



Notitie

Aan

Marinka Amez, Nico van der Ploeg, Bart van Eck, Johan Ellen

Kopie aan

Pepijn van der Ven (Deltares), Govert Verhoeven (Deltares), Ruben Dahm (Deltares)

Datum

1 september 2017

Contactpersoon

R.J. Tijsen
rob.tijsen@waternet.nl

Inhoud

Doorkiesnummer

020-608 35 02

Onderwerp

Ronde Hoep, peilstijging in de polder tijdens een calamiteiteninlaat

1	Aanleiding	1
2	Modellering en uitgangspunten	1
2.1	1D schematisatie	1
2.2	2D module.....	2
3	Resultaten	4
3.1	Rondehoep West 56a en 56 (noord).....	4
3.2	Rondehoep West 57a en 57 (zuid)	6
3.3	Waterhoogte en reikwijdte inlaatgolf	7
4	Gevoeligheidsanalyse.....	8
5	Conclusie	9

1 Aanleiding

Bij het ontwerp van de inlaatconstructie voor de calamiteitenberging polder Ronde Hoep zijn begin 2017 door Waternet enkele proefberekeningen uitgevoerd waarbij is gekeken naar de peilopzet in de polder gedurende en na de 24 uur inlaatperiode. Bij één van die berekeningen lag de interesse hoofdzakelijk bij de peilopzet die ontstaat tijdens de inlaatperiode bij de gebouwen en opstallen aan weerszijde van de inlaatconstructie. Waternet houdt als hoogst toelaatbare waterstand een peil aan van NAP -1,90 m. De resultaten van de proefberekeningen gaven aanleiding dit met een nauwkeurigere berekening nader te onderzoeken. De tweede berekening is in deze notitie vastgelegd.

2 Modellering en uitgangspunten

Voor de berekening is gebruik gemaakt van het softwarepakket Sobek, versie 2.15.003, module 1D en 2D. In juni 2017 is het model van de polder Ronde Hoep uit de *LIZARD flooding* model database gekopieerd. Dit model is vervolgens aangepast.

2.1 1D schematisatie

In de 1D schematisatie van het model zijn alle in de polder aangewezen hoofdwatgangen opgenomen, met als afmeting de in het veld ingemeten dwarsprofielen. De in het hoofdstelsel aanwezige duikers en bruggen zijn tevens ingemeten en in het model opgenomen. Zie figuur 1A.

De 1D schematisatie is voor deze studie uitgebreid met een groot aantal secundaire watgangen die in de buurt van de inlaatconstructie liggen. De in de lengtesloten aanwezige gronddammen zijn in het model voorzien van een duiker van 500mm rond. Omdat er van wordt uitgegaan dat deze watgangen invloed hebben op de

snelheid waarmee het inlaatwater zich door de polder kan verspreiden, en daarmee op de waterhoogte van de inlaatgolf. Het dwarsprofiel van de secundaire watergangen bestaat uit een trapeziumprofiel met een talud van 1:2, een bodembreedte van 1,5 meter en een bodemhoogte op NAP -4,00 m. Voor de oeverhoogte is een waarde van NAP -2,35 m ingevoerd. Dit is ongeveer de hoogte van het maaiveld nabij de inlaatconstructie. De 1D schematisatie begint met deze oeverhoogte bij een waterpeil van NAP -2,35 m over te lopen naar het 2D grid.

Datum
1 september 2017

Pagina
2 van 9

De calamiteitenberging wordt ingezet als de boezem een (zeer) hoog waterpeil heeft bereikt. Het heeft dan veel geregend en door hoge zeewaterstanden heeft men bij IJmuiden overtollig water uit de boezem beperkt kunnen spuien en uitmalen. Als de calamiteitenberging wordt ingezet heeft het waterpeil in de boezem de maximale hoogte bereikt van NAP -0,10 tot 0,00 m. Het waterpeil in de polder is onder normale omstandigheden NAP -2,80 m maar door de vele neerslag en mogelijk een maalstop staat het waterpeil in de polder zelf ook hoog. Bij het ontwerp van de inlaatconstructie is uitgegaan van een waterpeil in de polder van NAP -2,45 m als de inlaat wordt geopend. Met een 10 cm hoger maaiveld staan zijn de sloten dus tot de oeverrand gevuld. Bij deze Sobek berekening is van dezelfde waterstand bij de start van de inlaatperiode uitgegaan.

Voor de weerstandsparameter in de watergangen is in het basismodel gerekend met een Bos & Bijkerkwaarde van 20. Deze weerstandswaarde wordt gebruikt voor matig begroeide watergangen. Met een aantal berekeningen is de gevoeligheid van deze weerstandswaarde op het eindresultaat bepaald. (Zie hoofdstuk 5)

In de schematisatie is geen poldergemaal opgenomen. Er wordt van uitgegaan dat bij een calamiteiteninlaat vanuit de boezem geen water meer uit de polder de boezem wordt opgemalen. Er wordt ook niet gerekend met neerslag tijdens het inlaten uit de boezem.

2.2 2D module

Het model uit de *LIZARD Flooding* model database bevatte een 2D rekgid van 50x50 meter. Voor deze berekening zijn vanuit het maaiveldhoogtebestand AHN3 drie nieuwe grids aangemaakt. Zie tevens figuur 1A. Het eerste grid heeft de kleinste celgrootte van 3x3 meter en ligt ter hoogte van de inlaat. Het tweede grid is een overgangsgid met een celgrootte van 6x6 meter. Het derde grid beslaat de rest van de polder en heeft een celgrootte van 12x12 meter. Deze overgang van gid grootte was nodig om een hoog detailniveau te krijgen nabij de inlaat, en tevens onder het maximaal aantal gridcellen te blijven waarmee nog met Sobek 2 kan worden gerekend. Zie figuur 1A.

Bij het omzetten van het AHN3 bestand naar de bovengenoemde dichtheden is het gemiddelde genomen van alle onderliggende AHN3 0,5x0,5 meter (DSM) celwaarden. In de polder liggen in het verlengde van de inlaatconstructie geen verhogingen zoals wegen of dijkes. De dichtstbijzijnde verhoging betreft een verhoogd weggetje of dijkje oostelijk van het centrale natuurgebied. Deze verhoging zal door het middelen naar de grotere pixelafmeting van 12x12 meter uitvlakken. Deze verhoging ligt echter oostelijk van de midden van de polder en het uitvlakken heeft geen effect op de berekende waterpeilen nabij de inlaat.

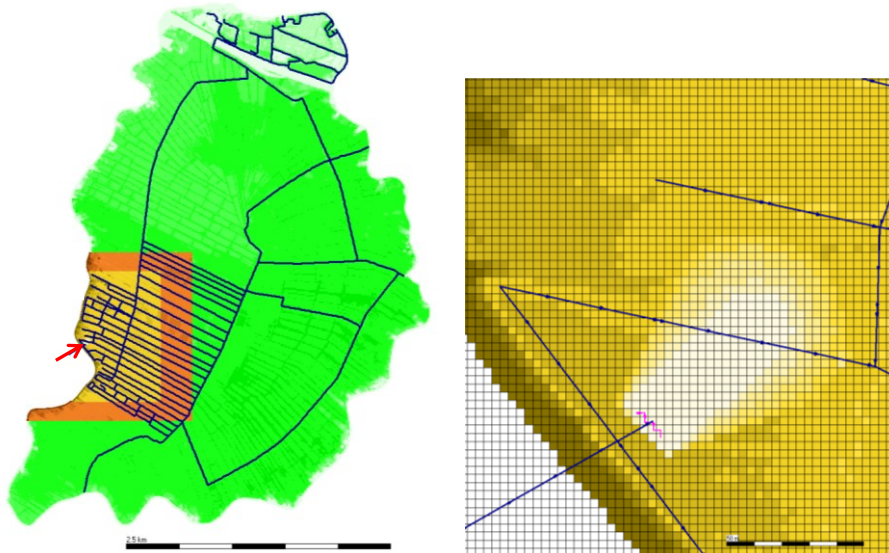
De calamiteiteninlaat bestaat uit drie kokers met elk een diameter van 2 meter. De onderkant van de kokers (kokervloer) komt volgens de bij de berekening recentst beschikbare ontwerptekening (13-06-2017) te liggen op NAP -1,90 m. Achter de kokers wordt een woelkom aangelegd. De woelkom heeft een totale lengte van ongeveer 60 meter. Het maaiveld in de woelkom wordt trapsgewijs verlaagd van NAP -2,31 m maaiveld naar een bodemhoogte van NAP -4,10 m.

Datum
1 september 2017

Pagina
3 van 9

De watergangen zijn in de drie 2D grids ingevoerd als cellen met een hoogtewaarde van NAP -2,45 m. Dit is gelijk aan het waterpeil waarvan wordt uitgegaan als met inlaat vanuit de boezem wordt gestart. De berging in de watergangen zit met deze schematisatie alleen in het 1D en niet ook dubbel in het 2D model.

De woelkom is volgens de ontwerptekening van 13-06-2017 in het hoogtegrid aangebracht. Het inlaatwater stroomt het model in via een *2D-boundaryline* in de woelkom. Het inlaatwater stroomt over een lengte van 9 meter in de woelkom. Zie figuur 1B.



Figuur 1:

A: De calamiteiteninlaat bevindt zich bij de rode pijl. De blauwe lijnen vormen het 1D stelsel. Gele grid is 3x3m, oranje grid 6x6m, groene 12x12m.

B: Geschematiseerde woelkom in het 3x3m grid met in licht paars de inlaat als *boundaryline*. Donkere cellen liggen hoger.

Het inlaatdebiet is ontleend uit grafiek 3 van het Deltares rapport 11200705-000-HYE-0001 van 6 juli 2017. Deze grafiek geeft aan dat bij een kokervloer op NAP -1,90 m een inlaatdebiet wordt verwacht van (afgerond) 28 of 31 m³/sec voor respectievelijk een waterstand in de boezem van NAP -0,10 en 0,00 m. De inlaatperiode betreft 24 uur. Voor de basisberekening waarmee de figuren bij de resultaten zijn gemaakt is uitgegaan van de 28 m³/sec. Om de gevoeligheid van het inlaatdebiet op het eindresultaat te bepalen is bij de gevoeligheidsanalyse een berekening met beide debieten uitgevoerd. (Zie hoofdstuk 5)

Voor de weerstandswaarde van het maaiveld is gerekend met een Manning waarde van 0,03. Deze waarde wordt gebruikt voor een perceel met laag gras. Om van deze

parameter de gevoeligheid op het eindresultaat te bepalen is tevens gerekend met een waarde van 0,05, welke kan worden gebruikt als weerstandswaarde van een perceel met hoog gras. Met hoog gras wordt hier bedoeld gras van 20 á 30 cm lang.

Er wordt in de som geen rekening gehouden met een windopzet.

Datum
1 september 2017

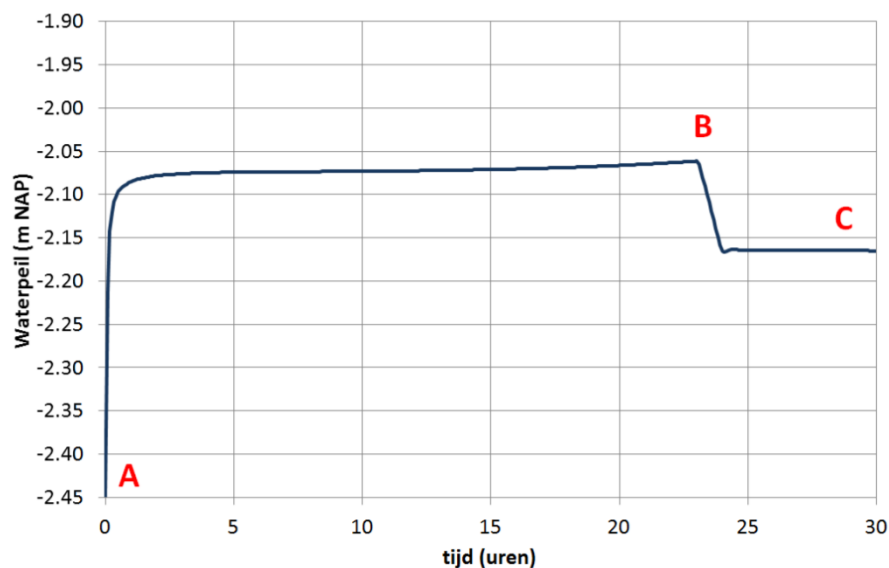
Pagina
4 van 9

3 Resultaten

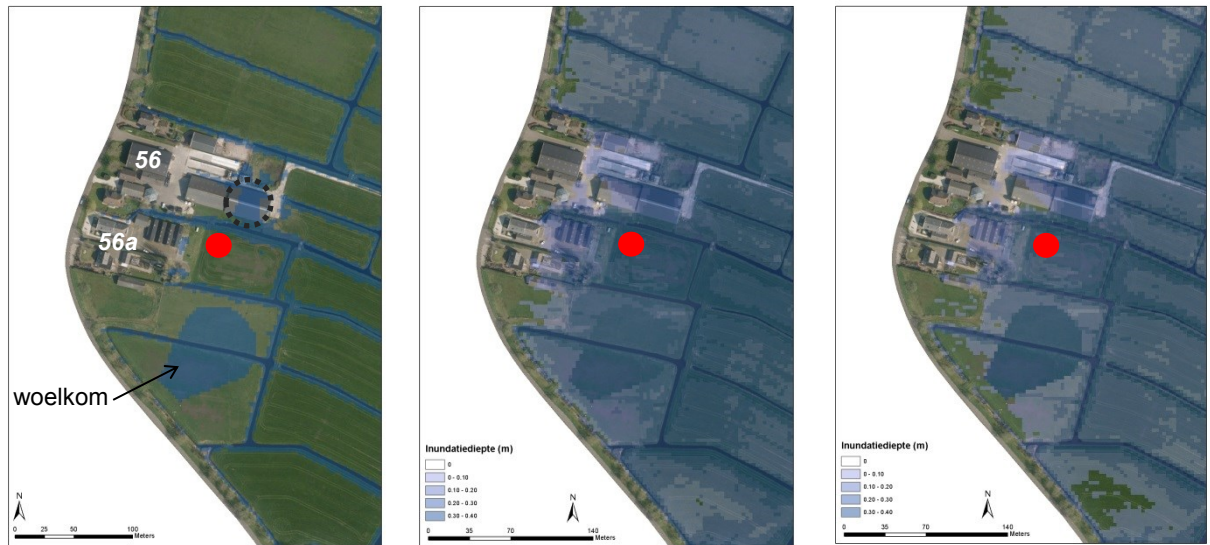
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de basisberekening gepresenteerd. Dat is het scenario met een 24 uur inlaat uit de boezem van $28 \text{ m}^3/\text{sec}$, met een Bos & Bijkerk waarde van 20 en een Manning waarde van 0,03. In hoofdstuk 5 volgen de resultaten van de gevoeligheidsanalyse met variërende waarde voor deze parameters.

3.1 Rondehoep West 56a en 56 (noord)

In figuur 2 is een grafiek opgenomen van het berekende peilverloop tijdens en kort na de inlaatperiode van 24 uur. De rode stip in de onderstaande drie kaarten geeft aan voor welke locatie dit peilverloop wordt berekend. De blauwe kleur in de kaartjes geeft aan waar inundaties optreden. In de grafiek geven de letters A, B en C aan voor welke momenten in de tijd de kaartjes van toepassing zijn.



Figuur 2: Peilverloop bij Rondehoep West 56a en 56 (noord) bij een inlaat van $28 \text{ m}^3/\text{sec}$.



Figuur 3

A: In het wit de huisnummers. Zie voor de cirkel de tekst. Het waterpeil voor start van de inlaat is NAP -2,45 m. De rode stip verwijst naar de grafiek.

B: Waterdiepte na 23 uur inlaat. Bij de rode stip is het waterpeil NAP -2,07 m

C: Waterdiepte na inlaat, waterpeil ligt op NAP -2,16 m

Vlak voor de start van de inlaat staat het waterpeil in de polder op NAP -2,45 m. Op het kaartje A is zichtbaar dat de sloten dan vol water zitten en sommige oevers al beginnen over te lopen. Ook de in het 2D grid geschematiseerde woelkom staat vol water. Dit is een typische situatie voor een polder nadat er door hevige neerslag meer water is gevallen dan het poldergemaal kan uitpomp.

In figuur 3A is een cirkel getekend over een schuur waar de blauwe keur ook overheen loopt. Dat wordt zo geprojecteerd omdat in het AHN3 bestand voor deze schuur geen hoogtewaarden zijn opgenomen. Dit 'gat' in het hoogtebestand is voor de sobekmodellering met GIS-software automatisch dicht geïnterpoleerd met de naastgelegen waarden. Die waarden liggen onder de NAP -2,45 m omdat aan beide zijde van de schuur een watergang ligt. Daardoor heeft een deel van de schuur ook deze lage waarde gekregen. Uit dit plaatje kan niet worden opgemaakt dat de schuur bij NAP -2,45 m al onder water staat.

De grafiek laat zien dat vrij snel na de start van de inlaat het waterpeil naar NAP -2,07 m stijgt. Voor in de woelkom zelf wordt een waterpeilen van NAP -1,99 m berekend.

In de simulatie begint de inlaat op tijdstip 0 direct $28 \text{ m}^3/\text{sec}$ water de polder te spuien. In werkelijkheid gaat dat misschien iets geleidelijker en gaat er iets meer tijd overheen voordat het hoger peil wordt bereikt. Echter, de peilstijging komt daarvoor niet lager te liggen. Met een debiet van $28 \text{ m}^3/\text{sec}$ heeft het ingelaten water een bepaalde peilopzet nodig om zich over de polder te kunnen verspreiden. Over de inlaatgolf meer informatie in figuur 6 en bijbehorende beschrijving.

In figuur 3B is de inundatie bij de hoogst berekende waterstand weergegeven. Inundaties strekken zich uit tot op de percelen van 56a en 56. De hoogst berekende

waarde voor het waterpeil is bij de rode stip blijft NAP -2,07 m. Dat is 17 cm onder de hoogst toelaatbare waterstand (NAP -1,90 m) waar bij het ontwerp van wordt uitgegaan.

Datum
1 september 2017

Pagina
6 van 9

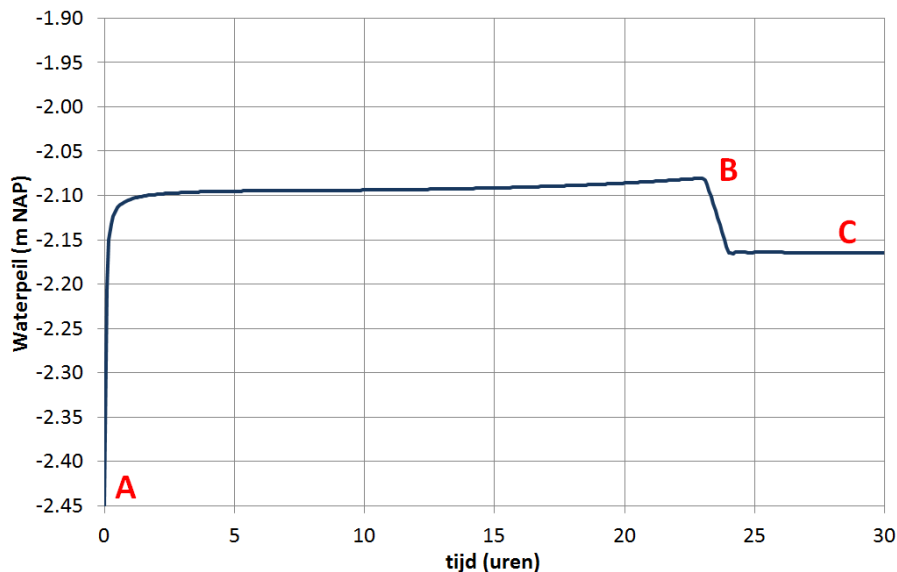
Op de kaart in figuur 3C de inundatie weergegeven die ontstaat bij een waterstand van NAP -2,16 m. Dit is het waterpeil dat zich, zonder windopzet, volgens deze berekening instelt in de polder na 24 uur inlaat met een debiet van $28 \text{ m}^3/\text{s}$. Eerder is door andere Waternet collega's op basis van een GIS analyse een eindwaterstand van NAP -2,14 m berekend.

3.2 Rondehoep West 57a en 57 (zuid)

In figuur 4 en 5 stellen in de grafiek de letters, de kaartjes en de rode stip hetzelfde voor als in figuur 2.

Voor de woningen en opstallen op 57a en 57 ligt de berekende waterhoogte 1 cm lager dan bij de bureu. De hoogst berekende waterstand ligt op NAP -2,08 m. De eindwaterstand is natuurlijk hetzelfde en ligt op NAP -2,16 m. Zie figuur 6 voor een kaartje met daarop in kleur afgebeeld de waterhoogte van de inlaatgolf.

Kaartje B en C laten zien dat bij de gebouwen op 57 geen inundaties optreden. De tuinen en de verharding achter deze gebouwen liggen volgens de AHN op NAP -1,60 m of hoger. Alleen de toegangsweg naar 57a komt tijdens en na de inlaat onder water te staan.



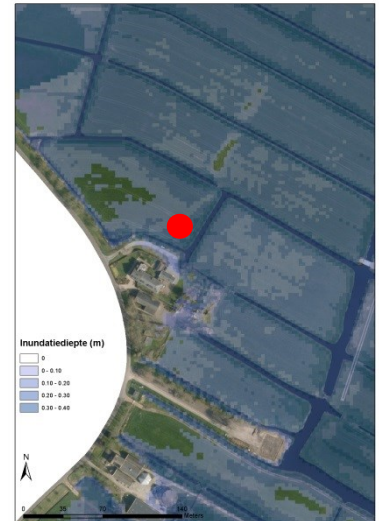
Figuur 4: Peilverloop bij Rondehoep West 57a en 57 (zuid) bij een inlaat van $28 \text{ m}^3/\text{sec}$.



Figuur 5
A: Waterpeil voor start inlaat, NAP -2,45 m



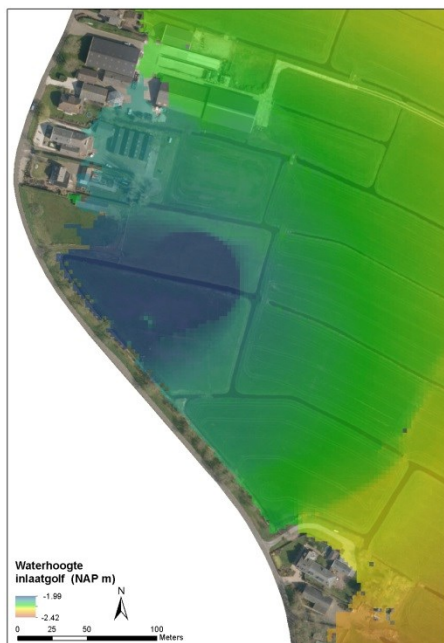
B: Waterdieptel na 23 uur inlaat. Bij de rode stip is het waterpeil NAP -2,08 m.



C: Waterdiepte na inlaat, waterpeil ligt op NAP -2,16 m

3.3 Waterhoogte en reikwijdte inlaatgolf

In figuur 4 is de waterhoogte als kleur op de luchtfoto weergegeven. De hoogst berekende waterstand ligt op NAP -1,99 m en ligt ter hoogte van de woelkom. De inlaatgolf is ongeveer 550 meter lang. Dat is de afstand gerekend vanaf de inlaat tot een waterpeil van NAP -2,15 m. De reikwijdte van de inlaatgolf spreidt zich in noordelijke richting uit tot aan huisnummer *Rondehoep West 54*. Het berekende peil na 23 uur inlaat bij dit huisnummer is NAP -2,13 m.



Figuur 6
A: waterhoogte van de inlaatgolf op 23 uur na de start van de inlaat. B: reikwijdte van de inlaatgof.

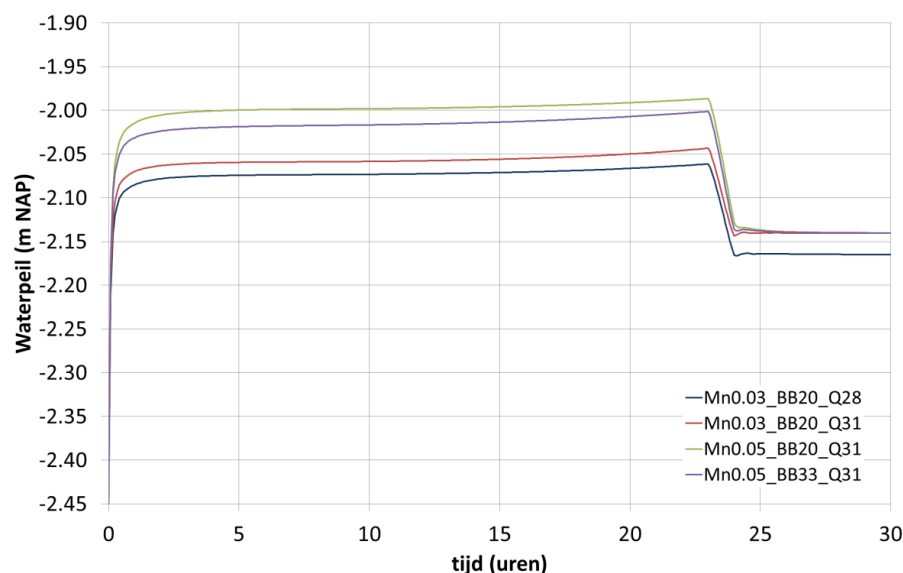
4 Gevoeligheidsanalyse

Voor de gevoeligheidsanalyse zijn berekeningen uitgevoerd met variërende waarden voor de parameters:

Tabel 1: Parameterwaarde waarmee de gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd.

parameter	waarde	omschrijving
Bos & Bijkerk	20	matig begroeid
	33	schoon
Manning	0,03	laag gras
	0,05	hoog gras
Inlaatdebiet	28 m ³ /sec	gemiddeld
	31 m ³ /sec	bovengrens

Voor de gevoeligheidsanalyse is geen matrix berekend waarbij de gevoeligheid van een enkele parameterwaarde op het eindresultaat kan worden bepaald. Er zijn enkele berekeningen uitgevoerd en soms is daarbij de waarde van meerdere parameters gewijzigd.



Figuur 7: Berekende waterpeilen bij *Rondehoep West 56a* en *56* met verschillende parameterwaarden.

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat het eindresultaat afhankelijk is van de gekozen set aan parameterwaarden en dat de bandbreedte enkele centimeters is. In het minst gunstige scenario met dichtbegroeide sloten, zeer hoog gras en een hoog inlaatdebiet, ligt het berekende peil bij de *Rondehoep West 56a* en *56* op NAP -1,99 m. Dat ligt onder de door Waternet gehanteerde maximaal toelaatbare

waarde van NAP -1,90 m. Het berekende waterpeil in de woelkom in dit scenario is NAP -1,94 m.

Datum
1 september 2017

Pagina
9 van 9

5 Conclusie

Op basis van de uitgevoerde berekeningen wordt geconcludeerd dat bij de bebouwing nabij de calimiteiteninlaat het waterpeil tijdens en na de inlaatperiode onder de door Waternet gehanteerde maximaal toelaatbare waarde van NAP -1,90 m blijft. De hoogste waterstanden treden op bij de huisnummers *Rondehoep West 56a* en 56. Voor deze percelen wordt een peilstijging berekend tot NAP -2,07 m. De uiteindelijke peilstijging is wel afhankelijk van de mate van begroeiing van het maaiveld, de begroeiing in de sloten en het inlaatdebiet, maar ook in het ongunstigste scenario wordt er geen waterpeil boven de NAP -1,90 m berekend.

Het berekende waterpeil in de woelkom is NAP -1,99 m.