

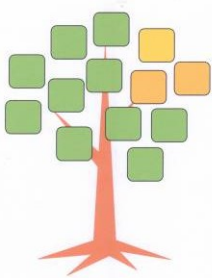
Comune di Verona

AMIA Verona S.P.A.

**Quantificazione del Rischio Associato alla
caduta di Alberi o porzioni di essi
con Metodo Qtra**

Esecuzione di Prova di Trazione (Pulling test)

**20066 Piazza Vittorio Veneto
cedro n. 20389**



**STUDIO VERDE
TORINO**

Daniele Pecollo

Dottore Forestale ed Ambientale
Certificato European Tree Technician
Certificato Qtra

Mattia Morello

Dottore Agronomo Paesaggista
Certificato European Tree Technician
Certificato Qtra



17 luglio 2026

Premessa

Il controllo si è reso necessario per valutare le condizioni di salute e meccaniche degli alberi al fine di indicare un Piano Gestionale di Intervento. L'analisi è stata approfondita eseguendo una Prova di trazione controllata, finalizzata a valutare in modo oggettivo la reale capacità di ancoraggio.

Materiali e Metodi: ANALISI CON METODO QTRA.

1. INTRODUZIONE

Ogni giorno incontriamo rischi in tutte le nostre attività e il modo in cui li gestiamo è effettuando delle scelte. Noi soppesiamo i costi rispetto ai benefici del rischio per determinare se esso sia accettabile, inaccettabile, o tollerabile. Per esempio, se si vuole viaggiare in auto, si deve accettare il fatto che, anche in presenza di tutte le misure di controllo del rischio, come ad esempio cinture di sicurezza, limiti di velocità, airbag, barriere varie e guard-rail, esiste ancora un significativo livello di rischio di morte. Questo è un rischio insito nella vita di ogni giorno, che viene dato per scontato e tollerato da milioni di persone in cambio del beneficio di viaggiare in maniera confortevole e conveniente.

La gestione degli alberi dovrebbe utilizzare un simile approccio bilanciato. Esiste un rischio derivante dalla caduta di alberi solo se sussiste sia la probabilità del cedimento dell'albero che la possibilità che ne risulti un danno.

Il compito del valutatore del rischio consiste nel considerare la probabilità e le conseguenze della caduta dell'albero. Il risultato di questa valutazione è quindi quello di fornire informazioni per la comprensione del rischio da parte del gestore dell'albero, che può anche esserne il proprietario.

La valutazione quantitativa del pericolo arboreo [Quantified Tree Risk Assessment (QTRA)] permette a chi valuta l'albero di identificare ed analizzare il rischio derivante dal cedimento dell'albero in tre fasi chiave:

- 1) considerazione della tipologia di uso del suolo nei termini di vulnerabilità all'impatto e tasso di occupazione,
- 2) considerazione delle conseguenze di un impatto, tenendo conto della grandezza dell'albero o del ramo interessati
- 3) stima della probabilità che l'albero o il ramo cadano coinvolgendo l'uso del suolo in questione.

Avendo stimato i valori di tali componenti, il valutatore riesce a calcolare un Rischio di Danno annualizzato determinato da ciascun singolo albero.

Un Approccio Proporzionato per la stima del Rischio derivante dalla Caduta di Alberi

I rischi derivanti dalla caduta di alberi sono di solito molto bassi; alti livelli di rischio si riscontrano di solito solamente in aree con alti tassi di occupazione umana o in cui ci sono proprietà di valore elevato. Dove il tasso di occupazione umana e il valore della proprietà sono sufficientemente bassi, la valutazione dei difetti strutturali degli alberi non sarà di solito necessaria. Fare tutto ciò che è ragionevole non significa che tutti gli alberi devono essere esaminati individualmente e regolarmente. Il metodo QTRA definisce un approccio metodologico che parte da una valutazione generale eseguita su molti alberi per passare, ove necessario, ad un esame dettagliato per ogni singolo albero.

Rischio di Danno

Il risultato del QTRA è denominato Rischio di Danno e consiste in una misura combinata della probabilità e delle conseguenze del cedimento dell'albero, considerate in relazione alla possibile perdita di una vita umana nel corso dell'anno successivo all'analisi

Costi e Benefici per il Controllo del Rischio

Gli alberi apportano molti benefici alle persone ed all'ambiente in generale. Nella gestione di ogni tipo di rischio è essenziale mantenere un equilibrio fra costi e benefici della riduzione del rischio. Non si dovrebbe però considerare solo il costo finanziario del controllo del rischio, ma anche la perdita dei benefici legati alla presenza degli alberi e il rischio per gli operatori ed il pubblico. Nel contesto del QTRA le decisioni sono pesantemente sbilanciate a favore della sicurezza solamente quando esistono rischi pari o superiori a 1/10.000.

Rischi Accettabili e Tollerabili

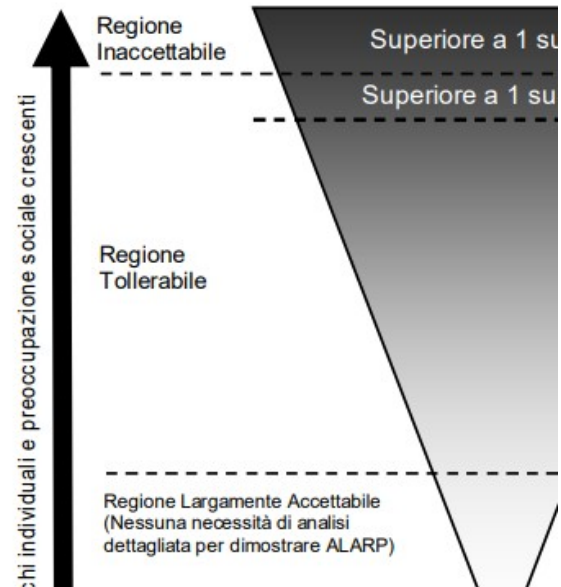
La Tollerabilità dei Rischi [Tolerability of Risk framework (ToR)] costituisce un approccio ampiamente riconosciuto per decidere sul fatto che certi rischi siano generalmente accettabili, inaccettabili o tollerabili. Graficamente rappresentato in Figura 1, il ToR può essere schematicamente suddiviso in:

- largamente Accettabile, dove il limite superiore di un rischio annualizzato di morte è pari a 1/1.000.000,
- Inaccettabile, per la quale il limite inferiore è pari a 1/1.000
- Tollerabile, all'interno della quale la tollerabilità di un rischio dipenderà dai costi e benefici necessari per la sua riduzione.

olmente

costo economico del controllo del rischio

ione ed
gni tipo
brio fra
io; ciò
ne nel
e però
ollo del
gati alla
ori ed il



2. PROPRIETÀ DEL RISCHIO

Un individuo può scegliere di accettare o rifiutare un qualsiasi particolare rischio per se stesso, quando tale rischio è sotto il suo controllo. Quando i rischi che gravano su altre persone divengono elevati, la coscienza sociale normalmente richiederà il controllo di tali rischi.

Il calcolo del Rischio di Danno si riferisce all'insieme di persone interessate, cioè il numero di persone per ora, o di veicoli per giorno, senza alcun tentativo di identificare gli individui che condividono il rischio.

3. IL METODO QTRA applicato ai 2 esemplari di Pinus pinea in esame.

I valori di ingresso per le tre componenti del calcolo QTRA sono definiti per intervalli di:

- Bersaglio [Target],
- Grandezza [Size]
- Probabilità di Cedimento [Probability of Failure].

Il valutatore stima i valori per queste tre componenti e le digita nel software applicativo per calcolare il Rischio di Danno.

Bersagli [Target] Soggetti ad Eventi Meteo

Spesso la natura di un indebolimento strutturale in un albero è tale che la probabilità del cedimento è massima in condizioni di vento forte, mentre la probabilità che il sito sia occupato da persone durante tali condizioni meteo è spesso bassa. Questa considerazione si applica particolarmente ad aree esterne ricreative. Nella stima di bersagli umani, il valutatore del rischio

deve porsi la domanda: "nelle condizioni meteo in cui mi aspetto che la probabilità del cedimento dell'albero si manifesti, quale è la mia stima di occupazione umana?" Seguire un tale approccio, piuttosto che utilizzare l'occupazione media, assicura che il valutatore consideri la relazione tra condizioni meteo, persone ed alberi, in aggiunta alla natura della persona media dotata della capacità di riconoscere ed evitare rischi inutili.

Valutazione della tipologia di Uso del Suolo (Bersagli/Targets)

La tipologia di uso del suolo al di sotto oppure adiacente ad un albero fornirà informazioni per il livello e l'estensione della valutazione del rischio da eseguire. I bersagli presenti nell'area in esame sono rappresentati da:

- danno a edifici
- danno a persone in transito pedonale
- danno per passaggio di veicoli guidati da persone.

Nella Tabella seguente (Tabella 2) in colore giallo le frequenze stimate. Nella valutazione dei Bersagli sono disponibili sei intervalli di valori. La Tabella 2 elenca questi intervalli per frequenza veicolare, tasso di occupazione umana ed il valore monetario del danno alle cose.

Tabella 2. Bersagli/Targets

Classe del bersaglio	Proprietà (costo di riparazione o di sostituzione)	Persone (non in veicoli)	Traffico veicolare (numero giornalieri)
1	€2 200 000 – >€220 000 (£2 000 000 – >£200 000)	Occupazione: Costante – 2,5 ore/giorno Pedoni e ciclisti: 720/ora – 73/ora	26 000 – 2 700 a 32 000 – 3 300 a 47 000 – 4 800 a
2	€220 000 – >€22 000	Occupazione: 2,4 ore/giorno – 15 min/giorno Pedoni e ciclisti: 72/ora – 8/ora	2 600 – 270 a 110 3 200 – 330 a 80k 4 700 – 480 a 50k
3	€22 000 – >€2 200	Occupazione: 14 min/giorno – 2 min/giorno Pedoni e ciclisti: 7/ora – 2/ora	260 – 27 a 110km 320 – 33 a 80km/h 470 – 48 a 50km/h
4	€2 200 – >€220	Occupazione: 1 min/giorno – 2 min/settimana Pedoni e ciclisti: 1/ora – 3/giorno	26 – 4 a 110km/h 32 – 4 a 80km/h 47 – 6 a 50km/h
5	€220 – >€22	Occupazione: 1 min/settimana – 1 min/mese Pedoni e	3 – 1 a 110kph (6 3 – 1 a 80kph (50

Proprietà (Property)

Proprietà può essere qualsiasi cosa che potrebbe essere danneggiata dalla caduta di un albero: un'abitazione, il bestiame, un'auto parcheggiata o una recinzione. Nel valutare l'esposizione di cose al cedimento di un albero, la valutazione QTRA considera il costo della riparazione o sostituzione che possano essere causate dal cedimento. Gli intervalli di valore sono presentati in Tabella 2 e la stima del valutatore deve essere accurata solo per quanto gli permetta di determinare quale dei sei intervalli selezionare. Nel valutare i rischi relativamente agli edifici, il

bersaglio [Target] da considerare può essere l'edificio, gli occupanti, oppure entrambi. Gli Occupanti di un edificio potrebbero essere protetti dai danni fisici grazie alla struttura, o essere sostanzialmente esposti all'impatto di un albero che cade, se la struttura non è sufficientemente robusta.

Occupazione Umana

La probabilità di occupazione pedonale in un dato luogo viene calcolata in base all'assunto che un pedone medio impiegherà cinque secondi per coprire la distanza sottostante un albero medio. Ad esempio, una occupazione media di dieci pedoni al giorno, ognuno dei quali occupa la zona bersaglio (Target) per cinque secondi, equivale a una occupazione giornaliera di cinquanta secondi, pari alla probabilità di occupazione di 1/1,728. Ove sia probabile una più lunga occupazione, come in un edificio di abitazione, un caffè all'aperto o la panchina di un parco, il periodo di occupazione può essere misurato o stimato come proporzione di una data unità di tempo: es. sei ore al giorno (1/4).

Veicoli su Strada

Nel caso di veicoli, la probabilità di occupazione può essere correlata o alla caduta di un albero o di un ramo che colpisce un veicolo, oppure a un veicolo che collide con un albero caduto. Entrambi i tipi di impatto sono influenzati dalla velocità del veicolo; quanto più velocemente il veicolo si sta muovendo, tanto meno probabile diventa che esso sia colpito dall'albero in caduta, ma anche tanto più probabile è che esso impatti un albero caduto. La probabilità che un veicolo occupi un particolare punto della strada è il rapporto tra il tempo per il quale quel punto è occupato - includendo una distanza di sicurezza per l'arresto - e il tempo totale.

Esecuzione di Prova di trazione

La prova di trazione controllata (pulling test) è una procedura di valutazione della stabilità di un albero finalizzata a determinarne, con la minore approssimazione possibile, la probabilità di cedimento ipogeo (ribaltamento della zolla radicale) e/o di rottura epigea (rottura del fusto).

La prova di trazione controllata consiste in tre fasi sequenziali:

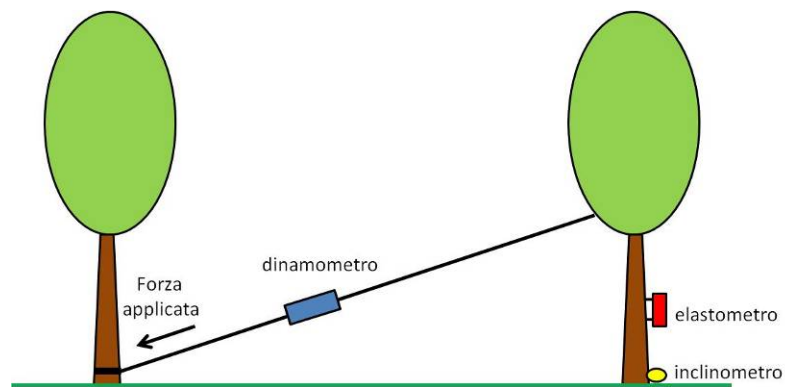
- fase 1: sollecitazione meccanica indotta artificialmente in campo;
- fase 2: analisi delle condizioni di ventosità del sito (wind analysis);
- fase 3: elaborazione dei dati, mediante "confronto" tra la fase 1 e la fase 2.

La prima fase (fase 1 - prova meccanica in campo) consiste nel sottoporre l'albero ad una trazione semistatica controllata, per mezzo di un paranco manuale collegato ad un punto di ancoraggio fisso (in questo caso un albero).

Durante questa fase si misurano quindi i seguenti parametri:

- forza applicata, mediante **dinamometro** posizionato sulla fune di tiro;
- inclinazione della zolla radicale, misurata mediante **inclinometri** posizionati in prossimità del colletto;

- dove ritenuto necessario, la rottura della sezione del fusto mediante applicazione di **elastometri** lungo il fusto.



Al fine di non danneggiare la capacità di resistenza meccanica dell'albero, la sollecitazione esercitata viene comunque sempre contenuta entro limiti di sicurezza prefissati.

La fase successiva (fase 2 - analisi del vento) consiste nella valutazione dei parametri di ventosità specifici del sito di crescita dell'albero, effettuata secondo la norma tedesca DIN e tenendo conto dei seguenti parametri:

- contesto (zona costiera, zona rurale, zona periurbana o zona urbana);
- fattori di turbolenza del vento;
- fattori di protezione sulla pianta;
- velocità massima progettuale del vento (30 m/s pari a 108 km/h);
- velocità massima progettuale delle raffiche.

È bene però precisare che tali parametri, essendo riferiti allo specifico sito di crescita di ciascun albero sottoposto a prova di trazione, non possono essere noti con certezza, ma sono in realtà stimati sulla base di dati di ventosità più generali (centraline meteorologiche, dati ARPA, ecc.) e dell'esperienza del valutatore, cercando di mantenersi in condizioni di maggior sicurezza.

Pertanto, i risultati desunti dalla loro applicazione devono essere considerati come una grandezza di riferimento delle più probabili condizioni in cui l'albero si trova.

L'ultima fase dell'analisi (fase 3 - confronto) consiste nel calcolare l'effetto incognito sulla pianta provocato dal vento, sulla base della seguente proporzione:

*forza applicata (fase 1) : parametri misurati (fase 1) = sollecitazione del vento (fase 2) :
effetto del vento (incognita X)*

In realtà, dal punto di vista matematico, ciò viene fatto mediante l'approntamento di un'analisi modellistica più complessa, applicando la seguente formula:

$$M_{rib} = \sum_i (F_{wi} * H_i) \text{ dove: } F_{wi} = \frac{1}{2} * \rho * C_d * A_i * v_i^2$$

dove M_{rib} è il momento ribaltante critico, F_w è la spinta del vento, H_i è l'altezza lungo la chioma, ρ è la densità dell'aria, C_d è il coefficiente aerodinamico della chioma, A è la sua superficie di esposizione e v la velocità progettuale del vento.

Il grafico prodotto dal software è relativo alla:

- **“propensione al cedimento per ribaltamento della zolla”** e cioè l'andamento delle relazioni tra forza del vento e deformazione della zolla radicale (schiacciamento e sollevamento);
- **“propensione alla rottura del fusto”** e cioè l'andamento delle relazioni tra forza del vento e deformazione della sezione del fusto;

Il valore frutto dell'elaborazione modellistica viene quindi confrontato con un fattore di sicurezza preimpostato (pari almeno ad 1), che tiene conto delle possibili variabili stagionali (diverso contenuto di umidità nel suolo, diversa densità del fogliame, diversa ventosità del sito, ecc.).

I risultati vengono quindi resi in una forma grafica, in cui sono presenti tre campiture colorate di facile lettura:

- **area verde** (prova superata): valori al di sopra del fattore di sicurezza 1,5;
- **area grigia** (prova dubbia non superata): valori compresi tra il fattore di sicurezza 1,5 e il fattore 1,0;
- **area rossa** (prova non superata): valori al di sotto del fattore di sicurezza 1,0.

Quanto maggiore è il fattore di sicurezza, tanto minore sarà quindi la probabilità di cedimento meccanico dell'albero oggetto di analisi.

Considerazioni Generali

Con la prova di trazione si è dimensionata la superficie velica della chioma e si è valutato l'effetto del vento "locale" su di essa, calcolando i fattori di sicurezza al ribaltamento (cedimento dell'ancoraggio radicale).

Le misure effettuate hanno permesso, mediante il posizionamento dei sensori (inclinometri ed elastometri), di studiare dal punto di vista fitostatico l'albero, sollecitandolo nella direzione preferenziale di sbilanciamento della chioma.

Relativamente ai fattori descrittivi della chioma, il software ha permesso di dimensionarne la superficie velica e di localizzarne il baricentro,

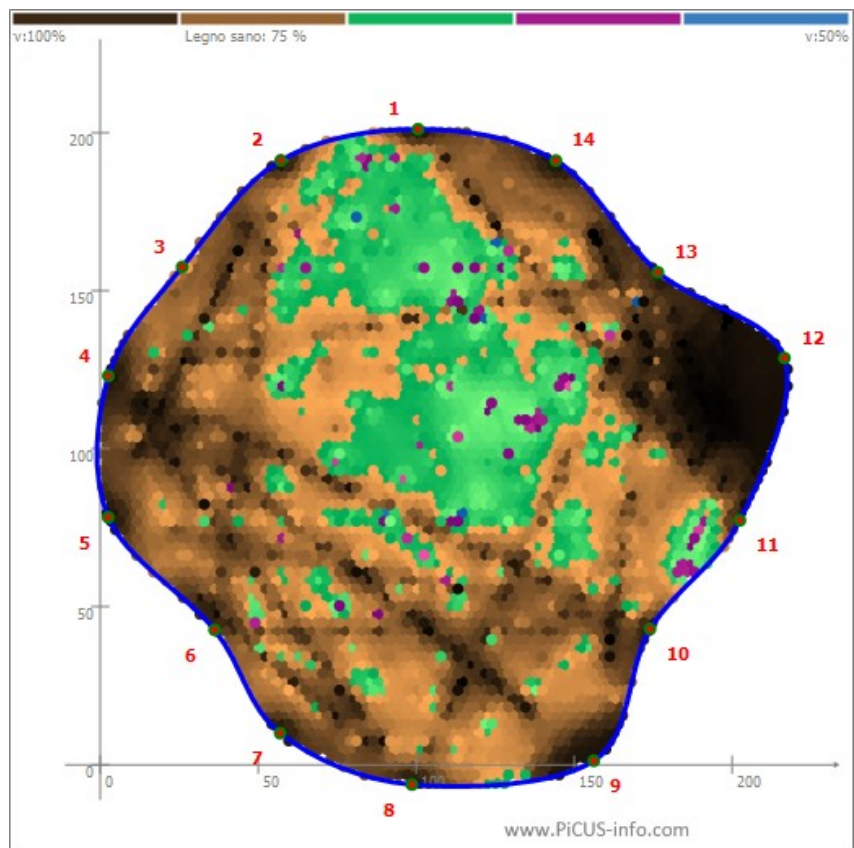
La procedura di "wind analysis" ha quindi simulato l'effetto del vento "locale" su tale struttura velica, valutando le sollecitazioni sull'apparato radicale (verifica al ribaltamento).

Come vento progettuale di riferimento dovrebbe essere utilizzato in valore di ventosità tipico della zona in esame come dalla Tabella della ventosità per il Territorio Italiano secondo l'Eurocodice 1 (UNI EN 1991-1-4-2010 parte 1-4 Azioni in generale – Azioni del vento) diversificato a seconda delle diverse Regioni italiane. Tuttavia al fine di tener conto dei sempre maggiori eventi atmosferici con forti raffiche di vento nell'area in esame, i bersagli presenti, l'isolamento della chioma, è stato utilizzato per il caso in esame una ventosità di 30 m/s (D4) che rappresenta il massimo vento modellizzabile dal software.

Problematiche principali osservate

Il colletto in origine era interrato di circa 35 cm: circa 5 anni fa è stato asportato al fine di permettere il monitoraggio del colletto a livello del piano di campagna originario, oltre all'inizio di esecuzione di trattamenti di cura mediante trattamento con palo iniettore annuali. La presenza della carie è dovuta a danni a carico delle radici oltre al riporto di terra eseguiti in passato per la riqualificazione della Piazza. Oggi il 50% della circonferenza basale (tutto il lato in trazione) è interessato da necrosi cambiale per aggressione da parte di Armillaria, tipico agente demolitore delle radici. Sulla restante porzione di circonferenza basale assenza di attività degradativa visiva ma presenza di essudati resinosi tipici di principio di deperimento cambiale imputabile ad Armillaria.

La Tomografia sonora eseguita a 5 cm da terra conferma la presenza di carie in tutto il lato in trazione: tale analisi strumentale tuttavia è ottimistica in quanto è stata eseguita sopra il livello del piano di campagna e pertanto non permette di mettere in risalto la vera zona aggredita dai funghi che è



specificamente concentrata e preferita sotto il livello del piano di campagna, là dove i patogeni fungini dispongono di umidità e maggiori temperature. Inoltre nel lato in trazione i contrafforti di ancoraggio sono visibilmente cariati.

In chioma una serie di cavi di consolidamento hanno la funzione di prevenire il cedimento improvviso dei grossi rami, tuttavia nella porzione sommitale rispetto ai precedenti controlli si osserva una cronica ed irreversibile discesa della cima con presenza attuale di seccumi apicali anche a carico di grossi rami. La presenza di sostituti ageotropi su tutti i rami basali indica una resilienza anomala e non ottimale.

Esito prove di trazione eseguite

Ogni albero è stato trazonato assecondando la sua naturale inclinazione e sbilanciamento della chioma. Come punti di ancoraggio a terra è stato utilizzato un albero. La posizione dei sensori è indicata in riferimento alla direzione di tiro.

Posizione inclinometri:

blu (compressione) a 0° della direzione di tiro

giallo (trazione) a 180° della direzione di tiro

rosso (laterale), a 270 ° della direzione di tiro

verde (laterale), a 90 ° della direzione di tiro)

Elaborazione dei dati con vento progettuale di 30 m/s (D4)

L'analisi al Ribaltamento evidenzia che i 4 inclinometri (applicati su 4 lati del colletto) hanno manifestato alla trazione un fattore di sicurezza al ribaltamento:

blu 1,25 prova non superata (campo grigio).

giallo 0,64 prova non superata (campo rosso).

rosso 0,81 prova non superata (campo rosso).

verde 0,93 prova non superata (campo rosso).

Prova di trazione **NON** superata. Solo 1 sensore (quello verde) nel campo grigio. Nessun nel campo ottimale verde.

Conclusioni. Approccio QTRA in relazione all'esito della analisi eseguite e sopra indicate.

Nella valutazione QTRA, la probabilità di una caduta per rottura sotto il livello del piano di campagna oppure di rottura improvvisa di grossi rami a causa del fenomeno Sudden Branch Drop entro i prossimi 12 mesi è stata stimata ed attribuita alla Classe 2 della sottostante tabella (Classi 1 – 7, Tabella 3). Tale Classe deriva appunto dall'esito negativo della prova di trazione e dal grave deperimento in chioma con disseccamento di grossi rami sommitali.

ABDIA UNA PROBABILITÀ DI CEDIMENTO]

Tabella 3. Probabilità di Cedimento

Classe della Probabilità di Cedimento	Probabilità
1	1/1 - >1/10
2	1/10 - >1/100
3	1/100 - >1/1 000
4	1/1 000 - >1/1 000 000

Il Calcolo QTRA

Il valutatore seleziona una Classe di Valore per ciascuno dei tre componenti in ingresso: Bersaglio, Grandezza e Probabilità di Cedimento.

Le Classi sono digitate sul software applicativo per calcolare un Rischio di Danno. Il Rischio di Danno viene espresso come una probabilità, ed è arrotondato a una sola cifra significativa.

Qualsiasi Rischio di Danno inferiore ad $1/1.000.000$ viene rappresentato come $< 1 / 1.000.000$.

Allo scopo di fornire un ausilio visivo, il Rischio di Danno viene colorato secondo un codice che si rifà al sistema dei semafori, come illustrato in Tabella 4.

Riassumendo, il Metodo QTRA assume ragionevolmente che:

- tra $1/100.000$ e $1/10.000$, il rischio rappresentato da un albero che apporta "benefici medi" sia TOLLERABILE.
- Un Rischio di Danno da $1/10.000$ a $1/1.000$ è INACCETTABILE e normalmente non è tollerabile.
- Un rischio $> 1/1000$ è NON TOLLERABILE.
- Un rischio di Danno $< 1/1.000.000$ è da ritenere largamente Accettabile.

Tabella 4. Soglie QTRA di A

Soglie	Descrizione
1/1.000	Inaccettabile I Rischi normalmente non saranno tollerati
	Inaccettabile (se imposto a terzi) I Rischi normalmente non saranno tollerati
1/10.000	Tollerabile (per accordo) I Rischi possono essere tollerati se coloro che sono esposti al rischio lo accettano o se l'albero ha valore eccezionale
	Tollerabile (se imposto a terzi) I Rischi sono tollerabili se sono ALARP

Conclusioni

Le soglie d'avviso QTRA, nella Tabella 4, sono proposte come approccio ragionevole al bilanciamento della sicurezza rispetto alla caduta di alberi nei confronti dei costi degli interventi di riduzione del rischio. Mentre le soglie individuate possono costituire il fondamento di una politica di gestione del rischio degli alberi, i gestori degli alberi dovrebbero prendere decisioni basate sui propri valori, sulla situazione reale e sulle risorse disponibili.

In base alle osservazioni dei difetti, della loro problematicità e dei risultati ottenuti la probabilità di cedimento di un albero o di un ramo entro i prossimi 12 mesi stimata rientra nella Classe 2 di valore (vedere Classi 1 – 7, Tabella 3).

Per quanto riguarda la Classe di Probabilità al Cedimento misurata dall'elaborazione dei dati (Tabella 2 e Tabella 3) si ritiene che nel caso di:

- danno a edifici è: $> 1/1000$.
- danno a persone in transito pedonale è: $> 1/1000$.
- danno per passaggio di veicoli guidati da persone è: $> 1/1000$

Il risultato finale dell'elaborazione dei dati porta e ritenere che la soglia di Rischio misurata (in base alla Tabella 4) è definibile un rischio $> 1/1000$ è NON TOLLERABILE. L'albero in esame **deve essere abbattuto con urgenza per scongiurare danni a cose o persone.**

Di seguito gli allegati relativi alla elaborazione dei dati.

Analisi del carico del vento

N. dell'albero 20389

Progetto

Nome progetto Pulling Test
Numero progetto 020
Data del test 11/06/2026

Luogo

Piazza Vittorio Veneto
Verona,
Altitudine sul livello del mare 60 m

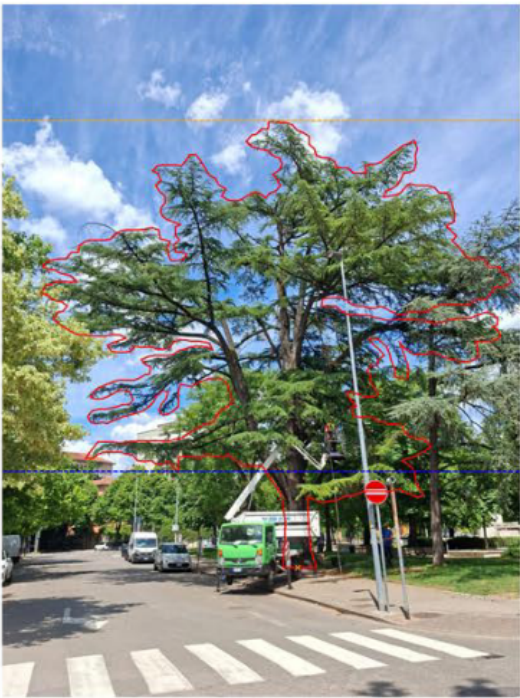
Dati dell'albero

Specie Cedrus sp.
Circonferenza del fusto 416 cm
Diametro del fusto 132 cm
in 1 m di altezza 132 cm
Spessore della corteccia 3 cm
Altezza dell'albero 23,7 m

Proprietà del materiale applicate

secondo Cedrus atlantica
Fonte Stuttgart
Resistenza a compressione 15 MPa
Modulo di elasticità 7650 MPa
Limite di elasticità 0,2 %
Densità del legno verde 0,8 g/cm³

Sagoma della chioma



Direzione del carico sud-ovest

Analisi dell'area di superficie

Base della chioma 5,1 m
Altezza effettiva 16,3 m
Area della superficie totale 275 m²
Eccentricità della chioma 0,76 m

Parametri strutturali applicati

Fattore di resistenza aerodinamica 0,2
Frequenza propria 0,63 Hz
Diminuzione di smorzamento 0,28
Fattore di forma 0,8

Parametri del luogo applicati

Zona di vento D 4
Valore della
velocità progettuale del vento 30 m/s
Densità dell'aria 1,28 kg/m³
Categoria di terreno Città
Esponente profilo del vento 0,3
Fattore di prossimità per effetti
del vento vicino al terreno 1,3
Fattore per l'esposizione 0,80

Risultati

Analisi del carico del vento

Pressione media del vento 18,2 kN
Fattore di reazione alle raffiche 3,23
Centro di carico 13,5 m
Momento torcente 45 kNm

Analisi statica dell'albero

Peso proprio dell'albero 18,9 t
Livello di cavità critico 90 %
Spessore della parete critico 6 cm
assumendo una parete residua integra

Carico del vento

797 kNm

Fattore di sicurezza di base

3,6

Generalità

Commenti

Stabilità al ribaltamento calcolata mediante test di trazione

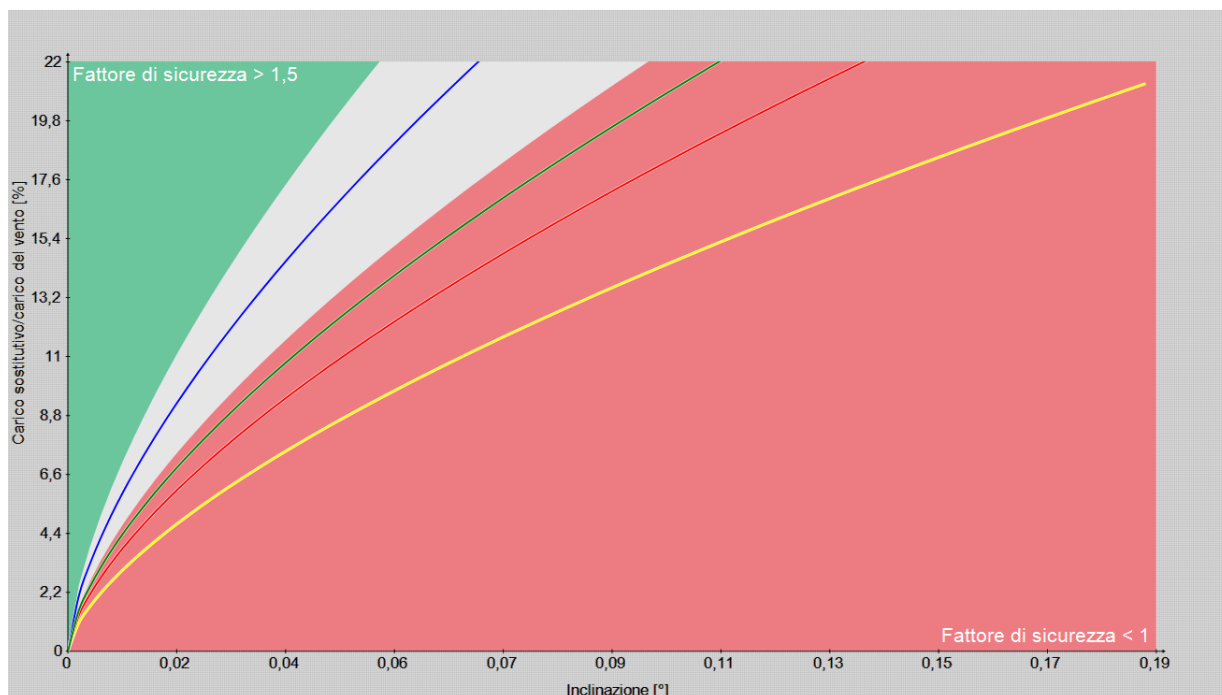
Dati dell'albero

Progetto	Pulling Test	N. dell'albero	20389
Specie	Cedrus sp.	Data	11/06/2026

Impostazione test di trazione

Altezza dell'ancora al fusto	12 m	No. misurazione	1
Angolo fune	19,1 °	Direzione del carico	sud-ovest

Display grafico (dati di test e miglior interpolazione per la curva di ribaltamento)



Misurazione all'inclinometro

	80	81	82	83
Posizione	comp y	traz y	perp x	perp x

Stabilità al ribaltamento (sulla base della curva di ribaltamento generalizzata)

Fattore di sicurezza	1,25	0,64	0,81	0,93
----------------------	------	------	------	------

Valore di controllo

	in				
Deviazione standard	%	2,91	7,07	6,77	5,76
Carico sostitutivo	%	21,7	21,7	21,7	21,7
Direzione del carico		y-Asse	y-Asse	x-Asse	x-Asse

Generalità per il test di trazione

Consulente	Studio Verde s.r.l.
Testimone/assistente	
Commenti alla misurazione	





