



# Memo

<b>Aan</b>	Projectteam herinrichting Ooster- en Westerkade	<b>Datum</b>	08 april 2020
<b>Onderwerp</b>	Boombelastingen Wester- en Oosterkade (VO-fase)	<b>Van</b>	
		<b>Doorkiesnummer</b>	
		<b>E-mail</b>	
<b>Kopie</b>		<b>Bijlagen</b>	Beschouwing boombelastingen

## Aanleiding

De Wester- en Oosterkade worden heringericht. In het Voorlopig Ontwerp van de herinrichting van de Wester- en Oosterkade blijft de kademuur ongewijzigd (op enkele trappen na) en wil men de huidige 31 bomen (max. ca. 10m hoog) vervangen door grotere bomen. De grotere bomen kunnen in potentie hoger worden dan 15 meter.

Stadsingenieurs heeft van Ruimte de opdracht gekregen om een beschouwing te maken van de nieuwe boombelastingen vanuit het herinrichtingsplan op de bestaande kademuur.

## Doel van de beschouwing

In deze beschouwing wordt de nieuwe boombelasting (1<sup>e</sup> categorie grootte boom / 2<sup>e</sup> categorie grootte boom) vergeleken met de belasting in de huidige situatie (bestaande boom 3<sup>e</sup> categorie / belasting ten gevolge van parkeren).

Van de belasting in de huidige situatie wordt de maatgevende belasting aangehouden.

## Documenten

- [1] VO tekening Oosterkade Westerkade, principe profielen, d.d. 13-03-2020;
- [2] Bomenposter Bomen ontwerp,
- [3] Handboek binnen stedelijke kademuren, erratum 4.2.4. boombelasting 2017;

## Belastingen

### Huidige situatie - belasting t.g.v. parkeren

Aan de rand van de kade zijn in de huidige situatie parkeervakken voorzien. De parkeervakken zijn ingericht als grote parkeervakken. Hierdoor kan zwaar vrachtverkeer ook parkeren aan de rand van de kade. Aangehouden wordt een veranderlijke maaiveldbelasting van 20kN/m<sup>2</sup> in de parkeervakken.

### Boombelasting

De belasting door boomwortels wordt aangehouden overeenkomstig de methode omschreven in [3].

De boombelasting bestaat uit:

- eigen gewicht van de boom;
- de horizontale windbelasting, die vanuit het wortelstelsel naar de ondergrond wordt overgebracht via een horizontale schuifkracht en een verticaal koppelmoment.

Voor de vergelijking van de boombelasting wordt alleen het verticaal koppelmoment beschouwd. Door de excentriciteit van de windbelasting ontstaat een moment ter plaatse van de wortels. Dit moment geeft een drukbelasting aan de zijde van de kademuur. Deze drukbelasting leidt tot hogere korrelspanningen naast de kademuur.

De horizontale schuifkracht ten gevolge van de windbelasting wordt opgenomen door de trekwortels. Deze belasting komt niet op de kademuur.

De aangehouden maatvoering t.a.v. de kroon diameter, kroonhoogte en boomhoogte zijn m.b.v. [2] aangehouden.

De overige aangehouden boomgegevens m.b.v. [3] aangehouden.

Voor het bepalen van de windbelasting op de bomen worden de gegevens in onderstaande tabel aangehouden.

<b>Boomgegevens</b>		<b>Categorie</b>			<b>Bron</b>
		<b>3</b> <i>(bestaande situatie)</i>	<b>2</b> <i>(nieuwe situatie)</i>	<b>1</b> <i>(nieuwe situatie)</i>	
Boomhoogte	$h_b$ [m]	8	15	20	[2]
Kroon diameter	$d_k$ [m]	7	10	15	[2]
Kroonhoogte	$h_k$ [m]	7	10	15	[2]
Stam diameter	$d_s$ [m]	0,4	0,6	0,9	[3]
Stamhoogte	$h_s$ [m]	4	6	7	[3]
Dikte kluit	$d$ [m]	1,5	1,5	1,5	[3]
Afstand hart stam tot achterkant rollaag kade	$R_{dwars}$ [m]	1,5	1,5	1,5	
Straal kluit in langsrichting	$R_{langs}$ [m]	1,5	2,5	3,0	[2]

### Resultaten belastingen en vergelijking

De maaiveldbelasting ten gevolge van parkeren en de windbelasting op de bomen genereren een horizontale belasting op de kademuur. Deze horizontale belasting heeft een bepaalde afstand ten opzichte van de onderzijde van de kademuur.

In onderstaande tabel zijn de belastinggevallen met bijbehorende horizontale krachten op de kademuur weergegeven.

	$q_{vert;druk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Lambda_a$	$q_{hor;druk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
<b>Huidige situatie</b>				
<i>Boom categorie 3</i>	9	0,33	3	
<i>Belasting tgv parkeren</i>	20	0,33	7	<i>maatgevend</i>
<b>Nieuwe situatie</b>				
<i>Boom categorie 2</i>	18	0,33	6	
<i>Boom categorie 1</i>	35	0,33	12	

In de huidige situatie is de belasting ten gevolge van parkeren maatgevend ten opzichte van de bestaande boombelasting (categorie 3). Deze maatgevende belasting wordt aangehouden in vergelijking met de nieuwe boombelastingen.

De horizontale belasting op de kademuur ten gevolge van een nieuwe boom categorie 2 is kleiner dan de huidige maatgevende situatie (*cat. 2 = 6 kN/m<sup>2</sup> < parkeren = 7 kN/m<sup>2</sup>*).

De horizontale belasting op de kademuur ten gevolge van een nieuwe boom categorie 1 is groter dan de huidige maatgevende situatie (*cat. 1 = 12 kN/m<sup>2</sup> > parkeren = 7 kN/m<sup>2</sup>*).

Datum 08 april 2020

### Conclusie en aanbeveling

Een toekomstige *nieuwe boom van categorie 2* kan zonder aanvullende maatregelen aangebracht worden achter de bestaande kademuur.

Een toekomstige *nieuwe boom van categorie 1* kan niet zonder een aanvullende beschouwing en eventuele maatregelen aangebracht worden achter de bestaande kademuur.

*Indien voor een toekomstige nieuwe boom van categorie 1 de afstand "hart stam tot voorzijde rollaag kademuur" wordt vergroot naar 2,5m (conform [3]), dan kan deze categorie zonder aanvullende maatregelen worden aangebracht. Vanuit beheer is aangegeven deze maat voor categorie 1 bomen (zonder maatregelen) als minimale maat aan te houden.*

Aanbevolen wordt om de volgende opties in een vervolgstadium te heroverwegen / nader te beschouwen. De opties zijn gerangschikt startend met de meest verantwoorde, duurzame en financieel voordeligste.

- 1) Bestaande, gezonde bomen (categorie 3) handhaven en integreren in het nieuwe herinrichtingsplan;
- 2) Nieuwe bomen (categorie 2) aanbrengen en integreren in het nieuwe herinrichtingsplan;
- 3) Nieuwe bomen (categorie 1) aanbrengen, inclusief aanvullende beschouwing en eventuele maatregelen. Hierbij kunnen de volgende opties beschouwd worden;
  - Invloed horizontale belasting op bestaande kademuur (wat is de reservecapaciteit van de bestaande kademuur ?);  
*Mbv gegevens bestaande kademuur (geometrie, materiaal, fundering)*
  - Eventuele maatregelen t.a.v. bestaande kademuur indien er onvoldoende stabiliteit gegarandeerd kan worden;  
*Onderzoek alternatieven: verankeren bestaande kademuur, boomboxen*



*Bestaande bomen Westerkade (herfst)*

Project : Ooster- en Westerkade  
 Onderdeel : Nieuwe situatie - boom categorie 1  
 Projectnummer : 3350010

**Boombelastingen volgens Handboek Binnenstedelijke Kademuren**

<b>Boomgegevens</b>	<b>Categorie 1</b>	
boomhoogte	$h_b$	20,0 m
kroonhoogte	$h_k$	15,0 m
kroondiameter	$d_k$	15,0 m
kroonoppervlak	$A_k$	176,7 m <sup>2</sup>
stamdiameter	$d_s$	0,9 m
stamhoogte	$h_s$	5,0 m

Tabel 12 Indicatieve grootheden					Eigen	
		Eik	Linde	Populier	<b>Categorie 1</b>	
boomhoogte	$h_b$	15,0	18,0	20,0	<b>20,0</b>	m
kroondiameter	$d_k$	10,0	8,0	10,0	<b>15,0</b>	m
stamdiameter	$d_s$	0,4	0,75	0,4	<b>0,9</b>	m
stamhoogte	$h_s$	5,0	10,0	5,0	<b>5,0</b>	m
kroonhoogte	$h_k$	10,0	8,0	15,0	<b>15,0</b>	m
gewicht	G	20,0	20,0	15,0	<b>150,0</b>	kN

**Windbelasting boom**

Windsnelheid	$v_{m(z)}$	<b>24,50</b> m/s
doorlatendh factor	$c_w$	<b>0,25</b> -
$\rho$ lucht	$\rho$	<b>1,2</b> kg/m <sup>3</sup>
windkracht	$F_w$	31,8 kN
hefboomsarm wind		12,5 m
moment	$M_{wind}$	397,8 kNm

Kluitoppervlak druk  $A_{druk}$  **7,1** m<sup>2</sup> (halve ellips: met  $R_{langs}$  en  $R_{dwars}$ )

$r_{druk}$   $r_d$  1,50 m

$r_{trek}$   $r_t$  **2,40** m

grond (effectief)  $\gamma$  **18,0** kN/m<sup>3</sup>

dikte kluit  $d$  **1,50** m

$x_{druk}$  0,637 m

$G_{trek}$  244,3 kN

$x_{trek}$  1,019 m

opneembaar  $M_{opn}$  404,4 kNm

$r_{trek}$  aanpassen tot  $M_{wind}$  gelijk is aan  $M_{opneembaar}$

**Resultaten belasting**

			incl. reductie	$\lambda_a$	
<b>Druk:</b>	$q_{druk;vert}$	34,6 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	34,6 kN/m <sup>2</sup>	0,33 $q_{druk;hor}$ 11,5 kN/m <sup>2</sup>
<b>Trek:</b>	$q_{trek;vert}$	27,0 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	27,0 kN/m <sup>2</sup>	0,33 $q_{trek;hor}$ 9,0 kN/m <sup>2</sup>

Project : Ooster- en Westerkade  
 Onderdeel : Nieuwe situatie - boom categorie 2  
 Projectnummer : 3350010

**Boombelastingen volgens Handboek Binnenstedelijke Kademuren**

<u>Boomgegevens</u>		<b>Categorie 2</b>
boomhoogte	$h_b$	15,0 m
kroonhoogte	$h_k$	10,0 m
kroondiameter	$d_k$	10,0 m
kroonoppervlak	$A_k$	78,5 m <sup>2</sup>
stamdiameter	$d_s$	0,6 m
stamhoogte	$h_s$	5,0 m

Tabel 12 Indicatieve grootheden					Eigen	
		Eik	Linde	Populier	<b>Categorie 2</b>	
boomhoogte	$h_b$	15,0	18,0	20,0	<b>15,0</b>	m
kroondiameter	$d_k$	10,0	8,0	10,0	<b>10,0</b>	m
stamdiameter	$d_s$	0,4	0,75	0,4	<b>0,6</b>	m
stamhoogte	$h_s$	5,0	10,0	5,0	<b>5,0</b>	m
kroonhoogte	$h_k$	10,0	8,0	15,0	<b>10,0</b>	m
gewicht	G	20,0	20,0	15,0	<b>70,0</b>	kN

**Windbelasting boom**

Windsnelheid	$v_{m(z)}$	<b>24,50</b> m/s
doorlatendh factor	$c_w$	<b>0,25</b> -
$\rho$ lucht	$\rho$	<b>1,2</b> kg/m <sup>3</sup>
windkracht	$F_w$	14,1 kN
hefboomsarm wind		10,0 m
moment	$M_{wind}$	141,4 kNm

Kluitoppervlak druk  $A_{druk}$  **5,9** m<sup>2</sup> (halve ellips: met  $R_{langs}$  en  $R_{dwars}$ )

$r_{druk}$   $r_d$  1,50 m

$r_{trek}$   $r_t$  **1,60** m

grond (effectief)  $\gamma$  **18,0** kN/m<sup>3</sup>

dikte kluit  $d$  **1,50** m  $x_{druk}$  0,637 m

$G_{trek}$  108,6 kN  $x_{trek}$  0,679 m

opneembaar  $M_{opn}$  142,8 kNm

$r_{trek}$  aanpassen tot  $M_{wind}$  gelijk is aan  $M_{opneembaar}$

**Resultaten belasting**

			incl. reductie	$\lambda_a$		
<b>Druk:</b>	$q_{druk;vert}$	18,4 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	18,4 kN/m <sup>2</sup>	0,33	$q_{druk;hor}$ 6,1 kN/m <sup>2</sup>
<b>Trek:</b>	$q_{trek;vert}$	27,0 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	27,0 kN/m <sup>2</sup>	0,33	$q_{trek;hor}$ 9,0 kN/m <sup>2</sup>

Project : Ooster- en Westerkade  
 Onderdeel : Huidige situatie - boom categorie 3  
 Projectnummer : 3350010

**Boombelastingen volgens Handboek Binnenstedelijke Kademuren**

<u>Boomgegevens</u>		<b>Categorie 3</b>
boomhoogte	$h_b$	8,0 m
kroonhoogte	$h_k$	7,0 m
kroondiameter	$d_k$	7,0 m
kroonoppervlak	$A_k$	38,5 m <sup>2</sup>
stamdiameter	$d_s$	0,4 m
stamhoogte	$h_s$	1,0 m

Tabel 12 Indicatieve grootheden					Eigen	
		Eik	Linde	Populier	<b>Categorie 3</b>	
boomhoogte	$h_b$	15,0	18,0	20,0	<b>8,0</b>	m
kroondiameter	$d_k$	10,0	8,0	10,0	<b>7,0</b>	m
stamdiameter	$d_s$	0,4	0,75	0,4	<b>0,4</b>	m
stamhoogte	$h_s$	5,0	10,0	5,0	<b>1,0</b>	m
kroonhoogte	$h_k$	10,0	8,0	15,0	<b>7,0</b>	m
gewicht	G	20,0	20,0	15,0	<b>20,0</b>	kN

**Windbelasting boom**

Windsnelheid	$v_{m(z)}$	<b>24,50</b> m/s
doorlatend factor	$c_w$	<b>0,25</b> -
$\rho$ lucht	$\rho$	<b>1,2</b> kg/m <sup>3</sup>
windkracht	$F_w$	6,9 kN
hefboomsarm wind		4,5 m
moment	$M_{wind}$	31,2 kNm

Kluitoppervlak druk  $A_{druk}$  **3,5** m<sup>2</sup> (halve ellips: met  $R_{langs}$  en  $R_{dwars}$ )

$r_{druk}$   $r_d$  1,50 m

$r_{trek}$   $r_t$  **0,86** m

$r_{trek}$  aanpassen tot  $M_{wind}$  gelijk is aan  $M_{opneembaar}$

grond (effectief)  $\gamma$  **18,0** kN/m<sup>3</sup>

dikte kluit  $d$  **1,50** m  $x_{druk}$  0,637 m

$G_{trek}$  31,4 kN  $x_{trek}$  0,365 m

opneembaar  $M_{opn}$  31,4 kNm

**Resultaten belasting**

			incl. reductie	$\lambda_a$		
<b>Druk:</b>	$q_{druk;vert}$	8,9 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	8,9 kN/m <sup>2</sup>	0,33	$q_{druk;hor}$ 3,0 kN/m <sup>2</sup>
<b>Trek:</b>	$q_{trek;vert}$	27,0 kN/m <sup>2</sup>	reductie = <b>1,00</b>	27,0 kN/m <sup>2</sup>	0,33	$q_{trek;hor}$ 9,0 kN/m <sup>2</sup>