



**Manual for the
DynaTree dynamic root and trunk evaluation system**

**Sistema di valutazione dinamica della propensione al
cedimento della radice e del tronco
DynaRoot - DynaTree**

Manuale versione italiano novembre 2025

Sommario

Sommario

Sommario	2
Introduzione	3
Pulling Test	4
Il sistema FaKopp DynaTree per la valutazione dinamica della stabilità	5
Come lavora il sistema DynaRoot?	7
Come lavora il sistema DynaTree?	8
Condizioni necessarie per effettuare le misure	11
Affidabilità e validità dei risultati dei test	11
Possibili errori degli utilizzatori.....	11
Considerazioni sulle misurazioni	13
Distanza tra albero ed anemometro	13
Posizione dell’anemometro	14
Velocità del vento	14
Approccio statistico	14
Influenza della direzione del vento	15
Analisi contemporanee su più alberi	16
Vantaggi e svantaggi	16
Componenti del sistema DynaTree	18
Anemometro.....	18
Inclinometro biassiale	18
Estensimetro o Elastometro.....	18
Software FaKopp DynaTree	19
Guida operativa	20
Installazione dell’inclinometro	20
Installazione dell’anemometro	22
Installazione dell’estensimetro o elastometro.....	22
Trasferimento dei dati dalla scheda microSD ad un altro apparato	24
Il software FaKopp DynaTree-DynaRoot.....	25
Trasferimento dati in modalità wireless con sistema operativo Windows	2
Appendice	4
Catalogo di Stoccarda.....	4

Introduzione

La stabilità degli alberi in ambiente urbano è una questione fondamentale che riguarda tutti. Gli alberi malati e instabili rappresentano un pericolo per gli abitanti e una grave responsabilità per i proprietari, sia privati sia pubblici, in caso di incidente. La valutazione della stabilità degli alberi è quindi di estrema importanza, anche se in molti casi è assai trascurata.

Attualmente esiste un solo metodo accettato per la valutazione della stabilità dell'apparato radicale degli alberi: la prova di trazione più nota come "Pulling Test" o "Pull Test". Questa prova è ormai consolidata e accettata, comunque presenta diversi svantaggi, sia in termini di affidabilità sia di fattibilità. È un test di tipo statico. Nella realtà le radici contrastano i carichi del vento fatti di raffiche incostanti, discontinue e assai mutevoli, quindi il test dinamico è più appropriato per giungere ad una valutazione reale del pericolo. È anche molto più semplice da effettuare rispetto alla prova di trazione, con l'unico inconveniente che richiede tempo ventoso per essere eseguita.

Pulling Test

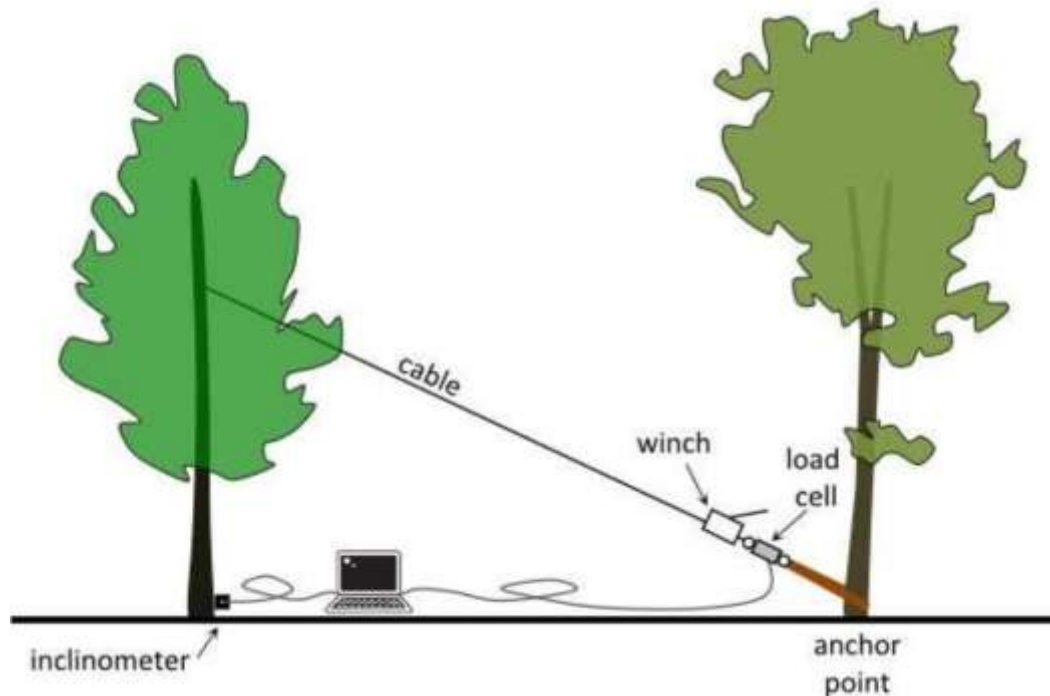


Figura 1: apparati del Pulling Test e loro assetto

La prova di trazione consiste nel fissare un cavo al tronco circa al centro della chioma dell'albero da valutare con cui metterlo in progressiva tensione tramite un carico moderato. Al colletto dell'albero è fissato un inclinometro. Carico ed inclinazione sono misurati con continuità. L'inclinazione prodotta occorre sia minima, inferiore a 0,25 gradi, per evitare che la prova stessa danneggi o inizi a sradicare l'albero. Sulla base del carico realmente esercitato e misurato è possibile prevedere la coppia approssimativa necessaria per sradicare l'albero. La coppia massima che può realmente verificarsi sull'albero si calcola sulla base della superficie della sezione della chioma, del coefficiente di resistenza aerodinamica e della velocità massima del vento che potrebbe soffiare in zona. Il rapporto tra i due valori esprime il fattore di sicurezza rispetto allo sradicamento (SF) dell'albero in questione. Se questo valore è superiore a 1,5, l'albero è dichiarato sicuro, mentre un SF inferiore a 1 indica un pericolo elevato. Tra questi due valori, la sicurezza dell'albero è considerata incerta.

Il vantaggio della prova di trazione è che si tratta di un metodo lineare, ben studiato e consolidato. D'altra parte, il carico statico esercitato non simula esattamente la situazione reale dei carichi dinamici a cui gli alberi sono sottoposti. Inoltre è logisticamente piuttosto impegnativo, richiede un'attrezzatura pesante costituita da cavo ad alta resistenza e paranco, da mezzi di risalita sull'albero, da una lunga preparazione nonché di un certo sforzo fisico durante la prova. Il cavo di trazione deve essere ancorato a qualcosa di stabile e ben fissato nel terreno, ad esempio un altro tronco d'albero o un ceppo oppure un manufatto, che non sempre sono disponibili. Pulling Test non è da effettuare quando c'è vento superiore a 25 km/h di velocità.

Il sistema FaKopp DynaTree per la valutazione dinamica della stabilità dell'apparato radicale di un albero

Dovrebbe essere molto più facile valutare il fattore di sicurezza di un albero in situazioni di vento molto intenso utilizzando i carichi reali prodotti dal vento stesso rispetto a quelli artificiali trasmessi tramite un cavo. In realtà ci sono due problemi, correlati fra loro, che complicano parecchio le cose:

- 1 gli alberi sono una rete connessa e complessa che comprende il fusto, le branche di ordine diverso, i germogli e le foglie. Quest'ultime potrebbero esserci solo nella stagione calda e non in inverno. È una situazione pari a quella di un pendolo multiplo che reagisce allo stimolo di un carico in maniera assolutamente imprevedibile ed erratica. Lo stesso fa un albero quando il carico è prodotto in maniera diffusa su foglie e rami e non è concentrato al centro della chioma nel tronco, come avviene durante un pulling test;



- 2 la conseguenza è che non c'è una correlazione diretta immediata tra il carico del vento (velocità del vento) ed inclinazione al colletto dell'albero e questo è ben evidenziato nei grafici della figura 2. La correlazione indica come una variabile muta al variare di un'altra. Durante il Pulling Test la variabile "inclinazione al colletto" aumenta o rimane stabile all'aumentare della variabile "carico". L'ingegnere tedesco Lothar Wessolly studiando l'andamento di queste due variabili ha verificato che c'è un'alta correlazione fra loro, non lineare ma tangenziale. In termini molto pratici significa che è sufficiente sapere come cambia una variabile per prevedere anche la mutazione dell'altra. Il vento non produce un carico progressivo, costante e unidirezionale, come quello prodotto da un paranco durante il pulling test, inoltre è vettoriale cioè la sua misura è fatta da un anemometro che è collocato ad una certa distanza dall'albero e quindi trascorre un lasso di tempo da quando la raffica impatta l'anemometro al momento in cui colpisce l'albero. Questo è un intervallo che cambia in funzione della velocità del vento e della sua direzione, può essere che prima transiti dall'anemometro e poi arrivi all'albero ma anche l'inverso.

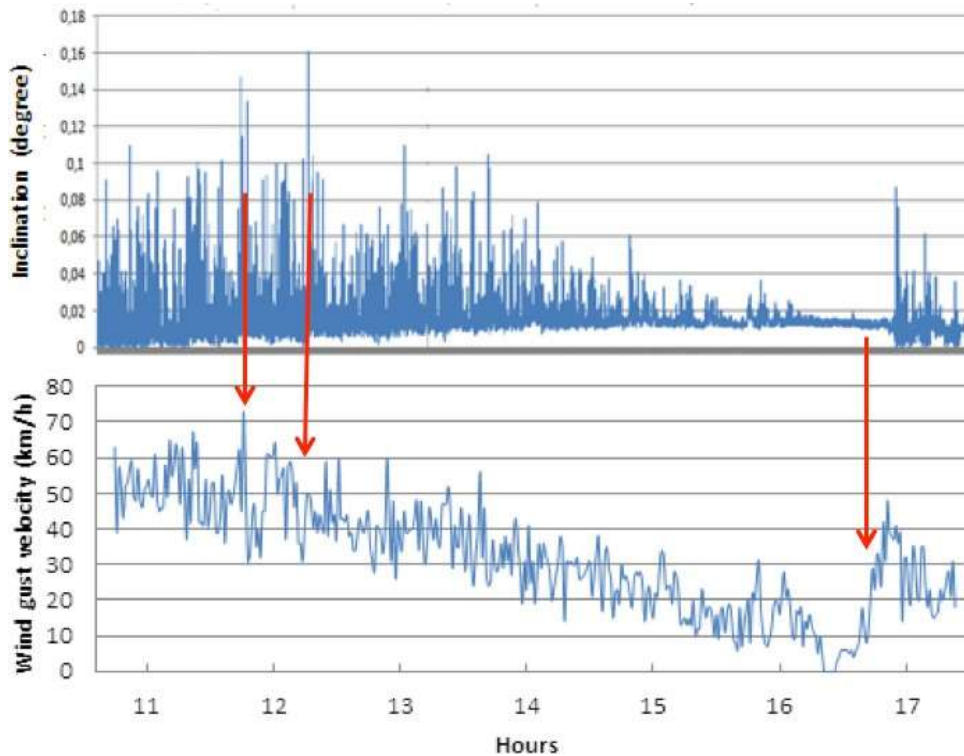


Figura 2: grafici bidimensionali cronologici dell'inclinazione dell'albero e della velocità del

Il comportamento di un albero agitato dal vento è molto sensibile alle condizioni iniziali. Piccole differenze nelle condizioni iniziali producono col tempo risultati molto diversi nei sistemi dinamici, una situazione nota come "effetto farfalla". È impossibile prevedere il comportamento di questi sistemi nel lungo periodo. È verificato che nei periodi di vento più intenso l'albero s'inclina di più che nei periodi di vento più calmo. Esiste quindi una relazione certa tra la velocità del vento e l'inclinazione dell'albero, ma si tratta di una relazione complessa, non di causa ed effetto immediati. Un modo per valutare questi sistemi è utilizzare parametri statistici con dati riferiti ad intervalli di tempo. Non esiste una relazione immediata tra la velocità del vento e l'inclinazione, ma esiste una relazione tra le loro medie e altri parametri statistici osservati su intervalli di tempo più lunghi. Il sistema DynaTree utilizza questa relazione statistica.

Come lavora il sistema DynaRoot?

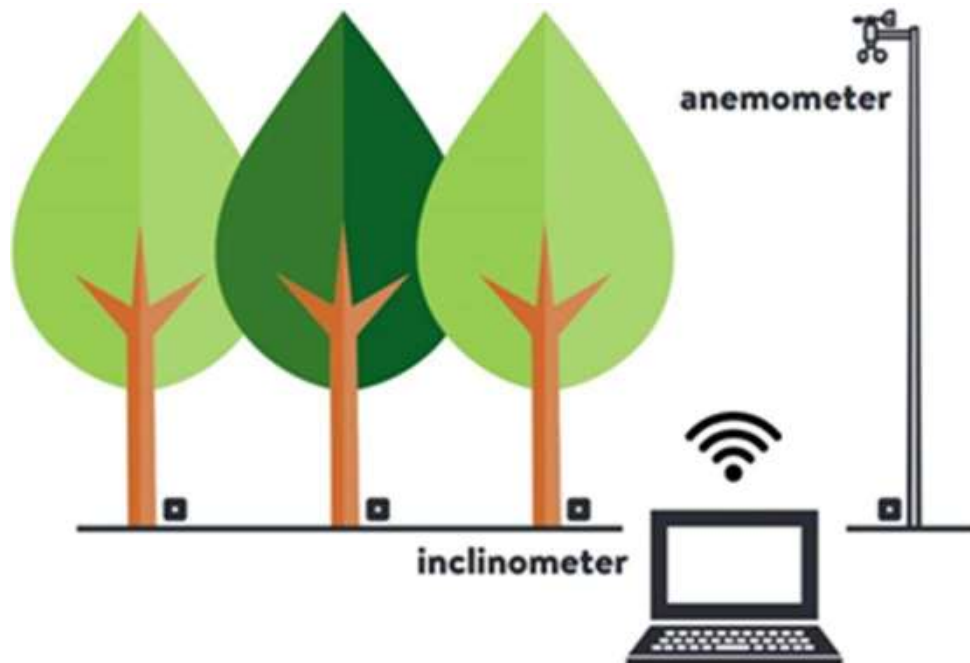


Figura 3 : componenti del sistema DynaRoot

Il sistema DynaRoot è composto da 3 elementi (figura 3):

1. Anemometro: è uno strumento che misura la velocità del vento nell'area dove è radicato l'albero da valutare. Più è vicino all'albero e meglio è ma il sistema DynaRoot potrebbe restituire dati accettabili anche con misure del vento effettuate piuttosto distanti, fino a 2,5 km. Molto dipende dalla velocità del vento. La registrazione dei dati è effettuata ogni secondo, frequenza pari a 1 Hz. La postazione dell'anemometro deve essere in campo più aperto possibile, lontano da edifici o alberi schermanti e lo strumento occorre sia installato preferibilmente a 10 m da terra.
2. Inclinometro: è un apparato che si fissa al colletto dell'albero, più in basso possibile, per misurare le variazioni dell'inclinazione dell'albero lungo due direzioni diverse. Le misure sono assai accurate e ad elevata frequenza cioè 10 Hz.
3. Software per la valutazione: è il programma che correla la velocità del vento alla variazione d'inclinazione dell'albero rispetto all'asse X e all'asse Y e all'estensione o alla compressione delle fibre del tronco. I dati sono registrati dai diversi apparati, ciascuno autonomamente, per un periodo minimo di 3 ore in microSD, quindi sono importati tal quali nel programma installato in un PC. Il software provvede ad abbinarli cronologicamente, a suddividerli entro intervalli di tempo, a calcolare per ogni intervallo i dati statistici quindi ad elaborare i differenti fattori di sicurezza per l'albero.

Come lavora il sistema DynaTree?

Il sistema DynaTree si compone di quattro elementi (figura 4), i primi tre elementi elencati qui di seguito sono gli stessi già descritti per il sistema DynaRoot

- **Anemometro**
- **Inclinometro**
- **Software**
- **Elastometro o estensimetro:** è un dispositivo per rilevare i micro allungamenti o le micro compressioni delle fibre del tronco.

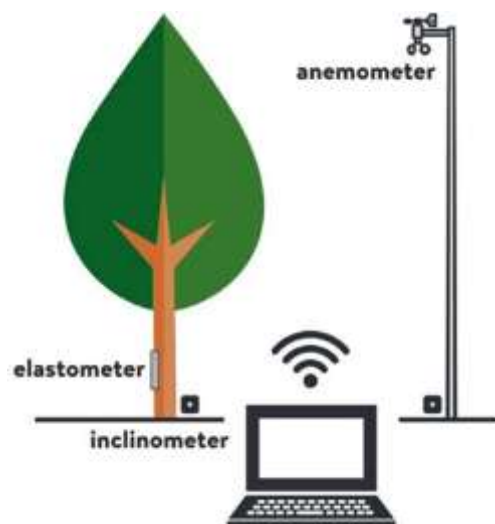


Figura4: componenti del sistema DynaTree

Il calcolo del Fattore di sicurezza non è diverso da quello utilizzato per la prova di trazione “Pulling Test”. La differenza è che in questo caso si utilizza la pressione del vento e non la forza e invece che i valori istantanei della pressione del vento, dell’inclinazione, della compressione e della tensione si usano quelli statistici. C’è una relazione tangenziale tra la pressione del vento e l’inclinazione dell’albero quindi la pressione critica del vento può essere calcolata tramite le curve (vedi Figura 5).

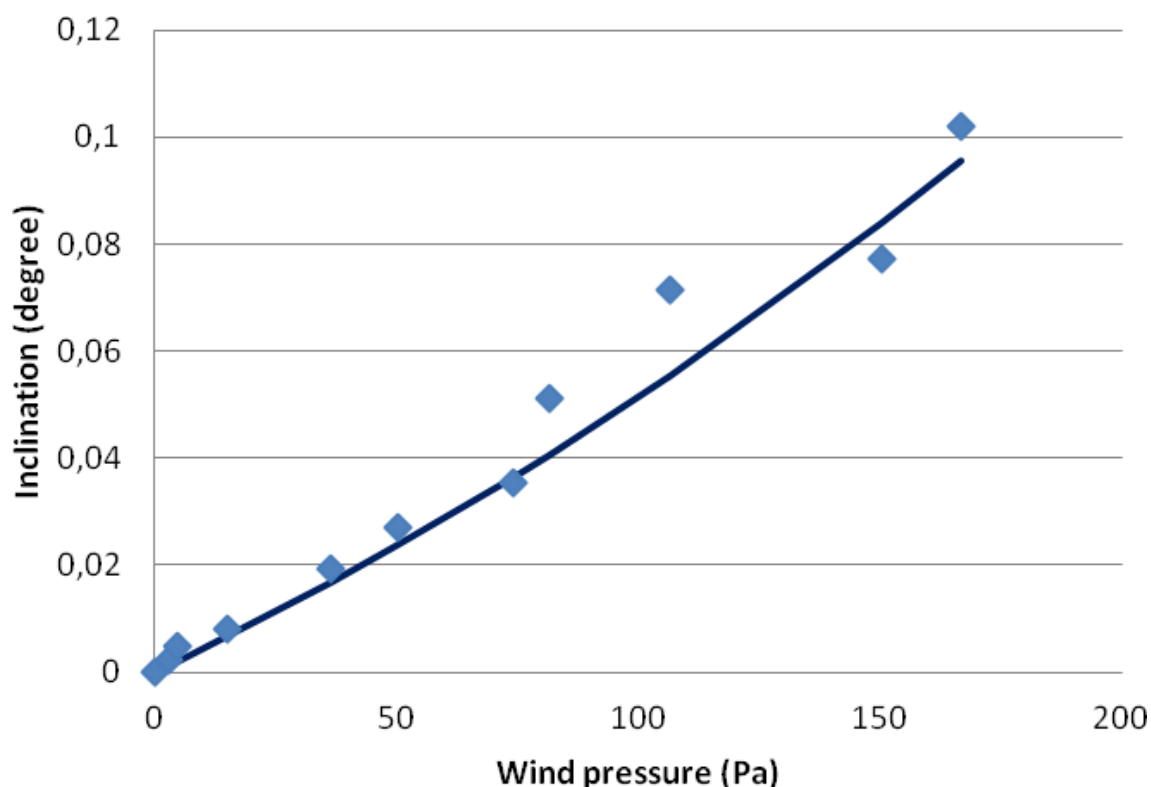


Figura 5: relazione tra i valori delle medie della pressione del vento e dell'inclinazione dell'albero calcolati negli stessi intervalli di tempo

Questo valore critico della pressione del vento è usato per calcolare il Fattore di Sicurezza SF rispetto lo sradicamento dell'apparato radicale ed è da interpretare allo stesso modo di quello calcolato con la prova di trazione "Pulling Test".

Quando gli alberi oscillano per l'azione del vento i tronchi si piegano. Se il carico del vento è vigoroso l'eccessiva flessione può portare a danni permanenti o addirittura alla rottura del tronco, anche se le radici sono così forti da non rompersi e da non sradicarsi. Questo capita soprattutto quando il tronco è malato, cavo o danneggiato. Il test per valutare la propensione alla frattura del tronco ha lo scopo di fornire un Fattore di Sicurezza rispetto a questo pericolo.

Per calcolare il Fattore di Sicurezza relativo alla propensione alla frattura del fusto si ricorre ad una tecnica molto simile a quella utilizzata per il calcolo del Fattore di Sicurezza alla propensione alla rottura dell'apparato radicale. Durante la prova a trazione la flessione del tronco provoca la compressione sul lato rivolto alla trazione del cavo e nello stesso tempo la tensione dalla parte opposta. La misura della deformazione delle fibre legnose di una di queste parti o di entrambe consente di prevedere fino a che punto la sezione del tronco possa resistere prima di rompersi. La prova a trazione prevede l'uso di elastometri o estensimetri, nei vocabolari d'italiano il termine elastometro non è contemplato e probabilmente deriva dal termine anglosassone "elastometer", pertanto dal punto di vista del lessico è più corretto usare il termine estensimetro. In realtà è doveroso dire che sono numerose le parole usate nel linguaggio corrente che derivano dalla "italianizzazione" di vocaboli stranieri. Questi apparati sono in grado di misurare quanto si comprimono o si tendono le fibre di legno man mano si esercita la trazione dell'albero. L'entità della deformazione è messa in rapporto con la dimensione iniziale delle fibre quando non sono oggetto di compressioni o tensioni. I dati della deformazione e quelli del carico esercitato sono recepiti, registrati ed elaborati dal software. Quando l'albero inizia a inclinarsi la deformazione è lineare e reversibile (figura 4bis), cioè se s'interrompesse la trazione e si rimuovesse il carico le fibre legnose ritornerebbero alle dimensioni ed alla forma originali, senza riscontrare alcun danno permanente. A un certo punto la situazione

cambia e la deformazione diventa permanente, irreversibile. Questo punto è il limite di deformazione relativa chiamato “limite elastico lineare” (EL) – (Elastic Limit).

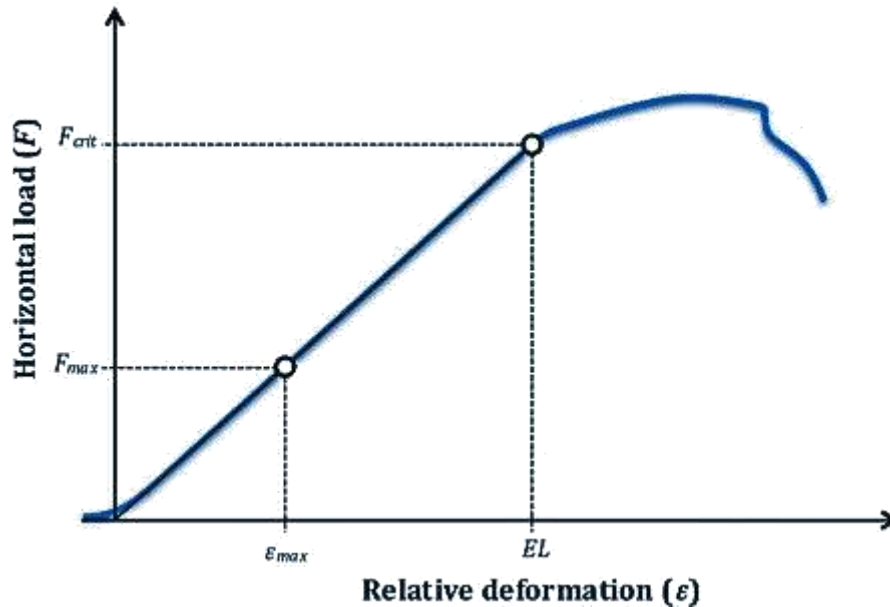


Figura 5bis : la deformazione delle fibre è correlata linearmente all’inizio dell’applicazione del carico fino al punto di Limite Elastico ed è reversibile. Oltre questo punto è irreversibile

Il valore del Limite Elastico Lineare è tipico per ciascuna specie arborea, nella tabella allegata e nota come “Catalogo di Stoccarda” sono riportati i dati di alcuni alberi.

Le deformazioni provocate dalle prove (ϵ_{max}) di trazione occorre siano molto al di sotto del valore di Limite Elastico allo scopo di prevenire danni irreversibili all’albero. Sulla scorta dei dati di carico orizzontale e di quelli di deformazione corrispondente è estrapolato il valore del carico critico (F_{crit}), cioè di quale carico sia necessario affinché il legno oggetto dell’analisi subisca una deformazione permanente.

Calcolato il carico critico è possibile stabilire il Fattore di Sicurezza rispetto alla propensione alla frattura del legno con lo stesso criterio utilizzato per il Fattore di Sicurezza allo sradicamento:

$$M_{crit} = F_{crit} h$$

quindi

$$SF = M_{crit} / M_{vento}$$

Il valore di M_{vento} è calcolato con lo stesso metodo con cui si ricava il Fattore di Sicurezza allo scalzamento ed anche le considerazioni sul pericolo adottano gli stessi criteri: Fattori di Sicurezza maggiori di 1,5 o del 150% sono di alberi a pericolo basso di frattura, tra 1 (100%) e 1,5 (150%) a pericolo medio, inferiori a 1 (100%) ad elevato pericolo.

Condizioni necessarie per effettuare le misure

Affidabilità e validità dei risultati dei test

I risultati di DynaRoot e DynaTree si basano su una valutazione statistica, pertanto sono soggetti a fluttuazioni statistiche. Questi test non sono perfetti al 100%, tuttavia una revisione dei risultati dei test ha dimostrato un'affidabilità del 99,5% nel calcolo del fattore di sicurezza.

Il fattore di sicurezza calcolato dal software non è valido in caso di errori commessi dall'utente. Per quanto riguarda le istruzioni gli utenti devono eseguire i test sulla base delle più recenti e pubblicate nell'ultimo manuale e occorre che utilizzino il software più aggiornato. Manuale e software sono disponibili e scaricabili gratuitamente dal sito web www.fakopp.com.

La validità del risultato del test è di 1 anno. Il test determina l'attuale stabilità dell'albero e la sua resistenza al ribaltamento o, nel caso di DynaTree, la resistenza del fusto nell'area in cui sono fissati i sensori estensimetrici. DynaRoot e DynaTree non valutano la salute, la vitalità o la longevità di un albero.

La stabilità di un albero può cambiare rapidamente e potrebbe essere necessario rivalutarla entro un anno quando si sospettano o si osservano cambiamenti significativi e/o rapidi quali i seguenti:

- Tagli, fratture, scavi o recisioni delle radici
- Infezioni fungine intense delle radici o colonizzazione da parte di un agente patogeno secondario
- Cambiamenti nell'ambiente circostante, ad esempio costruzione o rimozione di edifici o rimozione di alberi
- Prove con perforazione eseguita al colletto (apre una breccia nella zona di compartimentazione rendendola vulnerabile alle infezioni fungine)
- Aumento significativo del contenuto di umidità del suolo (suolo saturo) o erosione localizzata del suolo, lavorazione del terreno o sua compattazione
- Danni meccanici alle radici di sostegno principali, in particolare quelle più vicine al colletto
- Episodi di raffiche di vento ad alta velocità (superiori a 100 km/h)

Nei casi sopra indicati, non ci assumiamo alcuna responsabilità per eventuali danni.

Possibili errori degli utilizzatori

I sistemi DynaRoot e DynaTree sono relativamente semplici da utilizzare e la raccolta dei dati è sistematica. Se si seguono le linee guida riportate nel manuale, è possibile calcolare un fattore di sicurezza rappresentativo, tuttavia, è necessario prestare attenzione e considerare alcuni aspetti. Di seguito sono riportati alcuni errori e omissioni rilevanti fatte dagli utenti e che spesso vengono trascurati ma che non possiamo correggere e di cui non ci assumiamo la responsabilità:

1. È un errore dell'utente eseguire una valutazione complessiva per le diverse direzioni del vento: è necessaria una valutazione separata delle diverse direzioni del vento.
2. È un errore dell'utente considerare una direzione del vento errata a causa di un orientamento difettoso dell'anemometro, occorre orientare correttamente l'anemometro.
3. È un errore dell'utente che utilizza un anemometro a sfera non fissare correttamente il rotore delle sfere, perchè compromette i risultati: occorre assicurarsi che le sfere ruotino liberamente e che siano montate in posizione orizzontale e salde per evitare oscillazioni e rotazioni sul palo.
4. È un errore dell'utente montare in modo errato l'anemometro a ultrasuoni, ciò compromette i risultati: assicurarsi che l'anemometro sia montato orizzontalmente e in posizione rigida per evitare oscillazioni e rotazioni sul palo.
5. È un errore dell'utente eseguire il test con una velocità del vento bassa (inferiore a 35 km/h). Assicurarsi che gli eventi eolici abbiano raffiche di vento previste >35 km/h.
6. È un errore dell'utente considerare attendibile il risultato del test di un albero che si trova in una zona riparata dal vento. La misurazione effettuata per un albero posizionato in una zona riparata dal vento non dovrebbe essere utilizzata per trarre delle conclusioni sul suo comportamento in caso di esposizione diretta al vento. Tale risultato riflette solo il modo in cui l'albero reagisce quando è riparato dal vento – Assicurarsi che l'anemometro sia ben esposto a ogni direzione al vento.

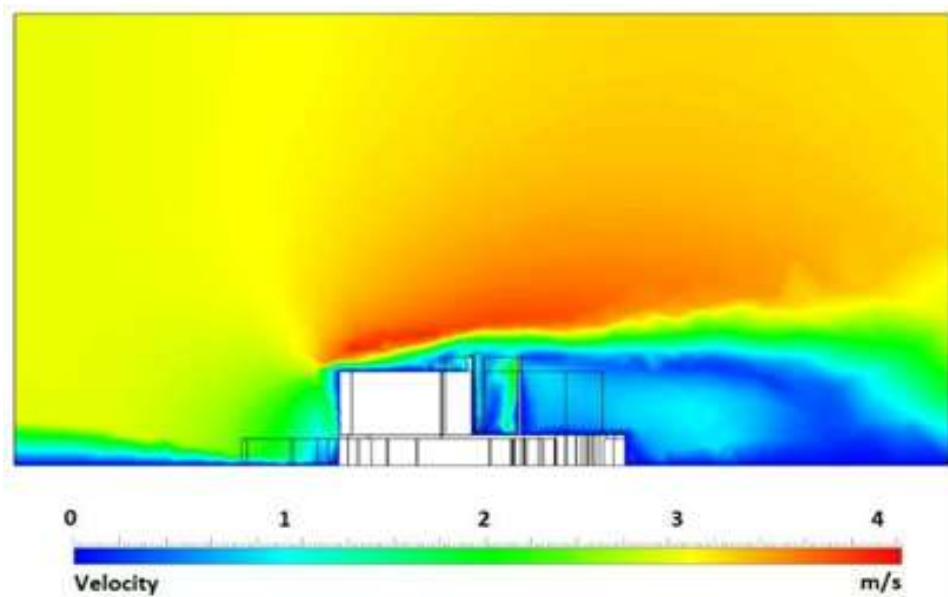
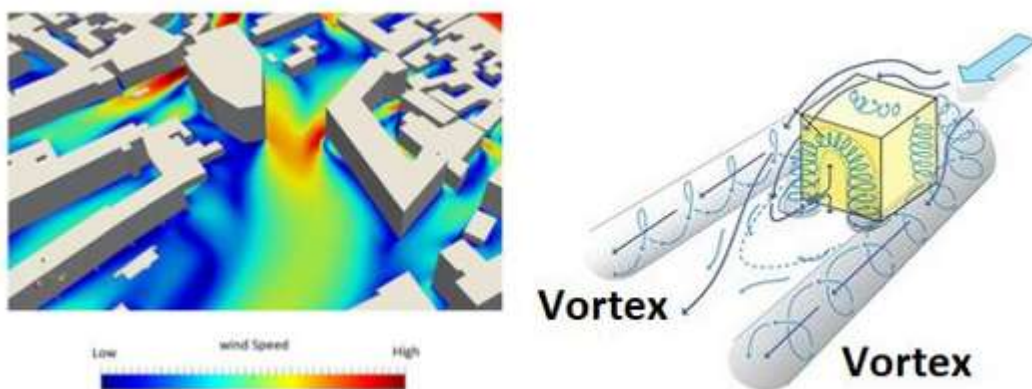


Figura 6: le aree blue indicano quelle riparate dal vento

7. È un errore dell'utente posizionare l'anemometro nel punto sbagliato: ad esempio in una canalizzazione del vento (area rossa a sinistra nella figura) o in una zona di vortici (figura a destra) – Assicurarsi che l'anemometro sia posizionato correttamente, senza canali di vento ed effetti di turbolenza/vortici.



8. È un errore dell'utente eseguire il test per un periodo di tempo troppo breve (meno di 3 ore) – Assicurarsi che i periodi di test siano di durata sufficiente.

9. È un errore dell'utente eseguire una valutazione utilizzando una versione precedente del software – Assicurarsi che le valutazioni vengano effettuate utilizzando il software più aggiornato.

10. È un errore dell'utente eseguire una valutazione errata, ad esempio ignorando l'opzione "Misurazioni senza foglie" quando si misura un albero senza foglie. Assicurarsi che le opzioni di misurazione siano corrette per le circostanze in cui si effettua il test.

11. È un errore dell'utente posizionare l'inclinometro in un punto errato in cui l'inclinometro non si muove solidale alle radici, ad esempio:

- Su di un contrafforte, in posizione distante dal centro del colletto

- su una porzione marcia del colletto della radice
- su un colletto con fessure e crack
- alla base di organi isolati , ad esempio di alberi biforcuti, triforcuti o con fusti multipli con corteccia inclusa, in situazioni in cui sono necessari più inclinometri per albero
- troppo in alto sul fusto
- su alberi troppo giovani senza formazione di durame: su specie di legno duro con DBH inferiore a 30 cm o su specie di legno tenero con DBH inferiore a 40 cm

Assicurarsi di posizionare il sensore dell'inclinometro su porzioni sane e intatte del colletto il più vicino possibile al livello del suolo.

12. È un errore dell'utente ignorare gli indicatori a vista di cedimento delle radici quali:

- sollevamento della zolla
- improvvisi cambiamenti dell'umidità del suolo o allagamenti
- crepe nel terreno che si irradiano dall'albero, indicanti il sollevamento di una o più radici primarie
- crepe nel terreno che circondano la zolla radicale, indicanti un movimento
- sollevamento del terreno sul lato esposto al vento della zolla radicale
- depressioni nel terreno sul lato sottovento della zolla radicale
- alberi recentemente inclinati, ovvero alberi inclinati senza ricrescita verticale adattiva o epicormica, cioè senza nessun effetto di geotropismo negativo

E' fondamentale considerare gli indicatori a vista sopra elencati per effettuare una valutazione della situazione.

Nei casi di errore, il fattore di sicurezza risultante non è applicabile e richiede un'ulteriore interpretazione o delle ulteriori prove utilizzando una strumentazione più appropriata.

Considerazioni sulle misurazioni

Distanza tra albero ed anemometro

L'intensità delle raffiche di vento può essere diversa da un posto all'altro anche all'interno di un'area relativamente piccola. La relazione tra intensità del vento e inclinazione è ovviamente più stretta se la velocità del vento viene misurata in prossimità dell'albero. Tuttavia, è possibile ottenere correlazioni abbastanza accurate anche se l'anemometro si trova entro 1,5 km dall'albero e sono stati raccolti dati significativi fino a distanze di 5 km. Naturalmente deve trattarsi di eventi estesi e non di raffiche di vento dovute ad eventi meteorologici localizzati come tornado o trombe d'aria. Certamente è meglio posizionare l'anemometro molto vicino all'albero da misurare ma non sempre ci sono le condizioni adatte per poterlo fare. Un vantaggio del metodo DynaRoot è di poter analizzare in contemporanea più alberi utilizzando i dati registrati da un solo anemometro, occorre però fare molta attenzione alla posizione di quest'ultimo che deve essere massimo a 2 km, non oltre 2,5 km, dall'albero analizzato e all'altezza di circa 10 m rispetto al suolo.

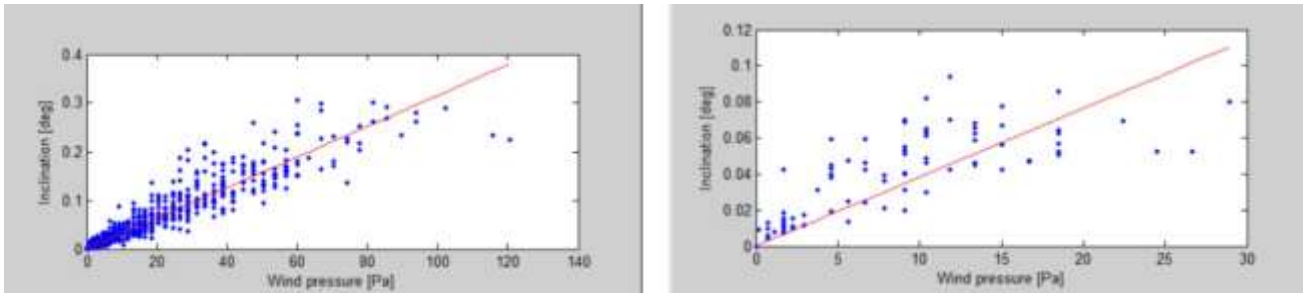


Figura 7: una condizione importante e necessaria per applicare il metodo DynaRoot è che ci sia una buona velocità del vento

Posizione dell'anemometro

L'anemometro va posizionato a 10 m dal suolo, lontano da strutture o alberi che possano interferire e almeno a 30 m da strade trafficate. Se sono presenti strutture alte, la distanza deve essere di almeno 10 volte la loro altezza.

Velocità del vento

Per usare il metodo DynaTree è indispensabile che soffi vento: maggiore è la velocità, migliore sarà l'accuratezza delle misure. Serve almeno una velocità media di 12,5 km/h con raffiche minime necessarie di 25 km/h (Figura 5). Il metodo si basa sulla correlazione tra pressione del vento, inclinazione dell'albero (DynaRoot) e deformazione delle fibre (DynaTree). Più sono elevate inclinazione e deformazione, più affidabili saranno i dati. Dopo numerosi test, la velocità minima ottimale è stata fissata a 35 km/h. Se durante i test non si raggiungono 25 km/h di raffica minima, viene segnalato; se la velocità è tra 25 e 35 km/h, compare una nota che indica il superamento dei requisiti minimi ma non di quelli ottimali.

Approccio statistico

Come illustrato in precedenza, anziché impiegare dati istantanei relativi a velocità del vento, inclinazione dell'albero e deformazione delle fibre, i valori vengono raccolti su periodi prolungati (di almeno 3 ore) e le informazioni registrate nell'arco di diversi minuti sono sottoposte ad analisi statistica. L'intero test viene suddiviso in intervalli temporali compresi tra 1 e 30 minuti. Il software determina i valori massimi di velocità del vento, inclinazione dell'albero e deformazione delle fibre per ciascun intervallo, utilizzando tali dati come base per le valutazioni. L'accuratezza dei risultati, in particolare il livello di correlazione, dipende dall'ampiezza dell'intervallo temporale selezionato (si veda Figura 8).

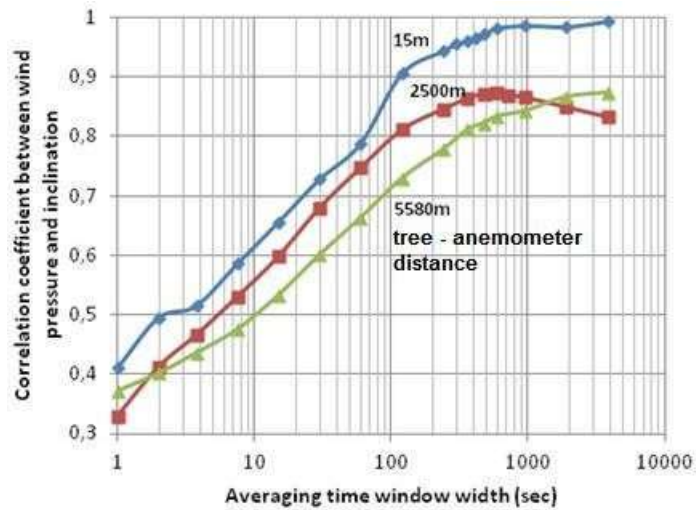


Figura 8: relazione fra ampiezza dell'intervallo di tempo e coefficiente di correlazione tra pressione del vento ed inclinazione dell'albero. Misure effettuate con anemometro installato a diversa distanza dall'albero

L'intervallo di tempo viene selezionato e regolato nel programma durante l'elaborazione dei dati. L'intervallo di 5 minuti è comunemente utilizzato; sia intervalli di 5 che di 2 minuti producono numerosi punti dati: con 5 minuti si ottengono 12 punti dati all'ora, mentre con 2 minuti se ne hanno 30. Generalmente, questi intervalli non alterano l'accuratezza dell'analisi statistica quando l'anemometro si trova vicino all'albero. Se l'anemometro si trova a più di 300 m dall'albero, è consigliabile utilizzare intervalli statistici superiori a 10 minuti. All'aumentare dell'intervallo di tempo diminuisce il numero di punti dati, per cui, quando l'anemometro è posto lontano dall'albero (comunque mai oltre 2,5 km), si consiglia di effettuare analisi di lunga durata.

Influenza della direzione del vento

Se l'albero esaminato si trova vicino ad una struttura alta il valore di Fattore di Sicurezza misurato è condizionato dalla direzione del vento. Se l'albero fosse protetto dal vento, otterremmo un valore di Fattore di Sicurezza più elevato rispetto a una misurazione in campo aperto. Anche le radici asimmetriche possono causare differenze del valore di Fattore di Sicurezza in funzione della direzione.

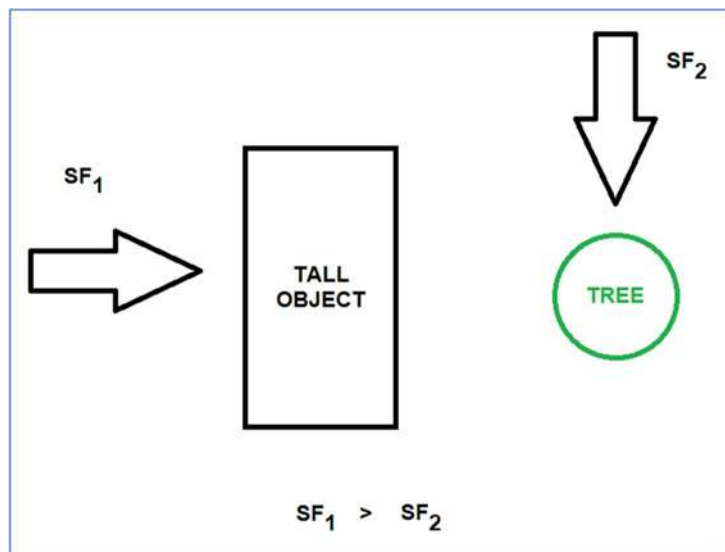


Figura 9: il Fattore di Sicurezza di un albero riparato da un alto schermo potrebbe essere maggiore rispetto a quello calcolato per il vento proveniente dalla zona non riparata

Analisi contemporanee su più alberi

Il sistema DynaTree si distingue per l'elevata efficienza, grazie alla capacità di analizzare simultaneamente più alberi. Gli operatori devono semplicemente installare gli inclinometri al colletto e gli estensimetri sul fusto degli alberi; successivamente, non è richiesto alcun intervento durante la fase di acquisizione dati. Diversamente dal Pulling Test, l'analisi con DynaTree non necessita della presenza o dell'azione continua degli operatori durante la registrazione. È possibile monitorare in contemporanea tutti gli alberi situati entro 1,5 km dalla stessa postazione anemometrica e tutti radicati sullo stesso piano. Il limite al numero di alberi analizzabili contemporaneamente è rappresentato dalla quantità di inclinometri ed estensimetri disponibili. Per garantire la massima affidabilità dei risultati, si consiglia di posizionare l'anemometro il più vicino possibile agli alberi da testare; le lunghe distanze possono influire negativamente sulla qualità dei dati raccolti e in alcuni casi produrre dati non utilizzabili. In caso di condizioni di vento prolungate, è possibile mantenere fisso l'anemometro e spostare gli altri sensori su alberi differenti, rispettando i criteri sopra menzionati e assicurandosi che ogni misurazione duri almeno tre ore sulla stessa pianta. Prima di avviare un nuovo test, è necessario cancellare tutti i dati presenti sulle schede di memoria degli inclinometri; pertanto, al termine di ciascun test, occorre salvare i dati su uno smartphone o un PC e poi procedere alla pulizia delle microSD.

Vantaggi e svantaggi

Il sistema DynaRoot consente di misurare l'inclinazione di un albero sottoposto alle condizioni reali di carico del vento. Questo è il massimo che è possibile fare per ricreare in condizioni reali il momento in cui avviene lo sradicamento di un albero e quindi è considerata una misura più affidabile di quella totalmente simulata della prova a trazione. È anche più facile da approntare e da effettuare: non sono necessarie attrezzature pesanti, né scale e nemmeno sforzi fisici durante la prova. Ci sono comunque degli svantaggi in questa misurazione. Il primo è che sono necessarie raffiche del vento di almeno 25 km/h, il che può essere un problema quando occorre effettuare in tempi brevi le prove. L'altro è che la misurazione richiede più tempo rispetto alla tradizionale prova a trazione. Tuttavia l'analisi non richiede la presenza continua di personale, dopo l'installazione il sistema opera da solo per le diverse ore necessarie a raccogliere i dati. Inoltre è possibile effettuare l'analisi su più alberi in contemporanea, cosa che non è fattibile con il Pulling Test. La Tabella 1 confronta DynaRoot con il tradizionale test a trazione. Un importante aspetto è che il metodo DynaRoot-Tree è assolutamente non invasivo, i

risultati sono ottenuti dalla sola osservazione del comportamento degli alberi agitati dal vento naturale.

Requisiti	Pulling Test	DynaTree
Attrezzature necessarie	Cavi, paranco ,fasce, scala o funi, dinamometro, inclinometri, estensimetri, circa 50 kg	Anemometro con palo, inclinometri, estensimetri, circa 15 kg
Tipo di carico	Statico	Dinamico
Tempo di esecuzione	Da 1 a 3 h per albero	Minimo 3 h per 1 o più alberi
Misure necessarie per il calcolo dei Fattori di Sicurezza – SF	Area sezione chioma, altezza centro chioma, coefficiente di aerodinamicità, massima velocità del vento nella zona	Massima velocità del vento nella zona
Condizioni meteorologiche	Assenza di vento	Vento con raffiche >25 km/h

Tabella 1 : confronto sintetico tra la prova a trazione “Pulling Test” e analisi DynaTree

Componenti del sistema DynaTree

Anemometro

- Frequenza di campionamento: 1 Hz
- Range di misura: 0-150 km/h
- Accuratezza: 0.2 km/h
- GPS integrato
- Capacità della memoria: 8 GB (SD card)
- Impermeabile

Note operative: da installare in campo aperto, senza schermi dovuti ad alberi o edifici, a circa 10 m da terra.

Le caratteristiche potrebbero cambiare in funzione del modello di anemometro, fare sempre riferimento alla documentazione allegata allo strumento.

L'immagine ha solo scopo esemplificativo e non è vincolante.



Inclinometro biassiale

- Range di misura: ± 2 degrees
- Risoluzione: 0.001 degree
- Temperatura compensata
- Frequenza di campionamento: 10 Hz
- GPS integrato
- Capacità della memoria: 8 GB (SD card)
- Mounted by a single screw
- Alimentazione: 12V, 20 mA
- Impermeabilizzazione: IP65
- Compatibile con "Pulling Test": SI

Note operative: si fissa al colletto dell'albero, più in basso possibile, con una sola vite.

Le caratteristiche potrebbero cambiare in funzione del modello di inclinometro, fare sempre riferimento alla documentazione allegata allo strumento.

L'immagine ha solo scopo esemplificativo e non è vincolante.



Estensimetro o Elastometro

- Elastometri LVDT
- Dimensioni chiuso: 30x30x270 mm
- Ampiezza: 250 mm
- Frequenza di campionamento: 1 Hz
- Risoluzione: 0.3 μ m
- Compatibile con "Pullin Test": SI

Note operative: si fissa al tronco dell'albero con due viti.

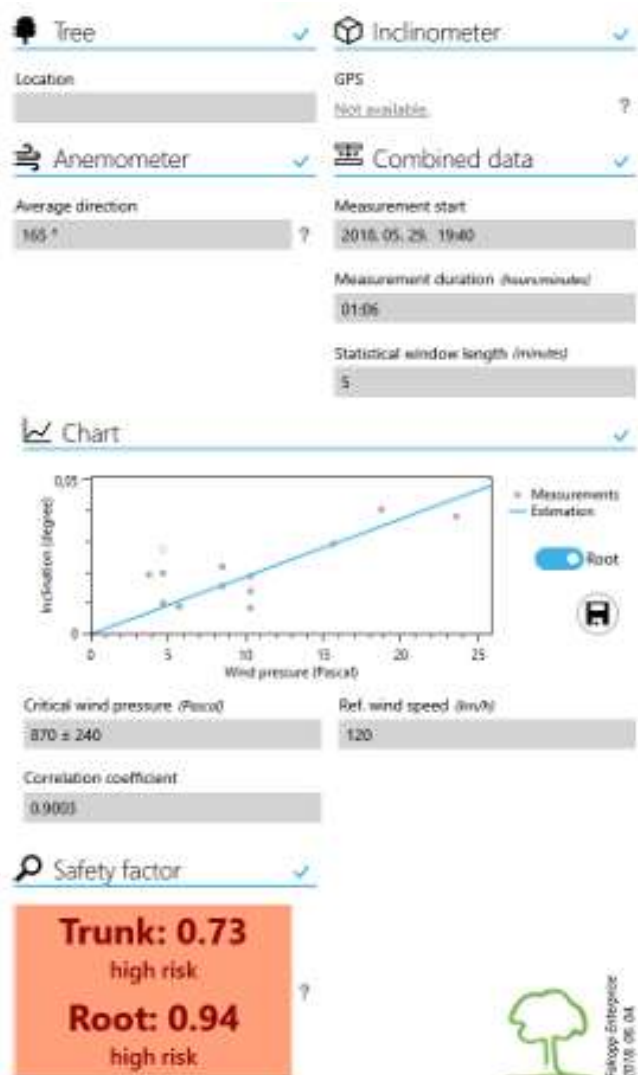
Le caratteristiche potrebbero cambiare in funzione del modello di estensimetro, fare sempre riferimento alla documentazione allegata allo strumento.

L'immagine ha solo scopo esemplificativo e non è vincolante.



Software FaKopp DynaTree

- Software semplice ed intuitivo per calcolare i Fattori di Sicurezza – SF
- Interpolazione automatica dei dati di velocità del vento, inclinazione dell'albero e deformazione delle fibre legnose
- Grafici delle misure reali rilevate fra pressione del vento, inclinazione dell'albero e deformazione delle fibre. Elaborazione dei coefficienti di correlazione e calcolo della pressione critica del vento
- Sistema operativo MS Windows



Guida operativa

Il sistema DynaTree è utilizzabile nelle giornate in cui è previsto un vento con raffiche di almeno 25 km/h. La sua installazione prevede il fissaggio di uno o più inclinometri al colletto dell'albero o di più alberi e il montaggio di un anemometro in campo aperto e il più vicino possibile all'albero da esaminare, se possibile la distanza non dovrebbe superare 1,5 km. Gli estensimetri sono da fissare sul tronco in posizione ortogonale fra loro.

Installazione dell'inclinometro

- Fissare la staffa di supporto con una vite al colletto dell'albero, il più basso possibile
- Inserire l'inclinometro nella apposita slitta e fissarlo
- Tramite gli snodi raggiungere il miglior livello possibile anche con l'aiuto della bolla bidirezionale. Raggiungere la miglior posizione orizzontale dell'unità elettronica
- Collegare l'unità di controllo degli estensimetri all'"High Precision Inclination and Deformation Recorder".



Figura 10: Unità inclinometro "High Precision Inclination Recorder" con LED di verifica del funzionamento

- Collegare i connettori alla batteria a 12 v cc, facendo attenzione a non invertire i poli. Rosso al polo + e Nero o Blu al polo -. Controllare le varie fasi di avvio tramite i LED (figura 10)
- Attendere che si spengano tutti i LED e rimanga acceso quello verde "OK". Il tempo di attesa potrebbe variare in funzione dei segnali GPS.
- Quando il LED verde "OK" è acceso fisso o lampeggiante è possibile avviare la registrazione dei dati avvicinando il magnete in dotazione al tasto virtuale "SD START" sulla parete laterale dell'unità elettronica (figura 11). Appena si preme "SD START" il LED verde "OK" comincia a lampeggiare molto lentamente, poi si spegne completamente per ridurre i consumi della batteria e per rendere meno evidente la presenza dell'inclinometro

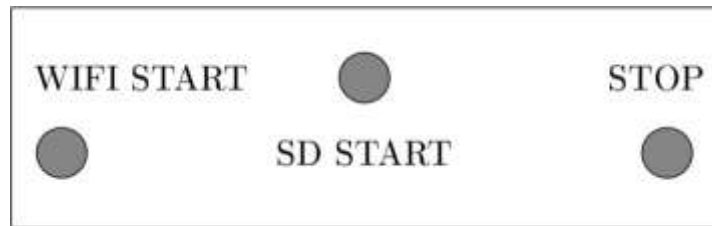


Figura 11: pulsanti virtuali, azionabili con un piccolo magnete, presenti sul pannello di controllo sulla parete laterale dell'unità di controllo

- Registrare i dati per un periodo piuttosto lungo, più è lungo e meglio è, comunque per almeno 3 ore.
- Al termine della prova fermarla avvicinando il magnete al tasto virtuale “STOP”, aspettare un paio di secondi, quando il LED rosso “SD” smette di lampeggiare.
- Trasferire i dati dalla scheda di memoria ad un altro apparato, smartphone o PC, per proseguire con l’elaborazione dei dati (maggiori dettagli nel capitolo 7.3).
- Staccare i cavi di alimentazione dalla batteria. Le istruzioni fin qui fornite dovrebbero essere sufficienti per consentire l’avvio di registrazione dei dati. Comunque ci sono situazioni in cui la procedura descritta potrebbe parzialmente o completamente fallire. In queste situazioni sono d’aiuto i sette LED presenti sul coperchio dell’unità elettronica “Precision Inclination and Deformation Recorder” (figura 10) che forniscono diverse informazioni importanti sulle condizioni operative. Di seguito c’è una descrizione dettagliata su ognuno dei sette LED. Quando si collega l’unità elettronica alla batteria tutti i LED si accendono per 1 secondo.
- Se il LED bianco “BA” rimane acceso non è possibile far partire la registrazione dei dati, occorre prima sostituire la batteria scarica con una carica.
- Se il LED bianco “BA” si spegne significa che la batteria è carica e il sistema prosegue con la verifica del segnale GPS. Questa fase può essere assai breve nell’ordine di qualche secondo ma anche durare qualche minuto perchè dipende dai segnali che provengono dai satelliti. L’esito della ricerca del segnale GPS può avere 3 riscontri:
 - il LED rosso “GP” si spegne, in questo caso l’unità elettronica riceve sia il segnale dell’orario sia quello della posizione;
 - dopo circa 3 minuti il LED rosso “GP” lampeggia, questo significa che l’unità elettronica riceve il segnale dell’orario ma non quello della posizione;
 - il LED rosso “GP” non si spegne, nemmeno dopo 3-4 minuti, perchè l’unità elettronica non riceve il segnale GPS dell’orario e nemmeno quello della posizione. In questo caso occorre verificare che non ci siano schermi che ostacolino la ricezione del segnale GPS, quindi disconnettere l’unità elettronica dalla batteria, attendere qualche secondo e collegarla di nuovo all’alimentazione. Se dopo la procedura di ripristino non si ha un riscontro compreso fra i primi due citati è comunque possibile avviare la registrazione dei dati, è però necessario annotare manualmente l’orario di avvio della prova e quello della fine e richiedere l’assistenza del servizio tecnico FaKopp per l’elaborazione dei dati.
- Se il LED rosso “SE” rimane acceso potrebbe essere che l’inclinometro sia posizionato male, cioè sia già inclinato più di 2 gradi, oppure che ci sia un problema di comunicazione tra l’inclinometro e il sistema di registrazione dei dati. In questo caso è bene controllare la messa a livello dell’unità elettronica quindi scollegare l’alimentazione e, dopo qualche secondo,

collegarla di nuovo. Se il problema non si risolve occorre contattare il servizio assistenza di FaKopp.

- Se rimane acceso il LED rosso “SD” potrebbe essere che la scheda di memoria microSD sia guasta o comunque che ci sia un impedimento alla memorizzazione dei dati. In questo caso occorre scollegare dall'alimentazione l'unità elettronica, aprire il suo coperchio ed estrarre la scheda microSD, verificare con un PC che non ci siano dei file su di essa, cancellare ogni cosa sia stata memorizzata su di essa e installarla di nuovo entro l'unità elettronica. Se il problema dovesse persistere sostituire la scheda microSD con una nuova.

Per riassumere:

se i LED “BA”, “SD” o “SE” restano accesi, anche uno solo, non è possibile iniziare la registrazione dei dati;

se il LED “GP” rimane acceso fisso o lampeggiante è possibile iniziare la registrazione dei dati ma è necessario annotare l'ora d'inizio e di fine registrazione;

se tutti i LED si spengono e si accende il LED verde “OK” significa che tutto funziona bene ed è possibile avviare la registrazione dei dati.

Installazione dell'anemometro

Dopo aver assemblato il palo di sostegno e fissato alla sua cima l'anemometro lo si issa. L'ideale è che sia in campo ben aperto, che non ci siano nelle sue prossimità edifici o alberi schermanti e che sia ad un'altezza di circa 10 m rispetto il piano di campagna. Il più vicino possibile all'albero stesso. La velocità del vento e la sua direzione sono rilevate dall'anemometro e registrate dall'unità elettronica collegata ad una batteria di alimentazione. L'anemometro è fissato in cima al palo l'unità elettronica e la batteria sono appoggiate alla base del palo. L'unità elettronica dell'anemometro è del tutto simile a quella dell'inclinometro e anche l'avvio, la fermata della registrazione ed il trasferimento dei dati sono effettuati con le stesse modalità. Alcuni modelli di anemometro sono dotati di un pulsante “TARA” ed è necessario, subito dopo aver collegato lo strumento alla batteria e prima di sollevarlo in cima palo, coprirlo con un sacchetto e premere il pulsante. Quindi togliere il sacchetto e sollevare l'anemometro.

Attenzione: i dati utili al calcolo dei Fattori di Sicurezza sono quelli contemporaneamente registrati dall'anemometro e dagli altri apparati (inclinometro, estensimetro) quindi nel caso che la registrazione dei dati dell'inclinometro iniziasse prima di quelli dell'anemometro il software considera il periodo a partire dai dati registrati dall'anemometro o comunque dall'ultimo apparato che attiva la registrazione.

Installazione dell'estensimetro o elastometro

Il set prevede 2 estensimetri (figura 12). Innanzi tutto occorre decidere dove installare il primo, di solito si sceglie il punto più critico del fusto, quello considerato più debole in base all'analisi a vista. Si fissa l'estensimetro lungo la direzione delle fibre legnose tramite una vite al suo apice (2) ed una alla sua base (6), mantenendo chiuso il morsetto a chela (5). Quando l'estensimetro è ben fissato al tronco svitare la vite (4) che blocca il collare (3) e farla scorrere per rilasciare il morsetto a chela (5), in questo modo l'asta interna è libera di scorrere.



Figura 12: estensimetri e riferimenti dei loro componenti

Il secondo estensimetro è da montare allo stesso modo scegliendo un altro punto critico oppure sul fusto in posizione ortogonale al primo (figura 13). Di solito per la prova a trazione “Pulling Test” i due estensimetri si installano contrapposti, uno sulla trazione l’altro sulla compressione perchè sappiamo qual è la direzione in cui si effettua il tiro. DynaRoot sfrutta l’azione del vento e non è possibile prevedere esattamente quale sarà la sua direzione, perciò gli estensimetri s’installano ortogonali l’uno all’altro.



Figura 13: a sinistra set completo di elastometri fissati al tronco di un albero, a destra schema di posizionamento di due elastometri ortogonali fra loro

Ciascuno dei due estensimetri è dotato di un cavo che occorre connettere al connettore corrispondente dell’unità di controllo degli estensimetri: estensimetro “1” al connettore “1” ed estensimetro “2” al connettore “2”. Ciascuno dei due estensimetri ha una costante di calibrazione,

perciò è molto importante rispettare la corretta connessione. L'unità di controllo degli estensimetri è da collegare all'unità "High Precision Inclination and Deformation Recorder". Verificare che il selettore dell'unità di controllo sia posizionato sulla posizione "DT" o "DR", comunque non su "PT". Collegare i morsetti dell'unità di registrazione alla batteria. Questo apparato coinvolge un inclinometro e due estensimetri sia per la loro gestione sia per la registrazione dei dati e il suo consumo di energia è maggiore rispetto a quella di un semplice inclinometro, attenzione perciò che a parità di batteria ha un'autonomia limitata rispetto al solo inclinometro.

Trasferimento dei dati dalla scheda microSD ad un altro apparato

Al termine della prova i dati di inclinazione dell'albero e di deformazione delle fibre legnose sono registrati nella microscheda SD inserita nell'unità di controllo. Ci sono differenti versioni di unità di controllo con diverse modalità di registrazione, questo non comporta dal punto di vista operativo alcun problema perché il software riconosce autonomamente le versioni e le uniforma alle esigenze di elaborazione senza alcun intervento esterno.

Ci sono due possibilità di scarico dei dati:

- 1) aprire l'unità di controllo ed estrarre la scheda microSD per trasferirla ad un altro PC o Tablet dove scaricare la cartella contenente i dati tal quale e memorizzarla
- 2) attivare sull'unità elettronica la modalità WiFi con l'apposito stilo magnetico e collegare uno smartphone o un PC per copiare la cartella contenete i dati, senza aprire l'unità di controllo. Occorre acquisire l'applicazione gratuita disponibile online come descritto nelle apposite istruzioni.

Attenzione: se il LED verde "OK" è spento o lampeggia lentamente significa che l'unità di controllo è ancora in fase di registrazione, è necessario premere "STOP" prima di estrarre la scheda o di attivare la modalità WiFi, che può essere attivata quando il LED verde è acceso con continuità.

Il trasferimento dei dati tramite estrazione della scheda microSD si ritiene non necessiti di particolari istruzioni.

Il trasferimento dei dati registrati dai differenti apparati tramite connessione WiFi prevede di:

1. impostare la modalità WiFi del computer o smartphone a cui si vuole scaricare i dati, quindi alimentare l'apparato Dyna- e tramite lo stilo magnetico premere "STOP" quindi "WiFi"
2. connettere alla rete WiFi il computer o lo smartphone sul quale si vogliono trasferire i dati
3. scaricare i dati tramite il protocollo FTP

indispensabile che l'apparato ricevente sia attivato per collegarsi in modalità WiFi.

Quando la modalità WiFi è attiva il LED bianco etichettato con WF rimane acceso e l'apparato è in grado di collegarsi con altri apparati dotati di interfaccia WiFi. Il network WiFi ha un nome che inizia sempre con DDAR. Di seguito sono esposte le credenziali da utilizzare:

- **Wifi password per apparati del 2023 e degli anni successivi:** 11111111
- **Wifi password per apparati del 2022 e degli anni precedenti:** Ddar-123

Dopo aver effettuato la connessione WiFi è possibile usare un'applicazione che supporti FTP per trasferire i file.

- **FTP Host name:** 192.168.4.1
- **FTP User name:** ddar
- **FTP Password:** ddar9876

Una descrizione puntuale della sequenza dei passaggi è contenuta nel capitolo: "Trasferimento dati in modalità wireless con sistema operativo Windows"

Il software FaKopp DynaTree-DynaRoot

Il software FaKopp DynaTree-DynaRoot occorre sia installato in un computer con sistema operativo Windows di Microsoft. Dopo la sua installazione è bene selezionare “Options” per accedere al menù “Opzioni”, la figura 14 indica il punto in alto a sinistra della schermata sul cui premere. Qui è possibile selezionare la propria lingua, ad esempio l’italiano, e la modalità del programma DynaTree oppure DynaRoot. Attenzione, quando si elaborano i dati di un semplice inclinometro selezionare DynaRoot; quando si elaborano i dati di un’unità “High Precision Inclination and Deformation Recorder” occorre selezionare DynaTree, anche se non si utilizzano gli estensimetri.

Quando si seleziona DynaTree compaiono due caselle indicate con C1 e C2, si tratta delle costanti di calibrazione da trascrivere degli estensimetri rilevabili dai certificati allegati allo strumento. Attenzione a non confondere i dati: in C1 occorre inserire la costante dell’estensimetro 1 e in C2 quella dell’estensimetro 2. Gli apparati prodotti e commercializzati dopo l’anno 2021 non richiedono l’inserimento dei valori delle costanti, perciò anche se compaiono le due caselle C1 e C2 non inserire alcun dato.

Dopo aver copiato le cartelle dei dati registrati dall’anemometro e dall’inclinometro nello stesso computer in cui è installato il software si procede alla loro elaborazione.

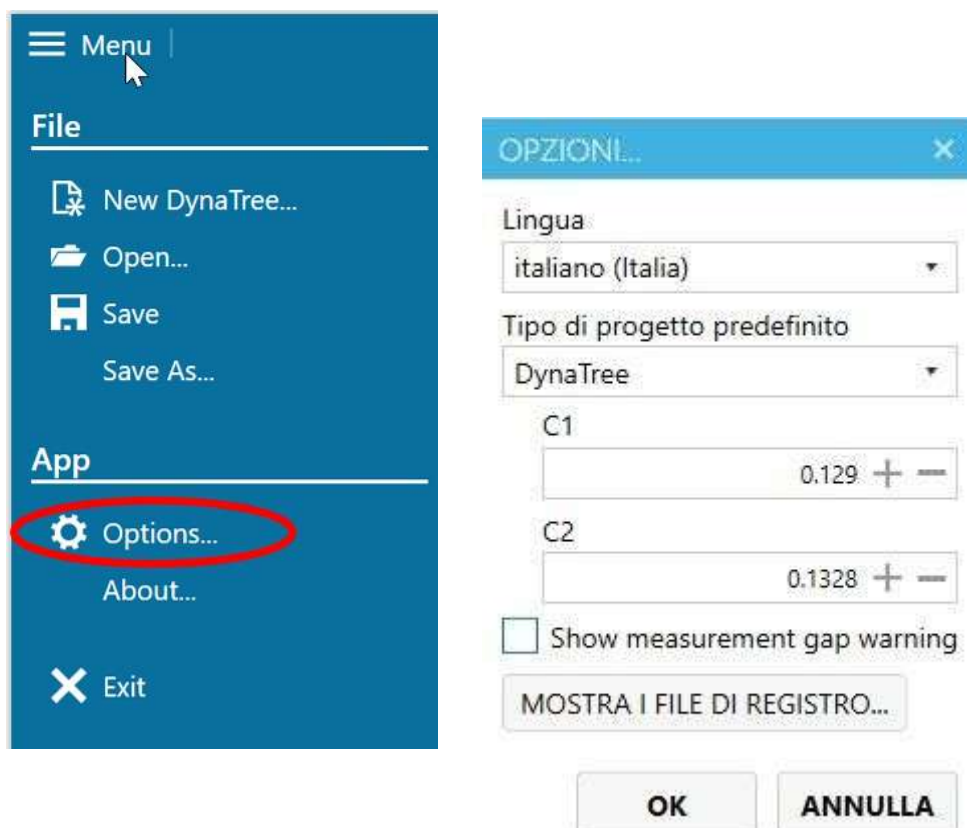


Figura 14: MENU’ “Opzioni” del programma FaKopp DynaTree-DynaRoot

Nella finestra di apertura del software (figura 15) è possibile, ma non necessario, scrivere i dati identificativi dell’albero.

Nella modalità DynaTree appare anche la richiesta della specie di albero su cui è stata effettuata la prova. Dopo aver premuto la relativa icona a lente d'ingrandimento, cioè il simbolo di “ricerca”, è possibile scrivere il nome scientifico dell'albero, nello stesso tempo man mano si scrive compare una tendina con i diversi nomi degli alberi già contenuti nel database del programma e che è possibile selezionare. Questo passaggio è molto importante perché il Fattore di Sicurezza alla propensione alla frattura del tronco prevede il confronto fra gli indici di deformazione del legno sano e di quello alterato. Ogni specie di albero ha un valore proprio di indice di deformazione reperibile nel “catalogo di Stoccarda” e già contenuto nel software DynaTree.

A sinistra della finestra appare la sezione “Anemometro” dove inserire i dati registrati da questo strumento.

Dall'apposita finestra a tendina è possibile selezionare il modello di anemometro utilizzato anche se, una volta caricati i dati, il software riconosce automaticamente da quale modello di apparecchio sono stati registrati (figura 16).

Premendo il pulsante con l'icona della cartella è possibile cercare negli archivi del computer la cartella scaricata dalla schedina di memoria dell'anemometro al termine della prova. Quando è reperita è sufficiente richiamarla tal quale con l'apposito pulsante “carica cartella”. Alla destra della finestra compare la sezione “Inclinometro”, con la stessa procedura illustrata per l'anemometro si reperisce e si carica la cartella registrata dall'inclinometro. Nella casella “Rif. Velocità del vento km/h” si indica la massima velocità del vento che, a seguito delle ricerche fatte o delle normative a cui ci si riferisce, potrebbe verificarsi nella zona dove è radicato l'albero. Si tratta della velocità

massima del vento a cui potrebbe realmente resistere l'albero.

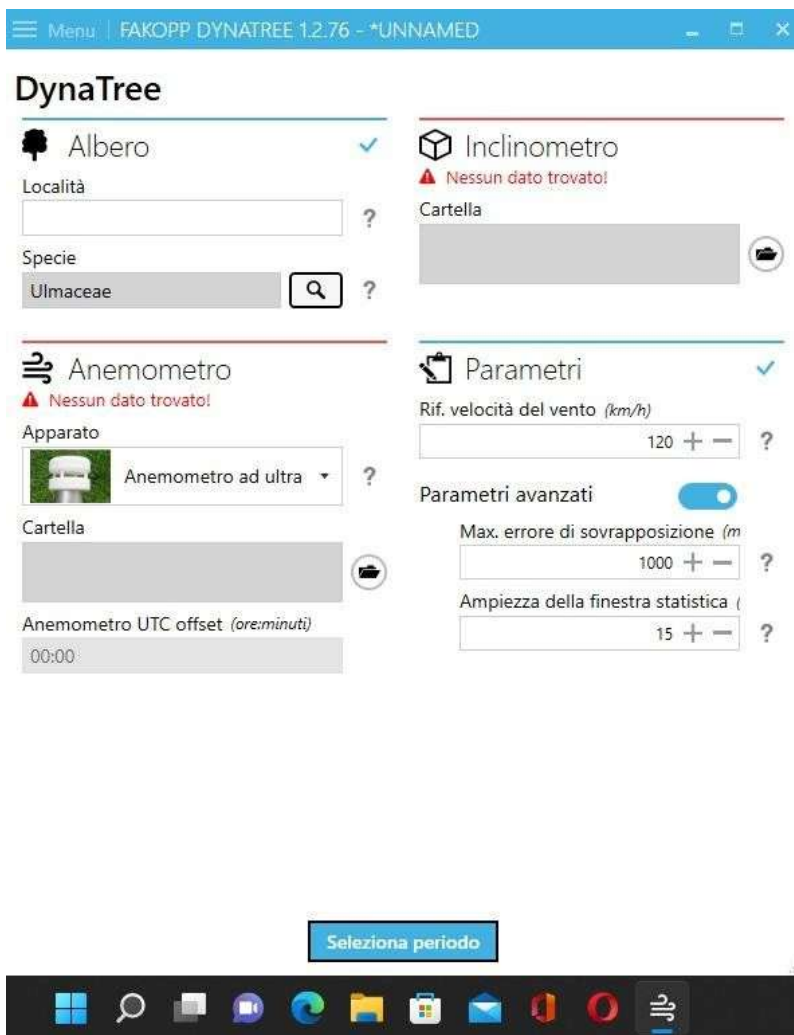


Figura 16: elenco dei modelli di anemometro

Figura 15: finestra di apertura del software DynaTree

Attenzione che è un dato fondamentale per stabilire il Fattore di Sicurezza perché a parità di tutti gli altri parametri condiziona sensibilmente l'esito finale. Un Fattore di Sicurezza superiore a 1,5 per un vento di riferimento pari a 90 km/h, per esempio, potrebbe essere anche inferiore a 1,0 per un vento di 120 o più km/h.

Quando l'interruttore virtuale "Parametri avanzati" è acceso compaiono le finestre "Max. errore di sovrapposizione" e "Ampiezza della finestra statistica". La prima finestra richiede entro quale intervallo di tempo i dati dell'anemometro e quelli dell'inclinometro, inclusi quelli di deformazione, si considerano contemporanei ed è espresso in millesimi di secondo. Mille significa perciò 1 secondo e stabilisce che i dati siano simultanei quando sono registrati nello stesso secondo. L'"Ampiezza della finestra statistica" imposta l'ampiezza di tempo entro cui si calcolano i valori massimi di pressione del vento, di inclinazione dell'albero e di deformazione delle fibre. Ad esempio quando s'imposta 5 significa che il software divide il tempo di durata dell'intera prova in intervalli di 5 minuti e calcola per ciascuno degli intervalli il valore massimo di velocità del vento e quindi di pressione del vento, il valore massimo d'inclinazione dell'albero e quello di deformazione delle fibre.

Non occorre fare altro che inserire questi dati, il software è predisposto a fare tutti i calcoli.

Infine, dopo aver richiamato le cartelle dei dati registrati dall'anemometro e dall'inclinometro e aver inserito i parametri di ampiezza dell'intervallo di tempo è possibile premere il pulsante "Seleziona periodo".

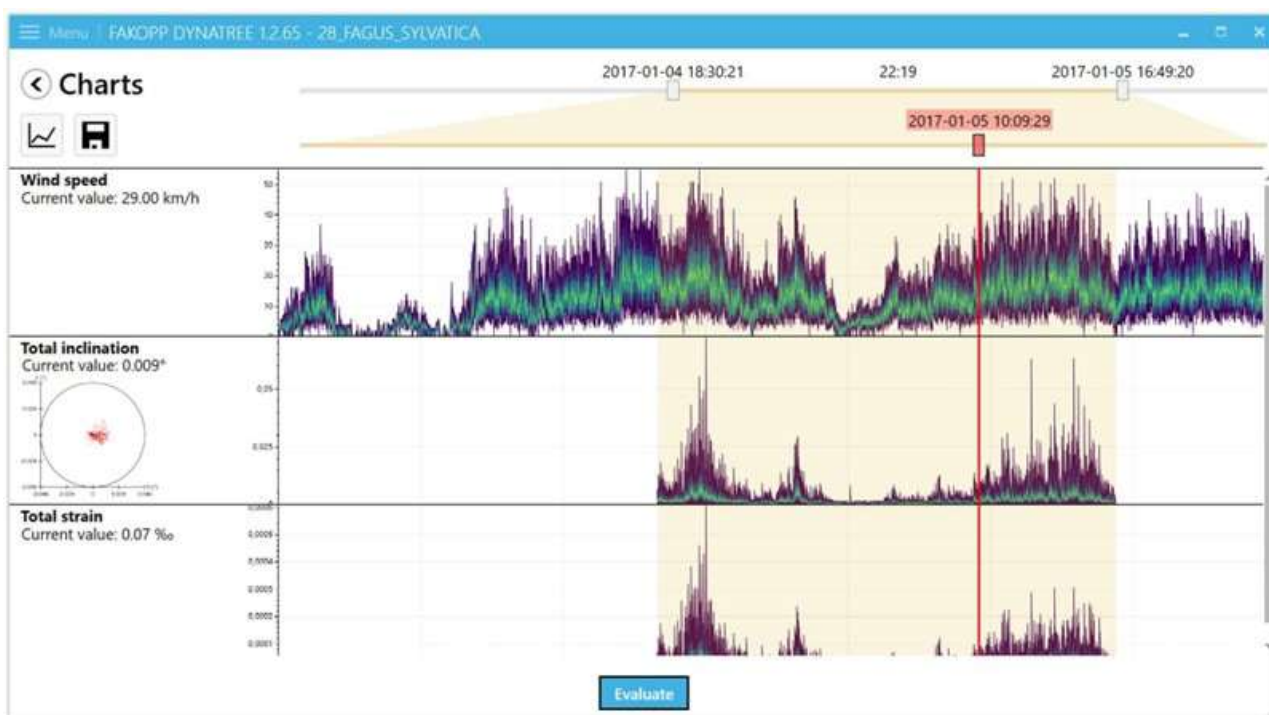


Figura 17: pagina dei "Garfici" dove compaiono l'andamento della velocità del vento, dell'inclinazione dell'albero e della deformazione delle fibre legnose

Si apre una pagina che riporta i grafici dell'andamento dei parametri registrati allineati cronologicamente, figura 17. Questo facilita e visualizza la possibilità di selezionare un particolare periodo dell'intera prova. All'apice della schermata ci sono due cursori, quello superiore consente di impostare il periodo che s'intende analizzare, appena sotto un altro cursore con linea rossa evidenzia i dati registrati contemporaneamente nello stesso secondo e li evidenzia nelle relative sezioni a sinistra, figura 18.

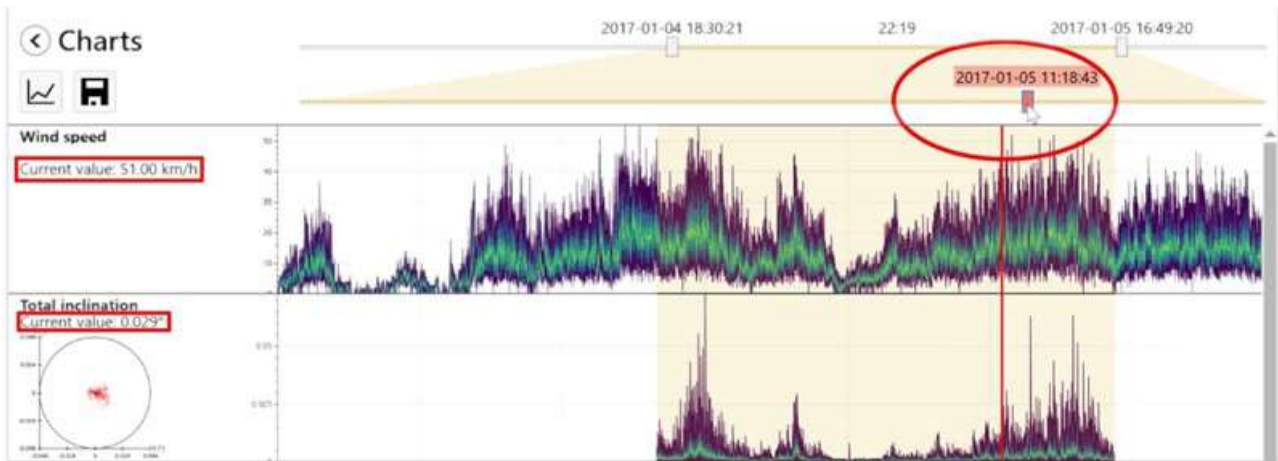


Figura 18: con il cursore rosso è possibile evidenziare i dati registrati in un particolare momento. A sinistra si evidenziano i valori registrati in quel particolare momento.

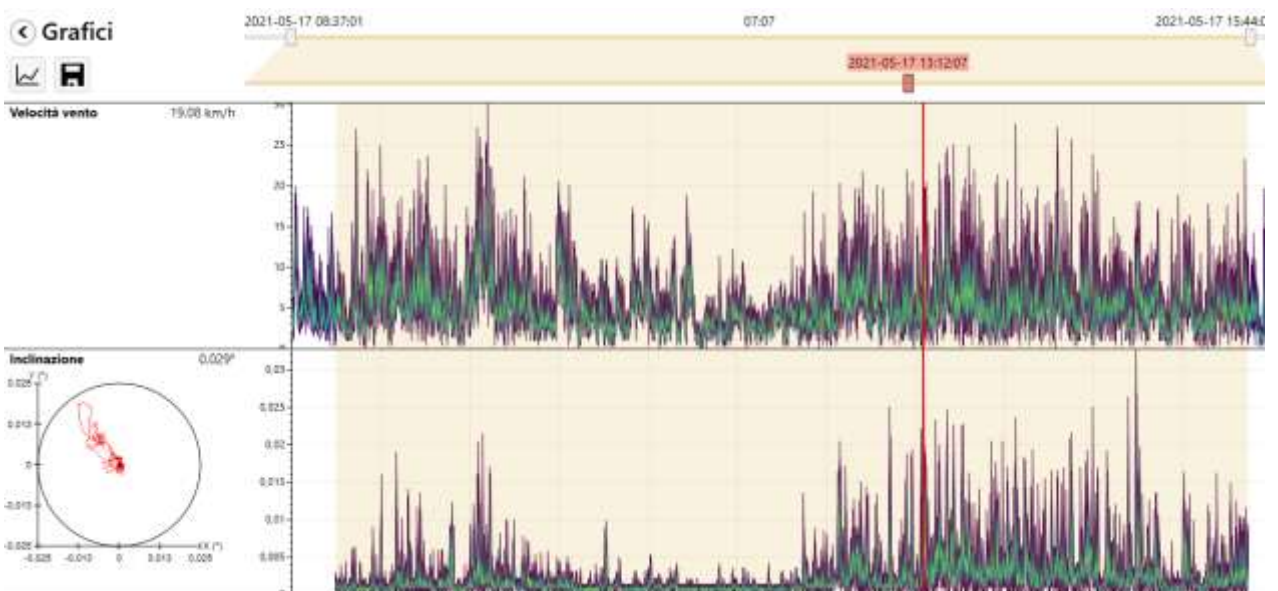


Figura 19: a sinistra del grafico “inclinazione” compare un grafico “radar” che illustra il movimento dell’albero rispetto ai due assi (“X” e “Y”) nell’attimo selezionato con il cursore rosso

Questi dati sono espressi anche da un grafico (Figura 19) che compare alla sinistra di quello intestato “inclinazioni”, I dati relativi al puntatore rosso sono rappresentati con punti di colore rosso più scuro, quelli precedenti alla linea rossa (5 minuti di intervallo) sono di colore più chiaro. Muovendo il cursore della linea rossa è possibile osservare come cambia l’oscillazione dell’albero nel tempo.

Alcune delle figure riportate sono tratte dalla versione del software in lingua Inglese e sono del tutto analoghe per le immagini a quelle delle versioni in altra lingua.

Per muovere i cursori si usa il puntatore del mouse fissandolo con il pulsante sinistro. Il cursore spazia lungo tutto il periodo della prova e spesso cursore e linea di riferimento non sono allineati fra loro.

Il cursore superiore sinistro può scorrere per fissare l’ora d’inizio del periodo che s’intende sottoporre all’analisi del software, quello destro all’ora finale figura 20. A lato dei due sensori compaiono i relativi riferimenti di ora, minuti e secondi, al centro fra i due cursori quanto è lungo il periodo che si procede ad elaborare, figura 21.



Figura 20: il cursore superiore è dotato di due tasti bianchi con i quali è possibile selezionare un periodo dell'intera prova da sottoporre all'analisi del software

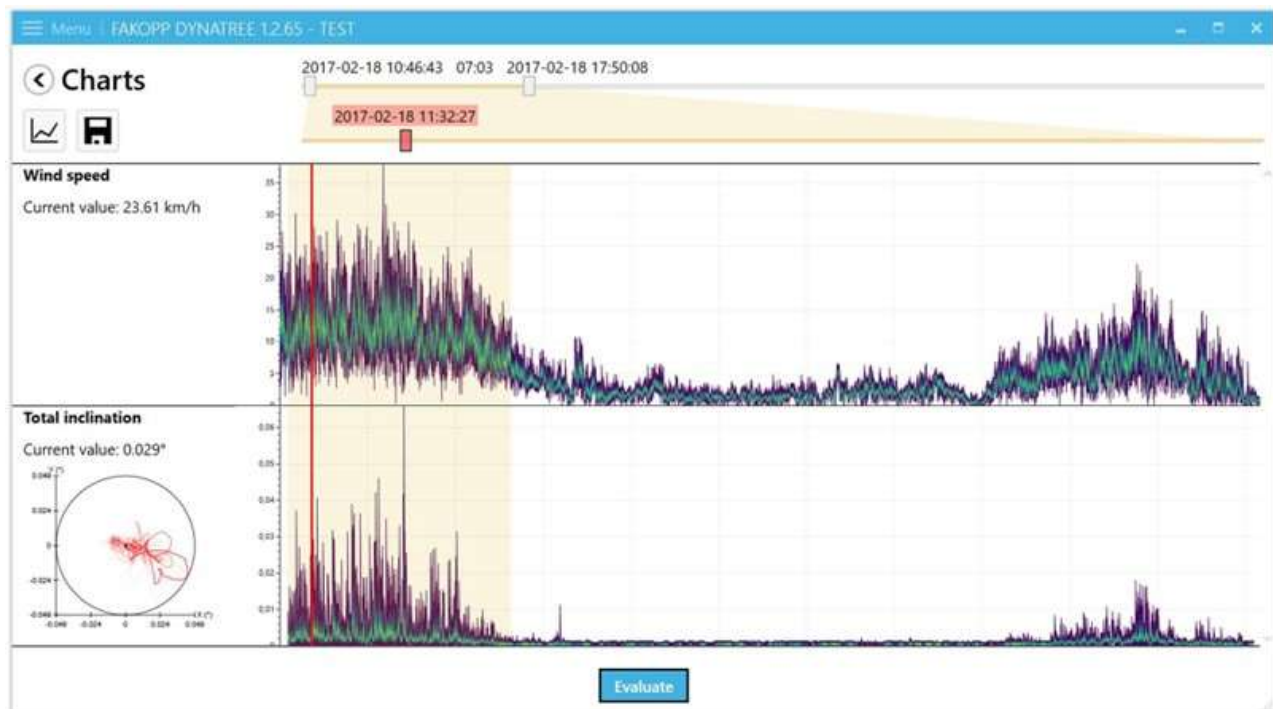


Figura 21: in questo esempio la prima parte dell'intera prova è selezionata per essere valutata dal software. Praticamente il periodo selezionato inizia alle 10:46:43 (h:min:sec) del 18 febbraio 2017 e termina alle 17:50:08 dello stesso giorno, perciò la sua durata è di 7 ore e 3 minuti (07:03). Il periodo selezionato è marcato dallo sfondo giallo. Con il cursore rosso è possibile evidenziare i dati registrati ogni secondo all'interno di questo periodo.

I dati grezzi possono essere salvati in formato “.csv” tramite l'icona “floppy disk”, attenzione che essendo molti dati per ogni secondo alla fine il loro complesso è assai corposo. La prima icona a destra sotto il titolo “Charts”, nella versione italiana “Grafici”, apre una finestra con delle caselle di selezione per stabilire quali grafici rendere visibili (figura 22).

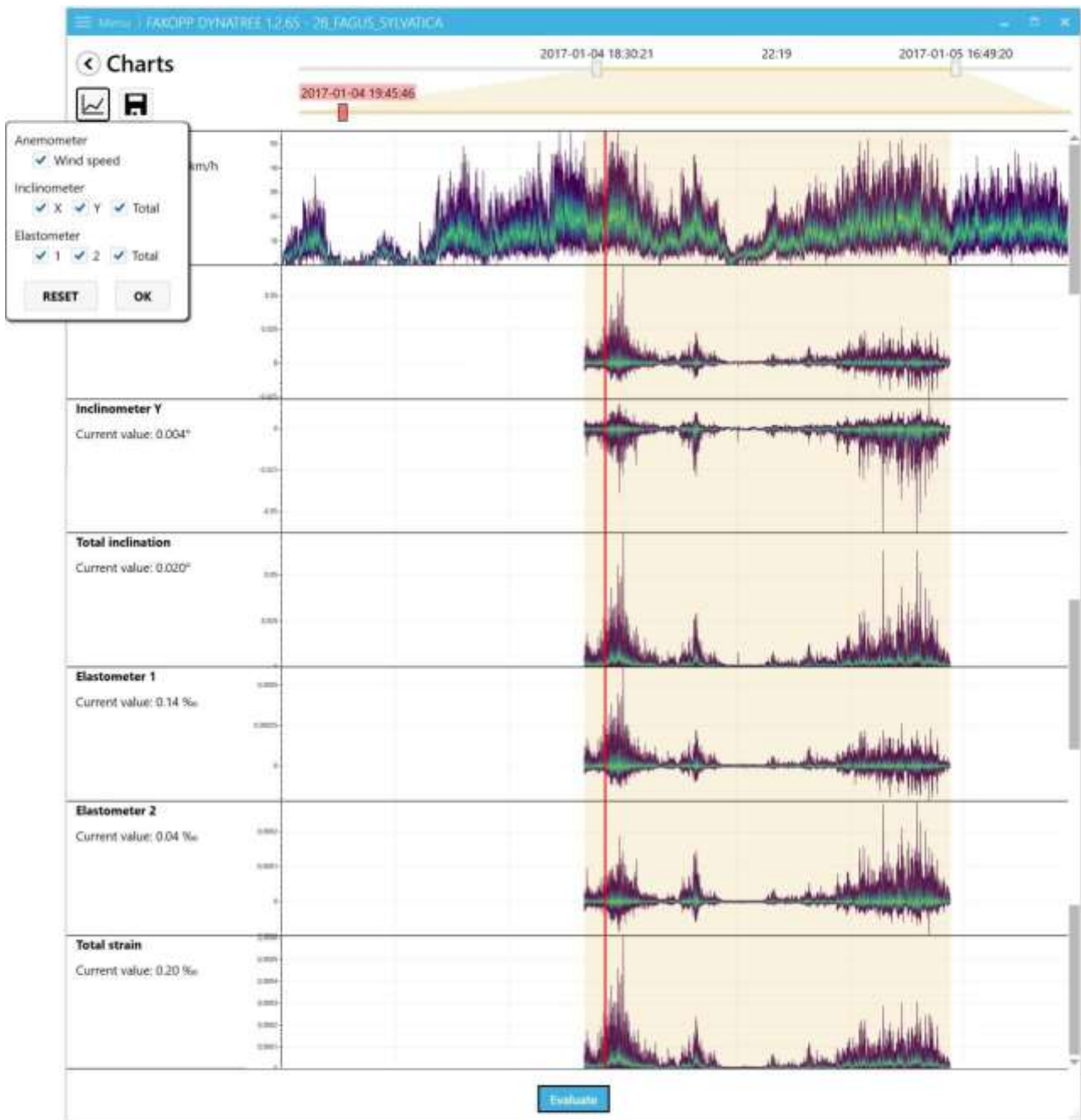


Figura 22: c'è la possibilità di visionare in forma di grafico la velocità del vento (Wind speed), le variazioni d'inclinazione dell'albero (Total inclination), anche divisa per ciascuno dei 2 assi (inclinometer X o Y), la deformazione delle fibre sia per l'estensimetro 1 sia per l'estensimetro 2 (elasometer 1 o 2). Tutti questi grafici hanno in comune l'asse delle ascisse che riporta l'orario in cui sono registrati i dati

La finestra “Valutazioni” (figura 23) riporta tutti i dati del test, l’ubicazione dell’albero ed i suoi riferimenti se sono inseriti dal tecnico, la velocità massima del vento in km/h, la direzione prevalente del vento durante il periodo analizzato, l’ora e la data d’inizio dell’analisi e la sua durata. L’ampiezza dell’intervallo statistico scelto, il grafico dei dati realmente rilevati per le variazioni d’inclinazione dell’albero e per la deformazione delle fibre. La pressione critica del vento calcolata dal software e l’errore statistico, cioè qual è la massima pressione del vento a cui l’albero può resistere senza ribaltarsi o senza rompersi, la massima velocità del vento che potrebbe verificarsi nella zona.

Quest’ultimo dato è predefinito in 120 km/h ma è modificabile dal tecnico in base alle sue ricerche e alle sue valutazioni. In evidenza sono poi indicati i Fattori di Sicurezza relativi alla propensione allo scalzamento dell’apparato radicale ed alla frattura del tronco. Il grafico riporta i punti dato rilevati e la curva di correlazione. Questa appare come una linea retta perché in realtà è solo un piccolo tratto dell’intera curva.

Il coefficiente di correlazione indica l’intensità di come varia l’inclinazione dell’albero o la deformazione delle fibre legnose rispetto al variare della pressione del vento. Più questo valore è vicino a 1 e più c’è corrispondenza o “correlazione” tra le due variabili e meglio la curva descrive l’andamento dei punti dato.

Quando il computer è collegato ad internet c’è anche la possibilità di verificare la posizione dell’albero tramite GPS.

L’analisi della propensione allo scalzamento della zolla e quella della propensione alla rottura del tronco sono indipendenti fra loro. Il selettore posto a destra del grafico consente di passare da uno (per esempio: “tronco”/”trunk” “radici”/”Root”) all’altro, figura 25

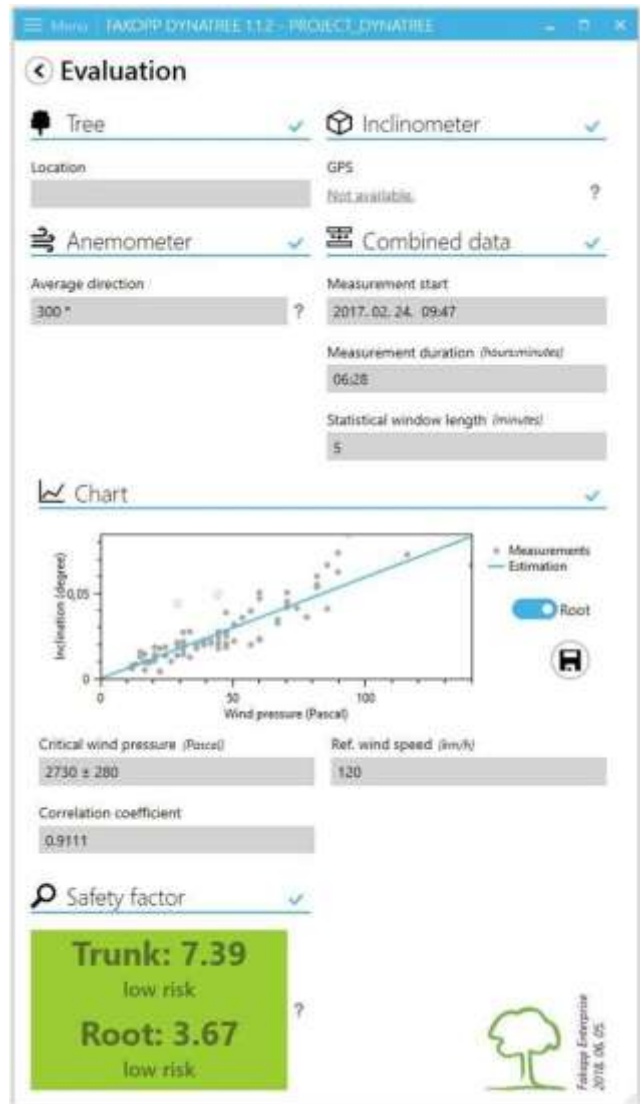


Figura 23: finestra “Valutazioni” con gli esiti finali che riassume tutte le informazioni necessarie dell’analisi

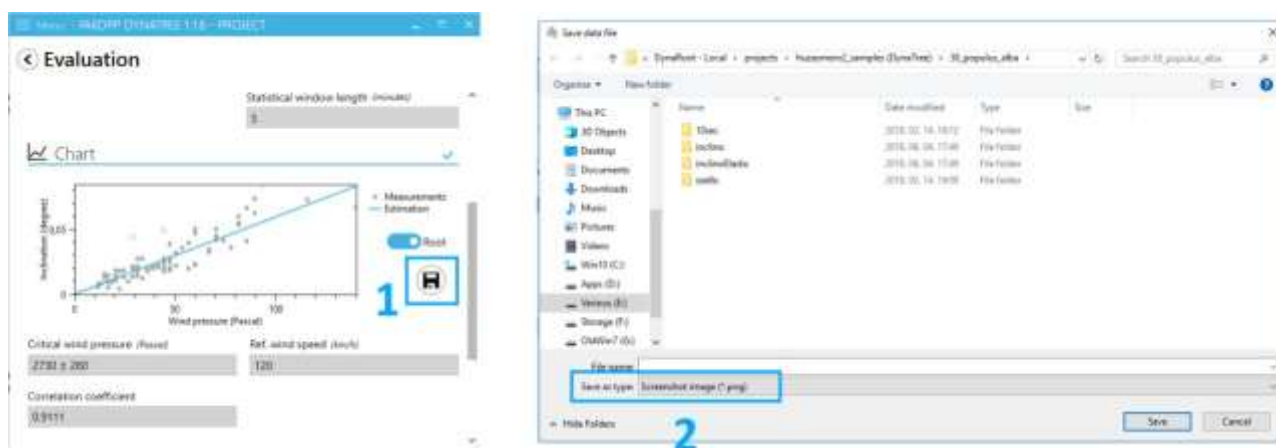


Figura 24: la finestra “Valutazioni” (figura: 23) può essere salvata come immagine premendo l’icona che riproduce un floppy disk (rif 1)

Per quanto riguarda il referto da restituire al cliente quello più esauriente è fornito dall’immagine della finestra “Valutazioni”, infatti contiene tutti, nessuno escluso, i dati necessari, figura 23.

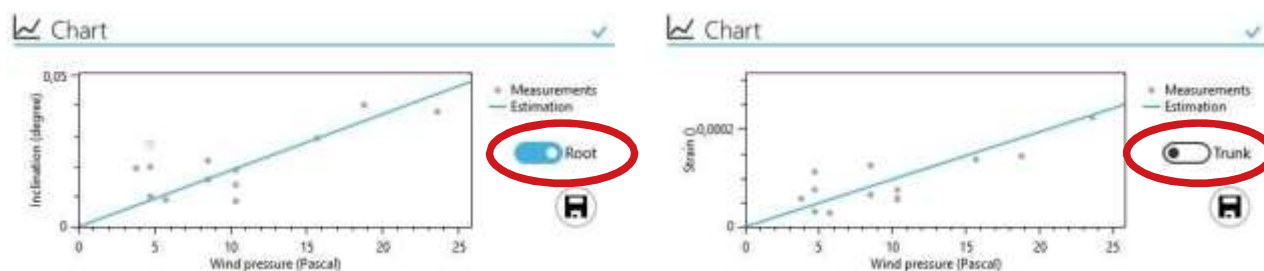


Figura 25: tramite il selettore posto alla destra del grafico è possibile visualizzare il grafico dei punti dato tra pressione del vento e inclinazione dell’albero e quello tra pressione del vento e indice di deformazione delle fibre legnose

I Fattori di Sicurezza sono calcolati con lo stesso criterio elaborato da Lothar Wessolly, perciò i valori superiori a 1,5 sono di alberi a scarso pericolo, tra 1 e 1,5 a medio o basso pericolo, inferiori a 1 ad elevato pericolo. Questi parametri sono importanti per la valutazione di stabilità di un albero ma non sono definitivi od esaustivi. L’esperienza allargata ad alberi mediterranei, probabilmente non compresi nella casistica realizzata Lothar Wessolly negli anni ’80 del secolo scorso nel Centro e Nord Europa, induce per alcune specie a spostare la loro soglia di sicurezza a 2.

Attenzione: i Fattori di Sicurezza variano in funzione della velocità del vento di riferimento, un albero valutato a scarsa propensione di cedimento o di rottura ad una velocità del vento potrebbe comunque crollare o rompersi con un vento di maggiore intensità.

Nota bene importante: il Fattore di Sicurezza rispetto alla propensione alla frattura del fusto ha valore per la sezione dove sono installati gli estensimetri. Questo significa che il valore di Fattore di Sicurezza di altre sezioni dello stesso fusto potrebbe essere assai differente.

Trasferimento dati in modalità wireless con sistema operativo Windows

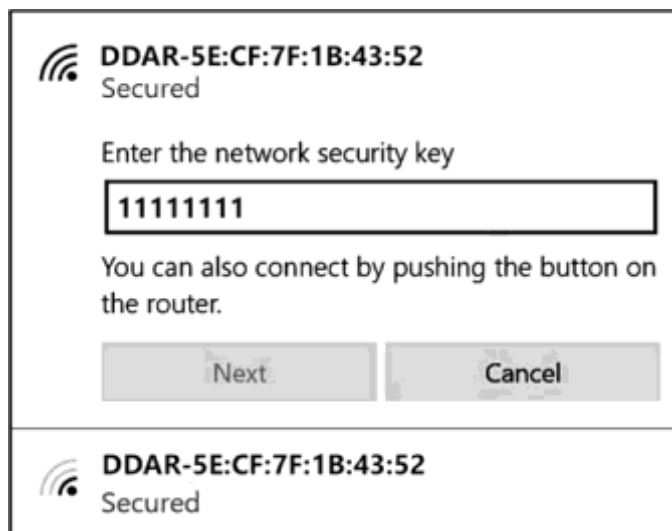




Figura 26 La rete DDAR visualizzata sul monitor con sistema operativo Windows. Individuata la rete occorre effettuare la connessione: inserire la password **11111111** quando richiesta.
Per i dispositivi precedenti il 2022 la pw è: **Ddar-123**

Con il sistema operativo Windows, si consiglia di utilizzare Total Commander per stabilire la connessione FTP. La Figura 27 mostra la finestra di dialogo di impostazione della connessione di Total Commander.

1. Premere l'icona  presente sulla barra delle icone
2. Premere "New connection".
3. Compilare i campi richiesti con le seguenti informazioni:

Session: dynaroot
Host name: 192.168.4.1
User name: ddar
Password: ddar9876

4. Premere OK.

5. Premere ancora l'icona , selezionare "dynaroot" dall'elenco delle connessioni salvate e premere "Connect". Se l'autenticazione è accettata il contenuto della microSD è disponibile e visibile in una delle finestre del programma "Total Commander".

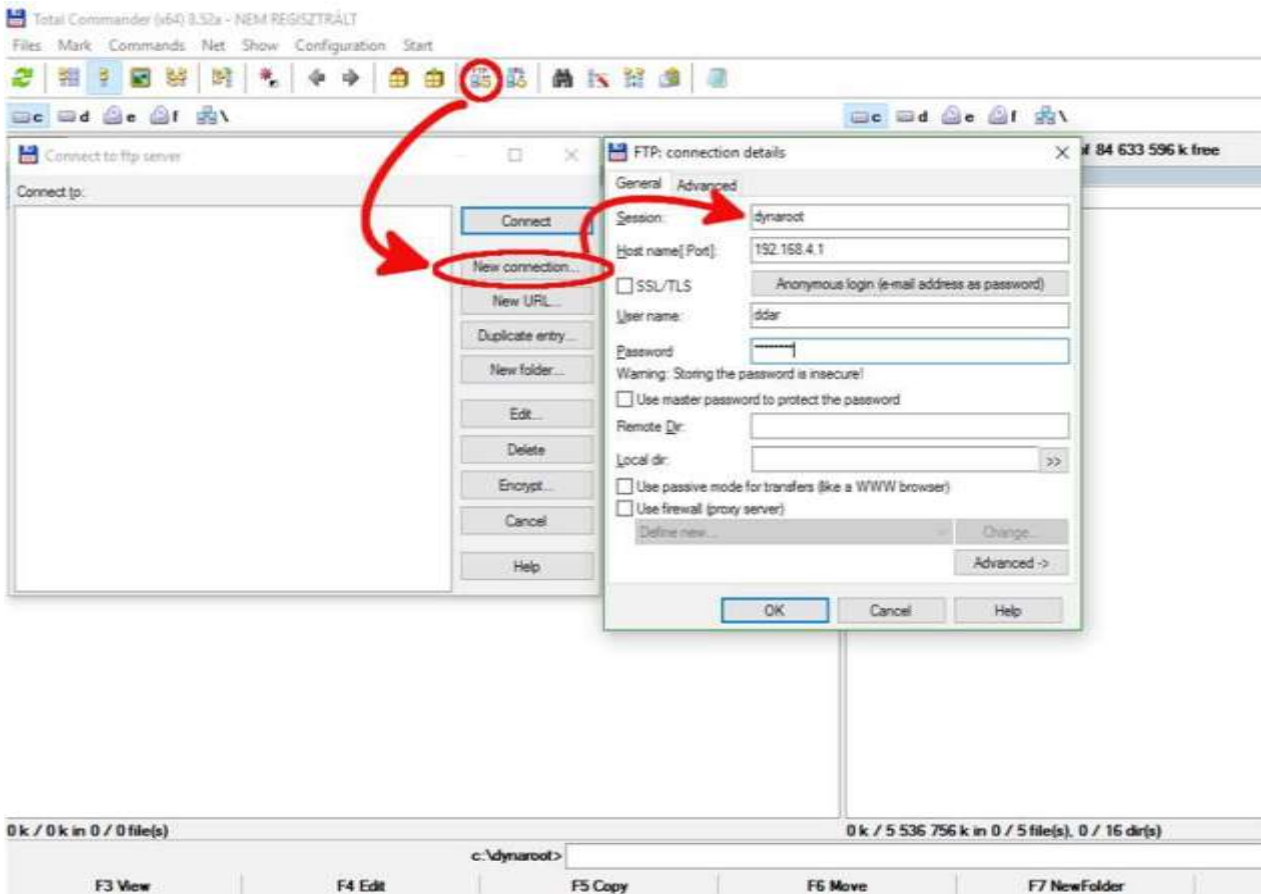


Figura 27: Per prima cosa, premere l'icona "FTP", quindi premere "New connection" e infine compilare i campi di input nella finestra di dialogo "FTP connection details" come appare nell'immagine. Premere OK, quindi "Connect" e si è pronti a copiare/eliminare i file dalla scheda SD.

Appendice

Catalogo di Stoccarda

Stuttgart table of wood strength (Wessolly and Erb 1998)

Table 1. Stuttgart table of wood strength (Wessolly and Erb 1998).

Species	Modulus of elasticity (N/mm ²)	Comparable strength in longitude (N/mm ²)	Elastic limit (%)	Proposed Aerodynamic drag factor (c_{d1})
<i>Abies alba</i>	9500	15	0.16	0.20
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8500	25	0.29	0.25
<i>Acer negundo</i>	5600	20	0.36	0.25
<i>Acer campestre</i>	6000	25.5	0.43	0.25
<i>Acer saccharinum</i>	6000	20	0.33	0.25
<i>Acer saccharum</i>	5450	20	0.37	0.25
<i>Aesculus hippocastanum</i>	5250	14	0.26	0.35
<i>Ailanthus albissima</i>	6400	16	0.25	0.15
<i>Betula pendula</i>	7050	22	0.31	0.12
<i>Characocyparis lawsonia</i>	7350	20	0.27	0.20
<i>Cedrus deodora</i>	7650	15	0.20	0.20
<i>Fagus sylvatica</i>	8500	22.5	0.26	0.25-0.30
<i>Alnus glutinosa</i>	8000	20	0.25	0.25
<i>Fraxinus excelsior</i>	6250	26	0.42	0.20
<i>Picea abies</i>	9000	21	0.21	0.20
<i>Picea omorika</i>	9000	16	0.18	0.20
<i>Carpinus betulus</i>	8800	16	0.18	0.25
<i>Castanea sativa</i>	6000	25	0.42	0.25
<i>Cercis siliquastrum</i>	0	15	—	0.20
<i>Larix decidua</i>	5035	17	0.32	0.15
<i>Liriodendron tulipifera</i>	5000	17	0.24	0.25
<i>Pinus pinaster</i>	8500	18	0.21	0.20
<i>Pinus sylvestris</i>	5800	17	0.29	0.15
<i>Platanus x hybrid</i>	6250	27	0.43	0.25
<i>Populus x canescens</i>	6050	20	0.33	0.2-0.25
<i>Populus nigra 'Italica'</i>	6800	16	0.24	0.30
<i>Populus nigra</i>	6520	20	0.31	0.2
<i>Populus alba</i>	6400	20	0.31	0.2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1000	20	0.20	0.20
<i>Pyrus communis</i>	5800	17	0.29	0.30
<i>Quercus robur</i>	6900	28	0.41	0.25
<i>Quercus rubra</i>	7200	20	0.28	0.25
<i>Robinia pseudoacacia</i>	7050	20	0.28	0.15
<i>Robinia monophyla</i>	5200	20	0.38	0.15-0.20
<i>Salix alba</i>	7750	16	0.21	0.20
<i>Salix alba 'Tristis'</i>	7000	16	0.23	0.20
<i>Sequoiadendron giganteum</i>	4550	18	0.40	0.20
<i>Sophora japonica</i>	6450	20	0.31	0.15
<i>Sorbus aria</i>	6000	16	0.27	0.25
<i>Tilia x hollandica</i>	4500	17	0.38	0.25
<i>Tilia euchlora</i>	7000	17.5	0.25	0.25
<i>Tilia tomentosa</i>	8350	20	0.24	0.25-0.30
<i>Tilia platyphyllos</i>	8000	20	0.25	0.25
<i>Tilia cordata</i>	8300	20	0.24	0.25
<i>Ulmus glabra</i>	5700	20	0.35	0.25

(Source: Wessolly, L., and M. Erb 1998. Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Patzer Verlag, Berlin, Germany.)