



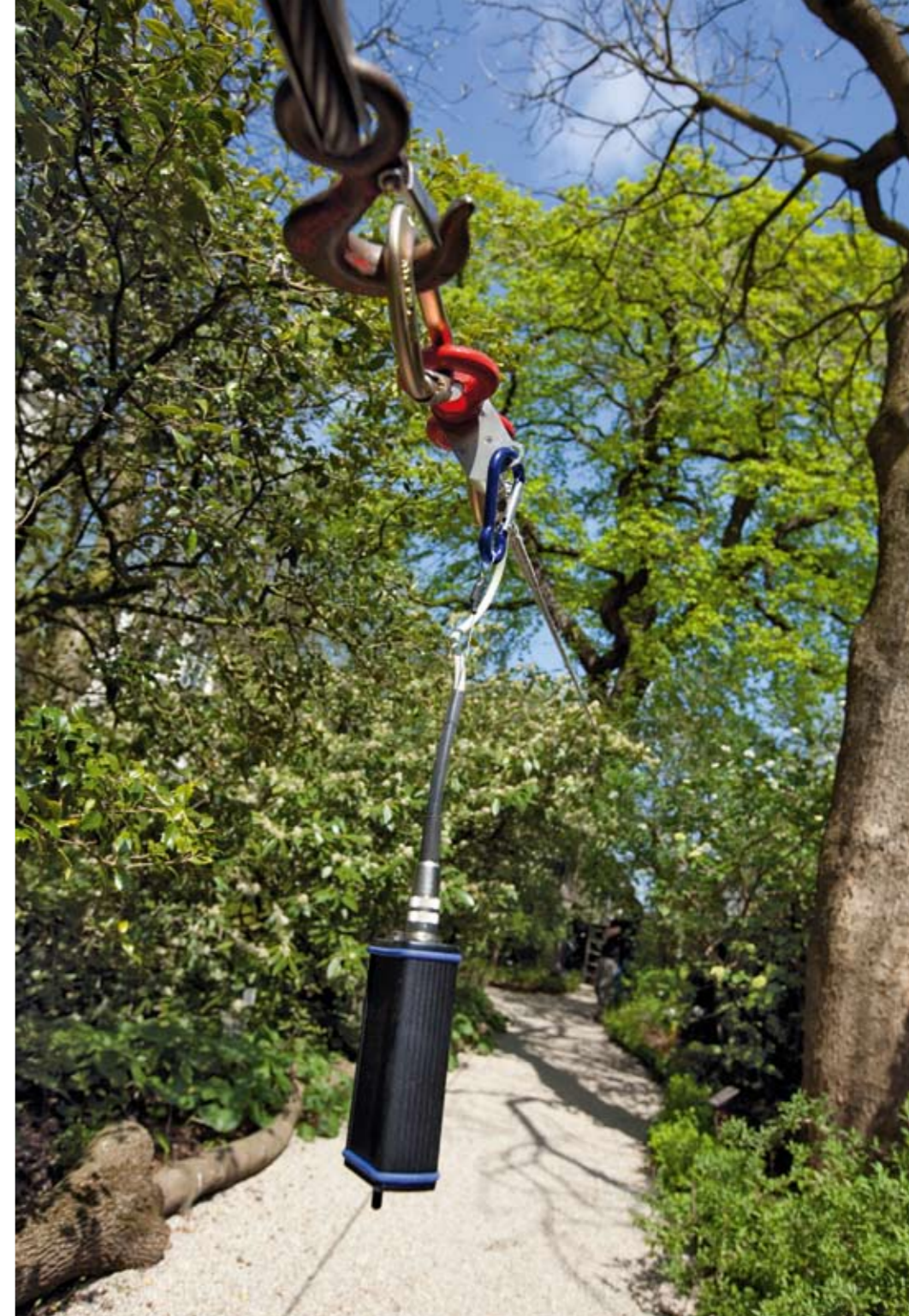
De onderzoeker bevestigt de kabel met een strop aan de boom.



De lier wordt aan een ankerpunt vastgemaakt en de kabel kan op spanning gebracht worden.



De inclinometer (onder) geeft de stabiliteit weer en de elastometer (boven) de breukgevoeligheid.



Tussen de kabel en de lier hangt een krachtmeter die aan de computer doorgeeft welke kracht er op de boom wordt uitgeoefend.

Elastometer schat breukrisico in

Met een stabiliteitsmeting kun je het risico inschatten dat een boom met kluit en al omwaait. Dit zegt echter niets over de breukgevoeligheid van de stam. Met een boomtrekproef volgens de elasto-inclinomethode kun je beide risico's inschatten.

Tekst Peter Bennink / Beeld Gerdien de Nooy, Pius Floris Boomverzorging Amsterdam

Tijdens het noodweer dat deze zomer in het zuiden en oosten van ons land heeft huisgehouden, is eens te meer gebleken welke schade omgewaaide bomen kunnen aanrichten. Het is dan ook belangrijk om vooraf zo goed mogelijk in te schatten of de boom een storm zal overleven. Dat geldt zeker voor bomen die op een plek staan met een hoge gevaarzetting. Bij twijfel kun je een storm simuleren door een trekproef te doen.

Al jaren worden in Nederland trekproeven gedaan met een hoek- of inclinometer om de gevoeligheid voor windworp te meten. Soms zullen bomen echter eerder breken dan omkiepen. Daarom ontwikkelde de Duitse instrumentenmaker Argus Electronic de elastometer die het risico van stambreuk meet.

De elastometer schat in hoeveel de spinthoutvezels uitrekken of samenpersen als er met een lier aan de boom

getrokken wordt. De meter zit vast aan twee spijkers die op een geijkte afstand boven elkaar in het spinthout van de stam zitten. De elastometer bepaalt vervolgens het groter of kleiner worden van de afstand tussen de spijkers als je kracht op de boom zet.

Daar waar de stam sterk is, zal de boom weinig meegeven en zal het spinthout weinig uitrekken of ingedrukt worden. Als de boom een zwakke plek heeft, waar mogelijk een breukgevaar dreigt, zal de meter meer beweging laten zien. De beweging van de stam zegt dus iets over hoe sterk dat gedeelte van de boom is.

Veel factoren

De beweeglijkheid van de stam is niet alleen afhankelijk van de sterkte ervan, maar van nog veel meer factoren. Een

jonge flexibele boom bijvoorbeeld zal al snel een grote uitslag geven op de elastometer terwijl er geen breukgevaar is. Deze methode is daarom minder geschikt voor bomen in de jeugdfase. Ook de boomsoort maakt veel verschil.

Om een goede inschatting te kunnen maken van de betekenis van de metingen zijn er tal van factoren waarmee je bij het meten rekening moet houden. In het computerprogramma waarop de elasto- en inclinometers zijn aangesloten voer je daarom allerlei data in die van belang zijn voor het inschatten van het risico op stambreuk en windworp bij die specifieke boom.

Corylus colurna

In het artikel over de elektrische weerstandsmograaf in T&L 10 is een 220 jaar oude *Corylus colurna* besproken in de Hortus Botanicus in Amsterdam. Het wortelgestel van deze boom is aangetast door de reuzenzwam (*Meripilus giganteus*). Het advies van Dennis de Goederen, boomtechnisch adviseur bij Pius Floris Boomverzorging Amsterdam, was om een trekproef inclino-elastomethode te doen. Om de stabiliteit van de hazelaar te bepalen zijn dus zowel de windworp-

gevoeligheid met inclinometers gemeten als de breukgevoeligheid met meerdere elastometers.

Om een zo goed mogelijke analyse van het risico op breuk en windworp te maken voer je de gegevens van de boom in, deze zijn terug te vinden op het blad 'Wind Load Analysis' (blad 1 op pagina 38). De boomsoort, de omvang van de stam, de dikte van de schors, de hoogte van de boom en de omvang, vorm en hoogte van de kroon.

Het computerprogramma heeft een database waarin de houteigenschappen van honderden boomsoorten staan. Daarbij gaat het om factoren als elasticiteit en druksterkte. Hoewel van veel soorten de gegevens bekend zijn is de *Corylus colurna* een soort die niet in de database staat. Daarom is gekozen voor een vergelijkbare boom, in dit geval een *Tilia*. Aan de hand van deze kenmerken en de gegevens over de omvang van de boom kan het programma berekenen wat een toelaatbare beweging in de stam zou zijn als je er een bepaalde kracht op uitoefent.

Naast gegevens over de boom zijn ook de omgevingsfactoren van groot belang. Je vult daarom gegevens in over de blootstelling van de boom aan wind. De

Corylus in de hortus botanicus staat in het centrum van Amsterdam waardoor de windbelasting, ook tijdens een storm beperkt zal blijven. Als de gegevens van de boom zijn verwerkt kan de proef beginnen. De inclinometers worden zo laag mogelijk op de stam geplaatst: één in noordelijke richting en één in zuid-zuidwestelijke richting. Ook de elastometers worden op hun plaats gezet.

In het voorbeeld van de *Corylus colurna* is ervoor gekozen om de breukgevoeligheid van de wortelaanzetten te meten

in plaats van de stam. Omdat de reuzenzwam het wortelgestel aantast, bestaat het gevaar dat de boom in een deel van de wortelkluit steun verliest, waardoor op de tegenoverliggende stabiliteitswortels en wortelaanzetten teveel spanning komt te staan.

De trekkabel is op 8 m hoogte bevestigd en de trekkracht is in zuidelijke richting uitgeoefend. Er zijn drie elastometers gebruikt, één op een wortelaanzet in zuidelijke richting, één in noordelijke richting en één in oostelijke richting. ▶

Op het blad 'Calculated Fracture Stability' (2) zijn de meetresultaten van de breukgevoeligheidstest te zien. In de grafiek staan de meetgegevens van de drie elastometers. Het rode vlak geeft het gebied aan waarin stambreuk bij windkracht 12 te verwachten is. Het groene vlak geeft het veilige gebied aan met een marge groter dan 50%. De tussenliggende zone is de veiligheidsmarge die nodig is om windstoten tijdens een zware storm te kunnen doorstaan. Zoals in de grafiek

maar ook in de tabel 'Breaking Stability' eronder te zien is, heeft de wortelaanzet die aan de noordkant van de boom zit, de meeste kans op breuk (gele lijn, gele elastometer). Deze meter geeft immers de laagste veiligheidsfactor aan van 1,61 waarbij 1 het veronderstelde breekpunt is en 1,5 als veilig minimum wordt aangehouden. De resultaten van de inclinomethode staan op het blad 'Calculated Tipping Stability' (3) weergegeven. Eén inclinometer

is aan de noordzijde van de boom geplaatst en één aan de zuid-zuidwestkant van de boom. Het grootste kiepgevaar is naar de richting zuid-zuidwest. Dit resultaat is in lijn met de verwachtingen. „De inclinometer laat zien dat de zuid-zuidwestelijke wortelaanzet het zwakste punt is. Bij eerder technisch onderzoek hadden we al gezien dat deze wortelaanzet deels is afgestorven. Door deze zwakke plek komt er meer spanning te staan op de noordelijke wortelaanzet waardoor

er daar een grotere kans op breuk is, wat overeenkomt met de resultaten van de elastometing”, aldus De Goederen.

Typisch beeld

De breukveiligheid van de wortelaanzetten is ongeveer gelijk aan de standvastheid (marge ten opzichte van windworp). Een typisch beeld, volgens de onderzoeker voor bomen die reageren op een parasitaire schimmel die het wortelgestel aantast.

Het overgebleven wortelgestel blijkt voldoende sterk te zijn om de boom in de huidige vorm te kunnen behouden. De veiligheidsmarge tijdens een storm met windkracht 11 à 12 Bft is net voldoende in zuidelijke richting.

Het advies is om de boom voorlopig twee maal per jaar visueel te controleren, in oktober om het aantal vruchtlichamen te zien en in juni om de conditie te kunnen bepalen en na uiterlijk drie jaar weer een stabiliteitsmeting te doen. ■

1

Wind Load Analysis analogous to DIN 1055-4

Project	Site	Tree Number	8
Project Name: Hortus botanicus	Plantage parklaan 2a		
Project Number: 10/	1111 Amsterdam, Holland		
Test Date: 10.06.2010	Altitude a. sea level: 0 m		

Tree Data	Applied Material Properties
Tree Species: Corylus colurna	as for: Tilia x vulgaris
Stem circumference: 302 cm	Source: Stuttgart
Stem Diameter in 1m height: 97 cm	Compressive Strength: 17 MPa
Bark Thickness (1m): 2 cm	Modulus of Elasticity: 4500 MPa
Tree Height: 18,5 m	Limit of Elasticity: 0,38 %
	Green Density: 0,84 g/cm³

Crown Outline	Load Direction : south
	Surface Area Analysis
	Crown Base: 4,3 m
	Effective Height: 12,8 m
	Total Surface Area: 206 m²
	Applied Structural Parameters
	Drag Factor: 0,3
	Eigenfrequency: 0,57 Hz
	Damping Ratio: 0,6
	Form Factor for Dead Weight: 0,8
	Applied Site Parameters
	Windzone: D 1
	Speed of Applied: 22,5 m/s
	Design Wind Speed: 22,5 m/s
	Air Density: 1,29 kg/m³
	Roughness Category: City
	Exponent for Wind Profile: 0,3
	Proximity Factor for Effects in Near Ground Wind Flow: 1,3
	Factor for Crown Exposure: 0,9

Results	
Wind Load Analysis	Tree Static Analysis
Mean Wind Pressure: 12,6 kN	Dead Weight Tree: 8,4 t
Gust Reaction Factor: 3,1	Critical Degree of Hollowness: 88 %
Load Centre: 11 m	Critical Residual Wall Thickness: 6 cm
Torsion Moment: 22 kNm	Assuming an Uncompromised Residual Wall
Design Wind Load: 431 kNm	Basic Safety Factor: 3,1

General

Comments

Brudi & Partner TreeConsult for Pius Floris Boomverzorging, Amsterdam © ArboSafe

2

Calculated Fracture Stability according to Pull Test

Tree Data	Tree Number	8
Project: Hortus botanicus	Date: 10.06.2010	
Tree Species: Corylus colurna		

Setup Pulling Test	Measurement No.	1
Height of the Stem Anchor: 8 m	Load Direction: south	
Rope Angle: 15,4 °		

Graphic Display (test data and best linear fit)

Elastometer Measurement	in	90	91	92
Measurement Height	m	0,35	0,25	0,1
Position		s	n	e
Stem Diameter 1	cm	112	112	119
Stem Diameter 2	cm	112	112	119
Bark Thickness (1m)	cm	1	0,5	0,5

Breaking Stability (derived from the gradient of the best linear fit)

Safety Factor	2	1,61	3,73
---------------	----------	-------------	-------------

Control Value

Coefficient of Determination R²	0,9986	0,9988	0,9966
Residual Stiffness	%	38	30,3
Degree of Hollowness	%	85,3	88,7
Compression originating from			
Dead Weight	%	1,8	2,3
Substitute Load	%	14,5	15,2

Brudi & Partner TreeConsult for Pius Floris Boomverzorging, Amsterdam © ArboSafe

3

Calculated Tipping Stability according to Pull Test

Tree Data	Tree Number	8
Project: Hortus botanicus	Date: 10.06.2010	
Tree Species: Corylus colurna		

Setup Pulling Test	Measurement No.	1
Height of the Stem Anchor: 8 m	Load Direction: south	
Rope Angle: 15,4 °		

Graphic Display (test data and best fit to tipping curve)

Inclinometer Measurement	80	81
Position	n	ssw

Tipping Stability (based on Generalized Tipping Curve)

Safety Factor	1,81	1,55
---------------	-------------	-------------

Control Value

Standard Deviation	%	1,39	0,98
Substitute Load	%	15,2	15,2
Load Direction at Inclinometer		y-Axis	y-Axis

General for Pull Test

Consultant: D. de Goederen
Witness / Assistant: D. Molenaar

Measurement Comments

Brudi & Partner TreeConsult for Pius Floris Boomverzorging, Amsterdam © ArboSafe