

MODELBSCHRIJVING **Veluwerandmeren**

VERSIE **5^e generatie schematisaties**

SOFTWARE **Baseline 5.3.0., SIMONA 2015**

RELEASES **2015**
baseline-vm-j10_5-v1_ori
baseline-vm-j10_5-v1, waqua-vm-j10_5-v1, sobek-vm-j10_5-v1
baseline-vm-j07_5-v1, waqua-vm-j07_5-v1, sobek-vm-j07_5-v1



geografische ligging

Het model van de Veluwerandmeren omvat het Nuldernauw, Wolderwijd, Veluwemeer en Drontermeer met een oppervlak van ruim 64 km². Er wordt op 3 locaties waterstand gemeten: Nijkerk-oost, Elburgerbrug en Roggebotsluis-zuid. Het voormalige LMW-station Harderwijk-zuid is opgeheven met het verwijderen van de Hardersluis in 2002. LMW-station Harderwijk-noord was voor het laatst beschikbaar in 2006.

Het gebied wordt gevoed door diverse beken, waaronder de Hierdensebeek en Schuitenbeek. Daarnaast zijn er diverse gemalen. Gemaal Lovink nabij Hardersluis loost de meeste afvoer op de Veluwerandmeren. Dit gemaal pompt overtollig water uit Flevoland naar het Veluwemeer (en zorgt ervoor dat het fosfaatgehalte beperkt blijft). Nabij dit gemaal wordt door waterschap Zuiderzeeland de waterstand geregistreerd. Via gemaal de Wenden bij de Gelderse Sluis nabij Noordeinde wordt water uit het afwateringskanaal Gelderse Gracht uit polder Oldebroek naar het Drontermeer gepompt. Bij Harderwijk loost RWZI Harderwijk (gezuiverd) afvalwater.

In het winterhalfjaar geldt een streefpeil van NAP -0.30 m op de Veluwerandmeren. Sinds 2003 is in het zomerhalfjaar het streefpeil NAP + 0.05 m. Overtollig water wordt onder vrij verval geloosd bij de sluisen van Roggebot (naar het Vossemeer) en Nijkerk (naar het Eemmeer).

BASELINE

Voor details van de Baseline- en WAQUA-modellering wordt verwezen naar de rapportage (Bak, 2015).

j10_5 (_ori)

De gebiedschematisatie in Baseline is geactualiseerd met gebiedsveranderingen voor 2010. Vervolgens is middels een roosterafhankelijke technische maatregel in Baseline het Aquaduct bij Harderwijk als barriër gemodelleerd. Deze maatregel was nodig omdat het huidige rooster terplekke te grof is. Deze Baseline schematisatie heeft de naam baseline-frm-j10_5-v1 en daaruit is waqua-frm-j10_5-v1 gegenereerd. Het model baseline-frm-j10_5-v1_ori is het model j10 zonder toevoeging van de maatregel van het theoretische aquaduct. Indien de oorspronkelijke schematisatie van het aquaduct nodig is, dan kan deze baseline schematisatie worden gebruikt.

j07_5

Ten opzichte van j10_5 is met een maatregel de opening in de westelijke havendam zuidwestelijk van de brug in de Knardijk gedicht. Opname van deze maatregel resulteert in baseline-frm-j07_5-v1 en daarvan afgeleid waqua-frm-j07_5-v1. Deze modellen kunnen gebruikt worden voor 2007, maar zijn niet de echte representatie van 2007. Daarvoor zouden meer maatregelen nodig zijn.

WAQUA

Voor details van de Baseline- en WAQUA-modellering wordt verwezen naar de rapportage (Bak, 2015).

roosterafmetingen

Het WAQUA model voor de Veluwerandmeren maakt gebruik van het rooster veluwerandmeren_5-v1. Dit rooster heeft een resolutie variërend van orde 10 m tot 120 m. In de vaargeulen en rond de Knardijk zijn verdichtingen aangebracht. De resolutie en afmetingen van het rooster worden weergegeven in Bijlage **Error! Reference source not found.** Het rooster sluit aan op de roosters van het Markermeer en het IJsselmeer/VechtIJsseldelta.

schematisatie

In de schematisatie zijn de volgende elementen meegenomen:

- Van de 2 open randen wordt alleen de spuisluis bij Nijkerk als open rand in WAQUA gemodelleerd. Het spuien bij Roggebotsluis wordt gerealiseerd met een bronput.
- Bronputten die in het model zijn opgenomen: gemaal Lovink, gemaal de Wenden, RWZI Harderwijk, Hierdensebeek en Schuitenbeek. Van deze bronnen is gemaal Lovink de grootste. Overigens zijn er nog veel meer kleine beken die gezamenlijk een significante bijdrage leveren, die zijn in dit model niet opgenomen. Bijdragen voor deze beken worden doorgaans geschat. Naast beken en gemalen is ook neerslag een belangrijke bron. In de schematisatie wordt neerslag uniform verdeeld over 3 bronputten. De locaties zijn zodanig gekozen dat neerslag min of meer verdeeld is over het totale gebied en gesitueerd zijn op dieper water.
- Een kunstwerk ter plaatse van het Aquaduct bij Harderwijk om de dimensies hiervan mee te nemen op het (hier) diagonale rooster

modelkarakteristieken

Een overzicht van de belangrijkste modelparameters wordt gegeven in onderstaande tabel.

Parameter	Waarde	Beschrijving
EDDYviscositycoeff	1.0 m ² /s	Eddy viscositeit/ turbulentie viscositeit
GRAVITY	9.8130 m/s ²	Zwaartekrachtsversnelling
WATDENSITY	1000.0 kg/m ³	Dichtheid van water
AIRDENSITY	1.2265 kg/m ³	Dichtheid van lucht
ITERCON	20	Maximaal aantal iteraties voor de continuïteitsvergelijking
ITERMOM	8	Maximaal aantal iteraties voor de impulsbalans vergelijking
CHECKCONT	WL	Type convergentiecriteria
ITERACCURWL	0.0005 m	Convergentiecriteria: verschil in waterstanden (WL) < 0.0005
THETAC	0.6	Energieverlies bij overlaten: 40% van de actuele tijdstap en 60% van de vorige tijdstap

Bodemruwheid

Voor de ruwheid van het zomerbed van de Veluwe randmeren wordt een Manning ruwheid met een constante uniforme (alle 5 deelgebieden hetzelfde) waarde van $0.0263 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gebruikt. Dit is een standaard waarde die aan meren wordt toegekend, en komt ook overeen met de ruwheid die wordt gebruikt voor het Markermeer en het IJsselmeer/Vecht/IJsseldelta. Voor ruwheden buiten het zomerbed wordt de algemene tabel (*roughcombination-general-2015_5-v1*) gebruikt.

Windstresscoëfficiënt

De windstresscoëfficiënt is een functie van de windsnelheid u_{10} op 10 meter hoogte boven het oppervlak en zorgt voor een vertaling van de wind naar een stress op het wateroppervlak. In WAQUA wordt deze functie benaderd met een trapvormig profiel met enkele variabele parameters. Conform de IJsselmeer studie (Bak & Vlag, 1997) zijn de waardes van deze parameters gesteld op:

$$\begin{aligned} u_A &= 7.77886 \text{ m/s}, \\ u_B &= 50.0 \text{ m/s}, \\ Cd_A &= 1.36673 \cdot 10^{-3}, \\ Cd_B &= 3.90 \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

Rekentijdstep

De rekestijdsstep heeft invloed op de nauwkeurigheid van het model. Met het Courantgetal C kan gecontroleerd worden of er een voldoende kleine tijdsstep is gebruikt. Een richtlijn hiervoor is $C < 10$. De rekestijdsstep is gesteld op 30 seconden. Afhankelijk van de lokale bodemhoogte en de grootte van het rooster, heeft het Courantgetal C in de ondiepere delen een waarde tussen ongeveer 0.5 en 6. Op de diepere vaargeulen ligt de waarde tussen de 7 en 10. Lokaal in de vaargeul in het Drontermeer komen waarden van 10-17 voor. Uit een gevoeligheidsanalyse bleek dat deze tijdsstep van 30 seconden voldoet.

nauwkeurigheid

Voor de validatie van het Markermeer en de Vecht- en IJsseldelta waren vier stormen geselecteerd. Naast simulaties met ruimtelijk variërende wind zijn er ook simulaties gemaakt met uniforme wind. Er wordt verondersteld dat de wind bij Lelystad sterker zou zijn (open polders) dan boven de randmeren (stedelijker gebied, bos, etc.). Daarom wordt voor sommige stormen een reductiefactor toegepast op de wind bij Lelystad van 85%.

Tabel: Beoordeling modelprestatie per storm absoluut gemiddeld over de stations. H-dscw staat voor Hirlam-downscaling, LL staat voor de gemeten (potentiële) wind bij Lelystad luchthaven

	Januari 2007		December 2011		Oktober 2013		December 2013	
	H-dscw	LL 100%	H-dscw	LL 85%	H-dscw	LL 85%	H-dscw	LL 100%
GV	0.053	0.029	0.096	0.023	0.118	0.039	0.062	0.026
RMSE	0.068	0.048	0.122	0.044	0.133	0.053	0.081	0.040
StDev	0.039	0.038	0.076	0.036	0.058	0.034	0.051	0.030
Δz_{\max}	0.032	0.041	0.155	0.042	0.153	0.051	0.100	0.030

SOBEK

Voor details van de SOBEK-modellering wordt verwezen naar de rapportage (Van der Veen, 2015)

resolutie

Het SOBEK-rekenrooster heeft een afstand van ongeveer 500 meter. Bij kunstwerken wordt gewerkt met afstanden van 10 meter aan beide zijden van het kunstwerk.

schematisatie

De SOBEK-modellen zijn afgeleid uit de Baseline- en WAQUA-modellen met behulp van Baseline en WAQ2PROF. Een riviertakkenstructuur is ontworpen waarin de grotere meren door enkele parallelle takken wordt geschematiseerd. Doel van deze structuur is om zowel de dominante windrichting als de waterkwaliteit goed te kunnen modelleren. Rondom de takken is met behulp van SOBEK-vakken aangegeven welke 2D-oppervlak bij een 1D-rekenpunt hoort. Voor dit rekenpunt is op basis van deze SOBEK-vakken met WAQ2PROF op automatische wijze de dwarsprofielen bepaald voor het gehele model.

In de schematisatie zijn verder de volgende elementen meegenomen:

- Kunstwerken zijn geplaatst bij vernauwingen:
 - Openingen in leidam bij de Knardijk
 - Knardijk_W (hoog in 2007)
 - Knardijk_Z
 - Aquaduct in de Knardijk
- Laterale instromingen bij de modelranden, spui/gemalen, neerslaglocaties

modelkarakteristieken

Parameter	Waarde	Betekenis
Limtyphu1D	1	Deze parameter bepaalt hoe de waterhoogte op een h-punt wordt bepaald voor de continuïteitsvergelijking. Bij deze instelling wordt de waterstand op een snelheidspunt upwind opgehaald.
ladvec1D	2	Het gebruikte advectionschema. Bij deze instelling wordt moment- en energiebehoud gewogen gemiddeld bij vernauwing en verbreding.
MomDilution1D	1	Advection controle volume gebaseerd op gehele oppervlakte
TransitionHeighSD	0.75	De hoogte boven de zomerbedhoogte waarover het oppervlak achter de zomerdijken volledig beschikbaar komt bij een stijgende waterspiegel. [m]
Rekestijdsstep	10	De maximale tijdsstep van het model in de berekening. [min]

Bodemruwheid

Voor de ruwheid van het zomerbed van de Veluwerandmeren is een Manning ruwheid met een constante uniforme (alle 5 deelgebieden hetzelfde) waarde van $0.0263 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gebruikt. Dit is een standaardwaarde die aan meren wordt toegekend en komt ook overeen met de ruwheid die is gebruikt voor het Markermeer en het IJsselmeer/Vecht/IJsseldelta. Voor ruwheden buiten het zomerbed is een Chézy-waarde van $20 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$ gebruikt. Het effect van deze aanname wordt getoetst.

Windshielding

Voor windshielding is een integrale waarde van 1 gebruikt. Dit is de waarde die ook voor de andere meren is gebruikt. Er zal worden onderzocht of het model gevoelig is voor deze parameter.

Windshielding wordt gebruikt om de windschuifspanning te reduceren. In WAQUA wordt de windschuifspanningscoëfficiënten gevarieerd bij de opzet van een model. Deze zijn echter hard geprogrammeerd in SOBEK (0.0005 resp 0.00006).

Naast reductie van de windschuifspanning is ook reductie van de windsnelheid mogelijk. Ook dit zal worden getoetst.

Rekentijdstap

Voor de rekentijdstap is uitgegaan van de voor SOBEK-modellen gebruikelijke waarde van 10 minuten.

software

De volgende programmatuur is gebruikt:

SOBEK : versie SOBEK 3.3.1
 BASELINE : versie 5.2.4.1093
 WAQUA : versie SIMONA 2014
 WAQ2PROF : versie 4.25

nauwkeurigheid

De uitgevoerde validatie is gelijk aan wat eerder besproken is voor WAQUA. Voor de wind is gebruik gemaakt van de wind bij Lelystad zonder toepassing van een reductiefactor.

	jan-07	dec-11	okt-13	dec-13
GV	0.021	0.015	0.068	0.017
RMSE	0.046	0.029	0.082	0.029
StDev	0.048	0.023	0.049	0.031
$\Delta\zeta_{\max}$	0.036	0.033	0.142	0.048
$\Delta\zeta_{\min}$	0.056	0.031	0.049	0.046

literatuur

Van der Veen, R., 2015, *Modelopzet en validatie SOBEK3 Veluwerandmeren*. Rura rapport P151118R

Bak-Eijsberg, C.I., 2015, *Veluwerandmeren WAQUA-model 5de generatie - Modelopzet en validatie*. Deltares rapport 1220072-011-ZWS-0006-v2

Bak, C., & Vlag, D. (1997). *Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied, deel 5 WAQUA modellering*

DISCLAIMER:

De schematisaties zijn opgezet en gekalibreerd met de eerder genoemde softwareversies. Hierbij waren de software versies nog in ontwikkeling en is dus niet gebruik gemaakt van een officiële software-release. Voor uitlevering van de schematisaties wordt gebruik gemaakt van officiële software-releases van Baseline, SIMONA en SOBEK 3. De resultaten van de kalibratiesom kunnen hierdoor enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage over de modelopzet en de kalibratie. Overige verschillen kunnen veroorzaakt worden door het gebruik van andere hardware.

Hoewel de informatie in dit document met de nodige zorgvuldigheid is samengesteld, aanvaarden RWS en Deltares geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onnauwkeurigheden daarin of het gebruik ervan door derden. Deltares en RWS behouden zich het recht voor om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen

