



BOOMTOTAALZORG
Boomspecialisten



STABILITEITSONDERZOEK

Trekproef 15 bomen Nedereindseweg

BOOMVEILIGHEID

ADVIES & ONDERZOEK

TAXATIE

BEHEER

www.boomtotaalzorg.nl

Boomonderzoek

Rapportnummer: 230760

Datum: 19-12-2023



Inhoud

Colofon	3
1 Inleiding	4
1.1 Doel van het onderzoek	4
1.2 Locatie	4
2 Stabiliteitsbeoordeling	5
2.1 Onderzoeksmethode	5
2.2 Windbelasting	5
2.3 Analyse en advies	8
3 Resultaten en advies	9
Bijlage I. Boomgegevens	11
Bijlage II. Analyse formulier	13



Colofon

Onderzoeksrapport: 230760
Project: Trekproef 14 bomen Nedereindseweg, Nieuwegein
Locatie: Postbus 1 NIEUWEGEIN

Opdrachtgever/eigenaar: Gemeente Nieuwegein
Postbus 1
3430 AA NIEUWEGEIN
Contactpersoon: De heer van Duyn
c.vanduyndyn@nieuwegein.nl

Opdrachtnemer: Boomtotaalzorg
Lange Uitweg 27
3998 WD Schalkwijk
030-6011880
info@boomtotaalzorg.nl
www.boomtotaalzorg.nl
KvK 30098295
BTW 818691992

Auteur: R. Prins - ett
r.prins@boomtotaalzorg.nl

Controleur: A. van Eck - ett
b.vaneck@boomtotaalzorg.nl



1 Inleiding

In opdracht van de heer Van Duyn van Gemeente Nieuwegein heeft Boomtotaalzorg onderzoek gedaan naar de stabiliteit van een groepje bomen aan de Nedereindseweg. Hier zijn kortgeleden drie bomen omgewaaid waarvan de stobbes nog niet zijn verwijderd (zie afbeelding 1). Het betreft drie eiken die dicht bij elkaar stonden op een grasveld met daaromheen nog een twintigtal andere bomen die een vergelijkbare groeiplaats hebben. Daarom is er de vraag om te onderzoeken wat de oorzaak is geweest van het omwaaien van de bomen alsook de vraag of bij de andere bomen ook het risico bestaat dat ze bij onstuimige weersomstandigheden omvallen.

1.1 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om per boom na te gaan:

- wat de huidige stabiliteit van de boom is,
- of de boom nog voldoet aan de veiligheidseisen,
- welke opties er zijn om de stabiliteit te verbeteren,

De onderzoeksresultaten wijzen uit of deze eventueel aangetroffen risico's behandelbaar zijn of dat er sprake is van een onacceptabel verhoogd risico.

1.2 Locatie

De te onderzoeken bomen zijn op onderstaande afbeelding weergegeven.



Afbeelding 1. Overzicht van de locatie aan de Nedereindseweg ter hoogte van de Heemraadsweide.



2 Stabiliteitsbeoordeling

2.1 Onderzoeksmethode

Om inzicht te krijgen in de stabiliteit, de mate van verankering van de boom in de bodem wordt een stabiliteitsonderzoek uitgevoerd. Het onderzoek wordt uitgevoerd op basis van de theorieën van Wessolly & Erb, 1998 Baumstatik.

De kans op bezwijken drukken wij uit in een veiligheidsfactor. Bij een kanteling van de kluit bij 2,5 graden is dit de maximale windlast van het bezwijkmoment. Deze staat gelijk aan 1,0 (100%) Indien de boom een overcapaciteit heeft aan stabiliteit word deze uitgedrukt in een veiligheid factor groter van >1,0 (>100%).

Tijdens het onderzoek wordt tot maximaal 40% van deze berekende kracht aan de te onderzoeken boom getrokken. Uit ervaring, door uitvoering van vele stabiliteitsonderzoeken bij een groot aantal bomen is gebleken dat gezonde bomen $\leq 0,25^\circ$ uit het lood mogen komen. Indien tijdens het onderzoek deze hoek bereikt wordt, wordt de meting gestopt.

Voor het onderzoek worden op de stamvoet hoekmeters aangebracht die de kanteling van de kluit in alle windrichtingen meten. Een zelfde sensor wordt ook op hoogte aangebracht. Deze sensor is bedoelt als referentie meetpunt van de boom. Wanneer de boom stevig verankerd is in de bodem zal deze sensor verhoudingsgewijs een grotere kanteling laten zien. De stam buigt meer dan de kluit kantelt. Wanneer de kluitkanteling en beweging op hoogte gelijk zijn aan elkaar betekend dit dat de boom in zijn geheel kantelt. Op enige hoogte wordt een treklijn aangebracht, waar met een lier aan wordt getrokken. De trekkracht die op de boom uitgeoefend wordt, wordt met een krachtopnemer gemeten.

2.2 Windbelasting

Bij uitvoering van de stabiliteitsonderzoek en analyse van de meetgegevens wordt gebruik gemaakt van het 'DynaTim' rekenprogramma. Hiermee wordt berekend welke windlast op de boom uitgeoefend kan worden, voordat de boom zal gaan bezwijken.

De windlast op bomen hangt af van verschillende factoren:

- De locatie van de boom.
- De boomhoogte.
- Oppervlak van de kroon (haaks op de trekrichting).
- Soort specifieke eigenschappen.



Locatie van de boom

Voor het bepalen van de theoretische windlast is Nederland onderverdeeld in 3 windgebieden, binnen deze windgebieden wordt gerekend met verschillende basis windsnelheden. Ook de locatie waar de boom staat, in het vrije veld, aan de rand van een stad of dorp, of in het midden van wijk met veel hoogbouw heeft een impact op de windbelasting (op basis van NEN-EN-1991-1-4.).

Boomhoogte

De boomhoogte wordt bepaald met behulp van een boomhoogte meter.

Oppervlak van de kroon

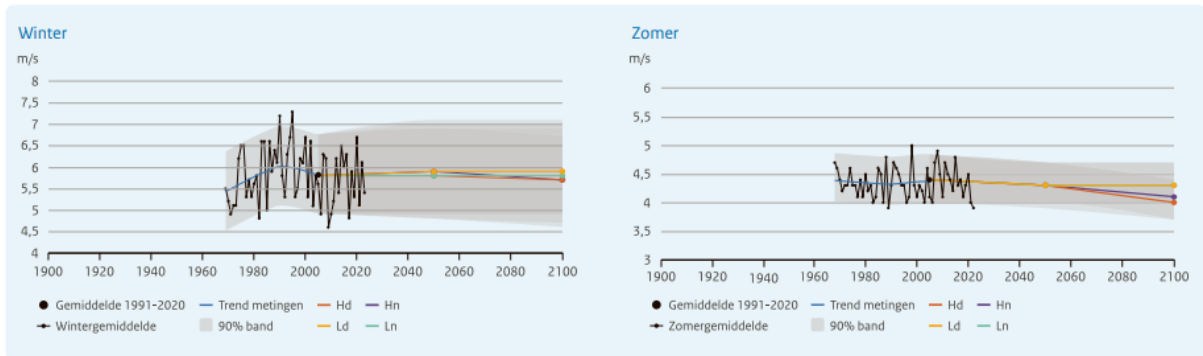
Met behulp van een foto van de betreffende boom, in combinatie met de gemeten boomhoogte wordt het kroonoppervlak berekend.



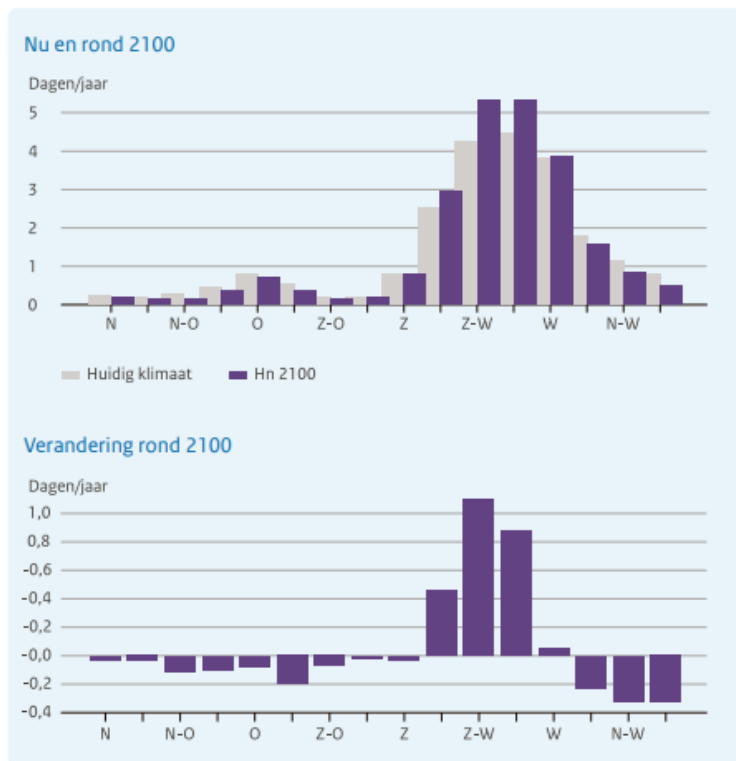
Tabel 1. Windsnelheden gemeten op 10m hoogte boven maaiveld (bron KNMI)

Windkracht	KNMI uitdrukking	m/s	Km/h	Windlast	Herkenning
0	Windstil	< 0,2	< 1		Rook stijgt recht omhoog.
1	Zwakke wind	0,3 - 1,5	1 - 5		Rookpluimen geven richting aan.
2	Zwakke wind	1,6 - 3,3	6 - 11		Bladeren ritselen, wind voelbaar in het gezicht.
3	Matige wind	3,4 - 5,4	12 - 19		Bladeren en twijgen voortdurend in beweging.
4	Matige wind	5,5 - 7,9	20 - 28		Stof en papier dwarrelen op.
5	Vrij krachtige wind	8,0 - 10,7	29 - 38	6 %	Takken maken zwaaiende bewegingen.
6	Krachtige wind	10,8 - 13,8	39 - 49	11%	Grote takken bewegen en hoed wordt afgeblazen
7	Harde wind	13,9 - 17,1	50 - 61	16%	Bomen bewegen
8	Stormachtige wind	17,2 - 20,7	62 - 74	28%	Twijgen breken af
9	Storm	20,8 - 24,4	75 - 88	40%	Takken breken af, Dakpannen waaien weg
10	Zware storm	24,5 - 28,4	89 - 102	56%	Bomen worden ontworteld
11	Zeer zware storm	28,5 - 32,6	102 - 117	76%	Uitgebreide schade aan bossen en gebouwen
12	Orkaan	>32,6	>117	100%	Veel wordt vernield, schuttingen waaien om veel schade te verwachten

Het KNMI heeft recentelijk 4 klimaatscenario's uitgebracht voor Nederland. Door de twee uitstootscenario's 'Hoog' (H) en 'Laag' (L) te combineren met de twee varianten 'nat' (n) en 'droog' (d), ontstaan er vier klimaatscenario's: Hn, Hd, Ln en Ld. Dit zijn de nieuwe KNMI'23-klimaatscenario's. Volgens deze klimaatscenario's voor Nederland zullen de boven het land waargenomen windsnelheden licht dalen (afbeelding 2). Dit heeft waarschijnlijk te maken met de ruwheid van het aardoppervlak, een gevolg van verstedelijking. In Nederland is de stormachtige noordwestenwind het gevaarlijkst. Maar ook het aantal dagen dat de wind uit deze richting met een gemiddelde snelheid van >14 m/s (windkracht 7 of meer) zal naar verwachting licht afnemen (afbeelding 3). De windsnelheid zelf zal uit deze richting echter nauwelijks veranderen.



Afbeelding 2. Gemiddelde windsnelheid in zomer en winter (Bron: KNMI, 2023: KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03)

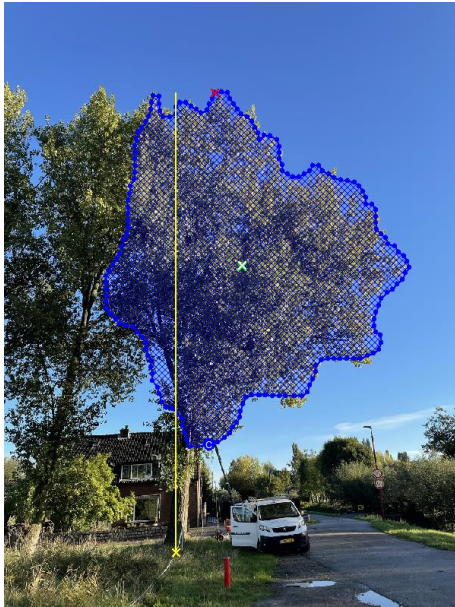


Afbeelding 3. Dagen per jaar met windsnelheid in K13 (Noordzee, 53,2°N, 3,2°O) met meer dan 14 m/s, bij verschillende windrichtingen in 1991-2020 en in het Hn-scenario rond 2100 (boven), en verschil tussen deze twee (onder). (Bron: KNMI, 2023: KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03)



2.3 Analyse en advies

Aan de hand van diverse omgevingsfactoren zoals ligging in het land, bebouwd of onbebouwd terrein wordt de windlast op de boom bepaald. Vervolgens wordt tijdens de trekproef aan de hand van de kluitkanteling bij een bepaalde trekkracht, de stabiliteit van de boom berekend.

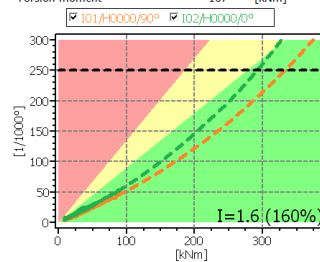


Parameters - variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
	=90km/h (56mph) =10 Bft	
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z [^]	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	30	[%]
Air density d	1200	[g/m ³]
Gust factor gf (°)	1.4	
Resonance factor rf	1	
Porosity	10	[%]
<input checked="" type="checkbox"/> Topology correction	Tree height = 25 [m]	

Results - variant 1 (without cutouts)

Crown area	192	[m ²]
Height of crown area center	16	[m]
Height of crown force center	16	[m]
Wind force on crown	30	[kN]
Stembase bending moment	462	[kNm]
Torsion moment	-107	[kNm]

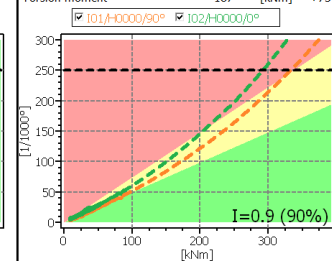


Parameters - variant 2

Wind speed Vref	36	[m/s]
	=130km/h (81mph) =12 Bft	
Reference height Zref	20	[m]
Terrain exponent Z [^]	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	30	[%]
Air density d	1200	[g/m ³]
Gust factor gf (°)	1.4	
Resonance factor rf	1	
Porosity	10	[%]
<input checked="" type="checkbox"/> Topology correction	Tree height = 25 [m]	

Results - variant 2 (with selected cutouts)

Crown area	192	[m ²]	0%
Height of crown area center	16	[m]	0%
Height of crown force center	16	[m]	+4%
Wind force on crown	52	[kN]	+76%
Stembase bending moment	845	[kNm]	+83%
Torsion moment	-187	[kNm]	+75%



Afbeelding 4. Voorbeeld berekening kroonoppervlak

Afbeelding 5. Voorbeeld grafiek Links geeft een situatie weer met windkracht 10, rechts bij een windkracht 12.

In de analyse wordt een veiligheidsmarge aangehouden van 1,4. Dit is het groene vlak. Als de kiepcurve in het groene deel ligt, is de boom voldoende stabiel.

Binnen de gele zone, is de boom stabiel maar is de veiligheidsmarge te beperkt. In dat geval wordt een snoemaatregel geadviseerd. Binnen de rode zone is er sprake van een verhoogd risico op instabiliteit. Hierop volgt een snoei- of kapadvies.

3 Resultaten en advies

Tijdens het stabiliteitsonderzoek zijn metingen verricht bij vijftien bomen (zie afbeelding 1). De onderzochte bomen zijn vijftien volwassen populieren en eiken met een redelijke conditie (zie bijlage I).

Bij de visuele inspectie van de bomen zijn er geen verzwakkingssymptomen aangetroffen die wijzen op een verhoogd risico op instabiliteit. Wel zijn er binnen de bomengroep drie exemplaren recentelijk omgewaaid (zie afbeelding 6 en 7). De bomen staan in een grasveld. De wortelkluiten van de drie omgevallen bomen zijn nader bekeken evenals de lokale bodemopbouw.

Onder de wortelkluit is puin houdend materiaal aangetroffen. Ook is er op een diepte van circa 40cm alleen humusloos grijs zand aanwezig. Hierin is ook geen beworteling aangetroffen. Tijdens het stabiliteitsonderzoek was deze locatie zeer nat en is het grondwater op circa 70cm beneden maaiveld aangetroffen. De capillaire zone begint al op ongeveer 30cm beneden maaiveld.



Afbeelding 6. Stobben van de omgewaaide bomen



Afbeelding 7. Stobben van de omgewaaide bomen



Afbeelding 8. Onderkant kluit van één van de omgevallen bomen



Afbeelding 9. Bodemopbouw ter hoogte van de omgevallen bomen.

Voor het bepalen van de windlast op de kroon, is rekening gehouden met windgebied 3. Voor het bepalen van de terreincategorie is gekozen voor een gebied met regelmatige begroeiing of gebouwen of vrijstaande obstakels met een tussenruimte van ten hoogste 10 meter obstakelhoogtes zoals bij dorpen of voorstedelijk terrein. De bomen staan in een groenstrook aan de rand van een wijk op een open grasveld met aan de zuidkant een brede sloot.

De uitvoering van het stabiliteitsonderzoek is in het verlengde van de Heemraadsweide uitgevoerd en er is getrokken richting het noordoosten.

In bijlage II zijn de analyse formulieren opgenomen. De analyseresultaten en het advies zijn samengevat weergegeven in tabel 2. Na analyse van de meetresultaten is de basisstabiliteit bij windkracht 10 en bij windkracht 12 berekend. De gestelde veiligheidsfactor is 140%.



Na analyse van de meetresultaten van de vijftien bomen voldoet de basisstabiliteit bij geen enkele boom aan de gestelde veiligheidseis van 140% bij een windkracht 12. En ook niet aan de gestelde veiligheidseis van 140% bij een windkracht 10. Om de stabiliteit van de bomen te kunnen garanderen bij een windkracht 12 en bij een windkracht 10 is het noodzakelijk om de kroon met een zeer hoog percentage te reduceren. Bij de meeste bomen zou dan rond de 50% kroonreductie moeten worden toegepast of zouden de bomen moeten worden gekandelaberd. Daarbij blijft het probleem dat er waarschijnlijk ondergronds onvoldoende verankering van de wortels is waardoor ook de drie omgevallen bomen instabiel zijn gebleken. Daarom is het advies om de bomen binnen 6 maanden te rooien.

Tabel 2 samenvatting resultaten en advies.

Boom	Boomsoort	Boom hoogte	Anker hoogte	Lier afstand tot stamvoet	Kroon oppervlak	Stabiliteit bij windkracht 10	Stabiliteit bij windkracht 12	Advies
1	Populus canadensis	27 m	6.9 m	27.4 m	119 m ²	130%	80%	Rooien < 6 maanden
2	Populus canadensis	28 m	6.8 m	25.4 m	107 m ²	90%	50%	Rooien < 6 maanden
3	Quercus frainetto	21 m	7.3 m	28 m	99 m ²	50%	30%	Rooien < 6 maanden
4	Quercus frainetto	24 m	7.5 m	22 m	85 m ²	70%	40%	Rooien < 6 maanden
5	Quercus frainetto	25 m	7.8 m	22.5 m	120 m ²	90%	50%	Rooien < 6 maanden
6	Quercus frainetto	21 m	6.9 m	15.4 m	78 m ²	30%	20%	Rooien < 6 maanden
7	Aesculus hippocastanum	19 m	6.5 m	20 m	44 m ²	80%	50%	Rooien < 6 maanden
8	Populus canadensis	27 m	7.2 m	26 m	95 m ²	110%	60%	Rooien < 6 maanden
9	Populus canadensis	27 m	7.7 m	23.8 m	114 m ²	80%	50%	Rooien < 6 maanden
10	Quercus frainetto	20 m	7.1 m	25 m	53 m ²	50%	30%	Rooien < 6 maanden
11	Quercus frainetto	24 m	6.8 m	27.4 m	97 m ²	50%	30%	Rooien < 6 maanden
12	Quercus frainetto	25 m	7.7 m	16.4 m	79 m ²	50%	30%	Rooien < 6 maanden
13	Quercus frainetto	24 m	7.7 m	22.4 m	117 m ²	80%	50%	Rooien < 6 maanden
14	Quercus frainetto	23 m	7.6 m	20 m	141 m ²	100%	60%	Rooien < 6 maanden
15	Quercus frainetto	20 m	7.7 m	27.4 m	103 m ²	100%	60%	Rooien < 6 maanden



Bijlage I. Boomgegevens

Boomnummer	Soort NL	Soort WS	Stam Ø	Kroon Ø	Conditie	Kwaliteit	BVC gebreken	Boomhoogte
1	Canadese populier	Populus canadensis	65cm	16m	Redelijk	Redelijk		27 m
2	Canadese populier	Populus canadensis	65cm	16m	Redelijk	Redelijk		28 m
3	Hongaarse eik	Quercus frainetto	45cm	10m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	21 m
4	Hongaarse eik	Quercus frainetto	48cm	10m	Redelijk	Redelijk		24 m
5	Hongaarse eik	Quercus frainetto	54cm	10m	Redelijk	Redelijk		25 m
6	Hongaarse eik	Quercus frainetto	38cm	10m	Redelijk	Redelijk		21 m
7	Witte paardenkastanje	Aesculus hippocastanum	45cm	8m	Redelijk	Goed		19 m
8	Canadese populier	Populus canadensis	58cm	16m	Redelijk	Redelijk		27 m
9	Canadese populier	Populus canadensis	57cm	16m	Redelijk	Redelijk		27 m
10	Hongaarse eik	Quercus frainetto	35cm	10m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	20 m
11	Hongaarse eik	Quercus frainetto	48cm	10m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	24 m
12	Hongaarse eik	Quercus frainetto	48cm	10m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	25 m
13	Hongaarse eik	Quercus frainetto	51cm	12m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	24 m
14	Hongaarse eik	Quercus frainetto	61cm	12m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	23 m
15	Hongaarse eik	Quercus frainetto	49cm	12m	Redelijk	Redelijk	Grof dood hout	20 m

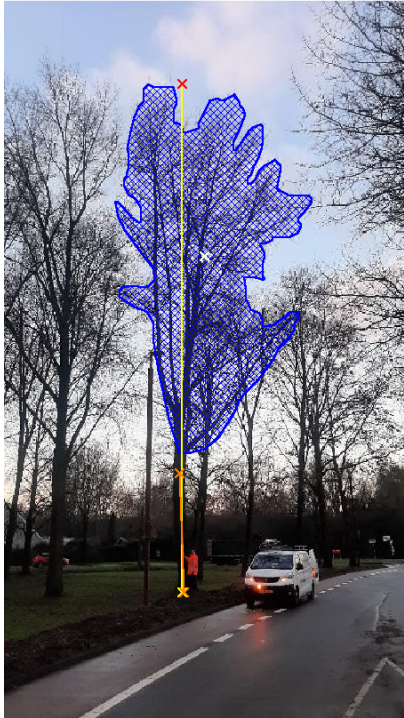




Bijlage II. Analyse formulier

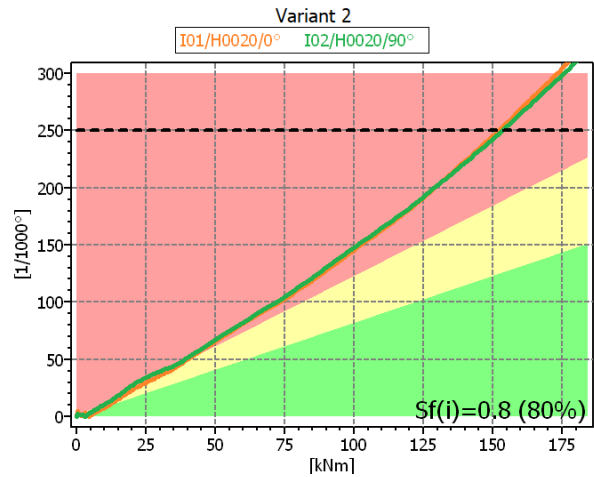
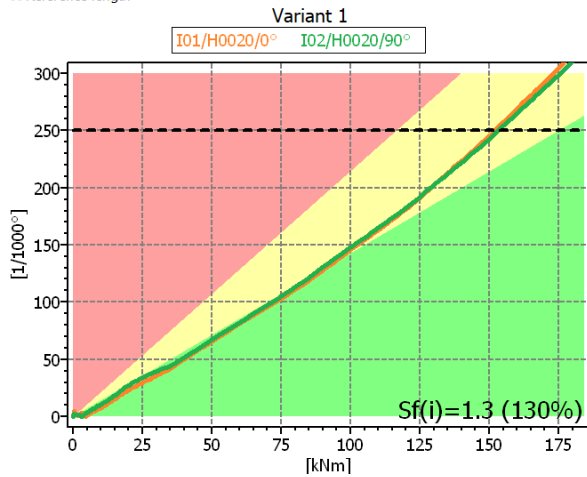
Boom 1.

Boom 1 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1								Variant 2							
Wind speed Vref	25 [m/s]							Wind speed Vref	33 [m/s]						
	=90km/h (56mph) =10 Bft [≈ 25m/s @ H=27m]								=119km/h (74mph) =12 Bft [≈ 33m/s @ H=27m]						
Reference height Zref	10 [m]							Reference height Zref	10 [m]						
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks [%]							Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks [%]						
Drag coefficient Cw	20 [%]							Drag coefficient Cw	20 [%]						
Air density d	1250 [g/m³]							Air density d	1250 [g/m³]						
Gust factor gf (²)	150 [%]							Gust factor gf (²)	150 [%]						
Resonance factor rf	100 [%]							Resonance factor rf	100 [%]						
Tree height = 27 [m]								Tree height = 27 [m]							
Crown area	119 [m²]							Crown area	119 [m²] 0%						
Height of crown area center	X 18 [m]							Height of crown area center	X 18 [m] 0%						
Height of crown force center	X 18 [m]							Height of crown force center	X 18 [m] 0%						
Wind force on crown	16 [kN]							Wind force on crown	28 [kN] +74%						
Stembase bending moment	291 [kNm]							Stembase bending moment	508 [kNm] +74%						
Torsion moment	-19 [kNm]							Torsion moment	-33 [kNm] +74%						
Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH	Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	119	17.8	17.8	16	291	-19	27.0	Crown	119	17.8	17.8	28	508	-33	27.0
Selected	119	17.8	17.8	16	291	-19	27.0	Selected	119	17.8	17.8	28	508	-33	27.0
[] 1	119	17.8	17.8	16	291	-19	27.0	[] 1	119	17.8	17.8	28	508	-33	27.0





Boom 2.

Boom 2 v2 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

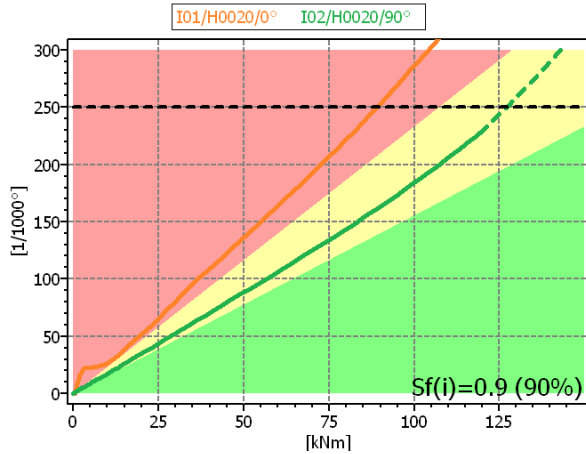
Wind speed V_{ref}	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=28m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	20	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]
Tree height = 28 [m]		
Crown area	107	[m²]
Height of crown area center X	18	[m]
Height of crown force center X	18	[m]
Wind force on crown	15	[kN]
Stembase bending moment	268	[kNm]
Torsion moment	25	[kNm]

Variant 2

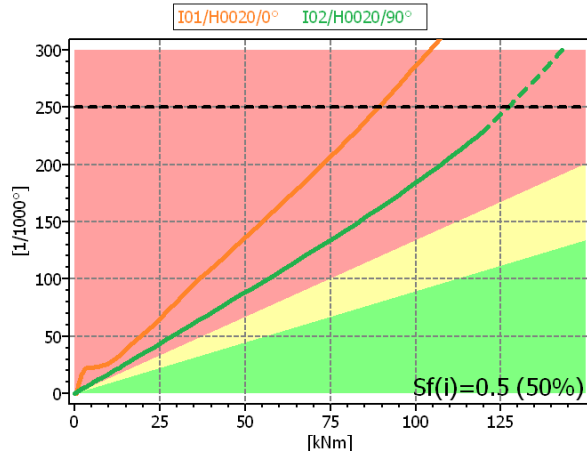
Wind speed V_{ref}	33	[m/s]	
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=28m]			
Reference height Z_{ref}	10	[m]	
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]	
Drag coefficient C_w	20	[%]	
Air density d	1250	[g/m³]	
Gust factor gf (?)	150	[%]	
Resonance factor rf	100	[%]	
Tree height = 28 [m]			
Crown area	107	[m²]	0%
Height of crown area center X	18	[m]	0%
Height of crown force center X	18	[m]	0%
Wind force on crown	25	[kN]	+74%
Stembase bending moment	466	[kNm]	+74%
Torsion moment	43	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	107	18.2	18.3	15	268	25	28.0

Variant 1



Variant 2





Boom 3.

Boom 3 trekproef nieuwgein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed V_{ref}	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=21m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 21 [m]

Crown area	99	[m²]
Height of crown area center X	14	[m]
Height of crown force center X	14	[m]
Wind force on crown	17	[kN]
Stembase bending moment	228	[kNm]
Torsion moment	13	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	99	13.6	13.8	17	228	13	21.0

Variant 2

Wind speed V_{ref}	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=21m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

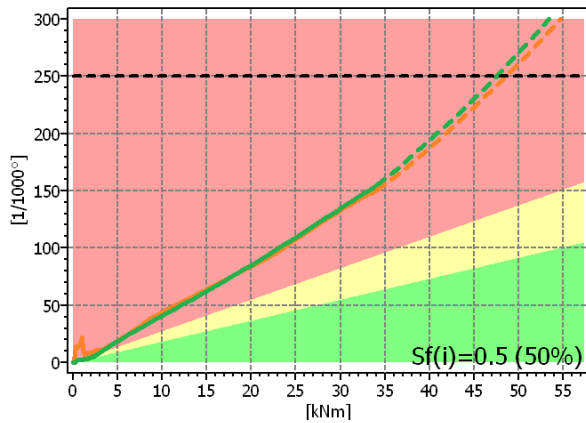
Tree height = 21 [m]

Crown area	99	[m²]	0%
Height of crown area center X	14	[m]	0%
Height of crown force center X	14	[m]	0%
Wind force on crown	29	[kN]	+74%
Stembase bending moment	397	[kNm]	+74%
Torsion moment	22	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	99	13.6	13.8	29	397	22	21.0

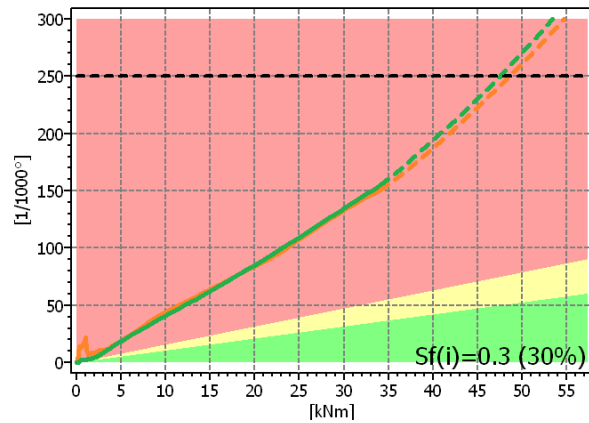
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 4.

Boom 4 trekproef nieuwgelein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=24m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 24 [m]

Crown area	85	[m²]
Height of crown area center X	17	[m]
Height of crown force center X	17	[m]
Wind force on crown	15	[kN]
Stembase bending moment	247	[kNm]
Torsion moment	-1	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	85	16.8	16.8	15	247	-1	24.0

Variant 2

Wind speed Vref	34	[m/s]
=122km/h (76mph) =12 Bft [= 34m/s @ H=24m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

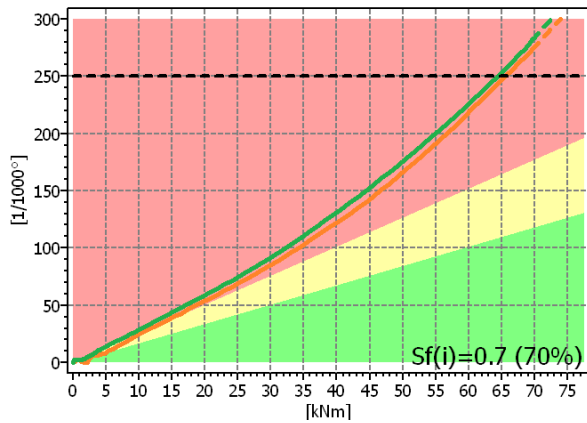
Tree height = 24 [m]

Crown area	85	[m²]	0%
Height of crown area center X	17	[m]	0%
Height of crown force center X	17	[m]	0%
Wind force on crown	27	[kN]	+85%
Stembase bending moment	457	[kNm]	+85%
Torsion moment	-1	[kNm]	+85%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	85	16.8	16.8	27	457	-1	24.0

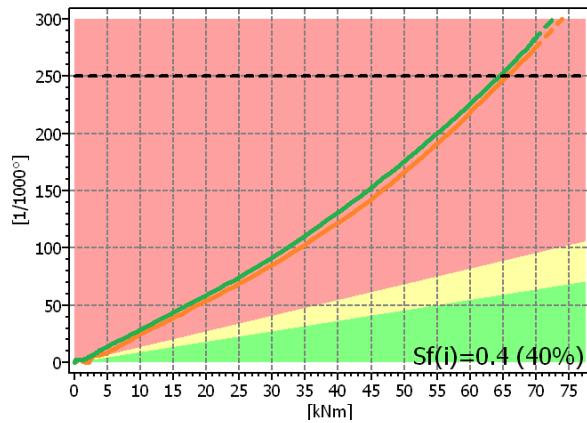
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

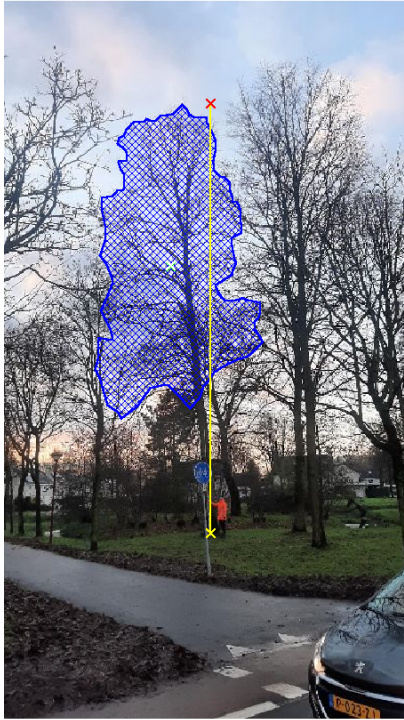
I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 5.

Boom 5 trekproef nieuwgelein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed V_{ref}	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=25m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 25 [m]

Crown area	120	[m²]
Height of crown area center X	16	[m]
Height of crown force center X	16	[m]
Wind force on crown	20	[kN]
Stembase bending moment	318	[kNm]
Torsion moment	47	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	120	15.5	15.6	20	318	47	25.0

Variant 2

Wind speed V_{ref}	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=25m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^\wedge	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

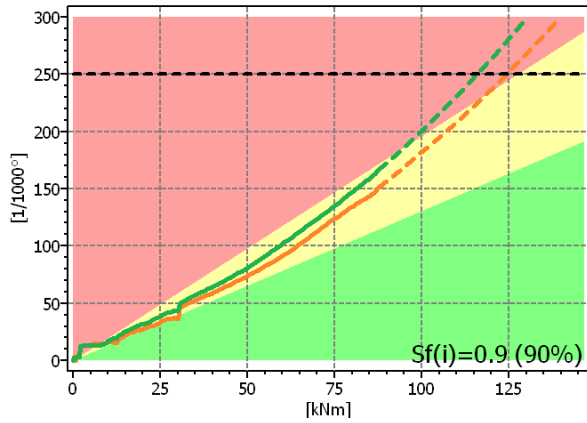
Tree height = 25 [m]

Crown area	120	[m²]	0%
Height of crown area center X	16	[m]	0%
Height of crown force center X	16	[m]	0%
Wind force on crown	36	[kN]	+74%
Stembase bending moment	555	[kNm]	+74%
Torsion moment	83	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	120	15.5	15.6	36	555	83	25.0

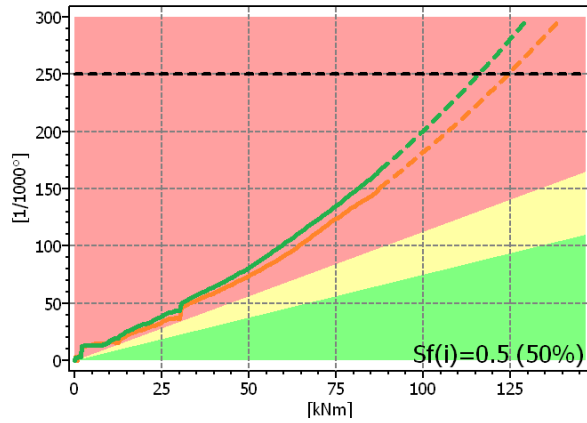
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 6.

Boom 6 v3 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

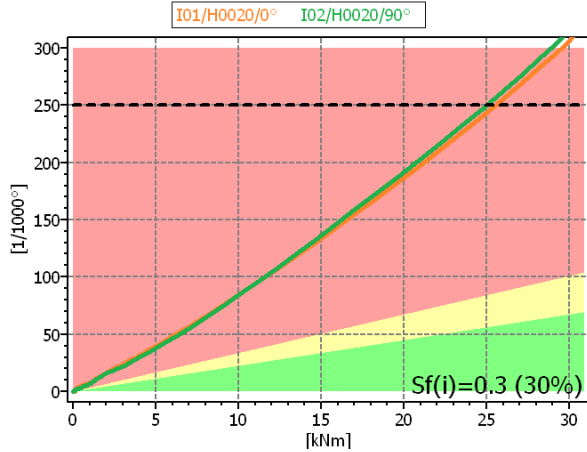
Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=21m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]
Tree height = 21 [m]		
Crown area	78	[m²]
Height of crown area center X	14	[m]
Height of crown force center X	14	[m]
Wind force on crown	13	[kN]
Stembase bending moment	186	[kNm]
Torsion moment	10	[kNm]

Variant 2

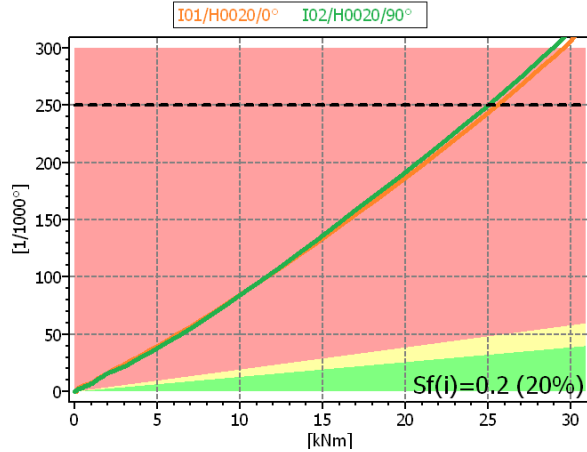
Wind speed Vref	33	[m/s]	
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=21m]			
Reference height Zref	10	[m]	
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]	
Drag coefficient Cw	25	[%]	
Air density d	1250	[g/m³]	
Gust factor gf (?)	150	[%]	
Resonance factor rf	100	[%]	
Tree height = 21 [m]			
Crown area	78	[m²]	0%
Height of crown area center X	14	[m]	0%
Height of crown force center X	14	[m]	0%
Wind force on crown	23	[kN]	+74%
Stembase bending moment	323	[kNm]	+74%
Torsion moment	17	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	78	13.9	14.0	13	186	10	21.0

Variant 1



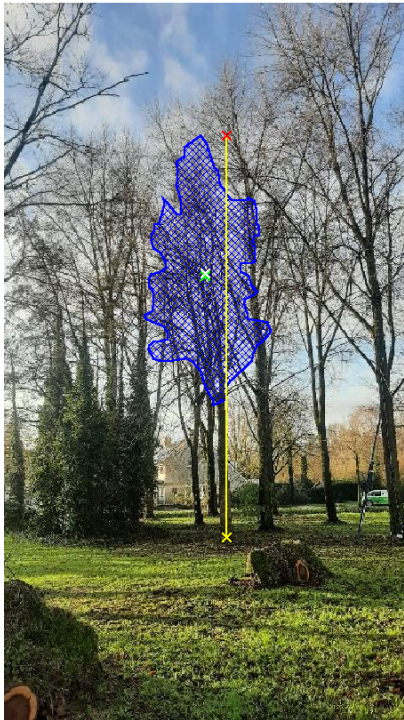
Variant 2





Boom 7.

Boom 7 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [≈ 25m/s @ H=19m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]
Tree height = 19 [m]		
Crown area	44	[m²]
Height of crown area center X	12	[m]
Height of crown force center X	12	[m]
Wind force on crown	8	[kN]
Stembase bending moment	94	[kNm]
Torsion moment	8	[kNm]

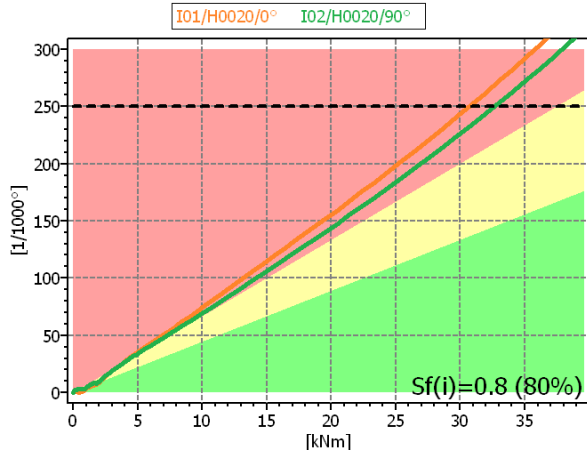
Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]	
=119km/h (74mph) =12 Bft [≈ 33m/s @ H=19m]			
Reference height Zref	10	[m]	
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]	
Drag coefficient Cw	25	[%]	
Air density d	1250	[g/m³]	
Gust factor gf (²)	150	[%]	
Resonance factor rf	100	[%]	
Tree height = 19 [m]			
Crown area	44	[m²]	0%
Height of crown area center X	12	[m]	0%
Height of crown force center X	12	[m]	0%
Wind force on crown	13	[kN]	+74%
Stembase bending moment	163	[kNm]	+74%
Torsion moment	13	[kNm]	+74%

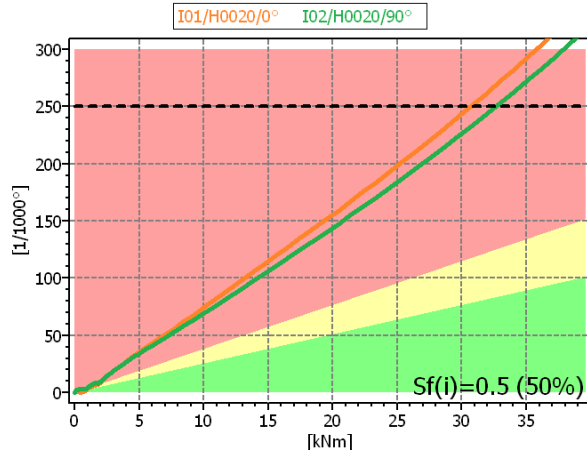
Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	44	12.4	12.5	8	94	8	19.0

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	44	12.4	12.5	13	163	13	19.0

Variant 1



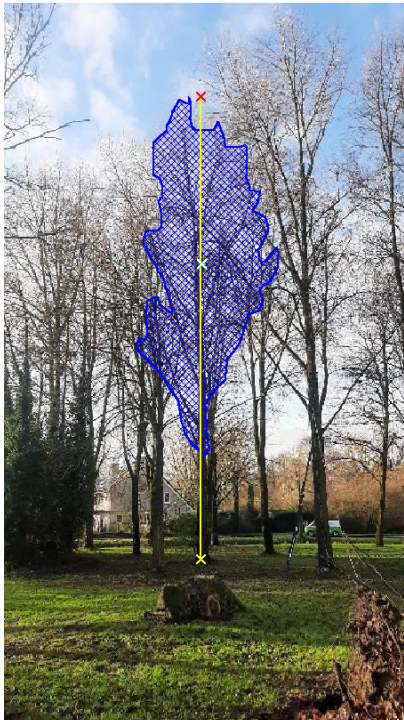
Variant 2





Boom 8.

Boom 8 trekproef nieuwgelein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=27m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	20	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]
Tree height = 27 [m]		
Crown area	95	[m²]
Height of crown area center X	17	[m]
Height of crown force center X	17	[m]
Wind force on crown	13	[kN]
Stembase bending moment	226	[kNm]
Torsion moment	-1	[kNm]

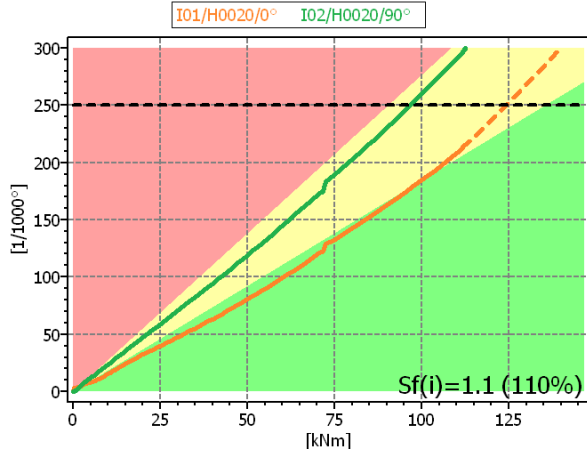
Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]	
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=27m]			
Reference height Zref	10	[m]	
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]	
Drag coefficient Cw	20	[%]	
Air density d	1250	[g/m³]	
Gust factor gf (²)	150	[%]	
Resonance factor rf	100	[%]	
Tree height = 27 [m]			
Crown area	95	[m²]	0%
Height of crown area center X	17	[m]	0%
Height of crown force center X	17	[m]	0%
Wind force on crown	23	[kN]	+74%
Stembase bending moment	393	[kNm]	+74%
Torsion moment	-1	[kNm]	+74%

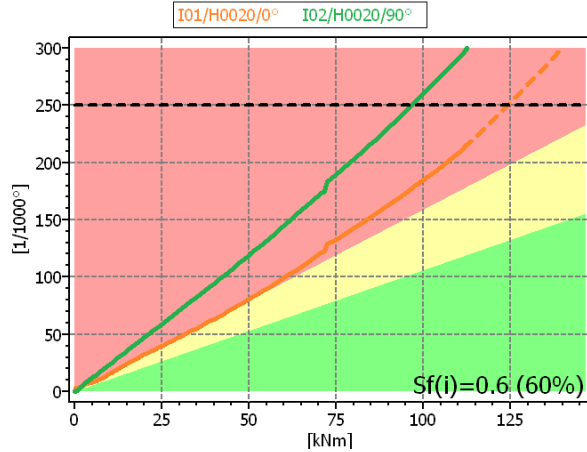
Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	95	17.2	17.2	13	226	-1	27.0

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	95	17.2	17.2	23	393	-1	27.0

Variant 1



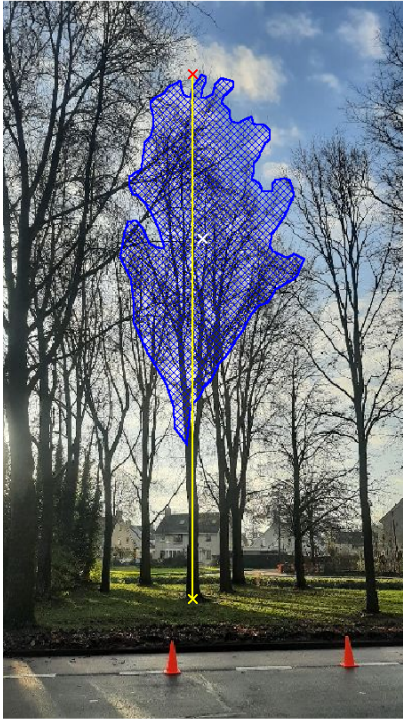
Variant 2





Boom 9.

Boom 9 trekproef nieuwgegin



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=27m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	20	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 27 [m]

Crown area	99	[m²]
Height of crown area center X	19	[m]
Height of crown force center X	19	[m]
Wind force on crown	14	[kN]
Stembase bending moment	252	[kNm]
Torsion moment	-6	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	99	18.5	18.5	14	252	-6	27.0

Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=27m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	20	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

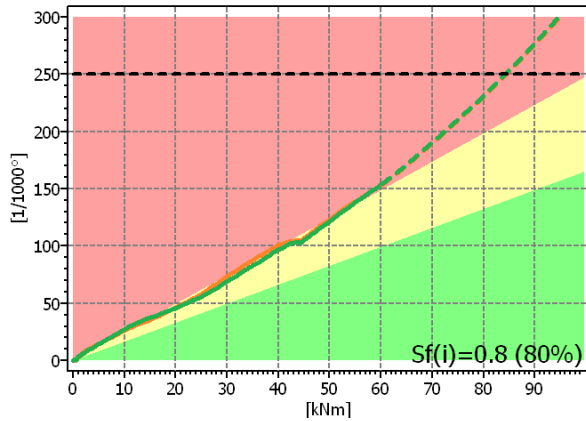
Tree height = 27 [m]

Crown area	99	[m²]	0%
Height of crown area center X	19	[m]	0%
Height of crown force center X	19	[m]	0%
Wind force on crown	24	[kN]	+74%
Stembase bending moment	438	[kNm]	+74%
Torsion moment	-11	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	99	18.5	18.5	24	438	-11	27.0

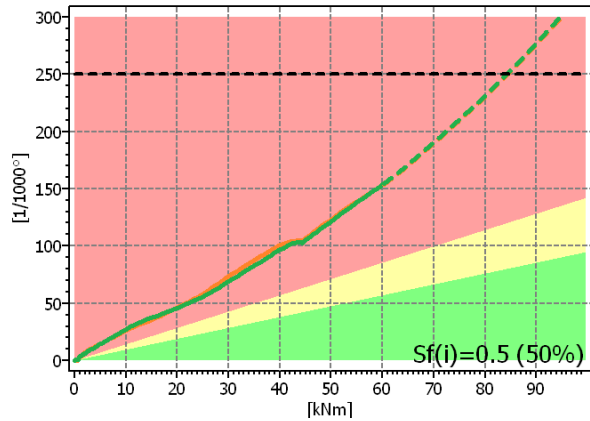
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

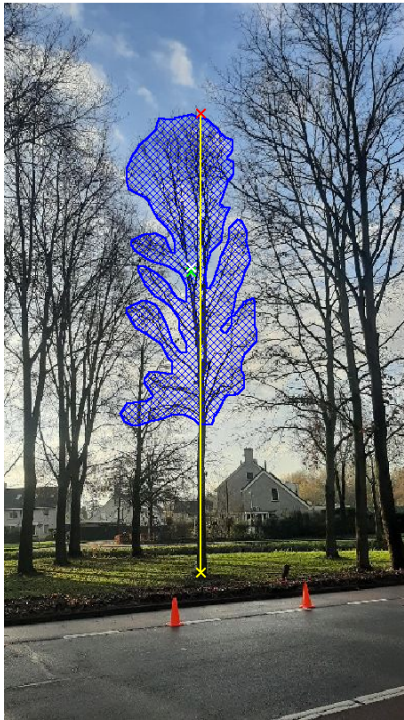
I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 10.

Boom 10 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [≈ 25m/s @ H=20m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 20 [m]

Crown area	53	[m²]
Height of crown area center X	13	[m]
Height of crown force center X	13	[m]
Wind force on crown	9	[kN]
Stembase bending moment	116	[kNm]
Torsion moment	4	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	53	13.1	13.3	9	116	4	20.0

Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [≈ 33m/s @ H=20m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

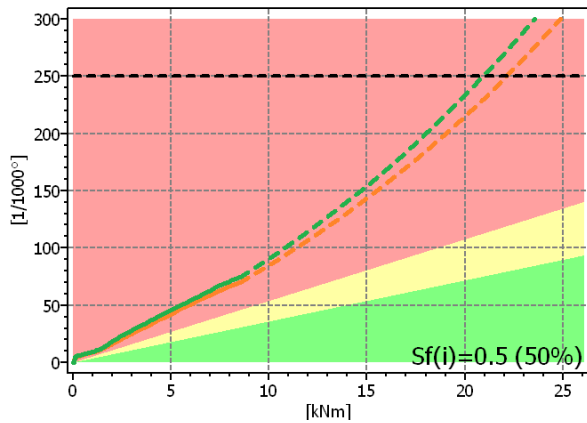
Tree height = 20 [m]

Crown area	53	[m²]	0%
Height of crown area center X	13	[m]	0%
Height of crown force center X	13	[m]	0%
Wind force on crown	15	[kN]	+74%
Stembase bending moment	202	[kNm]	+74%
Torsion moment	7	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	53	13.1	13.3	15	202	7	20.0

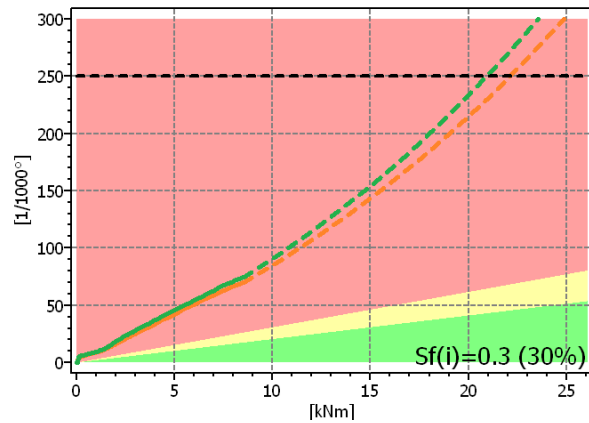
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 11.

Boom 11 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

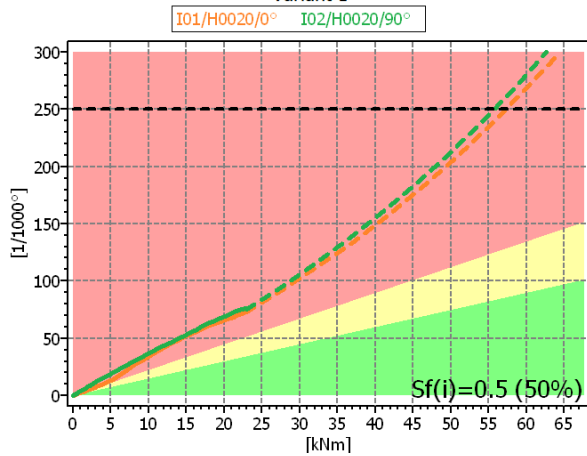
Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=24m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]
Tree height = 24 [m]		
Crown area	97	[m²]
Height of crown area center X	17	[m]
Height of crown force center X	17	[m]
Wind force on crown	17	[kN]
Stembase bending moment	279	[kNm]
Torsion moment	-15	[kNm]

Variant 2

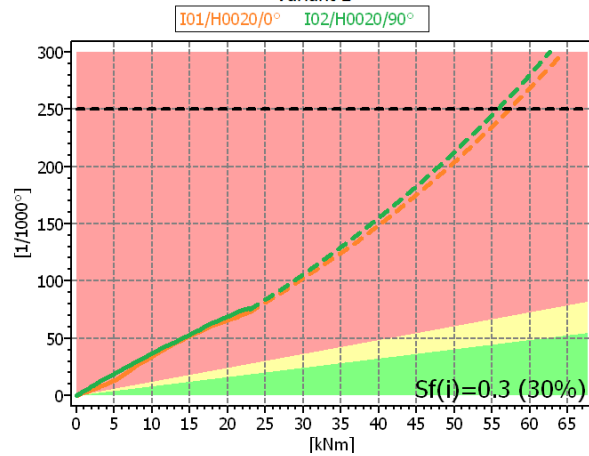
Wind speed Vref	34	[m/s]	
=122km/h (76mph) =12 Bft [= 34m/s @ H=24m]			
Reference height Zref	10	[m]	
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]	
Drag coefficient Cw	25	[%]	
Air density d	1250	[g/m³]	
Gust factor gf (²)	150	[%]	
Resonance factor rf	100	[%]	
Tree height = 24 [m]			
Crown area	97	[m²]	0%
Height of crown area center X	17	[m]	0%
Height of crown force center X	17	[m]	0%
Wind force on crown	31	[kN]	+85%
Stembase bending moment	515	[kNm]	+85%
Torsion moment	-28	[kNm]	+85%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	97	16.7	16.8	17	279	-15	24.0

Variant 1



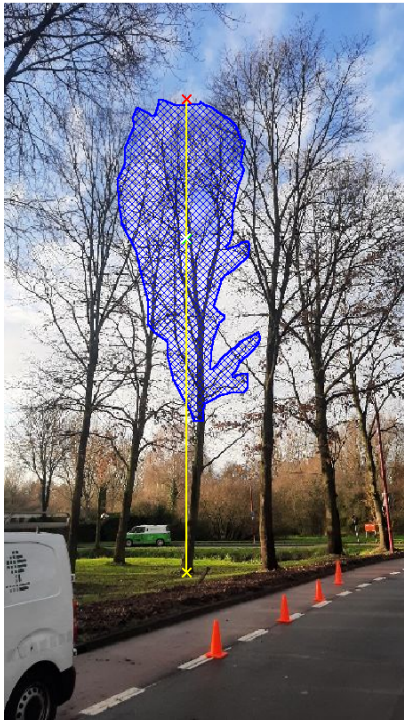
Variant 2





Boom 12.

Boom 12 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=25m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 25 [m]

Crown area	79	[m²]
Height of crown area center X	18	[m]
Height of crown force center X	18	[m]
Wind force on crown	14	[kN]
Stembase bending moment	239	[kNm]
Torsion moment	0	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	79	17.6	17.7	14	239	0	25.0

Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=25m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (?)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

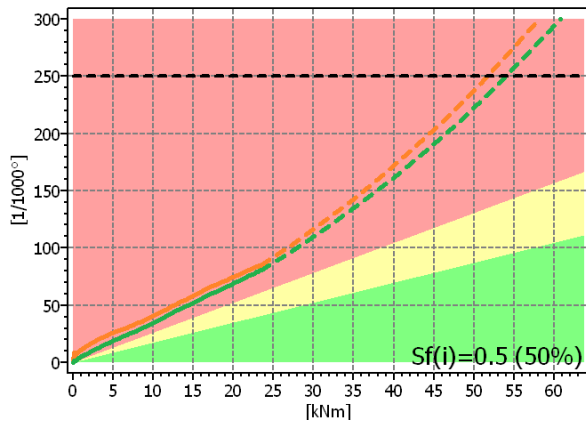
Tree height = 25 [m]

Crown area	79	[m²]	0%
Height of crown area center X	18	[m]	0%
Height of crown force center X	18	[m]	0%
Wind force on crown	24	[kN]	+74%
Stembase bending moment	417	[kNm]	+74%
Torsion moment	1	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	79	17.6	17.7	24	417	1	25.0

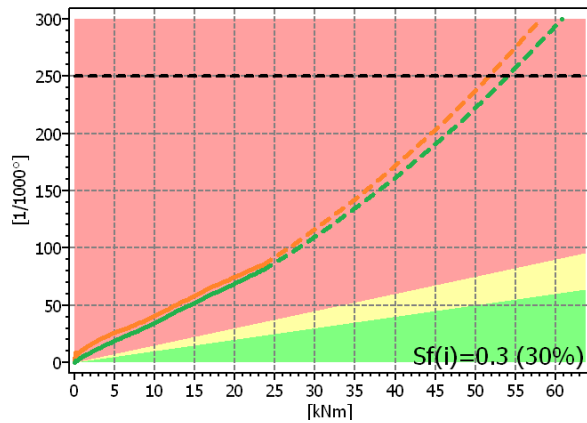
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

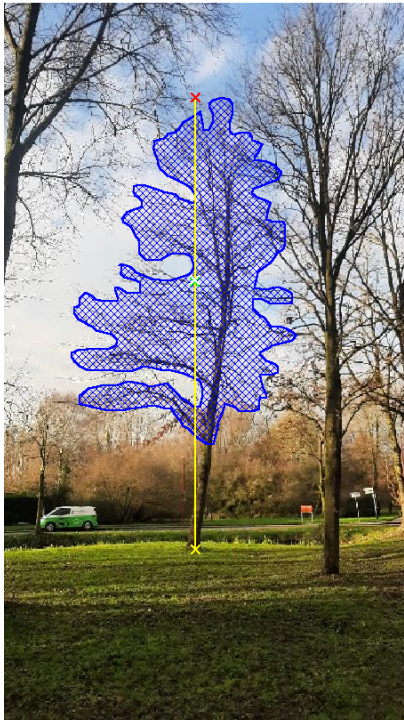
I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 13.

Boom 13 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=24m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 24 [m]

Crown area	117	[m²]
Height of crown area center X	14	[m]
Height of crown force center X	14	[m]
Wind force on crown	20	[kN]
Stembase bending moment	283	[kNm]
Torsion moment	1	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	117	14.2	14.3	20	283	1	24.0

Variant 2

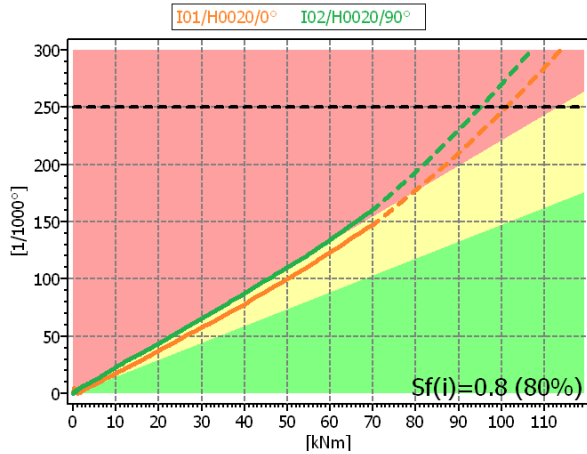
Wind speed Vref	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=24m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 24 [m]

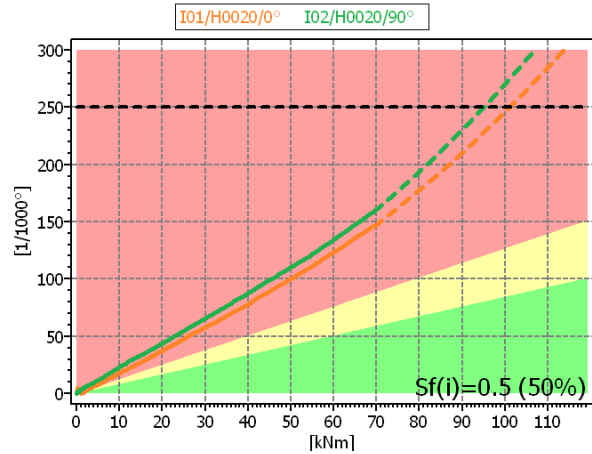
Crown area	117	[m²]	0%
Height of crown area center X	14	[m]	0%
Height of crown force center X	14	[m]	0%
Wind force on crown	34	[kN]	+74%
Stembase bending moment	492	[kNm]	+74%
Torsion moment	1	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	117	14.2	14.3	34	492	1	24.0

Variant 1



Variant 2





Boom 14.

Boom 14 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed Vref	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [= 25m/s @ H=23m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

Tree height = 23 [m]

Crown area	150	[m²]
Height of crown area center X	15	[m]
Height of crown force center X	15	[m]
Wind force on crown	26	[kN]
Stembase bending moment	381	[kNm]
Torsion moment	-58	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	150	14.8	14.9	26	381	-58	23.0

Variant 2

Wind speed Vref	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [= 33m/s @ H=23m]		
Reference height Zref	10	[m]
Terrain exponent Z^	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient Cw	25	[%]
Air density d	1250	[g/m³]
Gust factor gf (²)	150	[%]
Resonance factor rf	100	[%]

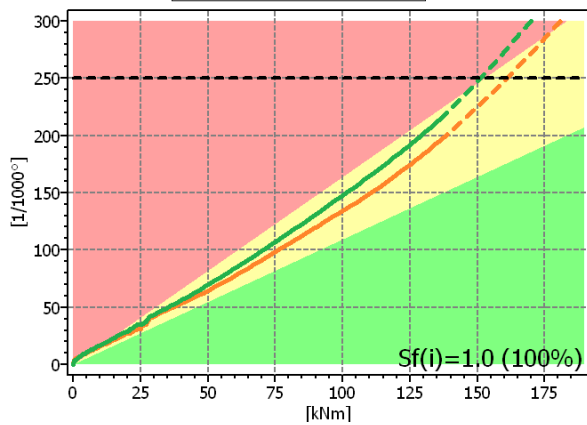
Tree height = 23 [m]

Crown area	150	[m²]	0%
Height of crown area center X	15	[m]	0%
Height of crown force center X	15	[m]	0%
Wind force on crown	45	[kN]	+74%
Stembase bending moment	664	[kNm]	+74%
Torsion moment	-101	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	150	14.8	14.9	45	664	-101	23.0

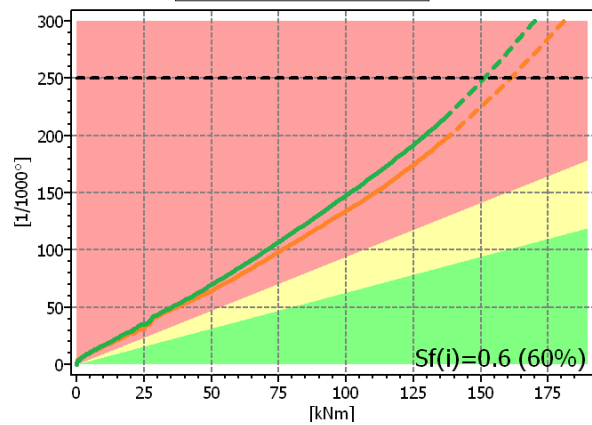
Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

I01/H0020/0° I02/H0020/90°





Boom 15.

Boom 15 trekproef nieuwegein



- X Base point
- X Tree height
- X Crown area center point
- X Crown force center point
- | Torsion center line
- X Reference length

Variant 1

Wind speed V_{ref}	25	[m/s]
=90km/h (56mph) =10 Bft [\approx 25m/s @ H=20m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^{\wedge}	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m ³]
Gust factor g_f (?)	150	[%]
Resonance factor r_f	100	[%]

Tree height = 20 [m]

Crown area	103	[m ²]
Height of crown area center	X 13	[m]
Height of crown force center	X 13	[m]
Wind force on crown	17	[kN]
Stembase bending moment	227	[kNm]
Torsion moment	-18	[kNm]

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	103	12.9	13.1	17	227	-18	20.0

Variant 2

Wind speed V_{ref}	33	[m/s]
=119km/h (74mph) =12 Bft [\approx 33m/s @ H=20m]		
Reference height Z_{ref}	10	[m]
Terrain exponent Z^{\wedge}	30 Suburb, Parks	[%]
Drag coefficient C_w	25	[%]
Air density d	1250	[g/m ³]
Gust factor g_f (?)	150	[%]
Resonance factor r_f	100	[%]

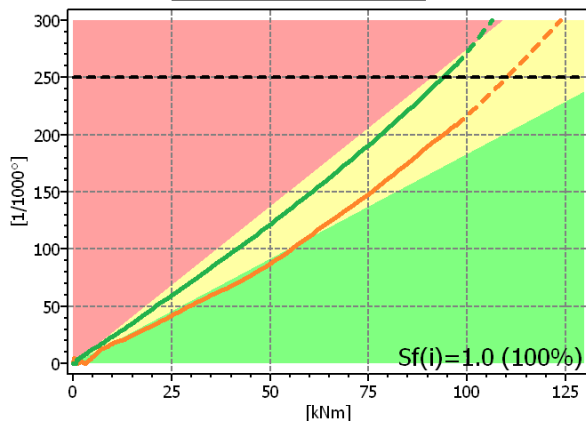
Tree height = 20 [m]

Crown area	103	[m ²]	0%
Height of crown area center	X 13	[m]	0%
Height of crown force center	X 13	[m]	0%
Wind force on crown	30	[kN]	+74%
Stembase bending moment	396	[kNm]	+74%
Torsion moment	-31	[kNm]	+74%

Area	CA	HAC	HFC	WF	BM	TM	TH
Crown	103	12.9	13.1	30	396	-31	20.0

Variant 1

I01/H0020/0° I02/H0020/90°



Variant 2

I01/H0020/0° I02/H0020/90°

