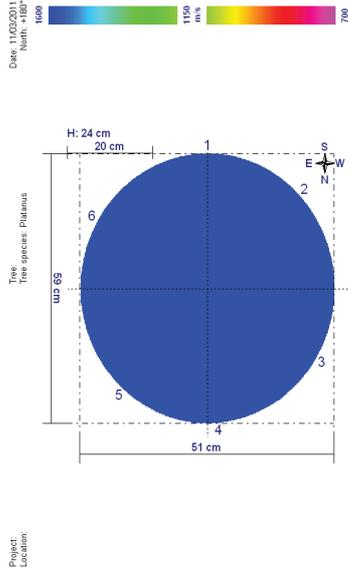
24
S

	1	2	3	4	5	6
1	1249	1276	1376	1386	1235	1271
2	1249	1276	1273	1385	1370	1703
3	1201	1054	856	1118	1455	1455
4	1406	1488	893	1062	998	1554
5	1375	1590	1278	1062	1447	1386
6	1219	1703	1604	1447	1126	

Lines



Tomogramma



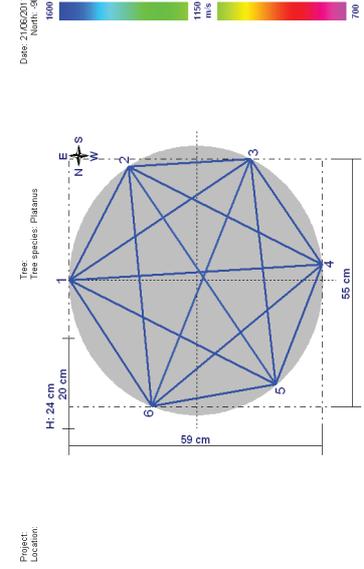
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

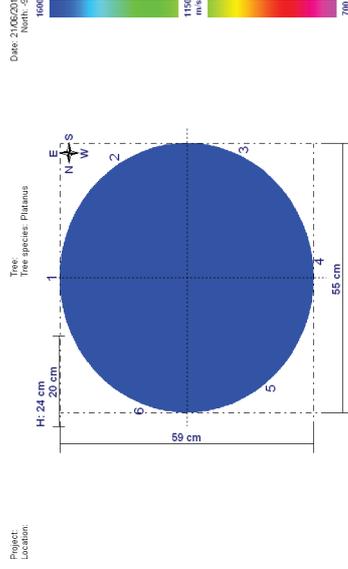
24
E

	1	2	3	4	5	6
1	1173	1261	1521	1693	1492	1272
2	1173	1261	1141	1673	1474	1266
3	1406	1350	1173	1243	1214	1214
4	1597	1656	1065	1012	1285	1285
5	1452	1501	1275	1123	1050	1050
6	1338	1476	1513	1505	1219	

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A141

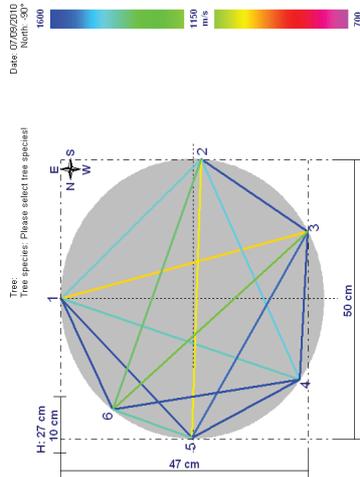
altezza
orientamento

27
E

velocità

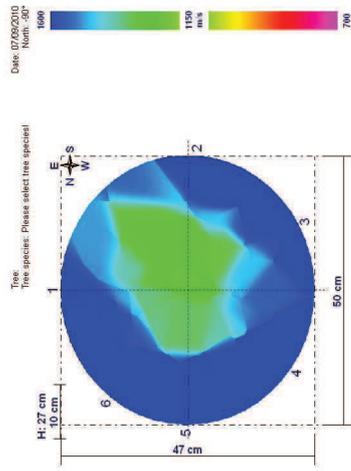
	1	2	3	4	5	6
1		1053	917	1175	1157	1110
2	1033		1131	1077	902	1079
3	912	1310		1018	1159	1010
4	1208	1145	1186		1248	1482
5	1229	1043	1218	1209		841
6	1181	1168	1077	1323	936	

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

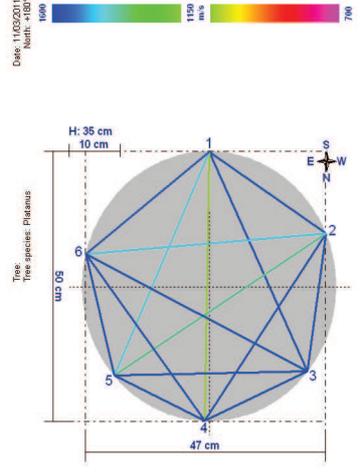
altezza
orientamento

35
S

velocità

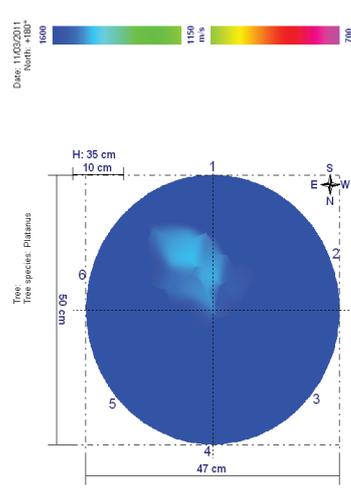
	1	2	3	4	5	6
1		1504	1372	1123	1176	1038
2	1362		1616	1494	1263	1132
3	1335	1748		1337	1228	1472
4	1126	1578	1290		1201	1451
5	1104	1222	1304	993		1142
6	1118	1239	1583	1551	1183	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

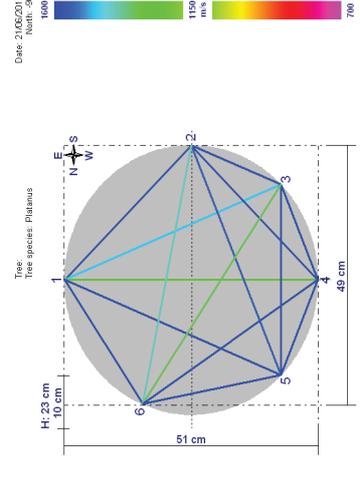
altezza
orientamento

23
E

velocità

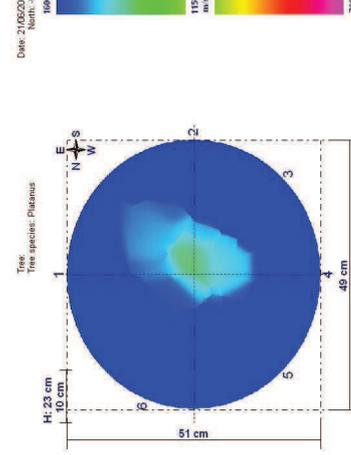
	1	2	3	4	5	6
1		1154	1222	1270	1452	1341
2	1154		1710	1630	1279	1115
3	1168	1821		1402	1324	1005
4	1218	1691	1454		1174	1283
5	1392	1296	1319	1241		1269
6	1347	1268	1204	1486	1401	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



SETTEMBRE

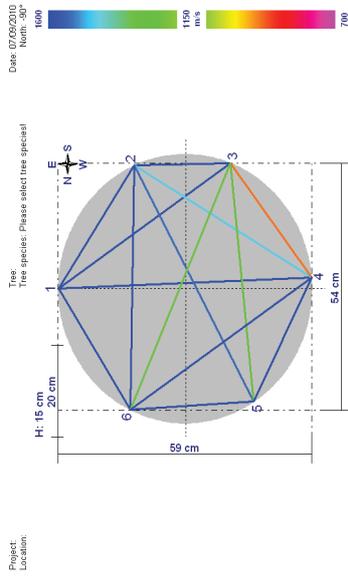
A155

altezza
orientamento
velocità

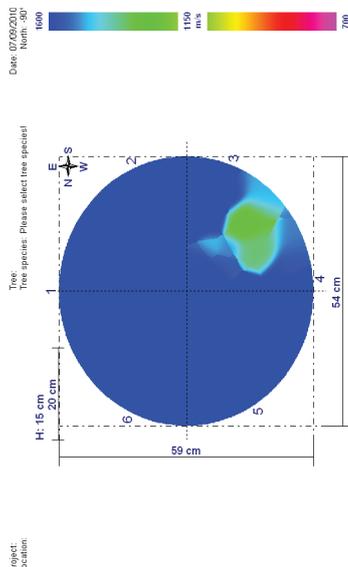
15
E

	1	2	3	4	5	6
1		1523	0	1512	0	550
2	1441		1327	1040	1439	1506
3	1570	0		660	983	1263
4	1590	1110	675		1485	1579
5	0	1488	996	1397		1488
6	1512	1586	1279	1599	1596	

Lines



tomogramma



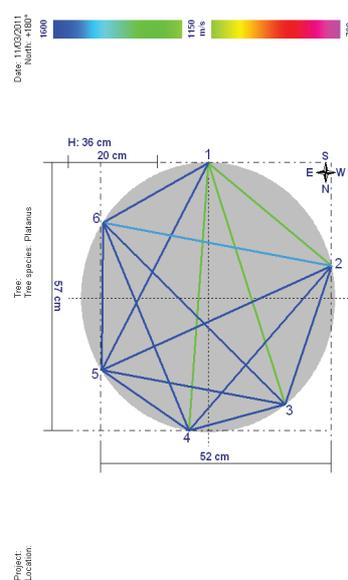
MARZO

altezza
orientamento
velocità

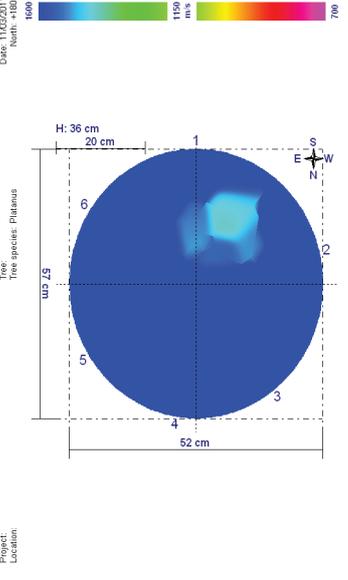
36
S

	1	2	3	4	5	6
1		906	1047	1214	1279	1372
2	849		1650	1629	1610	1203
3	1038	1856		1408	1654	1687
4	1082	1515	1022		1142	1423
5	1152	1535	1556	1280		1247
6	1245	1234	1708	1578	1257	

Lines



Tomogramma



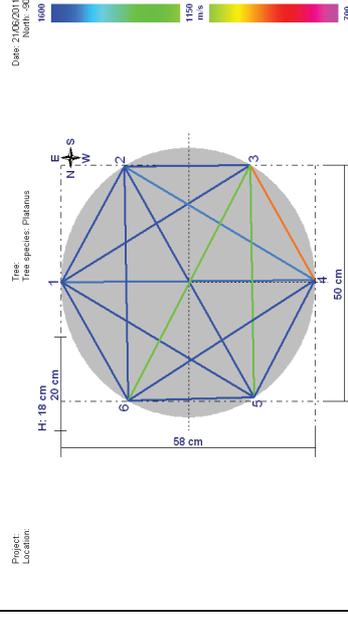
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

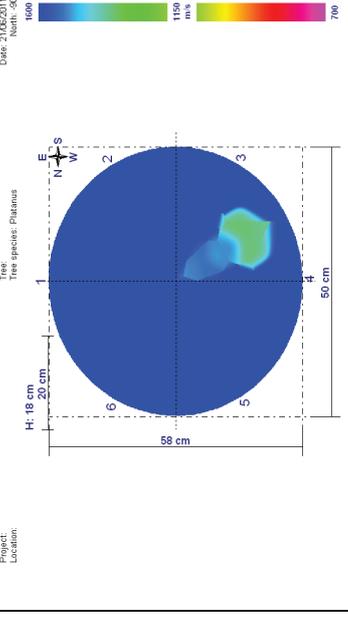
18
E

	1	2	3	4	5	6
1		1378	1485	1507	1512	1669
2	1485		1676	1165	1574	1369
3	1458	1898		671	742	820
4	1489	1201	660		1566	1516
5	1680	1651	983	1601		1509
6	1289	1605	1198	1579	1517	

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A157

altezza
orientamento
velocità

18
E

MARZO

36
S

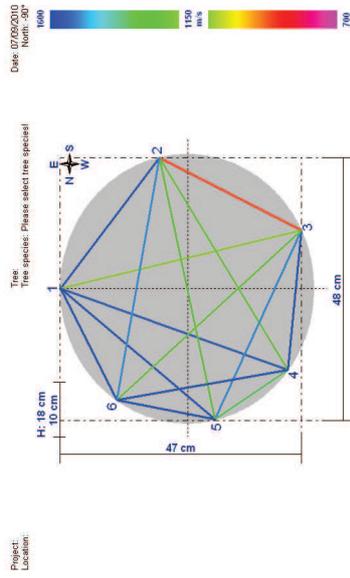
17
E

GIUGNO

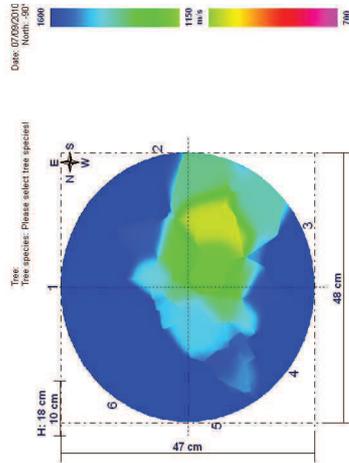
17
E

	1	2	3	4	5	6
1	1402	1028	1028	1334	1584	1082
2	1167	641	641	875	1129	1117
3	909	645	994	1199	1108	994
4	1188	1011	1433	896	1120	1120
5	1313	1210	1134	779	1029	1029
6	1119	1243	1051	1154	1351	

Lines

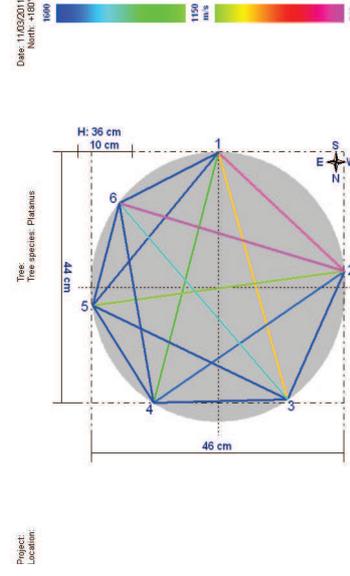


tomogramma

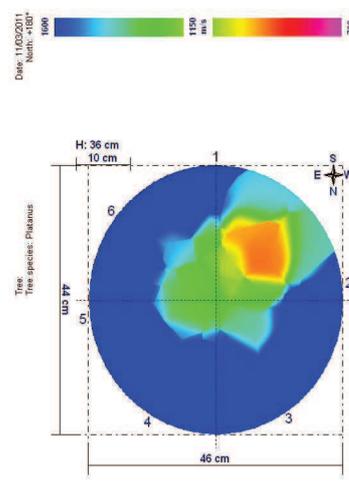


	1	2	3	4	5	6
1	510	539	883	1080	1157	1624
2	890	1533	1496	1159	989	497
3	1085	1244	1266	1484	1287	1287
4	1085	1244	1266	1208	1279	1185
5	1205	1138	1513	1216	1406	943
6	1381	520	1294	1406	943	

Lines

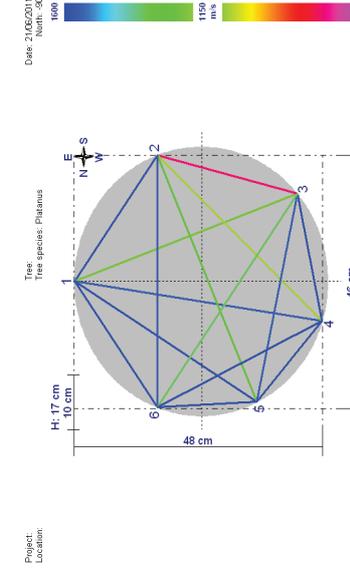


Tomogramma

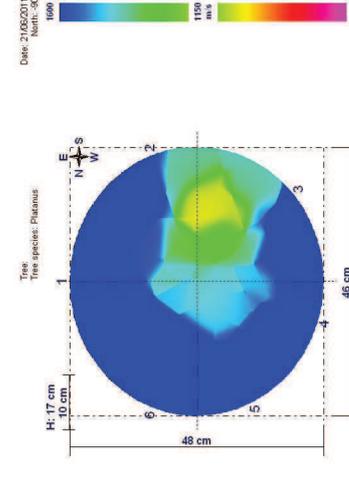


	1	2	3	4	5	6
1	834	1375	1006	1434	1636	1323
2	800	566	479	549	854	891
3	1393	923	1384	1368	1027	886
4	1655	1223	1175	1105	973	1200
5	1431	1322	1176	1375	1105	1165
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A170

altezza
orientamento
velocità

22
E

MARZO

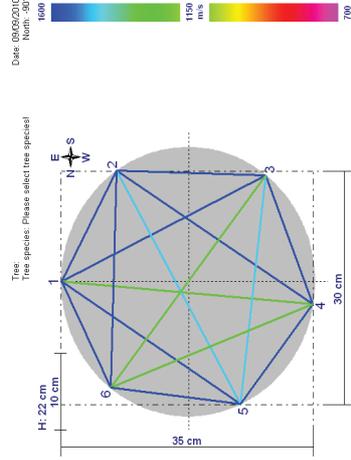
17
S

GIUGNO

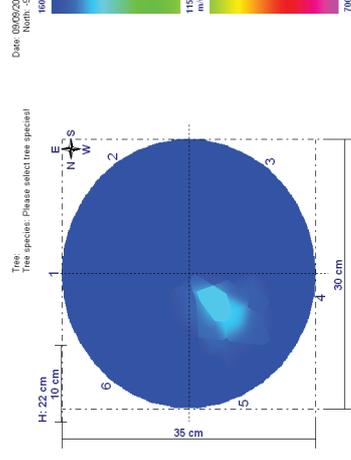
20
E

	1	2	3	4	5	6
1	1297	1428	1125	1227	1136	926
2	1472	1439	1446	1307	1431	1132
3	1563	1513	1349	1144	1292	1137
4	1171	1459	1370	1219	974	994
5	1333	1384	1136	1127	1152	886
6	1170	1453	1287	928	1089	

Lines

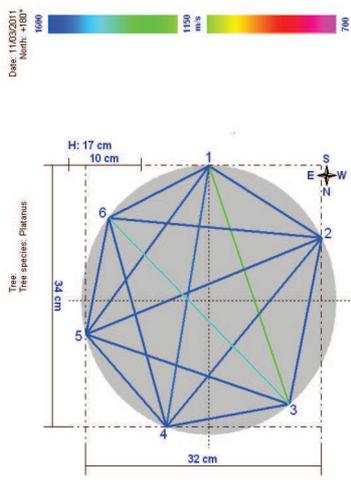


tomogramma

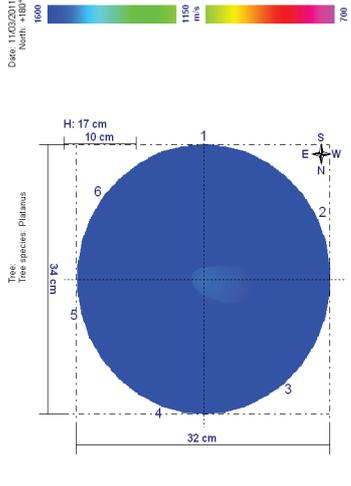


	1	2	3	4	5	6
1	1349	1413	1110	1402	1238	1266
2	1096	1238	1245	1321	1348	1610
3	1380	1337	1285	1295	1275	1313
4	1314	1519	1473	1421	1507	1507
5	1170	1636	1313	1507	936	1309
6						

Lines

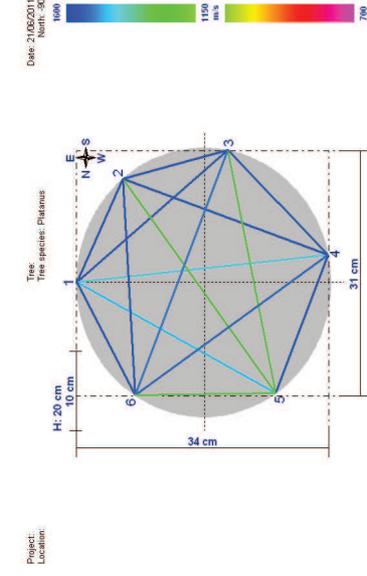


Tomogramma

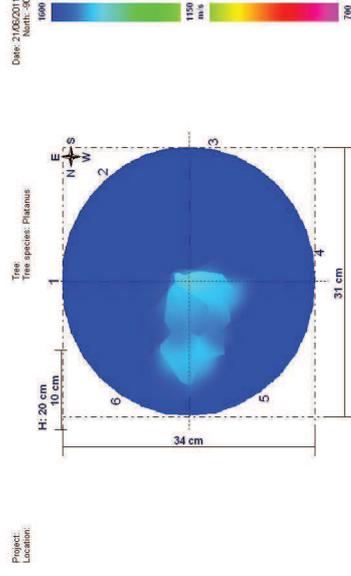


	1	2	3	4	5	6
1	1171	1143	1451	1361	1069	926
2	1390	1332	1613	1535	1047	1132
3	1278	1551	1398	1338	991	1137
4	1182	1198	1099	1310	1275	994
5	1102	1375	1382	1282	925	886
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A180

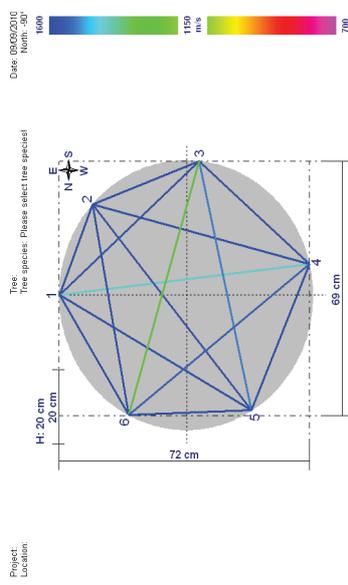
altezza
orientamento

20
E

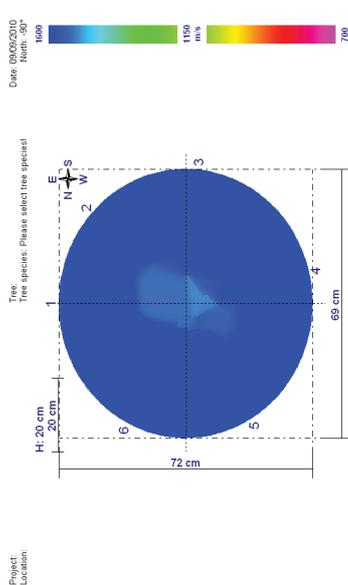
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1245	1271	1326	1326	1552	1267
2	1039	1182	1242	1304	1420	1244
3	1182	1242	1304	1470	1295	934
4	1193	1410	1440	1284	1201	1312
5	1579	1472	1278	1075	1270	1213
6	1302	1360	1145	1270	1213	

Lines



tomogramma



MARZO

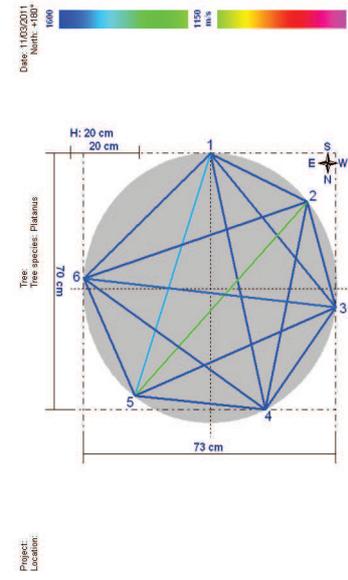
altezza
orientamento

20
S

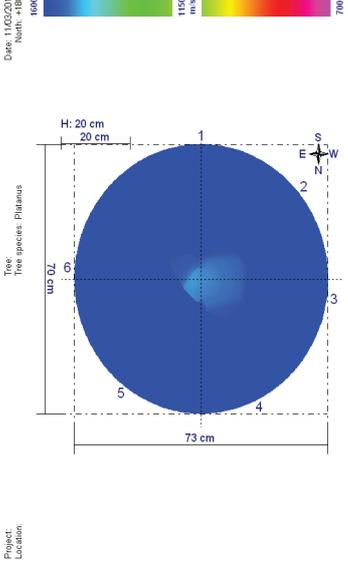
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1469	1550	1486	1403	1220	1235
2	1469	1550	1368	1498	1225	1327
3	1557	1355	1327	1383	1327	1356
4	1428	1498	1356	1216	1216	1735
5	1269	1232	1361	1374	1108	1136
6	1409	1480	1506	1464	1108	

Lines



Tomogramma



GIUGNO

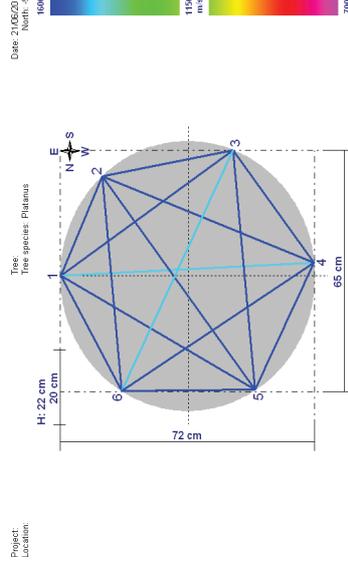
altezza
orientamento

22
E

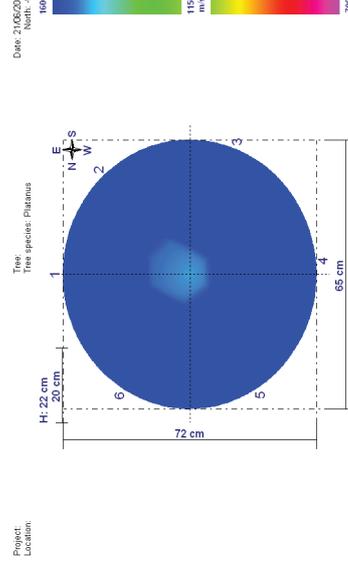
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1096	1147	1357	1399	1516	1302
2	1223	1310	1362	1561	1502	1386
3	1359	1616	1623	1450	1417	1109
4	1481	1551	1539	1412	1352	1303
5	1311	1501	1379	1496	1310	1221
6	1311	1501	1379	1496	1310	

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

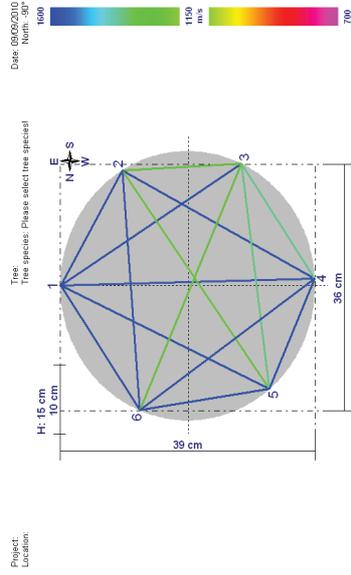
A183

altezza orientamento E

velocità

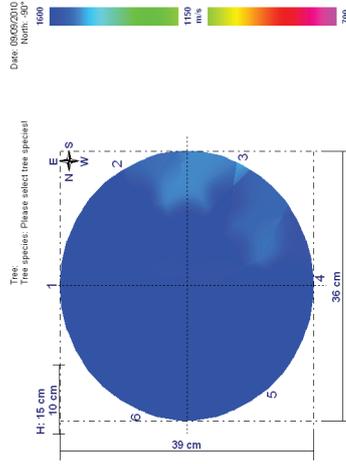
	1	2	3	4	5	6
1	1069	1181	1275	1303	1418	1290
2	1232	869	845	1081	1129	1170
3	1541	1285	952	790	1030	1206
4	1497	1257	1064	1150	1113	1400
5	1298	1282	1152	1305	1204	803

Lines



tomogramma

Project Location:



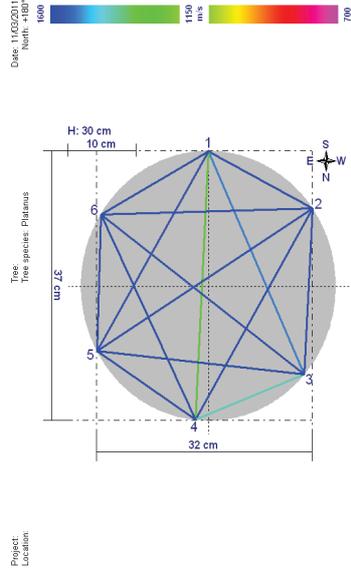
MARZO

altezza orientamento S

velocità

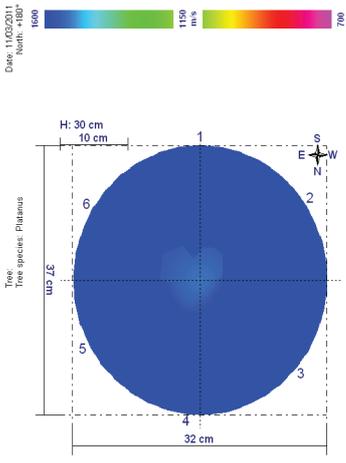
	1	2	3	4	5	6
1	1007	1170	1244	1218	1259	1247
2	1171	1477	1450	1341	1550	1720
3	1187	1520	931	962	1464	1522
4	1079	1519	1291	857	1186	1495
5	1152	1830	1528	1239	1122	1009

Lines



Tomogramma

Project Location:



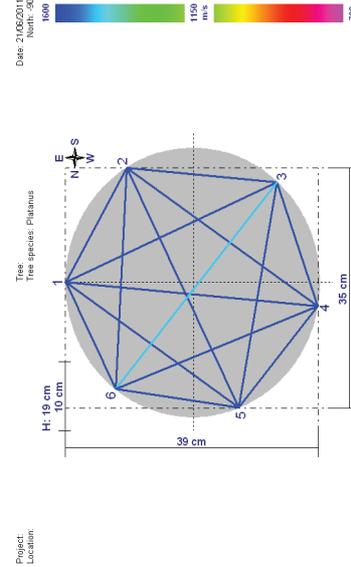
GIUGNO

altezza orientamento E

velocità

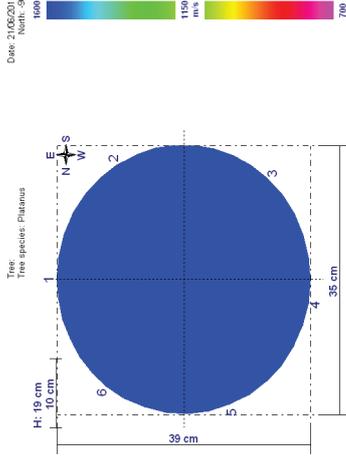
	1	2	3	4	5	6
1	1339	1377	1514	1749	1546	1093
2	1553	1458	1449	1581	1428	1277
3	1659	1581	1428	1387	1415	1423
4	1524	1547	1310	982	1397	1511
5	1206	1449	1418	1525	1167	982

Lines



Tomogramma

Project Location:



SETTEMBRE

A195

altezza orientamento E

altezza orientamento S

altezza orientamento E

MARZO

GIUGNO

altezza orientamento E

24

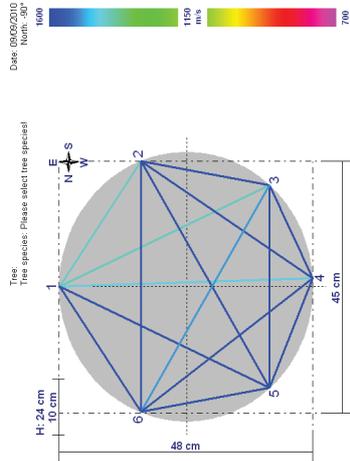
velocità

velocità

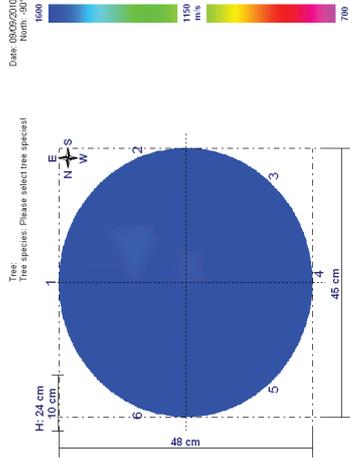
velocità

1	2	3	4	5	6
883	1018	1258	1283	1029	1029
992	1311	1344	1311	1231	1231
1155	1403	1194	1403	1367	1367
1401	1186	1207	1334	1334	1334
1416	1128	899	1256	1256	1256
1218	1399	1340	1308	1303	1303

Lines

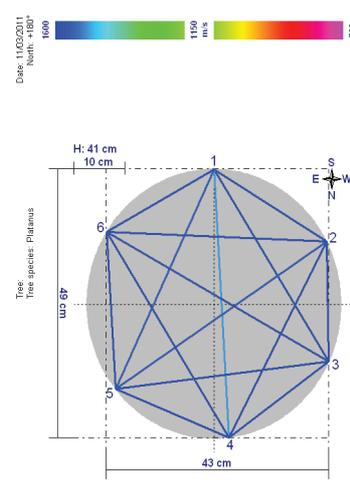


tomogramma

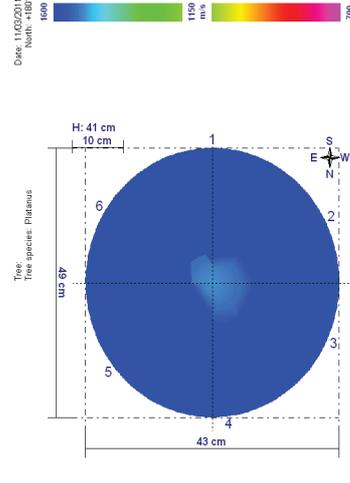


1	2	3	4	5	6
1502	1566	1390	1441	1144	1094
1432	1261	1246	1460	1325	1564
1381	1261	1231	1261	1412	1412
1271	1409	1192	1186	1376	1376
1222	1475	1332	1346	1161	1161
1748	1530	1693	1075	1075	1075

Lines

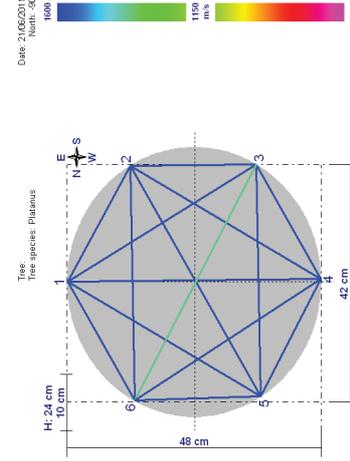


Tomogramma

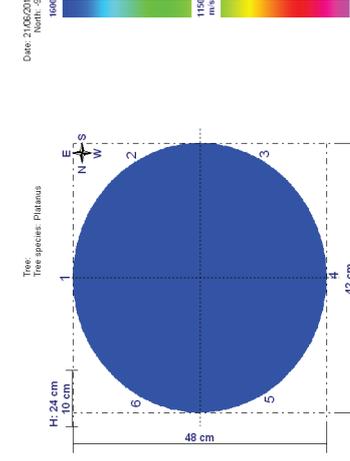


1	2	3	4	5	6
1271	1397	1445	1692	1595	1310
1191	1238	1706	1488	1199	1199
1071	1071	1188	1080	1078	1078
1571	1524	1225	1188	1264	1264
1727	1602	1329	1561	1381	1381
1360	1413	1350	1559	1251	1251

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

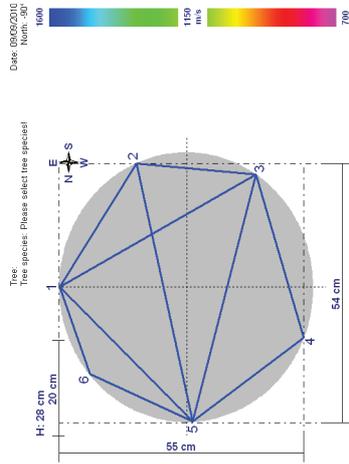
A196

altezza
orientamento
velocità

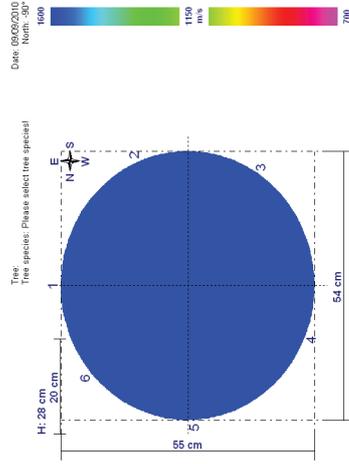
28
E

	1	2	3	4	5	6
1	1528	1558	1467	0	1305	1107
2	1458	943	1079	1406	1359	0
3	0	0	1390	1451	0	0
4	1281	1576	1326	1424	859	0
5	1159	0	0	1307	0	0

Lines



tomogramma



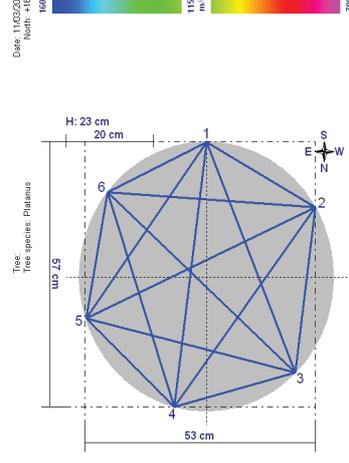
MARZO

altezza
orientamento
velocità

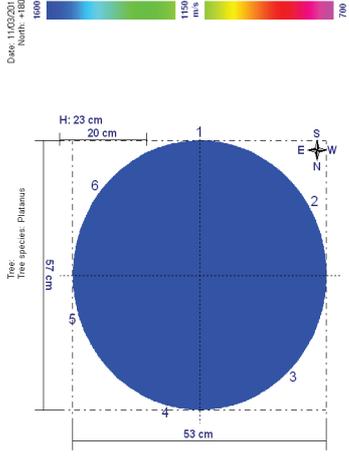
23
S

	1	2	3	4	5	6
1	1760	2049	1697	1840	1498	1239
2	1655	1205	1339	1775	1565	1546
3	1777	1913	1658	1379	1462	1778
4	1583	1849	1669	1264	1220	1771
5	1221	1844	1846	1804	1512	1419

Lines



Tomogramma



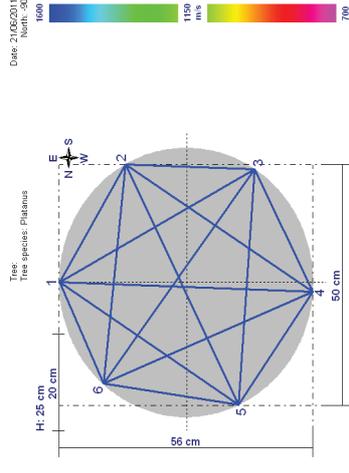
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

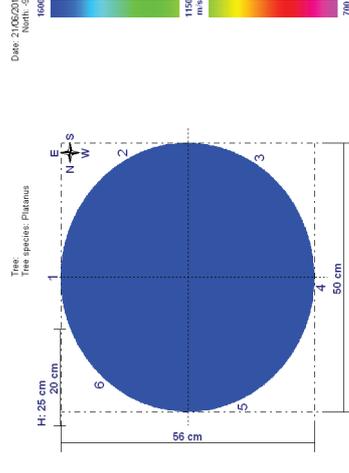
25
E

	1	2	3	4	5	6
1	1521	1743	1576	1866	1473	1353
2	1438	1317	1388	1975	1591	1975
3	1761	2023	1108	1342	1245	1436
4	1335	1623	1389	943	1222	2012
5	1322	2160	1826	2114	1456	1283

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A203

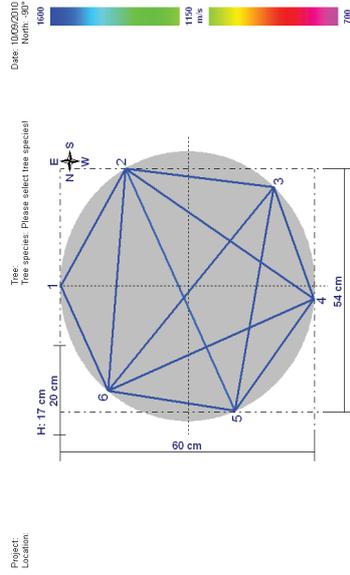
altezza
orientamento

17
E

velocità

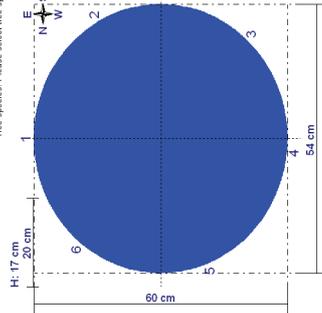
	1	2	3	4	5	6
1	1363	1400	1400	0	0	1492
2	0	1428	1383	1560	1440	1452
3	0	1555	1286	1169	1391	1515
4	0	1483	1462	1359	1495	0
5	0	1484	1482	1595	1555	1482
6	1484	1482	1595	1555	1542	

Lines



tomogramma

Project: Location: Tree species: Please select tree species!
Date: 10/09/2010 North: -90°



MARZO

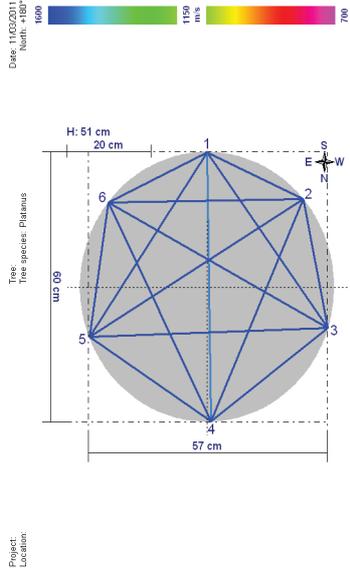
altezza
orientamento

51
S

velocità

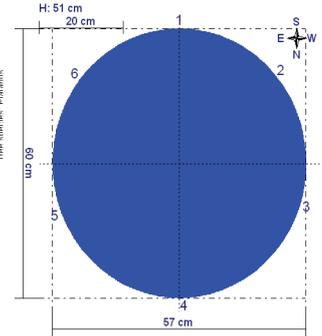
	1	2	3	4	5	6
1	1424	1669	1589	1489	1346	1554
2	1424	1669	1284	1439	1604	1837
3	1390	1330	1447	1772	1621	1621
4	1433	1550	1593	1435	1498	1498
5	1376	1648	1865	1504	1267	1267
6	1484	2012	1853	1612	1226	

Lines



Tomogramma

Project: Location: Tree species: Platanus
Date: 11/03/2011 North: -180°



GIUGNO

altezza
orientamento

velocità

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Lines

Tomogramma

SETTEMBRE

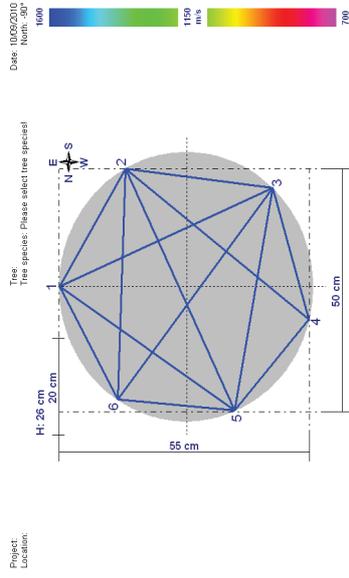
A205

altezza
orientamento
velocità

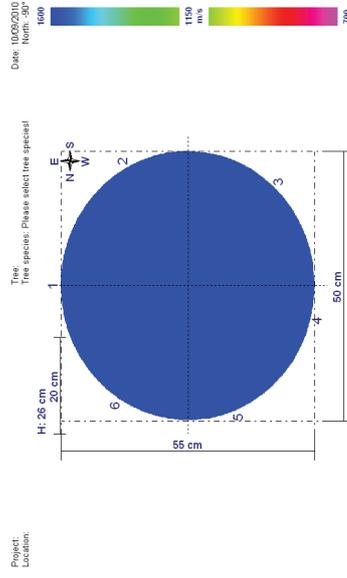
26
E

	1	2	3	4	5	6
1	1368	1394	1543	0	1553	1370
2	1566	1418	1476	1498	1500	1530
3	0	0	1513	1330	1501	1581
4	1512	1585	1477	1320	0	1564
5	1525	0	0	0	1536	0
6	0	0	0	0	0	0

Lines



tomogramma



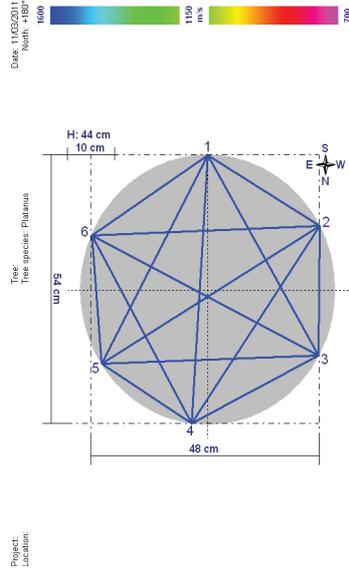
MARZO

altezza
orientamento
velocità

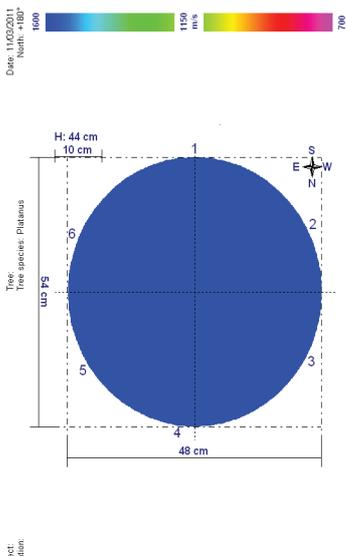
44
S

	1	2	3	4	5	6
1	1453	1578	1497	1538	1486	1527
2	1297	1453	1355	1628	1535	1880
3	1617	1019	1441	1159	1315	1441
4	1402	1656	1216	1083	1697	1320
5	1602	1844	1588	1226	1106	1320
6	1602	1844	1779	1633	1106	1320

Lines



Tomogramma



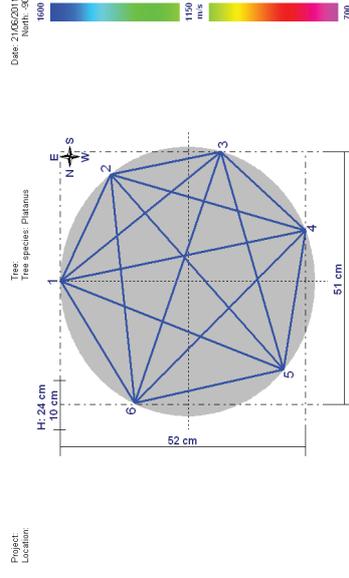
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

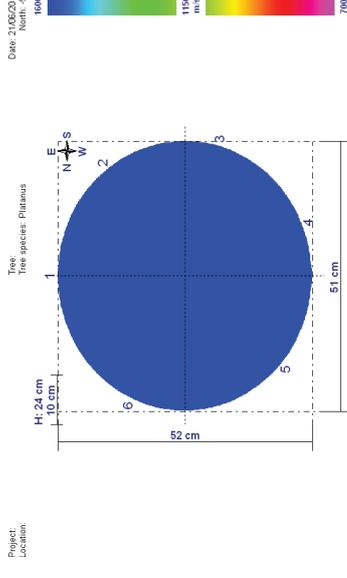
24
E

	1	2	3	4	5	6
1	1290	1480	1545	1701	1613	1304
2	1360	1499	1619	1780	1621	1529
3	1581	1795	1480	1371	1406	1370
4	1535	1651	1532	1411	1390	1572
5	1282	1648	1537	1665	1490	1395
6	1282	1648	1537	1665	1490	1395

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

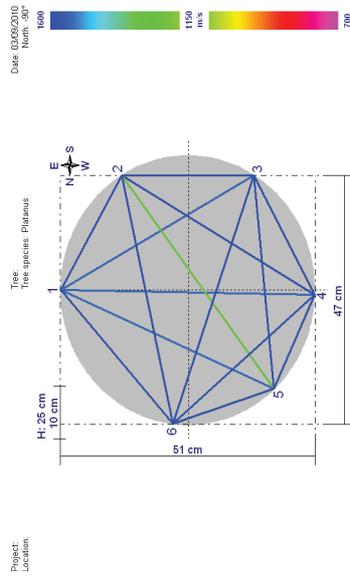
A081

altezza
orientamento
velocità

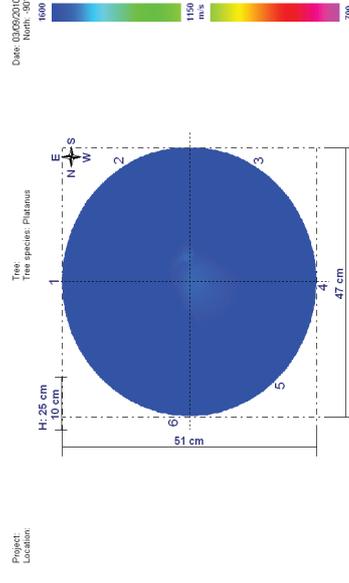
25
E

1	2	3	4	5	6
1414	1464	1231	1472	1271	1375
1191	1157	1226	1349	1160	1311
1515	1399	1321	1407	1174	1266
1254	1165	1231	1065	1317	1099
1545	1481	1481	1444	1185	

Lines



tomogramma



MARZO

altezza
orientamento
velocità

1	2	3	4	5	6

Lines

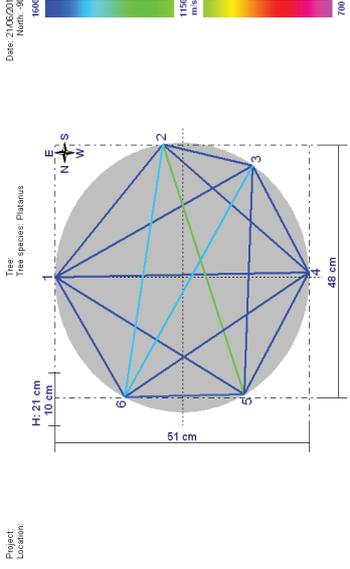
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

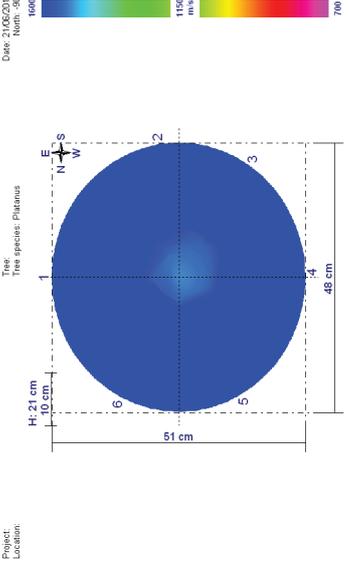
21
E

1	2	3	4	5	6
1018	1239	1365	1611	1296	1221
1262	1098	863	1252	1013	1028
1586	1365	1321	1337	1266	1290
1340	1208	1410	1372	1238	1382
1273	1261	1420	1431	1053	1058

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

AZ09

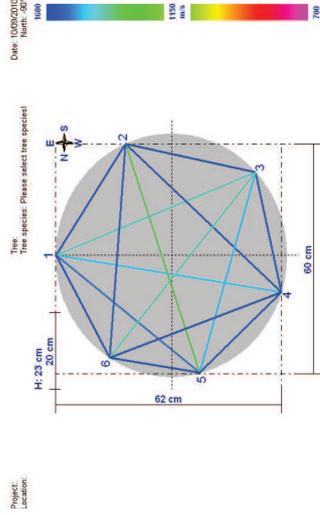
altezza
orientamento

23
E

velocità

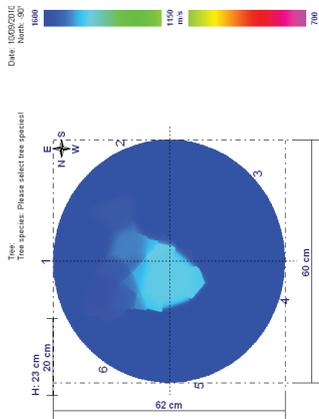
	1	2	3	4	5	6
1	1113	1205	1174	1349	1154	1111
2	1082	1158	1284	1401	1267	1189
3	1243	1519	1016	1087	1163	1210
4	1075	1264	1146	967	1212	1458
5	1123	1256	1302	1506	1310	1227
6						

Lines



tomogramma

Project: Location:



MARZO

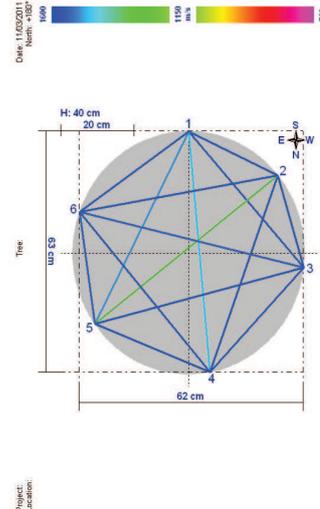
altezza
orientamento

40
S

velocità

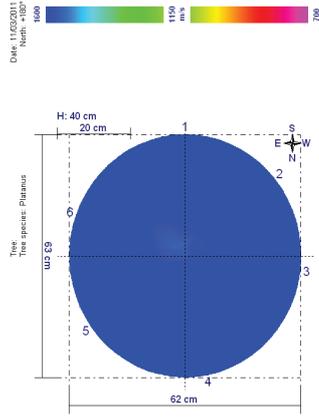
	1	2	3	4	5	6
1	1267	1442	1237	1393	1212	1148
2	1388	1389	900	1243	1066	1129
3	1340	1280	1042	1281	1487	1472
4	1215	1233	1465	1445	1398	1184
5	1346	1359	1441	1407	1079	897
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location:



GIUGNO

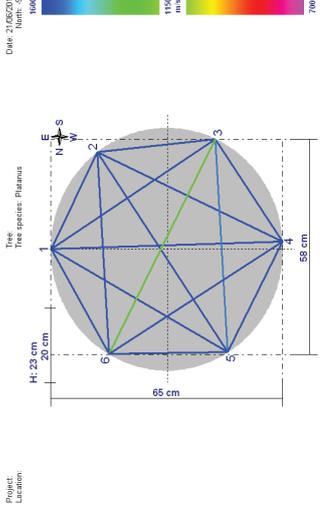
altezza
orientamento

23
E

velocità

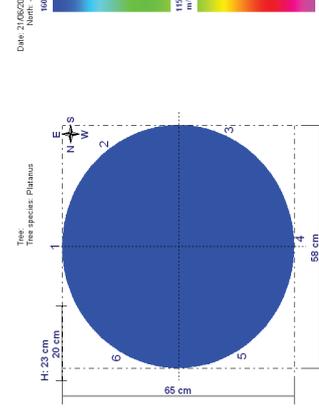
	1	2	3	4	5	6
1	1353	1531	1337	1708	1440	1172
2	1260	1462	1488	1810	1502	1265
3	1652	1851	1355	1443	1131	1105
4	1394	1567	1217	1195	1138	1478
5	1211	1357	1255	1494	1157	1239
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location:



SETTEMBRE

AZ18

altezza orientamento

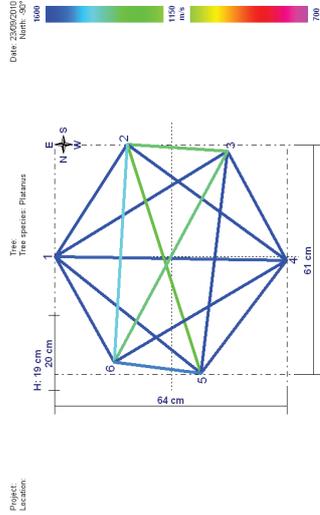
velocità

19

E

	1	2	3	4	5	6
1	1041	1303	1577	1531	1358	1107
2	1395	884	922	1163	1178	1167
3	1438	1263	1215	1202	1308	1345
4	1264	1232	1343	1094	1123	1303
5	940	1157	1315	1214	1028	732
6						

Lines



MARZO

altezza orientamento

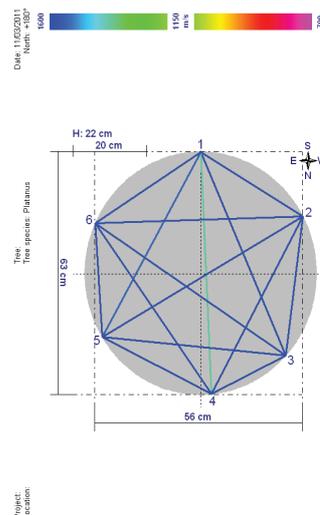
velocità

22

S

	1	2	3	4	5	6
1	1213	1360	1405	1337	1200	1257
2	1333	1306	1344	1396	1435	1502
3	1320	1458	1203	1081	1348	1529
4	1232	1571	1506	1432	1235	1487
5	1200	1577	1564	1487	1154	1191
6						

Lines



GIUGNO

altezza orientamento

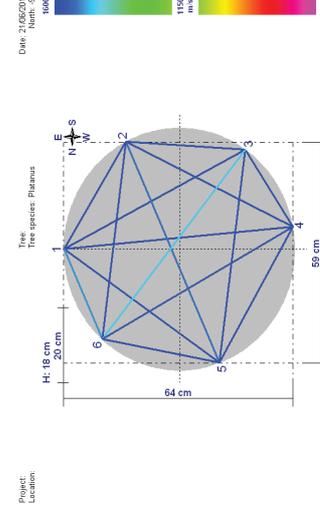
velocità

18

E

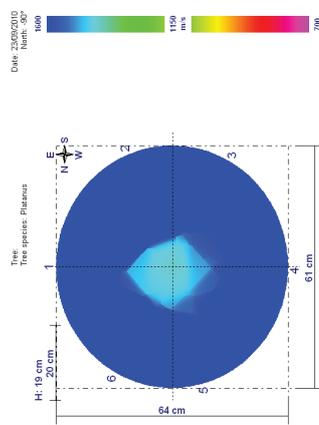
	1	2	3	4	5	6
1	1172	1276	1637	1604	1369	950
2	1468	1370	1393	1476	1414	1092
3	1489	1502	1139	1231	1344	1281
4	1413	1472	1435	1135	1157	1208
5	1020	1258	1401	1347	1168	1281
6						

Lines



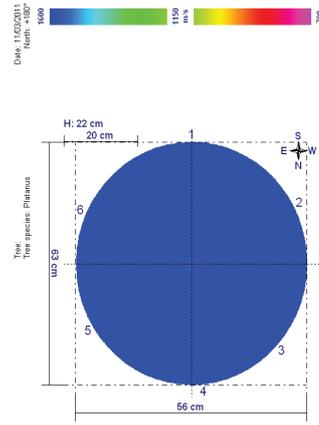
tomogramma

Project: Location:



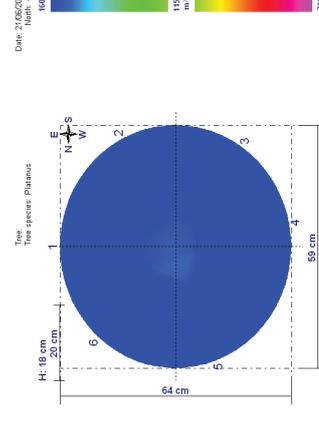
Tomogramma

Project: Location:



Tomogramma

Project: Location:



SETTEMBRE

AZZ22

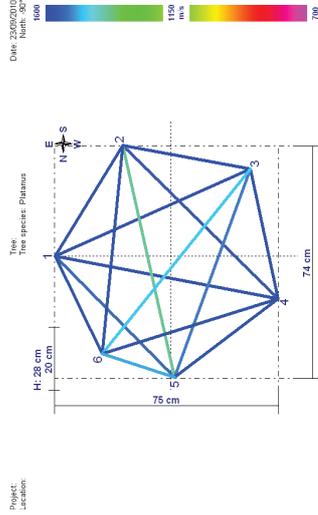
altezza
orientamento

28
E

velocità

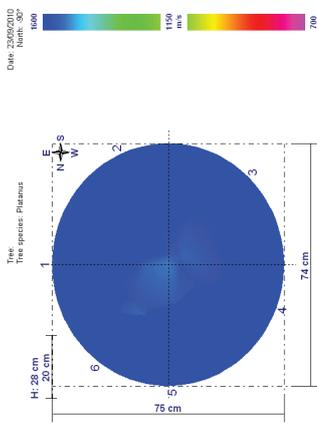
	1	2	3	4	5	6
1	1135	1190	1387	1480	1124	1116
2	1284	879	1174	1305	1239	1333
3	1515	1305	1228	916	1254	1174
4	1113	1233	1241	1190	1276	1628
5	1048	1307	1403	1461	993	820
6						

Lines



tomogramma

Project: Location:



MARZO

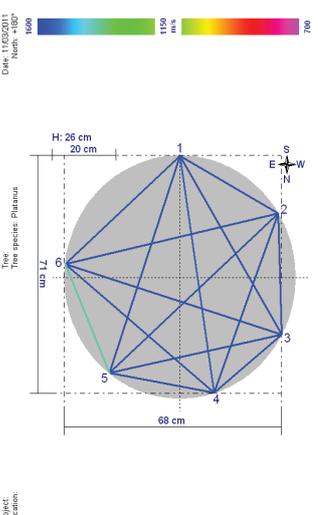
altezza
orientamento

26
S

velocità

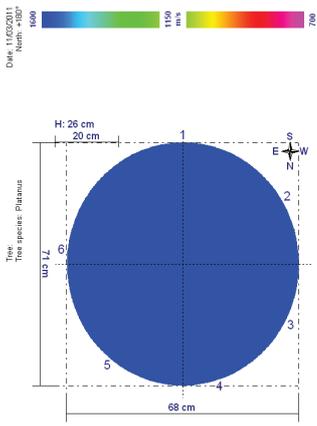
	1	2	3	4	5	6
1	1234	1514	1574	1429	1409	1301
2	1539	1278	1093	1174	1340	1395
3	1385	1332	935	1124	1457	1496
4	1407	1519	1569	1426	1194	1309
5	1437	1615	1692	1464	952	918
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location:



GIUGNO

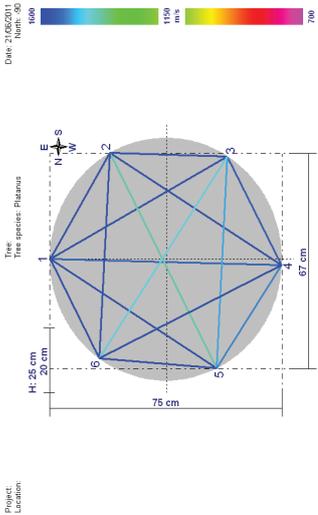
altezza
orientamento

25
E

velocità

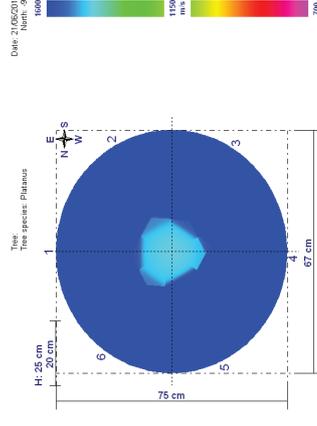
	1	2	3	4	5	6
1	1181	1267	1314	1511	1274	1103
2	1197	1087	1135	1457	1334	1352
3	1409	1447	1080	1017	1060	1243
4	1284	1358	1190	1048	965	1378
5	1100	1467	1401	1639	1392	1218
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location:



SETTEMBRE

AZZ5

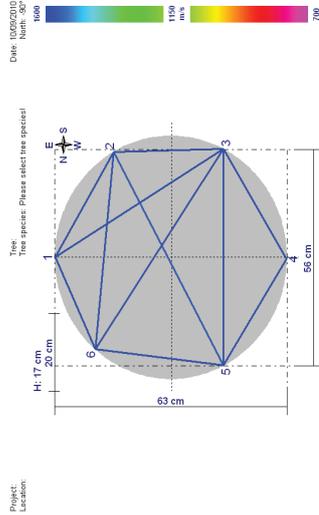
altezza
orientamento

17
E

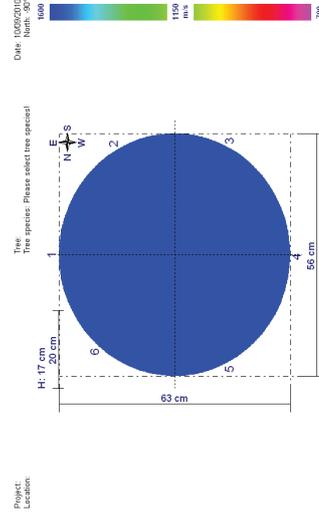
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1400	1473	1473	0	0	1277
2	1302	1417	0	0	1529	1490
3	1449	1583	1230	1353	1441	0
4	0	0	1239	1390	1419	1332
5	0	1525	1390	1419	0	0
6	1309	1516	1493	0	0	0

Lines



tomogramma



MARZO

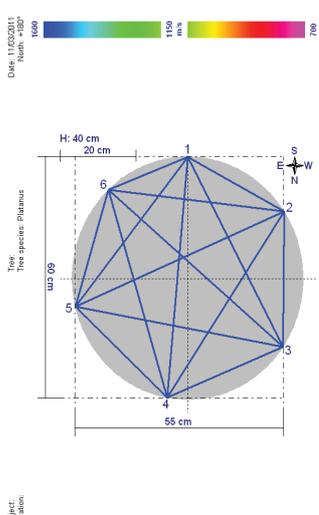
altezza
orientamento

40
S

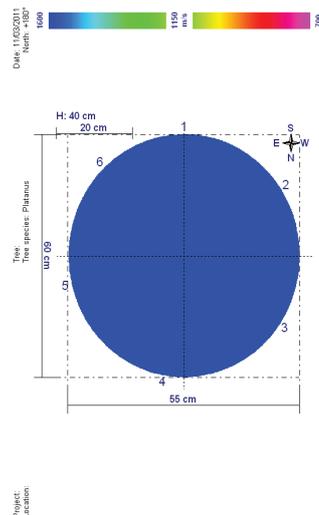
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1959	1907	1894	1477	1251	1458
2	1775	1488	1542	1549	1426	1730
3	1518	1322	1186	1273	1560	1722
4	1532	1597	1797	1414	1258	1609
5	1395	1884	1872	1649	1046	1427
6	1395	1884	1872	1649	1046	1427

Lines



Tomogramma



GIUGNO

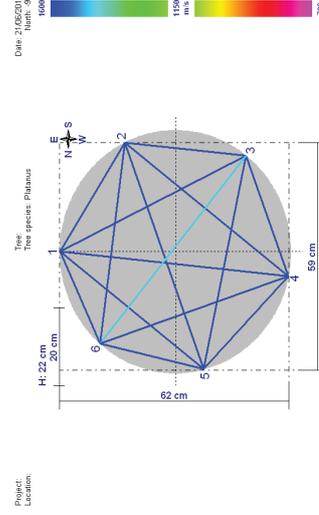
altezza
orientamento

22
E

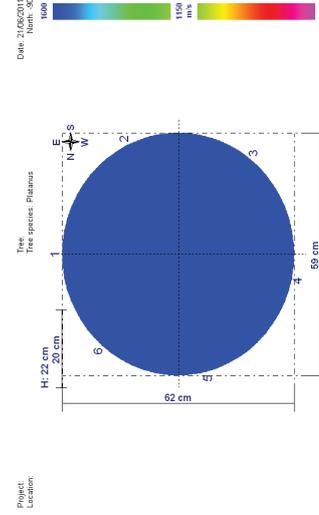
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1457	1552	1687	1968	1633	1128
2	1539	1721	1815	2087	1571	1329
3	1913	2019	1483	1221	1332	1254
4	1622	1624	1523	1545	1510	1676
5	1277	1587	1425	1842	1381	1289
6	1277	1587	1425	1842	1381	1289

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

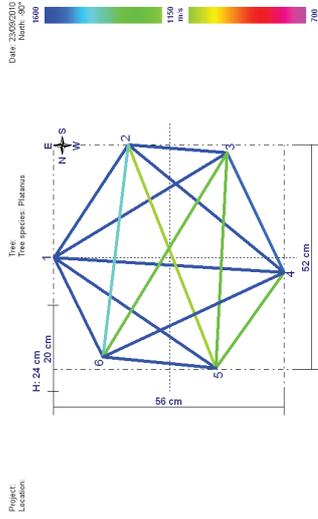
AZZ28

altezza orientamento
E

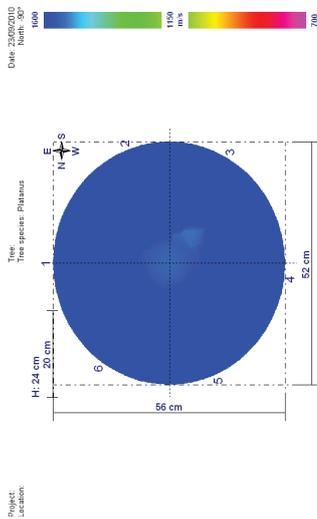
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1142	1230	1579	1704	1377	1115
2	1497	1431	1367	1309	1117	1108
3	1639	1285	1078	1081	1048	1232
4	1249	1077	1011	779	898	1404
5	1110	1134	1279	1472	1321	1027

Lines



tomogramma



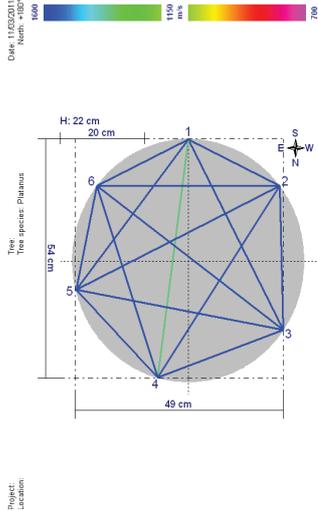
MARZO

altezza orientamento
S

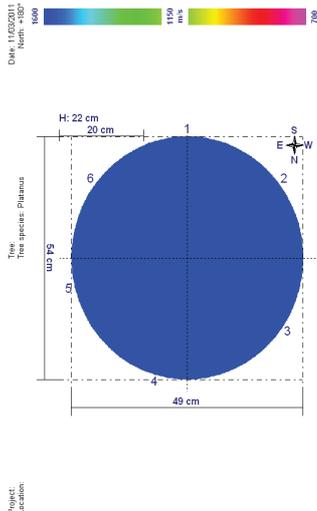
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1327	1500	1399	1260	1262	1364
2	1352	1340	1257	1348	4526	1736
3	1139	1295	1296	1260	4596	1596
4	1240	1618	1649	1281	1010	1158
5	1421	1982	1704	1326	1064	1129

Lines



Tomogramma



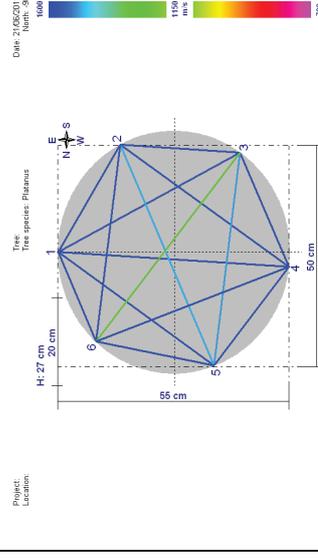
GIUGNO

altezza orientamento
E

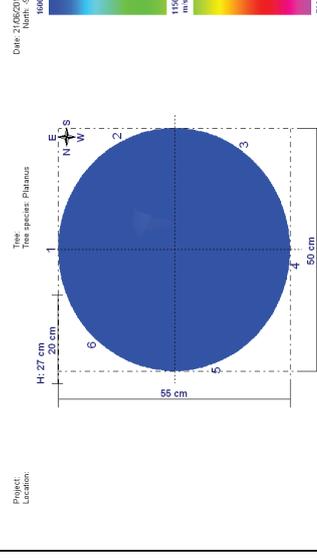
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1065	1142	1271	1701	1597	1140
2	1265	1543	1730	1677	1395	1133
3	1626	1713	1012	1119	1130	1135
4	1537	1431	1205	1225	1194	1348
5	1117	1228	1190	1427	1291	1199

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A232

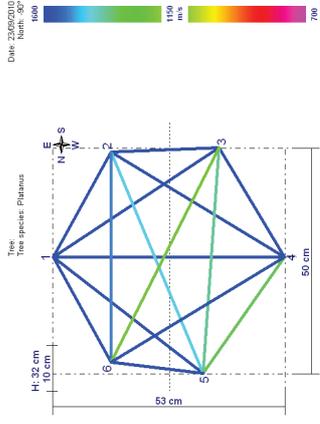
altezza
orientamento

32
E

velocità

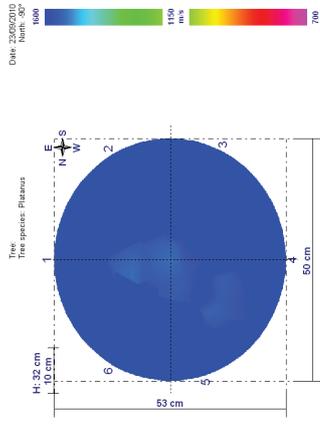
1	2	3	4	5	6
1215	1317	1393	1687	1570	1188
1352	1201	1121	1509	1356	1194
1404	1286	945	1323	1155	1157
1649	1170	963	913	1194	1337
1157	1203	1111	1316	1337	

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

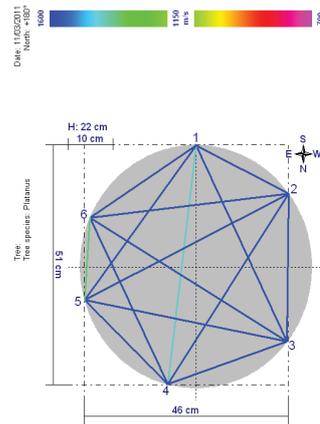
altezza
orientamento

22
S

velocità

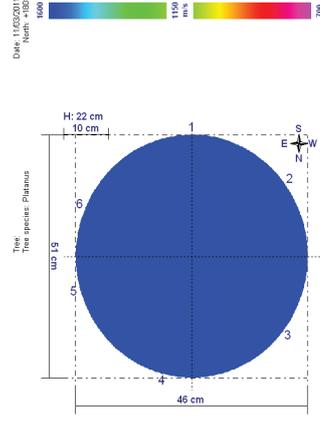
1	2	3	4	5	6
1702	1913	1481	1320	1372	1383
1344	1270	1424	1411	1701	1913
1281	1411	1202	1031	1467	1505
1400	1724	1644	1271	1107	1323
1469	2072	1775	1418	909	840

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

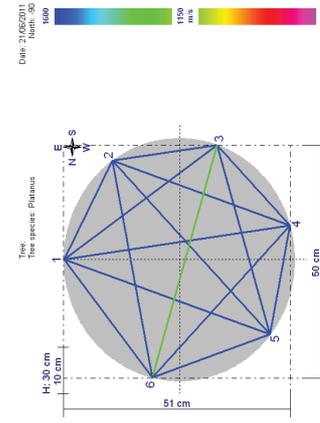
altezza
orientamento

30
E

velocità

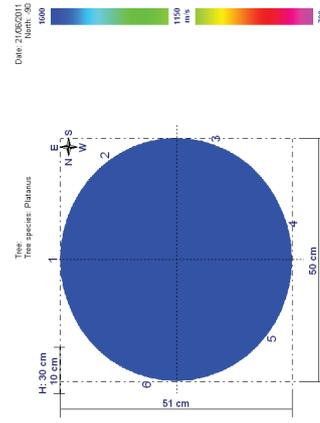
1	2	3	4	5	6
1157	1301	1421	1780	1556	1249
1376	1234	1203	1753	1428	1231
1710	1761	1042	1345	1205	898
1586	1485	1385	1345	1399	1154
1331	1377	1214	1496	1178	1101

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



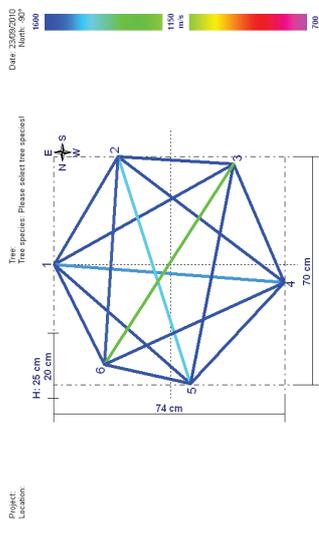
SETTEMBRE

A234

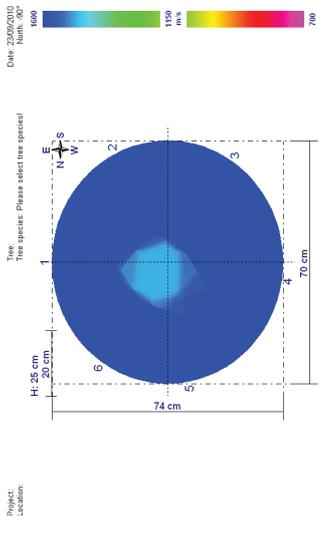
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1022	1199	1258	1403	1363	1068
orientamento	E	E	E	E	E	E
velocità	1146	1332	1436	1493	1175	1083

Lines



tomogramma

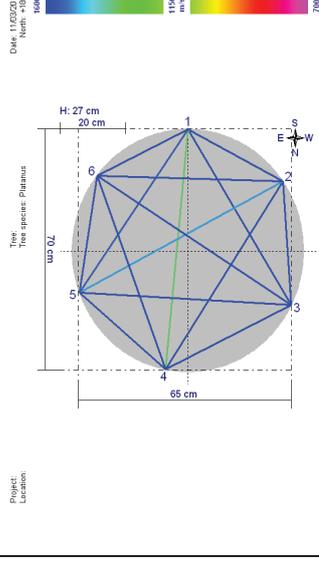


MARZO

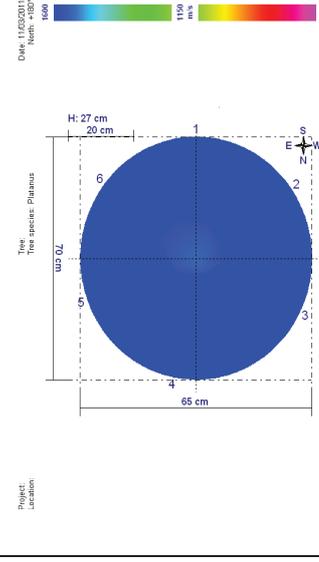
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1202	1313	1371	1272	1205	1167
orientamento	S	S	S	S	S	S
velocità	1556	1440	1201	1377	1094	982

Lines



Tomogramma

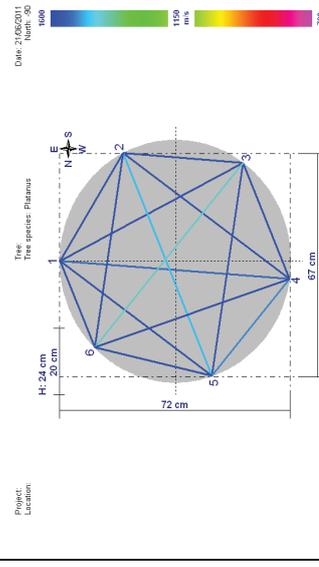


GIUGNO

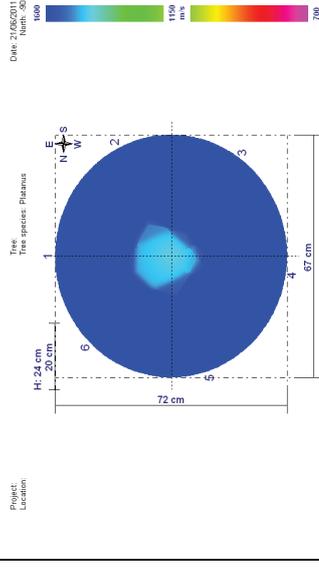
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	965	720	1175	854	168	596
orientamento	E	E	E	E	E	E
velocità	159	810	951	1055	726	147

Lines



Tomogramma



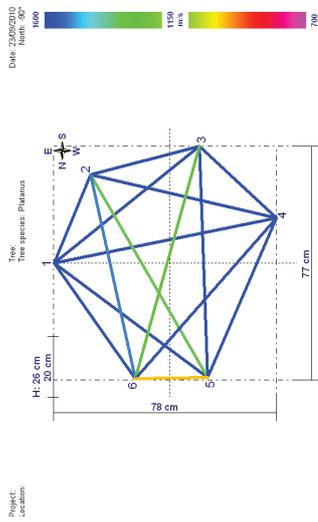
SETTEMBRE

A236

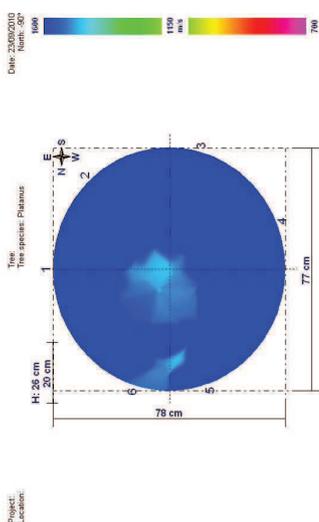
altezza
orientamento
velocità

1	2	3	4	5	6
1206	1528	1483	1316	1168	1168
1052	1058	1162	1139	1103	1103
1524	1182	1134	1507	1258	1258
1422	1266	1116	1576	1289	1289
1232	1193	1418	1495	655	655
1160	1193	1254	1291	680	680

Lines



tomogramma

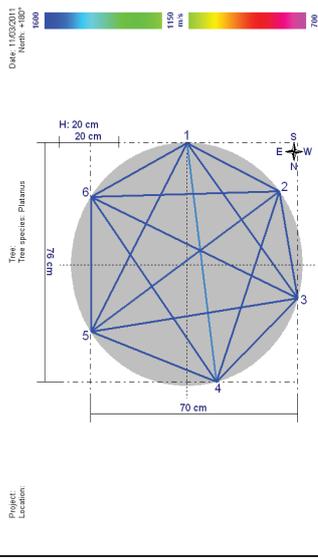


MARZO

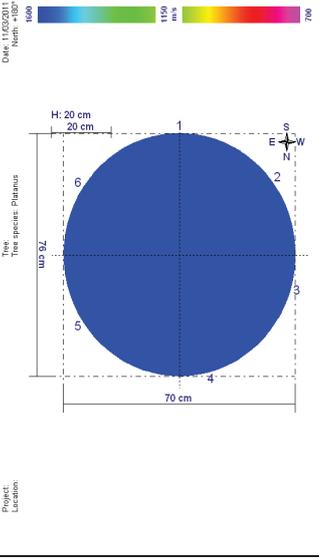
altezza
orientamento
velocità

1	2	3	4	5	6
1305	1447	1396	1406	1334	1337
1384	1245	1193	1448	1451	1675
1393	1542	1207	1254	1441	1511
1321	1541	1519	1456	1406	1543
1290	1720	1553	1543	1208	1185

Lines



Tomogramma

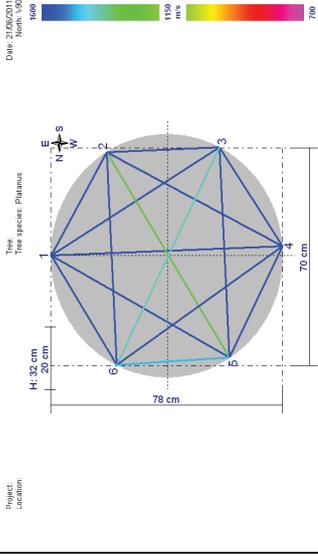


GIUGNO

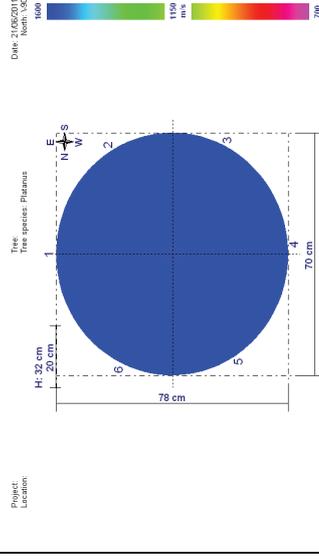
altezza
orientamento
velocità

1	2	3	4	5	6
1113	1302	1649	1754	1615	1386
1478	1243	1285	1498	1195	1194
1644	1572	1268	1268	1284	1290
1505	1303	1329	1205	1205	1419
1346	1388	1292	1137	901	901
1346	1388	1386	1468	1021	1021

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A244

altezza
orientamento

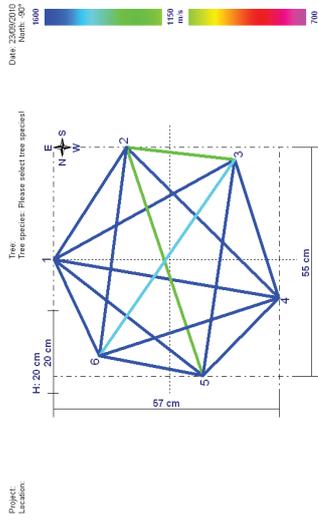
velocità

altezza
orientamento

velocità

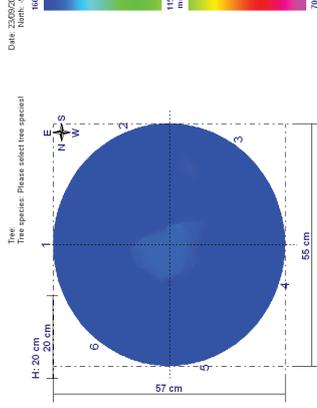
	1	2	3	4	5	6
1	1273	1335	1481	1449	1443	1153
2	1432	873	1246	1273	1286	1286
3	1464	1288	1488	1383	1339	1412
4	1360	1196	1306	1091	1065	1453
5	1026	1236	1392	1303	1309	1481

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

altezza
orientamento

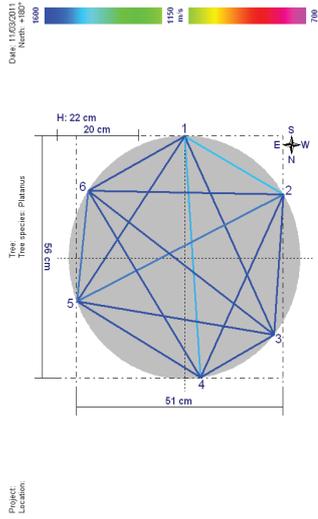
velocità

altezza
orientamento

velocità

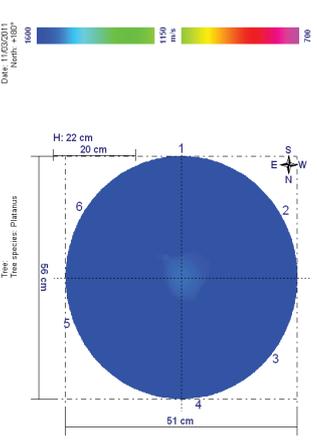
	1	2	3	4	5	6
1	944	1016	1404	1420	1215	1350
2	1338	1625	1657	1469	1316	1416
3	1396	1637	1097	1159	1297	1473
4	1260	1443	1413	1788	1409	1467
5	1337	1595	1594	1546	1044	778

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

altezza
orientamento

velocità

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Lines

Tomogramma

SETTEMBRE

A247

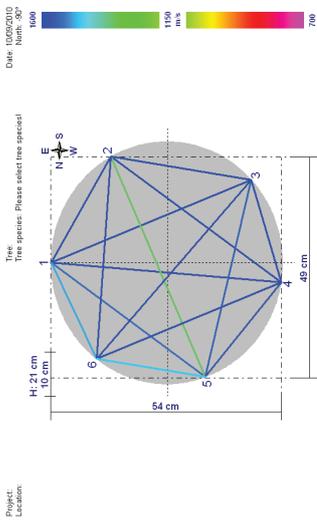
altezza
orientamento

21
E

velocità

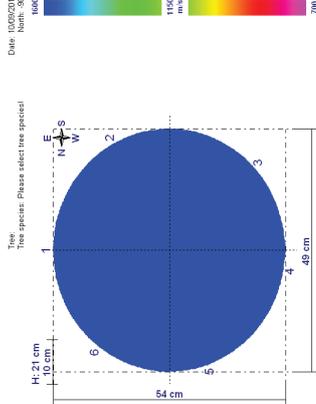
	1	2	3	4	5	6
1	1268	1515	1519	1179	958	
2	1182	1417	1472	1241	1142	
3	1426	1562	1171	1148	1256	
4	1428	1481	1219	1009	1392	
5	1111	1276	1202	1088	970	
6	1018	1465	1581	1560	1008	

Lines



tomogramma

Project: Location:



MARZO

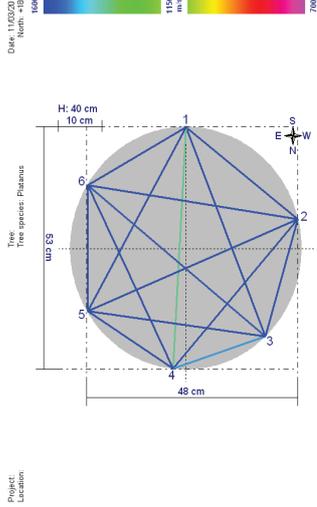
altezza
orientamento

40
S

velocità

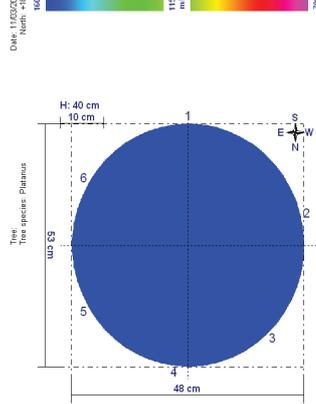
	1	2	3	4	5	6
1	1360	1573	1459	1334	1116	
2	1389	1419	1334	1299	1249	1138
3	1353	1236	1182	1281	1346	1306
4	1319	1429	960	1022	1248	1393
5	1473	1658	1406	1125	909	1188
6	1360	1573	1459	1334	1116	1188

Lines



Tomogramma

Project: Location:



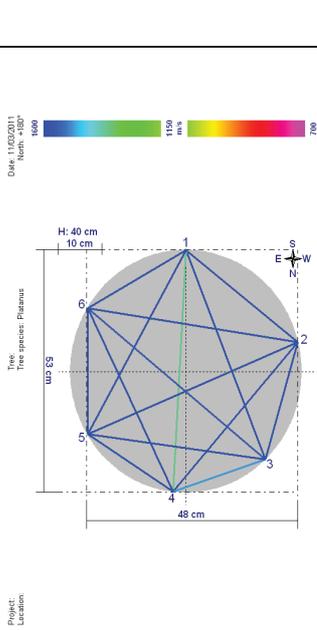
GIUGNO

altezza
orientamento

velocità

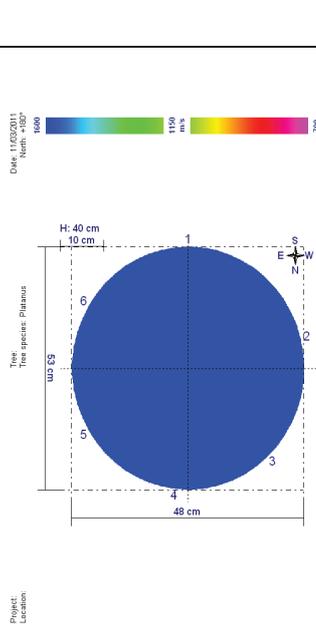
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location:



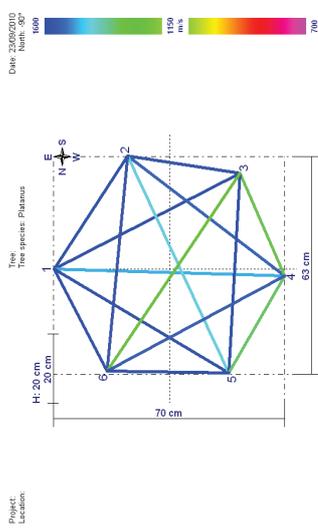
SETTEMBRE

A248

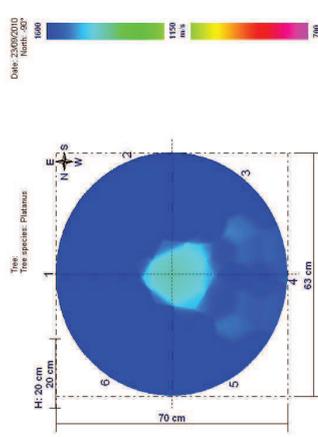
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1191	1251	1472	1452	1442	1142
orientamento	1130	1093	1040	1210	1363	1281
velocità	1362	1176	913	744	1021	1121
	1367	1347	1265	881	923	1234
	962	1198	1270	1156	1061	1171

Lines



tomogramma

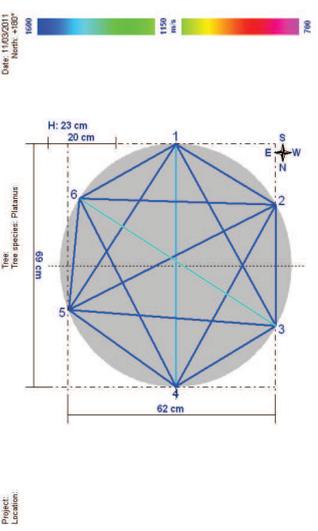


MARZO

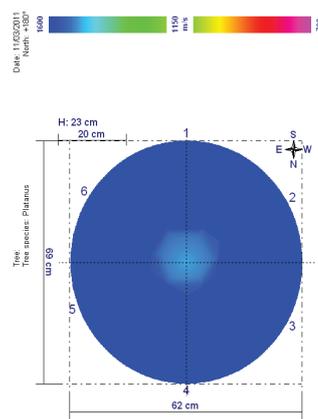
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1146	1202	1329	1472	1314	1300
orientamento	1225	1055	1181	1350	1377	1387
velocità	1463	1418	1113	1020	1263	1277
	1405	1544	1413	1210	1246	1253
	1354	1520	1380	1379	1138	974

Lines



Tomogramma

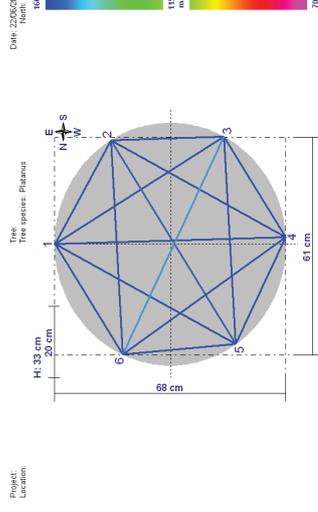


GIUGNO

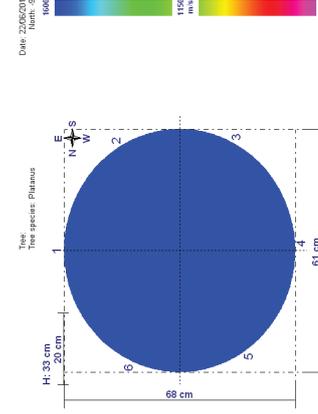
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1323	1443	1736	1759	1574	1194
orientamento	1602	1361	1407	1491	1471	1340
velocità	1645	1499	1318	1313	1415	1424
	1538	1520	1488	1254	1204	1362
	1136	1352	1467	1392	1098	1084

Lines



Tomogramma



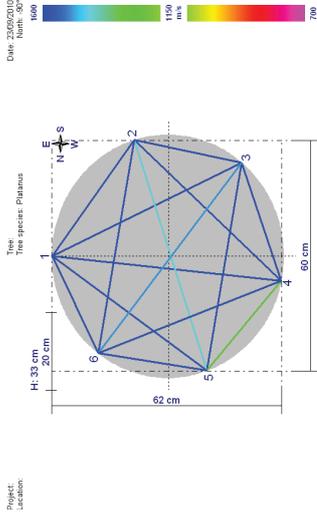
SETTEMBRE

A254

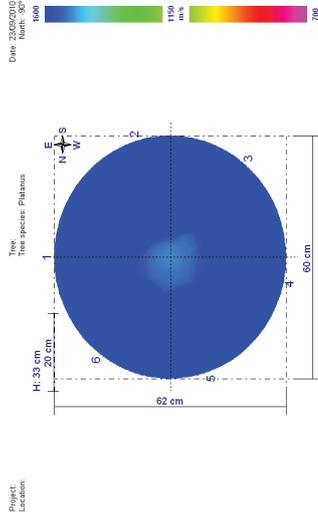
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1320	1506	1530	1536	1530	1278
2	1526	1127	1082	1304	1393	1370
3	1228	1040	872	1203	1393	1472
4	1266	1293	1238	863	826	1148
5	1044	1291	1351	1404	1171	1144

Lines



tomogramma

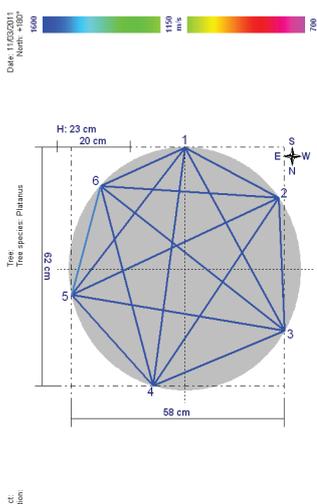


MARZO

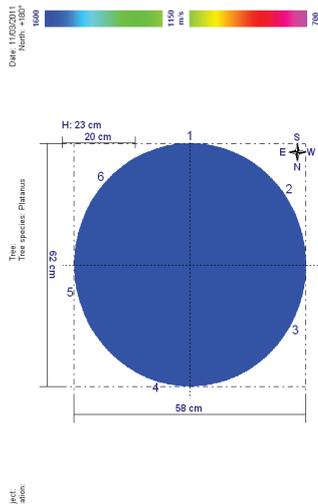
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1320	1273	1519	1519	1267	1233
2	1580	1339	1324	1517	1450	1329
3	1592	1568	1472	1561	1617	1543
4	1354	1623	1667	1022	1084	1274
5	1271	1577	1635	1440	993	1034

Lines



Tomogramma

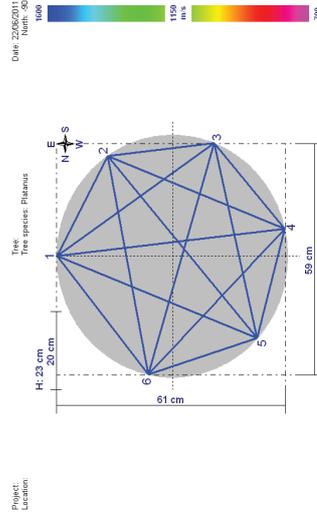


GIUGNO

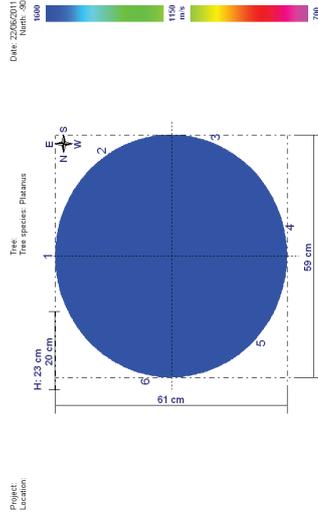
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1380	1550	1536	1789	1514	1237
2	1491	1254	1238	1723	1542	1514
3	1763	1771	1486	1449	1424	1476
4	1589	1636	1509	1305	1196	1638
5	1273	1622	1524	1681	1390	1359

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A255

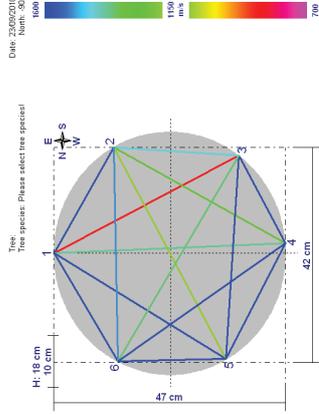
altezza
orientamento

18
E

velocità

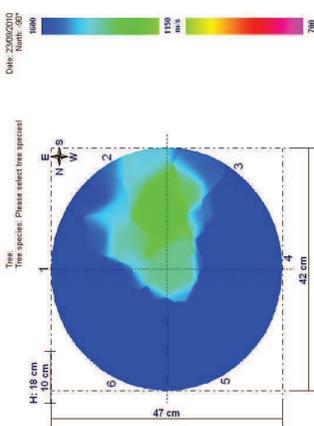
	1	2	3	4	5	6
1	1074	1169	701	1282	1441	1267
2	724	986	910	1081	1124	1156
3	1337	951	1260	1084	1237	1156
4	1505	1143	1552	1427	1485	1418
5	1436	1209	1286	1380	1207	1263
6						

Lines



tomogramma

Project: Location: Date: 23/09/2010 North: 90°



MARZO

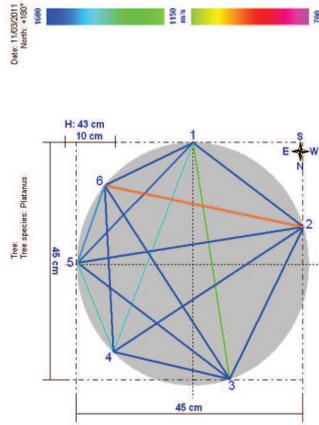
altezza
orientamento

43
S

velocità

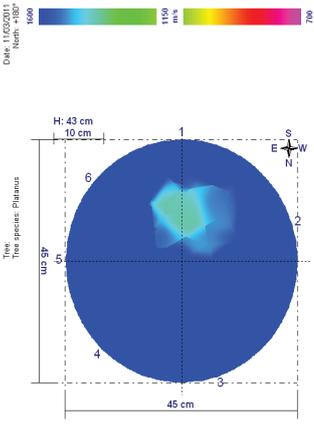
	1	2	3	4	5	6
1	1130	1211	1100	1175	1131	1425
2	1108	1253	1568	1542	1328	752
3	1178	1586	1375	1408	1436	1377
4	1112	1479	1595	947	937	1240
5	1258	756	1583	1423	1005	992
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location: Date: 11/03/2011 North: 100°



GIUGNO

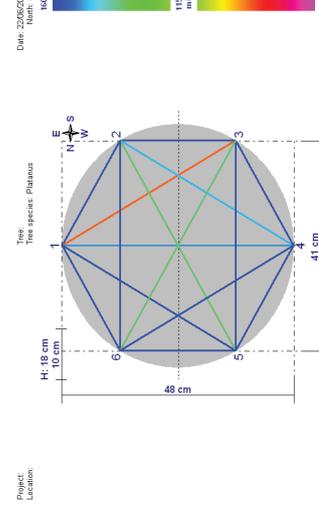
altezza
orientamento

18
E

velocità

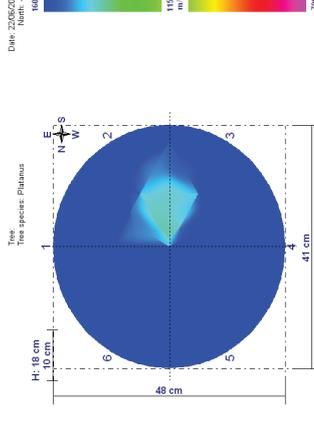
	1	2	3	4	5	6
1	1326	1334	760	1487	1584	1305
2	677	1126	1159	1112	1237	1206
3	1474	1175	1356	1218	1257	1052
4	1597	1334	1578	1380	1404	1597
5	1483	1441	1341	1537	1326	1380
6						

Lines



Tomogramma

Project: Location: Date: 22/06/2011 North: 90°



SETTEMBRE

A259

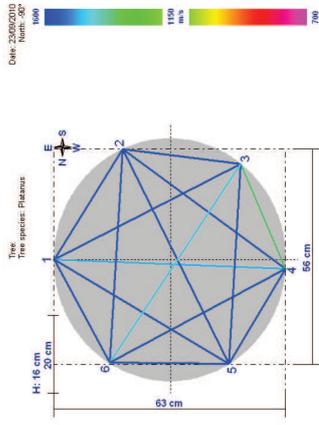
altezza
orientamento

16
E

velocità

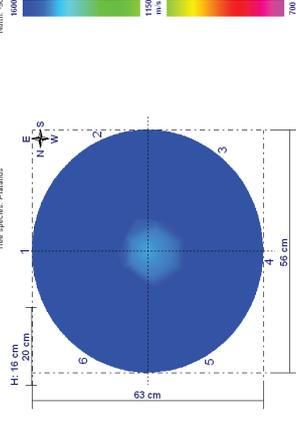
	1	2	3	4	5	6
1	1257	930	1043	1088	1109	1049
2	1354	1194	1246	1246	1439	1418
3	1440	1274	1373	779	1336	1398
4	1534	1557	1371	1203	1261	1410
5	1271	1411	1315	1323	1240	1310
6	1271	1411	1315	1323	1240	1310

Lines



tomogramma

Project: Location:



MARZO

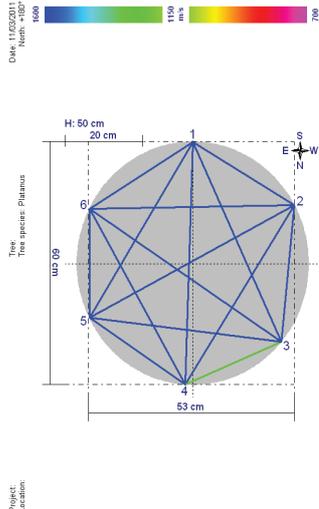
altezza
orientamento

50
S

velocità

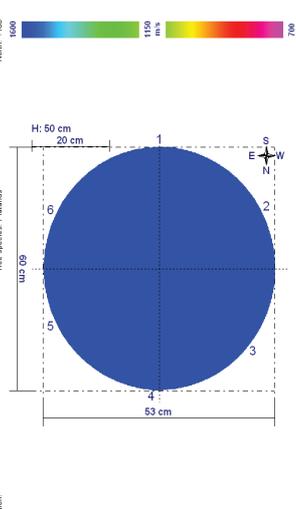
	1	2	3	4	5	6
1	1361	1164	1421	1612	1321	1259
2	1406	1264	1114	1286	1438	1439
3	1562	1491	857	843	1289	1548
4	1428	1676	1430	1341	1110	1579
5	1275	1692	1606	1559	1238	1291
6	1275	1692	1606	1559	1238	1291

Lines



Tomogramma

Project: Location:



GIUGNO

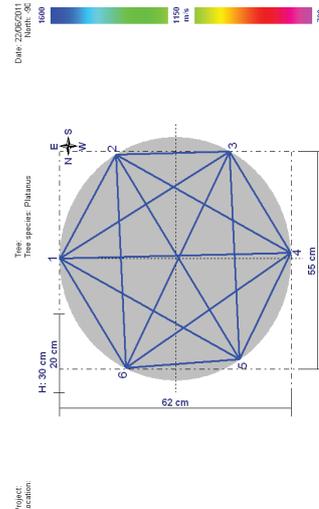
altezza
orientamento

30
E

velocità

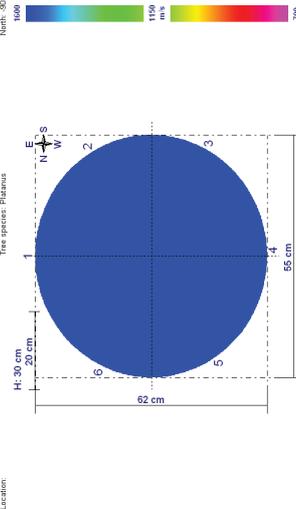
	1	2	3	4	5	6
1	1265	1410	1447	1668	1483	1316
2	1268	1308	1385	1633	1655	1564
3	1563	1690	1200	1142	1256	1376
4	1483	1768	1467	1354	1210	1459
5	1281	1643	1555	1496	1142	1224
6	1281	1643	1555	1496	1142	1224

Lines



Tomogramma

Project: Location:



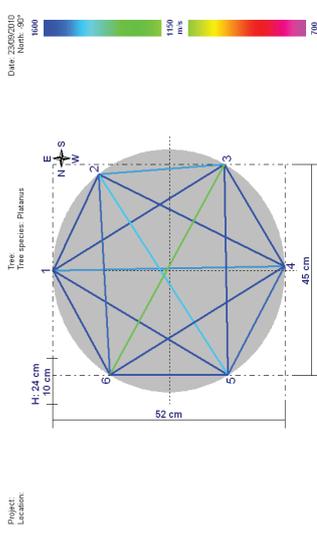
SETTEMBRE

A260

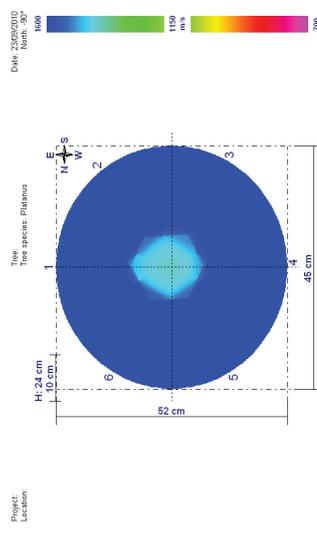
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1003	1114	1360	1474	1459	1272
orientamento	1223	1043	808	1060	1123	981
velocità	1356	1339	1163	1071	1253	1305
	1418	1409	1308	1087	1042	1424
	1041	1192	1237	1274	1264	1207

Lines



tomogramma

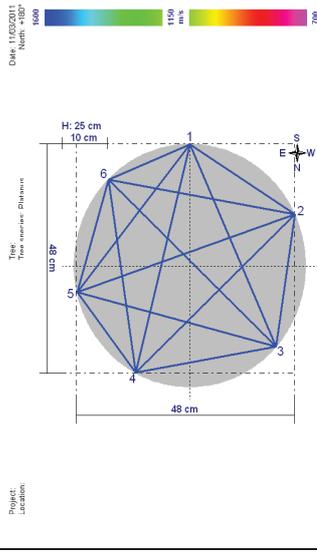


MARZO

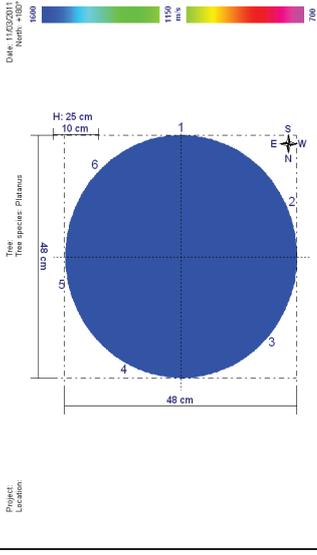
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1272	1526	1636	1549	1382	1203
orientamento	1449	1045	1430	1524	1388	1501
velocità	1489	1615	1160	1178	1404	1534
	1363	1558	1527	1226	1147	1552
	1189	1675	1742	1600	984	1383

Lines



Tomogramma

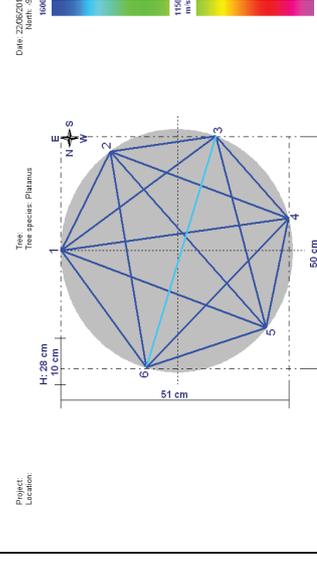


GIUGNO

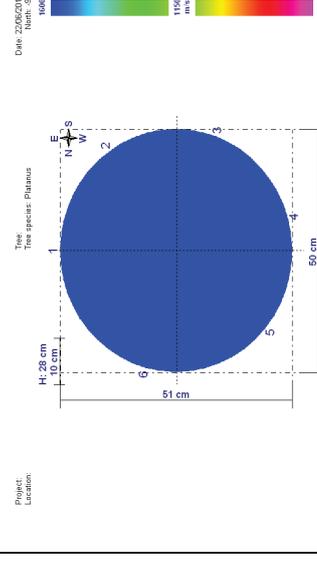
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1168	1300	1553	1685	1654	1407
orientamento	1493	1440	1300	1419	1437	1297
velocità	1522	1570	1253	1390	1467	1421
	1616	1642	1553	1322	1227	1363
	1341	1431	1414	1422	1108	1126

Lines



Tomogramma



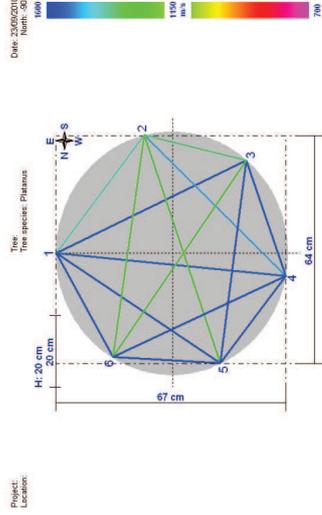
SETTEMBRE

A261

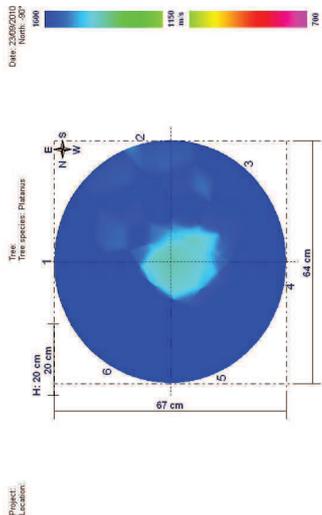
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	854	992	1382	1480	0	1318
orientamento	1198	842	928	1064	1199	1079
velocità	1424	1167	1141	984	1211	1177
	1433	1119	1245	1105	1121	1250
	1090	1075	1211	1239	1188	1300

Lines



tomogramma

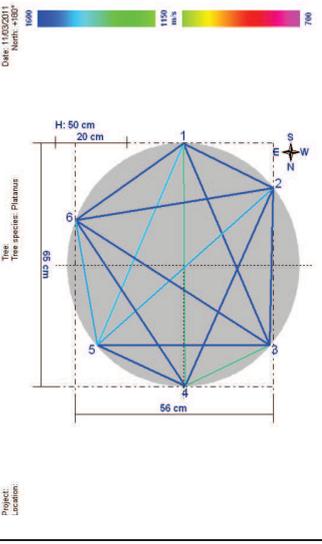


MARZO

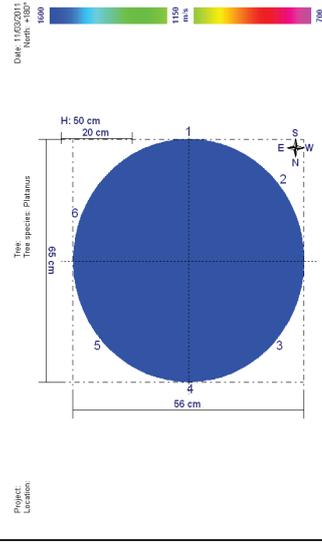
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1113	1230	1459	1365	1203	1126
orientamento	1456	1538	1538	1404	1385	1456
velocità	1159	1172	937	727	1365	1618
	1168	1453	1368	1287	908	1264
	1173	1638	1686	1469	934	1033

Lines



Tomogramma

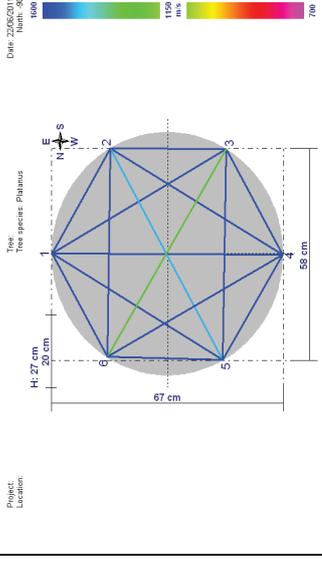


GIUGNO

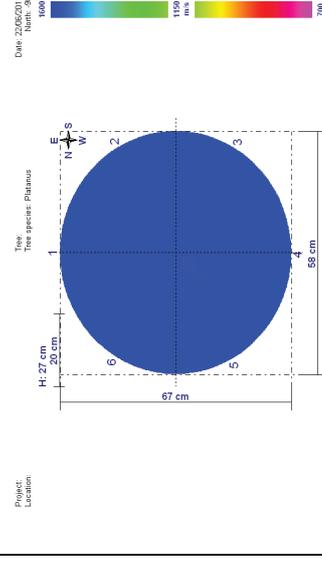
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
altezza	1054	1215	1470	1671	1632	1162
orientamento	1319	1215	1210	1427	1406	1148
velocità	1595	1521	1168	1156	1214	1120
	1511	1485	1284	1117	1092	1243
	1111	1279	1253	1275	1144	1057

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

A263

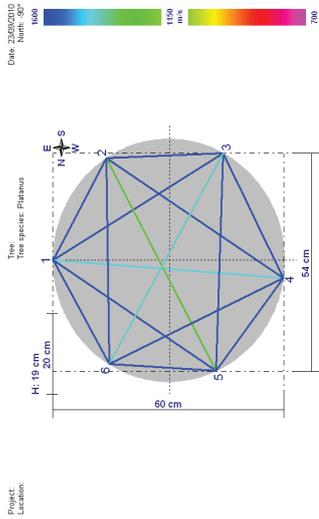
altezza
orientamento

19
E

velocità

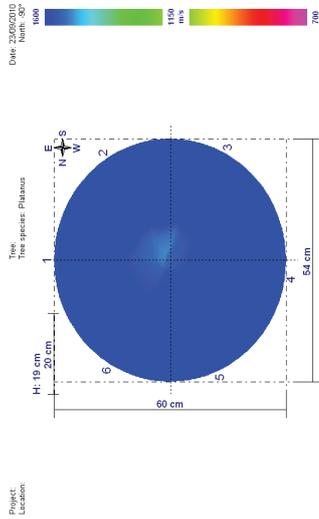
	1	2	3	4	5	6
1	1284	1313	1370	1348	1329	
2	1039	1216	1121	1138	1237	
3	1203	1197	1325	1241	1240	
4	1290	1344	1253	1314	1396	
5	1242	1227	1475	1431	1192	
6	1210	1323	1386	1298	1077	

Lines



tomogramma

tomogramma



GIUGNO

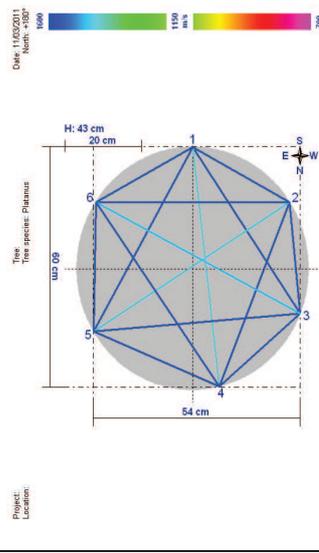
altezza
orientamento

43
S

velocità

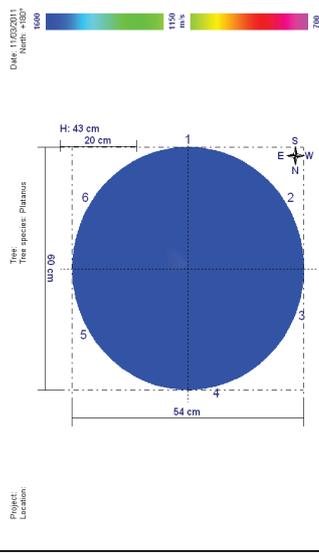
	1	2	3	4	5	6
1	1161	1302	1335	1338	1321	1297
2	1233	1316	1192	1289	1250	
3	1326	1528	1594	1395	1435	1289
4	1324	1423	1555	1463	1373	1462
5	1291	1511	1390	1447	1190	
6	1291	1511	1390	1447	1190	

Lines



Tomogramma

Tomogramma



SETTEMBRE

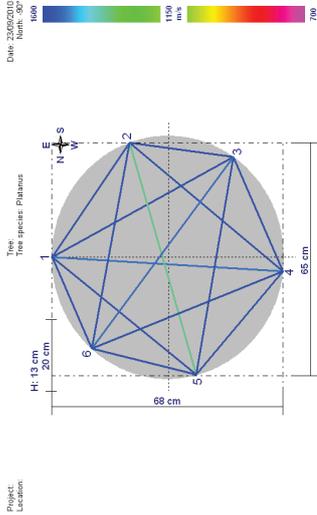
A265

altezza
orientamento

velocità

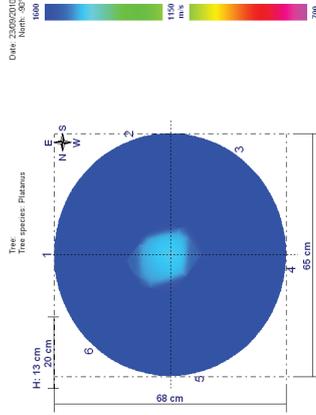
	1	2	3	4	5	6
1	1165	1219	1511	1426	1312	1218
2	1481	961	1105	1053	1231	1238
3	1472	1353	1266	924	1346	1478
4	1287	1327	1410	1144	1325	1477
5	1153	1322	1478	1243	1113	1121
6						

Lines



tomogramma

Project:
Location:



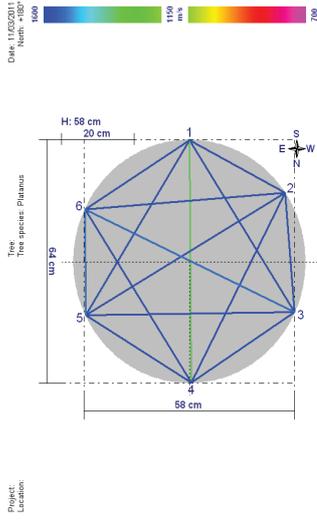
MARZO

altezza
orientamento

velocità

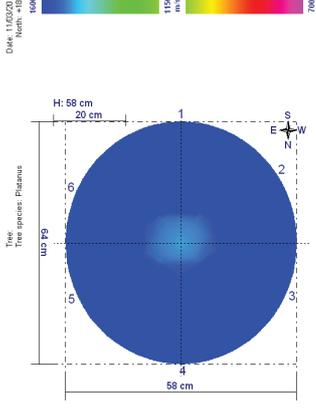
	1	2	3	4	5	6
1	1028	1301	1323	1322	1301	1031
2	1261	1233	1127	1220	1316	1262
3	1280	1342	940	1149	1412	1400
4	1292	1527	1440	1053	1152	1152
5	1274	1611	1512	1274	1045	980
6						

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

altezza
orientamento

velocità

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Lines

Tomogramma

SETTEMBRE

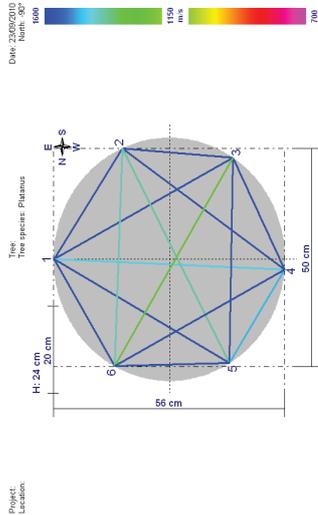
A267

altezza
orientamento
velocità

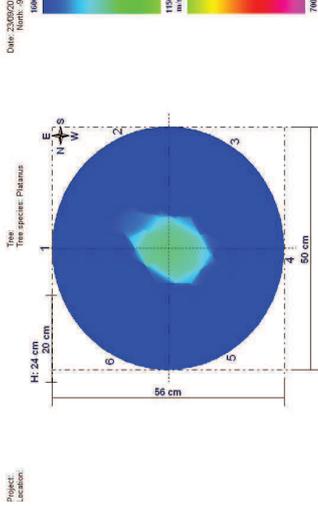
24
E

	1	2	3	4	5	6
1	1230	1305	1262	1552	1166	
2	1070	1061	1236	1180	1101	
3	1298	1157	1166	1231	1271	
4	1402	1431	1341	1015	1299	
5	1567	1327	1238	836	1399	
6	1103	1136	1234	1102	1385	

Lines



tomogramma



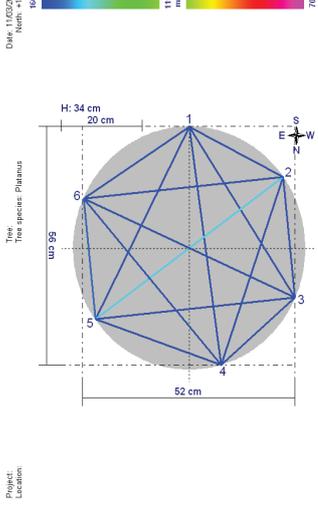
MARZO

altezza
orientamento
velocità

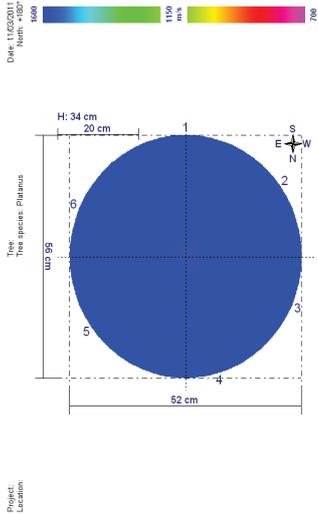
34
S

	1	2	3	4	5	6
1	1334	1596	1722	1509	1230	1107
2	1704	1425	1391	1418	1282	1285
3	1422	1476	1281	1022	1459	1429
4	1309	1436	1676	1474	1352	1411
5	1258	1595	1666	1654	1061	
6						

Lines



Tomogramma



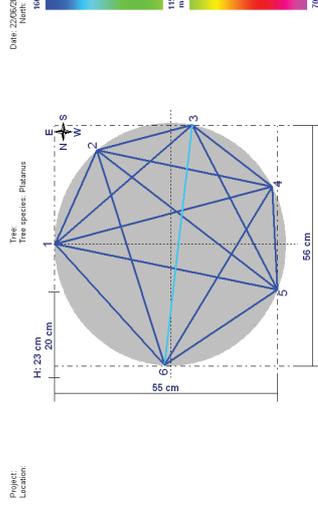
GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

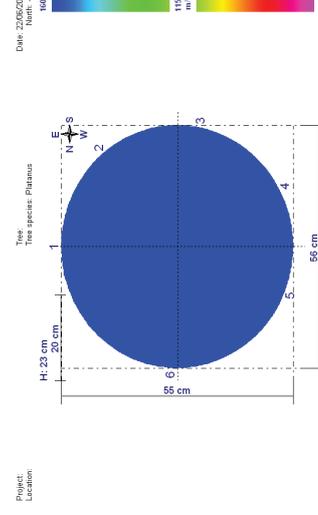
23
E

	1	2	3	4	5	6
1	1322	1486	1557	1526	1616	1553
2	1530	1367	1337	1514	1592	1475
3	1561	1585	1494	1415	1627	1368
4	1660	1650	1651	1222	1287	1346
5	1500	1558	1402	1353	977	1185
6						

Lines



Tomogramma



SETTEMBRE

AZ73

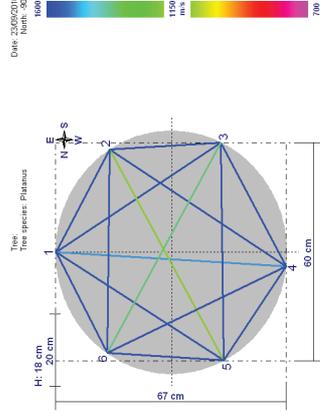
altezza
orientamento

18
E

velocità

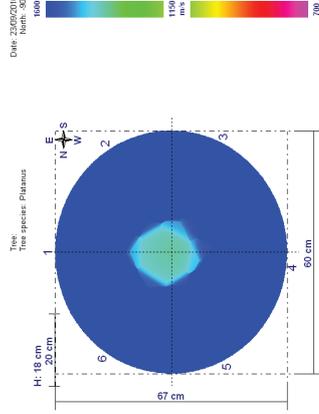
1	2	3	4	5	6
1185	1551	1551	1446	1429	1349
1459	1189	1288	1089	1290	1290
1427	1248	1152	1193	1152	1193
1327	1433	1479	1170	1512	1505
1183	1262	1297	1415	1351	

Lines



tomogramma

Project:
Location:



MARZO

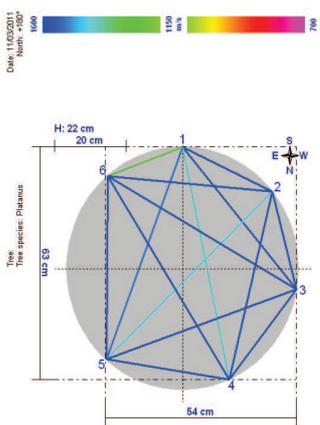
altezza
orientamento

22
S

velocità

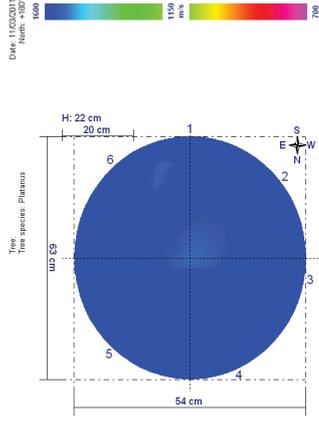
1	2	3	4	5	6
1199	1281	1507	1252	1116	788
1446	1371	1341	1151	1125	1125
1270	1378	1457	1354	1457	1353
1278	1418	1126	1630	1630	1359
807	1366	1657	1615	2015	2015
	1209	1435	1582	1492	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



GIUGNO

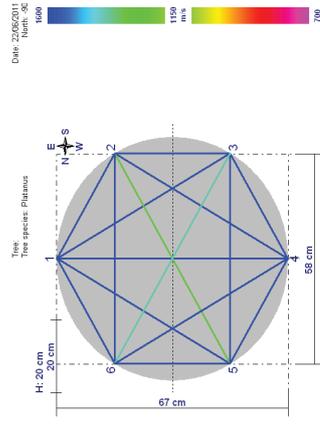
altezza
orientamento

20
E

velocità

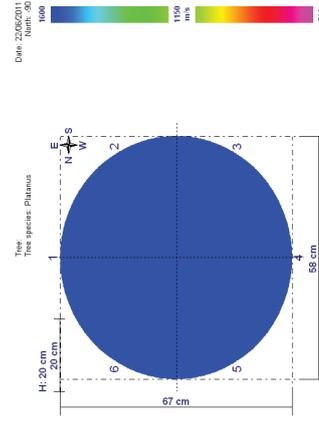
1	2	3	4	5	6
1485	1646	1645	1626	1496	1332
1552	1506	1645	1645	1245	1289
1506	1519	1441	1234	1234	846
1489	1654	1306	1247	1247	1415
1393	1311	1298	1281	1281	1261
	1569	1381	1613	1393	

Lines



Tomogramma

Project:
Location:



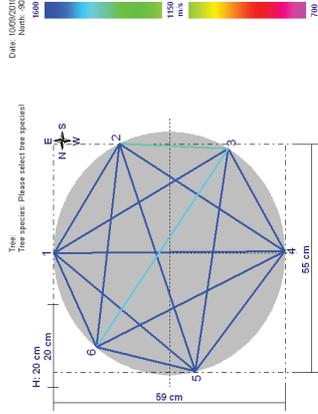
SETTEMBRE

A214

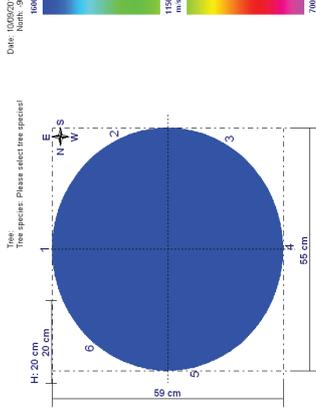
altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1138	1310	1417	1558	1569	1144
2	1387	957	870	1302	1367	1269
3	1562	1490	1172	1207	1419	1382
4	1512	1505	1366	1289	1254	1445
5	1154	1363	1308	1414	1489	1330
6						

Lines



Tomogramma



MARZO

altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Lines



Tomogramma

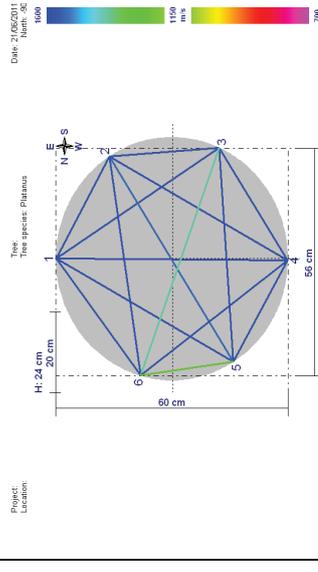


GIUGNO

altezza
orientamento
velocità

	1	2	3	4	5	6
1	1320	1357	1400	1639	1414	1321
2	1218	1098	1273	1706	1523	1447
3	1567	1580	1328	1338	1214	1095
4	1465	1515	1320	1146	1151	1168
5	1507	1652	1324	1385	863	815
6						

Lines



Tomogramma

