PIUS FLORIS
ONDERZOEK & ADVIES

Stabiliteitsonderzoek monumentale eik

metingen in de wind
Noordhollandschkanaaldijk 22 te Amsterdam



Colofon

Rapportage

Kenmerk klant	AI 2021-0134 - 47
Projectnummer	PRPOA26-00220-047
Datum	30 maart 2026
Status	Definitief

Contactpersonen

ir. D. de Goederen (ETT)	Auteur	d.degoederen@piusfloris.nl
ing. D. Molenaar (ETT)	Onderzoeker	d.molenaar@piusfloris.nl
D. Molenaar	Collegiale toets	

Opdrachtgever

Naam	Gemeente Amsterdam - Verkeer en Openbare Ruimte
Contactpersoon	Lute, dhr. I.
Adres	Weesperplein 8
Postcode	1018 XA
Plaats	Amsterdam

Opdrachtnemer

Pius Floris Onderzoek & Advies
Postbus 75103
1070 AC Amsterdam
Nederland
Telefoon: 088-4262882
Web: www.piusfloris.nl
E-mail: pfoa@piusfloris.nl
KvK: 97119776
IBAN: NL55RABO0104520736

Inhoudsopgave

1. Inleiding 2

2. Onderzoeksmethode 3

2.1 Windsnelheid en kanteling van het wortelstelsel 3

2.2 Toepassingen van PTMS 4

3. Onderzoeksresultaten 5

4. Conclusie & advies 7

1. Inleiding

Op verzoek van de gemeente Amsterdam is een meting - natuurlijke bewegingen in de wind - gedaan aan een eik aan de Noordhollandschkanaaldijk (boomnummer 1087730). In de afgelopen jaren is deze monumentale boom verscheidene keren belast met behulp van een trekproef vanwege de ontstane scheefstand als gevolg van een aantasting in het wortelstelsel door een harslakzwam (*Ganoderma resinaceum*). Daarbij is de kroon een paar keer ingenomen om het kroonoppervlak te verkleinen. De scheefstand is op 24 maart jl. bepaald op 13,5°. De boomhoogte is 16,5 m en stamdikte 87 cm (dbh) ten tijde van de laatste trekproef (2 juli 2025).



Figuur 1.1 boomnummer 1087730 op 25 september 2025

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het registreren van de natuurlijke beweging en/of duurzaam behoud mogelijk is. Op basis van de onderzoeksresultaten is een conclusie getrokken en is een advies geformuleerd over de te nemen maatregelen.



Figuur 1.2 locatie onderzochte eik (rode cirkel)

Situatie

Het betreft een zomereik (*Quercus robur*) in de tuin van Noordhollandschkanaaldijk 22 te Amsterdam. De eik staat in venige grond op ongeveer 10 meter van het fietspad. Dankzij de nevenstaande paardenkastanje heeft de eik een beetje beschutting vanuit het westen (heersende windrichting), want vanwege de molenbiotoop van Krijtmolen d'Admiraal is het een vrijwel open terrein. Aan de westzijde van de kroon is taksterfte aangetroffen (afstervingsverschijnselen).

2. Onderzoeksmethode

Er is gebruik gemaakt van Picus TreeMotion Sensor (PTMS1; set van 10 sensoren/inclinometers) om de bewegingen van bomen in de wind te kunnen meten.

2.1 Windsnelheid en kanteling van het wortelstelsel

Als bomen de windstoten tijdens een (normale) storm kunnen doorstaan, zijn ze in principe veilig. Windkracht 9 volgens de schaal van Beaufort hoort bij de definitie van een storm, waarbij het wel gebruikelijk is dat takken kunnen afbreken. Een zware storm, zeer zware storm en orkaan komen overeen met respectievelijk windkracht 10, 11 en 12.

Er zijn slechts enkele wetenschappelijke studies verricht waarbij de natuurlijke bewegingen van het wortelstelsel in een storm zijn gemeten en vervolgens geanalyseerd. James et al. (2013) hebben metingen verricht bij 250 volwassen bomen (*Eucalyptus spp.*, > 15 m hoogte en tot 188 cm dbh) in Australië gedurende 18 maanden waarbij windsnelheden van 87 en 106 km/u zijn bereikt tijdens twee stormen, maar geen van deze bomen zijn omgevallen. 96% van de bomen kantelde minder dan 0,50º en dit wordt als stabiel beschouwd. De maximale kanteling in het Australische onderzoek is 0,90º (bij twee bomen met dbh 52 en 72 cm).

Göcke & Rust (2015) hebben 33 volwassen bomen (45-80 cm dbh) in Rostock (Duitsland) tijdens een storm gemeten (93 km/u). De hoogste kanteling van alle bomen (1,4-1,6º) is gemeten bij twee bomen waarbij al grondscheuren zichtbaar waren (symptoom van windworp). Beide bomen bleken bovendien al een relatief hoge kanteling bij lage windsnelheden te hebben: > 0,2º bij 50-55 km/u. Hieruit concluderen deze auteurs dat deze mate van kanteling [vanwege windstoten bij 6 Beaufort] leidt tot kritieke kanteling in een stormachtige wind of bij storm [windkracht 8 of 9 Beaufort].

Hoe hoger de windsnelheid en hoe langer de meting (minimaal 3 uren), des te betrouwbaarder is de analyse. Om gebruik te kunnen maken van de verhouding die Göcke & Rust hebben vastgesteld, kunnen de sensoren gebruikt worden bij een krachtige wind (windstoten bij 6 Beaufort). De inclinometers staan in contact met GPS satellieten zodat plaats en tijd gekoppeld worden aan de metingen. De sensoren worden geplaatst aan de basis van de stamvoet en kunnen ook als controlemeting hoger op de stam worden geplaatst.



Figuur 2.1 de stam gezien vanuit het westen met op 2,05 m aan noord- en zuidzijde twee sensoren en tevens op maaiveldhoogte aan noord- en zuidzijde.

2.2 Toepassingen van PTMS

Toepassingen van de bewegingssensoren zijn (IML, 2020):

- Aantonen van stabiliteit: als bomen slechts gering kantelen gedurende hoge windsnelheden kan het wortelstelsel als veilig worden beschouwd.
- Vaststellen van verminderde stabiliteit: een groep bomen (bijvoorbeeld in een laan) wordt uitgerust met sensoren voorafgaand aan een storm. Als de waardes van kanteling worden vergeleken is het eenvoudig om bij bomen vast te stellen welke afwijken van het gemiddelde. De boom met grotere kanteling heeft vermoedelijk een gebrek in het wortelstelsel.
- Combineren met de statische boomtrekproef: als een boom relatief veel kantelt in de wind, is het mogelijk zinvol om aanvullend een boomtrekproef uit te voeren zodat de beweging bij een vastgestelde kracht (lier) kan worden bepaald.
- Monitoren van bomen in de nabijheid van werkzaamheden: schade aan gestelwortels kan worden vastgesteld.
- Monitoren over een langere periode: het volgen van bomen met vermoedelijke gebreken in het wortelstelsel waarbij regelmatig gemeten zal moeten worden (1 of 2 maal per jaar, bij voorkeur zowel tijdens de zomer als de winter). Dit kan worden toegepast om te bepalen of wortelgroei de mate van kanteling verlaagt, of de kanteling toeneemt als de stabiliteit afneemt, of dat de kanteling constant blijft.

Daarbij beïnvloedt de windrichting het kantelen van de boom en de variatie in kanteling tussen zomer en winter is afhankelijk van de boomsoort (bij loofbomen, aldus Göcke & Rust (2015).

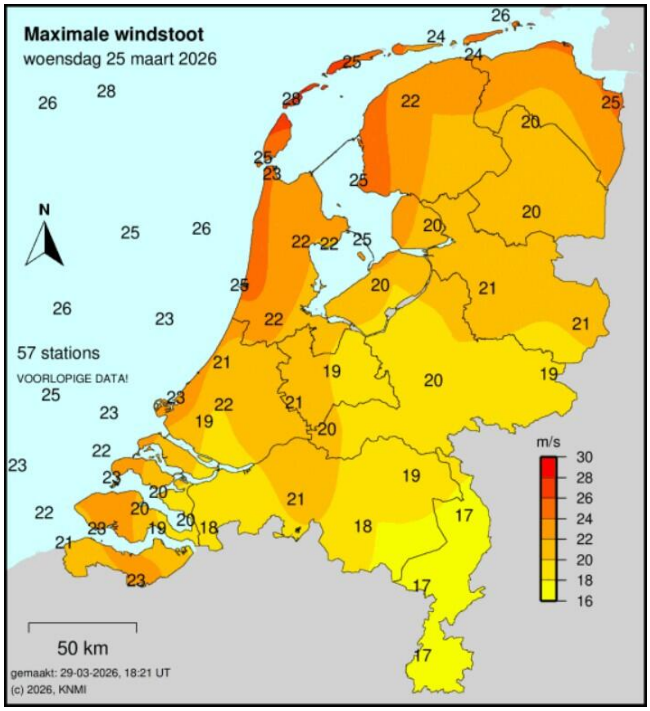
Bronnen

- Göcke, L. & S. Rust, 2015 – Correlation of wind speed and root plate tilt of trees in urban environment, ISA annual conference and trade show, Orlando, USA
- IML, 2020 – Picus TreeMotion Sensor, Software Manual, Instrumenta Mechanik Labor Electronic GmbH, Rostock, Duitsland
- James, K., C. Hallam & C. Spencer, 2013 – Tree stability in winds: Measurements of root plate tilt, Biosystems Engineering 115: 324-331, https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.02.010

3. Onderzoeksresultaten

Op 24 maart 2026 's middags zijn de *tree motion sensors* (TMS) geplaatst. Op Schiphol heeft het KNMI 25 m/s (90 km/u) als hoogste windstoot gemeten op 24 maart tussen 23:00 en middernacht. Gesteld kan worden dat de windsnelheden lager zijn in de bebouwde omgeving en dat gemiddeld genomen daarbij de turbulentie toeneemt. Volgens windfinder.com betrof het windkracht 6 Beaufort in Amsterdam-Noord met de gemiddelde windsnelheid ca. 15 m/s (54 km/u).

De bewegingen van de eik in de wind zijn opgenomen tot in de vroege ochtend van 26 maart. De windsnelheden in het begin van de nacht van 24 op 25 maart waren vergelijkbaar en werden geleidelijk minder in de ochtend van 25 maart. Op 25 maart om 02:29 is de grootste hoekverdraaiing gemeten (zie tabel).

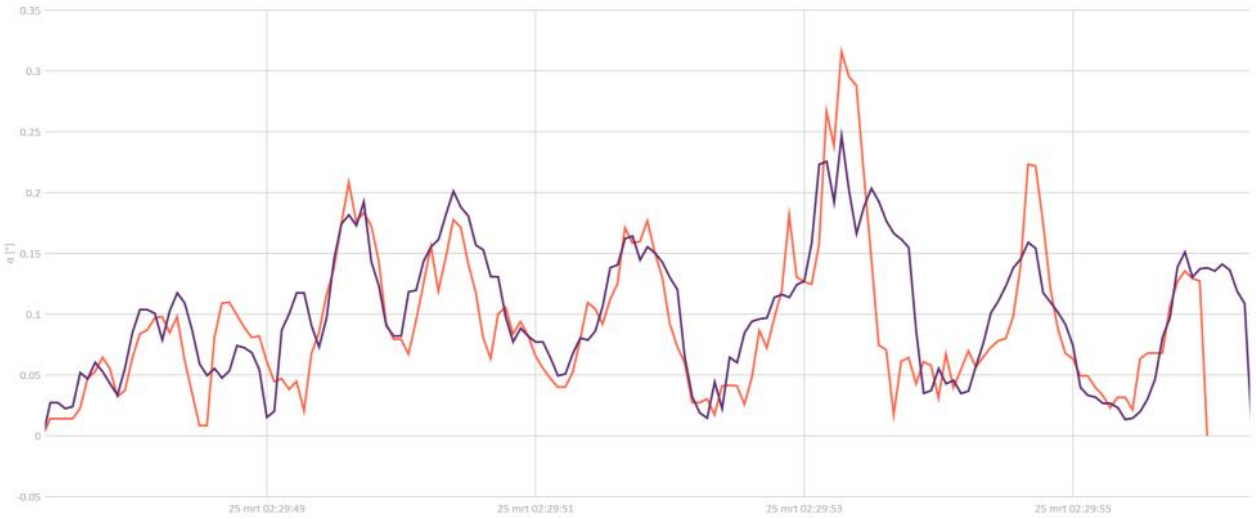


Beide sensoren op maaiveldhoogte geven waardes hoger dan 0,2º bij windkracht 6 Beaufort. Op 2 juli 2025 hebben we de laatste trekproef uitgevoerd. Het is daarom bijzonder interessant te vergelijken hoe de twee onderzoeksmethoden zich tot elkaar verhouden. Het berekende momentum (verdraaiing wortelstelsel) is 146 kNm en het torsie-moment 40 kNm (Arbostat, trekproefanalyse) gebaseerd op de 13,5º scheefstand richting oost-zuidoost.

Tabel 3.1 Metingen *tree motion sensors* (25 maart 2026 02:29) en vergelijking laatste trekproef (7 juli 2025)

TMS nr.	hoogte sensor (cm)	positie sensor	berekende veiligheidsfactor wortelstelsel (trekproef)	maximale kanteling TMS	stambuiging 0-2 m
230	mv	zzw	2,0	0,32°	0,61°
231	205	zzw		0,93°	
232	mv	nno	2,0	0,25°	0,70°
233	205	nno		0,95°	

De boomtrekproef levert een veiligheidsfactor van o.a. het wortelstelsel op als resultaat van een berekening van de toegepaste kracht van de lier tot 0,25º kanteling tijdens de test. De veiligheidsfactor 2,0 betekent voldoende veiligheidsmarge tijdens een storm en voor deze eik bedraagt de maximale kanteling 0,32º (basissensor) zonder blad in de wind (6 Bft). Alle sensoren zijn geplaatst op de zogenoemde neutrale as, dus niet aan de trek- of duwzijde van de stam (-voet). Het onderlinge verschil op maaiveldhoogte tussen noord- en zuidzijde zou het gevolg kunnen zijn van een aantasting die niet symmetrisch verdeeld is (zie ook het onderstaande figuur).



Figuur 3.1 kantelingen beide basissensoren (TMS #230 oranje) om 02:29 tussen seconden 47 en 56.

De grafiek toont ongeveer 5 pieken (perioden) in 6 seconden tijd (sec. 49-55). Dit komt neer op een eigenfrequentie f = 5/6 ≈ 0,83 Hz. Deze hoge frequentie is een logisch gevolg van het kandelaberen, waarbij de kroon zonder blad niet of nauwelijks in staat is te dempen en de boom als gevolg hiervan relatief snel beweegt. Het is daarom voorstelbaar dat opeenvolgende windstoten een resonantie kunnen veroorzaken die geleidelijk de stabiliteit vermindert. Vanwege het open terrein aan de westzijde is het mogelijk dat de eik daadwerkelijk is belast met de kracht voortvloeiend uit ca. 21-22 m/s (76-79 km/u) windstootsnelheid (ca. 17 m/s gemiddelde windsnelheid).

4. Conclusie & advies

De in juli 2025 berekende veiligheidsfactor is vanwege een verhoogde veiligheidsnorm (2,0 i.p.v. 1,4 in verband met scheefstand en de extra kracht van de overhangende kroonmassa richting het oosten) net voldoende gebleken.

De gemeten kanteling 0,32° terwijl de boom nog kaal is (lagere windweerstandfactor), is meer dan de verhouding van Göcke & Rust waarbij > 0,2° kanteling in windkracht 6 Beaufort een indicatie is dat een boom instabiel is in een storm. Dit komt overeen met observaties van de bewoners waarbij het maaiveld omhoog komt tijdens stormen in de winter (natte grond). Echter, als de windweerstandfactor in de zomer hoger is, is de grond harder en zou de stabiliteit in het groeiseizoen toe kunnen nemen.

Het probleem is dat de aantasting actief blijft, hetgeen bevestigd wordt door de afstervingsverschijnselen in de kroon. De veiligheidsfactor ten opzichte van de berekening in juli 2025 is waarschijnlijk afgenomen. Hoe sterk deze afname is, valt niet af te leiden uit het huidige onderzoek, mede vanwege de verschillende omstandigheden met de periode van het vorige onderzoek.

Het opnieuw uitvoeren van een boomtrekproef in mei 2026 als de boom in blad staat, maar voordat er een kans is op zomerse onweersbuien of een eventuele zomerstorm (juni-september), zal moeten uitwijzen in hoeverre de veiligheidsfactor is afgenomen. Duurzaam behoud van de gekandelaberde monumentale boom is echter vrijwel onmogelijk. Het verder reduceren van de kroon verkleint de kroonoppervlakte en verhoogt de veiligheidsfactor tijdelijk, maar zal tot meer wortelsterfte leiden en is dus niet duurzaam.

Een alternatief is de boom in een keer te reduceren tot 9 à 10 m hoogte (behoud als ecologische houtopstand), zodat er niet langer een risico is voor de openbare ruimte, maar de kans groot is dat de eik (grotendeels) sterft.

In het vertrouwen u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd,

Pius Floris Onderzoek & Advies

ir. D. de Goederen, sr. boomtechnisch adviseur