

## Memo

**Aan**

Daniel Voortman, Hans Janssen (RWS-GPO)

**Datum**

16 april 2018

**Kenmerk**

11200215-000-HYE-0034

**Aantal pagina's**

7

**Van**

Arnout Bijlsma

**Doorkiesnummer**

+31(0)88335 8424

**E-mail**

arnout.bijlsma@deltares.nl

**Onderwerp**

Toelichting Hydraulisch Ontwerp SO-IJ - Variant 3

---

## Toelichting Hydraulisch Ontwerp SO-IJ Variant 3

### 1. Inleiding

In het rapport *Selectieve Onttrekking IJmuiden, Fase 1 - Studie naar hydraulische eisen en verificatie* [1] is in Hoofdstuk 6 het toen beschikbare schetsontwerp van de Selectieve Onttrekking IJmuiden (SO-IJ) verder vormgegeven en gedetailleerd. De reden hiervoor was dat de uitwerking met meer gedetailleerde berekeningen in Delft3D en CFD alleen konden worden gedaan op basis van een meer gedetailleerde geometrie. Dit ontwerp is vervolgens getoetst aan de eisen die RWS stelde bij aanvang van de studie, zie [1], waaronder eisen aan de zout- en waterafvoercapaciteit. Na een eerste toetsing van het stroombeeld met Delft3D is het ontwerp verder aangepast, zodat een gelijkmatiger toestroming naar de SO-IJ werd verkregen. Het resulterende ontwerp is in het rapport aangeduid met "Variant 3".

Gegeven de complexiteit van de numerieke stromingsberekeningen gepresenteerd in het (concept) rapport [1], in combinatie met de relatief krappe tijd beschikbaar voor planuitwerking, ontwerp en bouw, heeft RWS begin augustus 2017 besloten de hydraulische vormgeving in eigen hand te houden, en dus de afmetingen en de hydraulische vormgeving van de SO-IJ verregaand te specificeren. In verband daarmee is op verzoek van RWS het ontwerp van Variant 3 door Deltares op 9 augustus 2017 (met een update op 25 aug.) verder gedocumenteerd met de volgende figuren (ook opgenomen aan het eind van dit memo) en bestanden:

- Schetsen van plattegrond en langsdoorsnede SO-IJ, inclusief maten, zie Figuur 1 en 2;
- Een figuur van de bodemligging boven- en benedenstreams van de SO-IJ, zie Figuur 3;
- Een digitaal landboundary bestand van de SO-IJ constructie in RD-coördinaten (file: *positie-SO-IJ-3.ldb*);
- Een xyz-bestand van deze bodem (RD-coördinaten en diepte in m tov NAP), afgeleid uit het Delft3D model, zie file: *Variant3\_SO\_bathymetry\_samples.xyz*.

Dit memo geeft een toelichting bij deze stand van het Hydraulische Ontwerp van Variant 3 (aug. 2017), conform het verzoek van RWS van 30 augustus 2017.

Achtereenvolgens worden de SO-IJ zelf en de aansluiting op het Binnenspuikanaal en de toeleidingsgeul vanuit de Velserkom beschreven. Vervolgens komt de optie voor uitbreiding met een zoutvang aanbod.

## 2. Zoutscherm en spleet SO-IJ

De SO-IJ is een kunstwerk waarin door middel van een scherm een diepgelegen spleet wordt gecreëerd om te zorgen dat zoveel mogelijk water met een hoog zoutgehalte wordt onttrokken aan het bovenstrooms gelegen watersysteem.

Als basis voor de vormgeving is het ontwerp van het zoutscherm van Gemaal De Helsdeur bij Den Helder gevolgd, dat bestaat uit een (verwijderbare) betonnen kokerligger opgelegd op stalen kokerpalen. De kokerligger is aan de onderzijde voorzien van polyesterschot voor de stroomgeleiding. Onder de spleet ligt een bodemverdediging van gepenetreerde stortsteen. Toepassing van ditzelfde concept in IJmuiden maakt het mogelijk in een later stadium, wanneer de zoutafvoercapaciteit eventueel moet worden vergroot, de spleet (en evt. het zoutscherm) te verdiepen en een zoutbufferput in de Velserkom aan te leggen. Een optie is ook om het zoutscherm drijvend uit te voeren, zie de ontwerpschetsen voor een SO-IJ in de jaren '60 [1].

Dimensies van SO-IJ in Variant 3:

- De breedte van de spleet is  $B = 80$  m tussen de landhoofden;
- De spleethoogte is  $D = 7$  m, met onderkant zoutscherm op  $-16$  m NAP en de drempeldiepte op  $-23$  m NAP;
- Het netto spleetoppervlak is  $560 \text{ m}^2$ ;
- De kokerligger is  $4$  m breed (indicatief);
- De kokerligger is aan de onderzijde voorzien van een stroomgeleidingsscherm dat aan de instroomzijde een afrondingsstraal  $R = \frac{1}{2} D$  heeft;
- Onder de koker, benedenstrooms van het stroomgeleidingsscherm is ruimte voor recirculatie van de stroming, wat bijdraagt aan een goede uitstroming uit de spleet (zonder verticale contractie);
- De spleetbodem is horizontaal over een afstand van  $10$  m voor tot  $10$  m na het scherm, en voorzien van een bodemverdediging<sup>1</sup>;
- De horizontale positie in RD-coördinaten is gegeven in Figuur 1, de verticale dimensies zijn weergegeven in Figuur 2.

Optimalisatie mogelijkheden voor scherm en spleet:

- Afhankelijk van de uitkomsten van gedetailleerde studies voor zoutafvoercapaciteit en hydraulische weerstand kunnen de spleetdimensies nog worden bijgesteld;
- Stroomgeleidingsscherm
  - De lengte van het stroomgeleidingsscherm moet nog nader worden bekeken. Wellicht is inkorten mogelijk zonder het stroombeeld wezenlijk te beïnvloeden (geen toename contractie), terwijl het risico op trillingen ten gevolge van het pendelen van het loslaatpunt wordt gereduceerd;
  - Meer optimale curve (clothoïde/overgangsboog) in plaats van een constante radius;
- Lengte horizontale spleetbodem (in combinatie met eventuele aanpassing taluds).

De landhoofden zijn het gevolg van de noodzaak voor een grotere bochtstraal in de toestroming naar de SO-IJ, vooral aan de zuidzijde, zie [1]. Dit heeft geleid tot de relatief smalle en diepe spleetopening. In constructief opzicht kunnen de landhoofden dienen als

<sup>1</sup> Voor de bodembescherming van gepenetreerde stortsteen is voorlopig uitgegaan van praktische maat: een standaardgradering met een minimum laagdikte van  $20 \text{ cm}$  ( $1,5 \cdot d_{n50}$ ). De grootste steenklasse bij  $20 \text{ cm}$  laagdikte is  $80/200 \text{ mm}$ , met  $d_{n50} = 12,6 \text{ cm}$ , zie Bijlage I in: CUR-publicatie 197 Breuksteen in de praktijk. Deel 2: dimensionering van constructies in binnenwateren. Gouda, Stichting CUR, juni 2000.

oplegpunten voor het scherm, of ter verankering van een drijvend scherm. Mogelijk dat hiermee de aanleg van de SO kan plaatsvinden zonder het Binnenspuikanaal tijdens de bouw te hoeven blokkeren. In een laat stadium van aanleg kan het scherm (drijvend) worden aangevoerd en in positie gebracht. De wanden van de landhoofden ter weerszijden van het scherm zijn glad verondersteld.

### 3. Benedenstreams: aansluiting op Binnenspuikanaal

De SO-IJ is gepositioneerd in de mond van het Binnenspuikanaal (BSK), gecentreerd op de as van het BSK met de oriëntatie van het zoutscherm loodrecht op deze as.

Dimensies van de aansluiting op het BSK:

- Aan de uitstroomzijde wordt het verschil in bodemligging van -23 m naar -12 m NAP (de bestaande maximum diepte in het BSK) over een lengte van 55 m overbrugd met een helling van 1:5, waarbij de breedte van 80 m tussen de landhoofden is gehandhaafd;
- Benedenstreams van dit talud is de bodem over 10 m horizontaal gehouden op -12 m NAP, en op dezelfde volle breedte tussen de landhoofden om voorbereid te zijn op een eventuele toekomstige verdieping van de SO-IJ met 2 m;
- Bij de overgang naar het dwarsprofiel van het Binnenspuikanaal is ruimte gelaten voor neren bij de oevers, zodat deze de hoofdstroom zo min mogelijk hinderen.
  - De ca. 30 m brede landhoofden worden daarom aan de uitstroomzijde recht beëindigd;
  - De overgang van de 80 m brede en -12 m NAP diepe sectie naar de ongeveer trapeziumvormige doorsnede van het BSK (ca. 140 m breed aan het oppervlak, taluds van 1:5, grootste diepte ca -12 m NAP) heeft een lengte van 60 m en is vormgegeven met 1:5 dwarshellingen en 1:10 hellingen in lengterichting;
  - Verticale wanden zijn er bij de beëindiging van de landhoofden (diepte aflopend van -12 m tot -6 m NAP), en over ca. 60 m langs de oever van het BSK (diepte aflopend van -6 m tot ca 0 m NAP).
- De bodem van het benedenstreamse talud van 1:5 is verdedigd.
- Zie Figuur 1 en 2 voor een weergave van de horizontale en verticale dimensies.

Optimalisatie mogelijkheden voor de aansluiting op het Binnenspuikanaal:

- Indien nodig, kan voor de optimalisatie van de uitstroming van de SO-IJ en een eventuele reductie van uitstroomverliezen gekeken worden naar:
  - Diffusorwanden onder een hoek van 1:10 voor de overgang tussen SO-IJ en Binnenspuikanaal;
  - Uit hydrodynamisch oogpunt kan het benedenstreamse talud wellicht steiler dan 1:5 worden uitgevoerd (talud bij De Helsdeur is 1:2), rekening houdend met sterke opwaartse stroming in het onttrokken water<sup>2</sup>. De landhoofden kunnen dan korter zijn (of evt. geen landhoofden aan benedenstreamse zijde);
- Ook de overgangszone in het Binnenspuikanaal vereist vermoedelijk een bodemverdediging. De lengte daarvan hangt af van de maatgevende stroomsnelheid en de plaats waar de stroming over de verticaal voldoende gelijkmatig verdeeld is. Als vuistregel geldt een lengte van 20 tot 40 maal de benedenstreamse waterdiepte. Het is niet zeker of dit ook geldt voor de uitstroomcondities zoals die optreden bij de SO-IJ.

---

<sup>2</sup> Mits geen nadelen voor de afvoercoëfficiënt bij hoge afvoeren.

#### 4. Bovenstrooms: beschrijving toeleidingsgeul vanuit de Velserkom

De aansluiting van de SO-IJ op de Velserkom is niet ideaal, omdat toestroming in een rechte lijn met de SO-IJ as niet mogelijk is. Het water met de hoogste dichtheid in de diepe delen van de Velserkom (ca. -17 m NAP) kan toestromen vanuit verschillende richtingen: vanuit de Nieuwe sluis of vanuit het Noordzeekanaal.

De dimensies van de bovenstrooms aansluiting op de Velserkom:

- Het bovenstroomse talud van Velserkom naar SO-IJ heeft een helling van ca. 1:50, over ca. 300 m lengte langs de gekromde as van -23 naar -17 m NAP;
- Aan de zijkanten van het zoutschern en de spleet bevinden zich gebogen vleugelwanden met straal  $R = 40 \text{ m}$  ( $\frac{1}{2} B$ ),
- Aan de noordzijde is de toeleidingsgeul begrensd door een dwarstalud van 1:5; het resterende diepteverval met de oorspronkelijke oeverlijn wordt overbrugd met verticale wanden (over ongeveer 300 m lengte van ca. -17 tot ca. 0 m NAP);
- Aan de zuidzijde is de toeleidingsgeul eveneens begrensd door een dwarstalud van 1:5; als straal voor de teenlijn van dit dwarstalud is  $R = 80 \text{ m}$  aangehouden. Het talud sluit aan op de gekromde vleugelwand, het bovenstroomse deel van het zuidelijke landhoofd, dat doorloopt tot aan de aansluiting met de bestaande kade. Deze vleugelwand is aangenomen glad te zijn. Uit nautische overwegingen steekt de vleugelwand niet meer dan 10 m uit voorbij het verlengde van de kade<sup>3</sup>.
- Het precieze diepteverloop is niet eenvoudig te beschrijven. De gehanteerde waarden staan in het xyz-bestand van de bodem, zie ook Figuur 3 voor een illustratie van het diepteverloop.
- De eventuele bodemverdediging in (een deel van) de toeleidingsgeul is nog nader te bepalen.

In het gebied van de geplande toeleidingsgeul bevindt zich de bergplaats van de reservedeur van de Noordersluis, zie Figuur 3. De streefdiepte van de bergplaats -14,5 m NAP en dit is tevens de diepte van de staalfundering van de meerstoelen, zie Figuur 4. Het voorziene toestroomgebied naar de SO is echter ca. 4-6 m dieper dan de op staal gefundeerde deurenbergplaats. Daarom is het nodig de oude bergplaats te verwijderen. Deltares stelt herplaatsing voor met minimale verstoring van de toestroming naar de SO, bijv. in een vak in het talud langs de wand aan de noordzijde van de toeleidingsgeul. Een andere optie is achter de (noordelijke) buiswand bij de ingang van de Noordersluis.

Aan de noordoever van het toeleidingsgebied bevindt zich een steiger/loswal die eveneens beïnvloed wordt door de beoogde verdieping (aandachtspunt RWS).

Optimalisatie mogelijkheden voor de aansluiting op de Velserkom zoals die bij het schrijven van dit memo (begin maart 2018) in beeld zijn:

- Maatregelen ter bevordering van een meer rechte instroming van de SO-IJ:
  - Het stroomlijnen van de aansluiting op oorspronkelijke bodemligging aan de oostzijde ("plateau" van -16 m NAP iets verdiepen);
  - Bodemgeometrie: talud van voldoende lengte, parallel met de (rechte) as van de SO-IJ (BSK);
  - Constructieve maatregelen, zoals stroomgeleidingsschermen;

<sup>3</sup> Deze 10 m komt overeen met een typische breedte voor een daar afgemeerd schip.

## 5. Uitbreiding SO-IJ met zoutvang (indicatief)

Een zoutvang (zoutbufferput) in de Velserkom werkt als 'snelle buffer' voor de opslag van zouter water om de periode tussen twee spuivensters te overbruggen [2]. Zonder deze zoutvang wordt het zoute water in het Noordzeekanaal gebufferd. Dit proces verloopt trager en met meer menging. De afwijkende dimensies voor de optie met zoutvang zijn:

- De diepte van de zoutvang/bufferput in de Velserkom is ca. -24 m NAP (indicatief)<sup>4</sup>;
- De drempeldiepte van de SO-IJ bijv. 2 m verdiepen tot -25 m NAP (indicatief) in relatie tot de zoutvang in de Velserkom;
- De onderkant van het stroomgeleidingsscherm op ca -16 à -18 m NAP (indicatief);
- Het benedenstreams talud van 1:5 over een lengte van 65 m (in plaats van over 55 m);
- Het bovenstreamse talud van ca. 1:50 over een lengte van gemiddeld 50 m (in plaats van over ca. 300 m door het verdiepen van de Velserkom);
- Zie Figuur 2 voor een illustratie van deze optie.




## 6. Tot slot

De beschreven dimensies van het hydraulische ontwerp van Variant 3 van de SO-IJ geeft de status van augustus 2017 weer van dit ontwerp. Deze geometrie is sindsdien onderzocht met behulp van CFD-berekeningen. Er zijn op basis daarvan een aantal aandachtspunten in beeld gekomen. Door optimalisaties van het ontwerp zijn wijzigingen van deze dimensie mogelijk. Daarnaast zal nog rekening gehouden moeten worden met:

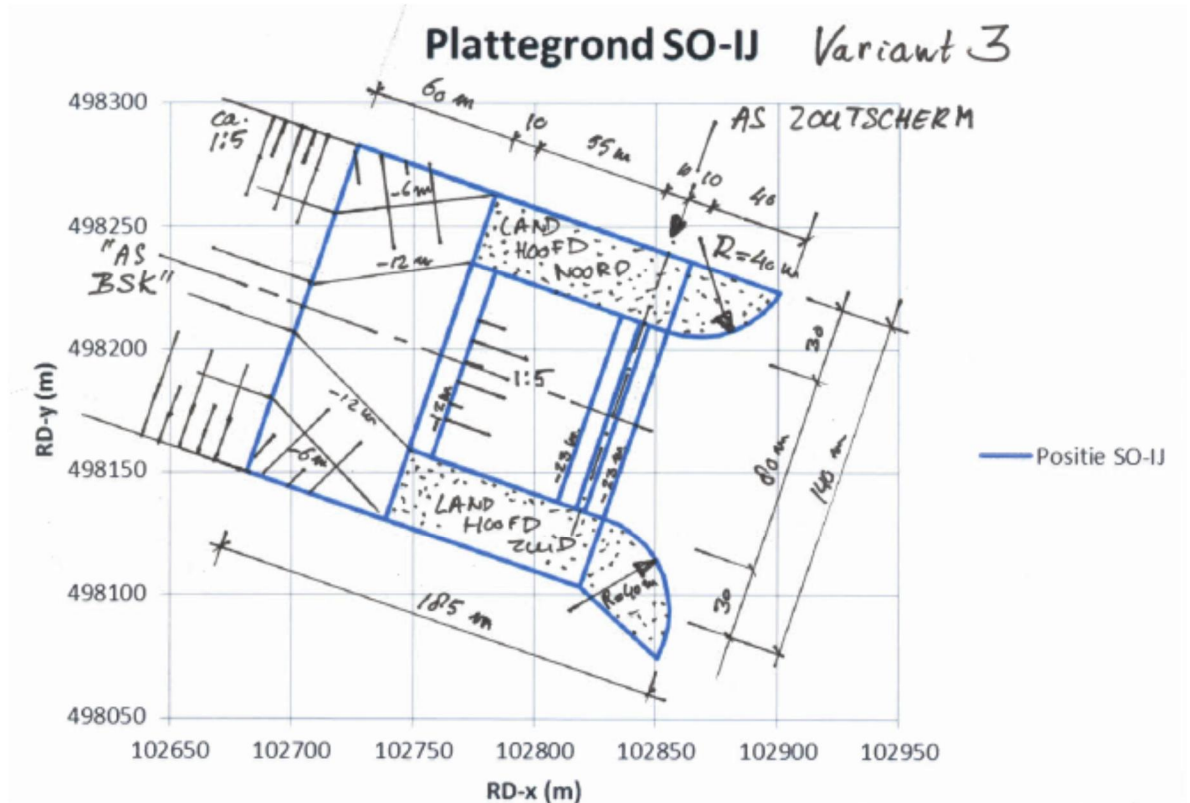
- Vistrekmaatregelen, zie [3],
- Een faciliteit voor scheepvaartverkeer tussen de Velserkom en het BSK.

## Referenties

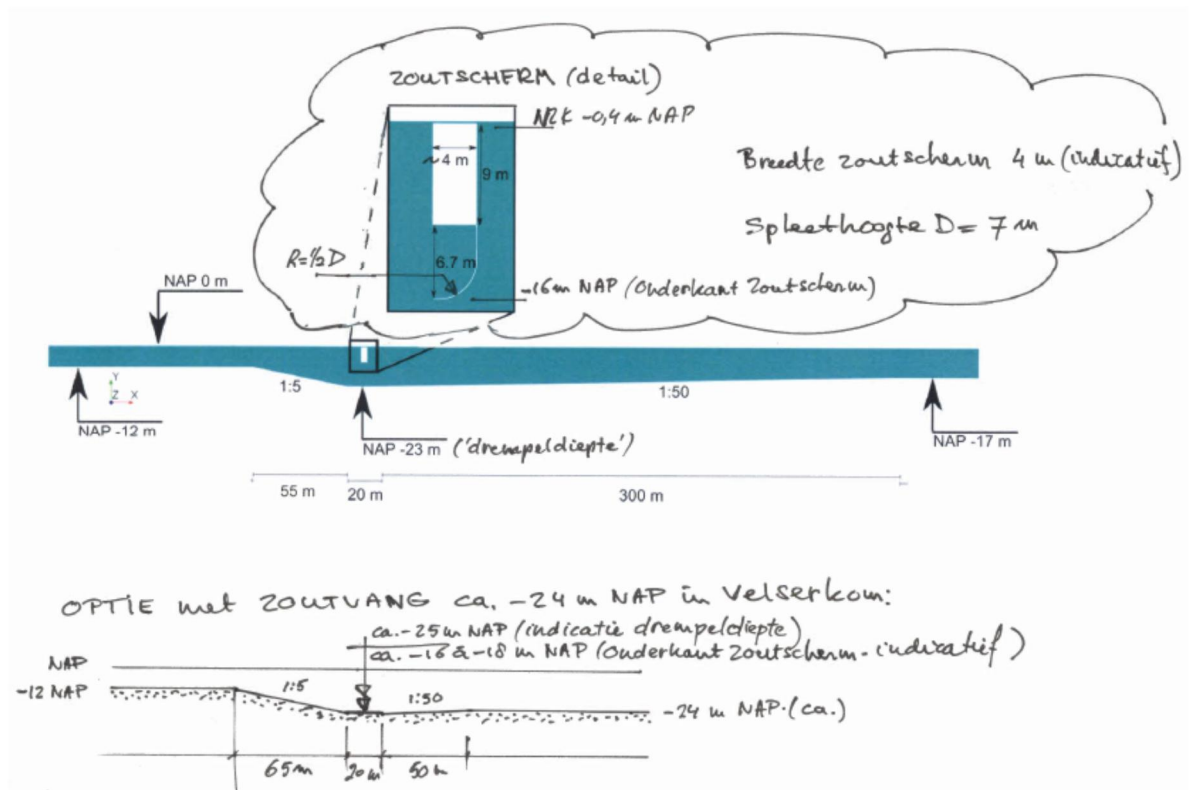
- [1] Bijlsma, A.C. en O.W. Weiler (2017). Selectieve onttrekking IJmuiden - Fase 1: Studie naar hydraulische eisen en verificatie. Deltares, eindrapport 1120215-000-HYE-0020, september 2017. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [2] Bijlsma, A.C. en O.W. Weiler (2016). Zoutindringing IJmuiden - Fase 3: Verdere uitwerking mogelijke bronmaatregelen. Deltares, eindrapport 1220309-000-HYE-0045, oktober 2016. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- [3] Weiler, O.W. (2017). Impact vismigratie op hydraulisch ontwerp SO-IJ. Deltares, memo 11200215-000-HYE-0025, oktober 2017.

| Versie | Datum      | Auteur         | Paraaf  | Review      | Paraaf   | Goedkeuring   | Paraaf  |
|--------|------------|----------------|---|-------------|--|---------------|---|
| 0      | Maart 2018 | Arnout Bijlsma |   | Otto Weiler |  | Klaas Jan Bos |   |
| 1      | April 2018 | Arnout Bijlsma |  | Otto Weiler |  | Klaas Jan Bos |  |

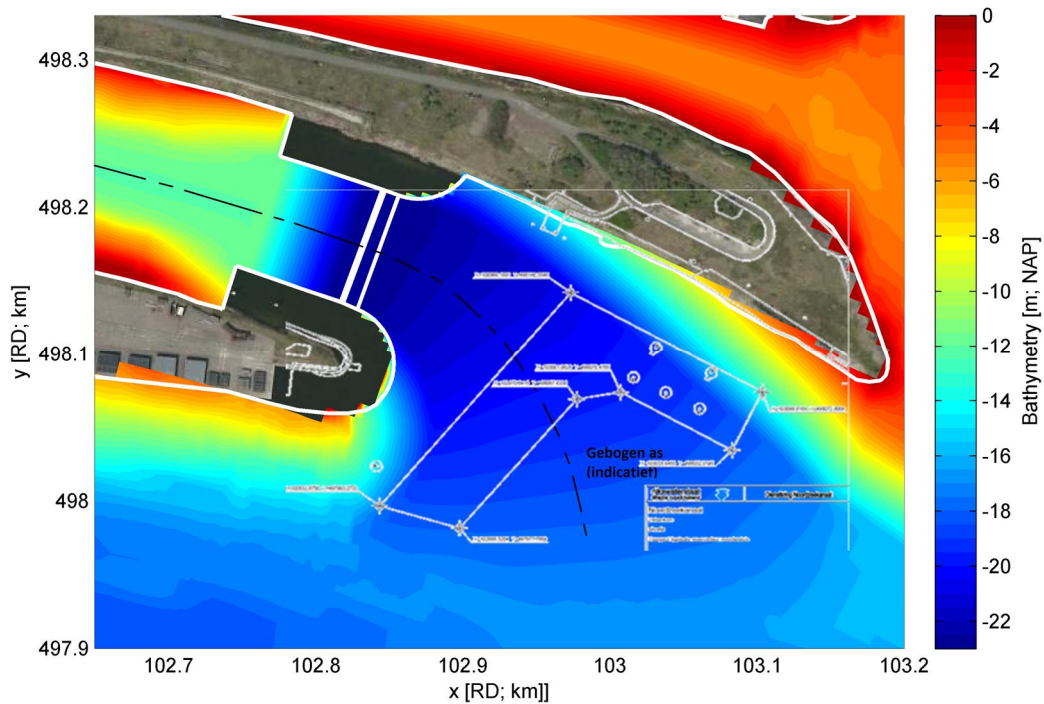
<sup>4</sup> Zie [1]: Het volume van de zoutvang is gedimensioneerd op het bergen van de extra zoutlast ten gevolge van de nieuwe zeesluis voor de periode van ongeveer 1 dag. Par. 3.3 in Bijlage B van [1] geeft nadere details: "De zoutvang in deze studie is ontworpen onder de aanname dat het extra uitwisselingsdebiet voor ongeveer 22 uur opgevangen moet worden (2 getijcycli minus een gemiddelde spuiperiode van 3 uur). Het totale volume van de zoutvang is dan ongeveer 3 miljoen m<sup>3</sup>. Bij het genereren van de bodemschematisatie van de zoutvang is een talud van 1:5 aangehouden tussen de oever en het diepste punt van de zoutvang. In een groot gebied is de bodem in de zoutvang naar -24 m NAP gebracht. Ter hoogte van de selectieve onttrekking is een bodemniveau van -25 m NAP aangehouden, zodat het zoute water af kan stromen richting de selectieve onttrekking.



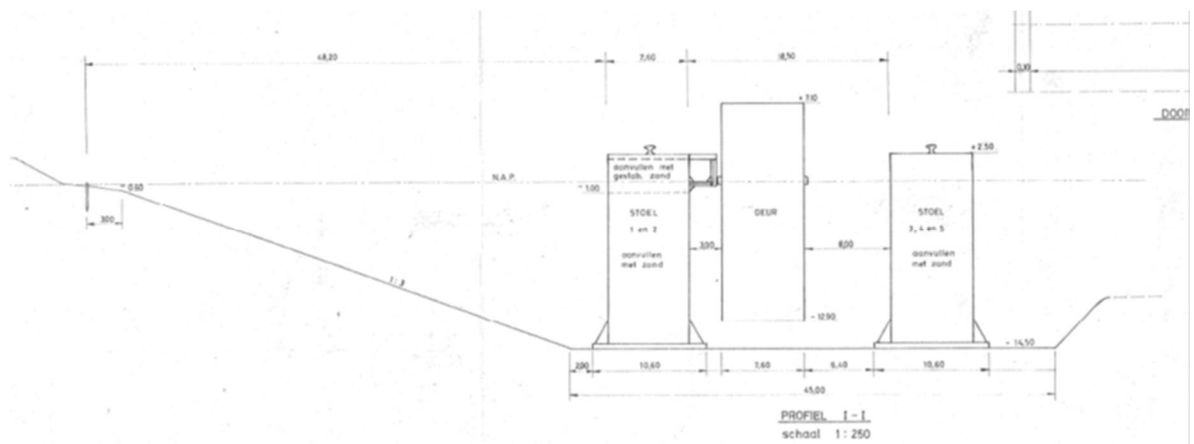
Figuur 1. Plattegrond van het Hydraulisch Ontwerp van Variant 3 van de SO-IJ in RD-coördinaten



Figuur 2. Langdoorsnede van de SO-IJ over de gebogen as (Binnenspuikanaal – toeleidingsgeul), inclusief optie met zoutvang in de Velserkom



Figuur 3. Diepteligging SO-IJ en toeleidingsgeul zoals geschematiseerd in het Delft3D detailmodel, inclusief 'gebogen as' en positie bergplaats reservedeur Noordersluis.



Figuur 4: Dwarsdoorsnede deurenbergplaats. Bron: tekening 73.E.7.1.12.1.PDF