

ANALISI BIOMECCANICA DEGLI ALBERI

i-Trax · Biomechanical Tree Analysis Suite

COMMITTENTE

Mario Rossi

Via Roma, 3n — Milano

PERITO / VALUTATORE

CODICE

01

SPECIE

Cedrus deodara G.Don - cedro dell'Himalaia

LUOGO

—

DATA

2026-06-16

H (M)

21.3

GBH (M)

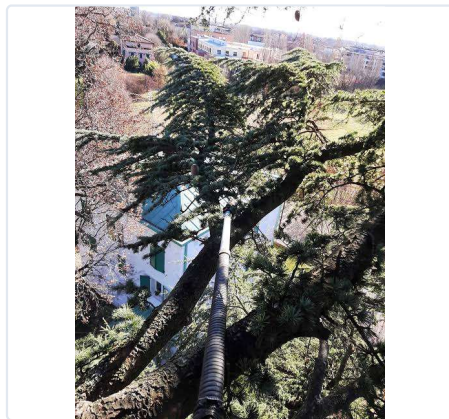
2.26



Analisi modellistica

SCHEDA OREBLA

RILIEVO FOTOGRAFICO — SCONTORNO CHIOMA



■ Tronco

■ Chioma

PARAMETRI DENDOMETRICI

Geometria tronco

Angolo tronco verticale	ltr	°	0.0
Altezza albero	H	m	21.3
Circonf. 1.3m	Gbh	m	2.260
Spessore corteccia	Spcor	cm	4.0
Diametro 1.3m s.c.	Dbh	m	0.64
Circonf. base	G0h	m	2.450
Rapporto tronco-diam.	RTD	—	1.08
Diametro base s.c.	Doh	m	0.69
Volume tronco	Vtr	m ³	3.43
Massa tronco	Mtr	kg	2918.8
Riduzione modulo inerzia	Irid	%	0.0

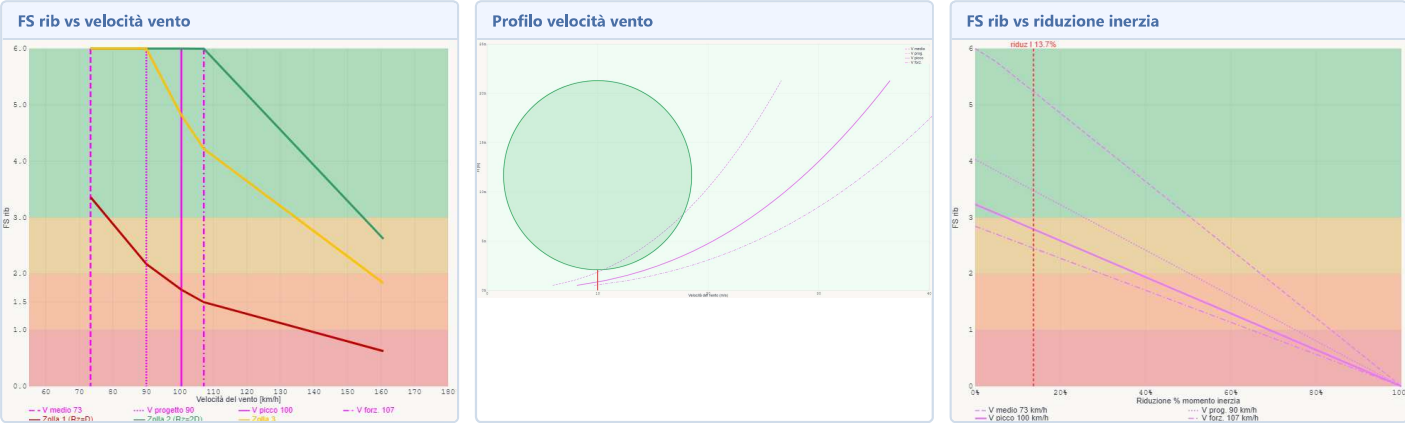
Chioma e biomeccanica

Profondità chioma	Prch	m	19.21
Baricentro chioma	Hg	m	8.31
Superficie albero	A	m ²	152.99
Massa chioma	Mch	kg	875.6
Massa albero	Mtree	kg	3794.4
Asimmetria chioma	Asch	—	1.52
Shading Factor	Sf	—	0.60
Coeff. aerodin. chioma	Cf	—	0.13
Capacità riconfiguraz.	Ech	—	media
Wind Resistance Factor	WRF	—	4.313
Rapporto di chioma	LCR	—	0.90
Rapporto di snellezza	H/D	—	33.31
FS Euleriano	FS Eul	—	1.84
FS Gales alla forzante	FS Gal	—	3.08

ANALISI DEL VENTO — EN 1991-1-4

Zona climatica	—	1	Baricentro chioma	Hg	m	8.31	
Altitudine stazione	as	m	170	Fattore di raffica	Gv	—	1.37
Densità aria	ρ	kg/m³	1.23	Velocità media	Vm	km/h	73.36
Velocità di progetto	Vr	km/h	90.00	Velocità di picco	Vp	km/h	100.46
Tempo di ritorno	T	anni	50	Pressione cin. di picco	Qp	N/m²	735.2
Categoria esposizione	CE	—	IV	Frequenza naturale	Fn	Hz	0.40
Coeff. di esposizione	Ce	—	1.92	Rapporto smorzamento	ζ	—	0.10
Coeff. topografico	Ct	—	1	Indice smorzamento	d	—	—
Coeff. strutturale	CsCd	—	0.74	Forza del vento chioma	F(z)	N	11101.7
Altezza del cavo	Hc	m	12.3	Momento ERCD	Mcrit	N·m	135385.4

GRAFICI ANALISI MODELLISTICA



REFERTO VALUTATORE

Valutazione biomeccanica — *Pinus halepensis* Miller - pino d'Aleppo
Codice: PN34653PE | Luogo: Pescara | Data: 2026-06-05
RILIEVO DENDOMETRICO
L'esemplare di *Pinus halepensis* Miller - pino d'Aleppo presenta altezza totale di 12.2 m e circonferenza a petto d'uomo (h = 1,3 m) di 1.750 m (diametro s.c. 0.4770 m). La circonferenza alla base risulta di 2.030 m (diametro s.c. 0.5534 m), con un rapporto tronco/diametro di 1.1600. Il volume del fusto è stimato in 1.2531 m³ per una massa di 1253.1 kg. La tomografia sonica non evidenzia riduzioni significative del modulo di inerzia della sezione basale.
ANALISI AERODINAMICA (EN 1991-1-4 — NTC 2018)
L'analisi è condotta secondo la normativa EN 1991-1-4 / NTC 2018, zona climatica 3, categoria di esposizione II, altitudine 10 m s.l.m., tempo di ritorno 50 anni.
Le velocità di riferimento calcolate sono:
- Velocità media: 97.8 km/h
- Velocità di progetto (normativa): 97.2 km/h
- Velocità di picco: 121.7 km/h
- Velocità forzante ERCD: 139.3 km/h
- Velocità critica dell'albero: 209.0 km/h
Il coefficiente di esposizione risulta 2.3496, il fattore di raffica 0.0000 e il coefficiente strutturale 0.0000. La superficie esposta al vento è di 14.41 m² con coefficiente aerodinamico 0.2100 e capacità di riconfigurazione media.
INDAGINE BIOMECCANICA
L'analisi della stabilità della zolla radicale è condotta su tre scenari di zolla concentrica: zolla ridotta (Z1, raggio 0.7156 m, profondità 0.60 m), rappresentativa di condizioni di compromissione radicale; zolla standard (Z2, raggio 1.1926 m, profondità 1.00 m), rappresentativa di apparato radicale in condizioni normali; zolla media (Z3, raggio 1.1141 m, profondità 0.93 m), scenario intermedio.
La stabilità della zolla radicale in condizioni di apparato integro (Z2, raggio 1.1926 m) risulta adeguata fino alla velocità forzante normativa (139.3 km/h). In condizioni intermedie (Z3, raggio 1.1141 m) la stabilità della zolla risulta adeguata fino alla velocità forzante normativa (139.3 km/h). Anche in condizioni di compromissione radicale (Z1, raggio 0.7156 m) la stabilità della zolla risulta adeguata fino alla velocità forzante normativa (139.3 km/h).
Il fattore di sicurezza Euleriano risulta 2.64, indicativo della resistenza teorica del fusto al carico di punta per instabilità elastica. Tale valore, calcolato su sezione omogenea, ha valore orientativo e deve essere contestualizzato con le condizioni reali del fusto.
SINTESI
L'analisi modellistica non evidenzia fattori di criticità. La stabilità della zolla radicale risulta adeguata in condizioni di apparato integro fino alla velocità forzante normativa. La resistenza strutturale del fusto rientra nei parametri di riferimento.

Fattori di sicurezza — inclinometri

	Trazione	Destra
Incl. max (°)	0.131	0.141
Curva ribalt. (%)	23.51	24.96
Mrib max (N-m)	607033	571786
FS (V picco)	5.10	4.80
FS (ERCD)	4.48	4.22

Fattori di sicurezza — ribaltamento zolla

	Trazione	Destra
FS rib (solo vento)	4.575	4.310
FS rib (F + P)	4.575	4.310

GRAFICI PROVA DI TRAZIONE

Fig. 1 — Dati nel dominio del tempo

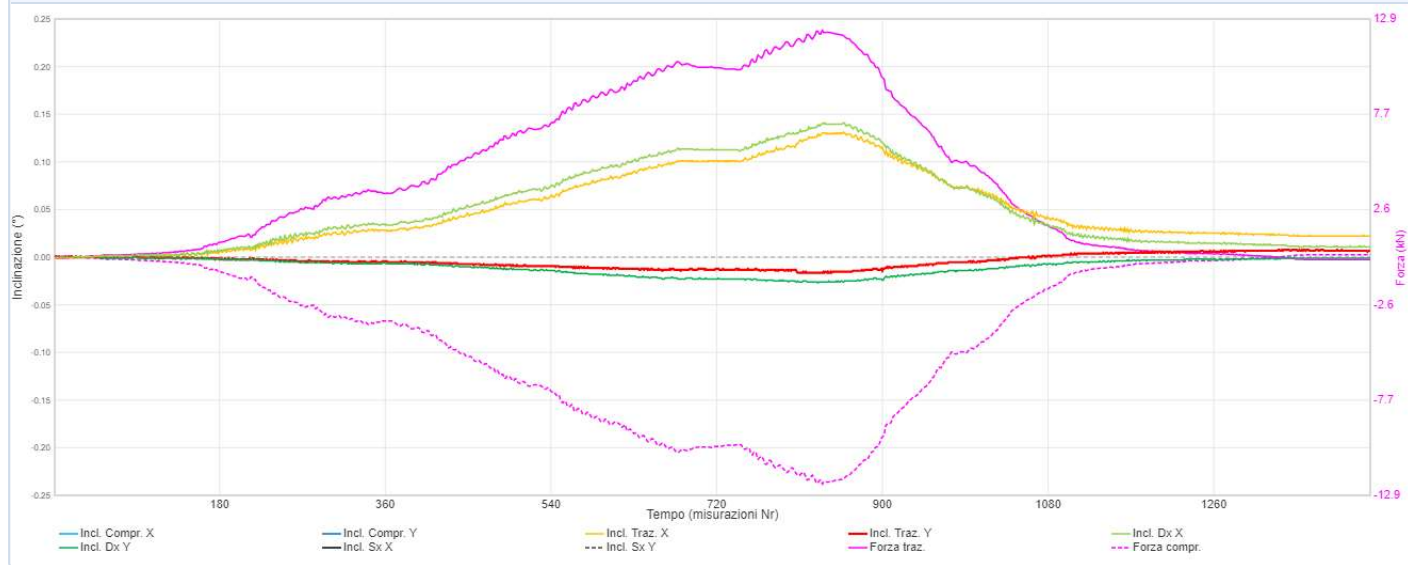


Fig. 2 — Vista dall'alto

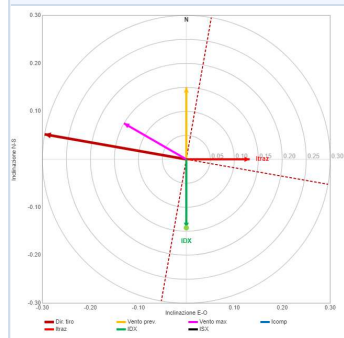


Fig. 3 — Movimento sensori

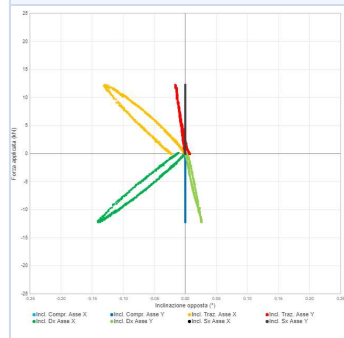


Fig. 6 — FS vs velocità vento

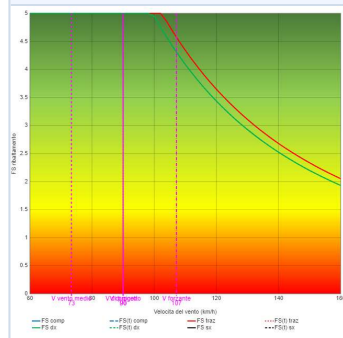


Fig. 7 — Inclinazione vs Momento

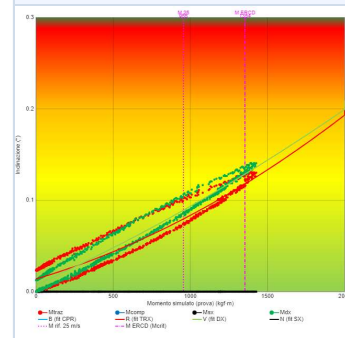


Fig. 4 — Propensione TRX/CPR

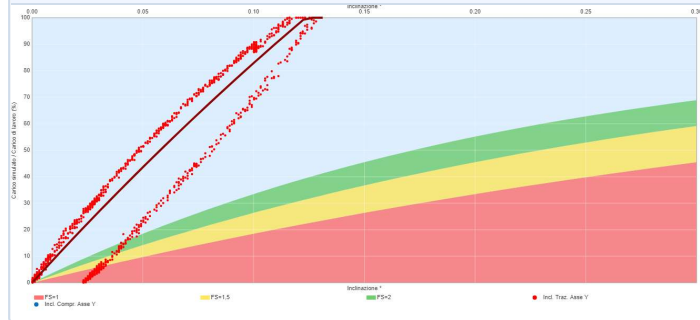
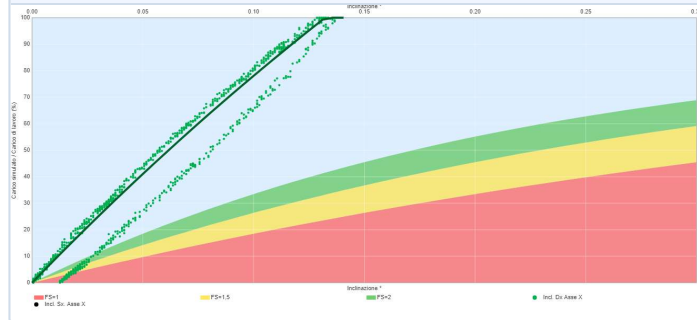


Fig. 5 — Propensione DX/SX



ANALISI ISTERESI — RISPOSTA ZOLLA RADICALE

TRX — TRAZIONE

Indice isteresi 9.5%
Residuo 0.023° ▲
Linearità R² 0.89

visco-elastico

DX — DESTRA

Indice isteresi 2.5%
Residuo 0.013° contenuta
Linearità R² 0.97

elastico

Comportamento complessivo: visco-elastico — Trazione (TRX) mostra l'isteresi maggiore (9.5%) con deformazione residua di 0.023°.

CONCLUSIONI — PROVA DI TRAZIONE

La prova di trazione ha fornito un risultato positivo.

La forza massima applicata durante la prova è stata di 1229 daN

Fattori di sicurezza al ribaltamento della zolla:

alla velocità di picco (— km/h),
2 inclinometri su 2 presentano un FS superiore al livello di criticità (FS = 1,5).
Il valore minimo è FS = 2.51 (inclinometro DX)
e il massimo è FS = 2.67 (inclinometro CPR).
Alla velocità forzante secondo ERCD (— km/h),
2 inclinometri su 2 mantengono FS ≥ 1,5.

Inclinometro	Incl. max (°)	Curva lavoro (%)	FS a V picco	FS a V ERCD
CPR (compressione)	0.13	23.5	2.67	2.56
DX (destra)	0.14	25.0	2.51	2.41

Assetto statico della zolla radicale:

l'inclinazione massima registrata è di 0.14°
(inclinometro DX), con un'inclinazione media tra i 2 sensori di 0.07°
e una variabilità interinclinometrica di 0.14°.
Il bilanciamento della zolla evidenzia una asimmetria significativa tra i quadranti che merita attenzione.

Momento del vento (Mw) a 27 m/s:

il momento del vento determinato a 27 m/s è pari a
2099 kgf·m, mentre il momento del vento secondo ERCD (Mw) è 2369 kgf·m. L'inclinazione corrispondente risulta contenuta nei limiti di normale variabilità per la specie.

Conclusione:

La prova di trazione non evidenzia criticità. Tutti gli inclinometri presenti (2) presentano FS ≥ 1,5 fino alla velocità di picco (— km/h). Non si notano significative alterazioni delle principali variabili biomeccaniche.

SCONTORNO CHIOMA — CONFRONTO ANTE/POST POTATURA

PARAMETRO	PRIMA POTATURA	DOPO POTATURA	VARIAZIONE
Area chioma (m ²)	151.65	116.08	-35.57 (-23.5%)
hbc — base chioma (m)	2.09	1.29	-0.80 (-38.4%)
Hg — baricentro (m)	8.31	9.81	+1.50 (+18.1%)
h̄ — bar. aerod. (m)	12.20	12.24	+0.04 (+0.3%)
Integrale chioma	5331.8	762.7	-4569.1 (-85.7%)



Fattori di sicurezza — confronto ante/post

FS colletto alle velocità di riferimento

VELOCITÀ	V (KM/H)	FS ANTE	FS POST	VARIAZIONE
V media	73.4	3.36	4.68	+1.32 (+39.2%)
V picco	90	2.17	3.04	+0.87 (+40.1%)
V picco	100.5	1.72	2.41	+0.69 (+40.2%)
V forzante	107.2	1.49	2.08	+0.59 (+39.2%)
1.5·VF	160.7	0.63	0.87	+0.25 (+39.9%)

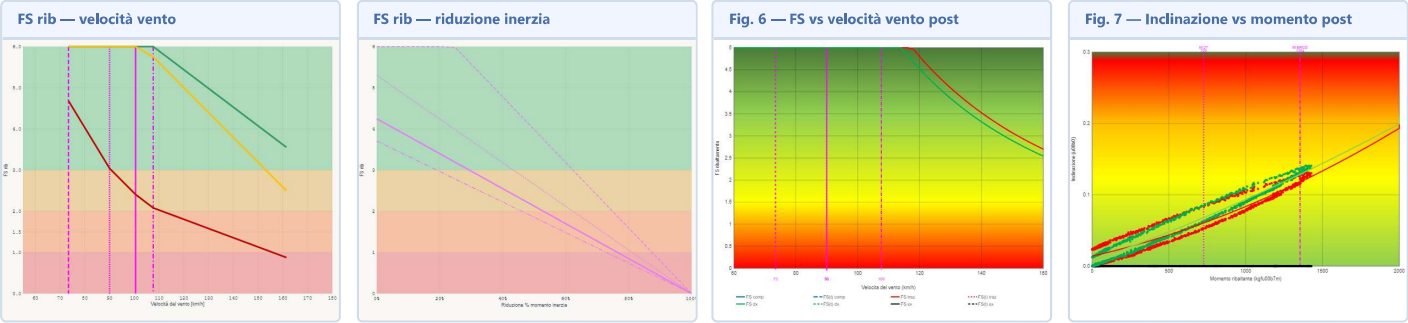
Confronto rigoroso FS ante/post:

PARAMETRO	ANTE	POST	VARIAZIONE
Analisi modellistica			
FS Eulero (colletto)	1.59	1.59	+0.00 (+0.0%)
FS Gales	3.08	4.02	+0.94 (+30.4%)
Trazione — Effetto aerodinamico della potatura			
FS picco TRX	5.10	8.53	+3.43 (+67.3%)
FS picco DX	4.80	8.04	+3.24 (+67.5%)
FS ERCD TRX	4.48	6.02	+1.54 (+34.4%)
FS ERCD DX	4.22	5.67	+1.45 (+34.4%)



■ Chioma ante ■ Riduzione

GRAFICI POST-INTERVENTO



GIUDIZIO — INTERVENTO MIGLIORATIVO

Intervento migliorativo — Efficacia POSITIVO

DESCRIZIONE INTERVENTO
Specie: Cedrus deodara G.Don - cedro dell'Himalaia | Codice: 01
Riduzione area chioma: 116.1 m²
Base chioma post (hbc): 1.3 m
Baricentro geometrico post (Hg): 9.8 m
Baricentro aerodinamico post (h̄): 12.2 m

EFFETTI SUI FATTORI DI SICUREZZA
FS Gales: 3.08 → 4.02 (+30.4%)
FS picco TRX: 5.10 → 8.53 (+67.3%)
FS picco DX: 4.80 → 8.04 (+67.5%)

FS COLLETO ALLE VELOCITÀ DI RIFERIMENTO
V media (73.4 km/h): 3.36 → 4.68 (+39.2%)
V picco (90 km/h): 2.17 → 3.04 (+40.1%)
V picco (100.5 km/h): 1.72 → 2.41 (+40.2%)
V forzante (107.2 km/h): 1.49 → 2.08 (+39.2%)
1.5-VF (160.7 km/h): 0.63 → 0.87 (+39.9%)

GIUDIZIO COMPLESSIVO
L'intervento di potatura ha prodotto un miglioramento significativo della stabilità biomeccanica. La riduzione della superficie esposta al vento ha determinato un incremento sostanziale dei fattori di sicurezza (miglioramento medio: +67.4%).

[FIRMA E QUALIFICA DEL VALUTATORE]