



Oppervlaktewatersysteem Sluisbuurt en Zeeburgereiland

Kwantitatieve toetsing van de ontwikkelscenario's

Auteur(s)

J. (Jeroen) de Jong

Opdrachtgever

Projectmanagementbureau,
J. Straub

Contactpersoon

Ingenieursbureau,
Steve Rosendahl

Kenmerk

29800019



Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
J. de Jong	R. van Diepen		11-01-17

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Huidig watersysteem Zeeburgereiland	5
3	Toekomstige ontwikkelingen	7
3.1	Ontwikkelingen in het watersysteem	7
3.2	Ontwikkeling van buurten en aanpassing watersysteem	9
3.3	Welke scenario's kunnen we schetsen?	12
3.4	Oppervlakken Zeeburgereiland eindbeeld	13
4	Oppervlaktewatermodel Zeeburgereiland	14
4.1	NBW-toetsingssysteem en eisen aan oppervlaktewatersysteem	14
4.2	Uitgangspunten oppervlaktewatermodel	17
5	Hydraulische analyse	19
6	Berekeningsresultaten en analyse	29
6.1	Scenario huidig-2016	31
6.2	Scenario 2018 met gemaal	32
6.3	Scenario 2018 met ARK en gemaal	33
6.4	Scenario 2022 met ARK en gemaal	37
6.5	Scenario 2025 alleen ARK (eindbeeld)	39
7	Conclusies en advies oppervlaktewatersysteem	43
8	Bronvermelding	46

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Modelopbouw

Bijlage 2 - Watercompensatie

Figuur op voorpagina: schematisch watersysteem horend bij de ontwikkelplannen voor de Sluisbuurt, uit: concept Stedenbouwkundig Plan Sluisbuurt d.d. 8 november 2016, Ruimte & Duurzaamheid.

1 Inleiding

De Gemeente Amsterdam ontwikkelt de Sluisbuurt op het Zeeburgereiland. In het afgelopen jaar heeft Ruimte & Duurzaamheid gewerkt aan het Stedenbouwkundig Plan, waarin de inrichting van het gebied vorm krijgt. In de planvorming is uitdrukkelijk aandacht geweest voor het watersysteem. Het Ingenieursbureau en Waternet hebben aanwijzingen gegeven voor de opzet van een robuust, toekomstbestendig watersysteem. Dit heeft bijgedragen aan de Concept plankaart bij het Stedenbouwkundig Plan (bron [1]), dat 8 november 2016 de formele besluitvorming is ingegaan.

Dit rapport toetst het voorgestelde oppervlaktewatersysteem Sluisbuurt aan de kwantitatieve toetsingsnormen van het NBW (Nationaal Bestuursakkoord Water). Het doel is te hoge waterstanden en inundatie van het maaiveld vanuit de watergangen te voorkomen. In bebouwd gebied mag het maaiveld slechts eens in de 100 jaar overstromen. Tevens mag er geen verslechtering optreden.

Het rapport vormt een onderbouwing van het Stedenbouwkundig Plan Sluisbuurt. Daarvoor heeft vooroverleg plaatsgevonden met Waternet. Het watersysteem is echter veel groter dan de Sluisbuurt en beslaat het gehele Zeeburgereiland: in Figuur 1 zijn de buurten weergegeven, in Figuur 2 staat een luchtfoto en in Figuur 3 is het watersysteem schematisch weergegeven. Op het eiland zijn diverse ontwikkelingen en scenario's voorzien die ook worden meegenomen in de toetsing:

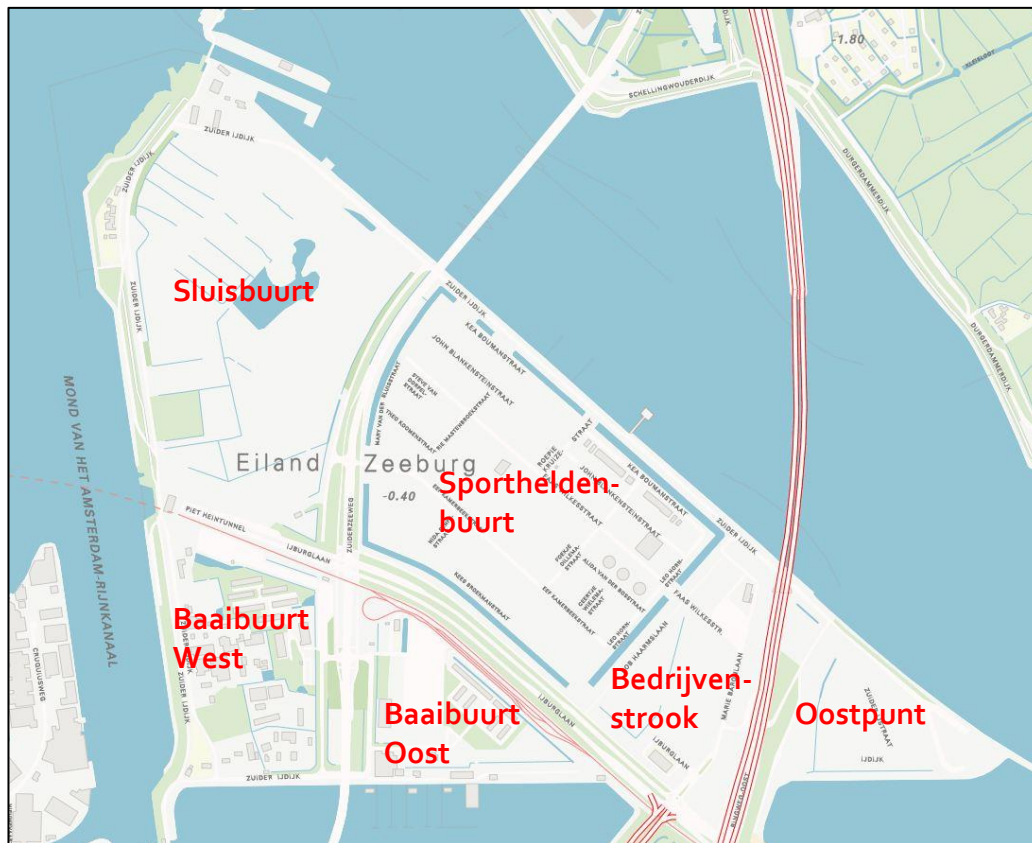
- De ontwikkeling van de Sluisbuurt zelf; met een toename van verhard oppervlak en een volledig vernieuwd watersysteem;
- De soortgelijke ontwikkeling van Bedrijvenstrook, Baaibuurt West en Baaibuurt Oost;
- Het scenario van een rechtstreekse afvoer naar het Amsterdam Rijnkanaal (ARK) via een afsluitbare opening in de westelijke waterkering in de Sluisbuurt;
- Het scenario om tijdelijk een noord-zuidscheiding aan te brengen in het watersysteem. Er ontstaan dan twee peilvakken: een peilvak ten noorden van de IJburglaan met afvoer op het ARK en een peilvak ten zuiden van de IJburglaan met afvoer op het gemaal.
- In het eindbeeld wordt het gemaal opgeheven, wordt de noord-zuidscheiding weer open gezet en watert het hele eiland af naar het ARK.

In deze notitie worden de verschillende scenario's doorgerekend. Hieruit volgt een advies:

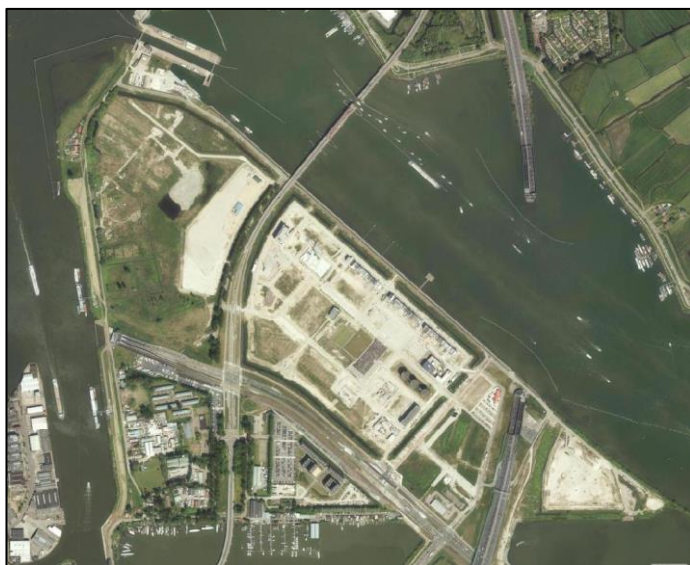
- Voldoet het geplande watersysteem in de Sluisbuurt en functioneert dit binnen het gehele watersysteem Zeeburgereiland?
- Welke maatregelen in het watersysteem zijn noodzakelijk bij de ontwikkeling van de buurten en in welke volgorde moeten deze worden uitgevoerd?
- Welke ontwikkelingen en ingrepen op het eiland zijn altijd goed voor een robuust watersysteem (*no-regret*-maatregelen)? Welke acties kun je beter niet doen?

In hoofdstuk 2 wordt het huidige watersysteem beschreven. De toekomstige ontwikkelingen worden in hoofdstuk 3 besproken. Hoofdstuk 4 geeft aan hoe het oppervlaktewatermodel is opgezet. Hoofdstuk 5 bespreekt de resultaten van de hydraulische analyse. Hoofdstuk 6 bespreekt

de berekeningsresultaten van de NBW-toetsing voor verschillende scenario's. Dit leidt tot conclusies en een advies voor het oppervlaktewatersysteem in hoofdstuk 7. In bijlage 1 zijn de modelparameters uitgebreid beschreven.



Figuur 1 Indicatieve kaart Zeeburgereiland met buurten (Atlas Amsterdam, kaartbeeld 2015)



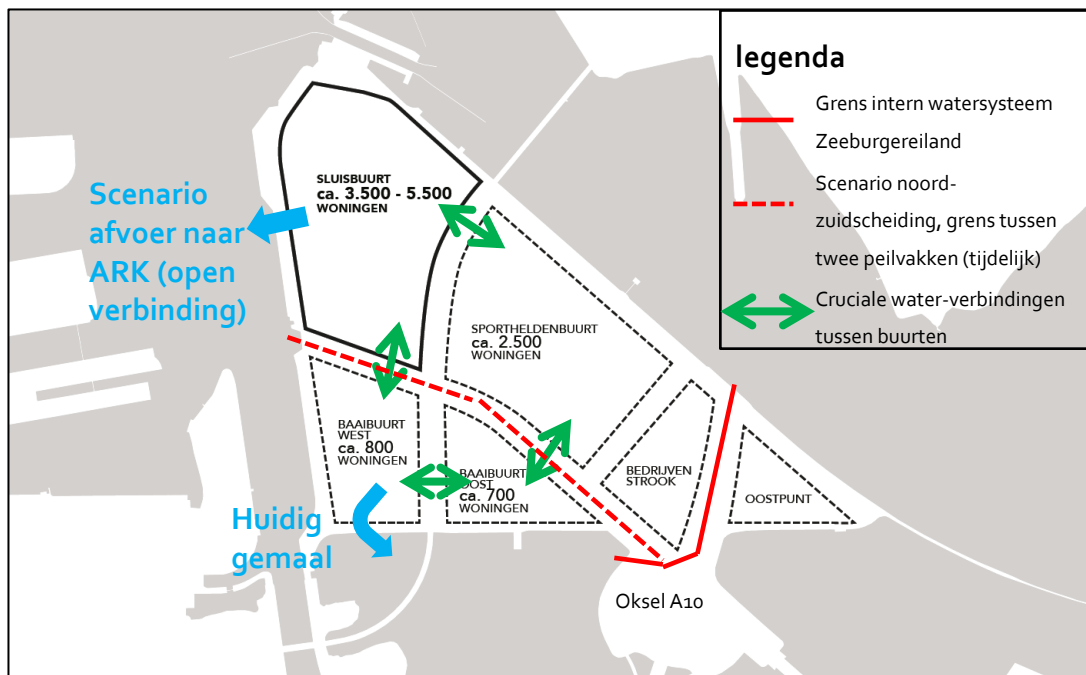
Figuur 2 Luchtfoto 2015 (bron: Atlas Amsterdam)

2 Huidig watersysteem Zeeburgereiland

Het Zeeburgereiland valt onder waterbeheerder Amstel, Gooi en Vecht (AGV). Het interne watersysteem op het Zeeburgereiland wordt bemalen op een streefpeil van NAP -0,40 m via het gemaal aan de zuidwestzijde (Zuider IJdijk), dat uitmaakt op het IJmeer met een capaciteit van 7,4 m³/minuut. Het grootste deel van het Zeeburgereiland, met uitzondering van de oostpunt en oksel A10, watert af op het gemaal (zie Figuur 3). Het is van oudsher een watersysteem met vrij smalle watergangen en een ruraal karakter. Duikers zijn klein en het maaiveld ligt relatief laag. De laagste maaivelden liggen op NAP +0,2 à +0,3 m. In de jaren 2000 was een grootschalige ontwikkeling voorzien van het gehele Zeeburgereiland, waarbij een volledig nieuw, integraal watersysteem was voorzien met brede ringwatergangen in combinatie met de ophoging van gebieden.

De ontwikkeling heeft in praktijk echter in fasen plaatsgevonden. In Figuur 6 zijn de verschillende buurten zichtbaar. De eerste ontwikkeling was de Sportheldenbuurt ("RI-oost"). Hier is het watersysteem uitgebreid met een brede, robuuste ringwatergang horend bij een stedelijk gebied. Ook is het gebied opgehoogd. Het huidige watersysteem is verre van ideaal, omdat het gemaal zich bevindt in Baaibuurt West in het oude, "rurale" deel van het watersysteem. Het extra water dat afstroomt vanuit het ontwikkelde gebied (Sportheldenbuurt), moet via vrij kleine duikers en watergangen afstromen via de Baaibuurten naar het gemaal. Dit levert een aantal hydraulische knelpunten op met soms hoge waterstanden. Er zijn meldingen van wateroverlast in de Baaibuurt Oost en tot 2014 waren er hoge waterstanden in de Sportheldenbuurt. Waternet en de Gemeente Amsterdam hebben overlegd over oplossingsrichtingen. Als tijdelijke oplossing is in 2014 een simpele verbinding gemaakt tussen de Sportheldenbuurt en de Sluisbuurt, in de vorm van een greppel onder de Schellingwouderbrug, die de situatie verbeterde; in 2017 wordt er een robuustere verbinding aangelegd. Op langere termijn moet er een watersysteem komen dat voldoende robuust is, en waarbij de gebieden die al bewoond zijn droge voeten houden zonder de omliggende bestaande gebieden te verslechteren.

In Figuur 3 is het watersysteem schematisch weergegeven met tevens de geplande woningaantallen. De oppervlakken verhard, onverhard en water van het huidige Zeeburgereiland zijn weergegeven in Tabel 1. Dit geldt voor het oppervlak dat wordt bemalen door het gemaal.



Figuur 3 Schematisch watersysteem Zeeburgereiland en woningaantallen per buurt

Tabel 1 Oppervlakken verhard/onverhard/water in de huidige situatie (afwaterend op intern watersysteem)

buurt	oppervlak (ha)			
	Verhard*	onverhard	water	totaal
Sluisbuurt	1,3	25,4	1,0	27,7
Sportheldenbuurt	3,5	21,2	3,3	28,0
Bedrijvenstrook	2,0	4,0	0,0	6,0
Baaibuurt West	3,1	6,5	0,6	10,2
Baaibuurt Oost	3,6	5,9	0,4	9,9
Totaal Zeeburgereiland	13,5	63,0	5,3	81,8

* de aangrenzende hoofdwegen zijn hierin meegenomen door de oppervlakken te verdelen over de buurten, afhankelijk van de afwateringsrichting.

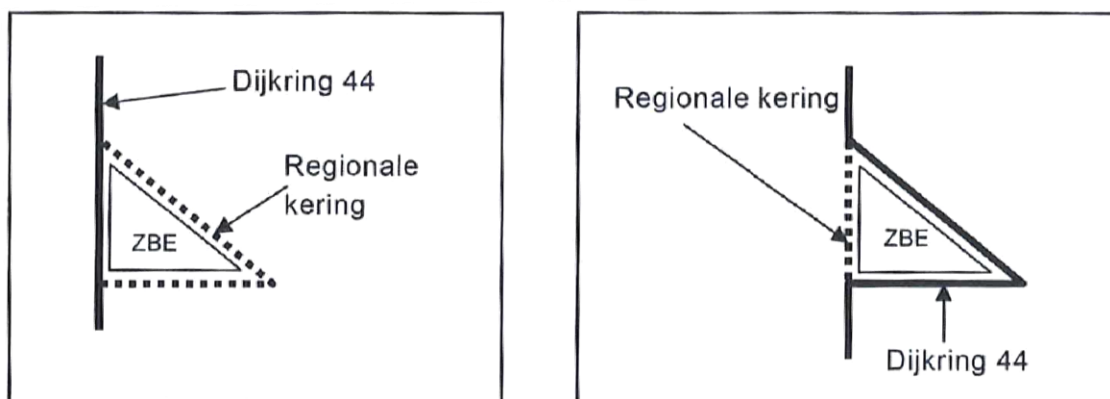
3 Toekomstige ontwikkelingen

3.1 Ontwikkelingen in het watersysteem

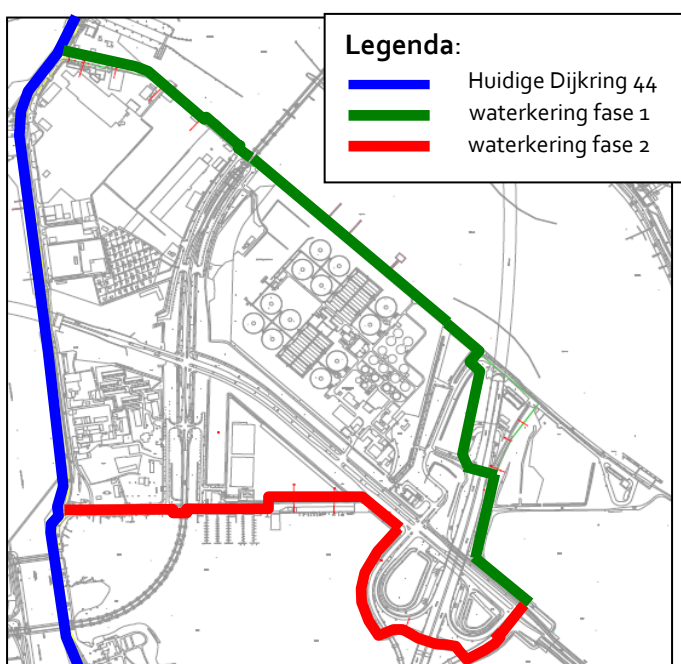
Het watersysteem is schematisch weergegeven in Figuur 3. In het watersysteem vinden de volgende ontwikkelingen plaats:

- **Verlegging van de waterkeringen.** Dit is een grote ontwikkeling die deels al heeft plaatsgevonden. De aanleiding is dat de bewoners van Zeeburgereiland voldoende waterveiligheid moeten hebben. Dijkkring 44 wordt zodanig uitgebreid dat het Zeeburgereiland erbinnen gaat vallen: zie Figuur 4. Hiertoe wordt aan de noord- en zuidzijde van het Zeeburgereiland een primaire waterkering aangelegd. In Figuur 5 zijn de tracés weergegeven: fase 1 is het noordelijk deel en is in 2014 gereed gekomen en overgedragen aan Waternet (bron [11]). Fase 2 is het zuidelijk deel en is in voorbereiding. Wanneer dit deel gereed en overgedragen is (circa 2022), kan de dijkkring worden uitgebreid. Dit heeft als consequentie dat de huidige waterkering aan de westzijde, langs het Amsterdam-Rijnkanaal, kan worden afgewaardeerd van primair naar secundair (of zelfs geen status).
- **Open verbinding met het ARK.** Het watersysteem Zeeburgereiland maakt na realisatie van de nieuwe waterkeringen integraal deel uit van het gebied binnen dijkkring 44. Dit maakt het makkelijker om een open verbinding te maken tussen het binnenwater van de Sluisbuurt en het ARK (streefpeil NAP -0,4 m). Wanneer de kering secundaire status krijgt, moet een verbinding afsluitbaar zijn met een deur tegen een hoogwatersituatie (hoog waterpeil NAP -0,10 m) op het ARK, al dan niet vergezeld van een noodgemaal. Als de kering een gewone oever wordt (geen waterkeringsstatus), kan de verbinding wellicht volledig open zijn. Waternet heeft van het bestuur AGV opdracht gekregen om de verschillende opties te onderzoeken. Wij verwachten dat dit rapport hier een bijdrage aan kan leveren.
- **Opheffen van het gemaal.** Dit wordt pas een optie nadat de afwaardering van de waterkering en de open verbinding met het ARK zijn gerealiseerd én als in die situatie het gemaal niet nodig zou zijn als noodgemaal. Op dat moment kan het water onder vrij verval afstromen naar het ARK. Het buiten werking stellen van het gemaal betekent dat er een grote energie- en kostenbesparing mogelijk is omdat er geen water meer verpompt hoeft te worden. Het huidige gemaal heeft bovendien een beperkte restlevensduur en is storingsgevoelig; vervanging kan dan achterwege blijven. Bovendien wordt het watersysteem eenduidiger en simpeler ten opzichte van de huidige situatie, waarin ARK en Zeeburgereiland hetzelfde streefpeil hebben maar toch twee aparte watersystemen vormen.
- **Hydraulische knelpunten verbeteren.** Er is een aantal te krappe duikers aanwezig op Zeeburgereiland. Enkele knelpunten zijn al verholpen en op termijn zullen de grootste resterende knelpunten moeten worden aangepakt. In dit rapport wordt op aanwijzing van Waternet uitgegaan van een oppervlaktewatermodel zonder duikers (zogenoeten "bakjesmodel") om te toetsen aan de landelijk geldende NBW-normen. De hydraulische

analyse met duikers is een aparte toetsing. Daarin zal worden aangetoond welke duikers het grootste knelpunt vormen. Deze duikers moeten worden vervangen door grotere duikers. Wij geven aan bij welke buurtontwikkeling de duikervergroting wenselijk is.



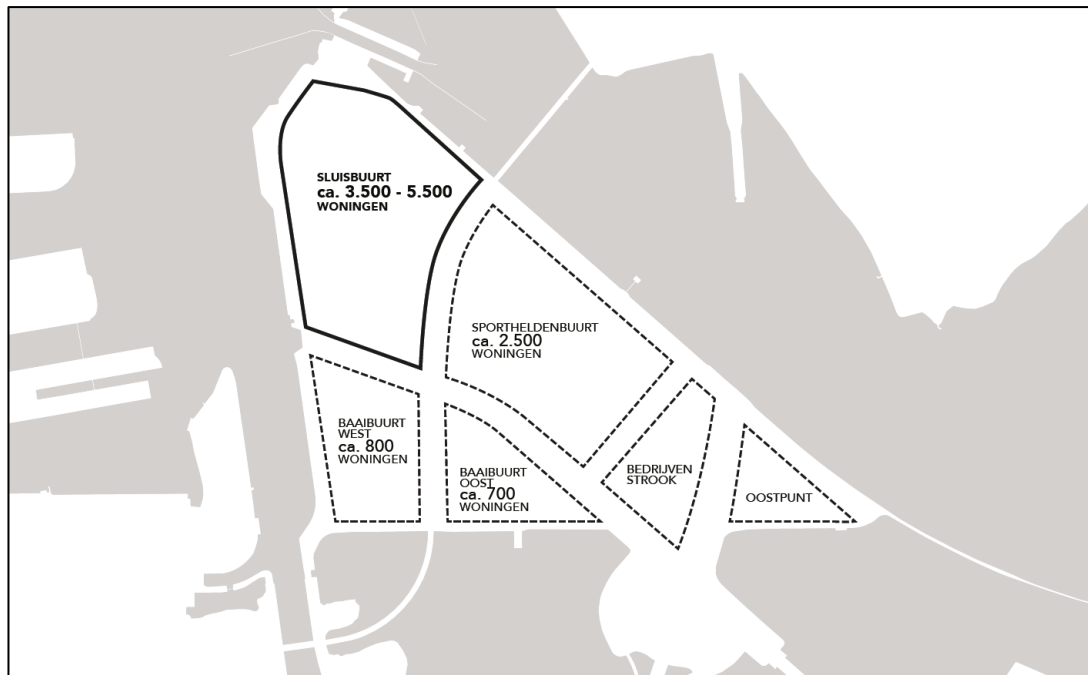
Figuur 4 Schematische weergave verlegging van primaire waterkering dijkkring 44 Zeeburgereiland (bron [11]), met links de huidige situatie en rechts de toekomstige situatie



Figuur 5 Globale waterkeringtracés (bron [12])

3.2 Ontwikkeling van buurten en aanpassing watersysteem

In Figuur 6 zijn de verschillende buurten weergegeven met het geplande aantal woningen.



Figuur 6 Ontwikkelgebieden Zeeburgereiland

In chronologische volgorde zijn de (geplande) ontwikkelingen per buurt als volgt.

Sportheldenbuurt

De eerste ontwikkeling was de Sportheldenbuurt op het terrein van de voormalige Rioolwaterzuivering Oost (RI-Oost). Dit gebied is bouwrijp gemaakt vanaf circa 2007, waarbij het gebied is opgehoogd. De randen zijn aangelegd op NAP +1,32 m en het centrale deel op een maaiveldhoogte van NAP +2,40 m. De eerste bewoners vestigden zich in 2014. Op dit moment is bijna de helft van de buurt bebouwd of is in aanbouw. De verwachting is dat over circa drie jaar de meeste kavels zijn bebouwd. Om te compenseren voor de verhardingstoename is circa 2009 een primaire watergang aangelegd rondom de Sportheldenbuurt. Deze ringwatergang dient als waterberging voor zowel de Sportheldenbuurt als de aangrenzende Bedrijvenstrook. Door de vrij grote afstand tussen de watergangen, de slechte bodemopbouw (voormalig baggerdepot) en de niet-integrale ophoogmethode (cunettenmethode) heeft er grondwateroverlast plaatsgevonden in de bouwfase. In de woonfase blijft grondwater een aandachtspunt; er zijn diverse maatregelen getroffen waardoor nu wordt voldaan aan de grondwaternorm. Daarnaast waren er rond 2013/2014 sporadisch hoge waterstanden in de ringwatergang, vanwege de hydraulische weerstand die mede als gevolg van de te krappe duikers optreedt op de route naar het gemaal. Door het maken van een tijdelijke greppel richting Sluisbuurt in 2014, onder de Schellingwouderbrug, zijn de problemen sterk verminderd; in 2017 wordt een robuuste permanente oplossing aangelegd.

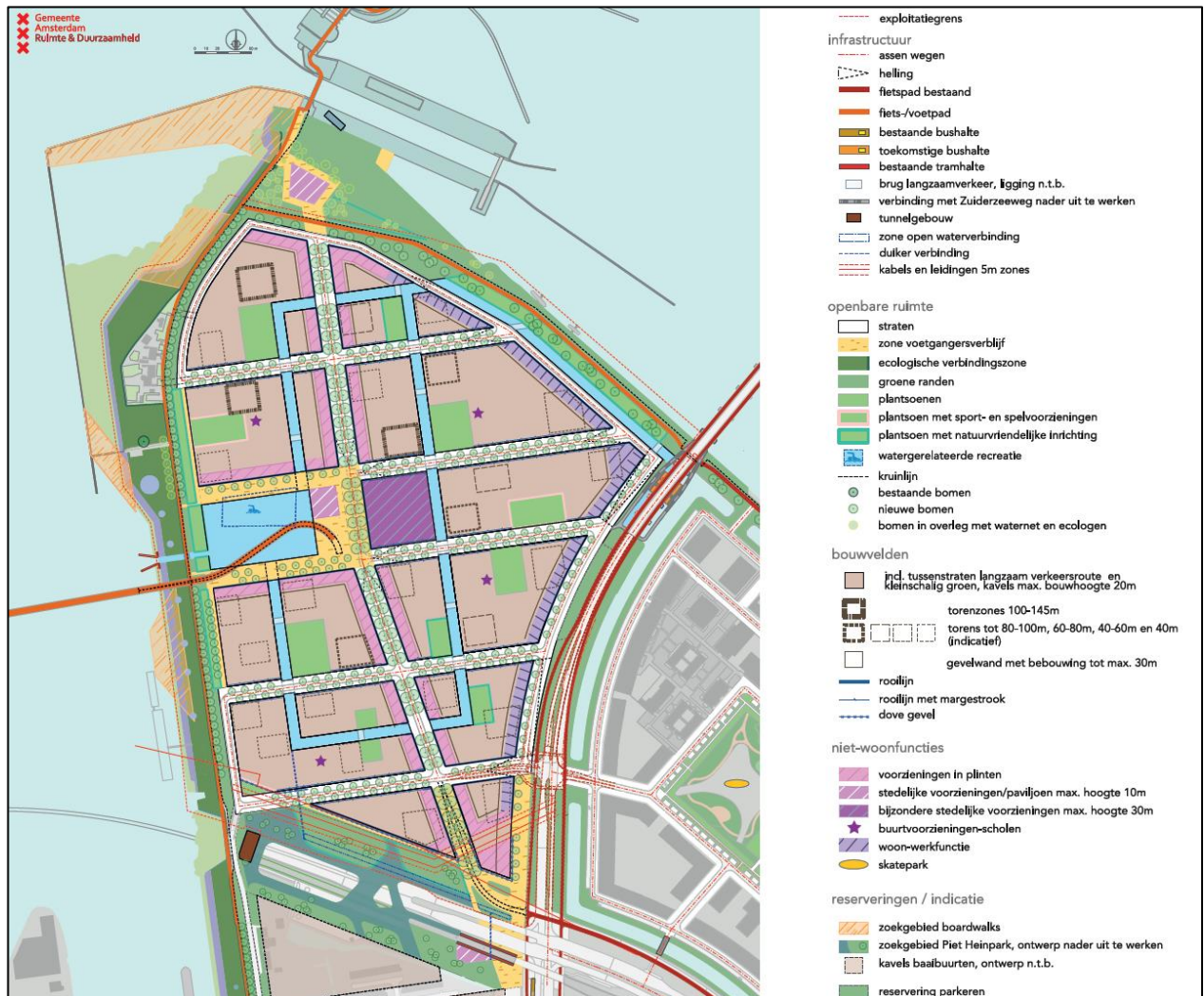
Bedrijvenstrook

De bedrijvenstrook zal een aantal bedrijven bevatten zonder woonbestemming. De planvorming is circa 2010 gestart maar is vanwege de economische crisis tijdelijk gestaakt. Vanaf 2015 is de planvorming voortgezet met een aantal concrete initiatieven en ontwikkelaars. In 2016 is het stedenbouwkundig plan uitgewerkt tot een concreet matenplan voor de openbare ruimte. Conform het ophoogadvies [9] wordt het gebied integraal opgehoogd tot een maaiveldhoogte van circa NAP +1,8 m met laagste maaiveld op NAP +1,4 m (Kaap Kotweg). Naar verwachting gebeurt het bouwrijp maken en ophogen circa 2017 en zullen de eerste gebruikers zich circa 2019 vestigen. Het is onduidelijk hoe lang het duurt voordat de buurt volledig is ontwikkeld. Het bestaande tankstation Kriterion blijft langdurig in gebruik en wordt niet ontwikkeld; dit blijft op de huidige maaiveldhoogte van NAP +0,90 m liggen. Om het grondwater voldoende laag te houden en het terrein van Kriterion te ontzien, is een grindkoffer met drainage gepland tussen het op te hogen gebied en Kriterion. Het gebied wordt sterk verhard. Er wordt geen apart oppervlaktewater gemaakt, maar de toename van verhard oppervlak is meegenomen in de aanleg van de ringwatergang Sportheldenbuurt.

Sluisbuurt

De Sluisbuurt wordt naar verwachting in 2017 bouwrijp gemaakt en het plan is om in 2019 de eerste bewoners te ontvangen. De wijk wordt integraal opgehoogd en aangelegd op een maaiveldniveau van NAP +2,10 m (bron [1] en [8]). De huidige watergangen worden gedempt (met uitzondering van een deel van de noordelijke watergang langs de waterkering). Vervolgens wordt er een volledig nieuw watersysteem aangelegd met 12 m brede watergangen en een waterbassin. Er is een relatief kleine afstand gepland tussen de watergangen, om de grondwaterstand voldoende laag te houden. Na de afwaardering van de westelijke waterkering langs het ARK, is het plan een (afsluitbare) open verbinding te realiseren vanuit de Sluisbuurt naar het ARK: in de tijdelijke situatie kan hiervoor een bestaande loze rioolleiding worden gebruikt aan zuidwestzijde, in de eindsituatie krijgt het bassin een opening met het ARK (zie plankaart). Voordat deze open verbinding tot stand komt, is er voor de afwatering van de Sluisbuurt een verbinding nodig met de Baaibuurt West en het gemaal in die buurt. Daarvoor wordt vanaf de zuidwesthoek van het rechthoekige waterstelsel (zie plankaart) een 95 m lange duiker aangelegd die uitloopt in een 5 m brede watergang in het zuidelijk park, die vervolgens aansluit op de duiker onder de inrit van de Pietheintunnel. Het geplande watersysteem is weergegeven in Figuur 7. Om te voorkomen dat het gemaal Zeeburgereiland, dat op een aan-/afslagpeil van NAP -0,40/-0,50¹ m is afgesteld, teveel water naar zich toetrekt vanuit het ARK (rondpompen), kan het nodig zijn het watersysteem Zeeburgereiland tijdelijk te scheiden in twee peilvakken (ten noorden en ten zuiden van de IJburglaan). Wanneer uiteindelijk het gemaal wordt opgeheven en het hele eiland afstroomt via de Sluisbuurt op het ARK, moet de noord-/zuidverbinding tussen de Sluisbuurt/Sportheldenbuurt en de Baaibuurt juist weer open zijn.

¹ Het lijkt onwenselijk om het aan-/afslagpeil te verhogen en op gelijk niveau te brengen met het ARK, omdat er dan mogelijk wateroverlast ontstaat bij de lage maaivelden in de huidige Baaibuurt.



Figuur 7 Plankaart Sluisbuurt, concept 8 november 2016.

Baibuurt West en Baibuurt Oost

De ontwikkeling van de Baibuurten zal in principe plaatsvinden nadat de Bedrijvenstrook en Sluisbuurt grotendeels benut zijn. Aangezien het aantal bewoners in Amsterdam jaarlijks toeneemt met circa 5.000 à 10.000 personen en er een woningbouwopgave is, wordt de ontwikkeling van de Baibuurten voorzien op middellange termijn, ergens tussen 2022 en 2030, mede afhankelijk van de economische situatie. De buurten beslaan een relatief klein deel van het Zeeburgereiland. Het maaiveld ligt hier vrij laag op gemiddeld circa NAP +0,6 m, en om de woonfunctie mogelijk te maken is een ophoging noodzakelijk. Waarschijnlijk gaat de ophoging gepaard met een volledig nieuw watersysteem volgens het principe van de Sportheldenbuurt en Sluisbuurt. Het te kiezen watersysteem is nog niet bekend. In de planvorming van circa 2010 werd uitgegaan van ringwatergangen om Baibuurt West en Baibuurt Oost. Een aandachtspunt is dat het toekomstig watersysteem goed wordt aangesloten op de rest van het watersysteem, onder de IJburglaan / inrit Pietheintunnel door en dat de Baibuurt Oost en Baibuurt West hydraulisch goed zijn verbonden (zie Figuur 3). Wanneer dat het geval is én de open verbinding tussen

Sluisbuurt en Amsterdam Rijnkanaal (ARK) is gerealiseerd, bestaat de mogelijkheid het gemaal op te heffen en het volledige eiland op natuurlijke wijze te laten afwateren naar het ARK.

Een mogelijk subscenario houdt verband met het watersysteem rond de oksels van de op- en afritten Zeeburg van de A10, dat nu een eigen afvoer heeft richting het IJmeer. Deze afvoer gaat waarschijnlijk door de toekomstige primaire waterkering heen. Het subscenario is om de oksels te laten afwateren op de watergangen van Baaibuurt Oost.

3.3 Welke scenario's kunnen we schetsen?

Op basis van het bovenstaande zijn er tientallen scenario's mogelijk. Dit hebben wij gebundeld tot vijf hoofdsenario's die chronologisch in de tijd plaatsvinden. Elk scenario is doorgerekend in het oppervlaktewatermodel.

Tabel 2 Scenario's

Scenario	Beschrijving
Huidig-2016	- Het huidige watersysteem met gemaal. - Alleen de Sportheldenbuurt is ontwikkeld.
2018 met gemaal	- Sluisbuurt is ontwikkeld met nieuw watersysteem. - Afvoer op gemaal.
2018 met ARK en gemaal	- Sluisbuurt is ontwikkeld met nieuw watersysteem. - Sluisbuurt heeft open verbinding met ARK. - Baaibuurten nog op gemaal.
2022 met ARK en gemaal	- Sluisbuurt, Bedrijvenstrook en Baaibuurten zijn ontwikkeld met nieuwe watersystemen. - Sluisbuurt heeft open verbinding met ARK. - Baaibuurten nog op gemaal.
2025 alleen ARK (eindbeeld)	- Sluisbuurt, Bedrijvenstrook en Baaibuurten zijn ontwikkeld. - Sluisbuurt heeft open verbinding op ARK. - Gemaal is opgeheven.

3.4 Oppervlakken Zeeburgereiland eindbeeld

De oppervlakken verhard, onverhard en water in het eindbeeld 2025 van het Zeeburgereiland zijn weergegeven in Tabel 3. Daarbij is uitgegaan van een conservatieve benadering voor het oppervlaktewatersysteem met hoge verhardingspercentages; het verhard oppervlak zal in werkelijkheid mogelijk lager uitvallen.

Tabel 3 Gehanteerde oppervlakken verhard/onverhard/water, afwaterend op intern watersysteem in de toekomstige situatie (eindbeeld)

	oppervlak (ha)			
buurt	Verhard*	onverhard	water	totaal
Sluisbuurt	19,1	5,7	2,9	27,7
Sportheldenbuurt	19,9	4,8	3,3	28,0
Bedrijvenstrook	4,8	1,2	0,0	6,0
Baaibuurt West	7,2	2,0	1,0	10,2
Baaibuurt Oost	7,5	1,6	0,8	9,9
Totaal Zeeburgereiland	58,5	15,3	8,0	81,8

* de aangrenzende hoofdwegen zijn hierin meegenomen door de oppervlakken te verdelen over de buurten, afhankelijk van de afwateringsrichting.

4 Oppervlaktewatermodel Zeeburgereiland

In dit hoofdstuk wordt eerst de NBW-toetsingssystematiek en de eisen aan het oppervlaktewatersysteem beschreven. Daarna wordt de opzet van het oppervlaktewatermodel SOBEK beschreven en de invoerparameters. In bijlage 1 staat een uitgebreide beschrijving en onderbouwing van de modelinvoer.

4.1 NBW-toetsingssystematiek en eisen aan oppervlaktewatersysteem

Zeeburgereiland valt onder waterbeheerder Amstel, Gooi en Vecht (AGV). Met AGV/Waternet is besproken hoe de toetsing van het oppervlaktewatersysteem dient plaats te vinden. Daarbij is gebruik gemaakt van de modelleringsrichtlijnen van Waternet (bron [4]).

In Nederland worden oppervlaktewatersystemen getoetst aan de NBW-normen. NBW staat voor Nationaal Bestuursakkoord Water; dit is een akkoord dat in 2003 gesloten is tussen (de vertegenwoordigers van) Rijk, Provincies, waterschappen en gemeenten. Doel is dat de kans op wateroverlast door inundatie vanuit het oppervlaktewater moet zijn verminderd tot een maatschappelijk acceptabel niveau. Dit niveau is in het NBW vertaald in zogenaamde werknormen voor vijf vormen van grondgebruik (grasland, akkerbouw, hoogwaardige land- en tuinbouw, glastuinbouw, bebouwd gebied).

Het Zeeburgereiland wordt voor de NBW-toetsing in zijn geheel als “bebouwd gebied” beschouwd. Dit is een veilige aanname: in werkelijkheid zullen er terreinen zoals tuinen of parken zijn waarvoor een lichtere NBW-werknorm geldt; of met de verschillende faseringen op het Zeeburgereiland kunnen delen nog onbewoond/onbebouwd zijn terwijl andere delen al bewoond/bebouwd zijn. Bij eventuele inundatie van terreinen zal per locatie worden bekeken of er maatregelen nodig zijn.

Voor bebouwd gebied geldt dat het maaiveld slechts eens per 100 jaar mag inunderen (overstromen) vanuit de watergangen. Bij gebeurtenissen die vaker dan eens per 100 jaar voorkomen, mag geen enkel deel van het maaiveld (0%) overstromen.

Tevens mag er geen verslechtering optreden ten opzichte van de huidige situatie. Een waterstijging kan een toename van de reeds door bewoners ervaren wateroverlast betekenen, bijvoorbeeld door een verhoogde grondwaterstand. Ook als het gebied nu ruim voldoet aan de NBW-normen en bewoners geen enkele wateroverlast ervaren, is het niet de bedoeling dat er een verslechtering optreedt. Dit betekent dat de ruimte die resteert tot het behalen van de NBW-normen niet “opgevuld” mag worden, door bijvoorbeeld hogere waterpeilen waarbij net wordt

voldaan aan de NBW-normen. De eventuele ruimte/overcapaciteit in het watersysteem moet gehandhaafd blijven, onder andere om beter bestand te zijn tegen klimaatverandering.

Om te toetsen aan de NBW-normen is een oppervlaktewatermodel opgesteld. Vervolgens is dit model doorgerekend met een aantal neerslaggebeurtenissen. In de periode 1906-2006 is de neerslag per uur gemeten in meteostations in West-Nederland. Op de neerslagreeksen is vervolgens een klimaattoeslag toegepast voor het KNMI-klimaatscenario WH 2050 voor neerslagregio H (waarin Amsterdam zich bevindt). De berekende aangepaste neerslagreeksen afkomstig uit bron [10] zijn vervolgens invoer voor het model. De maximale waterstanden worden verzameld en hiervan wordt een statistische analyse gemaakt. Het doel is de maatgevende eens-per-100-jaar ($T=100$) waterstand te bepalen². De laatste stap is om te toetsen, of er bij die waterstand maaivelden overstroomd (voldoen aan de NBW-norm) en of er een (merkbare) verslechtering optreedt ten opzichte van de huidige situatie. Is een van beide het geval, dan zijn aanpassingen nodig in het watersysteem (meer waterberging) of in het geplande landgebruik (minder verhardingen, meer water vasthouden).

Het oppervlaktewatermodel voor de NBW-toetsing is een zogeheten "bakjesmodel" waarin de hoeveelheden oppervlaktewater correct zijn vermeld, maar waarin geen duikers zijn opgenomen. Op aanwijzing van Waternet wordt een bakjesmodel gebruikt voor de toetsing aan de NBW-normen, waarbij het gaat om de totale waterberging in het gebied en niet zozeer om de hydraulische opstuwing door duikers en kunstwerken. Duikers en andere obstakels kunnen zorgen voor een hydraulische opstuwing van het water dat onderweg is naar het afstroompunt of hetemaal. Om dit te onderzoeken, is een aparte hydraulische analyse gedaan van de stationaire situatie mét duikers. Hieruit volgt of het systeem van watergangen en duikers voldoende afvoercapaciteit heeft richting het afvoerpunt. In het watersysteem zou het totale verhang maximaal 10 tot 15 cm mogen bedragen (bron [4]). Voor de aanleg van nieuwe duikers/bruggen is de richtlijn maximaal 3 mm opstuwing per duiker/brug, wat betekent dat de duiker voldoende groot en zo kort mogelijk moet zijn. De richtlijn is dat het watersysteem niet meer opstuwing heeft dan 2 cm/km (bron [4]) en primaire watergangen maximaal 1 cm/km (bron [3]). De stroomsnelheid dient in verband met uitspoeling niet groter te zijn dan 0,3 m/s. Dit zijn richtlijnen; welke maatregelen nodig zijn, wordt mede bepaald door het feit of eventuele wateroverlast ook als probleem wordt ervaren.

Bijzonder is dat de niet-ontwikkelde delen van het Zeeburgereiland een watersysteem hebben dat niet ingericht is voor de stedelijke ontwikkeling, vooral omdat de duikers relatief klein zijn. Tussen Amsterdam en Waternet is afgesproken dat de delen van Zeeburgereiland die tot ontwikkeling komen, een watersysteem krijgen dat volledig tegemoet komt aan deze stedelijke ontwikkeling. Dat kan een geheel nieuw watersysteem zijn. Waternet/AGV eist dat het watersysteem altijd voldoende robuust is. Het water dient via minimaal twee routes af te kunnen stromen. Als er een

² In het model zijn de acht maatgevende neerslaggebeurtenissen doorgerekend, waaruit een waterstand volgt die de $T=100$ -waterstand benadert. In een eindversie kan de hele meteoreeks worden doorgerekend ter verificatie. Het hoogwaterpeil van NAP -0,10 m in het ARK (dat maar eens per 100 jaar voor zou komen) zou ertoe kunnen leiden dat de berekende waterstanden uiteindelijk een herhalingstijd hebben van meer dan 100 jaar.

calamiteit is in de ene route (bijvoorbeeld een verstopte duiker), dan kan het water altijd nog via de andere route tot afstroming komen.

Ondanks dat het water afstroomt via verouderde delen van het watersysteem, moet het watersysteem als geheel voldoen aan de NBW-normen omdat er reeds bewoners zijn. Ook moet het watersysteem vooruitlopen op de voorziene ontwikkeling van de andere wijken en mag het deze plannen niet belemmeren. De standaard-Keurregel is dat verhardingstoenames met 10% oppervlaktewater gecompenseerd moeten worden (bron [2]) en dat dempingen 1-op-1 worden gecompenseerd. Op basis van Tabel 1 en Tabel 3 wordt voldoende oppervlaktewater gerealiseerd om aan deze Keurregels te voldoen (zie de berekening in bijlage 2). De Keur geeft tevens de mogelijkheid om een deel van de waterberging niet te realiseren in de vorm van oppervlaktewater, maar door water vast te houden op de kavels ("alternatieve waterberging").

Voor de volledig nieuwe watersystemen in de ontwikkelgebieden is op aanwijzing van Waternet de toetsing met het oppervlaktewatermodel leidend; dit moet leiden tot een goed watersysteem, dat voldoet aan de gestelde eisen. Het is mogelijk dat aan de eisen wordt voldaan met een watersysteem dat minder dan 10% watercompensatie bevat; in dat geval is vroegtijdig toestemming nodig van het bestuur van AGV om het watersysteem te kunnen vergunnen. Het advies is voor het gehele Zeeburgereiland een waterbergingsboekhouding bij te houden, opdat er tijdens de diverse ontwikkelingen overzicht blijft van waterdempingen, waterrealisatie en verhardingstoenames.

Bij de afvoer van water via een open verbinding naar de boezem van het ARK, stelt de waterbeheerder Rijkswaterstaat mogelijk beperkingen in de vorm van een maximaal afvoerdebiet. Waternet/AGV verwijst hiervoor naar het Waterakkoord. De boezem mag niet te zwaar belast worden; dit kan bereikt worden door in de (polder)gebieden voldoende waterberging plaats te laten vinden. Voor de maximale afvoer heeft RWS geen exact getal aangegeven. Daarom is in eerste instantie de maximale afvoer gelijk gesteld aan de normafvoer van 15 m³/minuut/100 ha voor stedelijk gebied. Voor het circa 82 ha grote Zeeburgereiland zou dit een maximale afvoer van 12,3 m³/minuut (0,21 m³/s) betekenen. Dit punt moet verder worden uitgewerkt aan de hand van de eerste resultaten waarbij de waterbeheerder van het ARK (Rijkswaterstaat) betrokken dient te worden.

4.2 Uitgangspunten oppervlaktewatermodel

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste uitgangspunten vermeld. In bijlage 1 staat meer toelichting en een onderbouwing van de gehanteerde waarden.

Tabel 4 Belangrijkste uitgangspunten voor oppervlaktewatermodel

parameter	Gehanteerde methode	Gehanteerde waarde	toelichting
Neerslagreeks		In eerste instantie zijn de acht maatgevende neerslagperioden uit de periode 1906-2014 doorgerekend; ter validatie is daarna de volledige periode doorgerekend voor het eindbeeld. Op de buien is een klimaattoeslag toegepast voor KNMI-klimaatscenario WH2050 voor regio H (bron [10]).	
Gemaal Zeeburger-eiland		Gemaalcapaciteit 7,4 m ³ /minuut (2 x 3,7). Aan-/afslagpeil NAP -0,40 / -0,50 m	
Waterstand ARK	Vast peil	Maatgevend hoogwaterpeil van NAP -0,10 m met herhalingstijd van circa T=100 jaar	
Laagste maaiveld-hoogten (voor toetsing NBW)	Laagste maaiveld betreft insteek talud sectie watergang en/of laag gelegen percelen; er is geclusterd zodat enkele maaivelden lokaal lager kunnen liggen. Bij toekomstige ontwikkeling wordt het deelgebied opgehoogd.	- Sluisbuurt huidig/toekomstig: NAP +0,2 / +2,1 m - Spoortheldenbuurt huidig/toekomstig: NAP +1,32 m - Bedrijvenstrook huidig/toekomstig: NAP +0,9 / +1,4 m - Wegen huidig/toekomstig: NAP +0,6 m - Baaibuurt West huidig/toekomstig: NAP +0,3 / +1,3 m - Baaibuurt Oost huidig/toekomstig: NAP +0,3 / +1,3 m	Bij ontwikkeling van de Sluisbuurt is NAP +0,3 m in Baaibuurt maatgevend voor de NBW-toetsing. In het eindbeeld wordt NAP +0,6 m (wegen) maatgevend.
Afstroming		Alleen oppervlakken/wateren die afwateren op het binnenwater zijn meegenomen. Oppervlakken met een verhang naar het buitenwater (ARK/IJmeer) vallen buiten het model. Dit betreft buitentaluds, Oostpunt en het watersysteem bij de oksel A10. Zie Figuur 3.	

parameter	Gehanteerde methode	Gehanteerde waarde	toelichting
Verharde oppervlakken	In Rainfall runoff module.	Toekomstige situatie: Sluisbuurt ontwikkelgebied (landdeel) 90% verhard en zuidelijk park is onverhard, overige buurten (landdeel) 80% verhard. Er is geen rekening gehouden met waterberging op de kavels. Directe afstroming van de neerslag (zonder vertraging). Berging op straat + gemengd riool = 1 + 7 mm. Riool voert geen neerslag af uit gebied.	Conservatieve (veilige) aannames. Het model is niet gekalibreerd vanwege de afwezigheid van waterstands-metingen.
Onverharde oppervlakken	In Rainfall runoff module.	Met vertraagde afvoer. Berging op maaiveld 2 mm. Infiltratiecapaciteit 7,5 mm/uur. Inzijging naar diepere grondwater 2 mm/dag.	
Huidige watergangen	Huidige ingemeten profielen	Ruwheidsfactor Strickler zoals waargenomen per watergang: $K_s = 15 \text{ à } 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. De neerslag die valt op oppervlaktewater wordt in zijn geheel meegenomen.	
Toekomstige watergangen	Na ontwikkeling	Voor de Sluisbuurt wordt uitgegaan van het oppervlaktewatersysteem conform de Plankaart. Voor Sportheldenbuurt / Bedrijvenstrook van de huidige ring-watergang. Voor de nog te ontwikkelen Baaibuurt is oppervlaktewater toegevoegd ter grootte van 10% van de verhardingstoename. Ruwheidsfactor Strickler $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ voor begroeide zomertoestand. Diepte hoofdwatgangen inclusief baggeraanwas $1,25^3 \text{ m}$. De neerslag die valt op oppervlaktewater wordt in zijn geheel meegenomen.	
Duikers	Niet in NBW-oppervlaktewater-model; wel in hydraulische analyse	Ruwheidsfactor Strickler $K_s = 75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Geen baggeraanwas. Als b.o.b. duiker lager ligt dan aanpalende slootbodem: b.o.b. duiker gelijk gesteld aan slootbodem.	Waarde geldt voor betonnen duikers. Voor eventuele PVC/PE-duikers is deze waarde conservatief.

³ Voor de Sluisbuurt heeft Waternet het advies gegeven om 1,60 m diepte te hebben in verband met de diepgang van drijfvuilvaartuigen. Voor de andere te ontwikkelen buurten is de diepte nog onbekend. In het model is daarom een veilige (minimale) diepte van 1,25 m aangehouden voor alle nieuwe hoofdwatgangen.

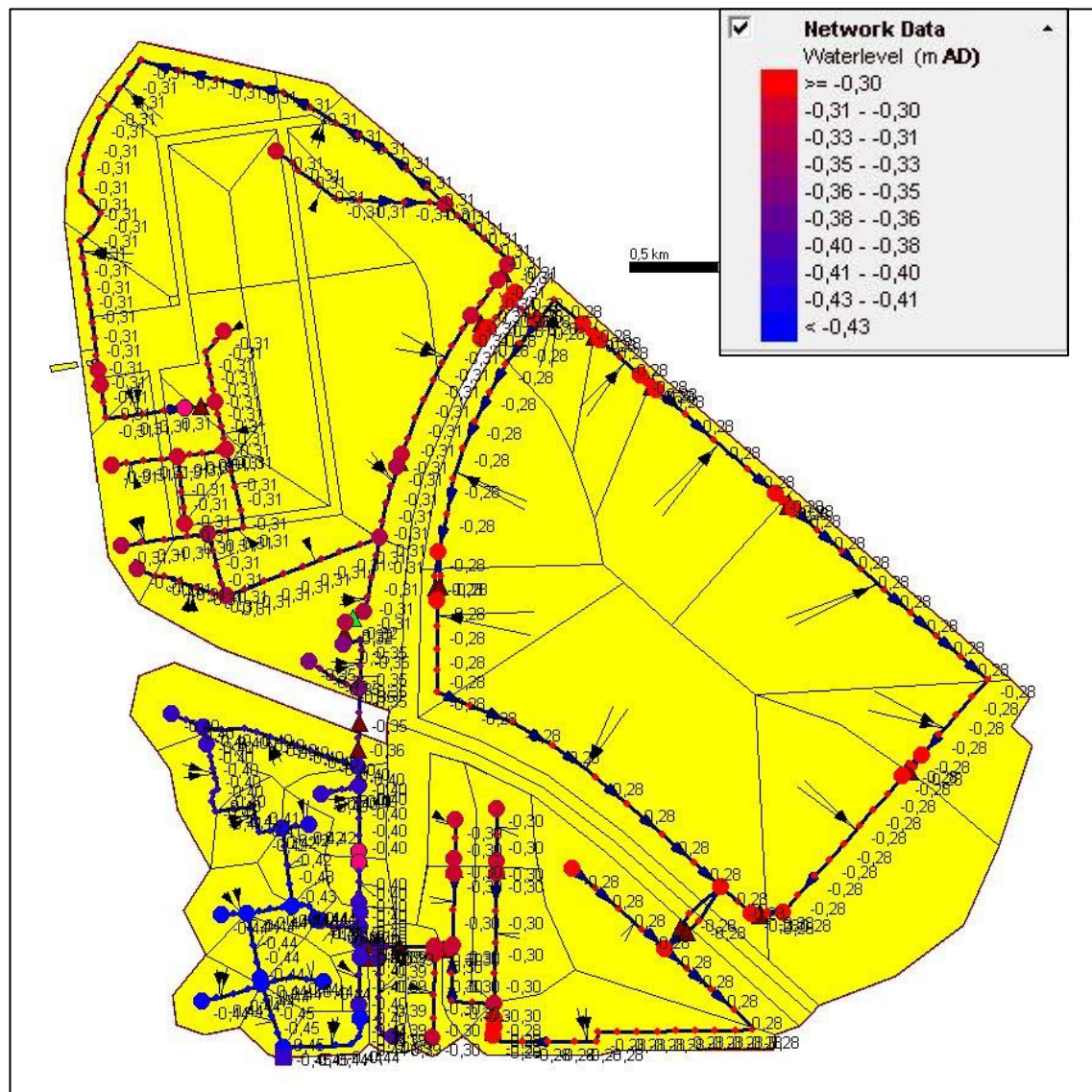
Het model is vanwege het ontbreken van gemeten waterpeilen en debieten niet geijkt. De praktische basis ligt vooral in de metingen die zijn gedaan van de watergangen inclusief de mate van begroeiing en van de duikers, die vervolgens zijn verwerkt in de modelparameters. Er kan momenteel niet geverifieerd worden hoe nauwkeurig het model de werkelijke waterstanden benadert. Het model is met name geschikt om de effecten te berekenen die optreden door de ingrepen en door verbetermaatregelen. Daarbij wordt de huidige situatie vergeleken met de toekomstige situatie met als resultaat of het waterpeil door de ingrepen stijgt of daalt (per buurt) en wat de ordegrrootte is van deze stijgingen/dalingen.

5 Hydraulische analyse huidige situatie

5.1 Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt de hydraulische analyse toegelicht: welke hydraulische knelpunten zijn er momenteel en welke te kleine duikers/kunstwerken moeten worden aangepakt? Om dit te bepalen is het oppervlaktewatermodel mét duikers/kunstwerken gebruikt. Er is een stationaire berekening uitgevoerd voor de huidige situatie. Stationair betekent dat de waterstanden in de tijd stabiel blijven (na een aanlooperperiode in de berekening). Daartoe wordt de neerslag zodanig aangepast, dat de in- en uitstroom van het gebied precies even groot zijn en er continu dezelfde waterstand optreedt. Het gemaal pompt dan per tijdseenheid evenveel water uit (met de gemaalcapaciteit van 7,4 m³/minuut) als er in de watergangen komt door neerslag. Bij een stationaire neerslag van continu 0,6 mm per uur blijkt deze situatie op te treden. Het doel van deze 'stabiele' situatie is om de grootste hydraulische knelpunten te onderscheiden: bijvoorbeeld te krappe duikers.

Uit de modelberekening blijkt dat het model na circa 20 dagen stabiel blijft en de stationaire situatie wordt bereikt. Figuur 8 geeft weer welke waterstanden er dan optreden, weergegeven in m NAP en in kleuren. Aan de hand van de grootste "sprongen" in de waterstand kan men vervolgens de grootste hydraulische knelpunten onderscheiden: dit betreft een aantal knelpuntsduikers die in Figuur 9 in geel/groen zijn gemarkeerd.



Figuur 8 Huidige situatie, stationaire berekening, waterstanden in m NAP aangegeven met kleuren, de bruine driehoeken zijn duikers

In de Baaibuurt West is het waterpeil bij het gemaal op dat moment NAP -0,45 m. Het totale verhang van het meest bovenstroomse punt tot het gemaal is derhalve 17 cm. De hoogste standen in met name de Baaibuurt Oost en Sportheldenbuurt worden bevestigd door de praktijk met meldingen van wateroverlast.

5.2 Hydraulische knelpunten en mitigerende maatregelen

De zes grootste hydraulische knelpunten zijn in rangorde aangegeven in Figuur 9 en Tabel 5:

- Het grootste hydraulische knelpunt (nr.1) ligt onder de Zuiderzeeweg tussen de Baaibuurt Oost en West: de $\varnothing$ 300 mm-duiker van circa 84 m lengte levert een opstuwing op van 9 cm. Dit belemmert indirect de afstroming van de Sportheldenbuurt naar de Baaibuurt Oost.
- Het tweede knelpunt (nr.2) is de $\varnothing$ 400 mm / deels $\varnothing$ 600 mm-duiker onder de inrit naar de Pietheintunnel, waar de Sluisbuurt afwatert naar de Baaibuurt West: hier is een opstuwing van 5 cm.
- Het derde knelpunt (nr.3) is een $\varnothing$ 400 mm-duiker langs de westelijke parallelweg van de Zuiderzeeweg, net voor het gemaal, waar 4 cm opstuwing optreedt.
- Het vierde knelpunt (nr.4) is een $\varnothing$ 400 mm-duiker van circa 25 m lengte die net ten noorden hiervan loopt (in de Sluisbuurt): hier is 3 cm opstuwing.
- Het vijfde knelpunt (nr.5) is een $\varnothing$ 300 mm-duiker van 21 m lengte die loopt onder de parallelweg van de Zuiderzeeweg, aan de oostrand van de Sluisbuurt: hier is 3 cm opstuwing.
- Het zesde knelpunt (nr.6) ligt in de 18 m lange noord-zuid-duiker van $\varnothing$ 300 mm die loopt in de Baaibuurt Oost ten noordoosten van het Holland Boat Centre. Hier is 2 cm opstuwing, met dien verstande dat hij ligt in de hoofdafvoerroute Sportheldenbuurt --> Baaibuurt Oost --> Baaibuurt West/gemaal, via welke route heden relatief weinig water afstroomt omdat de afvoer sterk "geknepen" wordt door duiker 1. Na aanpak van de andere knelpuntsduikers zal er meer water afstromen door duiker 6 en is de opstuwing meer dan 2 cm, waardoor het knelpunt wordt vergroot.

De overige duikers en de watergangen tonen kleinere opstuwings, waarbij de volgende kanttekening kan worden gemaakt. De watergangen tonen een verhang dat varieert van 0,2 mm per km in de zeer ruime ringwatergang van de Sportheldenbuurt, tot maximaal 10 mm per km in de zuidelijke, 2 m brede en sterk begroeide watergang van de Baaibuurt Oost. Deze laatste situatie voldoet maar net aan het uitgangspunt van maximaal 1 à 2 cm/km opstuwing. Gesteld dat er ook aanvullende opstuwing plaatsvindt door duikers, wordt de totale opstuwing echter groter dan het uitgangspunt. Door opschoning⁴ van de sterk begroeide watergangen op het Zeeburgereiland kan de opstuwing in watergangen worden teruggebracht naar circa 1 mm/km, wat ruim voldoet aan het uitgangspunt. Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat

⁴ Strickler K_s -waarde in het model vergroot van 5 naar $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

opschoning van de huidige sterk begroeide watergangen de opstuwing sterk verkleint; opschonen van watergangen is daarom een eenvoudige en kosteneffectieve maatregel.

Een belangrijke conclusie is dat één van de cruciale hydraulische verbindingen, namelijk de dubbele 600 mm-duiker die van de Sportheldenbuurt naar de Baaibuurt Oost loopt (onder de IJburglaan door), slechts enkele mm opstuwing heeft en in orde is. De afvoercapaciteit van deze duiker wordt echter niet goed benut omdat de Baaibuurt Oost niet goed afwatert richting het gemaal.

Waternet hanteert als norm voor nieuwe duikers een opstuwing/verhang van 0,3 cm over de duiker (bron [4]) en 1 à 2 cm/km voor het watersysteem; en voor het gehele watersysteem een totale opstuwing van 10 à 15 cm. Meer opstuwing is toegestaan in sommige peilvakken, mits dat niet als probleem wordt ervaren. Met een gemiddeld verhang van 6 cm/km voldoet het afvoersysteem niet aan de uitgangspunten. Met de totale opstuwing/verhang van circa 17 cm wordt net niet voldaan aan het uitgangspunt van opstuwing. Ook worden er problemen ervaren. Er zijn dus maatregelen nodig om de duikers te vergroten.

Tabel 5 geeft prioriteiten aan: dit zijn de meest effectieve locaties om duikers te vervangen door grotere exemplaren, met de grootste reductie van de opstuwing. Om dit verhaal compleet te maken, is berekend hoe groot de zes knelpuntsduikers moeten zijn om te voldoen aan de eis van 0,3 cm opstuwing per duiker bij de huidige inrichting van Zeeburgereiland (met alleen de Sportheldenbuurt ontwikkeld).

Tabel 5 Grootste hydraulische knelpunten en voorstel voor verbetering

rangnr	locatie	Duiker van ...	Naar....	Diameter (lengte)	Opstuwing (huidige situatie)	Duiker zou voldoen bij diameter ⁵
1	onder de Zuiderzeeweg	Baaibuurt Oost	Baaibuurt West	ø 300 mm (84 m)	9 cm	1.000 mm
2	Onder inrit naar Pietheintunnel	Sluisbuurt	onder de inrit naar de Pietheintunnel, waar de Sluisbuurt afwatert naar de Baaibuurt	ø 400 mm / deels ø 600 mm (86 m)	5 cm	1.000 mm
3	westelijke parallelweg van de Zuiderzeeweg	Baaibuurt West	Baaibuurt West	ø 400 mm	4 cm	1.000 mm
4	Ten noorden van inrit naar Pietheintunnel	Sluisbuurt	Sluisbuurt	ø 400 mm	3 cm	1.000 mm (of nieuw stelsel watergangen)

⁵ Maximum 0,3 cm opstuwing per duiker en duiker aangelegd met 10 cm doorzicht

rangnr	locatie	Duiker van ...	Naar....	Diameter (lengte)	Opstuwing (huidige situatie)	Duiker zou voldoen bij diameter ⁵
5	onder de parallelweg van de Zuiderzeeweg	Oostrand Sluisbuurt	Sluisbuurt	ø 300 mm	3 cm	1.000 mm (of nieuw stelsel watergangen)
6	Baaihuurt Oost, noordoosthoek Holland Boat Centre	Baaihuurt Oost	Baaihuurt Oost	ø 300 mm	2 cm	1.000 mm (of nieuw stelsel watergangen)

De conclusie is dat de duikers zouden voldoen (< 0,3 cm opstuwing) wanneer in het huidige watersysteem alle knelpuntsduikers worden vervangen door 1.000 mm-duikers. Een ander alternatief is vervanging van duikers door een watergang, in een nieuw stelsel van watergangen zoals in de Sluisbuurt, of het omleiden van water om de duiker heen via een nieuwe afvoeroute. De hoogste waterstand wanneer de knelpuntsduikers worden vervangen is berekend op NAP -0,39 m (zie Figuur 11) terwijl de waterstand vlak voor het gemaal op dat moment NAP -0,47 m is. Dat betekent dat de opstuwing tussen het meest stroomopwaartse deel van het stroomgebied en het gemaal afneemt van 17 cm tot 8 cm, dat is circa 50% van de oorspronkelijke opstuwing en een enorme verbetering. Waternet hanteert als richtlijn een opstuwing van in totaal 10 à 15 cm: deze wordt in de huidige situatie licht overschreden maar na duikervervanging ruim gehaald. Weliswaar wordt niet voldaan aan de norm van een opstuwing van 1 à 2 cm/km voor het stroomgebied (de berekende opstuwing is circa 3 cm per km) echter bij dit relatief kleine stroomgebied zijn de effecten hiervan klein.

Duikers 2, 3, 4 en 5 moeten vervangen/opgelost worden bij de ontwikkeling van de Sluisbuurt. Het advies is de duikervervanging mee te koppelen met de omliggende wegenprojecten; veel duikers liggen namelijk onder de aangrenzende wegen en niet zozeer in de ontwikkelgebieden. De Piet-Heintunnel staat op de planning voor groot onderhoud in 2018 waarmee duiker 2 aangepakt zou kunnen worden. Duiker 1 en 6 moeten vervangen worden wanneer de (tijdelijke) noord-zuidscheiding wordt ingesteld, opdat de Baaihuurt Oost goed kan afwateren naar het gemaal in de Baaihuurt West (de afvoeroute Baaihuurt Oost --> Sportheldenbuurt vervalt dan immers).

Hoewel hij hydraulisch geen problemen geeft bij een diameter van 1.200 mm, is de geplande 95 m lange duiker in de zuidwesthoek van de Sluisbuurt voor Waternet/AGV ongewenst vanwege de lengte; deze is niet gunstig voor de robuustheid, onderhoudbaarheid, waterkwaliteit en ecologie; de Keur staat een maximale duikerpengte van 30 m toe en afwijkingen moeten de goedkeuring hebben van het bestuur van AGV.

In de hydraulische analyse mét duikervervanging is de maximale snelheid in de watergangen niet groter dan de richtlijn van Waternet van 0,3 m/s in bron [4]; echter vlakbij duikers in de hoofdafvoeroute (o.a. onder inrit Pietheintunnel) en bij de uitstroom naar ARK of gemaal wordt de snelheid wel hoger dan 0,3 m/s (model berekent 0,3 tot 0,6 m/s). In de aanliggende

watgangen dient men maatregelen te treffen in de vorm van een bodem-/oeverbescherming vlakbij duikers.

De stroomsnelheden worden veroorzaakt door piekdebieten die kunnen oplopen tot circa 2 m³/s bij de duikers tussen de deelgebieden en in totaal maximaal 7 m³/s bij het uitstroompunt van het hele eiland. We hebben het dan over het grootste uurdebiet dat in een periode van 100 jaar te verwachten valt.

Daarnaast is het noodzakelijk om de sterk begroeide watgangen op te schonen en regelmatig onderhoud te plegen aan de watgangen, waarbij te ondiepe watgangen periodiek gebaggerd worden. Een deel van de huidige watgangen is (te) sterk begroeid en dit levert opstuwing op. De afwatering van sommige percelen kan hierdoor slecht zijn met wateroverlast en bewonersklachten als gevolg. Een ander nadeel is dat er dan minder zicht is op het functioneren van de aangrenzende duikers of dat er grond inspoelt naar de duiker. In Figuur 10 is een voorbeeld getoond van een te sterk begroeide watergang.



Figuur 10 Te sterk begroeide watergang in Baaibuurt Oost, foto genomen vanuit hart watergang (zomer 2015)

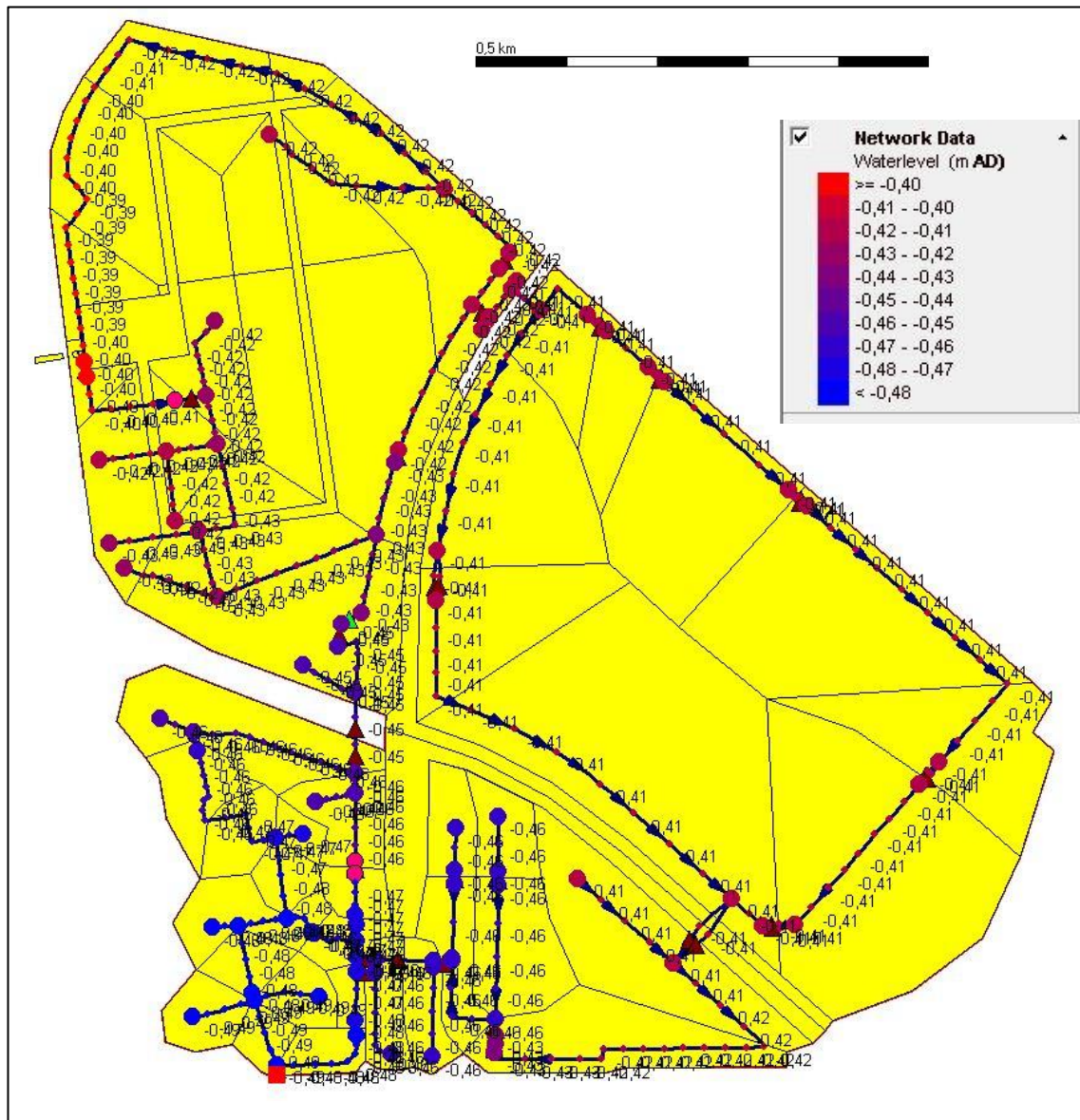
5.3 Richtlijnen voor de toekomstige situatie

In de toekomstige situatie zijn er plannen om een open verbinding te maken met het ARK. Het water zal dan anders gaan stromen waardoor de debieten veranderen die door bepaalde duikers stromen. Hierdoor kan de opstuwing per duiker afwijken van de huidige opstuwing. De verbindingen tussen de vier kwadranten (buurten) van Zeeburgereiland blijven echter essentieel. In de huidige situatie moet het water vanuit de Sportheldenbuurt, Sluisbuurt en Baaibuurt-Oost

afstromen naar het gemaal in de Baaibuurt-West. In het eindbeeld zou al het water vanuit de Sportheldenbuurt, Baaibuurt-West en Baaibuurt-Oost afstromen via de Sluisbuurt naar het ARK. De opstuwingshoogte in cm kan dan iets afwijken van de waarden in Tabel 5, echter de grootste knelpunten blijven de verbindingen tussen de watersystemen van de buurten.

En belangrijk aandachtspunt is de verbinding van de Baaibuurt West naar het toekomstig watersysteem in de Sluisbuurt. In de plankaart van Figuur 7 is te zien dat er een watergang komt door het zuidelijk park die vervolgens aan de zuidwestzijde van de Sluisbuurt met een 95 m lange duiker wordt verbonden met de hoofdwatertangen.

Het advies is om nieuwe duikers in de primaire watertangen een diameter van minimaal 1.000 mm te geven, waarbij zeer lange duikers zoals die aan de zuidwestzijde van de Sluisbuurt groter moeten zijn (minimaal 1.200 mm). De uitwerking is maatwerk en dienen gekoppeld te worden aan wegenprojecten en niet zozeer aan de ontwikkelgebieden, aangezien de meeste duikers onder de naburige wegen liggen. Een andere opmerking is dat er bij ondiepe sloten grond kan inspoelen vanuit de slootbodem richting de duikers; dit is te verhelpen door de onderkant van de duikers hoger te leggen dan de slootbodem, en in plaats van één Ø 1000 mm-duiker twee duikers Ø 750 mm aan te leggen. In de plaats van één Ø 1200 mm-duiker zijn twee duikers Ø 900 mm nodig.



Figuur 11 Alle knelpuntsduikers in huidige watersysteem worden vervangen door 1.000 mm-duikers: resulterende waterstand in m NAP

In verkennende berekeningen is aangetoond dat de opstuwings in vrijwel gelijke mate gereduceerd wordt als slechts één van de duikers Zuiderzeeweg-zuid (nr.1) of Inrit Pietheintunnel (nr.2) wordt vergroot. Beide zijn immers kostbare duikervervangingen onder een Hoofdnet Auto. Echter er is vanuit de eis van robuustheid altijd een tweezijdige afstroming nodig naar het ARK, zodat de conclusie is dat beide duikers verbeterd moeten worden, dus ook duiker 1 (Zuiderzeeweg-zuid). Het advies is om op basis van Figuur 11 het hydraulisch model Zeeburgereiland een jaarlijkse update te geven. Daarin worden de meest recente plannen meegenomen, inclusief de afmetingen van duikers en watergangen.

6 Berekeningsresultaten en analyse toekomstscenario's

Met het oppervlaktewatermodel zijn de verschillende scenario's van Tabel 2 doorgerekend en vervolgens getoetst aan de NBW-normen. In Tabel 6 zijn de hoogst optredende waterstanden vermeld per scenario, onder het uitgangspunt dat de hydraulische knelpunten zijn opgelost. In de tabel is ook weergegeven of er voldaan wordt aan de NBW-toetsing en of er aanvullende maatregelen voor de waterberging nodig zijn. Vervolgens worden de resultaten uitgebreid besproken per scenario.

Tabel 6 Hoogst optredende waterstanden en toetsing aan de NBW-normen

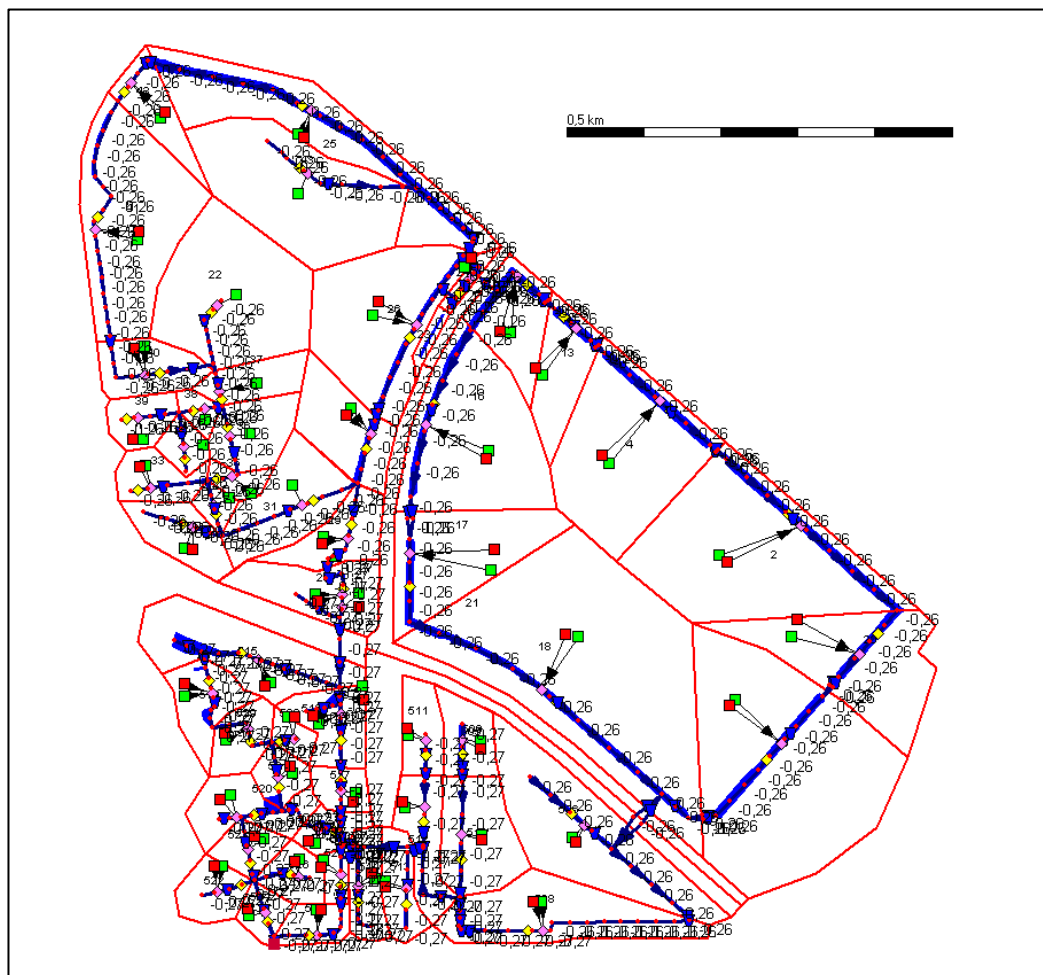
Scenario	Beschrijving	Hoogst optredende waterstand en locatie (#modelrun)	Toets-hoogte / Voldoet aan NBW-norm?	Welke maatregelen waterberging nodig?
Huidig-2016	- Het huidige watersysteem met gemaal. - Alleen de Sportheldenbuurt is ontwikkeld.	NAP -0,26 m uniform (#6)	NAP +0,2 m / ja	geen
2018 met gemaal	- Sluisbuurt is ontwikkeld met nieuw watersysteem. - Afvoer op gemaal.	NAP -0,18 m uniform (#14)	NAP +0,2 m / ja	Water-neutrale kavels Sluisbuurt
2018 met ARK en gemaal	- Sluisbuurt is ontwikkeld met nieuw watersysteem. - Sluisbuurt heeft open verbinding met ARK. - Baai buurten nog op gemaal.	Met noord-zuidscheiding NAP -0,05 (noord) / NAP -0,20 (zuid) (#13)	NAP +0,2 m / ja	geen
2022 met ARK en gemaal	- Sluisbuurt, Bedrijvenstrook en Baai buurten zijn ontwikkeld met nieuwe watersystemen. - Sluisbuurt heeft open verbinding met ARK. - Baai buurten nog op gemaal.	Met noord-zuidscheiding NAP -0,01 (noord) NAP -0,19 (zuid) (#16)	NAP +0,6 m / ja	geen

Scenario	Beschrijving	Hoogst optredende waterstand en locatie (#modelrun)	Toets-hoogte / Voldoet aan NBW-norm?	Welke maat-regelen water-berging nodig?
2025 alleen ARK (eindbeeld)	- Sluisbuurt, Bedrijvenstrook en Baaibuurt zijn ontwikkeld met nieuwe watersystemen. - Sluisbuurt heeft open verbinding op ARK. - Gemaal is opgeheven.	NAP +0,04 m (Baaibuurt) (#19) Statistische* T=100-waterstand NAP +0,11 m	NAP +0,6 m / ja	geen

*na doorrekening van de eeuwreeks is de statistische Gumbel T=100-waterstand bepaald op NAP +0,11 m

6.1 Scenario huidig-2016

De berekende maximaal optredende waterstand is weergegeven in Figuur 12. In dit scenario is de hoogste T=100 waterstand op Zeeburgereiland circa NAP -0,26 m. Er zijn vrijwel geen verschillen in waterstand tussen de deelgebieden; het water stroomt af richting het gemaal. Het waterpeil staat ruim onder het laagste maaiveld van NAP +0,2 m in de Sluisbuurt. Er is dus voldoende waterberging en het gemaal is in staat om de huidige situatie goed te bemalen. Daarbij is het uitgangspunt dat er geen hydraulische knelpunten zijn; er is immers gerekend met een 'bakjesmodel' waarin alleen waterberging een rol speelt. De conclusie is, dat de huidige situatie met het gemaal ruim voldoet aan de NBW-normen.

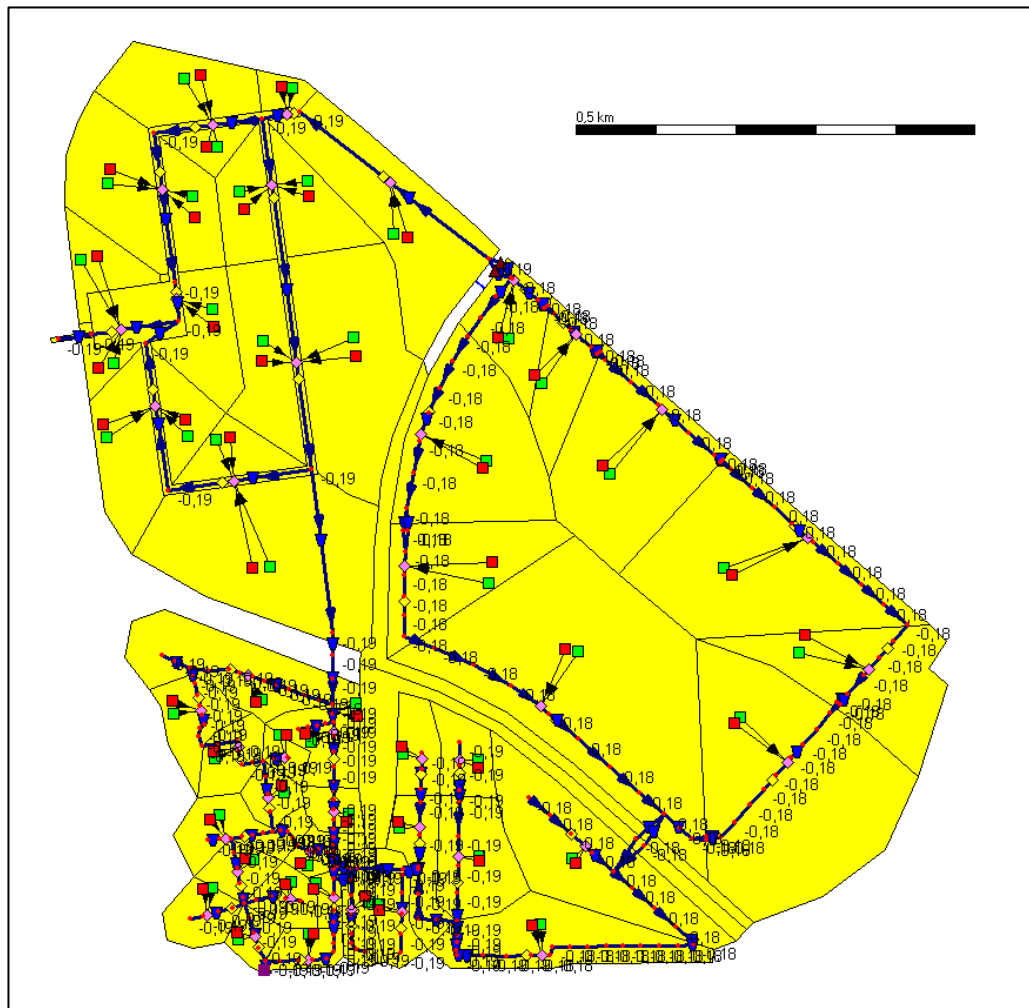


Figuur 12 Scenario huidig-2016, maximaal optredende waterstanden in m NAP

6.2 Scenario 2018 met gemaal

De Sluisbuurt is hierin verhard én heeft zijn nieuwe watersysteem aangelegd. De hydraulische knelpunten zijn verholpen. De verbinding met het ARK is nog niet gerealiseerd en het hele eiland watert nog steeds af op het gemaal. Hierdoor komt er meer verhard oppervlak en dus een groter afvoerdebiet op het bestaande gemaal terecht en kan dit worden beschouwd als een kritische fase in het watersysteem.

De hoogste T=100-waterstand is berekend op NAP -0,18 m (zie Figuur 13) met nauwelijks verschillen tussen de buurten. De waterstand is circa 6 à 8 cm hoger dan de huidige waterstanden; dit komt doordat er meer water afstroomt van de verharde oppervlakken van de Sluisbuurt terwijl het gemaal gelijke capaciteit houdt. Het extra water wordt dus geborgen in de watergangen. De hogere waterstand zorgt niet voor inundatie van de laagste maaivelden van NAP +0,3 m in de Baaibuurt; de waterstand blijft hier ruim onder. Echter er kan een lichte toename van wateroverlast worden ervaren in de Baaibuurt in de vorm van meer drassigheid en hoger grondwater; zodat er sprake is van een verslechtering, totdat de buurt wordt ontwikkeld en opgehoogd. De conclusie is dat het eiland ruim voldoet aan de NBW-normen, met uitzondering van de Baaibuurt waar een kleine verslechtering optreedt. Er is geen zekerheid over de verdere ontwikkeling van Zeeburgereiland waardoor deze fase langer dan de geplande 4 jaar zou kunnen aanhouden. Ook is er geen zekerheid of de wateroverlast daadwerkelijk optreedt; de berekening gaat immers uit van de grootste bui in circa 100 jaar tijd. Het advies is dit niet af te wachten maar een maatregel te treffen. De meest effectieve maatregel is om waterneutrale kavels in de Sluisbuurt aan te leggen, die 60 mm neerslag vasthouden. Hierdoor heeft de Sluisbuurt minder direct afvoerend verhard oppervlak waardoor minder neerslag wordt afgevoerd. In een verkennende berekening is het verhard oppervlak van de Sluisbuurt gehalveerd (9,5 ha in plaats van 19 ha); de maximale waterstand wordt NAP -0,26 m en dit is gelijk aan de huidige situatie. De ontwikkelde Sluisbuurt kan dus met de juiste maatregelen blijven afwateren op het gemaal. Ook hier geldt dat het in praktijk nodig is om een aantal hydraulische knelpunten op te lossen, waarbij het essentieel is dat de duiker onder de inrit Pietheintunnel wordt vergroot tot minimaal Ø 1.000 mm.



Figuur 13 Scenario 2018 met gemaal, maximaal optredende waterstanden in m NAP

6.3 Scenario 2018 met ARK en gemaal

Ook in dit scenario is de Sluisbuurt ontwikkeld en heeft een nieuw watersysteem gekregen, echter nu is de open verbinding met het ARK gemaakt (via de bestaande buis aan de zuidwestzijde of via het bassin). Er zijn twee grote verschillen ten opzichte van de situatie met gemaal.

Ten eerste: het ARK is in het model gemodelleerd met een hoogwaterpeil van NAP -0,10 m; de afvoercapaciteit is door de open verbinding zeer groot, maar het peil van het ARK waarop de Sluisbuurt afwatert is hoger dan het aan-/afslagpeil van het gemaal (NAP -0,40/-0,50 m). Het tweede aspect is dat het niet zinnig zou zijn, als het water dat vanuit het ARK binnenstroomt verderop weer door het gemaal wordt uitgepompt; dit rondpompen van water kost veel energie en is niet duurzaam.

Daarom is de vraag of er een vorm van een noord-zuidscheiding nodig is. Er is zowel gerekend met een dichtgezette duiker onder de inrit Pietheintunnel (gedeeltelijke noord-zuidscheiding) als een

volledig noord-zuidscheiding (waarbij zowel de duiker inrit Pietheintunnel als de duikers onder de IJburglaan worden dichtgezet). "Dichtzetten" kan bij voorkeur met een (tijdelijke) stuw die hoog wordt ingesteld.

Uit de berekeningen blijkt, dat er bij het normale ARK-peil van NAP -0,40 m en een volledig open verbinding nauwelijks water wordt rondgepompt. Het water kan via twee uitgangen wegstromen van het eiland en dit is robuuster en minder storingsgevoelig. Mocht het gemaal falen, dan kan het volledige eiland nog steeds onder vrij verval afwateren op het ARK.

Bij de berekening met een maatgevend ARK-peil van NAP -0,10 m en een deels open verbinding wordt er echter water rondgepompt, dat via Sportheldenbuurt en Baaibuurt Oost het gemaal kan bereiken. In die situatie bereikt de Baaibuurt een waterstand van NAP +0,00 m. Deze stand voldoet weliswaar aan de NBW-normen maar is hoger dan bij een volledige noord-zuidscheiding waarbij alleen de Baaibuurt op het gemaal afwatert, zodat er een onnodige verslechtering optreedt ten opzichte van die situatie. Daarbij dient de kanttekening gemaakt te worden dat de herhalingsjijd van het ARK-peil van NAP -0,10 m 100 jaar is zodat het rondpompen in praktijk nauwelijks voor zal komen en geen knelpunt is.

Bij de volledige noordzuidscheiding kan de Baaibuurt veel beter drooggehouden worden met het gemaal en wordt een waterpeil van NAP -0,20 m berekend (zie Figuur 14). In het noorddeel wordt dan een waterpeil van NAP -0,05 m berekend; dit is slechts 5 cm hoger dan het hoogwater-ARK-peil en geeft aan dat er weinig verhang is en er een zeer hoog debiet afstroomt.

Het advies is om bij de instelling van een open ARK-verbinding ook een volledige noord-zuidscheiding in te stellen met (tijdelijke) stuwen. De redenen hiervoor zijn:

- De meest kwetsbare buurt (Baaibuurt) heeft in de T=100-situatie de grootste veiligheid;
- Een eenduidige waterhuishouding met (tijdelijk) twee peilvakken.

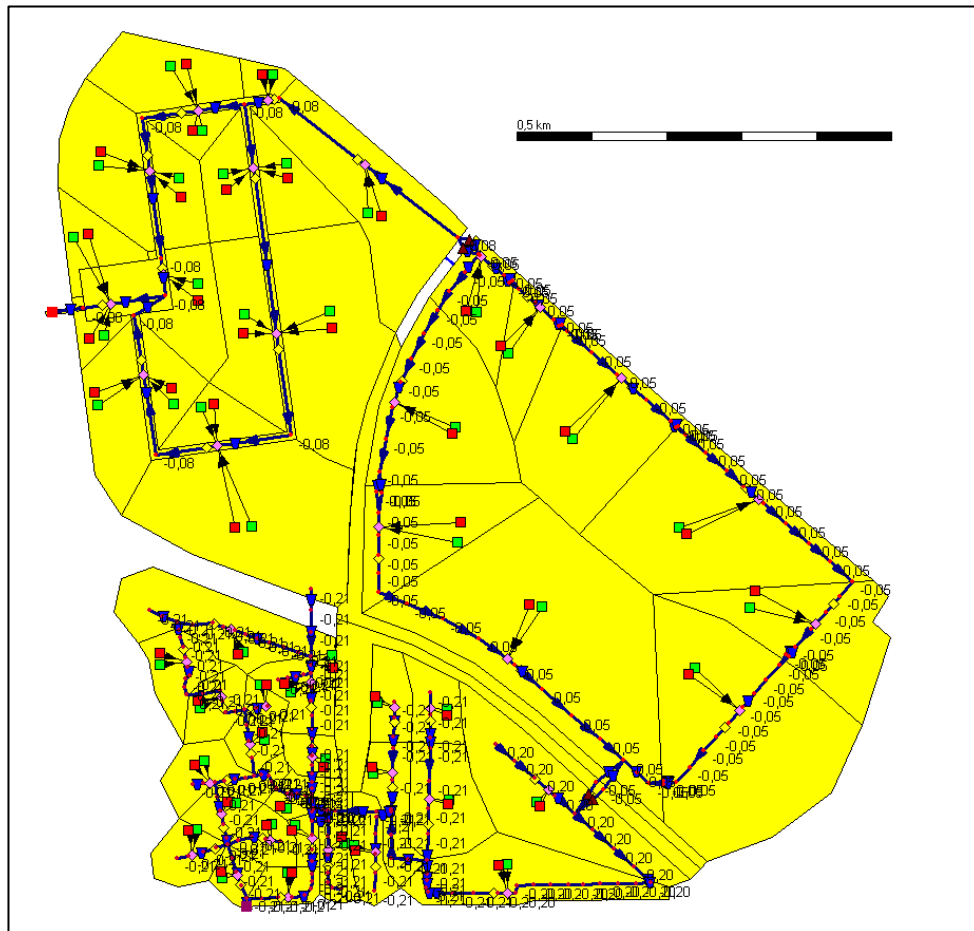
Het voorkomen van rondpompen van water is hier niet als reden vermeld omdat dit nauwelijks voor zal komen.

De noord-zuidscheiding dient als volgt te gebeuren:

- Om toch profijt te hebben van tweezijdige afstroming (zowel naar ARK als gemaal) en storingsongevoeliger te zijn, kunnen de (tijdelijke) afsluitende stuwen worden ingesteld op een noodoverstort-peil van NAP +0,00 m. Faalt het gemaal, dan kan het water altijd nog afstromen vanuit de Baaibuurt via de noordzijde naar het ARK.
- De duikerverbinding onder de Zuiderzeeweg (knelpunt 1 uit Tabel 5) moet vergroot worden tot minimaal 1.000 mm diameter, opdat het water van Baaibuurt Oost goed kan afstromen naar het gemaal in de Baaibuurt West.
- De duiker in de Baaibuurt West vlak voor het gemaal (knelpunt 3 uit Tabel 5) moet vergroot worden tot 1.000 mm diameter, opdat het water goed naar het gemaal kan stromen.

Bij dit scenario wordt ruim aan de NBW-norm voor bebouwd gebied voldaan. De waterstanden blijven ruim onder het laagste maaiveldniveau van NAP +0,3 m in de Baaibuurt. De hoogste waterstanden stijgen circa 6 cm ten opzichte van de huidige situatie waardoor in de Baaibuurt een lichte toename van wateroverlast ervaren kan worden. Door de duikers te vergroten en watergangen goed op te schonen zal de wateroverlast in praktijk juist afnemen. In de Sluisbuurt en Sportheldenbuurt stijgt het waterpeil ten opzichte van de huidige situatie, maar deze gebieden

zijn inmiddels ontwikkeld/opgehoogd (laagste maaiveld op NAP +0,6 m) zodat dit geen knelpunt is.



Figuur 14 Scenario 2018 met gemaal en ARK, maximaal optredende waterstanden in m NAP

Ten slotte is onderzocht hoe groot het debiet is dat afstroomt naar het ARK. Als eerste indicatie is de maatgevende gebiedsafvoer van $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ voor Zeeburgereiland gehanteerd. Aangezien aan de ene kant van het eiland het gemaal uitmaakt (naar het IJmeer) met een maximale capaciteit van $0,123 \text{ m}^3/\text{s}$, is aangenomen dat er door het andere afstroompunt (ARK) nog de resterende $0,087 \text{ m}^3/\text{s}$ mag afstromen, zodat het effect op de omringende watersystemen beperkt is.

Geconstateerd is dat deze afvoer een klein deel van de tijd (4% van de tijd van de gehanteerde acht neerslaggebeurtenissen) overschreden wordt, in een aantal afzonderlijke korte pieken. Ruim 96% van de doorgerekende tijd blijft de afvoer hier ruim onder, met een gemiddelde afstroming van $0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ naar het ARK. Na doorrekening van de volledige tijdreeks van ruim 100 jaar zal het overschrijdingspercentage naar verwachting nog iets dalen en zal het debiet slechts circa 5 uren per jaar overschreden worden.. De resultaten kunnen vervolgens worden besproken met het bevoegd gezag Rijkswaterstaat. RWS dient op deze sporadische overschrijdingen goedkeuring te verlenen.

Bij de uitstroompunten van duikers in de hoofdafvoerroute en bij de afstroompunten gemaal en ARK kunnen de stroomsnelheden lokaal te hoog zijn (groter dan 0,3 m/s). Op die locaties is een bodem-/oeverbescherming nodig.

Hoewel er niet mee gerekend is, is het ook in deze fase gunstig om water vast te houden op de kavels. Dit betekent lagere maatgevende waterstanden, een lager afvoerdebiet naar het ARK en een betere bestendigheid van het gebied tegen extreme neerslag (Rainproof). Het advies is het vasthouden van water (60 mm) en vertraagde afvoer mee te nemen in de bouwveloppen.

6.4 Scenario 2022 met ARK en gemaal

In dit scenario is het hele Zeeburgereiland ontwikkeld: Sluisbuurt, Bedrijvenstrook en beide Baaibuurt. Voor de Baaibuurt is oppervlaktewater (watercompensatie) toegevoegd ter grootte van 10% van de verhardingstoename. De Sluisbuurt heeft een open verbinding met het ARK, terwijl het gemaal in de Baaibuurt in stand blijft. Om rondpompen van water te voorkomen, is er conform het scenario "2018 met ARK en gemaal" een noord-zuidscheiding gemaakt.

In het model wordt een maximale $T=100$ -waterstand berekend van NAP -0,01 m in het noorddeel en NAP -0,19 m in het zuiddeel (zie Figuur 15). Na de ontwikkeling en ophoging van de buurten is het laagste maaiveld het oostdeel van de IJburglaan met een maaiveldhoogte van NAP +0,6 m. Hieraan wordt getoetst. De conclusie is dat het eiland ruim voldoet aan de NBW-normen.

De waterstand is in de Baaibuurt circa 8 cm hoger dan in de huidige situatie, maar omdat de buurt is ontwikkeld en opgehoogd is dit geen knelpunt. Ook voor het noorddeel geldt dat er zowel een waterstijging is als een opgehoogd maaiveld. Aandachtspunt is dat daadwerkelijk integraal wordt opgehoogd per buurt, zonder dat er laagste maaivelden blijven liggen, zie ook "laagste maaiveldhoogten" in bijlage 1.

Om in praktijk wateroverlast te voorkomen, moeten de grootste hydraulische knelpunten verbeterd worden. We gaan ervan uit dat inmiddels alle knelpuntsduikers uit Tabel 5 zijn vergroot tot minimaal 1.000 mm diameter.



Figuur 15 Scenario 2022 met ARK en gemaal, maximaal optredende waterstanden in m NAP

Het maximale debiet dat afstroomt naar het ARK wordt nog steeds bepaald door de combinatie van de twee afstroompunten: gemaal en ARK. Ook hier geldt dat de maatgevende gebiedsafvoer een klein deel van de tijd (5% van de tijd van de gehanteerde acht neerslaggebeurtenissen) overschreden wordt, in een aantal afzonderlijke korte pieken. De overschrijdingsduur is iets groter dan in het scenario "2018 met ARK en gemaal", omdat het verharde oppervlak van de Bedrijvenstrook erbij is gekomen. Ruim 95% van de tijd blijft de afvoer hier ruim onder. Na doorrekening van de volledige tijdreeks zal dit naar verwachting afnemen tot tussen de 5 en 10 uren overschrijding per jaar. Dit punt moet verder worden besproken met Rijkswaterstaat.

6.5 Scenario 2025 alleen ARK (eindbeeld)

Dit scenario toont het eindbeeld. Het gehele Zeeburgereiland is ontwikkeld en heeft een vernieuwd watersysteem gekregen. Het gemaal is opgeheven en het hele eiland watert af op het ARK. Hiervoor zijn de duikerverbindingen onder de inrit Pietheintunnel en onder de IJburglaan cruciaal. Het uitgangspunt is dat de duiker onder de inrit Pietheintunnel reeds is vergroot tot 1.000 mm diameter in het scenario "2018 met gemaal"; de huidige 2 x Ø 600 mm-duiker onder de IJburglaan kan worden gehandhaafd. Op deze manier zijn er twee afvoermogelijkheden van de Baaibuurt richting het ARK en is het systeem robuust bij een calamiteit.

De maximaal optredende T=100-waterstand is NAP +0,04 m en treedt op in de Baaibuurt Oost (zie Figuur 16). Er is in totaal 8 cm verhang richting het uitstroompunt bij het ARK, waar het waterpeil NAP -0,04 m is. Deze waterstanden zijn tot 0,3 m hoger dan in het huidige scenario. Dit komt omdat het gemaal (met aan-/afslagpeil NAP -0,40/-0,50 m) is opgeheven en is vervangen door een open verbinding met het ARK (met maatgevend waterpeil van NAP -0,1 m). Echter het eiland is inmiddels opgehoogd, waarbij de laagste maaivelden 0,4 m hoger zijn komen te liggen en de drooglegging bij T=100 jaar per saldo toeneemt.

Het nieuwe systeem is robuuster: de afwatering kan altijd onder vrij verval naar het ARK plaatsvinden en de afwateringscapaciteit is vrijwel onbeperkt. Men is niet meer afhankelijk van de werking van het gemaal en eventuele storingen of calamiteiten.

Voor het eindbeeld is vervolgens de volledige eeuwreeks met neerslagwaarden per uur doorgerekend. Dit is nodig om een statistische bepaling te doen van de T=100-jaar-waterstand die optreedt en die nodig is voor de formele NBW-toetsing. Het is namelijk goed mogelijk dat de grootste bui die valt in de periode van 100 jaar, een herhalingstijd heeft die groter of kleiner is dan 100 jaar; deze bui hoeft dus niet representatief te zijn voor die eeuw en louter doorrekening van de bui is onvoldoende. Ook kan de doorgerekende bui weliswaar meteorologisch een bepaalde herhalingstijd hebben, maar zorgt de duur van de bui misschien niet voor een T=100-waterstand in het specifieke watersysteem, omdat dat juist reageert op korte buien óf misschien juist op langere buien.

Dit is ondervangen door een statistische Gumbel-analyse voor het watersysteem Zeeburgereiland. De T=100-waterstand blijkt op het meest bovenstroomse punt in de Baaibuurt Oost NAP +0,11 m te zijn. In de zuidwesthoek van de Sportheldenbuurt is de T=100-waterstand NAP +0,05 m. Deze waarden liggen dus hoger dan is berekend met de "acht maatgevende buien". Nader onderzoek leert dat dit komt door kortstondige extreme buien. De hoogste waterstand in de rekenperiode wordt veroorzaakt door een kortstondige wolkbreuk op 13 juni 1953, waarbij ruim 50 mm neerslag in 1 uur viel (waarop in het model tevens klimaattoeslag is toegepast). De hoge waterstanden die resulteren worden meegeteld in de bepaling van de statistische T=100-waterstand. De conclusie is dan ook dat het watersysteem Zeeburgereiland sterk reageert op kortstondige extreme buien, omdat het een klein watersysteem is waarin een snelle peilstijging kan plaatsvinden. Vanwege de beperkte omvang is er weinig verhang tussen het bovenstroomse punt en het afstroompunt en stijgt het waterpeil in alle deelgebieden. Een grote bui zal in circa 1 tot 3 uur afgevoerd zijn naar het ARK, zodat het water ook snel weer zakt. In bijlage 3 zijn de berekeningsresultaten van de eeuwreeks vermeld (inclusief Gumbelanalyse).

Na de ontwikkeling is het laagste maaiveld de IJburglaan-oost met een maaiveldhoogte van NAP +0,6 m. Hieraan wordt getoetst. De conclusie is dat het eiland bij de T=100-waterstand van NAP +0,11 m ruim voldoet aan de NBW-normen.

Aandachtspunt is dat daadwerkelijk integraal wordt opgehoogd per buurt, zonder dat er laaggelegen delen overblijven. Hierin dient in de fasering rekening gehouden te worden. Mochten er toch lage maaivelden blijven liggen, dan is de te treffen maatregel afhankelijk van de gebruiksfunctie. Ophogen is niet altijd mogelijk en de maatregel dient met de gebruikers besproken te worden. Zie ook bijlage 1 "laagste maaiveldhoogten" voor een inventarisatie van mogelijke probleemlocaties.

Het maximaal afstroomdebiet op het ARK is in deze situatie gesteld op $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ waarbij het hele eiland afwatert op het ARK. Dit debiet wordt een klein deel van de tijd (3% van de tijd van de neerslaggebeurtenissen) overschreden. Gedurende 97% van de tijd blijft het afstroomdebiet hier (ruim) onder. Naar verwachting gaat dit na doorrekening van de volledige tijdreeks van een eeuw om circa 500 uur overschrijding per eeuw en 5 uur per jaar (0,05% van de tijd). De situatie is gunstiger dan in de tussenscenario's.



Figuur 16 Scenario 2025 ARK (eindbeeld), maximaal optredende waterstanden in m NAP

6.5.1 Extra scenario's bij het eindbeeld

Als extra scenario's bij het eindbeeld zijn onderzocht:

- Het gehele ontwikkelde eiland blijft afwateren op het gemaal zonder ARK-verbinding;
- Het watersysteem van de oksels bij de afritten A10 wordt aangesloten op de watergangen van de Baibuurt Oost;
- Er is een hoogwatersituatie in het ARK en de deur tussen ARK en Sluisbuurt wordt tijdelijk gesloten.

Het eerste extra scenario onderzoekt of het geheel ontwikkelde eiland eventueel op het gemaal zou kunnen blijven zónder ARK-verbinding (modelrun #17). Dit is een terugvaloptie die rekening

houdt met het (kleine) risico dat de ARK-verbinding niet wordt gerealiseerd. Het gemaal maalt dan met het huidige aan-/afslagpeil van NAP -0,4/-0,5 m (in plaats van dat gerekend wordt met het verhoogde ARK-peil van NAP -0,1 m als afwateringsbasis). De hoogst berekende waterstand is NAP -0,03 m en dit zou weliswaar voldoen aan de NBW-normen, maar de stijging van het waterpeil ten opzichte van de afwateringsbasis is zeer groot (orde-van-grootte 40 cm waar dat bij de ARK-verbinding slechts 10-15 cm is). Het huidige gemaal heeft (in combinatie met het toekomstige oppervlaktewatersysteem) dus in theorie voldoende capaciteit om een volledig ontwikkeld Zeeburgereiland te bemalen, maar het systeem is kwetsbaar voor fluctuaties in het waterpeil bij natte perioden en zou ook niet gaan voldoen aan de uitgangspunten voor verhang/opstuwing. Het is dus niet verstandig om het hele ontwikkelde eiland te laten afwateren op het huidige gemaal van Waternet/AGV, tenzij het gemaal vervangen en uitgebreid zou worden (en eventueel verplaatst). Indien de ARK-verbinding er onverhoopt niet komt, is het advies om het gemaal te vervangen en de gemaalcapaciteit uit te breiden.

Ook is het scenario berekend waarin het watersysteem van de oksels afritten A10 wordt aangesloten op de meest oostelijke watergang van Baaibuurt Oost (modelrun #22). Het watersysteem oksels-A10 is circa 11,8 ha groot. In het eindbeeld bestaat het uit 5,2 ha verhard oppervlak, 6,2 ha onverhard oppervlak en 0,4 ha water. De okselwaterpartijen staan in dit scenario in verbinding met de andere watergangen en dragen bij aan de waterberging; er is echter relatief weinig water in dit deelgebied, zodat de vraag opkomt wat het extra aangesloten verhard oppervlak voor effect heeft op het totale watersysteem Zeeburgereiland. Het maximale waterpeil blijkt één centimeter te stijgen, van NAP +0,04 m naar NAP +0,05 m in de Baaibuurten. Het effect is klein en er wordt nog steeds aan de NBW-normen voldaan. Het initiatief ligt bij het project waterkeringen om de verschillende opties te onderzoeken, voordat eventueel wordt aangesloten op het hoofdwatersysteem Zeeburgereiland.

Ten slotte is onderzocht wat er gebeurt bij een hoogwatersituatie in het ARK (modelrun #21). Het idee is dat de deur tussen ARK en Sluisbuurt dan tijdelijk wordt gesloten. Deze deur bevindt zich in de waterkering die in 2022 een secundaire status krijgt; de waterkering moet afsluitbaar zijn bij hoogwater. Voor de acht grootste buien van de eeuwreeks is gemodelleerd dat de deur tijdens de piek van de bui één week gesloten blijft. Alle neerslag van het Zeeburgereiland wordt dan geborgen in de watergangen, waardoor het waterpeil stijgt. Het berekende maximale waterpeil is circa NAP +0,47 m bij de grootste bui. Als in de eindsituatie de laagste maaivelden op NAP +0,6 m liggen, overstromen de maaivelden net niet en wordt nog steeds aan de NBW-norm voldaan; er kan echter sprake zijn van wateroverlast door drassigheid en hoog grondwater. Deze situatie is zo uitzonderlijk en komt zo weinig voor dat de wateroverlast acceptabel is; het advies is hiervoor geen noodgemaal aan te leggen. Aandachtspunt is ook dat alle maaivelden minimaal op NAP +0,6 m worden gelegd. Verder is door Waternet een kanttekening gemaakt bij het hoogwaterpeil in het ARK. Een aantal waterkeringen langs het ARK ten zuiden van het Zeeburgereiland overstroomt reeds bij hoogten van circa NAP +0,0 m. In die situatie stroomt het water de polders in en is de kans klein dat het ARK-peil veel hoger komt dan NAP +0,0 m. Bij een open verbinding zou het Zeeburgereiland dus weinig risico lopen en kan de deur wellicht open blijven.

7 Conclusies en advies oppervlaktewatersysteem

De conclusies en adviezen voor het oppervlaktewatersysteem zijn als volgt:

- Alle doorerekende scenario's voldoen aan de NBW-normen voor bebouwd gebied; de scenario's voldoen dus uit het oogpunt van waterkwantiteit.
- Waterafvoer is zowel mogelijk naar het ARK, naar het gemaal of naar een combinatie van beiden; in het laatste geval is een tijdelijke noord-zuidscheiding nodig om rondpompen van water te voorkomen.
- In de tussenscenario's (tot het eindbeeld) kan een lichte toename van wateroverlast worden ervaren in de Baaibuurt vanwege een waterstijging van 6 à 8 cm; de wateroverlast neemt af wanneer de buurt wordt ontwikkeld en opgehoogd. Het advies is om waterneutrale kavels te maken in de Sluisbuurt om een verslechtering in de Baaibuurt te voorkomen.
- In de ontwikkelde en opgehoogde buurten neemt de NAP-waterstand toe ten opzichte van de huidige situatie; echter de laagste maaiveld komen dermate hoger te liggen, dat de drooglegging in een T=100-situatie per saldo verbetert.
- Aandachtspunt is dat daadwerkelijk integraal wordt opgehoogd per buurt, zonder dat er laaggelegen delen overblijven. Grofweg gaat het om maaivelden die lager liggen dan NAP +0,20 m in de scenario's voor 2018 en die lager liggen dan NAP +0,60 m in een volledig ontwikkeld Zeeburgereiland (scenario's 2022 en 2025). Hierin dient in de fasering rekening gehouden te worden.
- Mochten er toch lage maaivelden blijven liggen, dan is de te treffen maatregel afhankelijk van de gebruiksfunctie. Er kan een lichtere toetsingsnorm gelden (parken, tuinen), er kan een technische maatregel worden getroffen (ophogen) of de gebruiksfunctie kan worden aangepast/verplaatst. Dit dient met de gebruikers besproken te worden. In bijlage 1 "laagste maaiveldhoogten" staat een inventarisatie van mogelijke probleemlocaties en oplossingsrichtingen.
- Het watersysteem Zeeburgereiland is relatief klein en peilstijgingen treden daarom vooral bij kortdurende piekbuien. In het eindbeeld wordt het hemelwater in slechts 1 tot 3 uur afgevoerd naar het ARK.
- De grootste hydraulische knelpunten dienen opgelost te worden; dit gaat om een aantal duikervergrotingen met speciale aandacht voor de verbindingen tussen de buurten. Een andere benodigde maatregel is het opschonen/maaien/baggeren van sterk begroeide en ondiepe watergangen; dit is een kosteneffectieve maatregel om de opstuwung te verkleinen. In Tabel 7 is per scenario chronologisch weergegeven wat er moet gebeuren. Het advies is de duikervervanging mee te koppelen met de omliggende wegenprojecten (waaronder de renovatie van de Piet-Heintunnel in 2018); veel duikers liggen namelijk onder de aangrenzende wegen en niet zozeer in de ontwikkelgebieden.
- Het oplossen van de hydraulische knelpunten in het eindbeeld is nodig om een voldoende robuust watersysteem te hebben, met tweezijdige afstroming richting het afstroompunt.

- Alle nieuwe duikers in primaire watergangen dienen een diameter van minimaal 1.000 mm te hebben, of twee duikers van Ø 750 mm als de aanliggende watergang ondiep is en men inspoeling van grond wil voorkomen. De nieuwe 95 m lange duiker aan de zuidwestzijde van de Sluisbuurt, moet groter worden met minimaal Ø 1.200 mm (of twee duikers Ø 900 mm).
- Hoewel hij hydraulisch geen problemen geeft, is de geplande 95 m lange duiker aan de zuidwestzijde van de Sluisbuurt voor Waternet/AGV ongewenst vanwege de lengte; deze is niet gunstig voor de robuustheid, onderhoudbaarheid, waterkwaliteit en ecologie; de Keur AGV staat een maximale duikerlengte van 30 m toe en afwijkingen moeten de goedkeuring hebben van het bestuur van AGV.
- Het advies is om het hydraulisch model Zeeburgereiland een jaarlijkse update te geven. Daarin worden de meest recente plannen meegenomen, inclusief de afmetingen van duikers en watergangen.
- Bij de in-/uitstroompunten van duikers in de hoofdwatergangen en bij de afstroompunten gemaal en ARK zijn de stroomsnelheden naar verwachting te hoog (groter dan 0,3 m/s). Op die locaties is een bodem-/oeverbescherming nodig.
- Hoewel er niet mee is gerekend, is het gunstig om water vast te houden op de kavels (waterneutrale kavels). Voor de Sluisbuurt worden waterneutrale kavels geadviseerd om een tijdelijke verslechtering in de Baaibuurt te voorkomen, op het moment dat het hele eiland nog afwatert op het gemaal. Waterneutrale kavels betekent lagere maatgevende waterstanden, een lager afvoerdebiet naar het ARK en een betere bestendigheid van het gebied tegen extreme neerslag (Rainproof). Het advies is het vasthouden van water (60 mm) en vertraagde afvoer mee te nemen in de bouwenveloppen van de ontwikkelgebieden.
- Het afvoerdebiet naar het ARK wordt in het eindbeeld een klein deel van de tijd (3% van de tijd van de gehanteerde acht neerslaggebeurtenissen) overschreden, in een aantal afzonderlijke korte pieken. Na doorrekening van de volledige tijdreeks van een eeuw gaat dit naar verwachting om circa 5 uur overschrijding per jaar (0,05% van de tijd). Dit punt dient verder besproken te worden met Rijkswaterstaat.
- Mocht de ARK-verbinding er onverhoopt niet komen, dan levert afwatering van het hele ontwikkelde Zeeburgereiland op het huidige gemaal een kwetsbaar watersysteem op met forse peilstijgingen bij kortdurende neerslag en een groot verhang. Gemaaluitbreiding en –vervanging is dan het advies.
- De huidige plannen voldoen aan de Keurregels AGV van 10% watercompensatie bij verhardingstoenames en volledige watercompensatie bij dempingen. De Keur biedt ook de mogelijkheid om een deel van de waterberging als “alternatieve waterberging” te realiseren op de kavels, in plaats van oppervlaktewater. Als de plannen onverhoopt veranderen waardoor niet meer aan de Keurregels voldaan zou worden, dan dient te worden getoetst of het watersysteem aan alle andere eisen voldoet; alleen bij een positief resultaat kan bij het bestuur van AGV vroegtijdig toestemming worden gevraagd voor een afwijking van de genoemde Keurregels en de vergunning van het watersysteem.
- Het advies is voor het gehele Zeeburgereiland een waterbergingsboekhouding bij te houden, opdat er tijdens de diverse ontwikkelingen overzicht blijft van waterdempingen, waterrealisatie en verhardingstoenames.

- Als vervolgstap dient het watersysteem zodanig ontworpen en ingericht te worden, dat wordt voldaan aan de eisen van waterkwaliteit, ecologie, waterbouwkundige eisen zoals golfslag door schepen in het ARK en indien gewenst zwemwater. Dit valt buiten het voorliggende onderzoek. Naar deze aspecten is nader onderzoek nodig.

Tabel 7 Samenvatting advies voor maatregelen in het watersysteem

scenario	Benodigde maatregelen in het watersysteem
Huidig-2016	Opschonen/maaien/baggeren sterk begroeide watergangen.
2018 met gemaal	Advies om waterneutrale kavels te maken in de Sluisbuurt. Knelpuntsduikers nr 2, 3, 4 en 5 (zie Tabel 5) vergroten tot Ø 1.000 mm of vervangen door een watergang. Dit betreft de duiker onder de inrit Pietheintunnel, twee duikers in de Sluisbuurt een duiker in Baaibuurt West.
2018 met ARK en gemaal	- Volledige noord-zuidscheiding instellen met (tijdelijke) stuwen. - Knelpuntsduiker nr 1 en 6 (zie Tabel 5) vergroten tot Ø 1.000 mm. Dit betreft de duiker onder de Zuiderzeeweg tussen Baaibuurt Oost en Baaibuurt West.
2022 met ARK en gemaal	Geen extra maatregelen, mits de bovenstaande maatregelen reeds zijn getroffen.
2025 alleen ARK (eindbeeld)	De noord-zuidscheiding opheffen door de verbindingen open te maken.

8 Bronvermelding

[1] Stedenbouwkundig Plan Sluisbuurt en plank kaart, Concept 8 november 2016, Gemeente Amsterdam Ruimte & Duurzaamheid.

[2] Keur, keurbesluit en beleidsregels, de regels van AGV voor een veilig en gezond watersysteem, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), 13 oktober 2011.

[3] Beleidsregels Keurvergunningen, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), 25 oktober 2011 en herzien 2013.

[4] Notitie uitgangspunten bij een hydraulische analyse, Waternet, auteur R.J. Tijsen, 21 november 2012.

[5] Dictaat Hydrologie, Universiteit Twente, februari 1993, vakcode 224010.

[6] Maatgevend hoogwater voor Houthavens, Ingenieursbureau Amsterdam, projectnummer 125447, 24 april 2002.

[7] AHN-2, Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl, geraadpleegd juli 2016.

[8] Grondwatertoets en benodigde maaiveldhoogte Sluisbuurt, Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau, 26 juli 2016 (versie 2), kenmerk 29800019.

[9] Grondwatertoets bedrijvenstrook, Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau, 22 december 2015, kenmerk 191783.

[10] Meteobase, www.meteobase.nl, toetsingsdata voor WH2050 voor regio H, tijdsreeks gedownload in juni 2016.

[11] Beheer- en onderhoudsovereenkomst waterkeringen en watergangen Zeeburgereiland, gemeente Amsterdam en waterschap Amstel, Gooi en Vecht, 1 juli 2014.

[12] Proces-verbaal van opname waterkeringen noord- en oostzijde Zeeburgereiland, 16 november 2015, gemeente Amsterdam en Waternet.

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Modelopbouw

Hieronder worden de uitgangspunten en methodiek van het SOBEK oppervlaktewatermodel beschreven. Het is een onderbouwing van de belangrijkste uitgangspunten zoals beschreven in Tabel 4.

Inventarisatie watersysteem

Uit een "quickscan" van het watersysteem is gebleken dat de beschikbare data niet overal up to date is. Daartoe is besloten het gehele watersysteem te inventariseren (zomer 2015). Hierbij zijn dwarsprofielen en kunstwerken gemeten en is de onderhoudsstatus bepaald. De dikte van de sliblaag op de bodem van de watergang, uitspoeling en begroeiing zijn enkele factoren die een rol spelen in bepaling van de onderhoudsstatus. De onderhoudsstatus is van belang bij het bepalen van de weerstandswaarde van de watergang.

Bij watergangen zijn de volgende waarden gemeten:

- a Breedte watergang op waterlijn [m];
- b Diepte watergang tot harde bodem [m NAP];
- c Diepte watergang tot zachte bodem [m NAP];
- d Talud en/of beschoeiing [1:.. of m NAP];
- e Globale maaiveldhoogte [m NAP].

Bij kunstwerken zijn de volgende waarden gemeten:

- a Breedte kunstwerk of diameter kunstwerk [m];
- b Binnenkant onderkant kunstwerk [m NAP];
- c Binnenkant bovenkant kunstwerk [m NAP];
- d Lengte van het kunstwerk [m];
- e Materialisatie.

Bij het bepalen van de onderhoudsstatus zijn de volgende factoren in beschouwing genomen:

- a Mate van begroeiing (slib);
- b Mate van oeverbegroeiing;
- c Verkleining van het doorstroomprofiel;
- d Het onderwatertalud (voor zover zichtbaar);
- e Obstakels.

Modelopbouw

Netwerk

Het netwerk is opgebouwd in SOBEK-rural, versie 2.14.001 van Delft Hydraulics Software. Hierin zijn de watergangen, duikers, kunstwerken en uitstroompunten gemodelleerd. Deze worden met

1D-flow (rural) uitgerekend. Er is gebruik gemaakt van Rainfall Runoff Module om de afwatering vanaf verharde en onverharde oppervlakken te simuleren.

Instellingen ("settings")

SOBEK is zodanig ingesteld, dat bij elke tijdsstap een interactie plaatsvindt tussen SOBEK-rural en Rainfall runoff Module. De tijdsstap is ingesteld op 1 uur, gelijk aan het tijdsinterval van de neerslag-invoerdata. Bij aanvang van elke neerslaggebeurtenis is het initiele waterpeil in de interne watergangen gelijk aan het streefpeil: NAP -0,40 m.

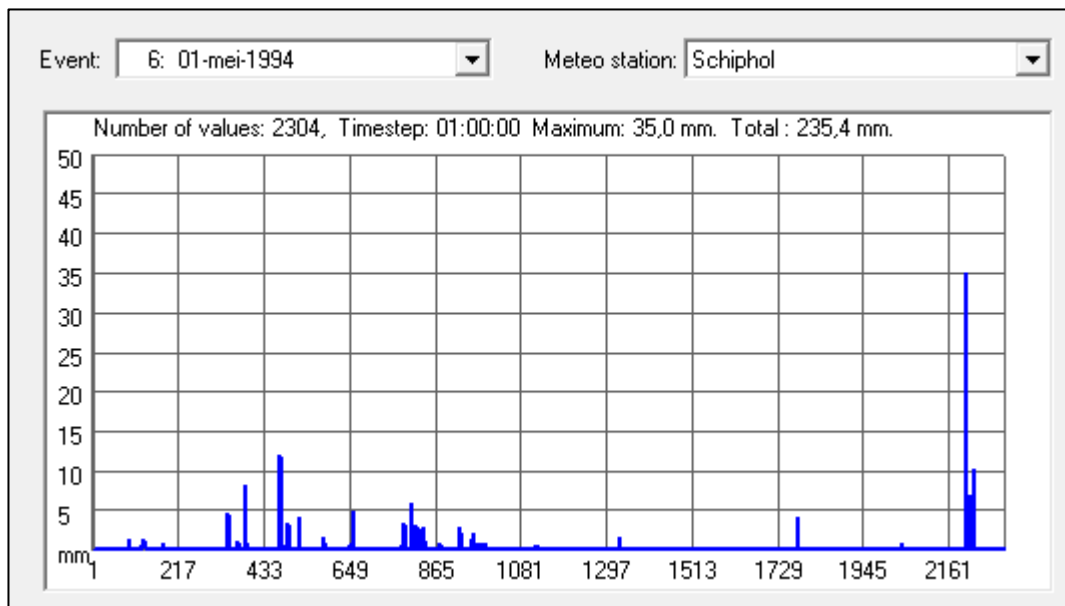
Neerslagdata ("meteorological data")

Er zijn in eerste instantie acht maatgevende neerslaggebeurtenissen doorgerekend. Dit zijn zeven maatgevende gebeurtenissen uit de periode 1903-2006 zoals aangegeven door Waternet, met hoge totale neerslagvolumes en meerdere extreme pieken, aangevuld met de neerslaggebeurtenis zomer-2014. De gemeten neerslag betreft uurwaarden van meteostations in West-Nederland. Op de neerslagreeksen afkomstig uit bron [10] is een klimaattoeslag toegepast voor het scenario WH2050 voor de neerslagregio H (waarin Amsterdam valt). Deze neerslaggebeurtenissen leveren een hoogste waterstand op, die een eerste benadering vormt van de T=100-waterstand. Vervolgens is een volledige NBW-toetsing gedaan waarin de gehele neerslagreeksen 1906-2014 met toepassing van klimaattoeslag is doorgerekend en heeft er een statistische Gumbel-analyse plaatsgevonden. Het resultaat is de statistische T=100-waterstand. De acht maatgevende buien zijn vermeld in Tabel 8 waarbij gezorgd is voor een ruime aanlooptijd voordat de neerslagpieken optreden. Als voorbeeld is in Figuur 17 de neerslaggebeurtenis van mei-juli 1994 weergegeven.

Tabel 8 Acht maatgevende neerslaggebeurtenissen in periode 1903-2014

periode	Aantal dagen	Totaal (mm)	Gemiddeld (mm/dag)	Maximum (mm/uur)
1-aug-1912 t/m 15-sept-1912	46	320	7,0	20
2-aug-1963 t/m 6-sept-1963	36	236	6,6	22
24-juni-1966 t/m 6-aug-1966	44	192	4,4	10
19-juli-1974 t/m 8-okt-1974 ⁶	82	302	3,7	25
1-juli-1987 t/m 3-aug-1987	34	163	4,8	22
1-mei-1994 t/m 4-aug-1994	96	235	2,4	35
1-juni-2002 t/m 8-aug-2002	69	232	3,4	23
1-juni-2014 t/m 31-juli-2014	61	168	2,8	29

⁶ De geboortedag van de auteur (6 september 1974) valt in deze regenachtige periode. Gelukkig werd hij niet geboren op een meteostation.



Figuur 17 Neerslaggebeurtenis mei-aug 1994

Poldergemaal

Het poldergemaal is gelegen aan de zuidzijde van het Zeeburgereiland ter plaatse van De Zuiderdijk en slaat uit op het IJmeer. Het gemaal heeft in het beheersysteem van Waternet nummer 4280 en de capaciteit is 7,4 m³/minuut (twee pompen van elk 3,7 m³/minuut). Dit komt neer op 0,123 m³/s. Bij een totaal te bemalen oppervlak van circa 82 ha is de afvoerfactor 13,0 mm/etmaal. Dit is een afvoerfactor die past bij een landelijk, sterk onverhard gebied (normaliter 14,4 mm/etmaal). Het aan-/afslagpeil is aangehouden op NAP -0,40/-0,50 m (volgens opgave van Waternet).

Doorspoelgemaal

Onderzocht is of er een doorspoelgemaal aanwezig is aan de oostzijde van de Zuiderzeeweg, ter plaatse van het 'Boat Centre'. Na een veldbezoek met de operationeel waterbeheerder van Waternet bleek dat hier geen doorspoelgemaal aanwezig is. Het water stroomt onder vrij verval af door de (zeer kleine) Ø 300 mm-duiker.

Maatgevende waterstand ARK

De maatgevende waterstand op het ARK is besproken met Waternet. Hieruit komt een aan te houden T=100 waterstand van NAP -0,10 m. Dit is te onderbouwen door een tabel met overschrijdingsfrequenties die afkomstig is van Rijkswaterstaat, zie bron [6]. De overschrijdingsfrequenties zijn gebaseerd op een model waarin rekening is gehouden met maatgevende gebeurtenissen, calamiteiten en klimaatverandering. De tabel wordt hieronder weergegeven.

Tabel 9 herhalingstijden daggemiddelde waterstanden Noordzeekanaal, met handhaving van gemaal Zeeburg, zonder toeslagen, Bron: Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, april 2002.

Waterstand in meters t.o.v. NAP (daggemiddelde)	Herhalingstijd (T) in jaren
+0,20	
+0,15	
+0,10	>10000
+0,05	4783
0	707
-0,05	211
-0,10	131
-0,15	47
-0,20	8,6
-0,25	1,8
-0,30	0,25

Uit de tabel volgt dat bij een herhalingstijd van T=100 jaar (relevant voor de NBW-toetsing) de waterstand in het Noordzeekanaal tussen NAP -0,10 en NAP -0,15 m zou kunnen liggen. De waterstand geldt tussen de twee meetpunten Buitenhuizen en Surinamekade. De laatstgenoemde locatie ligt op het KNSM-eiland, direct ten westen van de Sluisbuurt. Opwaaiing is niet significant tussen de twee meetpunten. Het verschil tussen Buitenhuizen en Surinamekade ligt in de gemeten daggemiddelden meest tussen 1 en 2 cm (Surinamekade gemiddeld hogere waterstand dan Buitenhuizen). De maatgevende T=100-waterstand bij de Sluisbuurt kan dus veilig worden aangehouden op NAP -0,10 m.

Daarbij dient aangetekend te worden dat alle neerslaggebeurtenissen (tijdreeks van ruim 100 jaar) hiermee worden doorgerekend, terwijl de ARK-hoogwaterstand maar één keer tijdens deze tijdreeks voor zullen komen; er wordt dus een grote veiligheid ingebouwd.

Laagste maaiveldhoogten

De maaiveldhoogten zijn gebaseerd op hoogtedata van AHN-2 bron [7]. De maaiveldhoogten zijn geclusterd. Hieruit volgt dat het huidige laagste maaiveld in de Sluisbuurt ligt en circa NAP +0,2 m is. Bij ontwikkeling van de Sluisbuurt wordt het laagste maaiveld in de Baaibuurt maatgevend en dit is NAP +0,3 m. Enkele lokale maaivelden liggen lager dan de genoemde waarden; in Figuur 18 worden de locaties aangegeven en in Tabel 11 hoe we daarmee omgaan.

De Sportheldenbuurt is al opgehoogd tot NAP +1,32 (randen) / +2,40 m (centrale deel) zodat de toekomstige maaiveldhoogte gelijk is aan de huidige maaiveldhoogte.

Voor de toekomstige situatie van de Sluisbuurt is uitgegaan van het ophoogadvies van bron [8] en de keuze voor de maaiveldhoogte van NAP +2,1 m zoals vastgelegd in bron [1]. Het huidige maaiveld ligt op het laagste deel op NAP +0,2 m.

In de Bedrijvenstrook moet nog worden opgehoogd; het grootste deel wordt conform het ophoogadvies in bron [9] integraal opgehoogd tot NAP +1,8 m, maatgevend is echter het laagste maaiveld van de Kaap Kotweg met een maaiveldhoogte van NAP +1,4 m.

De toekomstige maaiveldhoogte van de Baaibuurt moet nog worden bepaald en hangt mede af van het te ontwerpen watersysteem. Hiervoor is een aanname gedaan van NAP +1,3 m. De huidige maaiveldhoogte is in sommige delen slechts NAP +0,3 m en dit is maatgevend voor de toetsing aan de NBW-normen bij ontwikkeling van de Sluisbuurt.

De wegen blijven op de huidige hoogte liggen; het laagste punt bevindt zich aan de oostzijde van de IJburglaan en is circa NAP +0,6 m.

Tabel 10 Laagste maaiveldhoogten per buurt

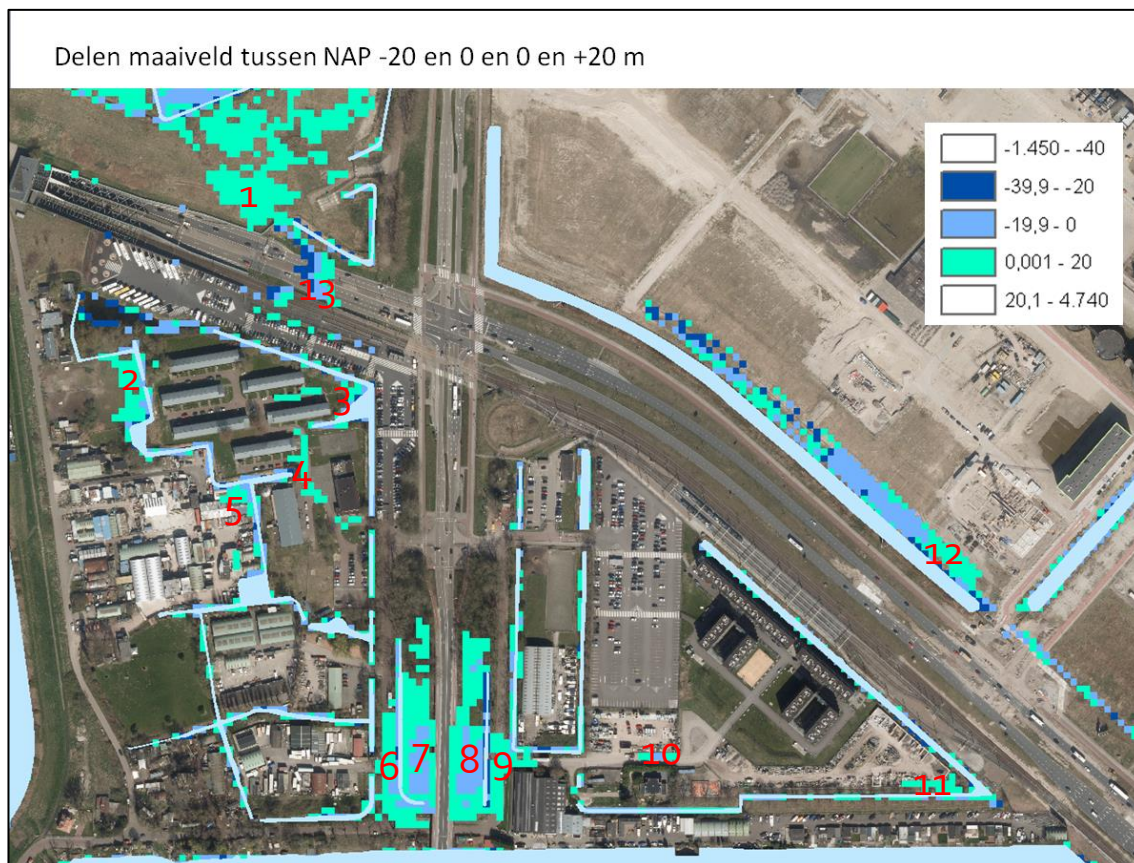
parameter	Gehanteerde methode	Gehanteerde waarde	toelichting
Laagste maaiveldhoogten (voor toetsing NBW)	Laagste maaiveld betreft insteek talud sectie watergang en/of laag gelegen percelen; er is geclusterd zodat enkele maaivelden lokaal lager kunnen liggen. Bij toekomstige ontwikkeling wordt het deelgebied opgehoogd.	- Sluisbuurt huidig/toekomstig: NAP +0,2 / +2,1 m - Spoortheldenbuurt huidig/toekomstig: NAP +1,32 m - Bedrijvenstrook huidig/toekomstig: NAP +0,9 / +1,4 m - Wegen huidig/toekomstig: NAP +0,6 m - Baaibuurt West huidig/toekomstig: NAP +0,3 / +1,3 m - Baaibuurt Oost huidig/toekomstig: NAP +0,3 / +1,3 m	Bij ontwikkeling van de Sluisbuurt is NAP +0,3 m in Baaibuurt maatgevend voor de NBW-toetsing. In het eindbeeld wordt NAP +0,6 m (wegen) maatgevend.

Er zijn twee risico's: laaggelegen terreinen die niet ontwikkeld/opgehoogd worden en lokale maaivelden die lager liggen dan de genoemde (toets)waarden.

Over het eerste risico als volgt. Bij de gefaseerde ontwikkeling bestaat het risico dat terreinen niet kunnen worden aangekocht, dat gebruikerscontracten eerst moeten aflopen of dat wijken nog niet worden ontwikkeld. Deze terreinen blijven (tijdelijk of langdurig) liggen en worden niet opgehoogd. Als ze een laag maaiveld hebben, kunnen ze maatgevend worden in de NBW-toetsing voor heel Zeeburgereiland (er mag immers geen enkel maaiveld overstromen in bebouwd gebied). In dat geval dient er één van de volgende maatregelen te worden getroffen:

- Onderzoeken of het terrein werkelijk tot het "bebouwd gebied" behoort. Voor "grasland", "akkerbouw", "hoogwaardige land- en tuinbouw" of "glastuinbouw" gelden minder strenge NBW-toetsingsnormen; tuinen en parken vallen daar in de regel onder. Als dat het geval is, voldoet de toetsing wellicht wel of kunnen tijdelijke situaties worden geaccepteerd.
- Het terrein wordt opgehoogd op kosten van de gemeente Amsterdam. Vanuit de NBW-toetsing is een ophoging van enkele decimeters vaak al voldoende. Het terrein kan ook geïsoleerd worden van de watergang van waaruit inundatie zou kunnen optreden, door tussen watergang en terrein een drempel/verhoging te maken.
- Wanneer ophoging niet wenselijk is, bijvoorbeeld vanwege deuren en toegangen, dan kan men in gesprek gaan met de eigenaar om te zoeken naar andere technische oplossingen of aanpassing/verplaatsing van de functie. Als dat geen oplossing biedt, is een schikking of schadeloosstelling de laatste optie.

Over het tweede risico melden wij het volgende. Er zijn enkele lokale maaivelden die lager liggen dan de (toetsings)niveaus van Tabel 10. In Figuur 18 zijn de locaties weergegeven en in Tabel 11 het huidige gebruik en de mogelijke maatregel.



Figuur 18 Laagliggende maaivelden (bron: Waternet op basis van AHN-2)

Tabel 11 Laagliggende maaivelden (lager dan NAP +0,2 m)

locatie	Huidig gebruik	Mogelijke maatregel
1 Sluisbuurt, zuidoosthoek	Braakliggend terrein	Gebied wordt integraal opgehoogd
2 Baaibuurt West, Zuiderdijk 44 respectievelijk. 40A	Grasland/vee respectievelijk tuin	Toetsen op "grasland"-norm of ophoging
3 Baaibuurt West, Noordoosthoek van tijdelijke studentenhuysvesting, Zuiderzeeweg 40D	Tuin	Ophogen
4 Baaibuurt West, Tijdelijke studentenhuysvesting, Zuiderzeeweg 30D	Weg	Inundeert niet, want geïsoleerd van de watergangen. Er liggen hogere maaivelden tussen.
5 Baaibuurt West, Terrein van Zuiderzeeweg 36,	Erven met loodsen	Ophogen strook langs watergang, mogelijk lastig vanwege loodstoegangen, dan te bespreken met gebruiker

locatie	Huidig gebruik	Mogelijke maatregel
6 Baaibuurt West, Zuiderzeeweg/ventweg west	Weg	Ophogen
7 Baaibuurt West, Zuiderzeeweg/oksel	Grasveld	Toetsen op "grasland"-norm of ophoging
8 Baaibuurt Oost, Zuiderzeeweg/oksel	Grasveld/vee	Toetsen op "grasland"-norm of ophoging
9 Baaibuurt Oost, Zuiderzeeweg/ventweg oost	Weg	Ophogen
10 Baaibuurt Oost, Zuiderzeeweg ter hoogte van nr 4/6	Weg	Inundeert niet, want geïsoleerd van de watergangen. Er liggen hogere maaivelden tussen.
11 Baaibuurt Oost, zuidoosthoek	Berm of opslagterrein	Nader onderzoeken en eventueel ophogen.
12 Sportheldenbuurt, zuidzijde	Weg	Is inmiddels opgehoogd tot NAP +1,32 m en voldoet.
13 IJburglaan, inrit Pietheintunnel	Tunnelinrit	Niet van toepassing; geïsoleerd van watergangen
Diverse locaties	Taluds watergangen	Niet van toepassing; vormt onderdeel van watergang, geen nevengebruik.

Afstroming en oppervlakken

In Tabel 12 en Tabel 13 zijn de oppervlakken verhard/onverhard/water weergegeven per buurt. Dit is gedaan voor de huidige en toekomstige situatie (eindbeeld) en alleen voor oppervlakken die afwateren naar het binnenwater. De Oostpunt, buitentaluds en het watersysteem bij de oksel A10 wateren af naar het buitenwater (zie Figuur 3) en vallen buiten het model.

In het eindbeeld is het verhardingspercentage toegenomen van circa 17% naar 72%. Hierdoor stroomt er meer neerslag af naar het oppervlaktewater en is er watercompensatie nodig (reeds aangelegd in de Sportheldenbuurt). De watercompensatie is meegenomen door in het model het watersysteem te vergroten van circa 6% naar circa 10% van het bruto-oppervlak.

Tabel 12 Oppervlakken verhard/onverhard/water in de huidige situatie (afwaterend op intern watersysteem)

buurt	oppervlak (ha)			
	Verhard*	onverhard	water	totaal
Sluisbuurt	1,3	25,4	1,0	27,7
Sportheldenbuurt	3,5	21,2	3,3	28,0
Bedrijvenstrook	2,0	4,0	0,0	6,0
Baaibuurt West	3,1	6,5	0,6	10,2
Baaibuurt Oost	3,6	5,9	0,4	9,9
Totaal Zeeburgereiland	13,5	63,0	5,3	81,8

* de aangrenzende hoofdwegen zijn hierin meegenomen door de oppervlakken te verdelen over de buurten, afhankelijk van de afwateringsrichting.

Tabel 13 Gehanteerde oppervlakken verhard/onverhard/water, afwaterend op intern watersysteem in de toekomstige situatie (eindbeeld)

	oppervlak (ha)			
buurt	Verhard*	onverhard	water	totaal
Sluisbuurt	19,1	5,7	2,9	27,7
Sportheldenbuurt	19,9	4,8	3,3	28,0
Bedrijvenstrook	4,8	1,2	0,0	6,0
Baaibuurt West	7,2	2,0	1,0	10,2
Baaibuurt Oost	7,5	1,6	0,8	9,9
Totaal Zeeburgereiland	58,5	15,3	8,0	81,8

* de aangrenzende hoofdwegen zijn hierin meegenomen door de oppervlakken te verdelen over de buurten, afhankelijk van de afwateringsrichting.

Hieronder wordt verder toegelicht hoe de verharde, onverharde en water-oppervlakken zijn gemodelleerd. Het Zeeburgereiland is verdeeld in circa 50 afstroomoppervlakken. Per afstroomoppervlak wordt op één punt schematisch het hemelwater, afkomstig van onverharde en verharde oppervlakken, in de watergang gebracht.

Het model is niet gekalibreerd vanwege de afwezigheid van waterstandsmetingen.

Verhard oppervlak

In de toekomstige situatie is het ontwikkelgebied van de Sluisbuurt (landdeel) voor 90% verhard; dat is een veilige aanname waarbij dus geen rekening gehouden met waterneutrale kavels. De taluds van de omringende waterkeringen en het zuidelijk park zijn of blijven grotendeels onverhard. De Sportheldenbuurt/Bedrijvenstrook en Baaibuurt West en Oost zijn in de ontwikkelde situatie als sterk verhard aangenomen met 80% verharding in het landdeel. Er is geen rekening gehouden met waterberging op de kavels. Als de kavels op een waterneutrale wijze gebouwd worden (waterneutrale bouwenvolp), dan wordt er neerslag vastgehouden, die vertraagd tot afstroming komt. In die situatie komt er een kleinere neerslagpiek terecht in het oppervlaktewater. Veiligheidshalve is er in het oppervlaktewatermodel geen rekening gehouden met waterberging op de kavels (worst-case).

De verharde oppervlakken zijn ingevoerd in de Rainfall Runoff Module. De afstromende neerslag wordt bij elk van de circa 50 afstroomoppervlakken schematisch op één punt in de watergang gebracht. Er dus zijn geen (locaties van) riooloverstorten meegenomen. Er is directe afstroming van de neerslag meegenomen (zonder vertraging). De berging op straat is 1 mm en de berging in riool is 7 mm. Er wordt door de riolering geen neerslag afgevoerd uit het modelgebied.

Onverhard oppervlak

De onverharde oppervlakken zijn ingevoerd in de Rainfall Runoff Module. Daarin vindt de waterafvoer vertraagd plaats, met een Ernst-afstroomweerstand van 0,3 / 70 / 200 / 1.000 dagen voor respectievelijk oppervlakkige afvoer / afvoer tot 1,4 m onder maaiveld / afvoer op grotere diepte / horizontale instroom. De berging op maaiveld is 2 mm, de infiltratiecapaciteit 7,5 mm/uur en de inzijging 2 mm/dag. De grondsoort is "clay_maximum" met een specifieke berging van

0,049. De grondwaterlaag is 1,4 m dik en de initiële grondwaterstand is gelijk aan het streefpeil in de watergang.

Oppervlaktewater

De huidige en toekomstige (geschatte) wateroppervlakken zijn te vinden in Tabel 12 en Tabel 13. Het oppervlaktewatersysteem van Zeeburgereiland is op dit moment alleen in de Sportheldenbuurt/Bedrijvenstrook op orde voor het eindbeeld. Daar is een ring-watergang gegraven als watercompensatie voor de verhardingstoename, welke op dit moment nog maar deels is gerealiseerd. Voor de Sluisbuurt is uitgegaan van het watersysteem op de Plankaart. Voor de Baaibuurt West en Baaibuurt Oost zijn de ontwikkelingen onzeker. Daarom is daar aangenomen dat er extra watercompensatie komt ter grootte van 10% van de verhardingstoename, conform de Keur van AGV. Dit is als één "storage node" per buurt opgenomen in het model. De buitentaluds en de Oostpunt wateren af op het IJmeer. Het watersysteem bij de oksel A10 kan met duikers afwateren op het IJmeer en is in beheer bij Rijkswaterstaat. De neerslag die valt op oppervlaktewater wordt in zijn geheel meegenomen via een "lateral inflow".

Watergangen

Afmetingen

Uit inventarisatie is gebleken dat, met uitzondering van enkele watergangen de taluds van de watergangen zijn afgeschoven. De watergangen hebben een zogenaamde "v-vorm" doordat de taluds het water inzakken. Daartoe is besloten de watergangen niet als standaard trapeziumvorm te modelleren maar om iedere watergang een, voor zover noodzakelijk uniek profiel toe te kennen.

Ruwheidsfactor

in bepaalde mate geremd door de ruwheid van bodems en taluds, welke toeneemt naarmate er meer plantengroei aanwezig is. Deze remmende invloed wordt tot uitdrukking gebracht in de ruwheidsfactor Strickler k_s . Ook worden weerstanden in de k_s -waarde uitgedrukt die het gevolg zijn van bochten, aanzandingen, obstakels en andere onregelmatigheden in het dwarsprofiel. Globaal genomen kan men stellen dat kleine, ondiepe waterlopen sneller begroeien dan grote, diepe waterlopen en dat dit in een zware, vruchtbare grond eerder zal plaatsvinden dan in een lichte grond. Verder zal in de zomer meer begroeiing zijn dan in de winter. In het model is uitgegaan van een zomerscenario (worst case). De k_s -waarde heeft de eenheid $m^{1/3}s^{-1}$. Onderstaande tabel geeft een globale indeling in k_s -waarde afhankelijk van de begroeiingstoestand.

Voor de toekomstige watergangen na ontwikkeling is een ruwheidsfactor Strickler $K_s = 20 m^{1/3}/s$ aangehouden voor de begroeide zomertoestand. Dit is een veilige aanname. De diepte van de toekomstige hoofdwatergangen in de Sluisbuurt inclusief baggeraanwas is aangehouden op 1,25 m.

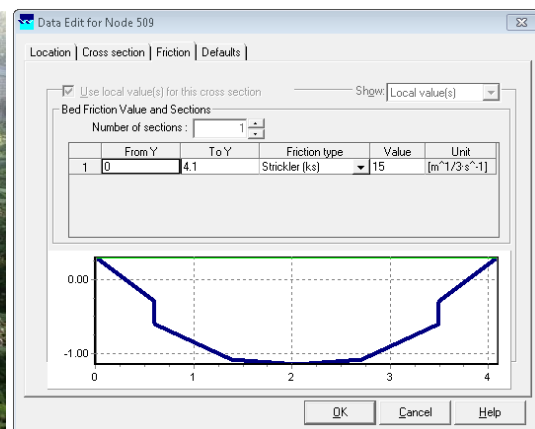
Tabel 14: Indeling watergangen, afhankelijk van de begroeiingstoestand

Toestand waterloop	K_s -waarde ($m^{1/3}s^{-1}$)
Zeer schoon	45-30
Schoon	35-20
Licht begroeid	25-15
Matig begroeid	20-10
Vrij sterk begroeid	16-5
Zeer sterk begroeid	>10
Toekomstige watergangen na ontwikkeling	20

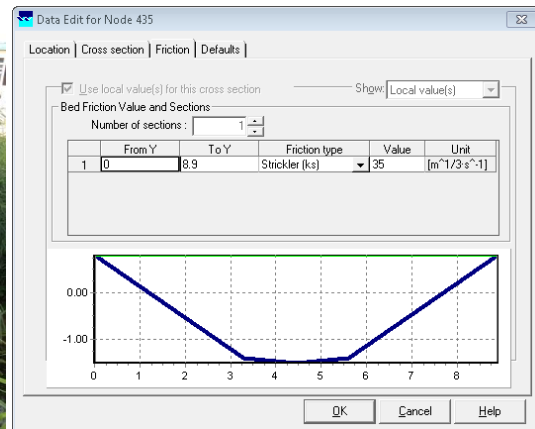
Voorbeelden

Hier wordt aan de hand van een drietal voorbeelden geïllustreerd hoe resultaten van de inventarisatie in een model vertaald zijn.

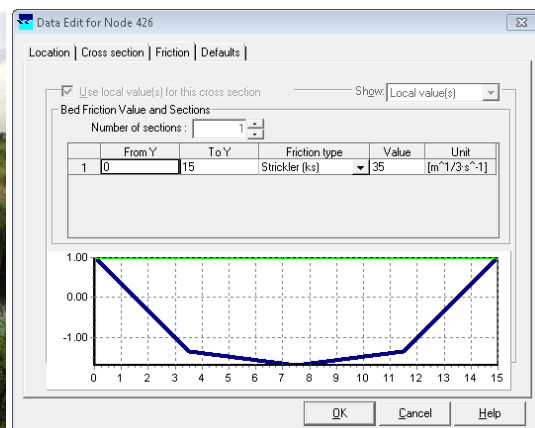
Voorbeeld 1 betreft de watergang aan de noordzijde van het poldergemaal. Hoewel de mate van oeverbegroeiing in eerste instantie lijkt mee te vallen is de bodem behoorlijk bedekt. Op enige afstand van het poldergemaal neemt de oeverbegroeiing toe (de foto is vanaf het poldergemaal genomen). Het water is troebel van kleur met hier en daar drijvend groen. Naarmate de afstand tot het poldergemaal toeneemt neemt ook de dikte van de sliblaag op de bodem toe. Aan deze watergang wordt een k_s -waarde van $15 m^{1/3}s^{-1}$ toegekend.



Voorbeeld 2 betreft de watergang aan de westzijde van De Zuiderzeeweg (ter plaatse van het Blokart centrum 'Bij Storm'). Hier zien we een forse rietkraag. De watergang is met uitzondering van wat drijvend groen redelijk schoon. Aan deze watergang wordt een k_s -waarde van $35 m^{1/3}s^{-1}$ toegekend.



Voorbeeld 3 betreft de brede watergang aan de noordzijde van De Sluisbuurt. Ook hier zien we een forse rietkraag. Verder is de watergang relatief schoon. Het water is redelijk helder (bodem blijft zichtbaar tot een waterdiepte van ca. 50 á 60 cm). Aan deze watergang wordt een k_s -waarde van $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ toegekend.



Duikers en kunstwerken

Afmetingen

De afmetingen en hoogteligging van de duikers zijn in het veld bepaald. Voor intree- en uittreeverliezen zijn conform de richtlijnen [4] van AGV/Waternet de onderstaande waarde aangehouden.

Tabel 15: In- en uittreeverliezen duiker.

Soort duiker	Intreeverlies	Uittreeverlies
Rond	0,6	0,8

Ruwheidsfactor

Duikers hebben een remmend effect op de stroming in een watergang. Onder andere grootte, vorm (bijvoorbeeld een sifonduiker) en materialisatie bepalen de k_s -waarde. Ook de dikte van de

sliblaag op de bodem van de duiker heeft invloed op de ruwheidsfactor. Er is geen rekening gehouden met baggeraanwas. Behalve als de b.o.b. van de duiker lager ligt dan de aanpalende slootbodembodem: dan kan er grond instromen en is de b.o.b. van de duiker gelijk gesteld aan de slootbodembodem. De onderstaande ruwheidswaarden zijn aangehouden.

Tabel 16: Indeling watergangen, afhankelijk van de begroeiingstoestand[Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.]

Materiaal duiker	Gehanteerde k_s -waarde ($m^{1/3}s^{-1}$)
Ruw gepleisterd beton	75
PVC / PE	75 (conservatieve waarde, go volgens literatuur)

Stuwen

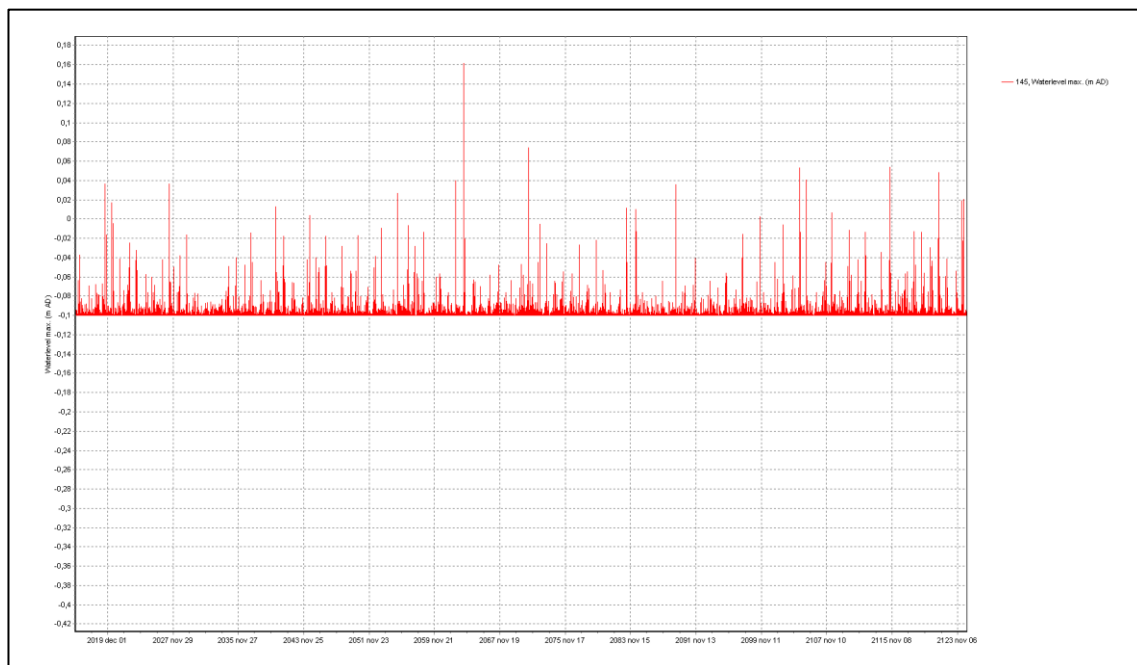
Voor stuwen zijn een afvoer- en contraction coefficient van 1,0 aangehouden en is de breedte en stuwhoogte ingevoerd. Er is heden slechts 1 stuw aangetroffen in de Sluisbuurt, met een stuwpeil van NAP -0,6 m. In de toekomstsituatie zijn (tijdelijke) stuwen gebruikt om modelmatig een noord-zuidscheiding in het model te bewerkstelligen, door een zeer grote stuwhoogte in te stellen.

Bijlage 2 - Watercompensatie

De vraag is of het gebied voldoet aan de Keurregels: 10% watercompensatie voor verhardingstoename plus 1-op-1 compensatie voor dempingen.									
Als we niet voldoen, moet nu al toestemming worden gevraagd aan bestuur van AGV voor een afwijking, mits het watersysteem aan alle overige eisen voldoet.									
huidige situatie Sluisbuurt (conform tabel 1)									
verhard	1,3	ha							
onverhard	25,4	ha							
water	1	ha							
eindbeeld Sluisbuurt (conform tabel 3)									
verhard	19	ha							
onverhard	5,7	ha							
water	2,9	ha							
verhardingstoename:	17,7	ha							
wateropgave als gevolg van verhardingstoename (10%):	1,77	ha							
netto watertoename:	1,9	ha							
voldoen aan 1-op-1-compensatie?	ja	want netto wateroppervlak neemt toe							
voldoen aan 10%-regel									
verhardingscompensatie?	ja	ja, want er wordt iets meer dan 10% gecompenseerd, namelijk:							
		10,7%							
(ter illustratie) eindbeeld hoeveelheid opp.water als % van gebiedsoppervlak	10,5%								

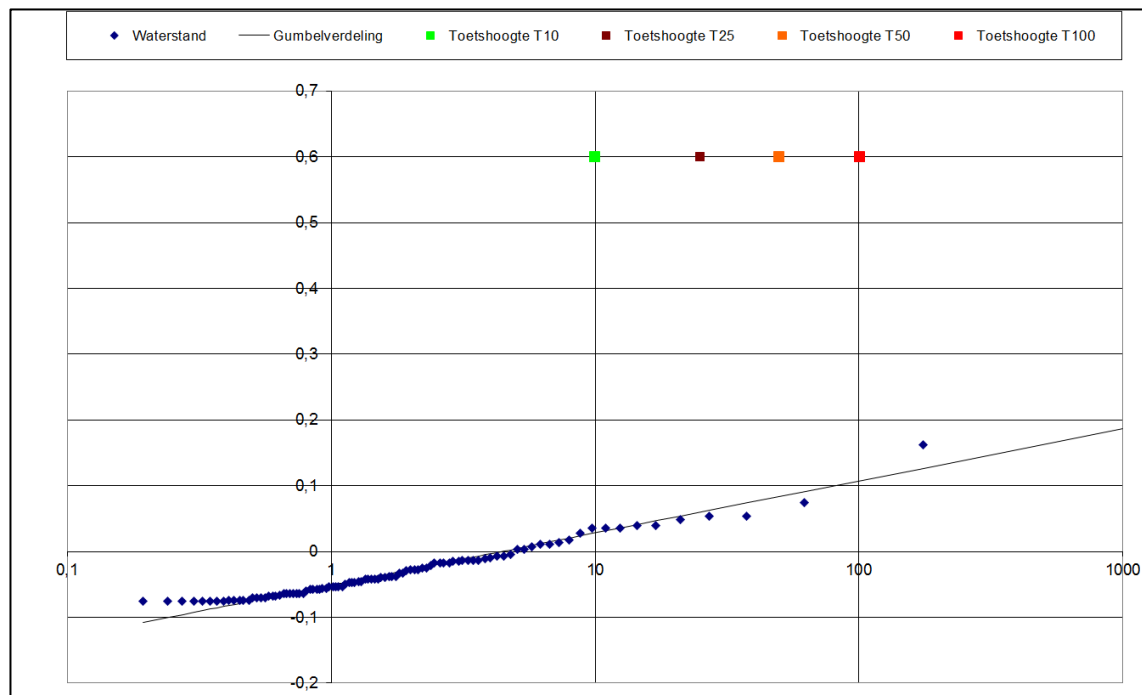
Bijlage 3 – Resultaten eeuwreeks

De eeuwreeks met de neerslag per uur is doorgerekend voor het eindbeeld, met toepassing van de klimaattoeslag voor klimaatscenario WH2050. De berekende maximale waterstanden in de baaibuurt Oost zijn zichtbaar in Figuur 19. De tijdsschaal loopt van 2016 tot 2124 en beslaat dus ruim een eeuw. De maximale waterstand is NAP +0,16 m en treedt op in 2063; deze bui dateert oorspronkelijk van 13 juni 1953 waarop vervolgens de klimaattoeslag is toegepast.



Figuur 19 Maximale waterstanden in de Baaibuurt Oost bij de doorgerekend eeuwreeks, eindbeeld

De hoogste waterstanden per jaar zijn vervolgens ingevoerd in een statistische Gumbel-analyse. Deze methode houdt rekening met de berekeningsresultaten van de hele eeuwreeks en kijkt niet alleen naar de hoogste waterstand van de eeuw. Deze laatste kan immers ontstaan zijn door een bui die extremer of minder extreem is dan een T=100-bui en hoeft daarom niet representatief te zijn voor de T=100-situatie. De Gumbel-analyse kijkt naar de trendlijn die getrokken kan worden tussen de verschillende maximale waterstanden en bepaalt op deze manier welke waterstand optreedt bij een herhalingsdij van T=10, T=25, T=50 en T=100 jaar. De grafiek van de Gumbelanalyse (voor Baaibuurt Oost) is zichtbaar in Figuur 20.



Figuur 20 Grafiek Gumbelanalyse (eindbeeld, Baaibuurt Oost)

Uit de Gumbel-analyse volgen de volgende herhalingstijden:

Tabel 17 Herhalingstijden waterstand NBW-toetsing (voor eindbeeld, locatie Baaibuurt Oost)

Herhalingstijd T	Toetshoogte (0% maaiveld inundeert)	Waterstand	NBW-toetsing voor bebouwd gebied
10 jaar	NAP +0,6 m	NAP +0,03	Nvt
25 jaar	NAP +0,6 m	NAP +0,06	Nvt
50 jaar	NAP +0,6 m	NAP +0,08	nvt
100 jaar	NAP +0,6 m	NAP +0,11	voldoet

De getallen van de maximale waterstanden zijn als volgt:

Berekenen gumbelverdeling voor 98-jarige reeks van waterstanden (jaarmaxima)							
Gebruiksaanwijzing							
1 Voer in kolom F de gesorteerde jaarmaxima van de waterstanden (laag naar hoog). In kolom A kunnen eventueel de bijbehorende jaren worden ingevoerd							
2 In 'g_herhalingstijd' staat de grafiek met herhalingstijd en gefitte Gumbel-verdeling							
3 In 'g_gumbelplot' staan de waterstanden met op de x-as de gereduceerde Gumbel-variabele							
4 Vul in kolom H de toetshoogte per beschermingsniveau in (tbv grafiek)							
De parameters a en b worden geschat mbv methode van momenten uit Gumbel-verdeling met N=98							
Gefitte Gumbel-parameters				T			
a	29,04140997			10	0,6	0,03	
b	-0,05107581			25	0,6	0,06	
kw. Som	0,00576379			50	0,6	0,08	
var	5,92383E-05			100	0,6	0,11	
% verklaarde variantie	97%						
X_av	-0,03						
s_ext	0,041509693						
yN	0,5598						
sigma_N	1,2055						
98	Eerste kansschatting	Gereduceerde	Herhalingstijd	Waterstanden	Gumbel-verdeling	Vershil	
jaar	(vlg Gringorten)	Gumbel-variabele	T 1/(-ln(1-kans))	[m+NAP]			
2030	1	0,994	-1,730	0,194	-0,077	-0,11	0,03
2085	2	0,984	-1,558	0,241	-0,076	-0,10	0,02
2047	3	0,974	-1,459	0,274	-0,076	-0,10	0,02
2106	4	0,964	-1,385	0,302	-0,076	-0,09	0,02
2081	5	0,954	-1,324	0,326	-0,076	-0,09	0,01
2061	6	0,943	-1,272	0,348	-0,076	-0,09	0,01
2068	7	0,933	-1,226	0,370	-0,076	-0,09	0,01
2100	8	0,923	-1,184	0,390	-0,076	-0,08	0,01
2109	9	0,913	-1,145	0,410	-0,075	-0,08	0,01
2039	10	0,903	-1,109	0,429	-0,074	-0,08	0,01
2096	11	0,892	-1,075	0,449	-0,074	-0,08	0,00
2054	12	0,882	-1,043	0,468	-0,073	-0,08	0,00
2082	13	0,872	-1,012	0,486	-0,073	-0,08	0,00
2094	14	0,862	-0,982	0,505	-0,071	-0,07	0,00
2051	15	0,852	-0,954	0,524	-0,071	-0,07	0,00
2065	16	0,841	-0,926	0,543	-0,070	-0,07	0,00
2017	17	0,831	-0,899	0,562	-0,069	-0,07	0,00
2090	18	0,821	-0,873	0,581	-0,069	-0,07	0,00
2078	19	0,811	-0,848	0,601	-0,069	-0,07	0,00
2018	20	0,801	-0,823	0,620	-0,068	-0,07	0,00
2042	21	0,790	-0,798	0,640	-0,066	-0,07	0,00
2074	22	0,780	-0,774	0,660	-0,065	-0,07	0,00
2093	23	0,770	-0,750	0,680	-0,065	-0,06	0,00
2087	24	0,760	-0,727	0,701	-0,064	-0,06	0,00
2038	25	0,750	-0,704	0,722	-0,064	-0,06	0,00
2069	26	0,740	-0,681	0,743	-0,064	-0,06	0,00
2064	27	0,729	-0,659	0,765	-0,063	-0,06	0,00
2116	28	0,719	-0,636	0,788	-0,063	-0,06	0,00
2025	29	0,709	-0,614	0,810	-0,060	-0,06	0,00
2103	30	0,699	-0,592	0,833	-0,059	-0,06	0,00
2066	31	0,689	-0,570	0,857	-0,058	-0,06	0,00
2024	32	0,678	-0,548	0,882	-0,058	-0,06	0,00
2060	33	0,668	-0,527	0,907	-0,057	-0,05	0,00
2076	34	0,658	-0,505	0,932	-0,057	-0,05	0,00
2095	35	0,648	-0,483	0,958	-0,056	-0,05	0,00
2117	36	0,638	-0,462	0,985	-0,055	-0,05	0,00
2075	37	0,627	-0,440	1,013	-0,055	-0,05	0,00
2123	38	0,617	-0,418	1,041	-0,054	-0,05	0,00
2049	39	0,607	-0,397	1,071	-0,054	-0,05	-0,01
2080	40	0,597	-0,375	1,101	-0,054	-0,05	-0,01
2034	41	0,587	-0,353	1,132	-0,049	-0,05	0,00
2067	42	0,576	-0,332	1,164	-0,048	-0,05	0,00
2036	43	0,566	-0,310	1,197	-0,048	-0,04	0,00
2070	44	0,556	-0,288	1,231	-0,047	-0,04	0,00

2101	45	0,546	-0,266	1,267	-0,045	-0,04	0,00
2107	46	0,536	-0,243	1,304	-0,045	-0,04	0,00
2111	47	0,525	-0,221	1,341	-0,042	-0,04	0,00
2026	48	0,515	-0,198	1,381	-0,042	-0,04	0,00
2021	49	0,505	-0,176	1,422	-0,042	-0,04	0,00
2122	50	0,495	-0,153	1,464	-0,042	-0,04	0,00
2091	51	0,485	-0,130	1,508	-0,041	-0,04	0,00
2045	52	0,475	-0,106	1,554	-0,040	-0,04	0,00
2035	53	0,464	-0,083	1,602	-0,040	-0,03	0,00
2052	54	0,454	-0,059	1,652	-0,039	-0,03	0,00
2028	55	0,444	-0,035	1,704	-0,038	-0,03	-0,01
2016	56	0,434	-0,010	1,758	-0,037	-0,03	-0,01
2114	57	0,424	0,015	1,815	-0,034	-0,03	0,00
2023	58	0,413	0,040	1,875	-0,033	-0,03	0,00
2120	59	0,403	0,066	1,937	-0,029	-0,03	0,00
2048	60	0,393	0,092	2,003	-0,028	-0,03	0,00
2057	61	0,383	0,118	2,072	-0,028	-0,03	0,00
2077	62	0,373	0,145	2,145	-0,027	-0,02	0,00
2073	63	0,362	0,172	2,222	-0,026	-0,02	0,00
2022	64	0,352	0,200	2,303	-0,025	-0,02	0,00
2079	65	0,342	0,229	2,389	-0,022	-0,02	0,00
2046	66	0,332	0,258	2,480	-0,018	-0,02	0,00
2041	67	0,322	0,288	2,577	-0,018	-0,02	0,00
2050	68	0,311	0,319	2,680	-0,017	-0,02	0,00
2029	69	0,301	0,350	2,790	-0,016	-0,02	0,00
2097	70	0,291	0,382	2,907	-0,016	-0,01	0,00
2037	71	0,281	0,415	3,033	-0,014	-0,01	0,00
2112	72	0,271	0,449	3,168	-0,014	-0,01	0,00
2119	73	0,260	0,484	3,314	-0,014	-0,01	0,00
2058	74	0,250	0,520	3,471	-0,014	-0,01	-0,01
2118	75	0,240	0,558	3,642	-0,013	-0,01	-0,01
2110	76	0,230	0,596	3,828	-0,012	0,00	-0,01
2053	77	0,220	0,637	4,030	-0,009	0,00	-0,01
2056	78	0,210	0,679	4,253	-0,007	0,00	-0,01
2102	79	0,199	0,722	4,498	-0,006	0,00	-0,01
2072	80	0,189	0,768	4,769	-0,005	0,00	-0,01
2099	81	0,179	0,816	5,071	0,003	0,00	0,00
2044	82	0,169	0,866	5,410	0,004	0,01	0,00
2108	83	0,159	0,919	5,792	0,007	0,01	0,00
2084	84	0,148	0,976	6,226	0,010	0,01	0,00
2083	85	0,138	1,036	6,724	0,012	0,01	0,00
2040	86	0,128	1,100	7,301	0,012	0,02	0,00
2020	87	0,118	1,169	7,977	0,017	0,02	0,00
2055	88	0,108	1,244	8,782	0,027	0,02	0,00
2089	89	0,097	1,326	9,755	0,036	0,03	0,01
2019	90	0,087	1,416	10,955	0,036	0,03	0,00
2027	91	0,077	1,518	12,472	0,036	0,04	0,00
2062	92	0,067	1,632	14,452	0,040	0,04	0,00
2105	93	0,057	1,766	17,143	0,040	0,05	-0,01
2121	94	0,046	1,924	21,014	0,048	0,05	-0,01
2104	95	0,036	2,121	27,059	0,053	0,06	-0,01
2115	96	0,026	2,383	37,826	0,054	0,07	-0,02
2071	97	0,016	2,773	62,396	0,074	0,09	-0,02
2063	98	0,006	3,576	174,714	0,161	0,13	0,03
	1000	0,001		999,4999166		0,19	