

FAKOPP

Pulling Test Manual

Versione in Italiano



Fakopp Enterprise Bt
September 30, 2024

Pagina bianca

Sommario

Produttore.....	5
Introduzione.....	6
Componenti del sistema	6
Dinamometri.....	6
Dinamometro Kaliber-5t.....	6
Central unit	7
Inclinometri ad elevata precisione	7
Elastometri	7
Software	8
Pulling test: assetto degli apparati e loro composizione	9
Apparati.....	9
Attrezzatura.....	10
Procedure per l'esecuzione della prova	11
Valutazione della propensione allo sradicamento	12
Curva generica di sradicamento.....	13
Velocità del vento di sradicamento.....	14
Valutazione della frattura del tronco	15
Guida all'installazione.....	16
Il cavo	16
Dinamometro.....	17
Kaliber 5t	17

Inclinometri	17
Elastometri	18
Montaggio degli elastometri	19
Posizionamento degli elastometri.....	19
Collegamento degli elastometri.....	19
Pulling Test Central Unit ed inizio test	20
LM048 Bluetooth unit	20
Misurazioni & software.....	21
Parametri di misurazione.....	22
Predisposizione dell'applicazione "Collector"	23
Rilievo tramite l'applicazione "Pulling Collector"	24
"Pulling Viewer"	24
Analisi.....	25
Sicurezza – linee guida.....	26
Note importanti.....	27
Guida all'elaborazione secondo la normativa EN 1991 – "biomeccanica"	28
Come aprire "biomeccanica" in Pulling Viewer	28
Impostare i parametri necessari al calcolo con EN 1991.	29
Misure dell'albero	30
Aggiungi punti.....	30
Rimuovi punti	31
Termine della marcatura della chioma	31
Esito dei calcoli	31

Tabella delle “Sezioni”	32
Tabella dei “Risultati”	33
Modello di calcolo	33
Esportazione dei dati	34
Uscire dalla compilazione di “biomeccaniche”	35
Annex A: mappe del vento	36
Annex B: categorie di esposizione	37
Appendix A	38
Dinamometro – Cella di Carico	38
Inclinometro	38
Elastometro	38
Pulling Test software	39
Appendice B – catalogo di Stoccarda	40

Produttore

Azienda	Fakopp Enterprise Bt.
Codice fiscale EU	HU22207573
Indirizzp	Fenyo 26
Città	Agfalva
Codice postale	9423
Nazione	Ungheria
Sito internet	https://www.fakopp.com
E-mail	office@fakopp.com
Telefono	+3630 394 9562

ATTENZIONE! È necessario prestare sempre particolare attenzione. Nonostante il software stimi i pericoli con un margine di sovrastima, il calcolo del fattore di sicurezza è determinato sulla scorta di dati immessi e che derivano da semplificazioni e che potrebbero essere imprecisi. L'utilizzatore è responsabile che il Sistema sia appropriato per l'uso che ne fa e deve essere consapevole che questa è solo una parte di ciò che occorre fare per valutare la stabilità e lo stato di salute degli alberi. Il sistema è uno strumento gestito dall'operatore in funzione della sua esperienza e della sua formazione nella valutazione di questi organismi viventi. Il Sistema non può essere considerato come unica fonte di valutazione della stabilità degli alberi. Occorre sempre tener presente che tutti i sistemi hardware e software sono soggetti a guasti e ad uso improprio.

Introduzione

La stabilità degli alberi urbani è un problema critico di sicurezza. Gli alberi malati e instabili comportano rischi e responsabilità significative per le municipalità e rendono necessarie le valutazioni.

La prova di trazione è il metodo più accettato per valutare la sicurezza e la stabilità dell'apparato radicale. Si tratta di applicare un carico di flessione al tronco tramite un cavo fissato all'albero. Il metodo può essere utilizzato per stimare la forza di sradicamento misurando l'inclinazione alla base del tronco. Inoltre, la rottura del tronco può essere stimata misurando la sollecitazione di flessione con estensimetri attaccati al tronco. Entrambi i metodi sono descritti nel manuale.

Componenti del sistema

Dinamometri

Dinamometro Kaliber-5t

- Cella di carico in acciaio inox ad estensione
- Limite di carico di lavoro: 50 kN
- Risoluzione: 1 Kgf
- Unità display Rinstrum R320
- 2 grilli ad omega
- Si collega alla "Pulling Test Central Unit" con cavo oppure direttamente al computer tramite cavo o Bluetooth



Central unit

- Fornisce l'energia elettrica a tutti gli apparati ad essa collegati
- Trasmette i dati al computer in tempo reale tramite cavo o Bluetooth

Può collegare

- 2 inclinometri
- 1 dinamometro
- 1 set di 2 estensimetri
- 1 computer



Inclinometri ad elevata precisione

- Misurano l'inclinazione al colletto dell'albero
- Biassiali
- Range di misura: +/- 30°
- Risoluzione: 0,001°
- Da collegare alla Central Unit tramite cavo



Elastometri

Tramite i dati degli elastometri si calcola il limite elastico del tronco

- I sensori elastometrici misurano la deformazione del tronco durante la tensione
- Range: 4 mm
- Risoluzione: 0,001 mm
- L'unità di controllo degli elastometri si collega alla Central Unit ed a 2 elastometri, tutto tramite cavo



Pulling test: assetto degli apparati e loro composizione

Apparati

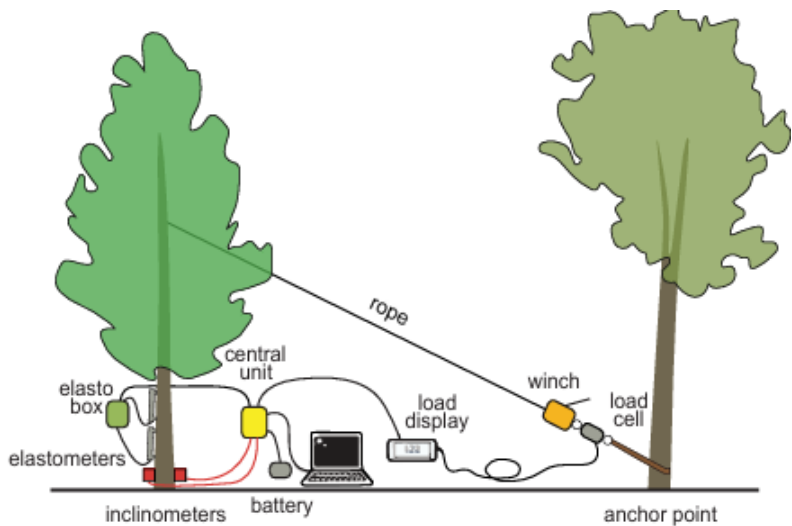


Figura 1: schema grafico dell'assetto degli apparati per Pulling Test per la valutazione dell'apparato radicale e della frattura del tronco

- Inclinometri: 2 unità indipendenti
- Elastometri: 1 control unit con 2 sensori
- Dinamometro con visore
- Unità Centrale

Attrezzatura

Di seguito sono elencati gli attrezzi necessari per mettere in tensione gli alberi e che non sono forniti con gli apparati tecnici per i rilievi e le analisi delle prove.

- Tirfor o paranco o verricello
- Cavo
- Fasce da imbracatura da avvolgere attorno ai tronchi
- Scala
- Tavolino pieghevole (opzionale)
- Computer con sistema operativo Windows 10 o più recente e software Pulling Test FaKopp



Figura 2: fasce ad anello da imbracatura



Figura 3: attrezzature necessarie ad effettuare Pulling Test. Attenzione che il tirfor qui fotografato non è compreso nella fornitura e può essere sostituito da altri apparati.

Procedure per l'esecuzione della prova

Il test a trazione, o Pulling Test, prevede il fissaggio di un cavo al centro della chioma dell'albero da valutare. Allo scopo di provocare l'inclinazione della zolla radicale e di misurarne l'intensità tramite degli inclinometri fissati al colletto dell'albero è messo in tensione il cavo tramite un carico moderato. L'inclinazione indotta viene mantenuta al di sotto di 0,25 gradi per garantire che il test non danneggi irreversibilmente le radici. Il cavo dovrebbe essere fissato al centro della chioma, è necessario comunque di fissare il cavo al tronco dove i rami sono sufficientemente forti da resistere alla trazione. Se il centro della chioma non riesce a sostenere il carico, spesso il cavo è fissato nelle sue prossimità. In genere, ciò richiede una scala o la salita sull'albero in arrampicata all'altezza appropriata. Un cavo con capacità di carico adeguata è fissato ad una branca principale. In genere, per evitare di danneggiare l'albero, viene utilizzata una fascia ad anello da imbracatura (vedere la Figura 2). L'altra estremità del cavo scorre in un argano, che è fissato a un punto di ancoraggio. Il punto di ancoraggio può essere qualsiasi oggetto fissato in modo sicuro al terreno, il più delle volte è il colletto di un altro albero. Se si utilizza un altro albero, fare attenzione a non danneggiare la corteccia ad esempio utilizzando una cinghia morbida come una fascia da imbracatura ad anello.

Tramite l'argano si tende il cavo. Il misuratore di forza è posto tra il verricello e la cinghia morbida nel punto di ancoraggio oppure all'altra estremità, cioè tra il cavo e la fascia di fissaggio all'albero, con questi assetti è misurato il carico di trazione. Anche se il cavo è inclinato è calcolata la componente orizzontale del carico al fine di effettuare la corretta valutazione. Il carico è misurato continuamente ed il suo valore è inviato ad un computer che lo registra ed elabora le analisi.

Valutazione della propensione allo sradicamento

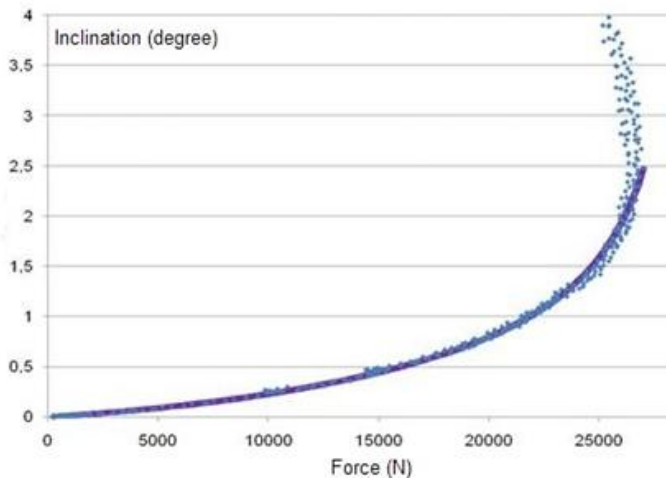


Figura 4: una tipica curva di ribaltamento o di sradicamento

La valutazione della propensione allo sradicamento di un albero viene effettuata tramite i dati di inclinazione e di forza.

L'inclinazione è misurata al colletto, cioè alla sezione dove s'incontrano il tronco e le radici mentre la forza è misurata sul cavo. Entrambe le serie di dati sono inviate ad un computer che le registra ed effettua i calcoli di valutazione.

Curva generica di sradicamento

$$\varphi = \frac{1}{3} \tan \left(\frac{100}{73.85} \frac{F}{F_{max}} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{F}{F_{max}} \right)^2 - \frac{1}{10} \left(\frac{F}{F_{max}} \right)$$

Formula 1: funzione della curva generica di sradicamento

Dove:

$\Phi(deg)$	Inclinazione al colletto
$F(N)$	Carico orizzontale
$F_{max}(N)$	Massimo carico orizzontale

Implementando nella funzione generale di sradicamento i dati di carico e di inclinazione prodotti dalla tensione artificiale e registrati, è possibile stimare la F_{max} , cioè il carico orizzontale necessario per sradicare l'albero. Da F_{max} si può calcolare la coppia (torsione) massima (M_{max}) che l'albero può sopportare senza sradicarsi.

$$M_{max} = F_{max} * h$$

Dove:

M_{max} (Nm)	Coppia (torsione) massima
h (m)	Altezza del fissaggio della fune sull'albero

Velocità del vento di sradicamento

Sulla base di M_{max} è possibile calcolare il pericolo di sradicamento a una determinata velocità del vento. Il momento torcente che agisce sull'albero a una certa velocità del vento si calcola con la seguente equazione:

$$M_{wind} = A \frac{\rho}{2} v^2 c_w h_{cr}$$

Dove:

M_{wind} (Nm)	Coppia prodotta dal vento sull'albero
A (m ²)	Superficie della sezione della chioma
ρ (k/m ³)	Densità dell'aria
V (m/s)	Velocità del vento
C_w	Coefficiente di resistenza aerodinamica
h_{cr} (m)	Altezza del centro della chioma

Il coefficiente di resistenza aerodinamica è una costante che dipende dalla specie di albero. I valori del coefficiente sono riportati nell'Appendice B (sulla base di Wessoly ed Erb 1998). Il rapporto tra M_{wind} (coppia massima prodotta dal vento) e M_{max} (coppia massima che l'albero può sopportare) determina il fattore di sicurezza (SF). Questo è il rapporto che stima la sicurezza dell'albero.

$$SF = \frac{M_{max}}{M_{wind}}$$

Se il fattore di sicurezza (SF) è superiore a 1,5, l'albero è considerato sicuro. Un SF inferiore a 1 indica un pericolo elevato, mentre valori compresi tra 1 e 1,5 suggeriscono un pericolo moderato di sradicamento. Quando si valutano più Fattori di Sicurezza (ad esempio quando sono utilizzati più inclinometri) per lo stesso albero è assunto il valore più basso.

Una prova di trazione fornisce informazioni utili sulla situazione delle radici solo quando il colletto, cioè dove si fissa l'inclinometro si muove solidale alla zolla radicale. Se c'è una degradazione a livello del colletto, l'unione tra le radici e il colletto stesso può essere compromessa, con l'esito di valutazioni potenzialmente fuorvianti del fattore di sicurezza.

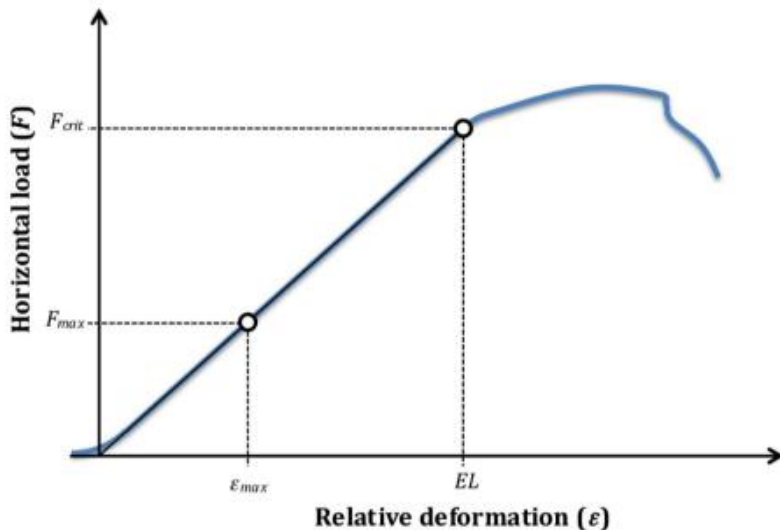
Valutazione della frattura del tronco

La valutazione della propensione alla frattura del tronco è simile a quella della propensione allo sradicamento, però è misurata la deformazione del tronco e non la sua inclinazione. Durante la prova a trazione il tronco si piega provocando una compressione sul lato più vicino al cavo e un allungamento sul lato opposto. Misurando questa deformazione su uno o entrambi i lati, si può stimare il pericolo di rottura del tronco.

La procedura della prova è simile alla determinazione della propensione allo sradicamento ma si utilizza un elastometro sul lato di compressione o di tensione (o su entrambi i lati) del tronco, anziché un inclinometro. I dati di carico e di deformazione vengono raccolti e analizzati tramite un software.

La propensione alla frattura del tronco è determinata dal limite elastico lineare. Quando gli alberi si piegano, la loro deformazione rimane lineare fino a un certo punto. È importante notare che questa deformazione non è permanente e che, entro questo limite non si verificano danni irreversibili al tronco. Questo limite in sicurezza di deformazione relativa è definito limite elastico lineare (EL).

Il limite elastico lineare è una costante ed è tipico per il legno di ciascuna specie di albero (vedi la tabella in Appendice B). Normalmente le deformazioni prodotte dal Pulling Test (ϵ_{max}) sono sensibilmente inferiori rispetto ad EL.



Al termine del test c'è una serie di dati carico-deformazione fino al punto di F_{max} e ε_{max} . Il software elabora una funzione che descrive linearmente i punti dei dati misurati. Questa funzione viene poi estrapolata fino al punto di EL, calcolando così il carico critico (F_{crit}).

Una volta ottenuto il carico critico, il calcolo del Fattore di Sicurezza è molto simile a quello utilizzato per il Fattore di Sicurezza allo sradicamento.

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

Dove:

M_{crit} (Nm)	Momento (torsione) critica
F_{crit} (N)	Forza orizzontale critica
h (m)	Altezza della fune sull'albero

Il Fattore di sicurezza è calcolato dal rapporto fra il momento (torsione) critico (M_{crit}), cioè il valore di coppia massimo che può sopportare l'albero senza spezzarsi, ed il momento (torsione) prodotto dal vento (M_{wind}).

$$SF = \frac{M_{crit}}{M_{wind}}$$

In questo caso M_{wind} è calcolato come descritto nei calcoli per valutare la propensione allo sradicamento e anche il significato di SF è simile. Quando SF è superiore a 1,5 l'albero è sicuro, un valore inferiore a 1 indica un pericolo elevato, nell'intervallo tra questi valori c'è un pericolo moderato di rottura del tronco.

Quando sono calcolati più Fattori di Sicurezza (ad esempio quando si usano 2 elastometri) il Fattore di Sicurezza dell'albero è considerato quello più piccolo.

Guida all'installazione

Il cavo

Fissare il cavo al tronco nella chioma dell'albero, il più vicino possibile al centro della chioma. Fissarlo al tronco o a un ramo robusto e centrale. Utilizzare una cinghia morbida (Figura 2), per evitare di danneggiare la corteccia.

Scegliere un punto di ancoraggio nella direzione appropriata dall'albero. La distanza deve essere almeno due volte quella dell'altezza a cui è fissato il cavo sull'albero, se fosse maggiore è ancora meglio per massimizzare la componente orizzontale della forza.

Preparare l'argano e i cavi. Seguire le istruzioni sulla sicurezza!

Dinamometro

Kaliber 5t

- Installare la cella di carico tra l'argano (tirfor) e la fascia di ancoraggio, in alternativa installarla all'altra estremità cioè tra il cavo e la fascia che avvolge il tronco entro la chioma.
- Collegare la cella di carico al monitor Rinstrum R320.
- Collegare il monitor Rinstrum R320 alla "Pulling Test Central Unit", tramite cavo oppure collegare il monitor al computer tramite Bluetooth

Inclinometri

- Installare il supporto con testa snodata al colletto dell'albero, il più vicino possibile al suolo, utilizzando una vite.
- Non fissare gli inclinometri su legno degradato.
- Installate sul supporto snodato l'inclinometro e metterlo a livello con l'aiuto della doppia bolla.
- Collegare l'inclinometro alla "Pulling Test Central Unit" tramite cavo.
- Ripetere la procedura per l'eventuale secondo inclinometro.

Elastometri



Montaggio degli elastometri

- Fissare l'elastometro al tronco tramite le viti superiori (2) e quelle inferiori (6) senza allentare le ganasce di bloccaggio.
- Allentare la vite a farfalla (4) e far scorrere il collare (3) per liberare le ganasce (5)
- Verificare che l'asticella interna all'elastometro, quella bloccata dall'innesto (6) sia in grado di scorrere liberamente

Posizionamento degli elastometri

- Posizionare sempre gli elastometri rivolti verso od opposti alla direzione di trazione, sulla stessa linea definita dal cavo.
- Posizioni possibili:
entrambi sul lato della compressione
entrambi sul lato della tensione
uno sul lato di compressione ed uno sul lato di tensione
- Altezza del sensore
In base ai sintomi si individua un'altezza che sia molto probabilmente un punto debole del tronco.
L'altezza massima è comunque la metà dell'altezza a cui è fissato il cavo sull'albero.

Collegamento degli elastometri



- Collegare i cavi degli elastometri all'unità di doppio collegamento "Elasto Box" – fare attenzione a collegare "Elastometro 1" alla presa "1" ed "Elastometro 2" alla presa "2"
- Collegare "Elasto Box" all'unità centrale tramite il cavo a 9 poli

- Assicurarsi che l'interruttore dell'unità "Elasto Box" sia in posizione "Put"

Pulling Test Central Unit ed inizio test

- Collegare la batteria a 12 volt alla Pulling Test Central Unit (Unità Centrale)
- Accendere l'Unità Centrale
- Accendere il monitor Rinstrum R320 e premere "Tara". Il monitor dovrebbe mostrare un valore di forza pari a zero. Il cavo non deve essere teso.
- L'Unità Centrale è dotata di più connessioni per collegare i diversi dispositivi, ciascun connettore è corredato di un LED che lampeggia per confermare che la periferica corrispondente sia collegata

LM048 Bluetooth unit

L'apparato Bluetooth LM048 può collegare l'Unità Centrale al computer oppure può connettere il dinamometro, tramite il monitor Rinstrum R320, direttamente al computer

- L'apparato Bluetooth LM048 occorre che abbia il selettore bianco posizionato su DTE
- Per collegare l'Unità Centrale al computer occorre collegare il dispositivo Bluetooth LM048 al connettore a 3 poli tramite l'apposito cavo (in questo caso il dinamometro è da collegare tramite cavo a 9 poli all'Unità Centrale)
- Per collegare il dinamometro direttamente al computer tramite Bluetooth occorre connettere l'apparato LM048 al connettore a 9 poli del monitor Rinstrum R320 (in questo caso l'Unità Centrale è da collegare al computer tramite il cavo RS232-Seriale)



Quando il dinamometro è collegato direttamente al computer tramite Bluetooth, cioè tramite l'apparato LM048, è necessario inserire nel monitor Rinstrum R320 N° 4 batterie da 1,5 volt tipo AA.

Quando il dinamometro è collegato tramite cavo (connettori a 9 poli) all'Unità Centrale è alimentato dalla batteria a 12 Volt di quest'ultima perciò occorre togliere le quattro batterie da 1,5 volt dal monitor Rinstrum R320.

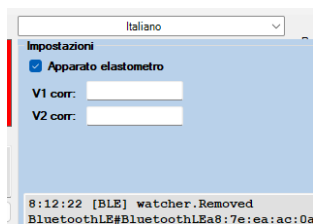
Non dimenticare di rimuovere le batterie dopo il test.

Non inserire mai le batterie da 1,5 volt (AA) nel monitor Rinstrum R320 quando questo è collegato tramite cavo all'Unità Centrale.

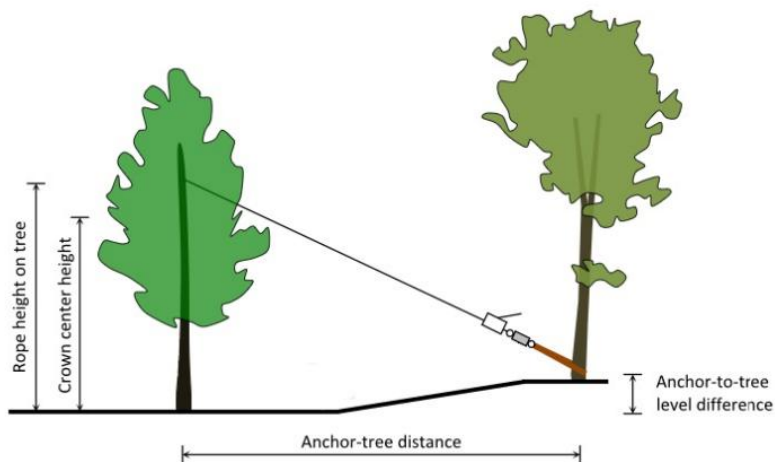
Non premere mai il piccolo bottone "Reset" che ha lo scopo di cancellare tutte le impostazioni del modulo LM048, in questo caso occorre inviare il modulo a FaKopp oppure a Micropoli per abbinarlo nuovamente agli strumenti FaKopp.

Misurazioni & software

- Assicurarsi che l'Unità Centrale sia collegata al PC.
- Avviare l'applicazione "Pulling Collector" per ricevere e registrare i dati dagli apparati installati per la prova (dinamometro, inclinometri, estensimetri)
- Le finestre di monitoraggio dei dati che compaiono nella schermata dell'applicazione "Pulling Collector" hanno uno sfondo rosso quando non ricevono i dati, ad esempio quando l'Unità Centrale non è accesa oppure quando un apparato non è utilizzato
- Le finestre di monitoraggio assumono il colore verde ed appaiono i valori numerici in nero quando ricevono i dati
- Le finestre di monitoraggio dei dati degli inclinometri appaiono verdi e riportano quattro linee anziché dei numeri quando gli inclinometri sono oltre l'intervallo di lavoro, cioè oltre i $+2^\circ$ oppure i -2° d'inclinazione
- Gli elastometri prodotti prima del 2021 occorre abbinarli alle loro costanti di calibrazione, fornite con apposito certificato al momento dell'acquisto. Per inserire questi valori premere il pulsante "impostazioni elastometri". Spuntare la casella "Apparato elastometro" e riportare nelle caselle bianche le costanti di calibrazione.



Parametri di misurazione



La differenza di livello tra il punto di ancoraggio ed il colletto dell'albero da esaminare (*Anchor-to tree level difference*) è da inserire positiva quando il punto di ancoraggio si trova al di sopra del livello del colletto dell'albero da esaminare, cioè come appare nella figura qui sopra, mentre è da riportare col segno meno (-) quando è ad un livello più basso. Il coefficiente di aerodinamicità è tipico per ciascuna specie di albero, l'Appendice B riporta alcuni di questi valori menzionati nel Catalogo di Stoccarda. La stessa Appendice B riporta anche alcuni valori del limite elastico che sono richiesti dall'applicazione Pulling Viewer quando sono utilizzati pure gli elastometri. Quest'ultimo è un valore espresso in percentuale (%), attenzione che nell'applicazione è richiesto in "per mille" (‰), perciò è necessario moltiplicare il valore del limite elastico della tabella per 10 quando lo si inserisce nell'applicazione.

Nella schermata di "Pulling Collector" è necessario anche la velocità del vento in m/s nei confronti della quale si vuole calcolare il Fattore di Sicurezza (SF) e la superficie della sezione della chioma in m². Infine, è possibile personalizzare con un nome il file e cambiare la sua destinazione in una cartella di salvataggio opportuna. I parametri di prova possono essere inseriti o modificati anche nella finestra dell'applicazione "Pulling Viewer" in qualsiasi momento successivo alla prova.

Riportare anche i valori d'inclinazione massima che può assumere l'albero, di solito 0,20°-0,25°, e di forza massima applicabile. Questi valori si riferiscono alla variazione d'inclinazione e non al valore assoluto, perciò è necessario premere immediatamente prima dell'avio della registrazione dei dati i pulsanti "Tara" per azzerare i valori che appaiono nelle finestre a sfondo verde. Nel caso l'inclinazione o/e la forza applicata superassero i limiti si attiverebbe un segnale acustico di allarme. Se il test fosse avviato senza premere i pulsanti "Tara" nelle finestre a sfondo verde apparirebbero i valori assoluti d'inclinazione e di forza, e potrebbe attivarsi l'allarme per l'inclinazione nel caso uno o più valori superassero la soglia di 0,2° o di 0,25° anche se in realtà non si fosse verificata questa variazione d'inclinazione trattandosi dei valori assoluti d'inclinazione con cui sono stati installati gli inclinometri. Il software comunque considera in ogni caso solo le variazioni d'inclinazione e di forza ed effettua un azzeramento dei valori di partenza nel momento in cui è premuto il pulsante "Iniziare". ATTENZIONE che se dopo aver premuto i pulsanti "Tara" trascorre un po' di tempo, anche pochi secondi, e non si preme immediatamente il pulsante "Iniziare" il valore della forza e d'inclinazione potrebbero spostarsi dallo zero, ad esempio per un alito di vento, quindi al momento della pressione di "Iniziare" il software effettua in automatico una nuova taratura ed assume come zero il valore assoluto registrato al suo avvio e determinando nel grafico uno spostamento dallo zero dell'inizio della curva.

Il dinamometro Kaliber-Rinstrum ha una capacità massima di 5 tonnellate ma il verricello oppure il tirfor è comunemente in grado di produrre al massimo un carico di 1,6 o 3,2 tonnellate. Occorre perciò impostare i limiti di allarme al di sotto delle capacità della componente più debole, ad esempio, per l'argano da 1,6 tonnellate è opportuno impostare 1500 kg. In ogni caso evitare di sottoporre gli alberi a trazioni maggiori di 2.000 kg.

Predisposizione dell'applicazione "Collector"

- Inserire tutti i dati richiesti
- Verificare che tutti i dispositivi da utilizzare siano collegati e che le loro finestre di lettura siano a sfondo verde
- Impostare il limite massimo d'inclinazione dell'albero a 0,2°, massimo a 0,25°
- Impostare il limite di forza in funzione delle attrezzature utilizzate e della condizione dell'albero. Quando sono raggiunti i valori si attiva un segnalatore acustico per avvisare gli operatori.
- L'osservanza dei limiti è a garanzia che non si producano danni irreversibili all'albero. In caso di alberi già molto danneggiati occorre prestare particolare attenzione e predisporre limiti più stretti.

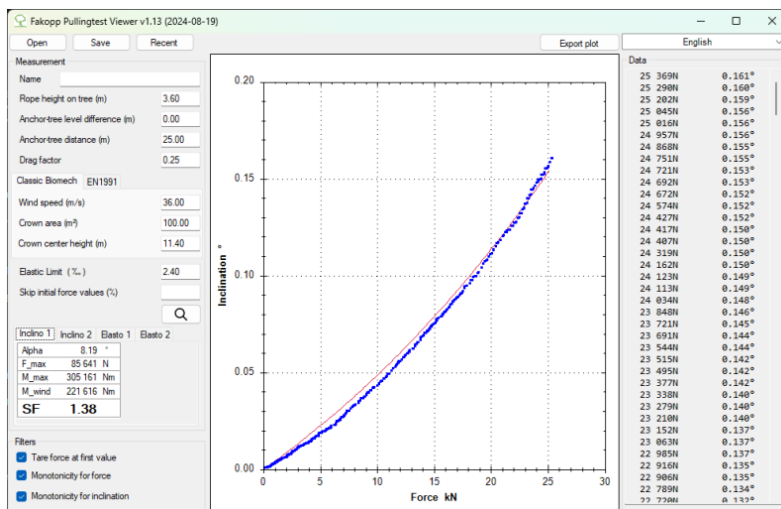
Rilievo tramite l'applicazione "Pulling Collector"

Osservare le linee guida sulla sicurezza per tutta la durata del test!

Dopo aver installato tutti gli apparati, compreso il cavo ed il paranco, avviare l'applicazione e verificare tutte le connessioni

- Premere il tasto "Tara" di tutti i dispositivi in uso
- Premere "Iniziare"
- Tendere il cavo tramite l'argano o il tirfor con continuità e lentamente
- Tirare il cavo fino all'inclinazione di 0,2° dell'albero oppure fino alla tensione massima impostata oppure fino al limite della capacità dell'argano o del tirfor se questa è più bassa di quella impostata
- Al raggiungimento di uno dei limiti invertire l'azione dell'argano o del tirfor per rilasciare lentamente e con continuità il cavo
- Quando il cavo è completamente rilasciato premere "Stop"
- Premere il pulsante "Avviare Viewer" per aprire la finestra dell'applicazione "Pulling Viewer"

"Pulling Viewer"



Quando si apre la schermata dell'applicazione "Pulling Viewer" appaiono i dati e le curve relative all'inclinometro 1. Per visionare i reperti dell'altro inclinometro e degli elastometri, se sono utilizzati, occorre selezionare le schede relative riportate appena sotto la sezione che riproduce i parametri della prova.

Il software, quando tutti i filtri sono inseriti, adatta automaticamente la curva di sradicamento generalizzata (Formola 1) ai dati registrati durante il test dagli inclinometri ed una funzione lineare a quelli registrati dagli elastometri. Il filtraggio dei dati è necessario per il corretto adattamento della funzione e per migliorarne la stima.

Il software calcola i parametri statistici ed i Fattori di Sicurezza per ciascuno degli apparati utilizzati. In pratica se è utilizzato un solo inclinometro si ottiene un solo Fattore di Sicurezza, se sono utilizzati, per esempio, 2 inclinometri e 2 elastometri si acquisiscono 4 Fattori di Sicurezza. In quest'ultimo caso il Fattore di Sicurezza da attribuire all'albero è quello più basso.

Analisi

Al termine del test, nel caso siano riportati tutti i parametri necessari, è possibile stabilire in tempo reale il livello di pericolosità dell'albero rispetto allo sradicamento e/o alla frattura del fusto in funzione dei Fattori di Sicurezza calcolati. Se il SF è superiore a 1,5, l'albero è considerato a basso pericolo (si noti che il test a trazione non considera i condizionamenti ambientali. Gli alberi testati nelle gallerie del vento possono risultare con alti fattori di sicurezza ma essere molto pericolosi in certi ambienti).

SF inferiore a 1 indica un pericolo elevato. Tra questi due valori, cioè tra 1 e 1,5 c'è pericolo moderato. Vengono calcolati valori SF separati per ogni inclinometro (propensione allo sradicamento) e per ciascuno degli elastometri (propensione alla frattura). I Fattori di Sicurezza relativi alla frattura del tronco riguardano il punto del tronco in cui sono stati installati gli elastometri. I Fattori di Sicurezza non sono valori assoluti ma relativi e sono validi rispetto alla velocità del vento di riferimento indicata. Un albero considerato di scarso pericolo ad una certa velocità del vento può risultare pericoloso rispetto a venti più intensi.

Nota: i punti dato rilevati con i test a trazione in genere sono ben sovrapposti dalla curva/linea di tendenza. In caso di scarsa aderenza, i risultati e gli SF calcolati non devono essere considerati attendibili. Questo può accadere in presenza di venti intensi durante la conduzione del test. Gli esiti ottenuti in condizioni di vento intenso o comunque con evidente discrepanza tra la curva dei punti dato (punti bleu) e la linea di tendenza (curva rossa) è necessario non considerarli e ripetere il test in assenza di vento o con venti deboli. Non effettuare il test a trazione con possibilità di raffiche di vento superiori a 25 km/h.

Una misurazione salvata può essere richiamata tramite l'applicazione "Pulling Viewer" anche per modificare i valori di riferimento oppure per un'ulteriore valutazione. Per aprire i file delle analisi salvate si usano i tasti "Aprire" per accedere a qualsiasi archivio del computer, oppure "Recenti" per richiamare gli ultimi file aperti dall'applicazione.

È possibile convertire un'analisi a trazione e trasferirla in un foglio di Excel:

- Cliccare con il tasto destro del mouse sul file dell'analisi
- Selezionare "Mostra altre opzioni" (solo per Windows 11)
- Selezionare "Apri con Excel"

Sicurezza – linee guida

Durante la prova a trazione possono essere applicati carichi significativi fino a 3,2 t. La prova a trazione può essere pericolosa se non si rispetta un protocollo corretto. La rottura del cavo può causare gravi lesioni. Occorre adottare tutte le procedure di sicurezza.

Controllare che i corsoi dell'argano non abbiano bave o intralci che possano lesionare il cavo. Se necessario rimuovere le bave e levigare le parti abrasive. Verificare l'integrità e che non siano usurati i cavi e le fasce (Figura 2).

1. Il capo della squadra dei test a trazione è il responsabile della sicurezza dell'esecuzione della prova
2. Solo il personale formato può eseguire la prova di trazione
3. Il dispositivo di messa in tensione, comprese le cinghie, il cavo e l'argano, deve essere integro. Prima della prova, ispezionare l'attrezzatura per verificare l'eventuale presenza di danni o bave
4. Tutti i componenti devono essere protetti dalla pioggia, dal gelo e dall'esposizione a periodi prolungati alla luce solare
5. L'area di lavoro deve essere chiusa al pubblico. Al personale non autorizzato non deve essere consentito di avvicinarsi al cavo di messa in tensione
6. I componenti della squadra della prova a trazione devono rimanere ad almeno 2 m dal cavo, l'unico che può derogare a questa prescrizione è l'operatore all'argano
7. Al di sopra di 1 kN di carico, l'operatore dell'argano deve usare il braccio lungo e stare il più lontano possibile dal cavo
8. Predisporre adeguate vie di fuga in caso di guasto all'attrezzatura o di cedimento di un albero

9. Interrompere la prova di trazione dopo aver raggiunto 0,2°, massimo 0,25°, gradi di inclinazione
10. Seguire le istruzioni di sicurezza di tutte le attrezzature
11. Il test a trazione non deve essere eseguito sotto la pioggia o con temperature rigide

AVVERTENZA IMPORTANTE: l'apparecchiatura di messa in tensione, comprese le funi, il cavo e l'argano non fanno parte del prodotto "FaKopp PullingTest". Questi devono essere reperiti dagli utilizzatori del metodo.

FaKopp Enterprise Bt. e Micropoli non hanno alcuna responsabilità di eventuali danni o lesioni dovuti all'esecuzione delle prove a trazione!

Note importanti

L'esame visivo è la prima fase della valutazione degli alberi. Il tecnico che verifica l'albero deve essere in grado di decidere se una prova di trazione può essere condotta senza rischi. Ci sono casi in cui la trazione non è assolutamente da effettuare, altri in cui occorre prestare una particolare attenzione.

Occorre evitare di eseguire la prova a trazione:

- Quando il tronco è fratturato
- Quando c'è un evidente pericolo di rottura
- Quando c'è una biforcazione nel tronco e la trazione potrebbe aprirla
- Quando c'è vento o pioggia

Se il colletto dell'albero è in cattive condizioni, utilizzare 2 inclinometri per il test. Entrambi devono essere fissati al colletto, il più vicino possibile al terreno. Non posizionarli sul legno deteriorato. Se i 2 Fattori di Sicurezza differiscono di oltre il 50% l'uno dall'altro, occorre considerare non affidabile il risultato.

Gli inclinometri devono essere posizionati a 90 gradi l'uno rispetto all'altro al colletto dell'albero. Se il colletto fosse ellittico, posizionare un inclinometro lungo l'asse maggiore e l'altro lungo l'asse minore.

Tirare l'albero nella direzione che sembra essere la più debole per l'albero.

Se è necessario tirare un albero biforcuto occorre prevenire in ogni caso la frattura della biforcazione. Tirare perpendicolarmente alla forcina e utilizzare Prusik Minding Pulley.

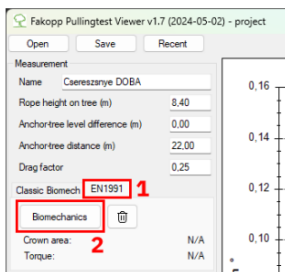
L'apparato degli elastometri ha un sensibile consumo energetico. Se si utilizzano gli elastometri in giornate fredde la batteria può esaurirsi in un'ora.

Guida all'elaborazione secondo la normativa EN 1991 – “biomeccanica”

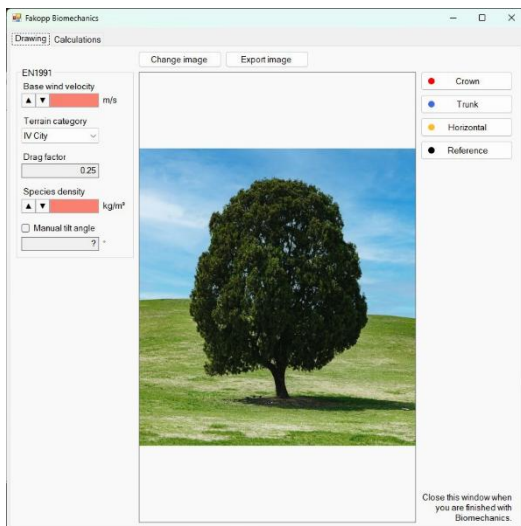
Come aprire “biomeccanica” in Pulling Viewer

Per iniziare EN1991:

- 1- Selezionare l'etichetta “EN1991”
- 2- Premere il pulsante “Biomeccaniche”



- Selezionare una fotografia dell'albero da analizzare (attenzione che l'immagine sia dell'intero albero e che occupi quasi tutta la fotografia)
- Nella finestra “Biomeccaniche” appare l'albero:



Impostare i parametri necessari al calcolo con EN 1991

Inserire i valori del modello:

1. Velocità di base del vento: reperibile nella sezione 4.2 dello standard EN1991-1-4, ed anche nell'allegato Annex dei singoli Paesi.
2. Categoria di esposizione: definita nella tabella 4.1 della sezione 4.3.2 dello standard EN1991-1-4, ed anche nell'allegato Annex dei singoli Paesi.
3. Coefficiente di aerodinamicità dell'albero. Questo valore è rilevabile nel "catalogo di Stoccarda, può essere riportato anche nella finestra principale, appena sopra l'etichetta "EN 1991".
4. Densità del legno della specie dell'albero esaminato.
5. Angolo d'inclinazione. Questo valore è calcolato in automatico alla fine dell'inserimento di tutti i dati. In alternativa può essere indicato manualmente nella riga "5", ad esempio quando l'immagine non consente la vista dell'esatta inclinazione dell'albero
6. Diametro del tronco ad altezza di petto d'uomo (DBH), misurato a circa 1,3 m di altezza (misure forestali di Kershaw et al., 2016). È utilizzato per stimare il volume ed il momento dovuto al peso stesso dell'albero (vedere la pagina "Calcoli"). Per impostazione predefinita, questo parametro viene calcolato dall'immagine una volta disegnate tutte le linee. È possibile l'inserimento manuale quando il diametro del tronco è misurato in campo.

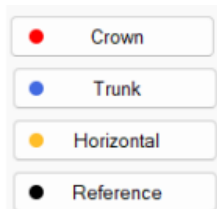
The image shows a software interface for setting parameters according to EN1991. The form is titled 'EN1991' and contains several input fields. Red numbers 1 through 6 are overlaid on the left side of the form to indicate the corresponding list items:

- 1**: Points to the 'Base wind velocity' field, which is a numeric input set to '23' with units 'm/s'.
- 2**: Points to the 'Terrain category' dropdown menu, which is currently set to 'II Agriculture'.
- 3**: Points to the 'Drag factor' field, which is a numeric input set to '0,25'.
- 4**: Points to the 'Species density' field, which is a numeric input set to '600' with units 'kg/m³'.
- 5**: Points to the 'Manual tilt angle' field, which is a numeric input set to '?' with a degree symbol.
- 6**: Points to the 'Manual DBH' field, which is a numeric input set to '?' with units 'cm'.

Misure dell'albero

La rilevazione delle misure dell'albero tramite fotografia avviene mediante la selezione dei pulsanti riportati qui a destra.

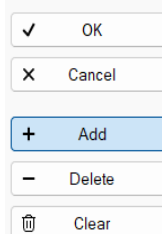
- Chioma: marca il perimetro della chioma
- Tronco: delimita il perimetro del tronco
- Orizzontale: marca una linea che indica il piano orizzontale del terreno alla base del tronco dell'albero.
- Riferimento: marca una linea che coincide con una misura nota della fotografia, normalmente l'altezza dell'albero.



Aggiungi punti

Per aggiungere dei punti in qualsiasi posizione:

- selezionare "Aggiungi"
- Premere il tasto sinistro del mouse per aggiungere un nuovo punto all'estremità della linea
- Un nuovo punto è possibile inserirlo anche quando il puntatore è vicino alla linea



I punti già inseriti possono essere spostati trascinandoli con il tasto sinistro del mouse.



Rimuovi punti

Per rimuovere dei punti:

- In modalità “Aggiungi”. Cliccando con il tasto destro del mouse su di un punto
- In modalità “Eliminare”: semplicemente cliccando con il tasto sinistro su di un punto

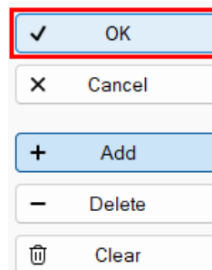
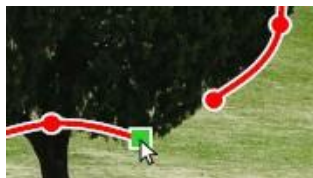
Il tasto “Pulire” cancella tutti i punti



Termine della marcatura della chioma

Per terminare di marcare la chioma, si può scegliere di:

- Premere il pulsante “OK”
- Per la chioma ed il tronco è possibile fare clic con il tasto sinistro del mouse sul primo punto



Esito dei calcoli

- Dopo aver inserito tutti i dati ed effettuato tutte le marcature dell'albero verificare la correttezza dei valori.
- Se tutto è corretto selezionare l'etichetta “Calcoli” per accedere al modello elaborato. È comunque possibile effettuare delle correzioni anche in seguito.

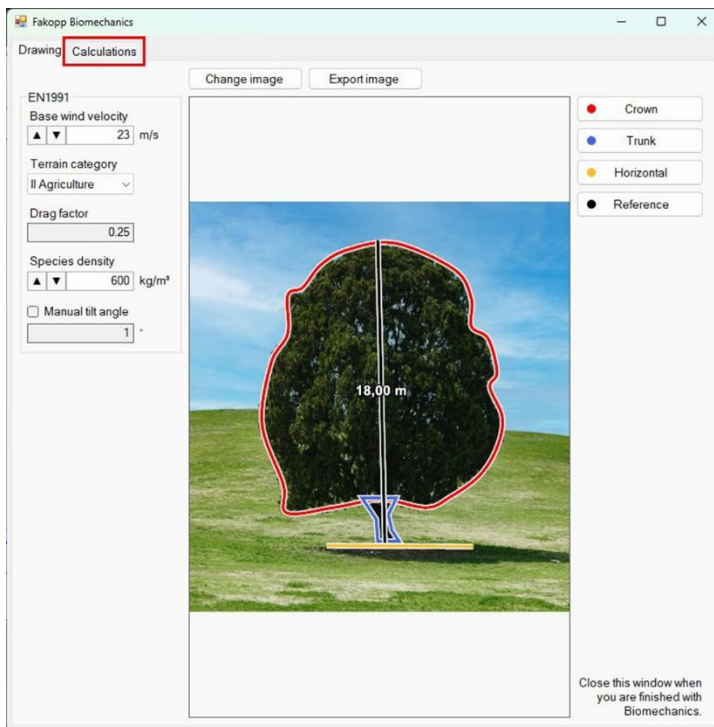


Tabella delle “Sezioni”

Il modello divide la superficie esposta al vento in un certo numero di “sezioni” in base alla categoria di esposizione e all'altezza degli alberi:

- Le sezioni sono numerate a partire da quella più vicina al terreno, che è la #1, cioè la più bassa
- La riga “tutte le sezioni”, in alto sulla tabella, indica l'intero albero

part	bottom	top	torque
All parts	0.00 m	17.74 m	350 kNm
#6	15.74 m	17.74 m	46 kNm
#5	12.30 m	15.74 m	113 kNm
#4	8.87 m	12.30 m	98 kNm
#3	5.43 m	8.87 m	66 kNm
#2	2.00 m	5.43 m	26 kNm
#1	0.00 m	2.00 m	1 kNm

- Le colonne “livello inferiore” e “livello superiore” riportano le quote in altezza della base inferiore e di quella superiore di ciascuna sezione rispetto al piano di campagna
- La colonna “coppia” (torque) riporta il valore della coppia sopportata da ciascuna sezione

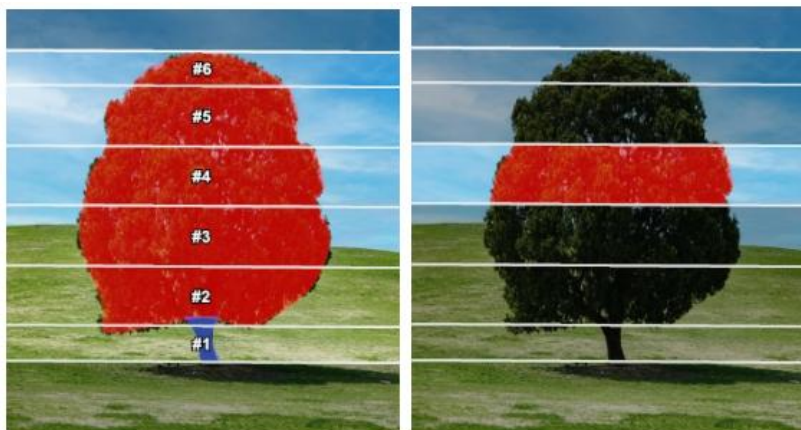


Tabella dei “Risultati”

La tabella dei risultati riassume il risultato del modello visualizzando l'area della sezione del tronco e della sezione della chioma e la coppia complessiva prodotta sull'intero albero.

Crown area	179.75 m²
Trunk area	2.94 m²
Total torque	349 783 Nm

Modello di calcolo

La metà inferiore della scheda “Calcoli” illustra come sono calcolati i risultati del modello.

1. Qui sono riportate le formule e brevi spiegazioni
2. Le dimensioni dei caratteri possono essere aumentate o ridotte utilizzando i tasti A+ oppure A-.
3. La casella “Spiegazioni” consente di accompagnare le formule da brevi spiegazioni oppure no.

La linea orizzontale grigia è un divisorio trascinabile che consente di ridimensionare il contenuto della finestra.

4

A+ 2 A- Explanations 3

All parts

The total torque affecting the tree is the sum of the overall torque affecting each part.

$$\tau_{\text{All parts}} = \tau_{\#6} + \tau_{\#5} + \tau_{\#4} + \tau_{\#3} + \tau_{\#2} + \tau_{\#1}$$

$$\tau_{\text{All parts}} = 45\,684\text{ Nm} + 112\,661\text{ Nm} + 98\,203\text{ Nm} + 65\,576\text{ Nm} + 26\,312\text{ Nm} + 1\,347\text{ Nm}$$

$$\tau_{\text{All parts}} = 349\,783\text{ Nm}$$

Part #6 1

Terrain roughness (Part #6)

The terrain factor k_r is calculated using *EN1991-1-4 Equation (4.5) of §4.3.2*.

The roughness length z_0 is a function of the selected terrain category. $z_{0,II}$ is the roughness length of terrain category II. Both are defined in *EN1991-1-4 Table 4.1 of §4.3.2*.

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0.07}$$

ATTENZIONE internamente il software utilizza 15 cifre decimali..

Esportazione dei dati

- É possibile copiare il testo relativo ai calcoli tramite l'apposito pulsante presente subito sopra di esso.
- L'immagine marcata può essere esportata tramite il pulsante “Esportare”.

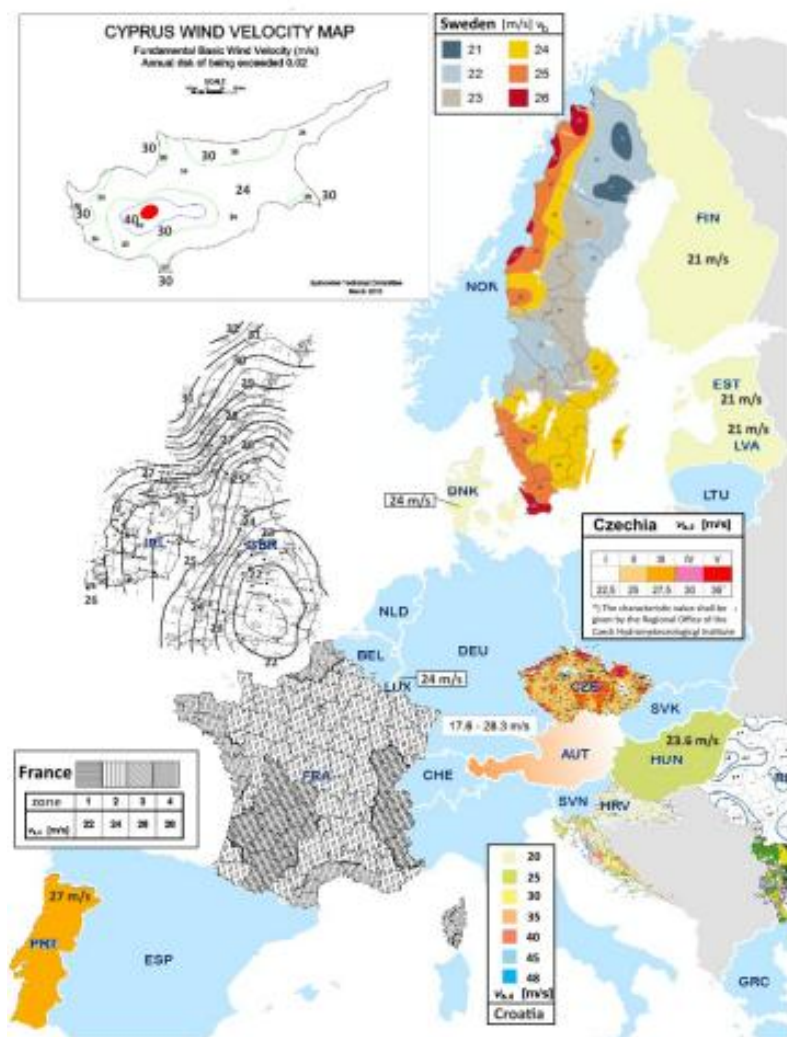
Copy A+ A- Explanations

Change image Export image

Uscire dalla compilazione di “biomeccaniche”

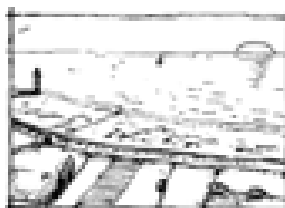
- Per uscire dalla compilazione è sufficiente chiudere la finestra.
- Per salvare il lavoro basta salvare il Progetto con la normale procedura tramite il pulsante “Salvare” in alto a sinistra nella finestra principale.

Annex A: mappe del vento

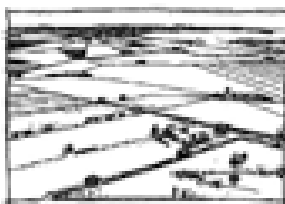


Annex B: categorie di esposizione

- 0 **Mare o aree costiere esposte al mare aperto.**



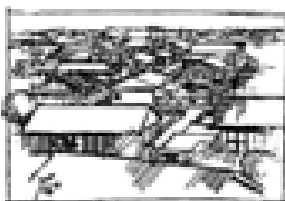
- I **Lago o area pianeggiante con scarsa vegetazione e priva di schermi.**



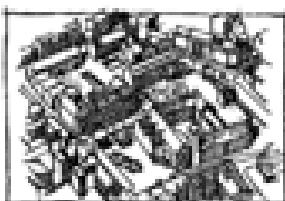
- II **Area con vegetazione bassa come erba ed arbusti e con schermi isolate (alberi, edifici) e distanti fra loro almeno 20 volte la loro altezza**



- III **Area con copertura regolare di vegetazione ed edifici o con schermi isolati separati da distanze inferiori a 20 volte la loro altezza, come villaggi, aree suburbane, foreste.**



- IV **Area in cui almeno il 15% della superficie è coperta da edifici con un'altezza media di 15 m.**



Appendix A

Dinamometro – Cella di Carico

Kaliber 5t - dinamometro

- Cella di Carico calibrata: capacità 5T
- Monitor visore esterno Rinstrum R320
- Conessioni
 - Unità Centrale Seriale tramite cavo
 - Computer Bluetooth
- Frequenza di campionamento: 1 Hz
- Attacchi grilli ad omega
- Alimentazione Tramite Central Unit oppure 4 batterie AA

Inclinometro

- Inclinometro
- Fissaggio tramite piastra con testa snodata
- Alimentazione tramite Central Unit
- Prestazione Biassiale
- Range di misura +/- 2°
- Risoluzione: 0.001°
- Temperatura compensata
- Frequenza di campionamento: 10 Hz
 - Alimentazione 12 v cc, 20 mA
 - WheatherProof IP 65

Elastometro

Il sistema comprende due elastometri LVDT montabili sul tronco dell'albero. I dati sono trasmessi all'Unità Centrale tramite l'unità di raccordo degli elastometri.

- Elastometri LVDT
- Dimensioni: 30x30x270 mm (chiuso)
- Ampiezza: 250 mm
- Frequenza di campionamento: 1 Hz
- Alimentazione: Tramite Unità Centrale - 12 V

Nota per le unità fabbricate prima del 1° febbraio 2021: le costanti di calibrazione sono indicate sul certificato di calibrazione e devono essere riportate nel software al primo utilizzo del dispositivo.

Pulling Test software

- Software per PC, funzionante con Windows 10 o superiore
- Misurazione simultanea di forza, inclinazione e deformazione
- Valuta le curve carico-inclinazione e carico-deformazione
- Calcola in automatico i Fattori di Sicurezza per lo sradicamento e il per la frattura del tronco
- Supporta due inclinometri e due elastometri contemporaneamente

Appendice B – catalogo di Stoccarda

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 _w)
<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>Allianthus altissima</i>	6400	16	0.25	0.15
<i>Betula pendula</i>	7050	22	0.31	0.12
<i>Chamaecyparis 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	0.23	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	0.34	0.25
<i>Pinus pinaster</i>	8500	18	0.21	0.20
<i>Pinus sylvestris</i>	5800	17	0.29	0.15
<i>Platanus</i> × hybrid	6250	27	0.43	0.25
<i>Populus</i> × <i>canescens</i>	6050	20	0.33	0.2–0.25
<i>Populus nigra</i> ‘Italica’	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 monophylla</i>	5200	20	0.38	0.15–0.20
<i>Salix alba</i>	7750	16	0.21	0.20
<i>Salix alba</i> ‘Tristis’	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</i> × <i>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.)