

DOORSTROMING LAAKKANAAL

Gemeente Den Haag

11 JUNI 2018

Contactpersoon

ROSA HUETING

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 56825
1040 AV Amsterdam
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	DE STUDIE	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Aanpak	4
2	MODELOPZET	6
2.1	Modelaanpassingen	6
2.2	Weerstand pilaren	6
3	EFFECT PAALWONINGEN	8
3.1	Oorspronkelijke uitgangspunt	8
3.2	Aangepaste uitgangspunt	8
4	COMPENSATIE	9
4.1	Verdiepen of verbreden watergang	9
4.2	Verbreden bruggen	10
5	CONCLUSIE	11
	COLOFON	12

1 DE STUDIE

1.1 Inleiding

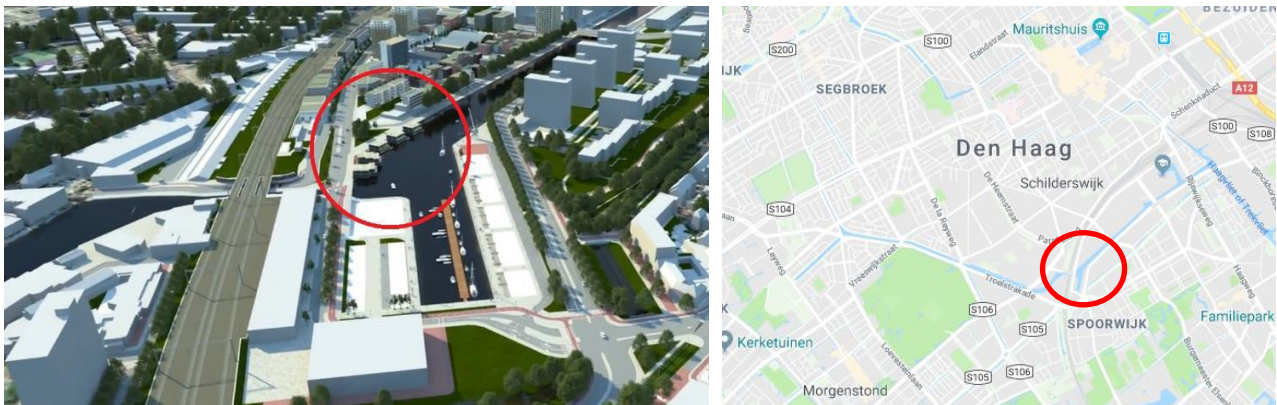
Er zijn plannen om 12 à 13 waterwoningen (woningen op palen) te plaatsen op de hoek van Laakhaven West en Petroleumhaven, zoals weergegeven in Figuur 1.

In afstemming met het Hoogheemraadschap van Delfland dient er een doorstromingsonderzoek voor deze locatie uitgevoerd te worden. In dit onderzoek wordt een onderbouwing gegeven welk effect deze woningen hebben op de doorstroming van de Laakhaven naar het gemaal Schouten en hoe dit effect elders kan worden gecompenseerd.

De planvorming voor de woningen is nog in een vroeg stadium. Hierdoor kan er in het ontwerp van de woningen nog veel veranderen. Er wordt hierbij onder andere gedacht aan:

- oriëntatie van de woningen
- het aantal en type palen
- boten aan de aanlegsteigers

Het doel van de studie is het opstuwend effect van de 12 à 13 paalwoningen te bepalen en het inventariseren van maatregelen om het effect te compenseren. Om te voorkomen dat een kleine aanpassingen aan het ontwerp resulteert in andere model-resultaten is er voor gekozen om het maximale effect van de waterwoningen inzichtelijk te maken.



Figuur 1: Locatie van de geplande paalwoningen (bron: plaatje links Animatie Petroleumhaven Den Haag, Youtube).

1.2 Aanpak

Om te bepalen welk effect de 12 à 13 paalwoningen hebben op de doorstroming van de Laakhaven naar het gemaal Schouten, zal gebruik worden gemaakt van het nieuwe boezemmodel van Hoogheemraadschap Delfland. Het model wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

Tijdens de watertoets van Delfland zijn er uitgangspunten aan de ontwikkeling meegegeven. Deze zijn dat bij een afvoer van 10 m³/s de opstuwing met maximaal 2 mm mag toenemen mits deze opstuwing wordt gecompenseerd in hetzelfde afvoertraject. In Figuur 2 is in het rood het door Delfland gekozen voorkeurstraject aangegeven waar de compensatiemaatregel dient plaats te vinden. Indien dit niet mogelijk is, is het groene traject ook een mogelijkheid.



Figuur 2: Overzichtskaart van het gebied, met daarin aangegeven de trajecten waar compensatie kan worden uitgevoerd.

2 MODELOPZET

2.1 Modelaanpassingen

Bij de analyse van het effect van de paalwoningen is gebruik gemaakt van het boezemmodel van Delfland (ontvangen 22 december 2017). Dit model is geschikt om neerslaggebeurtenissen door te rekenen.

Om de stationaire afvoer van 10 m³/s te reproduceren zijn er verschillende modelaanpassingen doorgevoerd. Er is een uitsnede gemaakt van het studiegebied uit het grote boezemmodel (Figuur 3). Aan de randen van dit model is een stationair debiet toegekend. Uitgangspunt hierbij is dat gemaal Scheveningen aanstaat met 20 m³/s.

De verdeling van dit debiet is gebaseerd op de situatie van 14 oktober 2013 (doorgerekend met het complete boezemmodel). Hieruit blijkt dat een groot deel van het debiet afkomstig is uit het zuidwesten van het gebied. Om tot het stationaire debiet van 10 m³/s te komen in het Laakkanaal, zijn de debieten vervolgens bijgesteld (Tabel 1).



Figuur 3: Model uitsneden met locaties en nummering modelranden.

Tabel 1: Verhoudingen van het debiet om tot 10 m³/s te komen.

Locatie	Verhouding [%]	Debiet [m ³ /s]
1	27	5,3
2	39	7,8
3	17	3,4
4	4	0,7
5	4	0,8
6	1	0,2
7	9	1,8

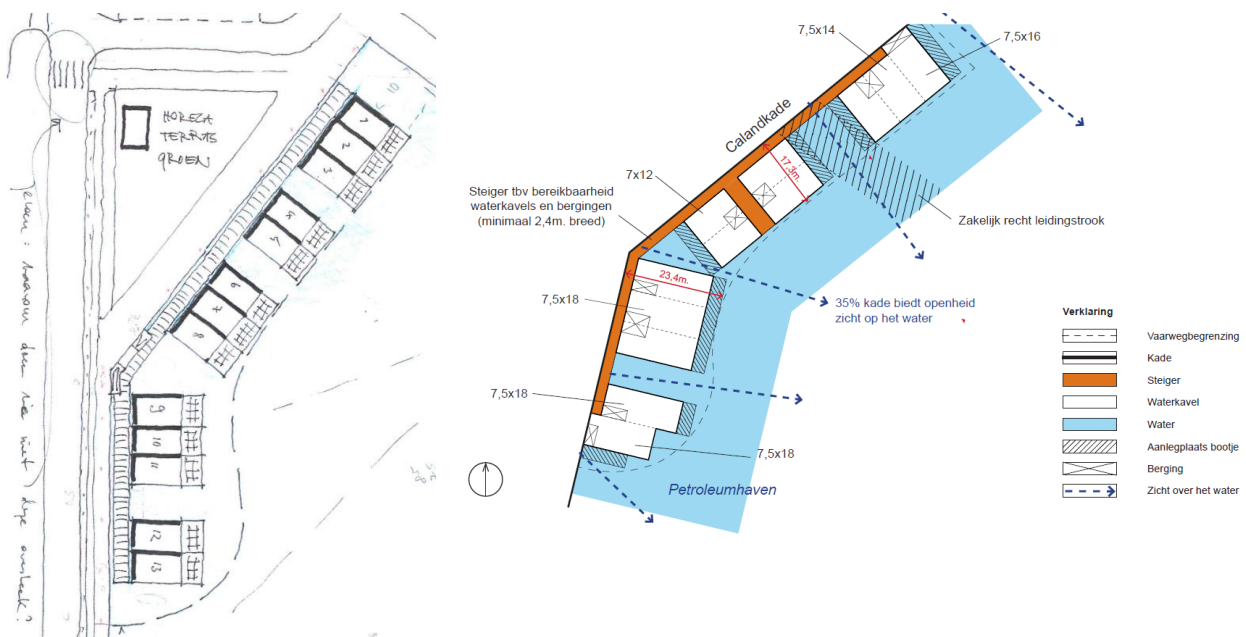
2.2 Weerstand pilaren

In de toekomst zullen er 5 woningblokken in het Laakkanaal gebouwd gaan worden. Er zijn verschillende ruimtelijke opties om deze woningblokken te realiseren, zie Figuur 4. Bij de variant rechts zullen 12 woningen gerealiseerd worden en bij de variant links 13 woningen. Dit betekent dat er links meer palen in de watergang worden geplaatst dan voor de variant rechts. Het is momenteel nog onduidelijk wat het definitieve ontwerp wordt. Binnen deze studie zal daarom gekozen worden om de opstuwing te berekenen voor de variant met de meeste palen, dus de linker variant. In eerste instantie is ervan uitgegaan dat één woningblok met drie woningen wordt ondersteund door 9 palen met een diameter van 600 mm (Advies paalfundering waterwoningen Petroleumhaven 15-07-2016).

Doordat niet ieder woningblok drie woningen bevat is het mogelijk dat niet altijd 9 palen toegepast gaan worden. Vanuit de worst-case benadering is aangenomen dat er voor ieder woningblok 9 palen gebruikt zullen worden. In de modellering zijn daarom $5 \times 9 = 45$ palen opgenomen.

Tijdens de uitvoering van het project is de rechter opzet in figuur 4 definitief geworden, waarbij kavels nog wel qua oriëntatie kunnen draaien. In een aanvullende studie naar de fundering van de waterkavels is dit uitgangspunt veranderd in: per waterkavel van $7 \times 14 \text{ m}^2$ dienen 6 kolommen met afmeting rond 406 mm geplaatst te worden. Omdat deze informatie beschikbaar kwam nadat de berekeningen waren uitgevoerd, zal het effect van deze aanpassing van de uitgangspunten apart worden besproken.

Voor het hydraulische model is vooral de beperking van de doorstroming van belang. Per woningblok is daarom een "pilaarbrug" in het model opgenomen. Dit resulteert in 5 fictieve pilaarbruggen. De palen van ieder woningblok zijn hierbij naast elkaar geplaatst om een maximale belemmering van de doorstroming te simuleren. Dit resulteert in een beperking van de doorstroming door de 9 palen van $0,6 \text{ m} \times 9 = 5,4 \text{ m}$. In de praktijk zal een deel van de palen achter elkaar staan, waardoor de doorstroming minder wordt beperkt.



Figuur 4: Overzicht van de ruimtelijke opties woningblokken in het Laakkanaal.

Naast de belemmering van de doorstroming is ook de vorm van de pilaren van belang. In het ontwerp wordt gesproken over buispalen, waarschijnlijk met een kern van gewapend beton. Dit maakt het aannemelijk dat het gaat om ronde palen. Deze ronde vorm resulteert in veel minder turbulentie dan een hoekige paal (bijvoorbeeld een vierkante paal). In Sobek is dit opgenomen als "vormfactor". Hierbij wordt een realistische range opgegeven van 0,22 - 1,56. Hierbij resulteert een hogere waarde in een hogere opstuwing. Hierbij geldt dat een 2x zo hoge vormfactor resulteert in 2x zoveel opstuwing. Om het effect van de woningen worst-case inzichtelijk te maken is in het model een vormfactor van 1,5 gekozen.

In de plannen wordt ook rekening gehouden met een steiger langs de kant en naar de woningen. De uitwerking hiervan is ook nog niet definitief, maar voor de steigers zullen palen worden gebruikt. De diameter hiervan zal echter kleiner zijn dan die van de paalwoningen. Met de worst-case benadering van het opstuwend effect van de palen van de woonblokken hebben we naar onze mening voldoende marge ingebouwd om de steigerpalen in de beschouwing niet mee te hoeven nemen.

3 EFFECT PAALWONINGEN

3.1 Oorspronkelijke uitgangspunt

Op basis van het eerste uitgangspunt (9 palen met een diameter van 600 mm per woningblok met drie woningen) is met Sobek is het effect van de geplande 13 paalwoningen in het Laakkanaal berekend. Deze opstuwing is circa 0,01 mm per woningenblok. Dit betekent dat de totale opstuwing als resultaat van de vijf woningblokken 0,05 mm bedraagt. Zelfs met een worst-case benadering is de opstuwing dus gering. Dit wordt veroorzaakt door:

- de diepte van de watergang (> 2,5 m)
- de breedte van de watergang (> 50 m)
- de lage stroomsnelheid bij 10 m³/s (< 0,05 m/s)

Door de palen wordt lokaal ongeveer 10% van de watergang geblokkeerd. De stroomsnelheid neemt hierdoor maar beperkt toe, waardoor er nauwelijks opstuwing ontstaat.

3.2 Aangepaste uitgangspunt

De totale breedte van alle palen volgens het oorspronkelijke en aangepaste uitgangspunt kan als volgt worden berekend:

Oorspronkelijk:

$$5 \text{ (woonblokken)} \times 9 \text{ (palen per woonblok)} \times 0,6 \text{ (m diameter)} = 27 \text{ m}$$

Aangepast:

$$12 \text{ (kavels)} \times 6 \text{ (palen per kavel)} \times 0,406 \text{ (m diameter)} = 29,232 \text{ m}$$

Dit betekent dat de totale blokkerende breedte van de palen met +8% toeneemt. Hoewel dit niet lineair doorwerkt op de totale opstuwing, kan worden aangenomen dat die niet boven de 0,06 mm uitkomt.

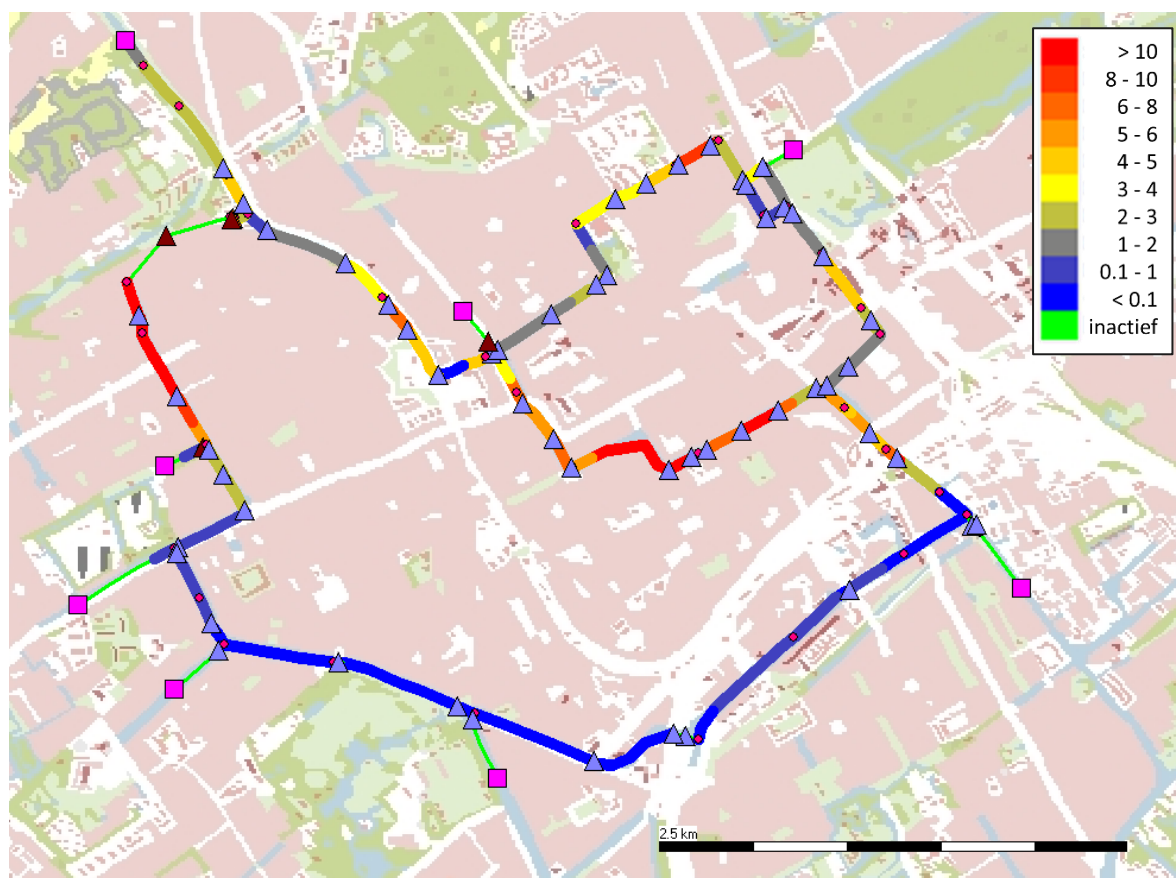
In de volgende paragraaf zullen locaties aangedragen worden voor het uitvoeren van een compensatie.

4 COMPENSATIE

Er zijn twee soorten compensatiemaatregelen voor de bouw van de paalwoningen te overwegen. De eerste is het lokaal verdiepen of verbreden van de watergang. Een tweede mogelijkheid is het verbreden van een brug.

4.1 Verdiepen of verbreden watergang

In Figuur 5 is het berekend verhang in de watergangen van Den Haag weergegeven. Locaties waar het verhang groot is, behoeven een in omvang beperktere ingreep en zijn daarom het meest geschikt voor compensatiemaatregelen. Het door Delfland aangegeven voorkeurstraject (het rode traject in Figuur 2) laat echter geringe verhangen zien van minder dan 1 cm/km en is daarom minder geschikt om een compenserende maatregel uit te voeren.



Figuur 5: Berekende verhang [cm/km] in de watergangen van Den Haag (exclusief bruggen).

Tabel 2 geeft weer over welke lengte een watergang 10 cm verdiept dient te worden om te compenseren voor de 0,06 mm opstuwung van de paalwoningen. Hoe groter het verhang, hoe korter het te verdiepen tracé. Op een locatie met een verhang tussen 6 en 10 cm/km dient bijvoorbeeld een afstand tussen de 18 en 30 m met 10 cm verdiept te worden.

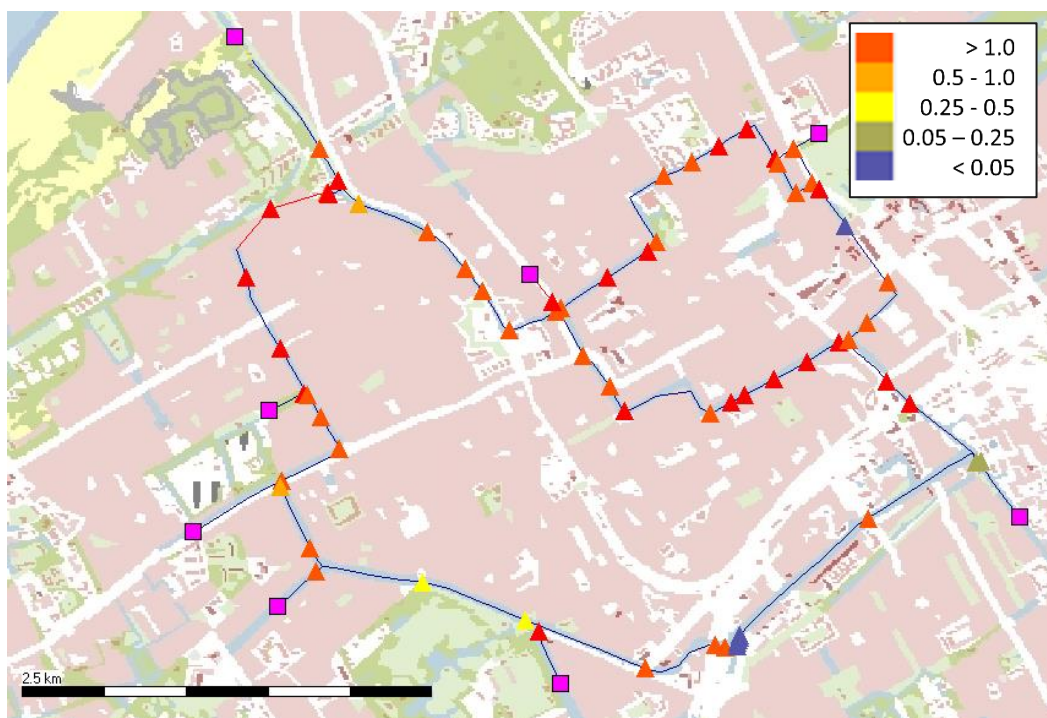
Tabel 2: Verhang [cm/km] en het de te compenseren lengte van het tracé.

Verhang [cm/km]	Traject [m]
10 (rood)	18
6 (oranje)	30
4 (geel)	46
1 (blauw)	180

4.2 Verbreden bruggen

Naast het verdiepen kan er ook voor gekozen worden om kunstwerken aan te passen. In Figuur 6 is weergegeven hoeveel mm verval de verschillende bruggen veroorzaken. Een brug die 0,05 mm verval veroorzaakt zou kunnen worden weggenomen en een brug die zelf meer opstuwing veroorzaakt zou kunnen worden verbreed, om het effect van de paalwoningen te compenseren.

Bijna alle bruggen in het gebied veroorzaken een groter verval dan 0,05 mm en zijn dus voor compensatie geschikt. Het te compenseren aantal mm's is echter vrijwel verwaarloosbaar in vergelijking met het verval veroorzaakt door de meeste bruggen. De kosten van het verbreden van een brug zullen al snel te hoog uitvallen, tenzij deze gecombineerd kunnen worden met al geplande werkzaamheden aan een brug.



Figuur 6: Verval over de bruggen [mm].

5 CONCLUSIE

Met het model Sobek is de opstuwing van de geplande paalwoningen bepaald. Deze blijkt maximaal 0,06 mm te bedragen, wat erg gering is. Een mogelijke compensatie kan uitgevoerd worden door:

- het verdiepen van een kort tracé, of
- het aanpassen van een brug.

Daarnaast is het ook mogelijk om in overleg met Delfland tot een passende oplossing te komen, waarbij rekening wordt gehouden met het beperkte opstuwende effect van de paalwoningen. Hierbij kan gedacht worden aan een frequenter baggeren van het tracé rondom de paalwoningen, waardoor de baggeraanwas rondom de woningen beperkt wordt.

COLOFON

DOORSTROMING LAAKKANAAL

KLANT

Gemeente Den Haag

AUTEUR

Rosa Hueting

PROJECTNUMMER

C03141.000019

ONZE REFERENTIE

079770717 0.6

DATUM

26 februari 2018

STATUS

Concept

GECONTROLEERD DOOR

Jeroen Adema
Senior Specialist Flow Modelling

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 56825
1040 AV Amsterdam
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com