FAKOPP

Húzóvizsgálat használati útmutató

Fakopp Kft.
2026. 05. 20.

Tartalomjegyzék

Kapcsolat....1
Bevezetés....2
Az eszköz elemei....2
A húzóvizsgálat elemei....5
Mérési folyamat....7
A gyökérzet biztonságának mérése....8
A törzs biztonsága....11
Mérési útmutató....13
Mérés és szoftver....18
Útmutató az EN1991 Biomechanika használatához....26
A Függelék....37
B Függelék....39

Kapcsolat

Cég	Fakopp Kft.
EU adószám	HU32866438
Cím	Fenyő utca 26.
Település	Ágfalva
Irányítószám	9423
Ország	Magyarország
Web	https://www.fakopp.com
E-mail	office@fakopp.com
Telefon	+3630 394 9562

FIGYELEM! Legyen körültekintő a vizsgálat közben. A szoftver igyekszik túlbecsülni a kockázatot, de a biztonsági tényező számítása egyszerűsítéseket tartalmaz, és a bemeneti adatokba is kerülhet hiba. Kizárólag ön felelős a húzóvizsgálati eszköz rendeltetésszerű használatáért. Felhívjuk a figyelmét, hogy a húzóvizsgálati eszköz csak egy eszköz, amelyet az ön tapasztalatával és képesítésével együtt kell használnia a fák egészségének vizsgálatára. Minden hardver és szoftver meghibásodhat, illetve lehetséges helytelenül használni.

Bevezetés

A városi fák vizsgálata a közterek biztonsága érdekében elengedhetetlen feladat.

A leginkább elfogadott módszer a gyökérzet biztonságának megállapítására a húzóvizsgálat, mely során egy, a fatörzshöz erősített kötél segítségével terhelésnek vetjük alá a fát. Gyökfő dőlésének alapján meg tudjuk becsülni a kidöntéshez szükséges erőt. Elmozdulásmérőkkel kiegészítve fel tudjuk mérni a törzs törésének kockázatát. Mindkét eljárást bemutatjuk a használati útmutatóban.

Az eszköz elemei

Kaliber 5t erőmérő

- Erőmérő cella
- Terhelhetőség: 50kN
- Felbontás: 1 kgf
- Kijelző egység
- 2 db omega sekli
- Az erőmérő csatlakoztatható a központi egységhez (Central Unit) vagy a számítógéphez Bluetoothszal vagy USB kábellel.

LineScale 3t erőmérő

- Terhelhetőség: 30 kN
- Integrált OLED grafikus kijelző
- Bluetooth (BLE)

Központi egység (Central unit)

- Áramellátásáért felel
- Adatátvitel a PC-re

Csatlakoztatható:

- 2 db dőlésmérő
- Kaliber erőmérő
- Elmozdulásmérők
- PC

Dőlésmérő (High Precision Inclination Recorder)

- Nagy pontossággal méri a dőlést a gyökfőnél
- Méréstartomány: +/-10°
- Felbontás: 0,001°
- A központi egységhez csatlakozik

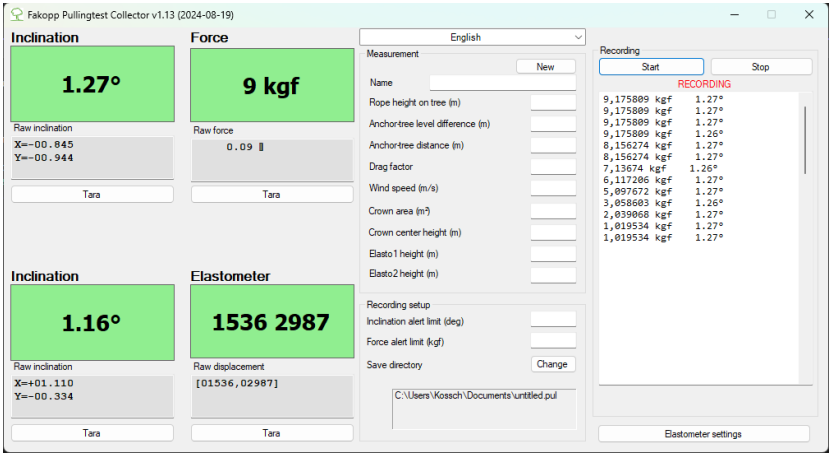
Elmozdulásmérő (Elastometer)

Az elmozdulásmérő adatai alapján a törzs rugalmassági határát becsüljük meg.

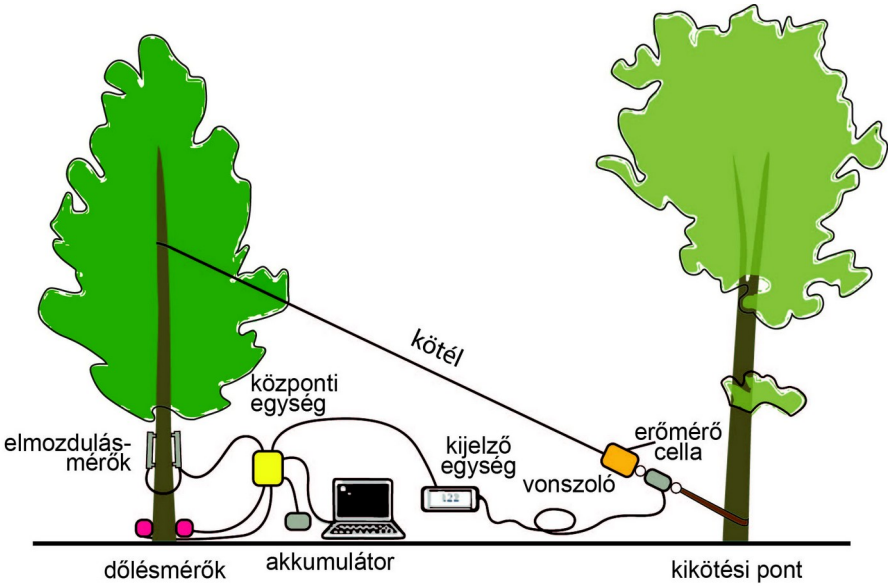
- A két érzékelő a törzs apró deformálódását méri húzás közben
  - Méréstartomány: +/- 2 mm
  - Felbontás: 0,0001 mm

Húzóvizsgálati szoftver

- Adatokat gyűjt és rögzít
- Becslést ad a gyökérzet, illetve törzs maximális teherbírására
- Szélteher becslést végez az EN1991 szabvány szerint. Tesztelés.



A húzóvizsgálat elemei



1. Húzóvizsgálat gyökér és törzs vizsgálathoz

- Dőlésmérők: 2 érzékelő
- Elmozdulásmérő: 2 érzékelő
- Erőmérő és kijelző egység (csak Kaliber 5t erőmérő esetén)
- Központi egység

Segédeszközök

Az alábbi eszközöket nem tartalmazza a húzóvizsgáló eszköz, ezeket a felhasználónak kell beszereznie.

- Vonszoló
- Acélsodrony kötél
- 2 db körkötél/heveder (a húzott fa koronájába és a rögzítési ponthoz kötjük)
- Összecsukható asztal
- Laptop legalább Windows 10 vagy 11-es operációs rendszerrel és a Pulling Test szoftverrel

2. ábra: Körkötél

3. ábra: Mérési felszerelés.
A vonszoló nem része a terméknek. Más típusú is használható.

Mérési folyamat

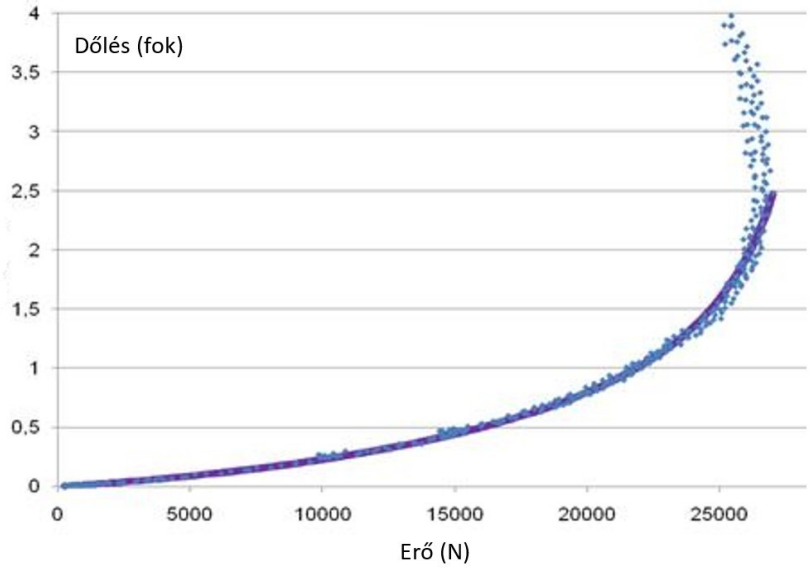
A vizsgálat során egy sodronykötelet rögzítünk a fa koronájában, és azon keresztül fokozatosan növekvő terhelést fejtünk ki, miközben mérjük a gyökfő dőlését és a fatörzs alakváltozását. A mérés során a dőlést 0,2° alatt tartjuk, így a vizsgálat nem tehet maradandó kárt sem a törzsben, sem a gyökérzetben.

A vizsgálni kívánt fa koronájának lehetőleg a középpontjába erősítsük a kötelet. Csak olyan helyre rögzítsük a kötelet a törzsön, amely elég erős ahhoz, hogy ellenálljon a húzásnak. Amennyiben a korona középpontja nem terhelhető, a kötelet rögzítsünk a fa középmagasságában. A kötél rögzítéséhez létrára lesz szükségünk, fel kell másznunk a fára a kívánt magasságba, vagy kosaras autót kell használni. A fa sérülésének elkerülése érdekében körkötelet használunk (lásd: 2. ábra). Ezt kötjük a kötélhez. A kötél másik végére rögzítjük a vonszolót, mely egy rögzítési ponthoz van kikötve. A talajszinten lévő kikötési pontnál elvárt a biztonságos terhelhetőség. Ez a pont általában egy másik fa törzse. Amennyiben egy másik fát használunk erre a célra, gondoskodjunk arról, hogy a fatörzset nem sértjük fel: használjunk körkötelet.

A vonszoló segítségével terheljük a kötelet. A vonszoló és a körkötél között rögzítjük az erőmérő cellát, vagy a kötél másik végén a lombkoronában (LineScale esetén). A cella valósidejű terhelési adatokat szolgáltat, húzóerőt mér.

A kábel szöget zár be a földdel, a mért terhelés vízszintes komponensét használjuk a kiértékeléshez. A terhelést folyamatosan mérjük, az erőadatokat a számítógép rögzíti, és az adatrögzítés után kiértékeli.

A gyökérzet biztonságának mérése



4. ábra: Tipikus kidőlési görbe

A gyökérzet biztonságának megállapításához dőlés és erő adatokra van szükség. A dőlést a gyökfőnél mérjük, míg az erőt a kötélen. Mindkét adatsort a PC fogadja, rögzíti és kiértékeli.

Általános kidőlési görbe

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

1. képlet: Általános kidőlési görbe egyenlete

φ [fok]	dőlés a gyökfőnél
F [N]	vízszintes erőkomponens
F_{max} [N]	kidöntéshez szükséges vízszintes erő

A fenti egyenletet ha illesztjük a mért erő és dőlési adatokra, megbecsülhetjük a vízszintes erőt, mely kidöntené a fát (F_{max}). Ebből kiszámíthatjuk a maximális forgatónyomatékot.

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

M_{max} [Nm]	maximális forgatónyomaték
h [m]	a kötél fára rögzítésének magassága

Kidőléshez szükséges szélsebesség (Uniform model)

FIGYELEM: Magyarországon az EN1991 model használatos, lásd később.

Az maximális forgatónyomatékot (M_{max}) alapján ki tudjuk számolni, hogy az adott szélsebesség esetén mekkora az veszélye annak, hogy a fa gyökerestül kiforduljon. A fára ható forgatónyomaték adott szélsebesség esetén a következő egyenlettel számolható ki:

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

$M_{szél}$ *[Nm]*	fára ható forgatónyomaték
A [m²]	lombkorona területe
ρ [kg/m³]	légsűrűség
v [m/s]	szélsebesség
C_w	aerodinamikai légellenállási tényező
h_{cr} *[m]*	a lombkorona középpontjának magassága

A légellenállási tényező fafaj függő. A tényező értékeit a B Függelékben található táblázat mutatja. (Wessoly and Erb 1998 alapján).

Az $M_{szél}$ (a szélből származó maximális fára ható forgatónyomaték) és az M_{max} (maximális forgatónyomaték) arányából kiszámíthatjuk a Biztonsági Faktort (SF: Safety Factor). Ez az arány becsüli meg a fa biztonságát.

$$SF = \frac{M_{max}}{M_{szél}}$$

Amennyiben ez az érték 1,5 fölé esik, a fát biztonságosnak becsüljük. Ha az SF azonban 1 alatt van, magas a kockázati faktor. A két érték között mérsékelt a kockázata a gyökérzet kifordulásának.

Ha több SF értéket kapunk a vizsgált fára, a legalacsonyabb értéket vegyük figyelembe.

A húzóvizsgálat csak akkor képes a gyökérzet biztonságát megállapítani, ha a gyökfő, amelyre a dőlésmérőket szereltük, együtt mozog a gyökérrel. Amennyiben a gyökfő súlyosan károsodott, a kapcsolat a gyökerek és a gyökfő között gyengébb, így a biztonsági faktor félrevezető lehet.

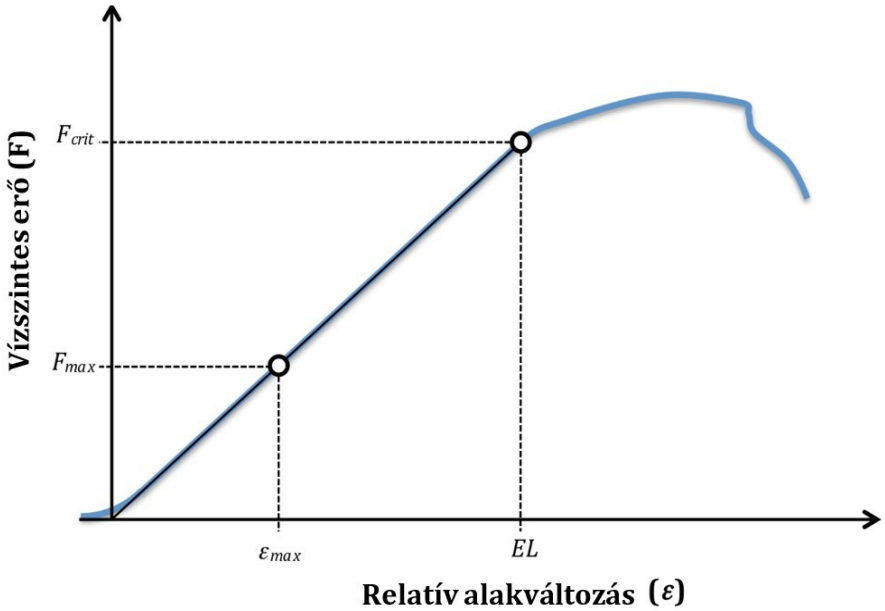
A törzs biztonsága

A törzs biztonságának kiértékeléséhez a törzs deformációját mérjük, a húzás közben. A húzóvizsgálat során a fatörzs meghajlik, mely nyúlással jár a kábelhez képest távolabb eső oldalon, és nyomással a közelebbin.

A tesztelés folyamata hasonló a gyökérzet stabilitásának meghatározásához. Az alakváltozást a törzs nyújtott, nyomott vagy mindkét oldalán mérjük, melyből megbecsülhető a fatörzs törésének kockázata. Az erő és alakváltozás adatait a számítógépes szoftver összegyűjti, majd elemzi.

A törzs biztonságát egy elasztikus határérték alapján becsüljük meg. Amikor a fatörzs hajlásnak van kitéve, egy bizonyos pontig lineáris az alakváltozás. Fontos kiemelni, hogy ez a deformáció egy adott pontig nem tartós, és eddig a pontig nem szenved maradandó sérülést a törzs. Ennek a relatív alakváltozásnak a határát elasztikus határértéknek (EL, elastic limit) hívjuk.

Az elasztikus határérték olyan állandó, mely függ a fafajtól (lásd: táblázat a B Függelékben). A húzóvizsgálat során keletkező alakváltozásnak jóval a elasztikus határérték alatt kell maradnia.



A mérés után terhelés és alakváltozás adatokat (F_{max} és ε_{max}) kapunk. A szoftver egy lineáris függvényt illeszt a mért adatpontokhoz. Ezt a függvényt ezután extrapolálja az EL pontig, ami megadja a kritikus terhelést (F_{crit}).

A kritikus terhelőerőből a biztonsági tényező számítása hasonló a gyökérstabilitáséhoz.

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

M_{crit} [Nm]	kritikus forgatónyomaték
Fcrit [N]	kritikus vízszintes terhelőerő
h [m]	a kötél fára rögzítésének magassága

A biztonsági tényező a kritikus forgatónyomaték (M_{crit}) és a szélből származó forgatónyomaték ($M_{szél}$) hányadosa.

$$SF = \frac{M_{crit}}{M_{szél}}$$

Itt az $M_{szél}$ értéket ugyanúgy számítjuk ki, mint ahogyan leírtuk a gyökérzet biztonsági vizsgálatánál, illetve az SF jelentése is megegyező. Amennyiben ez az érték 1,5 fölött van, a fa biztonságos. Ha 1 alatti értéket kapunk, magas a kockázat, közötte pedig mérsékelt kockázatról beszélhetünk. Ha több SF értéket kapunk a vizsgált fára, a legalacsonyabb értéket vegyük figyelembe.

Mérési útmutató

Sodronykötél

Szereljük fel a körkötelet a fa törzsére, a lombkorona középpontjához a lehető legközelebb. Rögzítsük a törzsre vagy egy erős középső ágra. A fa roncsolását elkerülendő körkötelet (2. ábra) tekerünk a törzs köré, és ebbe akasztjuk bele a sodronykötelet.

A rögzítési pontnak minimum kétszer akkora távolságra kell lennie a vizsgált fától, mint amilyen magasan rögzítettük a kötelet a fán. Minél nagyobb a távolság, annál jobb a mérés, mert így a vízszintes erőkomponenst növeljük. Végül állítsuk össze a vonszolót, köteleket, kábeleket. Mindig kövessük a biztonsági előírásokat!

Erőmérő

Kaliber 5t erőmérő

- **A Kaliber erőmérőbe soha ne tegyünk elemet, amikor a Központi egységről tápláljuk!**

- Szereljük fel az erőmérő cellát a vonszoló és a körkötél közé a rögzítési pontnál
- Kapcsoljuk össze az erőmérőt a Rinstrum kijelző egységgel
- A külső kijelző egységet csatlakoztassuk a központi egységhez

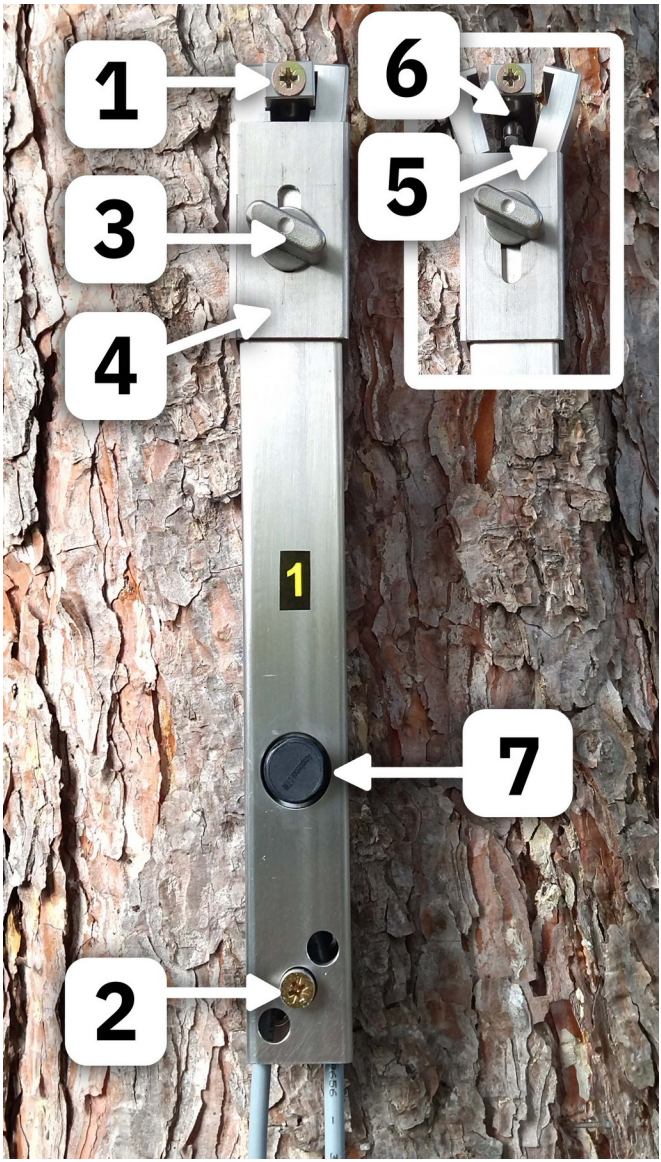
LineScale 3t erőmérő

- Szereljük fel az erőmérőt vagy a lombkoronánál az acélsodrony és a körkötél közé

Dőlésmérők

- Szereljük fel az első dőlésmérő szenzor rögzítőelemét csavarral a gyökfőre, olyan közel a földhöz amennyire csak lehet, de ne tőterpeszre
- Ne szereljük fel a dőlésmérőt beteg törzsfelületre
- Csúsztassuk a rögzítőelemre az érzékelőt, és szintezzük azt a kéttengelyű szintező eszköz segítségével
- Csatlakoztassuk a dőlésmérőt a központi egységhez
- Ismételjük meg a fentieket a második dőlésmérővel is

Elmozdulásmérők



Elmozdulásmérő felszerelése

- Húzzuk meg a felső (1) és alsó (2) csavarokat anélkül, hogy kinyitnánk a zármechanizmust (5)
- Lazítsuk meg a szárnyas csavart (3) és csúsztassuk le a gallért (4) hogy kinyissuk a zármechanizmust (5)
- Ekkor az elmozdulásmérő rúd (6) szabadon mozoghat a nyitott zármechanizmusban, miközben a fa hajlik. A nyitott zármechanizmusnak nem szabad hozzáérnie az acél blokkhoz (1).
- Ne lazítsuk meg a szellőződugót (7)
- **Ha kinyitás után észrevesszük, hogy mélyebbre kell hajtani a rögzítő csavart, először mindig zárjuk vissza a mechanizmust.**

Elmozdulásmérő pozicionálása

- Az érzékelőket mindig a húzás vonalába, húzott vagy nyomott oldalon helyezzük el
- Lehetséges pozíciók:
  - mindkét érzékelő a nyomott oldalon
  - mindkét érzékelő a húzott oldalon
  - egyik a nyomott, másik a húzott oldalon
- Érzékelő magasság:
  - külső jegyek alapján válasszunk olyan magasságot, amely a fa leggyengébb pontja lehet
  - ne tegyük magasabbra a rögzítési pont magasságának a felénél az érzékelőket

Elmozdulásmérő csatlakoztatása (INDEL verzió, 2025)

Ez a szakasz csak a 2025 októberét követően gyártott (INDEL) elmozdulásmérőkre vonatkozik, amelyekhez nincs külön elmozdulásmérő elektronika.

- Csatlakoztassuk a 2-es elmozdulásmérő érzékelőt az 1-eshez.
- Csatlakoztassuk az 1-es érzékelőt a központi egységhez (“Central unit”) a képen látható kábellel.

Elmozdulásmérő és központi egység összekötő kábel

A központi egységhez közvetlenül csatlakoztatott elmozdulásmérő a szoftverben mindig Elasto 1 néven jelenik meg.

Központi egység és a teszt megkezdése

- Kapcsoljuk az akkumulátort a központi egységhez (“Central unit”)
- Kapcsoljuk be a központi egységet
- Kaliber erőmérő: kapcsoljuk be és nyomjuk meg a “Tara” gombot. Az erő értéke nulla kell, hogy legyen. A kábelt nem szabad megfeszíteni.
- LineScale erőmérő: a bekapcsoláshoz tartsuk lenyomva a piros gombot
- A központi egységen minden eszközhöz tartozik egy LED közvetlenül a kábel csatlakozója mellett, mely az adatátvitelt villogó fénnyel jelzi

- A Central Unit M2 verziója beépített alacsony energiafogyasztású Bluetooth (BLE) egységet használ, amelynél nincs szükség párosításra a PC-n.

LM048 kapcsolódás a Kaliber erőmérőhöz

- Az LM048 egységnek DTE pozícióban kell lennie
- Ha az LM048 egységgel csatlakoztassuk a Kaliber erőmérőt és a központi egységet
- Csatlakoztassuk az LM048-at az erőmérő soros kimenetéhez

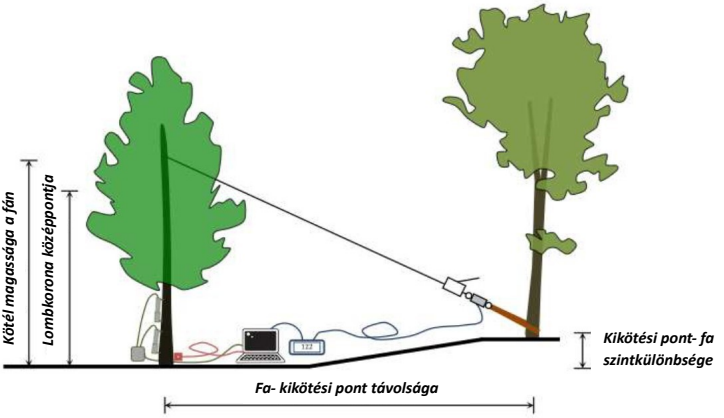
Ha az LM048 egység csatlakoztatva van a Kaliber erőmérőhöz, akkor nem kap tápot a központi egységtől. Helyezzen négy darab teljesen feltöltött AA jelzésű elemet a Rinstrum kijelző egységébe. Ne felejtse el kivenni az elemeket a mérés befejeztével. **Ne használjon elemet, ha a Rinstrum erőmérő csatlakoztatva van a központi egységhez.**

Mérés és szoftver

- A központi egység legyen a PC-hez csatlakoztatva
- Indítsuk el a PullingCollector (adatgyűjtő) alkalmazást, mely a szenzorokból érkező adatokat gyűjti és rögzíti
- Az eszközállapot mezők pirosak, amíg nem érkezik adat
- A mezők zöldre váltanak, ha van adatkapcsolat
- 2021 előtt gyártott elmozdulásmérők: Írjuk be a kalibrációs állandót mindkét elmozdulásmérőhöz a "Beállítások" gombra kattintva

- 2025 októberét követően gyártott elmozdulásmérőkhöz nem tartozik külső elmozdulásmérő elektronika. Az elmozdulásmérők egymáshoz és közvetlenül a központi egységhez kapcsolódnak.

Mérési paraméterek



A rögzítési pont-fa szintkülönbség pozitív, amennyiben a rögzítési pont magasabban fekszik a vizsgált fánál.

Az aerodinamikai légellenállási tényező fafaj függő, mely értékeket a szoftver automatikusan kitölti fafaj választást követően.

Hasonlóképpen történik elasztikus határérték kezelése.

Az EN1991 értékeléshez a paraméterek a megjelenítőben állíthatóak a mérést követően.

Végül megadhatjuk a projekt nevét, és a mentés helyét. A tesztelés paramétereit később is beírhatjuk vagy megváltoztathatjuk a PullingViewer megjelenítőben.

A mérés megkezdése előtt ne felejtsünk el figyelmeztető jelzést beállítani a dőlés és az erő értékeire. A szoftver figyelmeztető

hangjelzést ad, amikor elérjük a beírt határértéket. Bár a Kaliber erőmérő maximális terhelhetősége 5 t, a LineScale 3t, a vonszolók általában csak 1.6 t vagy 3.2 t terhelést bírnak el. A figyelmeztető jelzés limitjét a leggyengébb elemhez állítsuk be. Például egy 1.6 t vonszolóhoz 1500 kg-ot adjunk meg. Fontos továbbá, hogy minden mérés előtt nyomjuk meg a "Tara" gombot terheletlen állapotban, hogy 0 pozícióba állítsuk az erőmérő eszközt.

PullingCollector adatgyűjtő

- Adjuk meg a paramétereket.
- Győződjünk meg róla, hogy minden csatlakoztatott eszköz jó értékeket mutat, és a kijelzőterületük zöld színű.
- Állítsuk a Dőlés limitet 0.2 fokra.
- A törzs deformációjára vonatkozó figyelmeztetés automatikusan származtatott a fafaj alapján.
- Állítsuk be az Erő limitet a vonszoló kapacitása vagy az erőmérő kapacitása alapján, amelyik alacsonyabb. Ha az értékek közül egyet elérünk, a program csipogó hanggal jelez. E határértékek betartása biztosítja, hogy a legtöbb esetben nem áll fenn a fa maradandó károsodásának veszélye. Különösen figyelnünk kell, ha súlyosan sérült fát mérünk.

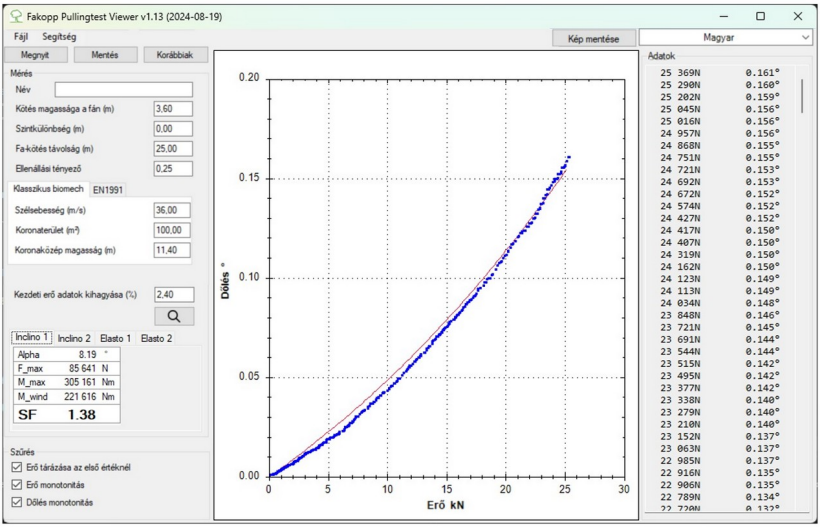
Mérés a PullingCollector-ban

Mindenképpen kövessük a biztonsági előírásokat mérés közben!

- **Tárázzunk minden eszközt („tara" gomb)**
- Kattintsunk meg a "*Start*" gombot a rögzítés indításához
- Fokozatosan növeljük a kötél terhelését a vonszoló lassú, és egyenletes működtetésével

- Folyamatosan növeljük a terhelést, míg el nem érjük a 0.2° dőlést, illetve a vonszoló vagy az erőmérő maxiális kapacitását (ezek közül a legalacsonyabb értéket)
- Ha az bármelyik limitet elértük, kezdjuk el visszaereszteni a kötelet, amíg a húzóerő vissza nem tér nulla közelébe
- Ha ez megtörtént kattintsunk a “*Stop*” gombra a mérés befejezéséhez
- Kattintsunk az “*Megnyitás a megjelenítőben >>*” gombra

Pulling Viewer



Lehetőség van arra, hogy a dőlésmérő és a elmozdulásmérők görbéi között váltogathassunk, ehhez kattintsunk a paraméterek alatti fülekre: *Inclino 1, Inclino 2, Elasto 1, Elasto 2*.

A program illeszt egy általános kidőlési görbét (1. képlet: Általános kidőlési görbe egyenlete) a dőlési adatokhoz (Inclino) és egy lineáris függvényt az elmozdulásmérő adataihoz (Elasto), amennyiben a szűrők be vannak kapcsolva.

A program ezen felül kiszámítja a statikai paramétereket, továbbá a biztonsági tényezőt.

Kiértékelés

A teszt befejezésével, a szoftver lehetőséget biztosít a biztonsági tényezőt (SF) meghatározására.

Ha az SF 1.5 fölött van, a fa biztonságos. Vegyük figyelembe, hogy a húzóvizsgálat nem számol a környezeti sajátosságokkal. Amennyiben egy fa szélcsatornában áll, magas SF értékek ellenére is veszélyes lehet. Amennyiben szélárnyékban áll, jelentősen alulbecsüli a tényleges biztonsági tényezőt.

Az SF 1 alatti érték esetén magas kockázatot jelöl. A két érték közötti tartomány enyhe kockázatot jelent. Külön SF értéket kapunk a gyökérstabilitásra (1-es és 2-es dőlésmérő), és külön-külön az egyes elmozdulásmérőkre. Az utóbbiak alapján kapott törési biztonsági tényező azon törzsrészre vonatkozik csak, ahová a elmozdulásmérőt felszereltük.

Fontos, hogy a húzóvizsgálat adatainak pontjai általában szépen kövessék az illesztett görbét. Amennyiben rossz az illesztés, az eredmény nem megbízható. Ez akkor szokott előfordulni, ha nagy széllökések mellett végeztük a tesztet. Ilyen esetben ismételjük meg a tesztet, amikor enyhül a szél. Ne végezzünk húzóvizsgálatot, 25 km/h-nál nagyobb széllökések esetén.

Az elmentett méréseket később megnyithatjuk a PullingViewer kiértékelő programban a „*Megnyit*” vagy „*Korábbiak*” gombokra kattintva. A húzóvizsgálati mérés fájlját megnyithatunk meg Excelben is:

- Jobb egérgombbal kattintsunk a mérési fájlra
- “*További lehetőségek megjelenítése*” (csak Windows 11-nél)
- “*Open with Excel*”

Biztonsági előírások

A húzóvizsgálat során jelentős terhelést alkalmazunk. A mérés során kövessük a biztonsági előírásokat. A kötél szakadása súlyos sérüléshez vezethet.

Nézzük át a vonszolót, hogy nincs-e rajta sorja! Csiszolja/köszörülje le a sorját, ha szükséges! A sorja felsértheti az acélsodrony kötelet is.

Győződjünk meg arról, hogy az összes kötél sérülésmentes állapotban van.

1. A húzóvizsgálat biztonságos kivitelezése a mindenkori munkavezető feladata és felelőssége.
2. Csak betanított személyzet végezheti a húzóvizsgálatot.
3. Az alkalmazott eszközöknek, beleértve a körkötelet, kötelet és a vonszolót sérülésmentes állapotúnak kell lennie. A felszerelést alaposan nézzük át a tesztelés előtt, nem látunk-e rajtuk sérülést vagy sorját.
4. Minden eszközt védeni kell a magas nedvességtartalomtól, fagytól és tartós napsugárzástól.
5. A munkaterületet le kell keríteni, illetéktelenek nem keresztezhetik a kötél vonalát.
6. A húzóvizsgálatot végző egyéneknek legalább 2 méterre kell tartózkodnia a kábeltől, leszámítva a vonszoló kezelőjét.
7. 1 kN terhelés fölött a vonszoló kezelőjének tanácsos kihúzott vonszolókart használnia, mellyel a kötéltől minél távolabbra állva működtetheti a vonszolót.
8. Készüljünk fel az eszköz esetleges sérülésre vagy a fa törésére, kifordulására, és biztosítsunk menekülési útvonalat.

9. A húzóvizsgálat végzését hagyjuk abba, amikor elérjük a 0.2° dőlést.
10. Esőben és fagypont alatt vizsgálatot végezni tilos.

Fontos megjegyeznünk, hogy a húzóvizsgálat felszerelése: a kötelek és a vonszoló külső cég terméke, melyet a felhasználónak kell beszereznie. A FAKOPP Kft. nem vállal felelősséget a húzóvizsgálat során történő esetleges károkért és sérülésekért!

Fontos megjegyzések

A fák vizsgálatának első lépése a vizuális vizsgálat. A faápolónak, a fa vizsgálójának meg kell állapítania, hogy a húzóvizsgálat mennyire kockázatos. Egyes esetekben a húzóvizsgálat teljes mértékben kerülendő, míg más esetekben a megfelelő elővigyázatossággal elvégezhető.

Ne végezzünk húzóvizsgálatot:

- ha hasadás látható a fatörzsön
- ha fennáll a törzstörés kockázata
- ha villás elágazású a fa, melyet a húzás megnyithatna
- ha esős vagy szeles idő van

Amennyiben a gyökfő kérdéses állapotban van, mindenképpen használjunk 2 dőlésmérőt. Mindkettőt rögzítsük a gyökfőre, olyan közel a földhöz, amennyire csak lehetséges. Semmi esetre se helyezzük a dőlésmérőket sérült felületre vagy tőterpeszre. Ha a mért SF értékek több mint 50%-os eltérést mutatnak egymáshoz képest, a kapott eredmény nem megbízható.

A dőlésmérőket célszerű úgy rögzíteni a gyökfőre, hogy azok 90 fokos szöget zárjanak be egymással a bélhez viszonyítva. Ha a gyökfő ellipszis alakú, rögzítsük az egyik dőlésmérőt a főtengelyre, a másikat pedig a kistengelyre.

A fát abból az irányból húzzuk, amely irányban a leggyengébbnek ítéljük meg.

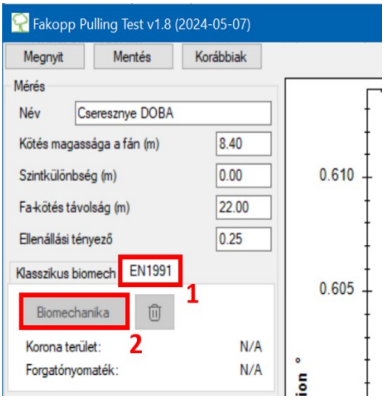
Amennyiben a húzóvizsgálatot villás elágazású fán kell elvégeznünk, az elágazásra merőlegesen húzzunk, nehogy megnyissuk a törzset. Használjunk nyitható csigát, amivel a terhet megosztjuk.

Útmutató az EN1991 Biomechanika használatához

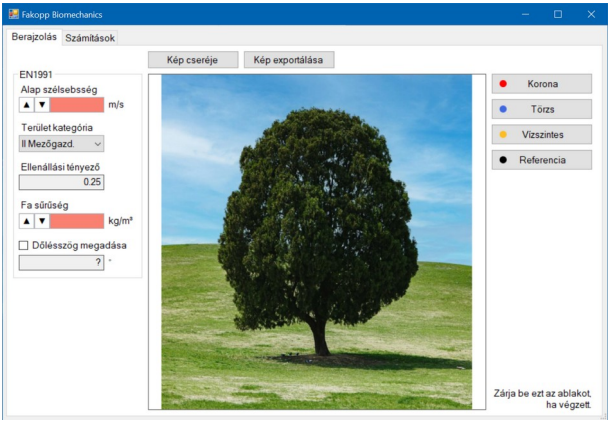
Elindítás

Az EN1991-re alapuló biomechanika elindításához:

1. Kattintsunk az “EN1991” fülre
2. Kattintsunk a “Biomechanika” gombra

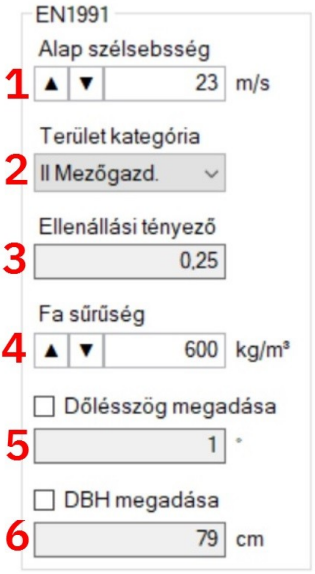


- Válasszunk ki egy képet a vizsgált fáról. (A kép nagy részét a fa alakja töltse ki.)
- A Biomechanika ablakban megjelenik a kép:



Állítsuk be az EN1991 paramétereit

Kezdésként írjuk be a modell paramétereit:



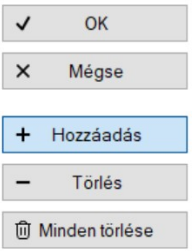
1. Alap szélsebesség: megtalálható az EN1991-1-4 szabvány 4.2-es fejezetében, illetve a nemzeti mellékletben. **Magyarországon 23.6 m/s**.
2. Terület kategória: az EN1991-1-4 szabvány 4.3.2-es fejezetében a 4.1-es táblázatban, illetve a nemzeti mellékletben. (B függelék)
3. Ellenállási tényező: a főablakban, az EN1991 fül felett adható meg.
4. A fa sűrűsége.
5. A dőlésszöget a program automatikusan számolja a kép alapján, ha már minden szükséges vonalat berajzoltunk „Dőlesszög megadását” kiválasztva manuálisan is beírható. Ez abban az esetben szükséges, ha a dőlés mértéke nem látszik jól a képen.
6. A DBH (Diameter at breast height) a mellmagasságban mért törzs átmérő. Megadásához 1.3 m magasságban mérünk átmérőt (Forest mensuration, Kershaw et al., 2016). Ez az érték a térfogat és az önsúlyból származó nyomaték kiszámítására szolgál (lásd: *Számítások*). Alapértelmezés szerint ezt a paramétert a kép alapján számítja ki a szoftver, miután az összes vonalat berajzoltuk. Ha a DBH-t a helyszínen mérjük, ezt az értéket nekünk kell megadni.

A fa méreteinek meghatározása

Kattintsunk egyesével a jobb oldali gombokra, és rajzoljuk be a hozzájuk tartozó vonalakat.

- Korona: rajzoljuk meg a korona körvonalát
- Törzs: rajzoljuk meg a fatörzs körvonalát
- Vízszintes: rajzoljunk egy vonalat a fa aljához, amely követi a képen látható vízszintet.
- Referencia: rajzoljunk be egy ismert magasságot a képre. (Ez tipikusan a fa magassága).

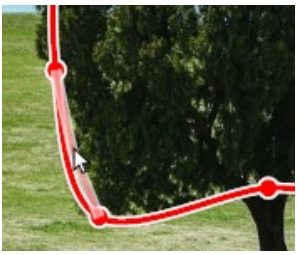
Pontok hozzáadása



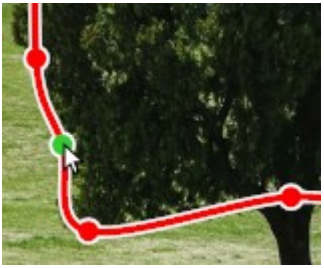
Bármely vonalhoz hozzáadhatunk pontot:

- A “Hozzáadás” gomb legyen aktív
- Kattintással adjunk a vonalunk végéhez új pontot
- Akkor is beszúrhatunk új pontot a vonalunkhoz, ha közel visszük a kurzort a meglévő vonalhoz

A már elhelyezett pontokat elmozdíthatjuk a bal egér gombot lenyomva tartva.



Pontok törlése



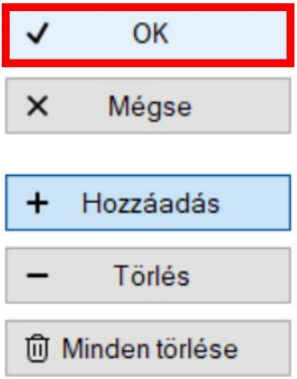
Pontot törölhetünk:

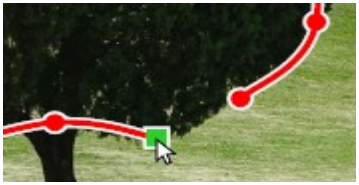
- “Hozzáadás” módban: Jobb egér gombbal kattintsunk a pontra
- “Törlés” módban: kattintsunk a pontra
- “Minden törlése” gomb: összes pont törlődik

A rajzolás befejezése

A rajzolás befejezéséhez:

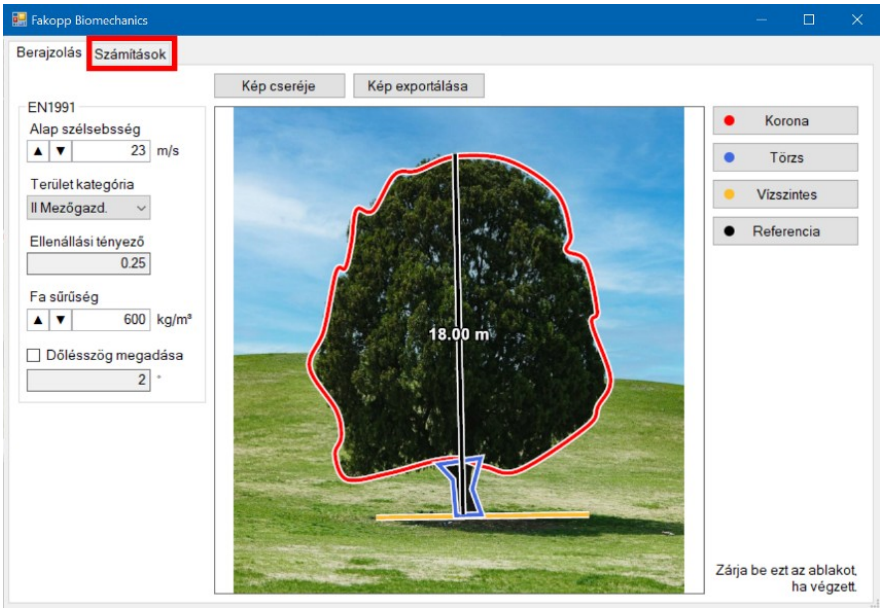
- Kattintsunk az “OK” gombra
- vagy a korona és törzs esetében bal egér gombbal kattintsunk az első berajzolt pontba.





Az eredmény kiszámítása

- A rajzolás befejeztével ellenőrizzük, hogy minden paramétert és vonalat pontosan adtunk-e meg.
- Ha mindezek rendben vannak, kattintsunk a “Számítások” fülre. Erre a fülre később is visszatérhetünk, ha javítanunk kell.

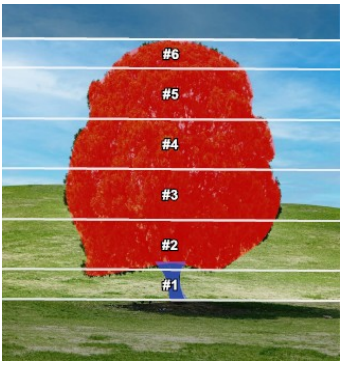


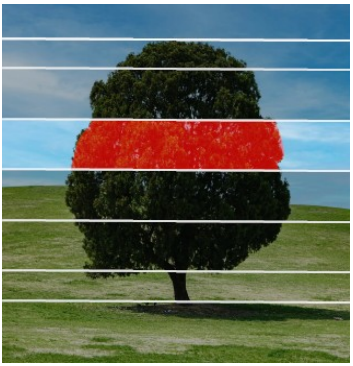
“Részek” táblázat

A modell “részekre” osztja a széllel találkozó felületet, a terület kategória és a fa magassága alapján:

rész	alsó	felső	forgatónyom.
Összes	0.00 m	17.93 m	385 kNm
#6	15.93 m	17.93 m	53 kNm
#5	12.44 m	15.93 m	123 kNm
#4	8.96 m	12.44 m	107 kNm
#3	5.48 m	8.96 m	72 kNm
#2	2.00 m	5.48 m	28 kNm
#1	0.00 m	2.00 m	2 kNm

- A részek a földtől felfele vannak számozva, #1-el jelölve a legalsó részt.
- Az “Összes” sor legfelül az egész fára vonatkozik.
- Az “alsó” és “felső” oszlopok minden rész talajszinthez viszonyított tetejének és aljának a magasságát adja meg.
- A “forgatónyom.” oszlop az egyes részek összesített forgatónyomatékát mutatja.





“Eredmények” táblázat

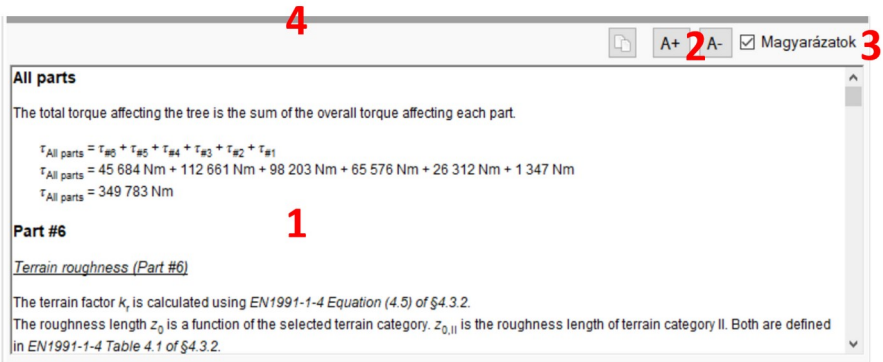
Az eredmények táblázat összegzi a modell eredményeit. Feltünteti a korona és a törzs felszínét, illetve az egész fára vonatkozó forgatónyomatékot.

Koronaterület	179.75 m²
Törzs terület	2.94 m²
Teljes forgatónyomaték	349 783 Nm

A modell kiszámítása

A *„Számítások”* fül alsó fele mutatja be a modell kiszámításának folyamatát.

1. Képletek és rövid magyarázatok.
2. A betűméret az „A+” és „A-” gombokra kattintva állítható.
3. A *„Magyarázatok”* opciót kipipálva jelennek meg a rövid magyarázatok a képletek mellett.
4. A vastag szürke vízszintes vonal mozgatásával változtathatjuk az alsó ablak magasságát.



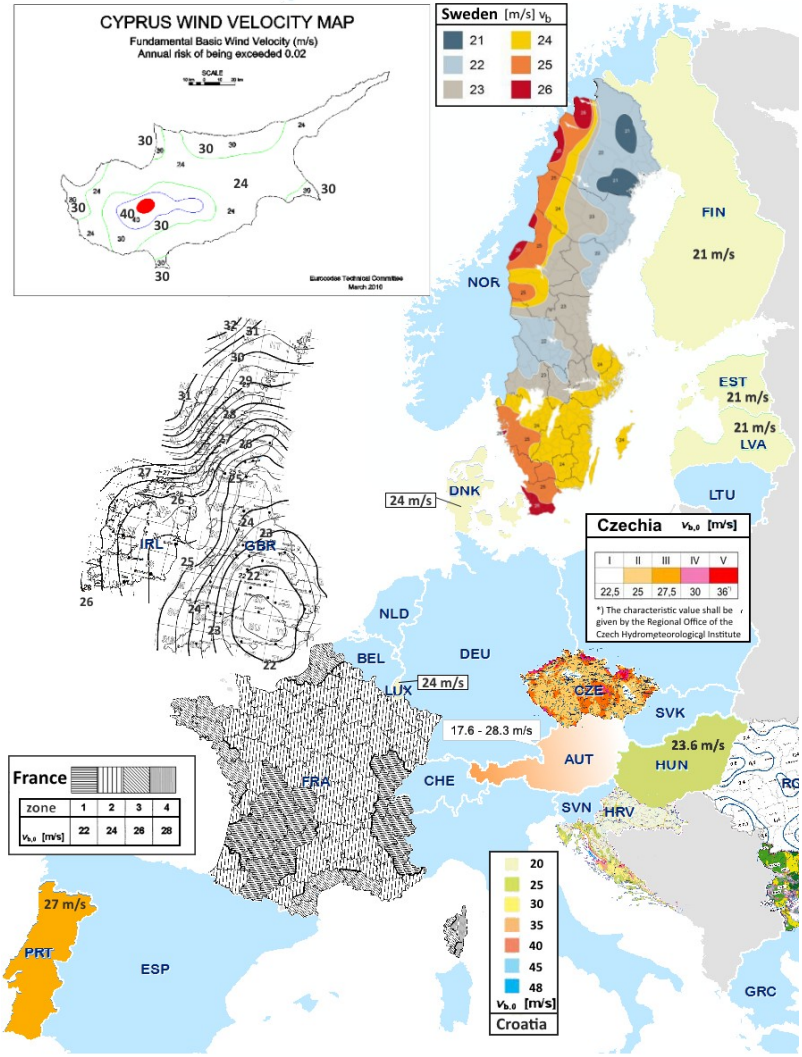
Adatok exportálása

1. A „másolás” ikonra kattintva a számítási adatok a vágólapra másolhatóak.
2. A berajzolt kép is menthető, a „Kép exportálása” gombra kattintva.

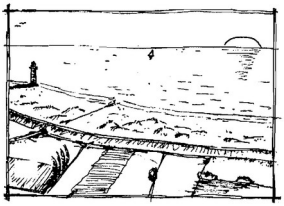
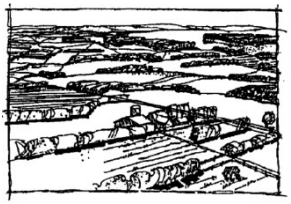
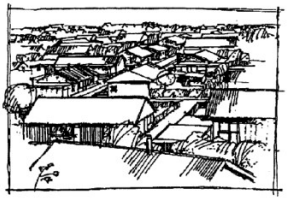
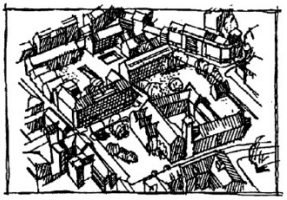
Kilépés a Biomechanikai szerkesztőből

1. Zárjuk be az ablakot.
2. Munkánk tárolásához, mentsünk a szokásos módon. A „Mentés” gomb a főablak bal felső sarkában található.

EN1991 A Függelék: szél térképek



EN1991 B Függelék: Terület kategóriák

0	Nyílt tengerre néző vagy tengerparti terület	
I	Tavak és sík vidékek gyér növényzettel és magasabb tárgyak nélkül	
II	Terület alacsony növényzettel (pl. fű) és egymástól távol álló tárgyakkal (fák, épületek), melyek között legalább a tárgyak magasságának húszszorosa a távolság	
III	Terület, melyre általános növényzet és beépítettség jellemző, illetve olyan tárgyak, melyek egymástól a saját magasságuknak legfeljebb húszszorosára helyezkednek el. (pl. falvak, külvárosi területek, erdő)	
IV	Legalább 15 %-ban beépített terület, ahol az épületek átlagmagassága meghaladja a 15 métert	

A Függelék

Kaliber 5t erőmérő

- *Kalibrált erőmérő cella, 5 tonnás terhelhetőségű*
- *Rintsum gyártású külső kijelző*
- *Soros hálózati csatlakozás a központi egységhez*
- *Soros hálózati vagy Bluetooth kapcsolat (LM048) a számítógéphez*
- *Mintavételezési ráta: 1 Hz*
- *Omega sekli*
- *4 db AA-s újratölthető ceruzaelem töltővel*

LineScale 3t erőmérő

- *Erőmérő egység, 3 tonnás terhelhetőségű*
- *LineScale gyártású*
- *BLE (Low Energy Bluetooth) kapcsolat a számítógéppel*
- *Mintavételezési ráta: 1 Hz*
- *Töltése USB kábelen keresztül*

Dőlésmérő

- *Dőlésmérő érzékelő*
- *Érzékelőtartó lemez*
- *Kéttengelyű szintező eszköz*
- *9V újratölthető elem töltővel*
- *Méréstartomány ± 10 fok*
- *Felbontás: 0.001 fok*
- *Hőmérséklet kompenzált*
- *Mintavételezési ráta: 10 Hz*

- *Csavarral felszerelt*
- *Áramforrás: 12V, 20 mA*
- *Időjárásálló, IP65*

Elmozdulásmérő

Az eszköz tartozéka két elmozdulásmérő érzékelő, mely a fatörzsre szerelhető. Az érzékelők jelét a Központi egység gyűjti.

- Méretek: 35x60x270 mm (zárt állásban)
- Távolság: 244 mm
- Áramforrás: 12V

Fontos: A 2021 február 1 előtt gyártott egységek kalibrációs állandói a kalibrációs lapon szerepelnek. Az eszköz első használatakor ezeket a szoftverbe be kell táplálni.

2025. október 1. után gyártott egységek: Az új elmozdulásmérők mellé nem jár elmozdulásmérő doboz, mivel az elektronika már az érzékelőkben található.

Húzóvizsgáló szoftver

- PC szoftver, mely Windows 10 vagy 11-es verziójú operációs rendszereken fut
- Valós idejű terhelés-, dőlés- és elmozdulásmérés
- Terhelés-dőlés és terhelés-alakváltozás görbék illesztése
- Automatikus biztonsági faktor számítás gyökeres kifordulásra és törzstörésre
- Egyidejűleg két dőlésmérőt és két elmozdulásmérőt kezel

B Függelék

Stuttgart fa szilárdság táblázat

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)
Abies alba	9500	15	0.16	0.20
Acer pseudoplatanus	8500	25	0.29	0.25
Acer negundo	5600	20	0.36	0.25
Acer campestre	6000	25.5	0.43	0.25
Acer saccharinum	6000	20	0.33	0.25
Acer saccharum	5450	20	0.37	0.25
Aesculus hippocastanum	5250	14	0.26	0.35
Ailanthus altissima	6400	16	0.25	0.15
Betula pendula	7050	22	0.31	0.12
Chamaecyparis lawsonia	7350	20	0.27	0.20
Cedrus deodora	7650	15	0.20	0.20
Fagus sylvatica	8500	22.5	0.26	0.25–0.30
Alnus glutinosa	8000	20	0.25	0.25
Fraxinus excelsior	6250	26	0.42	0.20
Picea abies	9000	21	0.23	0.20
Picea omorika	9000	16	0.18	0.20
Carpinus betulus	8800	16	0.18	0.25
Castanea sativa	6000	25	0.42	0.25
Cercis siliquastrum	0	15	—	0.20
Larix decidua	5035	17	0.32	0.15
Liriodendron tulipifera	5000	17	0.34	0.25
Pinus pinaster	8500	18	0.21	0.20
Pinus sylvestris	5800	17	0.29	0.15
Platanus × hybrid	6250	27	0.43	0.25
Populus × *canescens*	6050	20	0.33	0.2–0.25
Populus nigra 'Italica'	6800	16	0.24	0.30
Populus nigra	6520	20	0.31	0.2
Populus alba	6400	20	0.31	0.2
Pseudotsuga menziesii	1000	20	0.20	0.20
Pyrus communis	5800	17	0.29	0.30
Quercus robur	6900	28	0.41	0.25
Quercus rubra	7200	20	0.28	0.25
Robinia pseudoacacia	7050	20	0.28	0.15
Robinia monophyla	5200	20	0.38	0.15–0.20
Salix alba	7750	16	0.21	0.20
Salix alba 'Tristis'	7000	16	0.23	0.20
Sequoiadendron gigantum	4550	18	0.40	0.20
Sophora japonica	6450	20	0.31	0.15
Sorbus aria	6000	16	0.27	0.25
Tilia x *hollandica*	4500	17	0.38	0.25
Tilia euchlora	7000	17.5	0.25	0.25
Tilia tomentosa	8350	20	0.24	0.25–0.30
Tilia platyphyllos	8000	20	0.25	0.25
Tilia cordata	8300	20	0.24	0.25
Ulmus glabra	5700	20	0.35	0.25

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