

MODELBESCHRIJVING **Markermeer**

VERSIE 5^e generatie schematisaties

SOFTWARE 2015
SIMONA 2014
Baseline 5.2.4
SOBEK 3.3.1

2013
Baseline 5.2.1, SIMONA 2011- patch 8, Linux, 32 bits,
single precision;

RELEASES 2015
sobek-markermeer-j10_5-v1

2013
baseline-markermeer-j10_5-v1, waqua-markermeer-j10_5-v1
baseline-markermeer-j98_5-v1



geografische ligging

Het model van het Markermeer gebied beslaat

- het Markermeer
- het IJmeer
- het Gooimeer
- het Eemmeer
- het stromingsgebied van de Eem.

Er worden op zes verschillende stations waterstanden gemeten in dit gebied; Houtrib-Zuid, Krabbersgat-Zuid, Edam, Schellingwoude, Hollandse Brug en Nijkerk-West. Daarnaast worden er rivierafvoeren gemeten langs de Eem, aan de Balladelaan in Amersfoort en bij Eemdijk. Afvoer op het gebied via gemalen en (spui)sluizen vindt op meerdere locaties plaats. De vier (spui)sluizen Houtribspuisluis, Krabbersgatspuisluis, Oranjesluizen en de Nijkerkersluis zorgen voor het grootste debiet in het Markermeer gebied.

Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP). De bandijk vormt de grens van het model.

BASELINE

j98_5

Het uitgangspunt voor alle modellen is de Baseline schematisatie van het jaar 1998. Deze schematisatie is door HKV opgebouwd (de Jong, 2010) in Baseline 4. Door Deltares is deze omgezet naar Baseline 5 (j98_5-v1). Daarnaast zijn er in de j98_5-v1 schematisatie correcties doorgevoerd, de belangrijkste hiervan zijn:

- Een aantal ruwheidscodes voor pijlers en gebouwen zijn gecorrigeerd
- Bij de Houtribsluis en bij Almere in de buurt waren gebieden in het Markermeer aangegeven met "sectie 2", deze zijn aangepast in "sectie 1" behorend bij het zomerbed,
- Een aantal meetpunten zijn aangepast,
- In de omgeving van IJburg waren gebouwen en pijlers aanwezig die niet in de 1998 schematisatie thuis hoorden, deze zijn verwijderd en toegevoegd aan de relevante maatregel

Voor uitgebreidere informatie over aanpassingen die in j98_5-v1 zijn gedaan, verwijzen we naar het metadata bestand dat bij de Baseline schematisatie wordt geleverd.

Let op: de correcties die zijn doorgevoerd zijn alleen in de Baseline 5 schematisatie j98_5-v1 gedaan, de Baseline 4 schematisatie j98_4-v1 bevat deze correcties niet.

j10_5

De Baseline schematisatie j98_5-v1 is als basis gebruikt om te komen tot een Baseline schematisatie van het jaar 2010 (j10_5-v1). Om van de 1998 schematisatie naar de 2010 schematisatie te komen, zijn met behulp van Baseline maatregelen wijzigingen doorgevoerd. De eerste versies van deze maatregelen zijn opgebouwd door HKV voor Baseline 4. In een aantal maatregelen zijn

correcties aangebracht door Deltares. In (Van der Mheen, 2013) wordt de gebruikte maatregellijst en een korte omschrijving van elke maatregel (en de eventuele correcties die hierin zijn gedaan) gegeven.

Merk op dat voor de Eem geen dieptegegevens beschikbaar zijn. De diepte van de Eem is in de Baseline schematisaties gesteld op een constante waarde van -3.8 m+NAP.

WAQUA

De modelopzet in WAQUA staat beschreven in Van der Mheen (2013).

roosterafmetingen

Het WAQUA model voor het Markermeer gebied maakt gebruik van het rooster Markermeer_5-v1. Dit rooster heeft een resolutie van ongeveer 150x150 m in het midden van de meren tot een resolutie van 50x15 m in het Eemmeer en het stromingsgebied van de Eem. Hierbij ligt de lange zijde van het rooster parallel aan de stromingsrichting van de Eem en in het Eemmeer parallel aan de vaargeul. Het rooster sluit aan op de roosters van het IJsselmeer en de Veluwerandmeren.

schematisatie

In de volledige WAQUA-schematisatie (j10_5-v1) zijn de volgende elementen meegenomen:

- De aanleg van de eilanden bij IJburg
- De aanleg van het naviduct en Enkhuizerrietmoeras bij de Houtribdijk in 2003.

Er zijn diverse data bronnen gebruikt en er is gewerkt conform de Dienstspectificatie Invoer Baseline. De belangrijkste bron voor de boven water liggende gegevens is het Digitaal Topografisch Bestand (DTB)-NAT van RWS-CIV. Voor de onderwatergegevens wordt gebruik gemaakt van lodingen van de Meetdienst van RWS-CIV.

De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven, waarbij gebruik is gemaakt van de 1^e herziene en 2^e herziene cyclus ecotopenkartering uit respectievelijk 1997 (Jansen & Van Splunder, 2000) en 2005 (Kers, e.a., 2007).

Modelkarakteristieken

Het model wordt alleen in 2D (WAQUA) gedraaid. Voor het draaien van het model worden de volgende parameterinstellingen aangehouden:

Parameter	Waarde	Beschrijving
EDDYviscositycoeff	1.0 m ² s ⁻¹	Eddy viscositeit/ turbulentie viscositeit
WIND_CdA	7.77886 ms ⁻¹	Coefficiënten voor berekening van windsnelheidafhankelijke Cd-coëfficiënt:
WIND_CdB	50.0 ms ⁻¹	
CdA	1.36673·10 ⁻³	windsnelheid < WIND_CdA: Cd = CdA
CdB	3.90·10 ⁻³	windsnelheid > WIND_CdB: Cd = CdB

GRAVITY	9.8130 ms ⁻²	Zwaartekrachtsversnelling
WATDENSITY	1000.0 kgm ⁻³	Dichtheid van water
AIRDENSITY	1.2050 kgm ⁻³	Dichtheid van lucht
INTERCON	20	Maximaal aantal iteraties voor de continuïteitsvergelijking
INTERMOM	8	Maximaal aantal iteraties voor de impulsbalans vergelijking
CHECKCONT	WL	Convergentiecriteria: verschil in waterstanden (WL) < 0.0005 m
ITERACCURWL	0.0005 m	
THETAC	0.6	Energieverlies bij overlaten: 40% van de actuele tijdstap en 60% van de voorgaande tijdstap

¹ Tijdens de kalibratie stond deze waarde nog op 1.2050. Dit is later aangepast en verwerkt in een nieuwe versie van de WAQUA-modellen

- **Ruwheid:** Voor de ruwheid van het Markermeer, IJmeer en de randmeren wordt een Manning ruwheid met een constante waarde van 0.0263 m^{1/3}/s gebruikt. Dit is een standaard waarde die aan meren wordt toegekend, deze komt ook overeen met de ruwheid die in het Onafhankelijk Onderzoek Markermeer (Waterloopkundig Laboratorium, 1997) is gebruikt. De Eem krijgt een aparte ruwheid. Hiervoor wordt een Nikuradse ruwheid opgelegd met een default waarde van 0.05. Deze waarde komt overeen met de waarde die in het WAQUA-model uit 2005 (Alkyon, 2005) wordt gebruikt.
- **Ruwheid:** Voor de ruwheden van het winterbed is uitgegaan van de formuleringen zoals beschreven in het handboek "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden" (Velzen et al., 2003a en 2003b). De winterbedruwheden worden niet gevarieerd. De ruwheidsdefinities zijn opgesplitst in twee roughcombination-bestanden: een vast bestand dat voor alle Nederlandse gebieden geldt en een bestand dat de zomerbedruwheden van het Markermeer, IJmeer, Gooimeer, Eemmeer en de Eem bevat.
- **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 overeenstemming met de IJsselmeer studie van Bak & Vlag (Bak & Vlag, 1997), is uitgegaan van $\alpha=0.9$ en $\beta=0.06$ s/m. Voor windsnelheden lager dan een bepaalde grenswaarde $WIND_{CdA}$ wordt een constante windstresscoëfficiënt CdA voorgeschreven. Windsnelheden hoger dan $WIND_{CdB}$ krijgen als windstresscoëfficiënt de grenswaarde CdB opgelegd. De waardes voor deze parameters zijn gekozen conform de IJsselmeer studie (Bak & Vlag, 1997).
- De rekentijdstap is ingesteld op 30 s. Afhankelijk van de lokale bodemhoogte en de grootte van het rooster, heeft het Courantgetal C in de meren een waarde tussen ongeveer 1 en 8. Dit leidt tot voldoende nauwkeurigheid in de meren. In de Eem heeft het Courantgetal hogere waarden, lokaal komen waardes van 24 voor.
- De windvelden die gebruikt zijn voor de validatie zijn op basis van een downscaling van HIRLAM-11 windvelden. Dit is een weermodel van het KNMI met

een resolutie van 11 kilometer. Dit wordt met de downscaling verhoogd naar 500 meter.

- Voor de gebruikte software versies wordt verwezen naar de eerste pagina van deze factsheet.

nauwkeurigheid

Het WAQUA model voor het Markermeer gebied is gevalideerd aan de hand van vier stormperiodes.

Het gemiddeld verschil GV , het gemiddeld absoluut verschil GAV en het verschil in piek waterstand $\Delta\zeta_{max}$ zijn gegeven voor elk van de vier stormperiodes (in meters). Dit wordt gedaan voor de volledige stormperiode en voor de periode rondom de piek waterstand. De resultaten voor elk van zes waterstand stations en gemiddeld over de stations worden gegeven. Bij de bepaling van dit gemiddelde is de absolute waarde van het resultaat bij elk station gebruikt.

Storm	RMSE	GV	σ	$\Delta\zeta_{max}$
Storm 2006	0.038	0.009	0.037	0.072
Storm 2007	0.152	0.077	0.132	0.176
Storm 2011	0.068	0.031	0.06	0.104
Storm 2013	0.076	0.057	0.049	0.079

Tabel 1. Statistiek WAQUA voor gehele stormperiode

Stormpiek	RMSE	GV	σ	$\Delta\zeta_{max}$
Storm 2006	0.06	0.036	0.048	0.072
Storm 2007	0.24	0.203	0.137	0.178
Storm 2011	0.099	0.077	0.06	0.114
Storm 2013	0.083	0.076	0.029	0.081

Tabel 2. Statistiek WAQUA voor maximum rondom de stormpiek

Uit de resultaten van de validatie van het Markermeer blijkt dat over het algemeen het verloop van de berekende waterstanden goed overeenkomt met de metingen. Gemiddeld over alle stormperiodes en over alle stations wordt het acceptatiecriterium van $\Delta\zeta_{max} \leq 20$ cm ruim gehaald.

SOBEK

De modelopzet in SOBEK3 staat beschreven in Horváth (2015).

rekenrooster

De knopen-takken structuur van de SOBEK-schematisatie is gebaseerd op de ligging van de vaargeulen en de toepassing van de wagenwiel-structuur op de meren (Alvarez & Verwey, 2000). De locaties van de knopen zijn gebaseerd op een inschatting van toekomstig gebruik voor LSM.

Het rekenrooster heeft een afstand van ongeveer 500 meter in het riviergedeelte, conform het huidige SOBEK 2-model en de overige SOBEK 3-modellen. De SOBEK-vakken zijn op de meren opgezet conform de zogeheten wagenwiel-structuur en zijn daar relatief groot. Een SOBEK-vak kan hierdoor meerdere rekenpunten hebben.

schematisatie

De dwarsprofielen en winterbedruwheden van de takken zijn gebaseerd op de overeenkomstige Baseline- en WAQUA-schematisaties (baseline-mm-j10_5-v1 en waqua-mm-j10_5-v1) door middel van de vertaling naar SOBEK-profielen via het programma WAQ2PROF.

modelkarakteristieken

Het zomerbed is in dezelfde ruwheidstrajecten verdeeld als in het WAQUA-model.

Voor het draaien van het model worden de volgende parameterinstellingen in SOBEK3 aangehouden:

parameter	waarde	beschrijving
limtyphu1D	1	De waterstand op een snelheidspunt wordt geschat opwind in de omliggende profielen.
iadvec1D	2	Moment- en energiebehoud wordt gewogen gemiddeld bij vernauwing en verbreding.
MomDilution1D	1	Advectie controle Volume gebaseerd op gehele oppervlakte.
TransitionheightSD	0.75 m	De hoogte waarover het volume achter de zomerdijken beschikbaar komt bij een stijgende waterspiegel
Timestep	10 min	Maximale tijdstap
Interpolation	Linear	Als een observatiepunt niet op een rekenpunt ligt, moet er geïnterpoleerd worden. Bij default staat deze parameter op 'Nearest', dan wordt er niet geïnterpoleerd, maar wordt de waarde van het dichtbijzijnde rekenpunt gegeven. Met 'Linear' wordt lineair geïnterpoleerd.

Het model wordt aangestuurd op de bovenranden bij de Eem en vier sluizen: Nijkerkerluis, Oranjesluis, Krabbersgatpui-sluisen en Houtribpui-sluisen.

De randvoorwaarden voor verificatie zijn afkomstig van verschillende bronnen. Afvoerrandvoorwaarden zijn afkomstig van metingen. Windrandvoorwaarden zijn gemeten waarden bij station Wijdenes.

nauwkeurigheid

In de rapportage (Horváth, 2015) is het nieuwe SOBEK 3-model vergeleken met waterstandsmetingen voor verschillende stormperiodes. De waterstandspieken tijdens de doorgerekende stormperiodes worden in de meeste stations correct gerepresenteerd, zowel in ruimte als tijd. De afwijking ten opzichte van de meting is over

het algemeen minder dan 20 cm, behalve voor de stormperiode van 2007. De afwijkingen die worden gevonden tussen modelresultaten en metingen zijn in de meeste gevallen consistent met wat voor het WAQUA-model van hetzelfde gebied (Mheen, 2013) is gevonden. De resultaten zijn, net als voor het WAQUA-model, sterk afhankelijk van een juiste schematisatie van de wind. Verbeteringen hierin zullen leiden tot verbeterde resultaten.

Onderstaande tabellen tonen de modelresultaten gemiddeld over alle stations voor zowel de gehele storm, als de periode rond het maximum (de stormpiek) (in meters).

Storm	GV	RMSE	σ
Storm 2006	0.04	0.053	0.047
Storm 2007	0.142	0.182	0.131
Storm 2011	0.047	0.063	0.05
Storm 2013	0.046	0.057	0.04

Tabel 3. Statistiek SOBEK3 voor gehele stormperiode

Stormpiek	GV	RMSE	σ	$\Delta\zeta_{\max}$
Storm 2006	0.057	0.068	0.046	0.09
Storm 2007	0.225	0.249	0.131	0.276
Storm 2011	0.087	0.093	0.059	0.087
Storm 2013	0.072	0.076	0.031	0.062

Tabel 4. Statistiek SOBEK3 voor maximum rond de stormpiek

literatuur

- de Jong, A. (2010). Kwaliteitsrapportage Merengebied - Actualisatie modelschematisatie in Baseline 4.
- van der Mheen, M. (2013). Markermeer WAQUA model 5de generatie - modelopzet en validatie, Deltares report, 1207880-009
- Waterloopkundig Laboratorium. (1997). Onafhankelijk onderzoek Markermeer, fase 1b-2 - Bouw Delft2D systeem.
- Alkyon. (2005). Uitbreiding WAQUA schematisatie Markermeer, fase 2.
- Bak, C., & Vlag, D. (1997). Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied, deel 5 WAQUA modellering, concept n24.
- Horváth, K. (2015). Development of a SOBEK 3 model of the Markermeer. Deltares rapport 1220072-009-ZWS-0011
- Fabian Alvarez, A. Verwey. (2000). Simulation of wind set-up on lakes in a one-dimensional model schematization. Hydroinformatics 2000. Iowa, USA.
- Jansen, B.J.M., Van Splunder, I. (2000). Ecotopenkartering IJsselmeergebied 1996/1997. RIZA rapport 2000.033, ISBN 9036953308.

9. Willems, D., A. Tabak, P. Jesse, A.S. Kers & K.W. van Dort (2007). Ecotopenkartering IJsselmeergebied 2004, RWS rapport, 16 maart 2007.

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 SobekRe/3. De resultaten van de kalibratie-som kunnen hierdoor enigszins afwijken van het geen 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. om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 17
8200 AA Lelystad
T+31 (0)320 298 411
www.rijkswaterstaat.nl

Deltares

Postbus 177
2600 MH Delft
T+31 (0)15 285 85 85
info@deltares.nl
www.deltares.nl