

RAPPORTAGE

Stabiliteitsonderzoek bij zes bomen na graafwerkzaamheden aan de Schuttersveld te Leiden

COLOFON

Opdrachtgever:

Gemeente Leiden
De heer R. Vermeulen

Controle:

De heer ing. A.M. Mol

Opdrachtnemer:

Terra Nostra

Projectnummer:

231.5744

Boomtechnisch adviseur:

De heer L. Boender BSc

Datum:

23 maart 2022

INLEIDING.....	3
1. ALGEMENE GEGEVENS	4
1.1 SITUERING BOMEN	4
1.2 BOOMGEGEVENS	7
2. RESULTATEN ONDERZOEK.....	10
3. ANALYSE EN CONCLUSIE	14
4. ADVIES.....	16
GERAADPLEEGDE LITERATUUR.....	17
BIJLAGE 1: METHODE VAN ONDEZOEK	18
BIJLAGE 2: RAPPORTBLADEN TREKPROEF.....	19

INLEIDING

In opdracht van de gemeente Leiden is door Terra Nostra BV op 16 maart 2022 een stabiliteitsonderzoek bij vijf Canadese populieren (*Populus x canadensis*) en één Huntingdon-iep (*Ulmus x hollandica* 'Vegeta') uitgevoerd.

Aanleiding en doel

Aanleiding voor dit onderzoek zijn graafwerkzaamheden binnen de kroonprojectie van de bomen. Daarbij is visueel wortelschade vastgesteld aan wortels met een diameter tot 12 cm. Door het grote formaat van de beschadigde wortels en de zuidwestzijde waar dit gebeurt is zijn er twijfels over de stabiliteit.

Doel van het onderzoek is het bepalen of de stabiliteit van de zes bomen nog voldoende is middels het uitvoeren van trekproeven. Aan de hand van de resultaten uit het stabiliteitsonderzoek is beoordeeld of veilig en duurzaam behoud mogelijk is. Eventueel benodigde beheermaatregelen zijn als advies geformuleerd.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 zijn de algemene project- en boomgegevens opgenomen. De resultaten van het onderzoek zijn in hoofdstuk 2 verwerkt. In hoofdstuk 3 vindt u de analyse en conclusie, het advies in hoofdstuk 4. Als bijlage zijn een literatuurlijst, de methode van onderzoek en de rapportbladen van de trekproef toegevoegd.

Heeft u naar aanleiding van dit rapport nog vragen of opmerkingen?

U kunt contact opnemen met boomtechnisch adviseur Luuk Boender via het telefoonnummer 0184 – 698993 of per mail info@terranostra.nu.

Terra Nostra BV
Bleskensgraaf

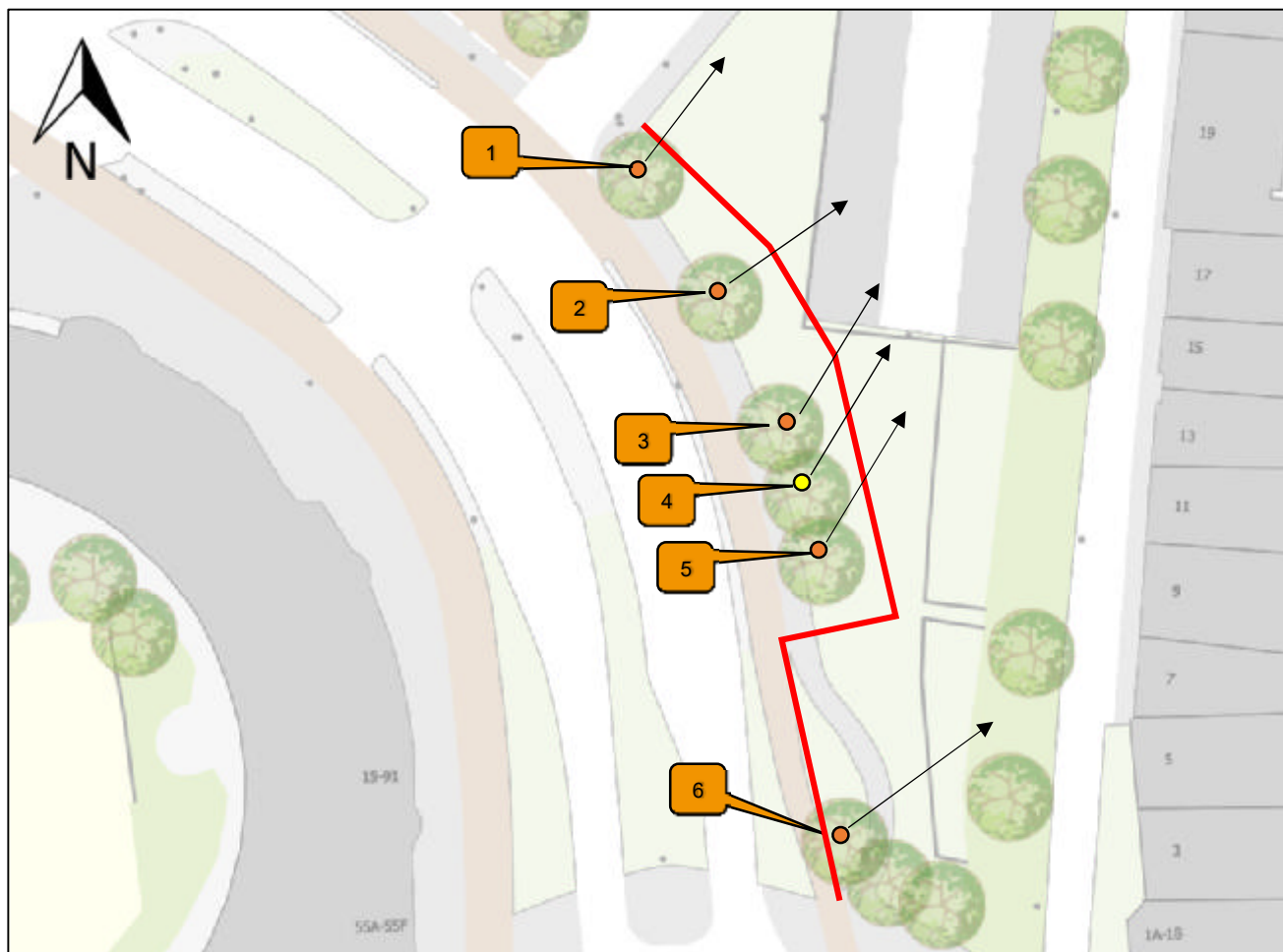


Henry Kuppen
Directeur

1 ALGEMENE GEGEVENS

1.1 Situering bomen

Op figuur 1 is de locatie van de zes onderzochte bomen aan het Schuttersveld weergegeven. De gebruikte boomnummering is bij de bomen weergegeven. Naar deze nummering is in de gehele rapportage verwezen. Op foto 1 op pagina 5 is een impressie van de bomen gegeven. Op foto's 2 tot en met 5 is een beeld van de graafschade gegeven.



Figuur 1: Locatie van de 5 Canadese populieren (oranje stip) en de Huntingdon-iep (gele stip) aan het Schuttersveld, de boomnummering is per boom aangegeven. Met een dunne zwarte pijl is de trekrichting per boom aangegeven. De rode lijn geeft indicatief aan waar het tracé gegraven is.



Foto 1: Beeld van de 6 onderzochte bomen aan het Schuttersveld. Het boomnummer is bij de betreffende boom weergegeven.

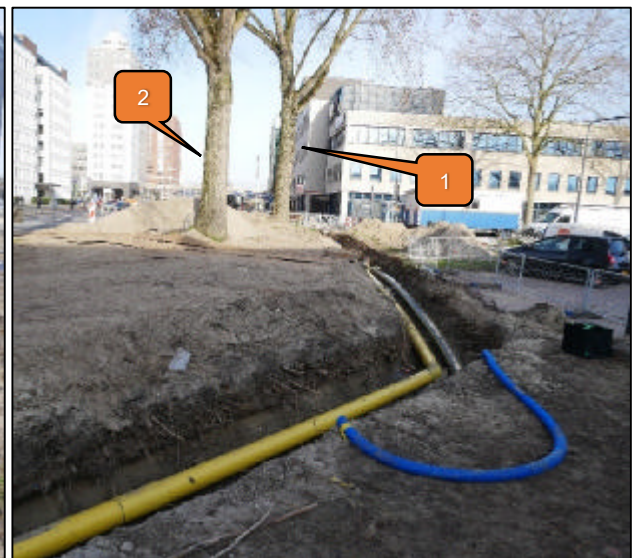


Foto 2 en 3: Links een beeld van de ontgraving bij boomnummer 1. Rechts een beeld van de ontgraving langs boomnummers 1 en 2.



Foto 4: Een beeld van de ontgraving langs de boomnummers 4 en 5.

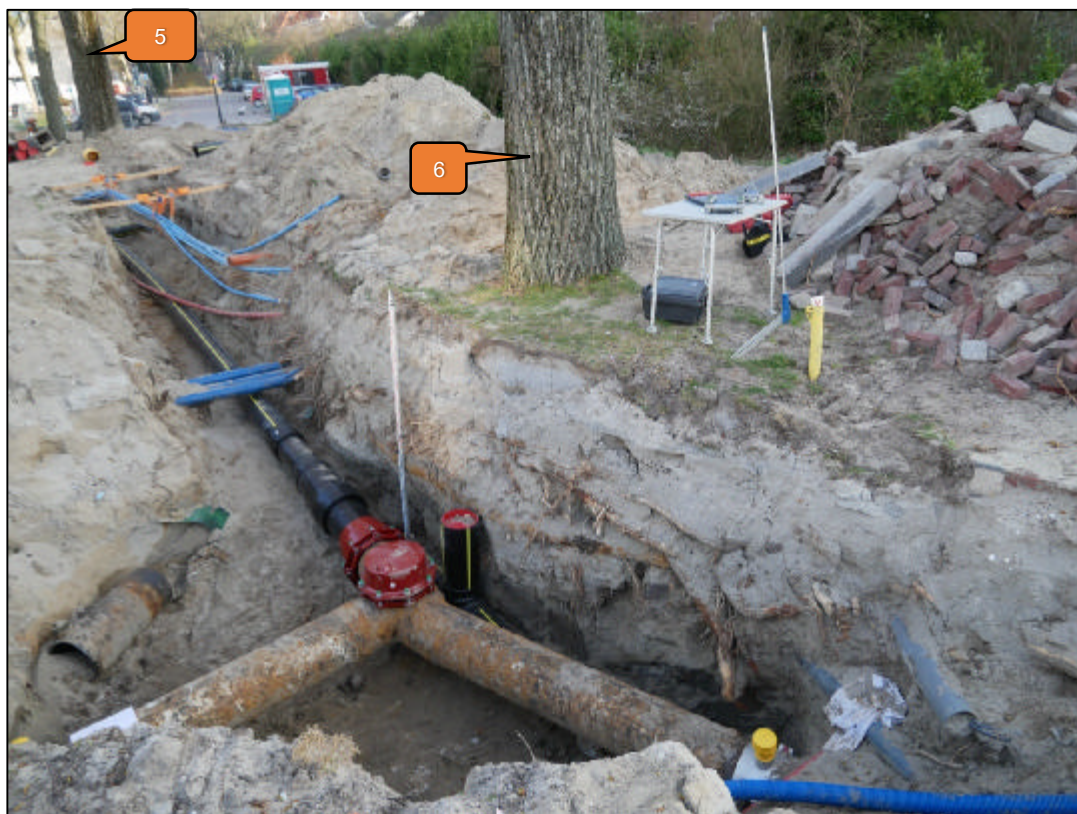


Foto 5: Een beeld van de ontgraving bij boomnummer 6 op 130 cm uit het hart van de stamvoet.

1.2 Boomgegevens

Het onderzoek is begonnen met opnemen van de algemene boom gegevens. De gegevens en boomtechnische gebreken zijn in tabel 1 verwerkt. Op foto's 6 tot en met 13 zijn voorbeelden van de aangetroffen wortelschade weergegeven.

Boom nummer	Boomsoort	Stam diameter (1 m +mv)	Boom hoogte	Conditie (conform Roloff)	Bijzonderheden
1	Canadese populier	94 cm	27,6 m	Verminderd	• Ontgraving op 217 cm uit het hart van de stamvoet aan de NO-zijde.
2	Canadese populier	91 cm	27,7 m	Verminderd	• Ontgraving op 516 cm uit het hart van de stamvoet aan de NO-zijde; • Maaiveld afgegraven oostzijde; • Opslag zand aan de NW-zijde tot aan de stamvoet; • 2 losse takken in de kroon.
3	Canadese populier	90 cm	27,4 m	Verminderd	• Ontgraving op 724 cm uit het hart van de stamvoet NO-zijde; • Maaiveld afgegraven NO-zijde.
4	Huntingdoniep	44 cm	18,0 m	Verminderd	• Ontgraving op 575 cm uit het hart van de stamvoet aan de NO-zijde; • Maaiveld afgegraven NO-zijde; • Ontbrekende wortelaanlopen.
5	Canadese populier	95 cm	28,5 m	Verminderd	• Ontgraving op 490 cm en 520 cm uit het hart van de stamvoet aan de O en ZO-zijde; • Maaiveld afgegraven NO-zijde.
6	Canadese populier	82 cm	25,8 m	Verminderd	• Ontgraving op 130 cm uit het hart van de stamvoet aan de ZW-zijde.

Tabel 1: Overzicht van de algemene boomgegevens.



Foto 6 en 7: Links een beeld van wortelschade bij boom 1. Rechts een beeld van de wortelschade bij boom 2. Beschadigde stabiliteitswortels met een Ø >5 cm zijn met gele pijlen aangeduid.



Foto 8 en 9: Links een beeld van de beschadigde wortels van boomnummer 3. Beschadigde stabiliteitswortels met een $\varnothing > 5$ cm zijn met gele pijlen aangeduid. Rechts wortelrestanten aangetroffen bij de stamvoet van boomnummer 4.



Foto 10 en 11: Links en rechts een beeld van de wortelschade bij boomnummer 5. Beschadigde stabiliteitswortels met een $\varnothing > 5$ cm zijn met gele pijlen aangeduid.



Foto 12 en 13: Links en rechts een beeld van de wortelschade bij boom 6. Beschadigde stabiliteitswortels met een $\varnothing > 5$ cm zijn met gele pijlen aangeduid.

2 RESULTATEN ONDERZOEK

Uitvoering stabiliteitsmetingen

De zes bomen zijn middels een trekproef beoordeeld. Alle bomen zijn zoveel mogelijk in noordoostelijke richting beproefd in het verlengde van de overheersende zuidwestelijke windrichting. Bij alle bomen zijn op de stamvoet twee inclinometers geplaatst om zowel de kieprichting als een eventuele draaiende beweging van de wortelkluit te kunnen registreren. Op de stam zijn steeds twee elastometers geplaatst om de buiging van het stamhout te registreren. Op foto's 14 tot en met 19 zijn de plaatsing van de sensoren weergegeven.



Foto 14 en 15: Links een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 1. Rechts een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 2. De inclinometers zijn met cirkels de elastometers zijn met pijlen aangeduid. De kleurcodering correspondeert met de kleurcode in tabel 2.

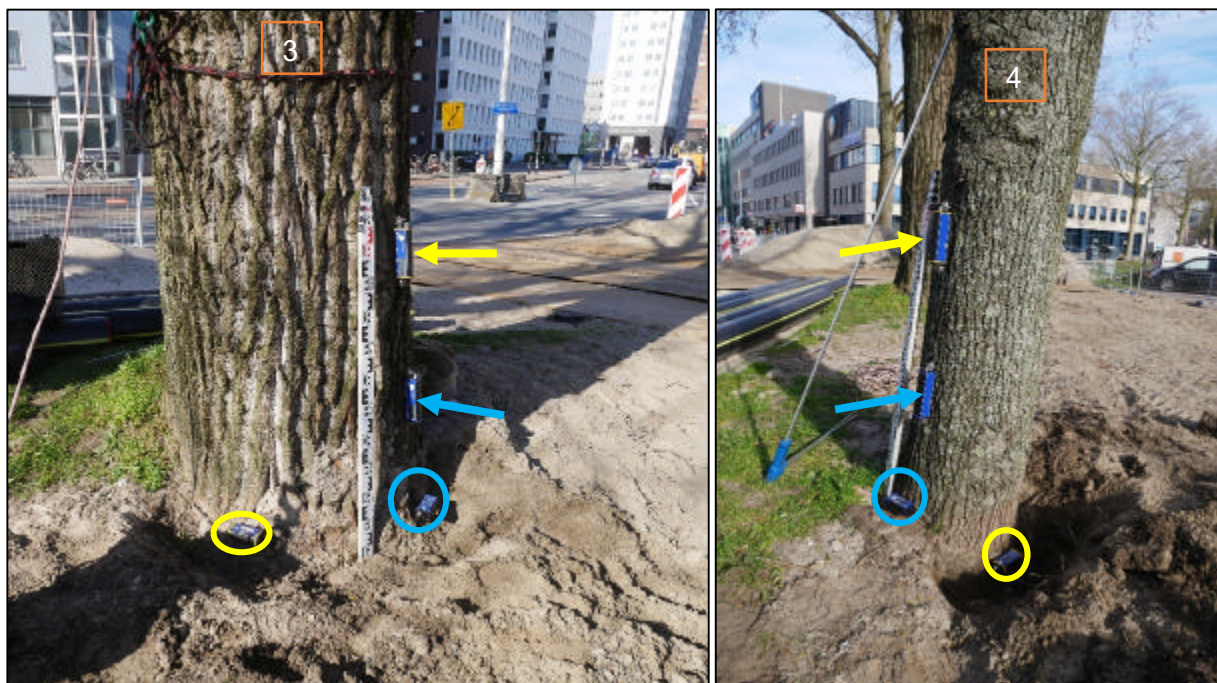


Foto 16 en 17: Links een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 3. Rechts een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 4. De inclinometers zijn met cirkels de elastometers zijn met pijlen aangeduid. De kleurcodering correspondeert met de kleurcode in tabel 2.



Foto 18 en 19: Links een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 5. Rechts een beeld van de sensorplaatsing bij boomnummer 6. De inclinometers zijn met cirkels de elastometers zijn met pijlen aangeduid. De kleurcodering correspondeert met de kleurcode in tabel 2.

Uitgangspunten en parameters analyse

Na het vastleggen van de ruwe data is een windbelastingsanalyse gemaakt. Uitgangspunt hierin is het doorrekenen van het 'worst case' scenario, de situatie zomerstorm in de nazomer. De belangrijkste parameters hierin zijn:

- Boomsoort specifieke materiaaleigenschappen voor '*Populus x canadensis*' en voor Huntingdon- iep de materiaaleigenschappen van '*Ulmus glabra*';
- Windweerstandsfactor (Cw-waarde) '0,25';
- Vormfactor eigengewicht '0,8';
- Terreincategorie 'Stad', met een omgevingsfactor van '1,2';
- De standaard expositiefactor van 1,0 voor bomen die volledig aan wind worden blootgesteld is verlaagd. Afhankelijk van de afscherming door andere bomen is deze factor teruggebracht van factor 1,0 tot maximaal factor 0,7.
- Windzone 2 conform de Nederlandse Eurocode voor windbelasting; NEN_EN_1991-1-4/NB, met een ontwerp windsnelheid van 27,0 m/s.
- Luchtdichtheid bij een temperatuur van 10° Celsius, 1,24 kg/m³.

Resultaten

In tabel 2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de trekproef. Per boom is de basisveiligheidsfactor weergegeven die is berekend op basis van boomsoort specifieke eigenschappen, stamdiameter, boomhoogte en windbelastingsprofiel. Deze waarde geldt als referentie voor de veiligheidsfactor stabiliteit en breuksterkte.

Van boomnummer 4 is de basisveiligheidsfactor lager dan 1. Voor deze boom is bij analyse doorslaggevend, in hoeverre gemeten veiligheidsfactoren afwijken van de betreffende (lage) basisveiligheidsfactor.

Veiligheidsfactoren stabiliteit en breuksterkte zijn doorgerekend aan de hand van het windbelastingsprofiel en geregistreerde data tijdens de trekproef. Waarden lager dan 1,0 zijn in rood weergegeven, veiligheidsfactoren tussen 1,0 en 1,5 in blauw. Waarden hoger dan 1,5 zijn in zwart weergegeven.

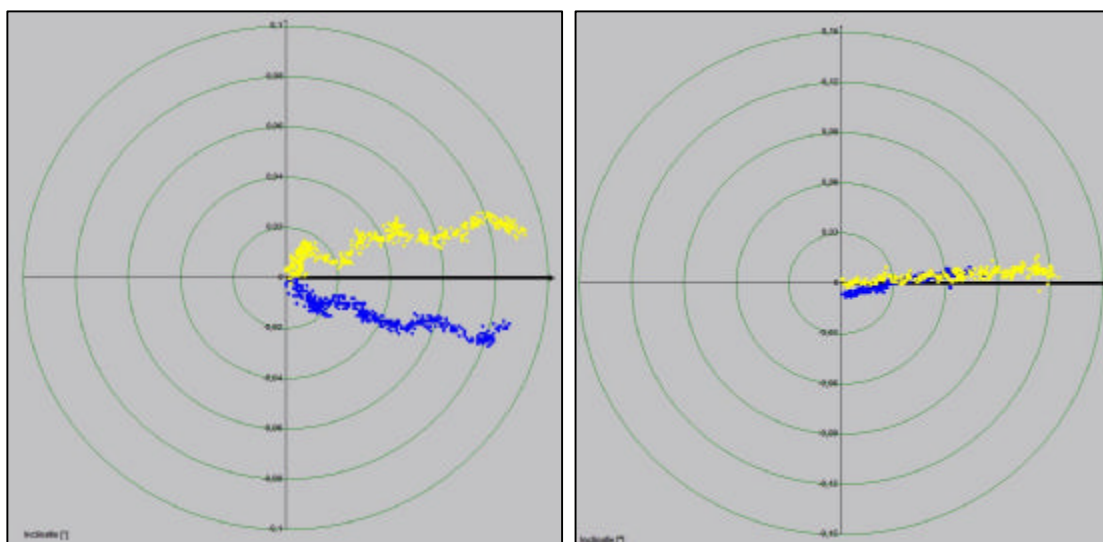
Als waarden lager zijn dan 1,0 is de berekende stabiliteit of breuksterkte lager dan benodigd om het doorgerekende scenario te doorstaan. Als de waarde in het bereik tussen 1,0 – 1,5 (of hoger) ligt is een hoeveelheid reserve aanwezig, de Eurocode hanteert een veiligheidsfactor van 1,5. Afgezien van de interpretatie van rekenkundige veiligheidsfactoren geeft onderstaande tabel een beeld van het aantal bomen met een (te) lage stabiliteit en/of breuksterkte.

Boom nummer	Boomsoort	Meting #	Basisveiligheids-factor	Veiligheidsfactor			
				Stabiliteit		Breuksterkte	
			Kleurcode sensor			50 cm	100 cm
1	Canadese populier	1	1,5	1,26*	1,19	2,07	1,61
		2		1,45	1,24	2,1	1,64
		3		1,45	1,23	2,04	1,59
2	Canadese populier	1	1,9	2,06	1,51	3,07	3,27
		2		1,97	1,57	2,96	3,02
3	Canadese populier	1	2,0	2,59	1,98	3,28	3,72
		2		2,98	2,04	3,03	3,49
4	Huntingdon-iep	1	0,9	0,95	0,96	1,5	1,61
		2		0,95	0,99	1,49	1,62
5	Canadese populier	1	1,5	1,14	1,19	1,87	2,41
		2		1,18	1,17	1,95	2,40
6	Canadese populier	1	1,6	2,01	1,41*	2,89	2,95
		2		1,98	1,48	2,74	2,79
		3		2,01	1,50	2,75	2,78

Tabel 2: Overzicht veiligheidsfactoren stabiliteit en breuksterkte per gemeten boom.)

* sensor laat een grotere restscheefstand dan normaal zien na de meting

Boomnummers 1 en 6 waarbij de graafwerkzaamheden het meest dicht bij de stamvoet hebben plaatsgevonden, laten na de eerste meting een restscheefstand van de stamvoet zien. Dit duidt erop dat de stamvoet na de eerste meting niet direct terugkomt in de beginpositie. Verder is bij deze bomen een slingering van de stamvoet in de trekrichting vastgesteld. Hoewel er verschil is in de mate van slingering is ook bij boomnummer 6 sprake van afwijkend kantelgedrag. Op figuur 2 en 3 op pagina 13 is de slingering zichtbaar op een bovenaanzicht.



Figuur 2 en 3: Links een bovenaanzicht van de kanteling bij boomnummer 1 en rechts van boomnummer 2. De gele en blauwe punten komen overeen met de data geregistreerd door de bijbehorende inclinometers zoals zichtbaar op foto 14 en 19. De zwarte pijl geeft de trekrichting aan.

Analyse

De zes bomen aan het Schuttersveld zijn beproefd middels een trekproef om inzichtelijk te maken wat de gevolgen van de graafwerkzaamheden zijn op de stabiliteit. Vanuit de huidige gegevens kan daaruit opgemaakt worden dat er sprake is van verlies aan stabiliteitsreserve. In een normale situatie waarbij zowel stam als wortelgestel goed functioneren komen de veiligheidsfactor voor stabiliteit en breuksterkte nagenoeg overeen. Wat de huidige gegevens laten zien is dat de stabiliteit aanmerkelijk lager is dan de breuksterkte. Deze afname is bij boomnummers 1, 5 en 6 het grootst. Kijkend naar de overcapaciteit ten aanzien van het doorgerkende scenario, situatie zomerstorm (factor 1), dan is de overcapaciteit bij het boomnummer 1 en 5 beperkt. Van een ruime overcapaciteit is echter geen sprake wat deze twee bomen gevoelig maakt bij eventuele verdere schade.

De Canadese populieren met boomnummer 2 en 3 laten ondanks het verschil in veiligheidsfactoren tussen stabiliteit en breuksterkte nog ruim voldoende overcapaciteit zien.

De Huntingdon-iep met boomnummer 4 laat in de basis al een lage basisveiligheidsfactor zien. Deze waarde wordt bij de veiligheidsfactor voor stabiliteit net gehaald. Dit duidt erop dat de minimale theoretische stabiliteit nog aanwezig is. In vergelijking met de nog aanwezige breuksterkte is er sprake van een duidelijk verschil, wat aangeeft dat van stabiliteitsreserve niet langer sprake is.

Ten aanzien van de ontstane wortelschade is met name het wondoppervlak van de verschillende wortels met grotere diameter (>5 cm) door inscheuren groot geworden. Deze wortels vormen een invalspoort voor inrotting en daarmee op de langere termijn (circa 10 jaar) voor rotting tot in de stamvoet. Gelet op de graafafstand geldt dit met name voor de boomnummers 1, 5 en 6. Omdat bij deze bomen ook al de stabiliteit het meest is aangetast zijn de consequenties gedurende de komende tien jaar extra groot.

Verder is het gehele doorwortelde pakket tot aan het grondwater doorgraven. Omdat juist aan de noordoostzijde een grasstrook en heesterbeplanting aanwezig is, heeft de schade een effect op de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen voor de bomen 1 tot en met 5. Het percentage wortelverlies is berekend op basis van de open groeiplaats (gazon) dat door de bomen gebruikt kan worden. Daarbij is het wortelverlies bij boomnummer 1 tussen de 50-60% van het totale volume. Herstel is bij dit volumeverlies niet meer mogelijk en zal een reactie in de kroon geven in de vorm van afsterven van takken en/of hele kroondelen. Bij het beoordelen van de wortelschade geldt vanuit de NVTB-taxatiemethode¹ dat een boom met >45% wortelschade als verloren verklaard wordt.

Voor de bomen 2, 3, 5 is het wortelverlies op 35-40% van het totale volume beoordeeld. Bij boomnummer 4 en 6, ligt het volumeverlies tussen de 20-30%. Herstel van de beworteling is bij deze 5 bomen na het dichtgooien van de sleuf wel mogelijk en kan middels groeiplaatsverbeterende maatregelen worden gestimuleerd. Voor boomnummer 6 geldt dat aan de minder doorwortelde zijde (fietspad) is gegraven waardoor het effect op de opnamewortels minder groot is. Inrotting van stabiliteitswortels vindt echter onverminderd plaats.

Vernomen is dat er aan de noordoostzijde een fietspad aangelegd moet worden en dat hier al een Bomen Effect Analyse (BEA) voor is gemaakt. Gezien de huidige ontstane wortelschade is een herbeoordeling van de impact op de bomen en het eventueel aanscherpen van de werkwijze noodzakelijk.

¹ De Richtlijnen NVTB versie 2019 kunnen worden gedownload van de site www.boomtaxateur.nl.

Conclusie

Op basis van de trekproeven kan stabiliteitsverlies bij met name boomnummer 1, 5 en 6 geconcludeerd worden. Ten aanzien van het doorgerekende scenario is er nog voldoende overcapaciteit en daarmee is van een verhoogd risico op windworp geen sprake. De ontstane wortelschade is bij boomnummer 1 het grootste met een verlies van 50-60%. Deze hoeveelheid wortelverlies maakt dat de schade onherstelbaar is, op basis van de NVTB-taxatie methode dient de boom daarmee als verloren te worden beschouwd.

Voor de overige bomen 2 tot en met 6 geldt dat er met name op de langere termijn (circa tien jaar) effecten op de bomen zijn waardoor op dit moment actie nodig is om hergroei van wortels te stimuleren.

In het advies is ingegaan op de benodigde maatregelen ten aanzien van het verdere beheer.

Op basis van het huidige onderzoek is boomnummer 1 niet langer te behouden. Voor de overige bomen zijn extra beheermaatregelen noodzakelijk die zorgen dat de impact van de ontgraving afneemt en dat de boom gestimuleerd wordt om nieuwe wortels te gaan vormen. Onderstaand zijn de maatregelen puntsgewijs beschreven.

Wondverzorging van de beschadigde wortels

De wortels welke op dit moment beschadigd zijn tijdens de werkzaamheden dien zo spoedig mogelijk verzorgd te worden om het wondoppervlak te verminderen. Ingescheurde en afgetrokken wortels hebben verhoudingsgewijs een groot wondoppervlak dat door wondverzorging sterk gereduceerd kan worden. Wortels worden haaks afgezaagd of gesnoeid om het wondoppervlak te verkleinen. Dit maakt wel dat ingescheurde wortels zo goed als mogelijk ingenomen worden tot het punt dat de inscheuring begint. Aandachtspunt is daarbij dat er geen aanvullende wortelschade veroorzaakt wordt bij het vrijgraven van de betreffende wortel. De maatregel uitvoeren door een ter zake deskundige met minimaal European Tree Worker certificaat.

Stimuleren van de wortelgroei

De wortelgroei en hergroei dient gestimuleerd te worden in april/mei 2022 en nogmaals in april/mei 2024 door de bodem te injecteren met vloeibare voedingsstoffen. Dit dient onder de gehele kroonprojectie te gebeuren om zo wortelgroei zowel richting de buitenzijde van de kroonprojectie te stimuleren als voedingsstoffen direct opneembaar te hebben in de bestaande kluit.

Verhoogde inspectie frequentie

Als gevolg van de wortelschade neemt de gevaarstelling de komende jaren toe wat maakt dat deze 6 bomen de komende jaren als attentieboom beheerd moeten worden. Wat inhoudt dat de inspectie frequentie naar jaarlijks verhoogd moet worden.

Herhaling stabiliteitsonderzoek

Om verder verlies van stabiliteit of juist herstel aan de hand van de genomen maatregelen te beoordelen is een herbeoordeling middels trekproef noodzakelijk in 2025. Daarbij is gebruik van dezelfde trekrichtingen en sensorposities noodzakelijk om de resultaten te kunnen vergelijken.

Boomnummer 1

Deze populier heeft op basis van het verlies aan wortelvolumen geen kans meer om zich te herstellen. De gevolgen van het wortelverlies zullen zich uitten in afsterven van takken en kroondelen. Het eventueel uitvoeren van snoei ter behoud van de boom zal neerkomen op het volledig kortzetten van de boom waarbij alle bladmassa verloren gaat. Voor deze vorm van snoei geldt net als voor kap een vergunningsplicht. Snoei zal verder tot een sterke verhoging van de beheerkosten leiden. Deze beheerkosten worden gevormd door jaarlijkse boomveiligheidscontroles, het iedere 3-4 jaar opnieuw volledig snoeien van de kroon en herhaling de trekproeven iedere 3 jaar om de stabiliteit opnieuw te bepalen. Daarbij is ondanks de maatregelen de resterende levensduur beperkt tot 5-10 jaar. Het advies is vanuit boomtechnisch en beheermatig oogpunt om deze populier te vervangen binnen 6 maanden en herplant uit te voeren.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Boeken

- Butin, H. (2011, 4. Auflage). *Krankheiten der Wald- und Parkbäume*. Stuttgart, Deutschland: Eugen Ulmer KG.
- Janssen, i. J. (2013, 5e geheel herzien druk). *Stadsbomen Vademecum 4: Boomsoorten en gebruikswaarde*. Arnhem, Nederland: IPC Groene Ruimte.
- Mattheck, K., & e.a. (2014, 1. Auflage). *Die Körpersprache der Bäume: enzyklopädie des Visual Tree Assessment*. Karlsruhe, Deutschland: Karlsruher Institut für Technologie - Campus Nord.
- Roloff, A. (2001). *Baumkronen: Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens*. Stuttgart: Ulmer.
- Sinn, G. (2003). *Baumstatik: Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen an Strassen, in Parks und der freien Landschaft*. Braunschweig, Deutschland: Thalacker Medien.
- Wessolly, L., & Erb, M. (2014). *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Berlin-Hannover, Deutschland: Patzer Verlag.

Digitale publicaties

- Klugt van der, B. (2020). Richtlijnen NVTB 2019. In (pp. 26). Grou, Nederland: Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen.

BIJLAGE 1: METHODE VAN ONDEZOEK

Algemeen

De trekproef wordt ingezet om de stabiliteit en/of de breukvastheid van bomen te bepalen. De methodiek heeft een wetenschappelijke basis: als een boom bij een belasting van 40% van een kracht niet verder uit het lood komt dan $0,25^\circ$, dan is de boom sterk genoeg om 100% van die kracht te doorstaan (Wessolly & Erb, 1998: Baumstatik). De methode is uitgebreid met de klassieke sterkteberekening voor houtstructuren, met het verschil dat er parameters voor levend houtweefsel worden toegepast.



Werkwijze

De stabiliteit en/of breukvastheid van een boom wordt op gecontroleerde wijze getest:

- Met behulp van een lierkabel wordt een kracht op de boom uitgeoefend. De kracht op de lierkabel wordt geregistreerd met een elektronische krachtopnemer.
- Tijdens het uitoefenen van de kracht wordt met behulp van elektronische hoekmeters het kantelen van de stamvoet vastgelegd. De hellingshoeken registreren zowel de kanteling in de trekrichting als de zijwaartse uitslag.
- Gelijktijdig wordt de buiging van het stamhout gemeten met behulp van elastometers. De grootste strekking en samendrukking van houtvezels treedt op in de lijn van de trekrichting.
- De proef wordt volbracht door de stamvoet van de boom tot maximaal $0,25^\circ$ uit het lood te brengen. De veiligheid wordt gewaarborgd door nooit verder te trekken dan $0,5^\circ$ uitslag, omdat bekend is dat er dan onvermijdelijk wortelschade optreedt. De tweede grenswaarde is een maximale samendrukking uit uitrekking van houtvezels van 0,2 millimeter.

Analyse meetgegevens

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van het programma Arbostat, versie 2.2.0.16

- De eerste stap in de analyse is benaderen van de daadwerkelijke windbelasting op de betreffende boom/bomen bij de kritische windsnelheid. Hiervoor wordt gerefereerd aan de Nederlandse Eurocode voor windbelasting; NEN_EN_1991-1-4/NB. Op basis van wetenschappelijk onderzoek worden correctiefactoren toegepast voor de standplaats, omgevingsfactoren en boomsoort specifieke eigenschappen. Het uitgangspunt voor de berekening is die van een 'worst case' scenario tijdens de bladperiode.
- De tweede stap is het inlezen van de data die tijdens de trekproef zijn geregistreerd. Het resultaat van het kiepgedrag van de kluit, buiging van de stam worden in grafieken gevisualiseerd. Meetwaarden worden weergegeven als reeks percentages van de kritische kiepkracht (stabiliteit) en breuksterkte (breukvastheid) van de stam.
- Het is in de normering (o.a. die van het bouwwezen) gebruikelijk om een veiligheidsmarge in te bouwen. Onder normale omstandigheden wordt een veiligheidsfactor van 1,5 toegepast (groene zone $\geq 150\%$).

Advies

Op basis van de boomtechnische kwaliteit, omgevingsfactoren en resultaten van de trekproef wordt een advies voor het verdere beheer omschreven.



BIJLAGE 2: RAPPORTBLADEN TREKPROEF

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer 1

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

Boomgegevens

Boomsoort Candese populier
Stamomtrek 296 cm
Stamdiameter 93 cm
op 1 m hoogte 95,8 cm
Dikte bast en schors 3 cm
Boomhoogte 27,6 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Populus x canadensis
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 6050 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,33 %
Soortelijke massa 0,88 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 6,6 m
Effectieve hoogte 19,2 m
Totale oppervlakte 244 m²
Krooneccentriciteit 0,34 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,27 Hz
Vermindering demping 0,75
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,90

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 16 kN
Factor windvlaag 3,13
Aangrijpingspunt 16,8 m
Torsie-moment 17 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 11,9 t
Kritische waarde uitholling 69 %
Kritische waarde restwand 14 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 839 kNm

Basisveiligheidsfactor 1,5

Algemeen

Opmerkingen Ontgraving op 217 cm uit het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



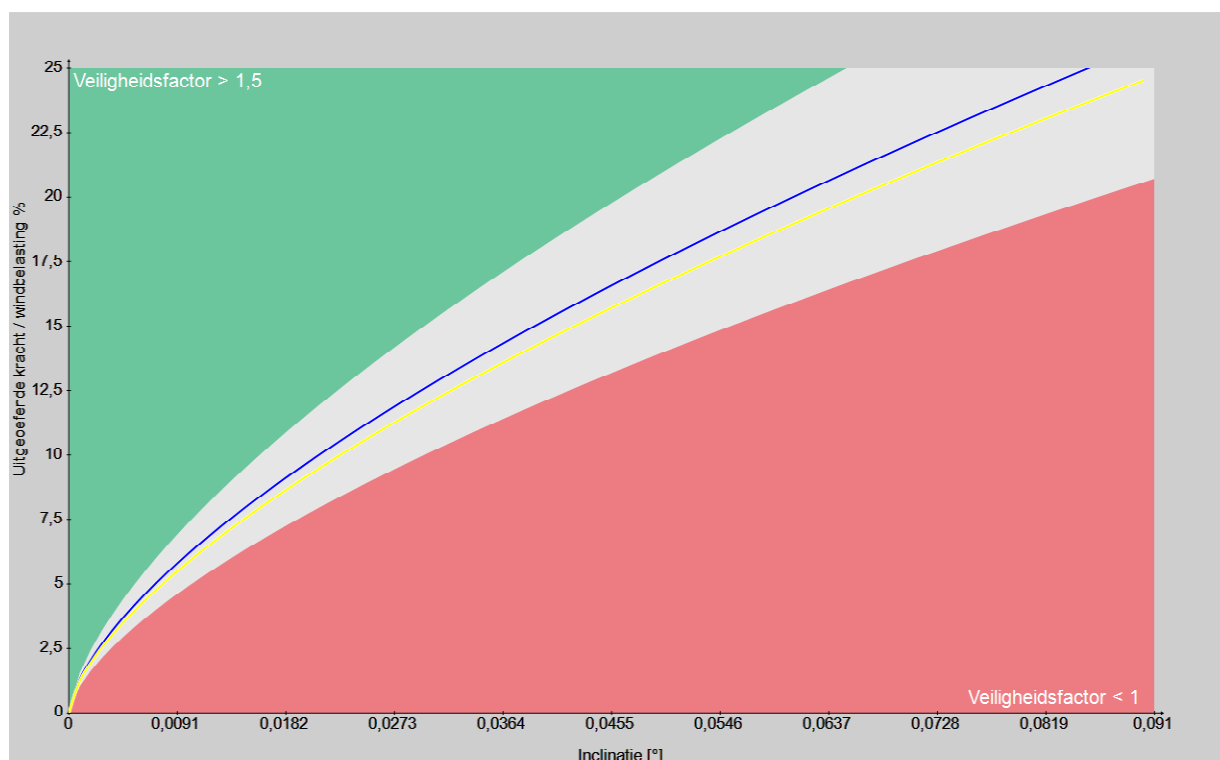
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	1
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Metten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,26	1,19
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	3,14	2,23
Uitgeoefende kracht	%	24,8	24,8
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel
Opmerkingen bij meting	

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



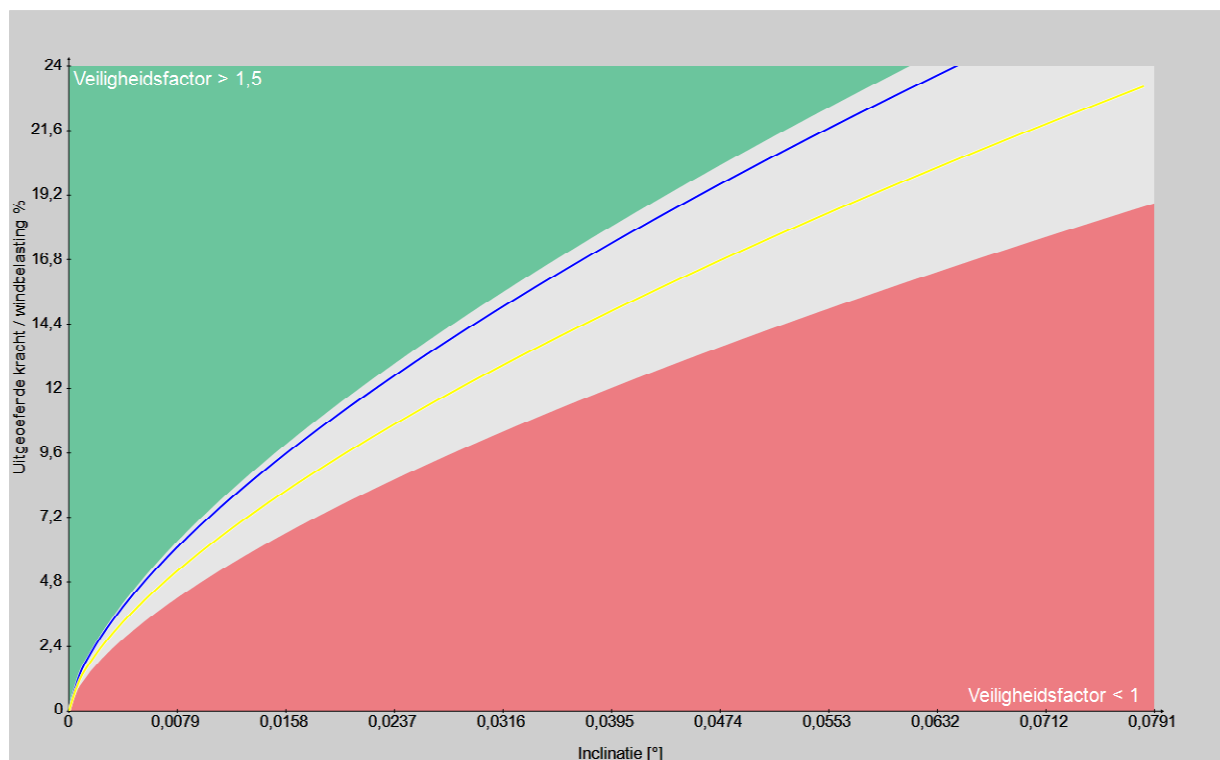
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	2
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Metten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,45	1,24
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,25	2,59
Uitgeoefende kracht	%	23,3	23,3
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



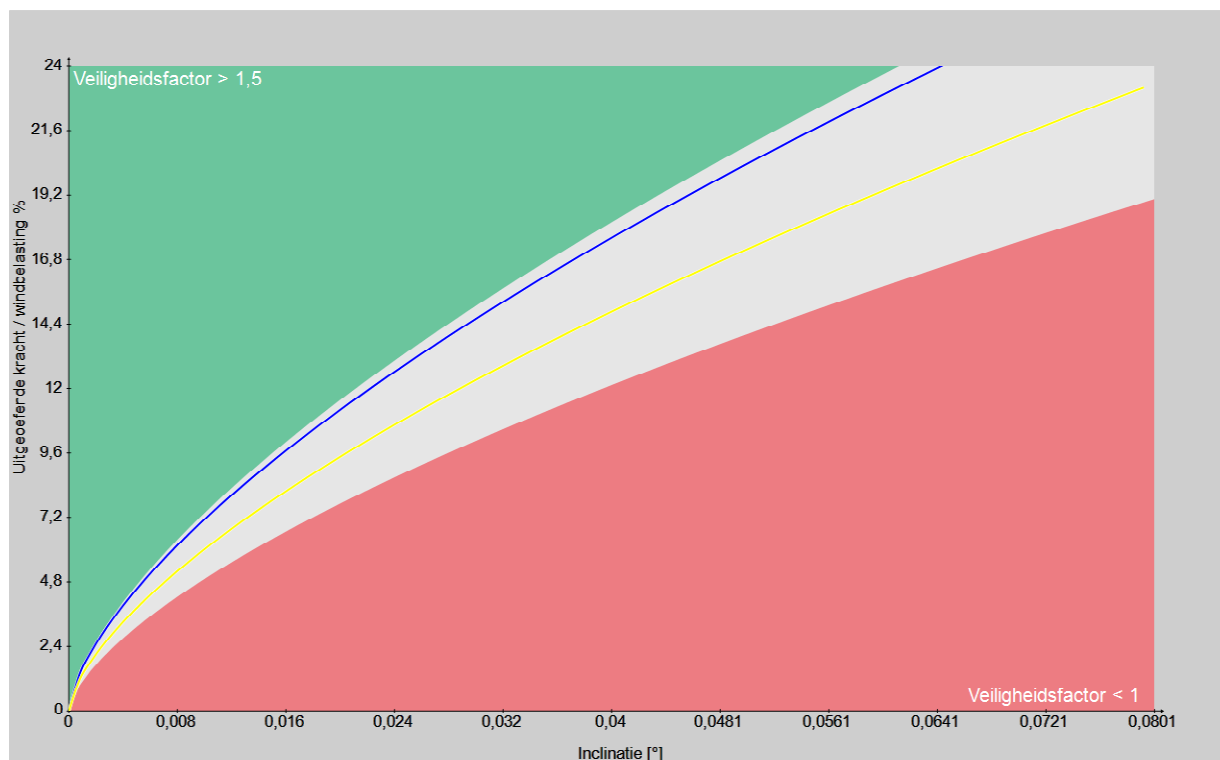
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	3
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,45	1,23
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,11	2,71
Uitgeoefende kracht	%	23,8	23,8
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



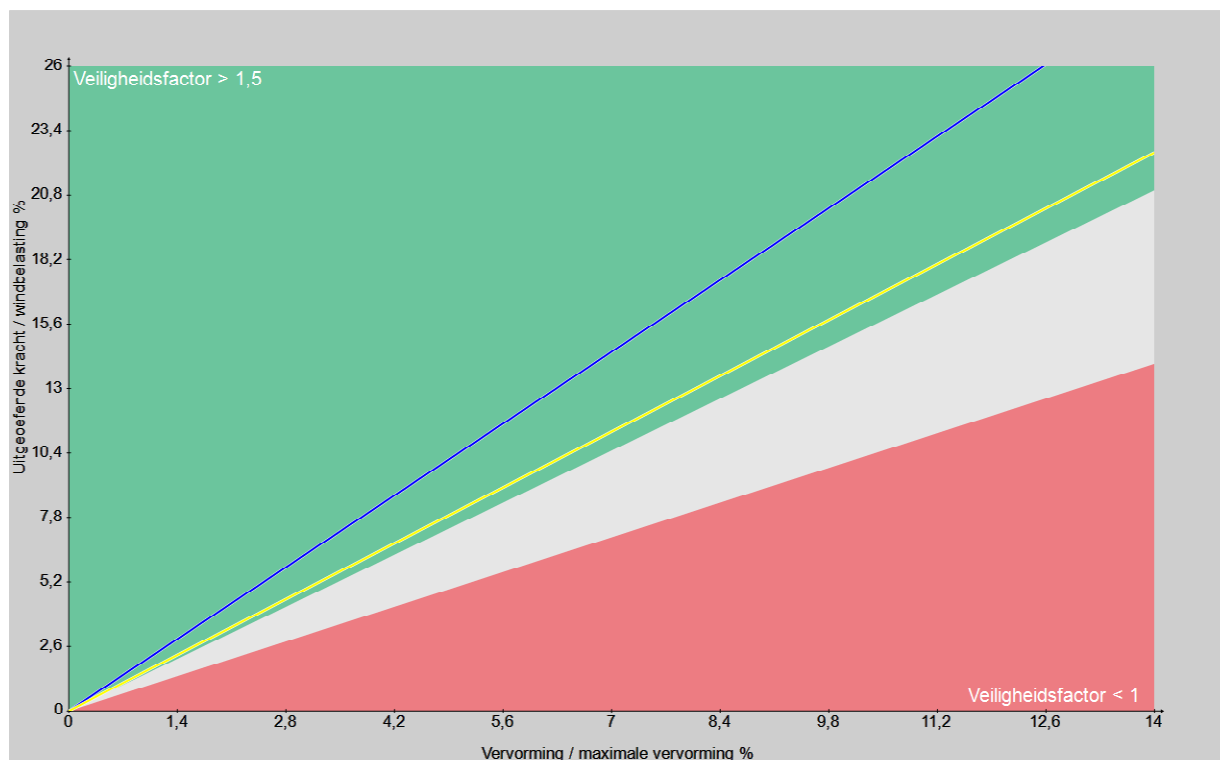
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	1
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	101,4	93
Stamdiameter 2	cm	106,8	95,8
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,07	1,61
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9984	0,9979
Resterende stijfheid	%	94,6	96,3
Mate van uitholling	%	37,9	33,3
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,9	1
Uitgeoefende kracht	%	25,8	26

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



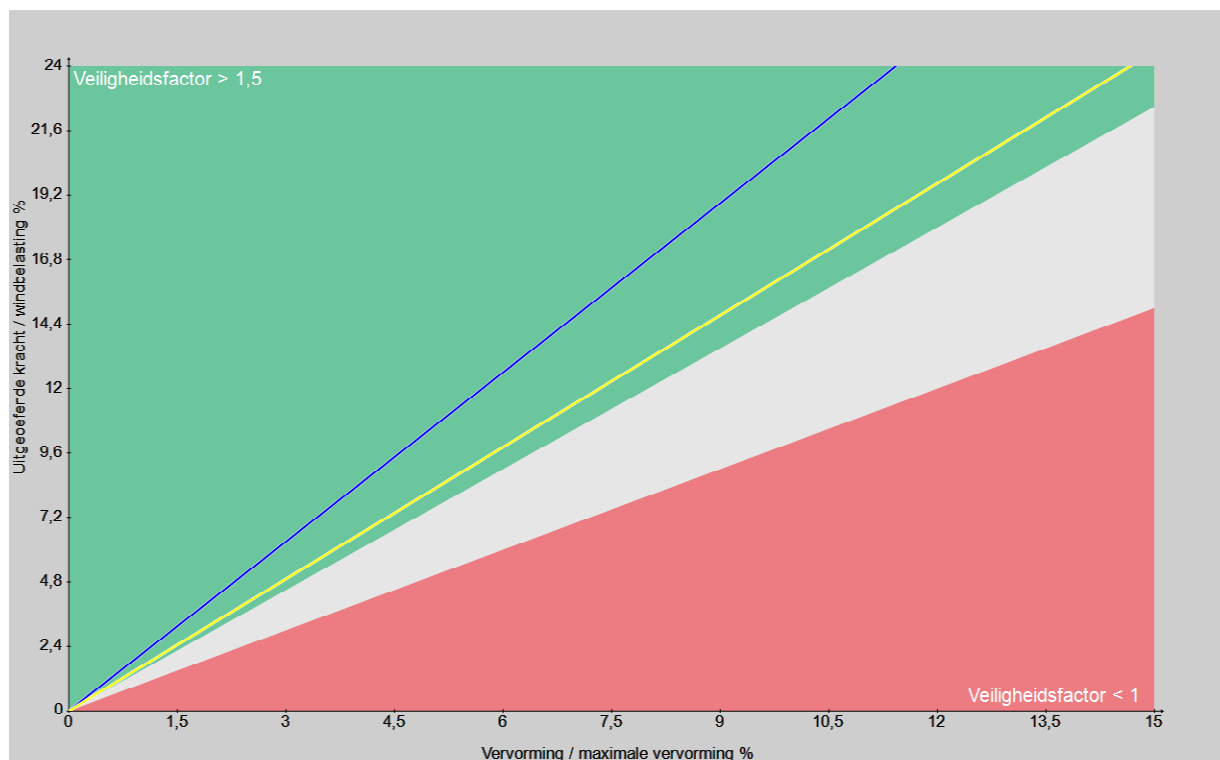
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	2
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	101,4	93
Stamdiameter 2	cm	106,8	95,8
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,1	1,64
-------------------	-----	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9992	0,9938
Resterende stijfheid	%	96	97,9
Mate van uitholling	%	34,3	27,4
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,9	1
Uitgeoefende kracht	%	23,1	23,2

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



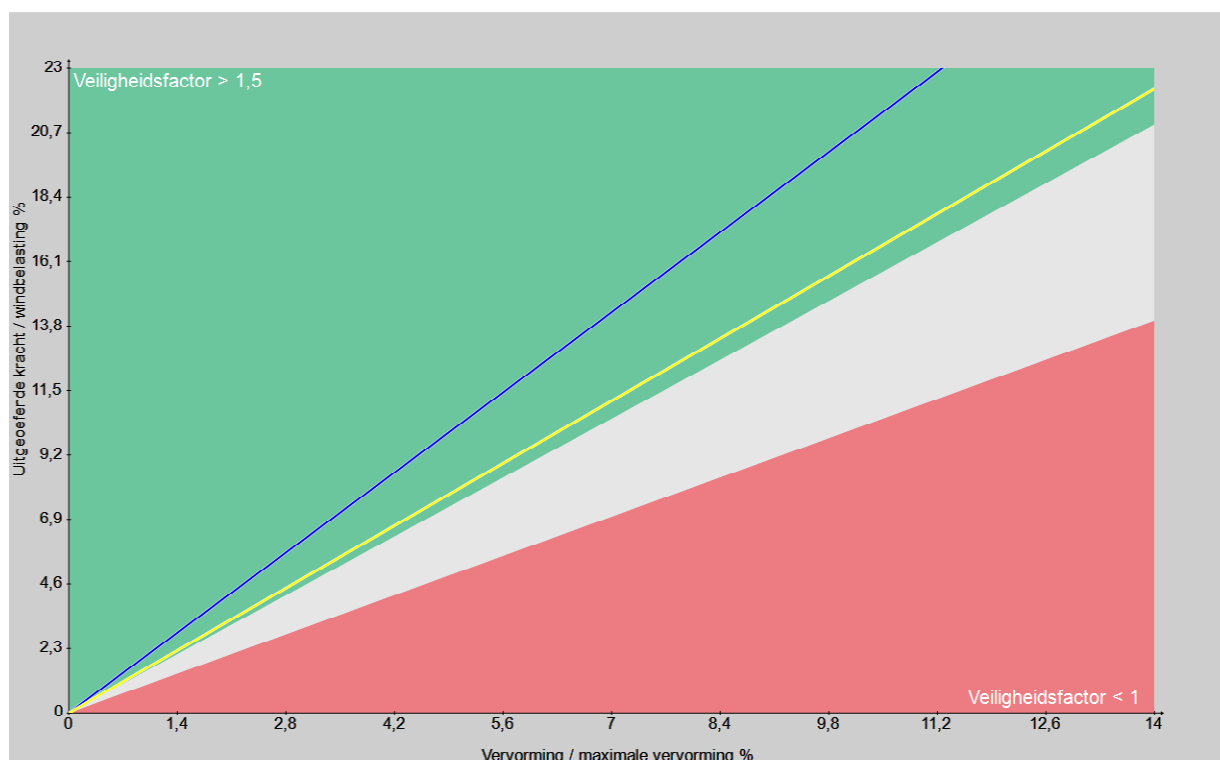
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	1
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9,8 m	Meting nr.	3
Trekhoek	21,7 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	101,4	93
Stamdiameter 2	cm	106,8	95,8
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,04	1,59
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9987	0,999
Resterende stijfheid	%	93,3	95,2
Mate van uitholling	%	40,5	36,3
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,9	1,1
Uitgeoefende kracht	%	22,3	22,7

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer 2

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

Boomgegevens

Boomsoort Candese populier
Stamomtrek 291 cm
Stamdiameter 96,4 cm
op 1 m hoogte 88,8 cm
Dikte bast en schors 3 cm
Boomhoogte 27,7 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Populus x canadensis
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 6050 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,33 %
Soortelijke massa 0,88 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 6 m
Effectieve hoogte 19 m
Totale oppervlakte 207 m²
Krooneccentriciteit 1,01 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,27 Hz
Vermindering demping 0,75
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,80

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 12,3 kN
Factor windvlaag 3,2
Aangrijpingspunt 17,3 m
Torsie-moment 40 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 11,5 t
Kritische waarde uitholling 78 %
Kritische waarde restwand 10 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 678 kNm

Basisveiligheidsfactor 1,9

Algemeen

Opmerkingen ontgraving op 516 cm uit het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



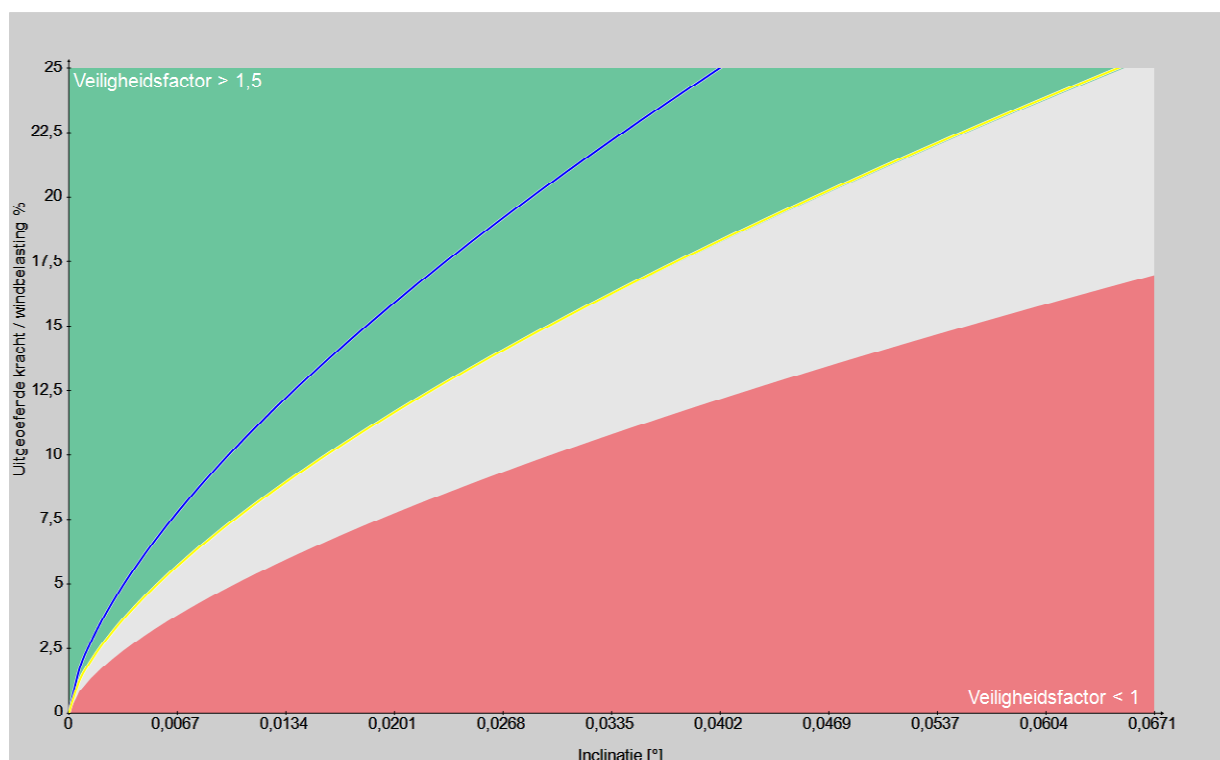
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	2
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9 m	Meting nr.	1
Trekhoek	22,3 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

	80	81
Positie	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	2,06	1,51
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,56	2,23
Uitgeoefende kracht	%	24,7	24,7
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



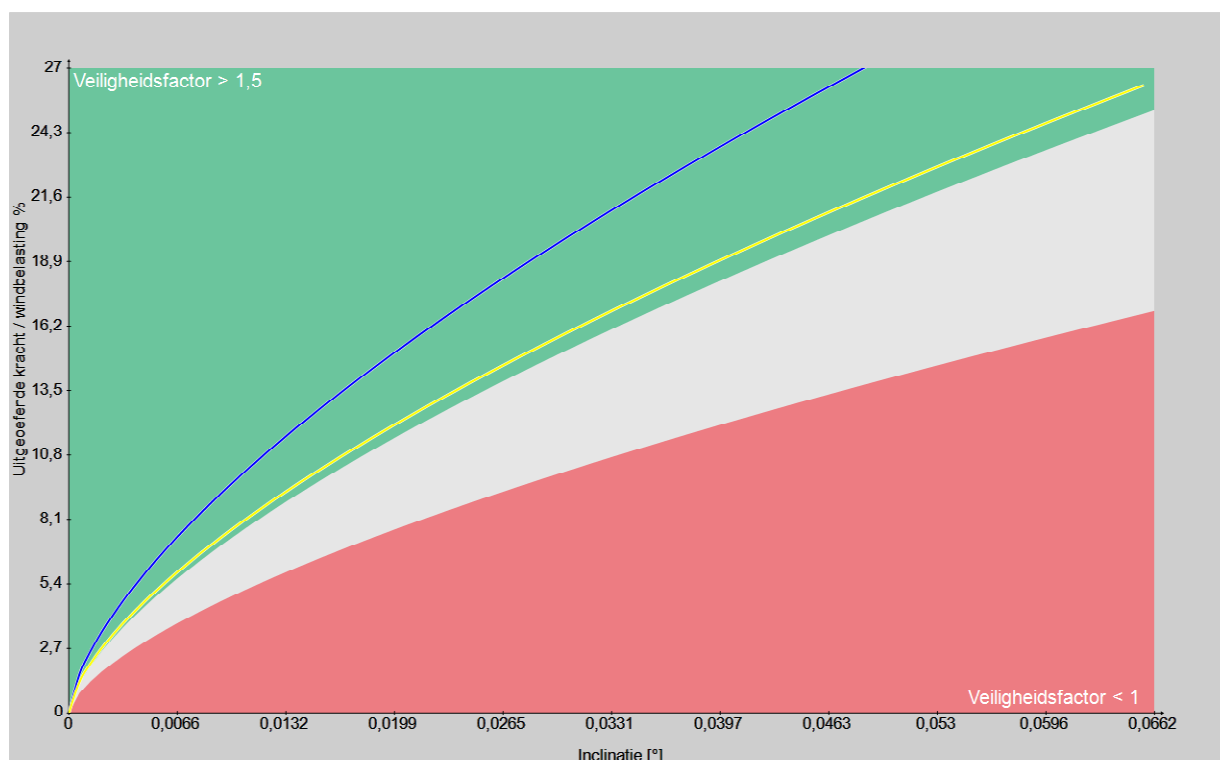
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	2
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9 m	Meting nr.	2
Trekhoek	22,3 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

	80	81
Positie	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,97	1,57
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	3,08	2,32
Uitgeoefende kracht	%	26,3	26,3
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



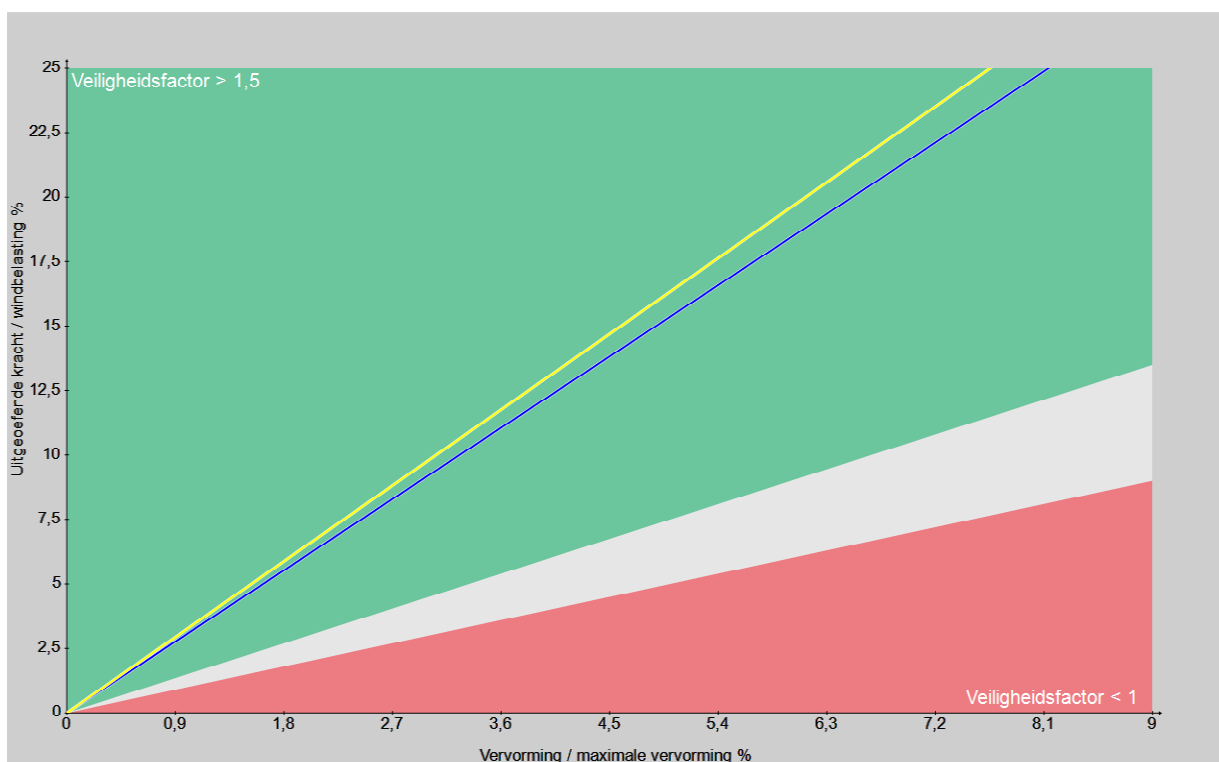
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	2
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9 m	Meting nr.	1
Trekhoek	22,3 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	105,6	96,4
Stamdiameter 2	cm	97	88,8
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	3,07	3,27
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9978	0,9971
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,8	0,9
Uitgeoefende kracht	%	24,3	24,8

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



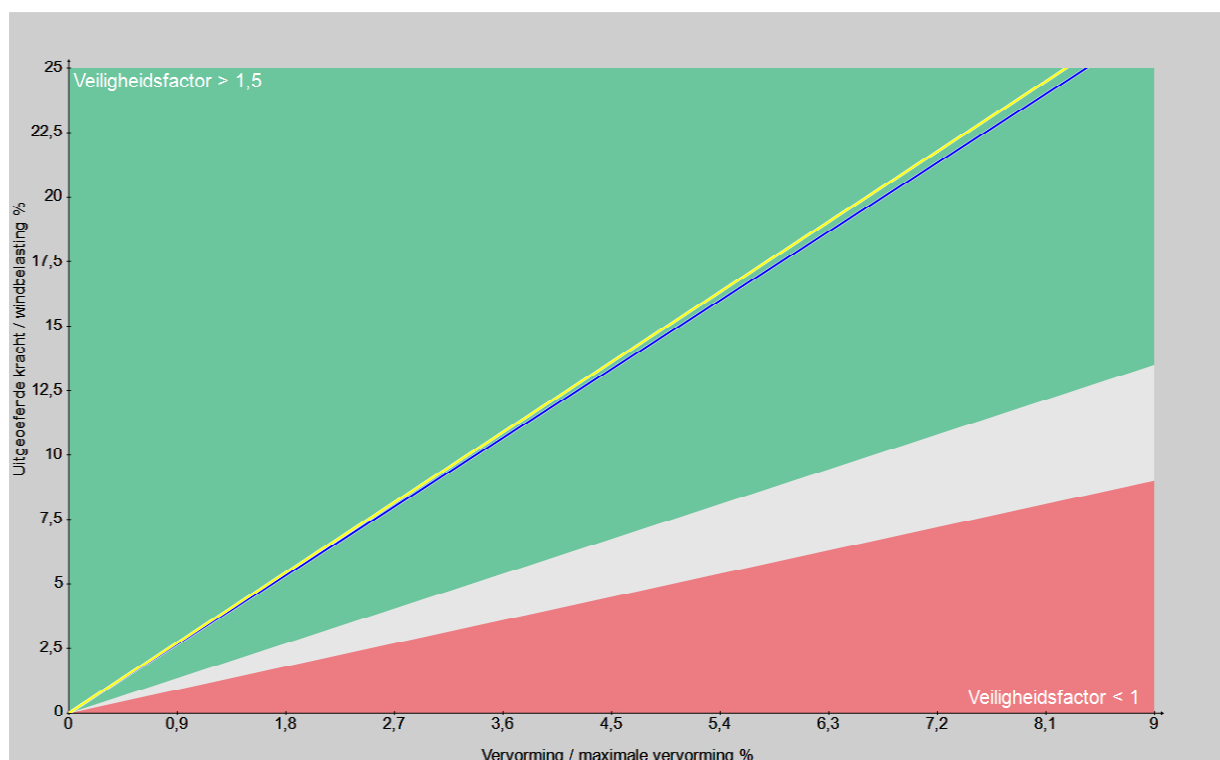
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	2
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	9 m	Meting nr.	2
Trekhoek	22,3 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	105,6	96,4
Stamdiameter 2	cm	97	88,8
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,96	3,02
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9951	0,9958
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,8	0,9
Uitgeoefende kracht	%	23,7	24,8

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer 3

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

Boomgegevens

Boomsoort Candese populier
Stamomtrek 281 cm
Stamdiameter 93 cm
op 1 m hoogte 86 cm
Dikte bast en schors 3 cm
Boomhoogte 27,4 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Populus x canadensis
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 6050 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,33 %
Soortelijke massa 0,88 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 11 m
Effectieve hoogte 20,8 m
Totale oppervlakte 170 m²
Krooneccentriciteit 1,81 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,26 Hz
Vermindering demping 0,75
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,80

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 10,2 kN
Factor windvlaag 3,27
Aangrijpingspunt 17,8 m
Torsie-moment 60 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 10,5 t
Kritische waarde uitholling 79 %
Kritische waarde restwand 9 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 594 kNm

Basisveiligheidsfactor 2

Algemeen

Opmerkingen ontgraving op 724 cm uit het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



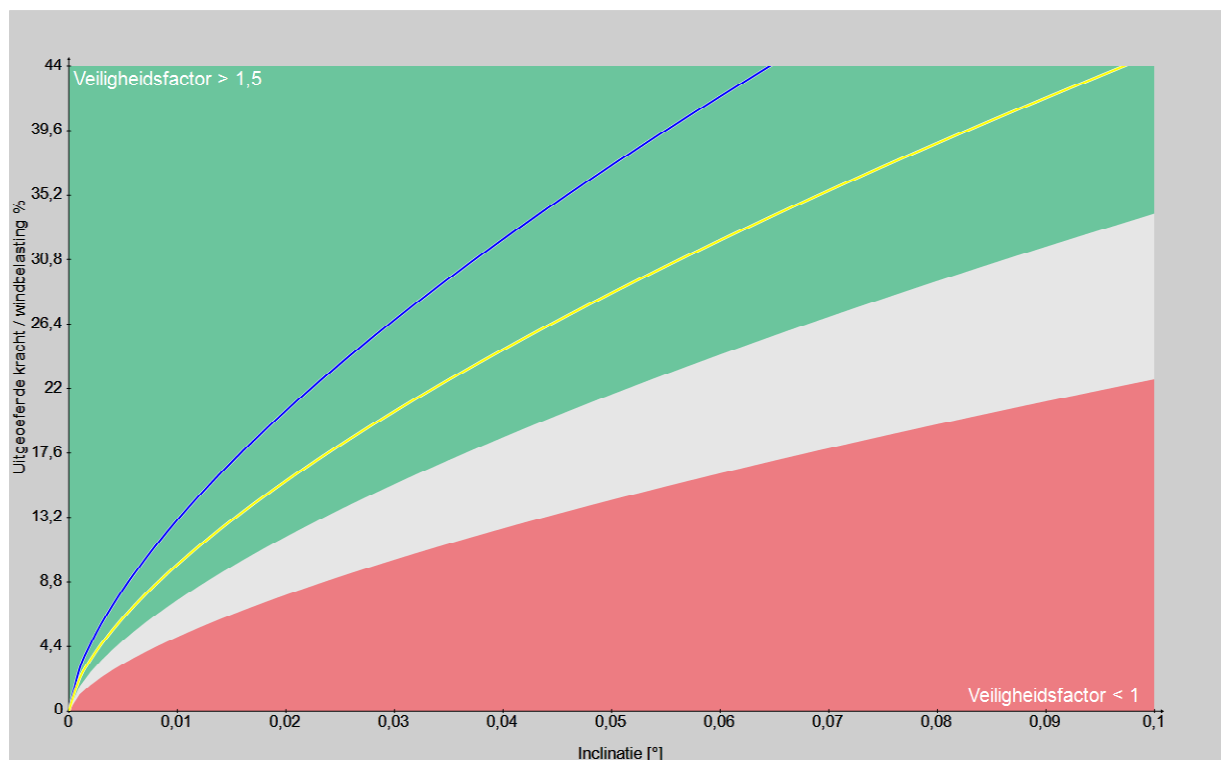
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	3
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	12,7 m	Meting nr.	1
Trekhoek	26,8 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	2,59	1,98
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	4,82	4,96
Uitgeoefende kracht	%	43,8	43,8
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



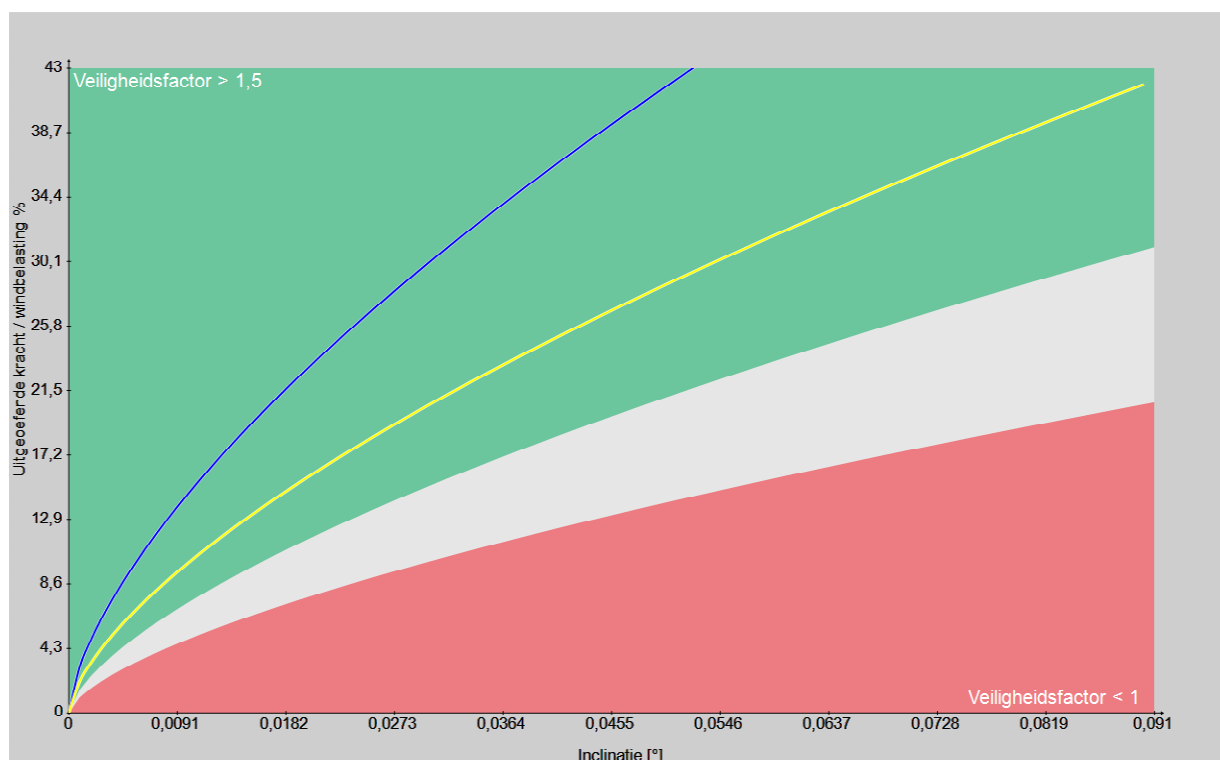
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	3
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	12,7 m	Meting nr.	2
Trekhoek	26,8 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

	80	81
Positie	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	2,98	2,04
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,61	3,94
Uitgeoefende kracht	%	42,3	42,3
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



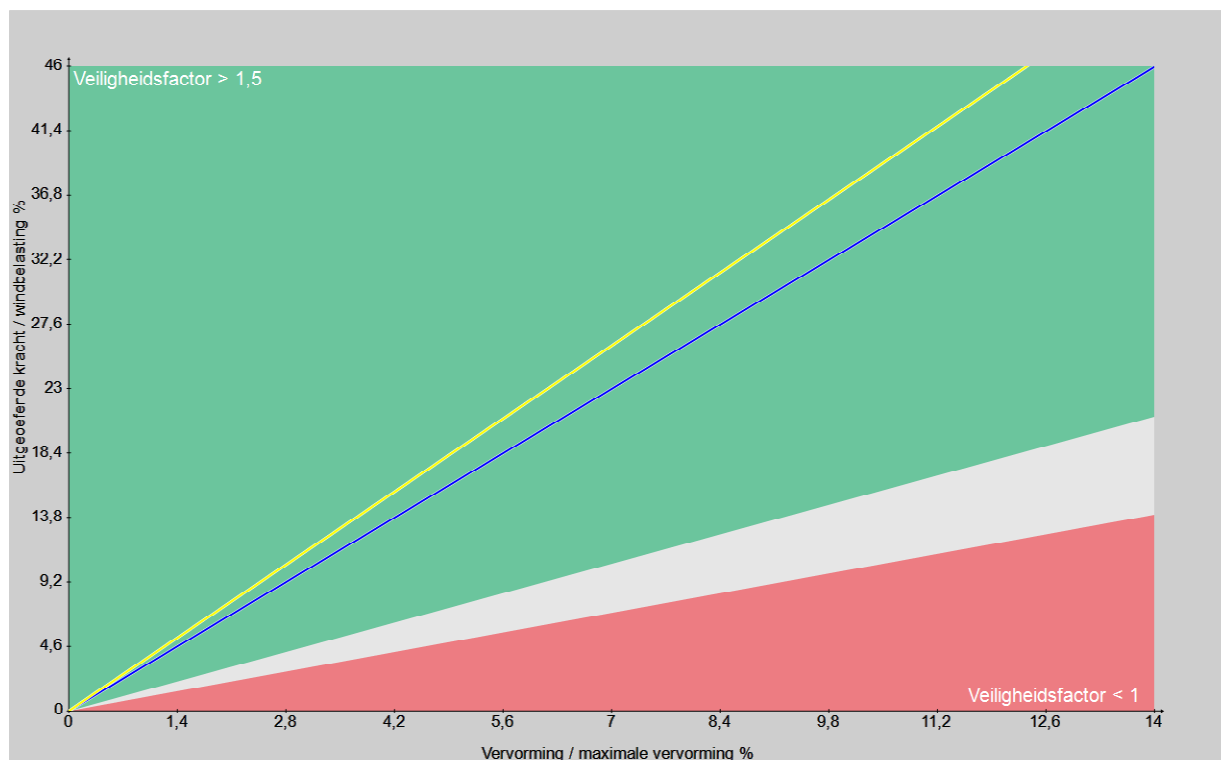
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	3
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	12,7 m	Meting nr.	1
Trekhoek	26,8 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	98,8	93
Stamdiameter 2	cm	95,4	86
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	3,28	3,72
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9965	0,9953
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,8	0,9
Uitgeoefende kracht	%	44,8	45,7

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



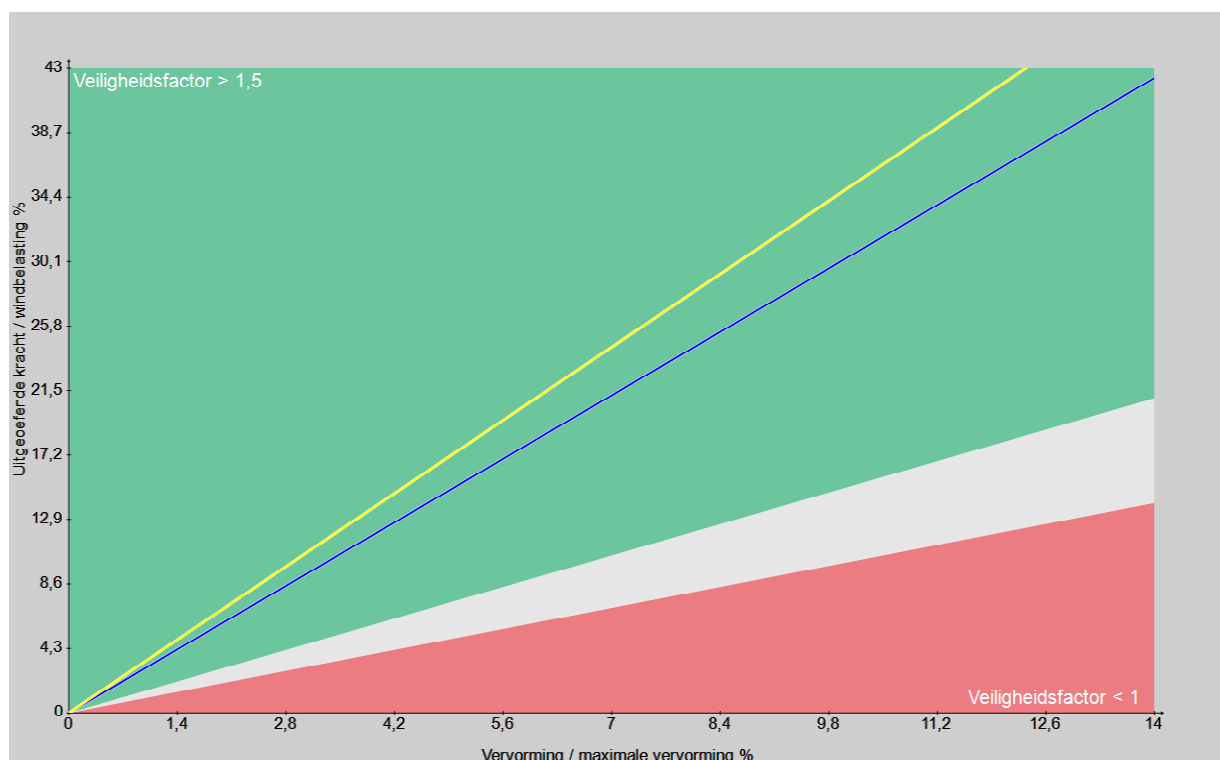
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	3
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	12,7 m	Meting nr.	2
Trekhoek	26,8 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	98,8	93
Stamdiameter 2	cm	95,4	86
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	3,03	3,49
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9988	0,9982
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,8	0,9
Uitgeoefende kracht	%	41,6	42,6

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer 4

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

Boomgegevens

Boomsoort Huntingdon-iep
Stamomtrek 139 cm
Stamdiameter || 45,8 cm
op 1 m hoogte _ 42,5 cm
Dikte bast en schors 2 cm
Boomhoogte 18 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Ulmus glabra
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 5700 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,35 %
Soortelijke massa 1 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 4 m
Effectieve hoogte 12,4 m
Totale oppervlakte 79 m²
Krooneccentriciteit 0,68 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,35 Hz
Vermindering demping 0,75
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,80

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 4,2 kN
Factor windvlaag 3,41
Aangrijpingspunt 10,2 m
Torsie-moment 10 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 1,8 t
Kritische waarde uitholling 0 %
Kritische waarde restwand 0 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 146 kNm

Basisveiligheidsfactor 0,9

Algemeen

Opmerkingen Ontgraving op 575 cm uit het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



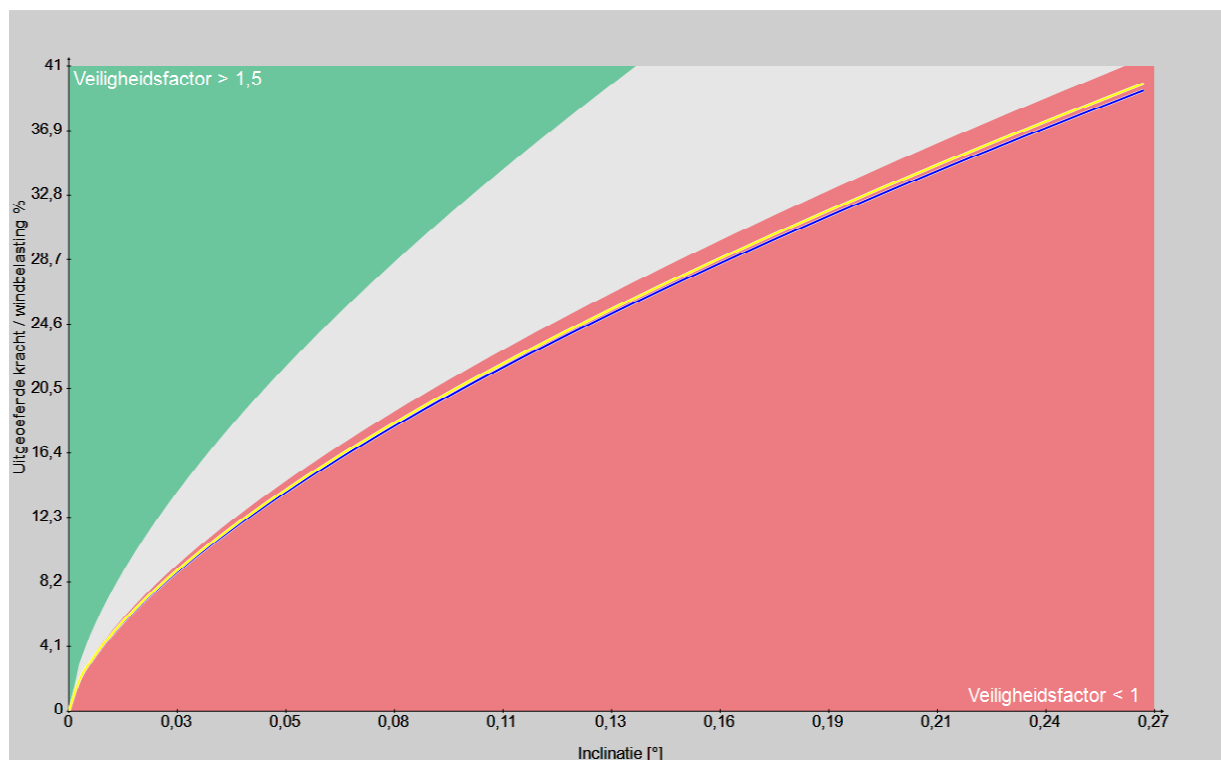
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	4
Boomsort	Huntingdon-iep	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	5,3 m	Meting nr.	1
Trekhoek	11,4 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	0,95	0,96
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,87	2,69
Uitgeoefende kracht	%	40,1	40,1
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



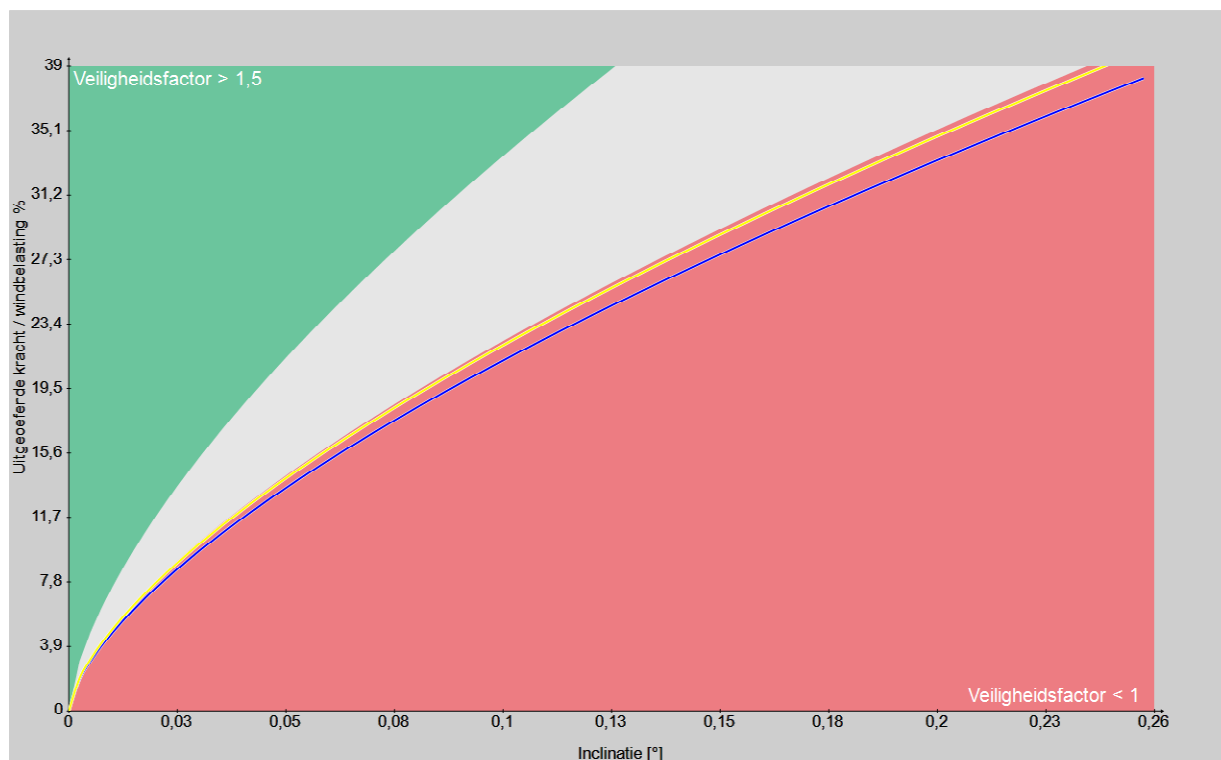
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	4
Boomsort	Huntingdon-iep	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	5,3 m	Meting nr.	2
Trekhoek	11,4 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	0,95	0,99
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	3,24	3,22
Uitgeoefende kracht	%	38,6	38,6
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



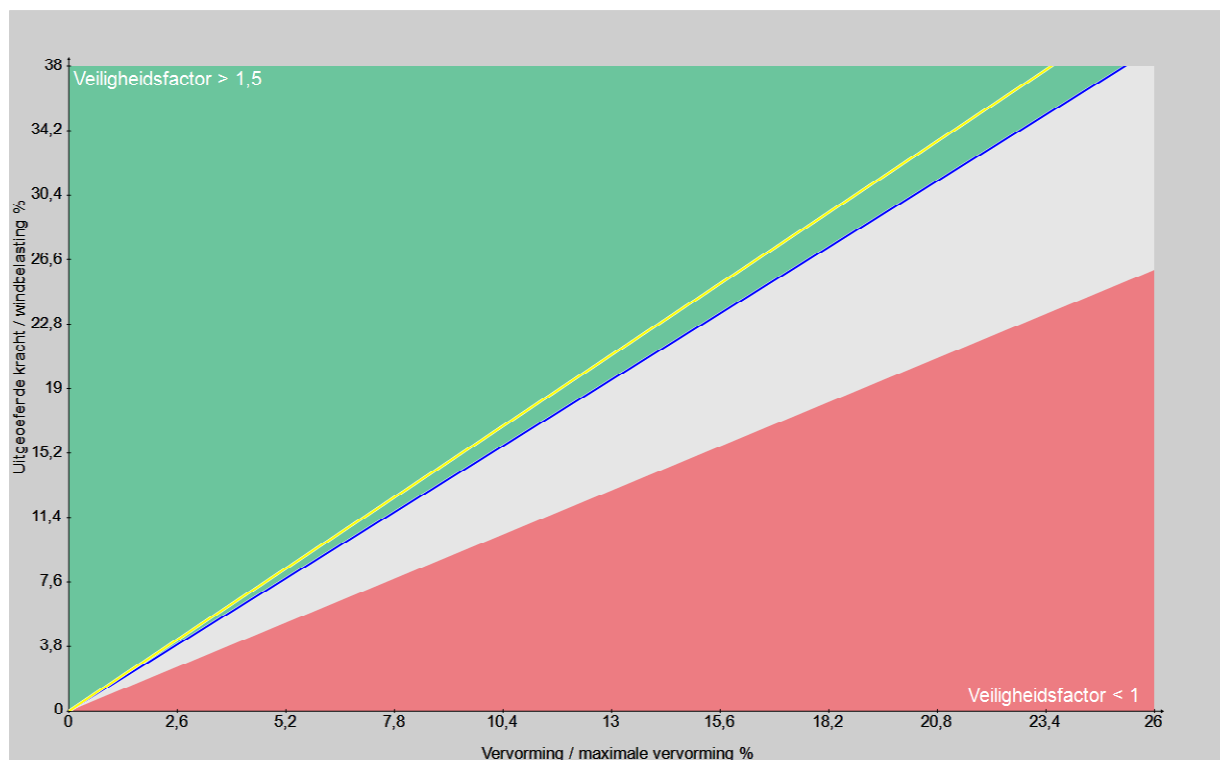
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	4
Boomsort	Huntingdon-iep	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	5,3 m	Meting nr.	1
Trekhoek	11,4 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	47,3	45,8
Stamdiameter 2	cm	44,1	42,5
Dikte bast en schors	cm	2	2
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	1,5	1,61
-------------------	-----	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,998	0,9977
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,6	0,7
Uitgeoefende kracht	%	37,6	35

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



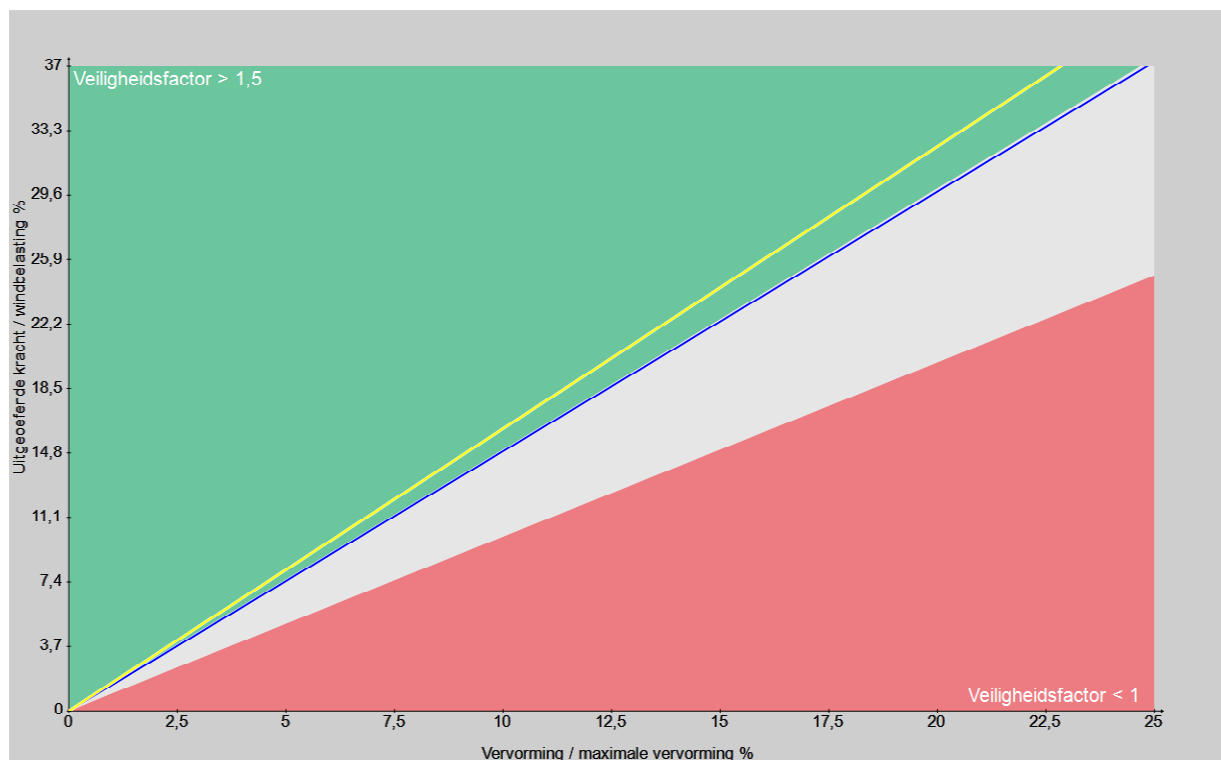
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	4
Boomsort	Huntingdon-iep	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	5,3 m	Meting nr.	2
Trekhoek	11,4 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	47,3	45,8
Stamdiameter 2	cm	44,1	42,5
Dikte bast en schors	cm	2	2
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	1,49	1,62
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,999	0,9986
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,6	0,7
Uitgeoefende kracht	%	36,4	34,9

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer 5

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

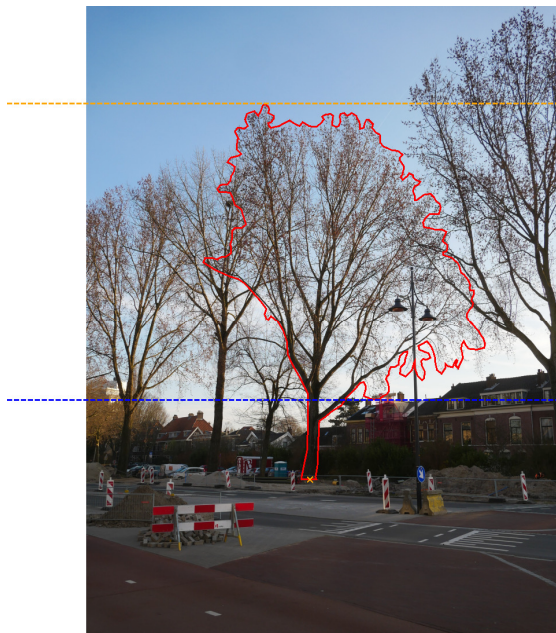
Boomgegevens

Boomsoort Candese populier
Stamomtrek 300 cm
Stamdiameter 95,7 cm
op 1 m hoogte 95,5 cm
Dikte bast en schors 3 cm
Boomhoogte 28,5 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Populus x canadensis
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 6050 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,33 %
Soortelijke massa 0,88 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 6 m
Effectieve hoogte 19,5 m
Totale oppervlakte 294 m²
Krooneccentriciteit 2,35 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,34 Hz
Vermindering demping 0,85
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,80

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 17,4 kN
Factor windvlaag 2,99
Aangrijpingspunt 17,3 m
Torsie-moment 122 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 12,7 t
Kritische waarde uitholling 69 %
Kritische waarde restwand 14 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 901 kNm

Basisveiligheidsfactor 1,5

Algemeen

Opmerkingen Ontgraving op 490 cm aan de oostzijde en 520 cm aan de zuidoostzijde vanaf het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



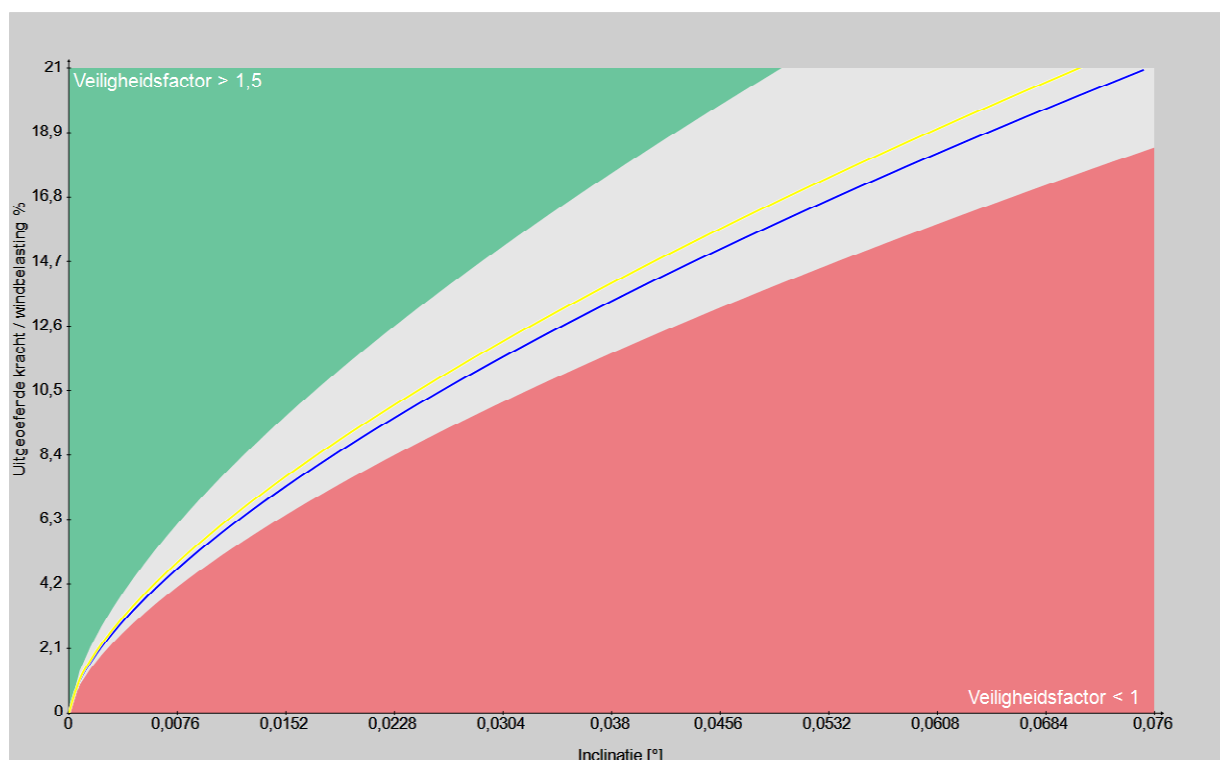
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	5
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	1
Trekhoek	24,2 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Metten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,14	1,19
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,62	2,16
Uitgeoefende kracht	%	20,8	20,8
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel
Opmerkingen bij meting	

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



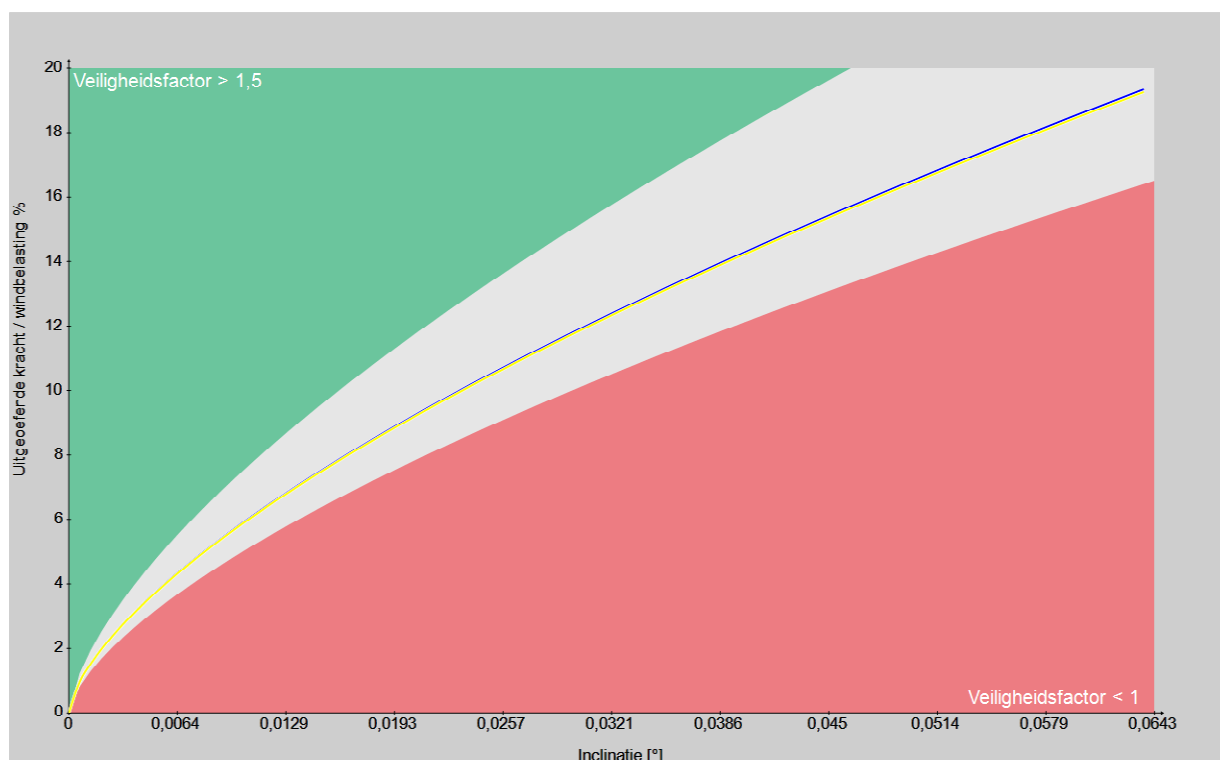
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	5
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	2
Trekhoek	24,2 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Metten van inclinatie

	80	81
Positie	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,18	1,17
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,64	2,52
Uitgeoefende kracht	%	19,6	19,6
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



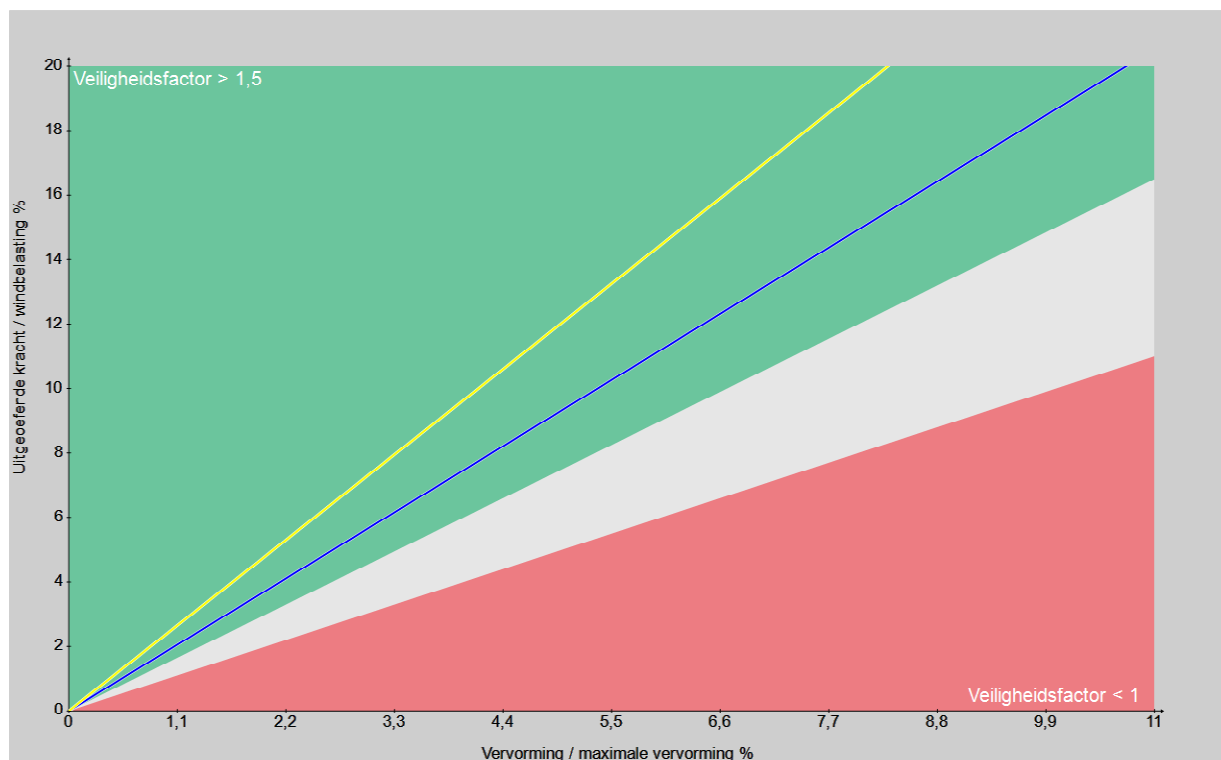
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	5
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	1
Trekhoek	24,2 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	99,7	95,7
Stamdiameter 2	cm	96,1	95,5
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	1,87	2,41
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,991	0,9875
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,9	0,9
Uitgeoefende kracht	%	19,5	19,3

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



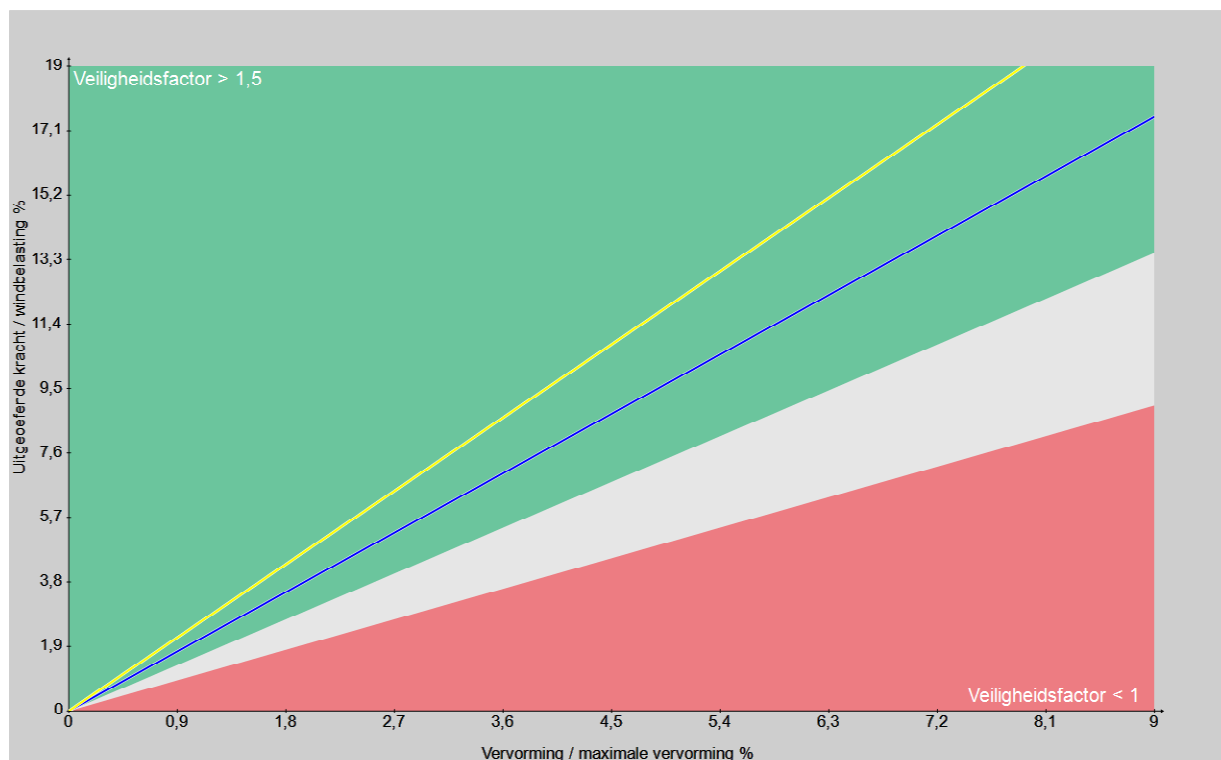
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	5
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	2
Trekhoek	24,2 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	99,7	95,7
Stamdiameter 2	cm	96,1	95,5
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	1,95	2,4
-------------------	------	-----

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9944	0,9942
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,9	0,9
Uitgeoefende kracht	%	18,2	17,2

Windbelastinganalyse conform NEN-EN 1991-1-4/NB



Boomnummer

6

Project

Naam project Leiden - Schuttersvel
Projectnummer 5744
Datum veldwerk 16-3-2022

Standplaats

Schuttersveld
Grasberm
2312 AS Leiden, Nederland
Hoogte tov NAP 0 m

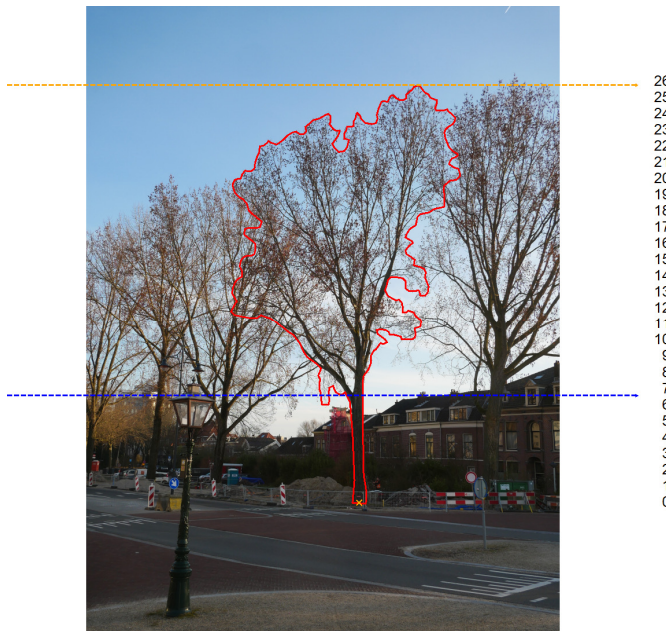
Boomgegevens

Boomsoort Candese populier
Stamomtrek 257 cm
Stamdiameter 82,7 cm
op 1 m hoogte 81,2 cm
Dikte bast en schors 3 cm
Boomhoogte 25,8 m

Toegepaste materiaaleigenschappen

naar Populus x canadensis
Bron Stuttgart
Druksterkte 20 MPa
Elasticiteitsmodulus 6050 MPa
Grenswaarde elasticiteit 0,33 %
Soortelijke massa 0,88 g/cm³

Kroonvorm



Belastingsrichting NO

Analyse kroonoppervlak

Opkroonhoogte 6,6 m
Effectieve hoogte 18,1 m
Totale oppervlakte 165 m²
Krooneccentriciteit 0,85 m

Toegepaste structurele parameters

Windweerstandsfactor 0,25
Eigenfrequentie 0,3 Hz
Vermindering demping 0,85
Vormfactor eigengewicht 0,8

Toegepaste locale parameters

Windgebied NL 2
Toegepaste snelheid
Ontwerp-Windsnelheid 27 m/s
Luchtdichtheid 1,24 kg/m³
Terreincategorie Stad
Exponent voor windprofiel 0,3
Afschermingsfactor voor lage luchtstromen
Windstroming boven maaiveld 1,2
Expositiefactor van de kroon 0,80

Resultaten

Windbelastinganalyse

Gemiddelde winddruk 9,6 kN
Factor windvlaag 3,2
Aangrijpingspunt 16,7 m
Torsie-moment 26 kNm

Statische analyse van boom

Eigengewicht boom 8,2 t
Kritische waarde uitholling 72 %
Kritische waarde restwand 11 cm
Uitgaan van ononderbroken restwand

Ontwerp-Windbelasting 516 kNm

Basisveiligheidsfactor 1,6

Algemeen

Opmerkingen Ontgraving op 130 cm uit het hart van de stamvoet.

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



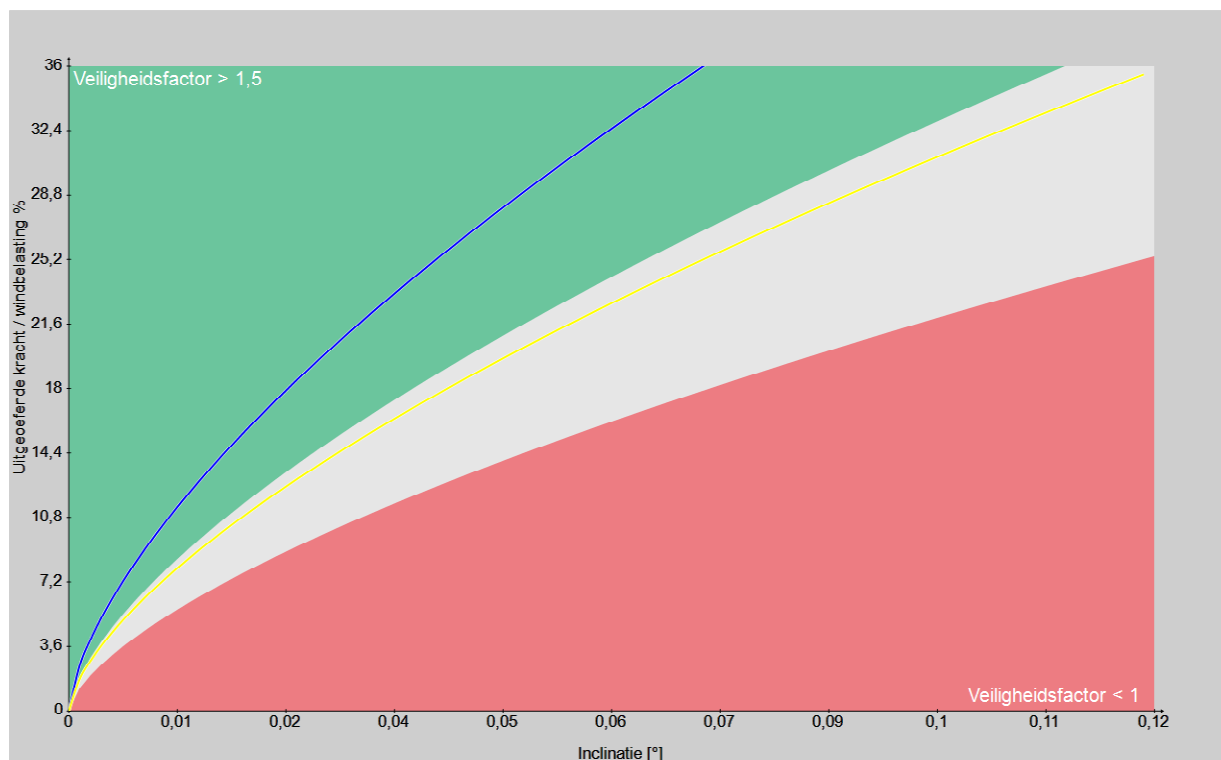
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	1
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	2,01	1,41
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,85	3,53
Uitgeoefende kracht	%	35,8	35,8
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



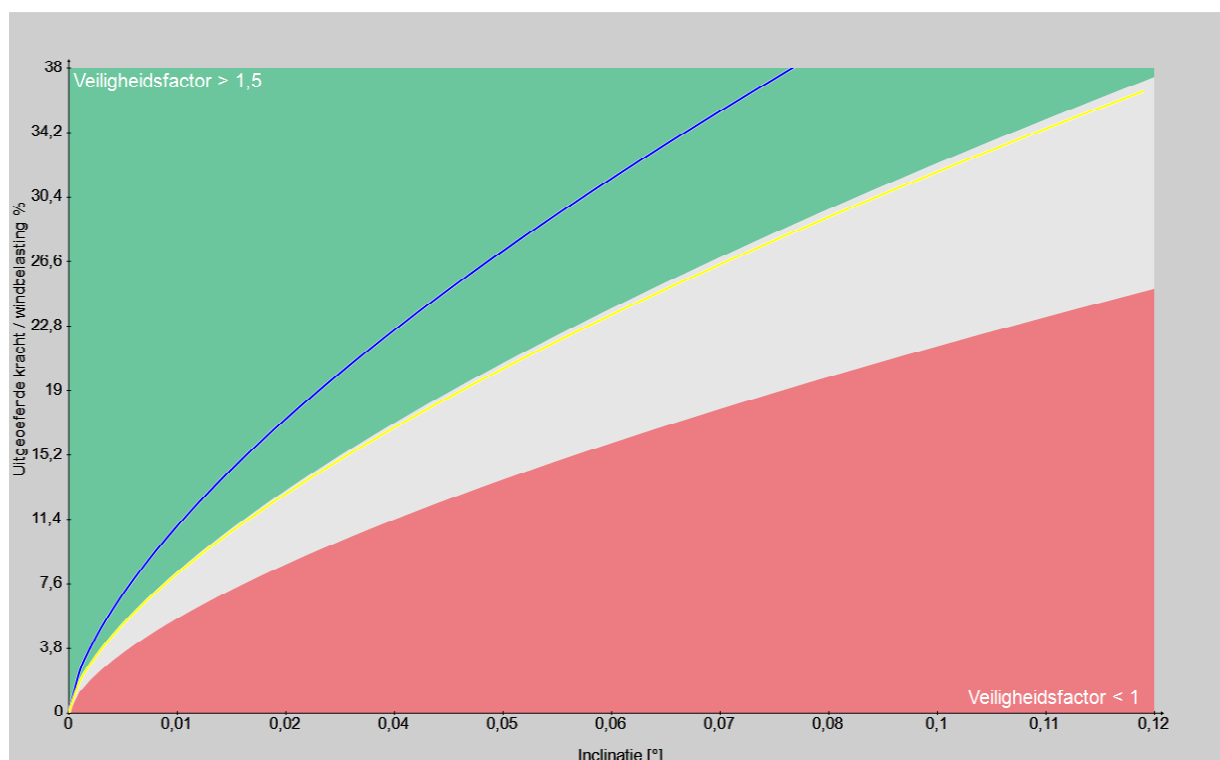
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	2
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

	80	81
Positie	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	1,98	1,48
-------------------	------	------

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	2,79	2,65
Uitgeoefende kracht	%	37,3	37,3
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende stabiliteit overeenkomstig trekproef



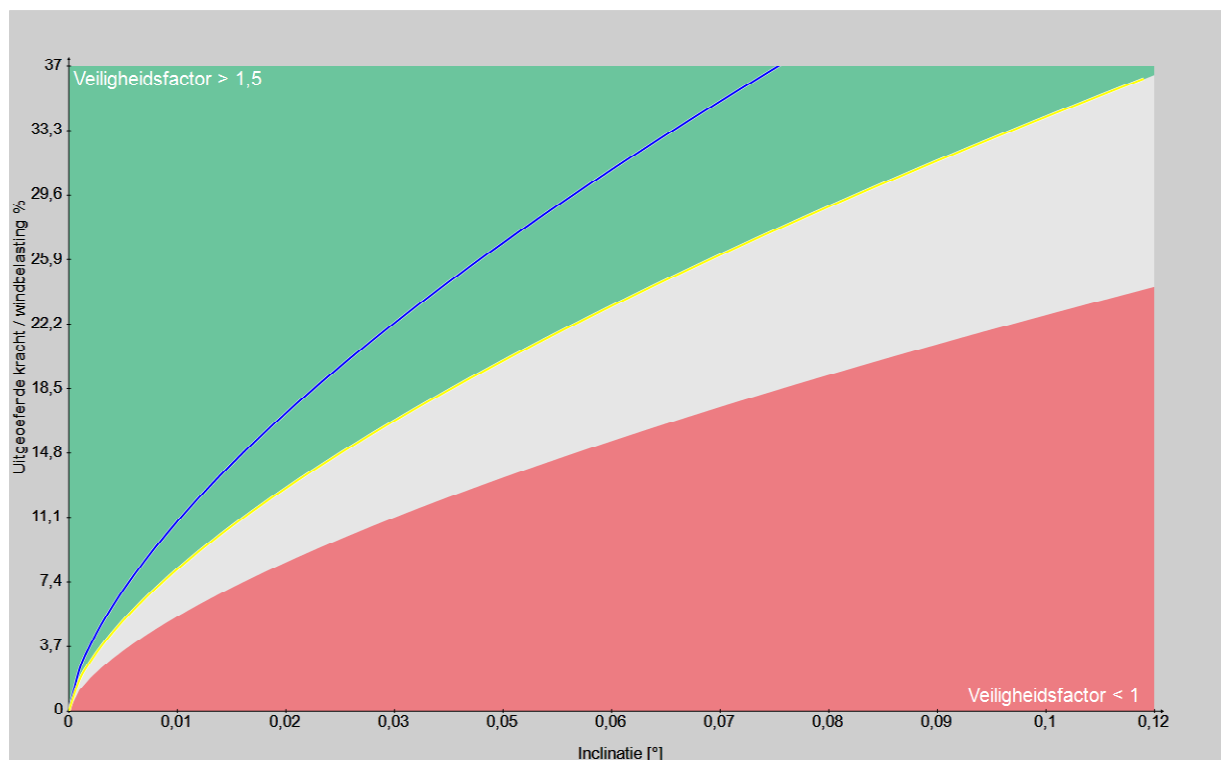
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	3
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste weergave van kiepcurve overeenkomstig meetgegevens)



Meten van inclinatie

Positie	80	81
	y	x

Stabiliteit (gebaseerd op algemene kiepcurve)

Veiligheidsfactor	2,01	1,5
-------------------	------	-----

Referentiewaarde

	in		
Standaardafwijking	%	3,2	3,55
Uitgeoefende kracht	%	36,9	36,9
Kanteling van inclinometer		y-As	x-As

Algemeen voor trekproef

Adviseur	L. Boender
Assistent	B. van Bussel

Opmerkingen bij meting

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



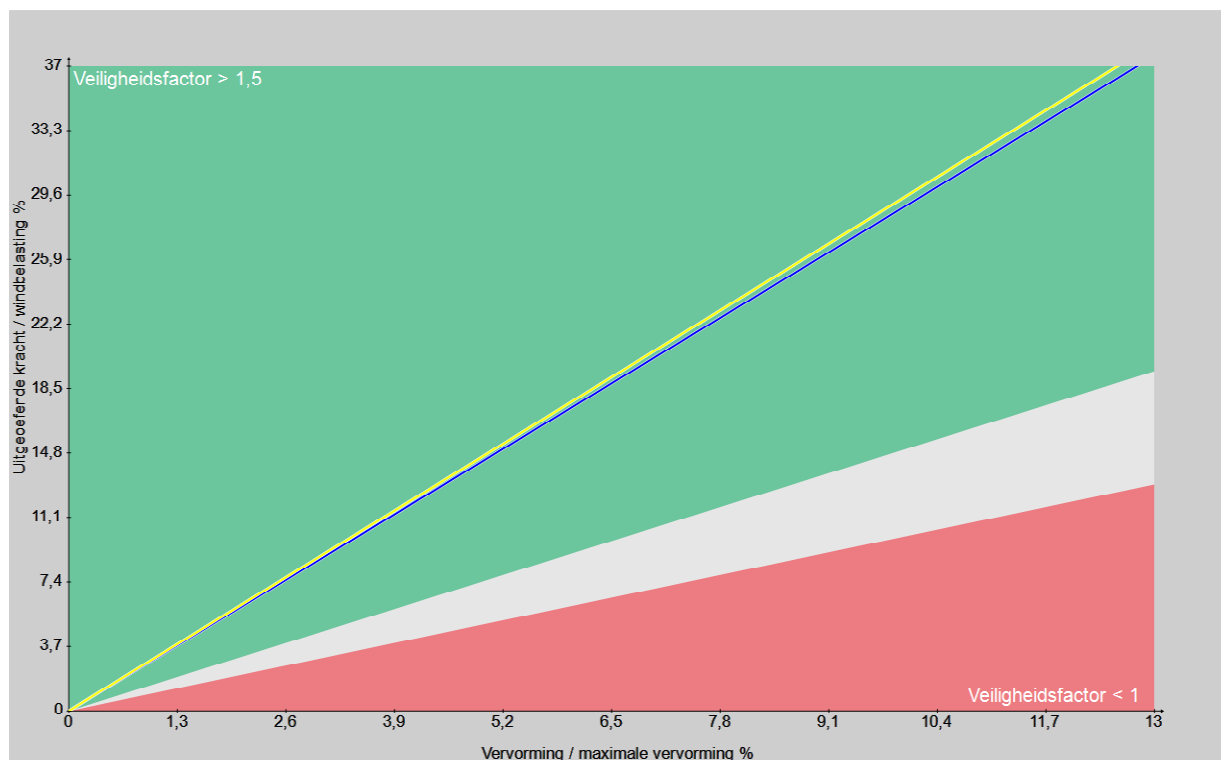
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	1
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	90,6	82,7
Stamdiameter 2	cm	86,6	81,2
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,89	2,95
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9992	0,9987
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,7	0,9
Uitgeoefende kracht	%	36,3	35,6

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



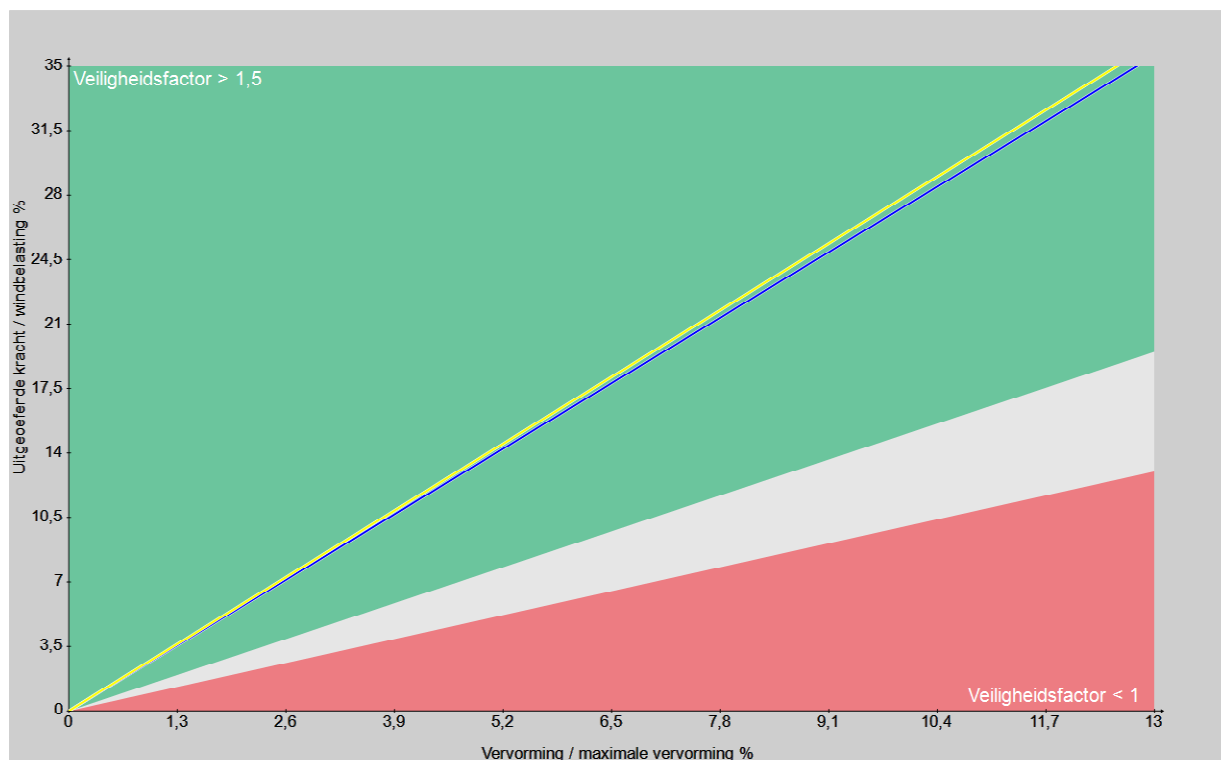
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	2
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	90,6	82,7
Stamdiameter 2	cm	86,6	81,2
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,74	2,79
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9968	0,9974
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,7	0,9
Uitgeoefende kracht	%	34,3	33,7

Berekende breuksterkte overeenkomstig trekproef



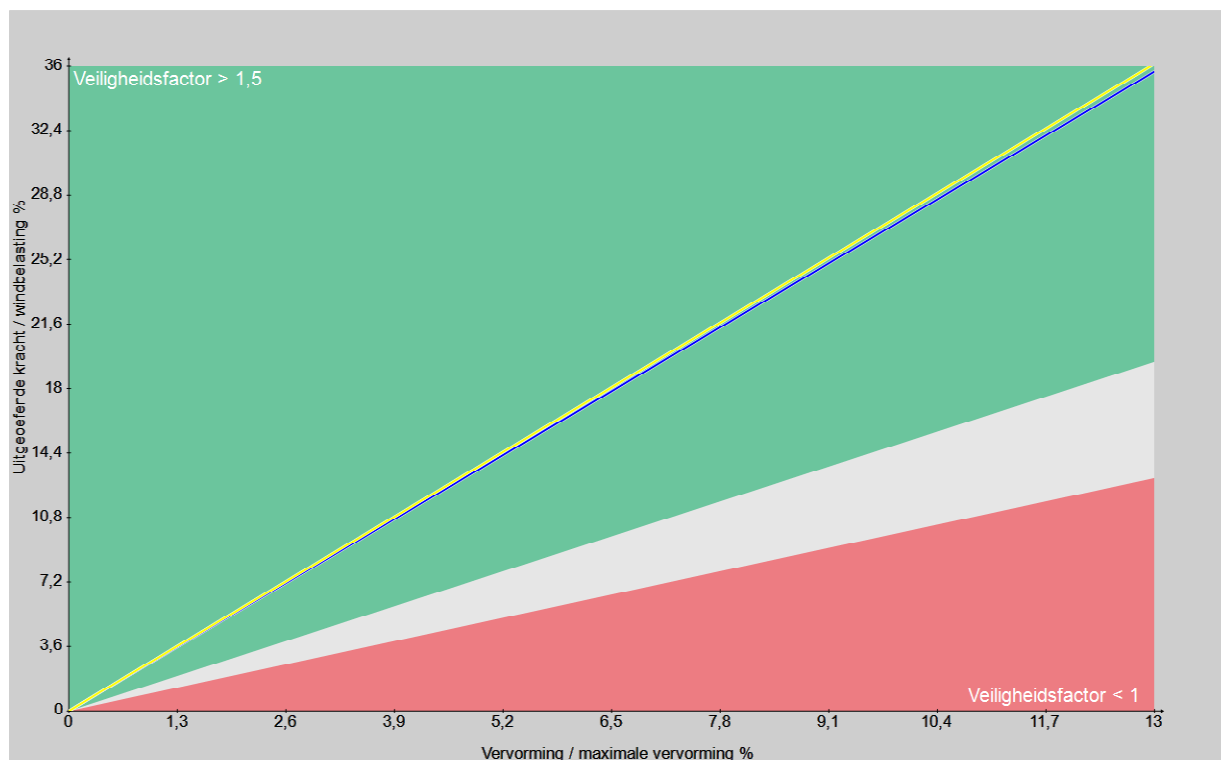
Boomgegevens

Project	Leiden - Schuttersveld	Boomnummer	6
Boomsort	Candese populier	Datum	16-3-2022

Instellingen trekproef

Hoogte van trekpunt	10 m	Meting nr.	3
Trekhoek	25 °	Belastingsrichting	NO

Weergave grafiek (beste lineaire weergave van meetgegevens)



Meting elastometer

	in	90	91
Hoogte van meetpunt	m	0,5	1
Positie			
Stamdiameter 1	cm	90,6	82,7
Stamdiameter 2	cm	86,6	81,2
Dikte bast en schors	cm	3	3
Percentage belasting	%	100	100

Breuksterkte (afgeleid van best passende lineaire regressie)

Veiligheidsfactor	2,75	2,78
-------------------	------	------

Referentiewaarde

Correlatiecoëfficiënt R ²		0,9969	0,9976
Resterende stijfheid	%	>100	>100
Mate van uitholling	%	0	0
Vezelknik door			
Eigengewicht	%	0,7	0,9
Uitgeoefende kracht	%	35	35