

Verslag

Datum verslag 18 december 2018	Ons kenmerk 11202177-000-ZKS-0014	Project 11202177-000	Opgesteld door Thijs van Kessel
--	---	--------------------------------	---

Datum bespreking 4 oktober 2018	Aantal pagina's 9
---	-----------------------------

Vergadering
workshop baggerhoeveelheden 2018

Aanwezig
Aad Fioole (RWS-CIV), Almer de Swaaf (RWS-WVL), Ernst Lofvers (RWS-NN), Henk van den Boogaard (Deltares), Herman Mulder (RWS-WVL), Thijs van Kessel (Deltares), Zheng Wang (Deltares)

Afwezig
Jelmer Cleveringa (Arcadis)

Verslag workshop baggerhoeveelheden 2018

1.1 Welkom en introductie

Herman Mulder heet iedereen welkom en start met een korte introductie m.b.v. enkele slides. Hierin worden de achtergrond (baggerprognoses voor Rijkswaterstaat die vanuit GPO gevraagd worden, voor de komende 3 à 6 jaar, en van belang voor contractvorming, vaarwegbeheer, scenario's voor beleid zoals te verwachten baggervolumes bij verleggen vaarwegen of andere geulen, etc.) en het doel van de bijeenkomst uitgelegd. Zie slides in Bijlage A.

Een voorspelling van baggerhoeveelheden is nuttig t.b.v. gebiedsbeheer. Deze voorspelling wordt jaarlijks toegeleverd aan primair Max van Oers (RWS GPO), naast andere belanghebbenden binnen RWS.

Thijs: hiernaast ook nuttig voor systeembegrip, en inzicht in en signaalfunctie voor de toestand van de Waddenzee.

Almer: Een aantal dingen loopt hier door elkaar heen, zoals voorspellingen, data en cijfers, maar ook ambities van het RWS-management om de groeiende jaarlijkse baggervolumes te reduceren. Voorspellingen en inzichten in cijfers zijn verschillende dingen. Er is ook behoefte aan een reductie van baggervolumes. Dat moeten we goed uit elkaar houden en ons hier op voorspelmethode concentreren.

Herman: naast hydro-morfologische effecten op de baggervolumes zijn er ook andere factoren, b.v. ploegen wordt onder het huidige contract van Holwerd niet bij het baggervolume geteld, maar onder het vorige contract wel. Dit heeft ook effect op baggercijfers.

Almer: onderscheid tussen korte termijn en lange termijn voorspellingen. Een voor RWS, ander door baggeraar.

Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
2 van 9

Beperking: we kijken nu naar de Waddenzee, andere gebieden vallen erbuiten maar in de toekomst kan dit meer generiek worden ingestoken.

Wang: Gegeven dat ondertussen al voor veel jaren prognoses zijn gemaakt is een confrontatie tussen voorspelde en gerealiseerde baggervolumes zeer interessant. Dit geeft aan hoe goed een methode al is en wat het effect is van verdere verbeteringen. Herman geeft aan dat hij deze confrontatie enkele malen heeft uitgevoerd. De betrouwbaarheid van de huidige methode is sterk afhankelijk van de omvang van het baggervolume. Voor het totale volume van de Waddenzee is deze enkele procenten, maar voor een klein baggervolume kan dit enkele honderden procenten zijn.

Wang: een voorspelling met een nauwkeurigheid van 3 tot 5% is toch al heel goed.

Herman noemt in een discussie over ook betrekken van bodemliggingen in de tijd, sedimentatie en erosie, en daaruit afleidbare balansen dat hij niet veel gegevens heeft van bodempeilingen.

1.2 Overzicht van verschillende voorspelmethodes

Zie hiervoor de tabellen in Bijlage B met deze overzichten. De volgende methodes komen hierin aan bod:

- Huidige methode (Mulder-Prognosetool)
- Regressiemodel STAP-BV (Van den Boogaard)
- SURFTREND (Fioole)
- ASMITA/Drempelmodel (Wang)
- Delft3D (Deltares)
- Geulmodel (Mulder)

1.3 Presentaties voorspelmethodes

Van de voornoemde methodes komen sommigen in meer detail terug in aparte presentaties, namelijk:

- Regressiemodel STAP-BV, zie Bijlage C
- ASMITA, zie Bijlage D
- Geulmodel Mulder, zie Bijlage E

Aad: op basis van peilingen kan het nauwkeuriger, maar dan zijn er wel peilingen nodig voor en na de baggercampagne. Probleem: toegankelijkheid van gegevens, afspraken maken in contracten met baggeraar voor aanleveren.

STAP-BV: aantal zaken zitten er nog niet in qua parameters, o.a. morfologische parameters. Henk: spui bij Lauwersoog niet beschikbaar. Ernst: opvraagbaar bij Waterschap Noorderzijlvest. Waddenzee totaalvolume bevat dubbeltellingen bij aggregatie, nog te corrigeren. Vanaf 2010 ander spuibehaar Afsluitdijk? Discussie over de aanwezigheid van trends in data.

Herman: fluctuaties in trends toch wel nuttig om te bepalen i.v.m. het verkrijgen van inzicht. Bij de uitkomsten is discussie over de begripsvorming, en met name wat lijkt te worden gevonden als belangrijkste verklarende factoren (spuidebieten en saliniteiten in tegenstelling tot waterstanden en golven) voor de baggervolumes.

Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
3 van 9

Discussie over SURFTREND, vooral geschikt voor hoogfrequente bodemdata (d.w.z. een voldoende aantal punten is nodig om trendbreuken te identificeren).

Delft3D: verschil tussen morfostatisch en morfodynamisch rekenen. Initiële transporten berekenen gegeven recente bathymetrie gaat beter dan berekening van lange termijn morfologische ontwikkeling.

De modellen van Wang (ASMITA) en Mulder tonen een opvallende overeenkomst in de formule voor sedimentatie. Discussie in hoeverre de ASMITA-aanpak toepasbaar is op de Waddenzee.

Meetboei in Amelanders zeegat beschikbaar, info bij Ernst

Aad: gestandaardiseerde baggerfuncties ook plotten in grafiek.

1.4 Afsluitende discussie

Na deze presentaties en korte discussies start om 15:30 de bredere discussie. Vanwege uitloop van de presentaties is hiervoor nog circa een half uur beschikbaar.

Herman: verklaring trends en variaties. Variabiliteit wordt verklaard uit factoren. Trends vooral uit tijdsfactor.

Gebruik van toekomstige data: dit is een lastig punt voor voorspel- i.p.v. regressiemodellen omdat de toekomstige wind, golven, waterstandsopzet, zoetwaterafvoer etc. niet gekend is. Ook is niet duidelijk of er over meerdere jaren een zekere autocorrelatie bestaat voor die grootheden die bij voorspellingen gebruikt zou kunnen worden. Er kunnen wel gemiddelden en onder- en bovengrenzen worden gebruikt om zo een voorspelling met bandbreedte te maken. In het regressiemodel kan mogelijk beter het getijverschil dan de overschrijdingskans van een bepaalde waterstand worden gebruikt. In de hoogwaterstand zit ook de invloed van 18,6 jaar component en de windopzet. Ook kan mogelijk beter de gemiddelde i.p.v. de maximale golfhoogte worden gebruikt.

Er zijn 3 smaken van modellering, namelijk statistisch, procesgestuurd geschematiseerd, en procesgestuurd numeriek.

Er zijn ook verschillende toepassingsgebieden met verschillende tijdschalen, en verschillende verhouding tussen zand- en slibdominantie, namelijk: haven, vaargeul, drempel. Voor elke situatie kan een ander model optimaal zijn. Waarop richten we ons met name? Sommige schommelingen hebben te maken menselijke factoren als baggercontracten en beheer.

Almer: locatie van spui ook een aandachtspunt, zeker in havens.

Herman: resultaten regressiemodel vastleggen en hierop reflecteren. Later waarschijnlijk meer op procestoer i.v.m. begripvorming. De noodzaak om huidige methode te verbeteren is momenteel niet dringend, al zijn er specifieke gebieden die aandacht vereisen (Vaarweg Ameland, Boontjes)

Almer: belangrijkste gebieden doen, kleine geultjes laten zitten. Belang van vraag RWS.

Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
4 van 9

1.5 Sluiting

Herman sluit de workshop even na 16:00u af. Deltares maakt het verslag en stuurt dit in concept rond, ook aan Jelmer Cleveringa (Arcadis) die niet aanwezig kon zijn. Deltares verwerkt ook de resultaten van het regressiemodel in een memo en voegt nog een reflectie toe m.b.t. toepasbaarheid.

Bijlagen:

Bijlage A: Introductie en doel (door Herman Mulder)

Bijlage B: Overzicht voorspelmodellen met beknopte beschrijving

Bijlage C: Presentatie door Henk van den Boogaard over regressiemodel STAP-BV

Bijlage D: Presentatie door Zheng Wang over ASMITA

Bijlage E: Presentatie door Herman Mulder over geschematiseerd procesgedreven voorspelmodel



Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
5 van 9

Bijlage A: Introductie en doel (door Herman Mulder)

Agenda

1. Opening en introductie
 - a) Deelnemers
 - b) Stilstaan bij nut van prognoses
 - c) Doelstelling
 - d) Terugblik 2017 en afspraken 2018
 - e) Agenda

2. Informatie (inleiding plus presentatie Deltares)
 - a) Relevante kennisontwikkeling
 - b) Hydromorfologische verklarende factoren
 - c) Mogelijke prognosemethoden

3. Discussie
 - a) Welke kennis is bruikbaar?
 - b) Welke hydromorfologische factoren zijn belangrijk (causaliteit) en bruikbaar (voorspelbaarheid)?
 - c) Welke methoden zijn bruikbaar?
 - d) Hoe nu verder?

4. Formuleren conclusies en aanbevelingen

Nut voorspellingen en Doel bijeenkomst

Nut voorspellingen:

- Programmering RWS (hoeveelheden en kosten) [3-6 jaar]
- Contractvorming (keuze tussen regie en prestatie) [3 jaar]
- Vaarwegbeheer (mogelijke knelpunten; effecten van maatregelen; peilfrequentie) [maand-jaar]
- Scenario's voor beleid (effecten beleid) [jaren-decennia]

Doel bijeenkomst:

- Beoordelen van de bruikbaarheid van de hydromorfologische factoren voor een voorspelling van baggerhoeveelheden
- Aanbevelingen voor de toepassing/implementatie van voorspelmethodes.

Resultaten vorige workshop (9-11-2017)

- Vooral aandacht voor begripsvorming (verklaring van de ontwikkelingen)
- Daarna technieken doorontwikkelen, met onderscheid tussen de grote en kleine schaal
- Goede ontsluiting (alle) baggergegevens nodig
- Afweging kosten/opbrengst voorspelmethode
- Invloed veranderingen in stortstrategie
- Regressiemodel Deltares:
 - vragen t.a.v. betrouwbaarheid en schijnrelaties
 - stapsgewijze meervoudige regressie? (Fioole)
- HKV-model (o.a. Delft3D):
 - windsnelheid belangrijk voor korte termijn prognose

Afspraken 2018 (PvA)

Verbetering Prognosemethode baggerhoeveelheden (Activiteit 8)

1. *Werken aan begripsvorming*: causaliteit en fysische betekenis zijn nog onvoldoende duidelijk
 - Analyse van de meest relevante verklarende factoren. Voor “echte” voorspellingen moeten aannames worden gedaan over toekomstige hydro-meteocondities.
 - Verkenning van de SURFTREND tool: perspectieven voor het verder verbeteren van baggervolumeprognoses?
2. *Rekening houden met flankerende ontwikkelingen*: in een bijeenkomst
 - Inventarisatie lopende studie die relevant zijn voor kennis ten behoeve van de ontwikkeling van baggervolumes.
 - Toetsing begripsvorming.

Go/no-go beslissing voor het uitbreiden of aanpassen van het regressiemodel

Producten:

1. Bijeenkomst met notulen en aanbevelingen
2. Memo met resultaten van de analyses in stap 1



Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
6 van 9

Bijlage B: Overzicht voorspelmodellen met beknopte beschrijving

Huidige methode (Mulder; Prognosetool Excel)

Fysische processen	Geen
Statistische methode	5-jaar gemiddelde of trend (3, 5 of 10 jaar) Op basis van jaarcijfers
Fysische stuurvariabelen	Geen
Niet-fysische stuurvariabelen	Beoordeling trend op basis van expert-judgement
Tijdschaal prognose	3- 6 jaar (op baren)
Ruimteschaal prognose	Baggervak plus aggregaties tot gehele Waddenzee
Betrouwbaarheid (hindcast)	Percentage afhankelijk van ruimteschaal /baggervolume (enkele honderden voor kleine tot enkele procenten voor zeer grote hoeveelheden)
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	N.v.t.
Bandbreedte prognose	Wordt niet expliciet gegeven.

STAP_BV (STatistische Analyse en Prognoses BaggerVolumes) (vd Boogaard et al., 2018)

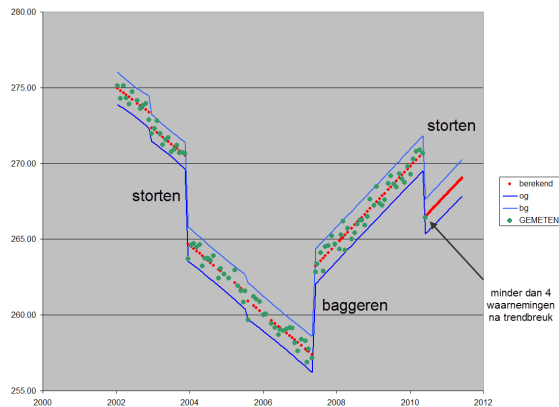
Fysische processen	Niet expliciet gemodelleerd.
Statistische methode	Ja, (prototype, en vooralsnog lineair) regressiemodel voor analyse van de relatie van historische baggervolumes op locaties in de Waddenzee met de daarin opgetreden hydro(morfologische) systeemcondities
Fysische stuurvariabelen	Representanten van (in totaal 10) gemeten waterstanden, golfhoogten, saliniteiten, en spuidebieten in de Waddenzee
Niet-fysische stuurvariabelen	Lineair in de tijd verlopende trend. Naar wens andere grootheden voor zover gewenst of beschikbaar.
Tijdschaal prognose	Doelvariabele en invloedsfactoren op basis van jaarwaarden
Ruimteschaal prognose	Per baggerlocatie een afzonderlijk regressiemodel
Betrouwbaarheid (hindcast)	Relatief het beste op locaties met de grootste baggervolumes. Nog niet in kwantitatieve vorm vastgesteld.
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	Nog niet nader geëvalueerd maar vermoedelijk beperkt en moet met statistische karakteristieken worden gewerkt.
Bandbreedte prognose	Nog geen onzekerheden kwantitatief vastgesteld.

SURFTREND (Fioole)

Fysische processen	geen
Statistische methode	Stepwise regression using prediction interval
Fysische stuurvariabelen	geen
Niet-fysische stuurvariabelen	Moment van meten en onzekerheid in meetwaarden
Tijdschaal prognose	Zelf te kiezen (maand, jaar)
Ruimteschaal prognose	geen
Betrouwbaarheid (hindcast)	Kan zelf gekozen worden (bv 90%), metingen liggen binnen betrouwbaarheidsinterval
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	geen
Bandbreedte prognose	90% voorspellingsinterval, afhankelijk van duur laatste trend en spreiding om de trend

Voorbeeld SURFTREND

Bodemontwikkeling in de tijd (SURFTREND) op rasterniveau



•Applicatie hanteert laatste trend als aantal waarnemingen minder dan 4 is.

Eigenschappen Delft3D

Fysische processen	Hydrodynamica en sedimenttransport
Statistische methode	n.v.t.
Fysische stuurvariabelen	Getij, wind, golven, zoetwaterafvoer, temperatuur, sedimenteigenschappen, geometrie
Niet-fysische stuurvariabelen	n.v.t.
Tijdschaal prognose	Dagen tot jaren (sterk afhankelijk van resolutie)
Ruimteschaal prognose	Lokaal. In principe ook grootschaliger prognoses mogelijk, maar dit wordt beperkt door resolutie en/of rekentijd
Betrouwbaarheid (hindcast)	Afhankelijk van modelkalibratie
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	Getij uitstekend, wind, golven en zoetwaterafvoer beperkt voorspelbaar maar hiervoor is klimatologie bruikbaar
Bandbreedte prognose	Mogelijk maar beperkt door rekentijd (beperkt aantal simulaties)

Gebaseerd op ASMITA model principe (Wang e.a. 2003)

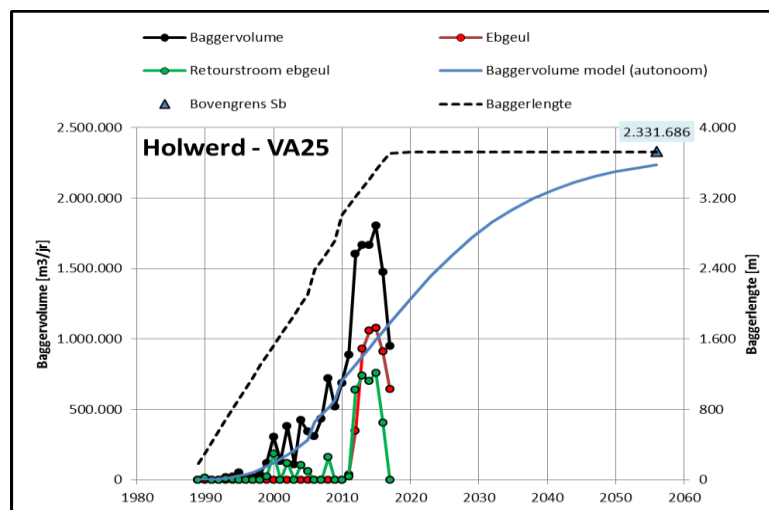
Fysische processen	Evenwichtsdiepte (natuurlijke diepte) (geaggregeerde) zwevend sedimenttransport: depositie, dispersie door getijbeweging
Statistische methode	Nee
Fysische stuurvariabelen	Evenwichtsdiepte – te onderhouden diepte – te onderhouden opp. Valsnelheid, dispersiecoëfficiënt, achtergrondconcentratie Macht transport formulering
Niet-fysische stuurvariabelen	-
Tijdschaal prognose	N.v.t.
Ruimteschaal prognose	baggerlocatie
Betrouwbaarheid (hindcast)	Enige ervaring in de Westerschelde
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	Afhankelijk hoe goed wij iets kunnen zeggen over evenwichtsdiepte (natuurlijke diepte als er niet wordt gebaggerd). Het kan een ontwikkeling in tijd vertonen.
Bandbreedte prognose	Eventueel via stochastische modellering te bepalen

Geulmodel Mulder (autonome morfologische trend)

Fysische processen	<ul style="list-style-type: none"> Verandering evenwichtsprofiel (onder GLW) geschematiseerd in tijd (decennia) en ruimte (lengte geul) Sedimentatiesnelheid evenredig met afwijking baggerprofiel van evenwichtsprofiel; bovengrens aan sedimentatiesnelheid
Statistische methode	Nee (variatie in baggervolumes van jaar tot jaar eventueel uitmiddelen)
Fysische stuurvariabelen	<ul style="list-style-type: none"> Evolutie evenwichtsprofiel in ruimte en tijd Exponent sedimenttransport Begrenzing baggervak
Niet-fysische stuurvariabelen	Keuze stortlocaties i.v.m. retourstroom
Tijdschaal prognose	Jaar – decennium
Ruimteschaal prognose	Geul
Betrouwbaarheid (hindcast)	Nog weinig van bekend (redelijk voor baggervak Holwerd-VA25)
Voorspelbaarheid stuurvariabelen	Eerste inschatting: redelijk, maar afhankelijk van duidelijke lokale morfologische ontwikkelingen
Bandbreedte prognose	Via gevoeligheidsonderzoek vast te stellen

Voorbeeld geulmodel

- Baggervolumes door autonome morfologisch ontwikkeling





Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
7 van 9

Bijlage C: Presentatie door Henk van den Boogaard over regressiemodel STAP-BV



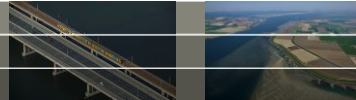
Prognose baggerhoeveelheden Waddenzee

Henk van den Boogaard
Thijs van Kessel

KPP Kennisontwikkeling morfologie Waddenzee

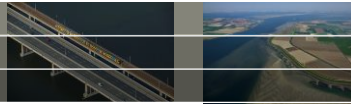
23 oktober 2018

Opzet presentatie



1. Werkzaamheden 2018 in vogelvlucht
2. Geheugen opruisen: resultaten 2017
3. Nieuwe resultaten 2018

2018 in vogelvlucht



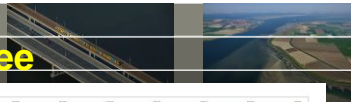
- Werken aan begripsvorming ontwikkeling baggervolumes
 - Analyse verklarende factoren, causaliteit
 - Verkenning stepwise multiple regression
- Rekening houden met flankerende ontwikkelingen
 - KPP/KRW Wadden
 - Holwerd
 - Deze workshop

- Besluit uitbreiden of aanpassen regressiemodel
- Alternatieven, o.a.
 - Procesgedreven geschematiseerd model
 - Procesgedreven numeriek model

23 oktober 2018

3

Overzicht baggeren Waddenzee



Hoe zat het ook al weer de vorige keer ?

2017

(met aanvulling data t/m 2016)

23 oktober 2018

5

Deltares

Regressieanalyse baggerhoeveelheden WZ

- **Correlatie/Regressie analyse**

van waargenomen baggerhoeveelheden
en voor dezelfde periode beschikbare metingen van grootheden
die de fysische systeemcondities in Waddenzee representeren.

- Waterstanden (3): Nes, Harlingen, Den Helder
- Significante golfhoogten (2): Schiermonnikoog, Eierlandse Gat
- Zoetwaterafvoeren/spuidebieten (2): Den Oever, Kornwerderzand
- Saliniteiten (3): Vliestroom, Dantzig Gat, Marsdiep Noord

Niet:

- Data van Lauwersoog (waterstand, spuiafvoeren) ← *onvoldoende dekking in tijd*
- Windsnelheid of richting
- Slibconcentraties in waterkolom
- Bodemhoogte
- Bodemsamenstelling
- Etc.

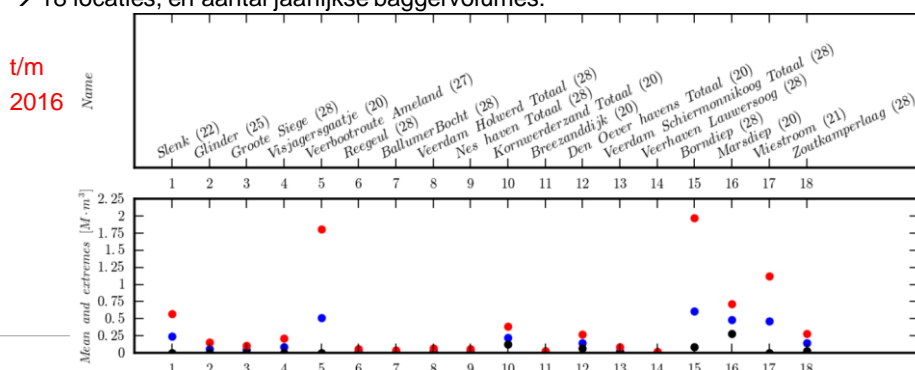
23 oktober 2018

6

Deltares

Opzet correlatie/regressie analyse (1)

- Baggervolumes beschikbaar vanaf 1989 t/m 2014 → nu t/m 2016
- Voor diverse locaties later dan vanaf 1989, en/of diverse andere ontbrekende waarden
- Jaarwaarden vanaf 1989; maandwaarden pas vanaf 2010
- Jaarwaarden als doelvariabele (maximaal 26 per locatie) → nu 28
- Selectie van locaties met “voldoende” reguliere waarden (minstens 18)
- 18 locaties, en aantal jaarlijkse baggervolumes:



Opzet correlatie/regressie analyse (2)

- Verklarende variabelen: 10+1
 - +1 voor de tijd t , voor temporele trends niet bevat in de fysische variabelen
- Tijdreeksen met verschillende resoluties
 - 10 minuten (waterstanden), 1 uur (golven), 1 dag (spuidebieten), 2 weken of zelfs per maand (saliniteit)
- Baggervolumes in *jaarwaarden*
 - Temporele aggregatie van de verklarende variabelen
 - Ook naar een representatieve jaarwaarde
 - ? Hoe dat te doen?

“Waterstanden en/of golven: extremen en/of overschrijdingsduren meer bepalend voor erosie/sedimentatie dan gemiddeld gedrag”

Opzet correlatie/regressie analyse (3)

Waterstanden en golven:

- Niveau $X(P)$ is bepaald dat in 1989-2014 in $P=97.5\%$ van de tijd wordt onderschreden (ofwel 2.5% overschreden).
- Per jaar is de overschrijdingsduur van $X(P)$ bepaald
→ Jaarwaarde voor die grootheid.

Spuidebieten en saliniteit

- Te lage temporele dichtheid voor solide overschrijdenduren
- Per jaar de 50% kwantielwaarde van de metingen
→ Jaarwaarde voor die grootheid

Normering/schaling voor *tekenen en vergelijken factoren(en nu niet rekenen)*

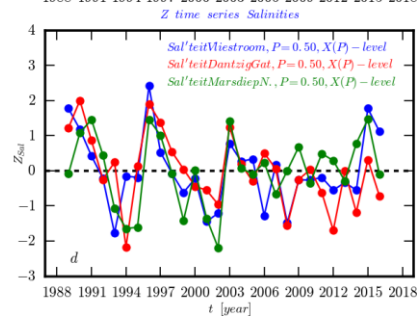
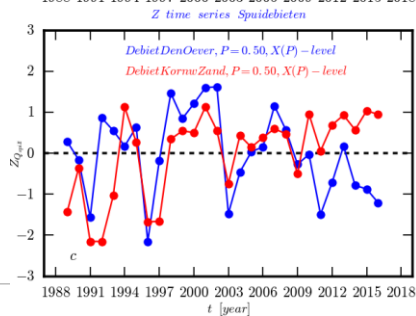
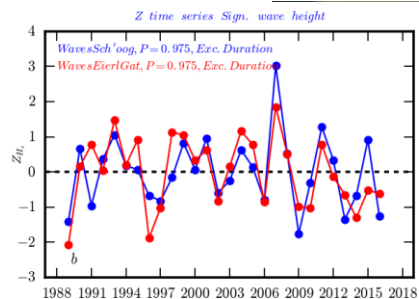
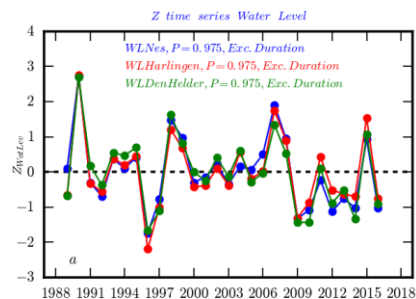
- Grootheden verschillende fysische dimensie en orde groottes
→ Schaling: $X_t \rightarrow x_t$, $x_t := \frac{X_t - m}{s}$

23 oktober 2018

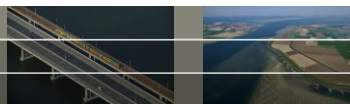
9

Deltares

Tijdsverloop van verklarende factoren na Z-schaling. Tot en met 2016



Vooralsnog lineaire regressie



- 10 hydro(morfologische) invoervariabelen, 1 doelvariabele
- 18 a 28 jaar-combinaties
- Tijd als optionele extra invoer (0e) voor verklaren/fitten temporele trends in baggervolumes. Vooralsnog lineaire regressie

? Hoe zit het eigenlijk met wel/niet temporele trends in de doel- en de verklarende variabelen ?

→ Trendanalyse van baggervolumes en verklarende factoren

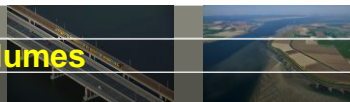
- Kendall, en
- Lineaire regressie $y=at+b$

23 oktober 2018

11

Deltares

Temporele trendanalyse baggervolumes

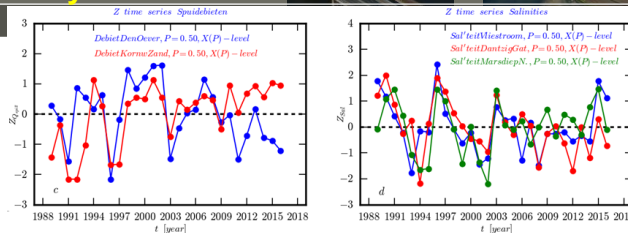


- Kendall en lineaire regressie
- Hoe lager de p-Value(s) van beide, des te meer significant een trend in de tijd
- Bij de hoge(re) baggervolumes verklaart de trend al veel van gehele signaal (zie SRF, rho)

Trend Analyse Tijdreeksen Baggervolumes. Naar afnemende significantie Kendall trend.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Location	p-Value Kendall	p-Value <-----	SRF	Corr. Cf	Slope	95%-Conf.Interval	MeanBagVol/jr		
	----->-----Linear Regression-----<-----								
15> Borndiep	0.00000	0.00000	0.51131	0.85940	65789	50010	81568	608589	
5> UeerbootrouteAmel	0.00000	0.00000	0.47893	0.87785	66666	51684	81648	509760	
17> Uliestroom	0.00000	0.00000	0.44149	0.89727	43677	33357	53996	461584	
19> Total_WZ	0.00001	0.00000	0.39805	0.91737	249427	195834	303020	3576964	
7> BallumerBocht	0.00001	0.00004	0.71809	0.69595	971	567	1376	10511	
18> Zoutkamperlaag	0.00721	0.02653	0.90807	0.41883	3619	455	6782	143444	
1> Slenk	0.00739	0.01320	0.85443	0.51957	11233	2616	19850	240040	
2> Glinder	0.01166	0.01845	0.88398	0.46752	2777	512	5042	64583	
12> DenOeverHavensTot	0.01636	0.03147	0.87628	0.48180	4153	412	7895	144845	
3> GrooteSiege	0.02976	0.14740	0.95969	0.28105	934	-351	2221	49640	
9> NesHavenTot	0.08211	0.03262	0.91441	-0.40478	-833	-1592	-74	30934	
4> Uisjagersgaatje	0.18229	0.09453	0.92329	-0.38410	-4680	-10251	890	87152	
13> UeerdamSchOogTot	0.22061	0.19662	0.96785	-0.25155	-732	-1869	403	30437	
8> UeerdamHolwerdTot	0.30426	0.16211	0.96241	-0.27159	-573	-1391	245	32319	
14> UeerhavenLaauOog	0.31937	0.31248	0.98020	0.19801	115	-114	345	5703	
10> KornwerderzandTot	0.47537	0.32525	0.97274	-0.23188	-3299	-10154	3554	224037	
6> ReeGeul	0.60748	0.80167	0.99876	-0.04971	-108	-990	773	29744	
16> Marsdiep	0.79521	0.89628	0.99951	0.03115	705	-10507	11918	482748	
11> Breezanddijk	0.92226	0.26221	0.96474	-0.26320	-358	-1008	292	7331	

Temporele trendanalyse verklarende variabelen

- Kendall en lineaire regressie
- Hoe lager de p-Value(s) des te meer trend significant
- Vooral debiet Kornw'zand en saliniteit DantzigGat



TrendAnalyse Tijdreeksen InvloedsFactoren. Naar afnemende significantie Kendall trend

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Invl.Faktor	p-Value Kendall	p-Value	SRF	Corr.Cf	Slope Linear Regression	95%-Conf.Interval		
7> Deb.Korn	0.00076	0.00030	0.77448	0.63259	5.89	2.99	8.80	
9> Sal.Dantz	0.00596	0.01566	0.89184	-0.45235	-0.06	-0.11	-0.01	
6> Deb.Den0	0.13789	0.22398	0.97143	-0.23733	-1.32	-3.49	0.86	
3> Wat.DenH	0.18502	0.11443	0.95233	-0.30507	-2.42	-5.46	0.63	
1> Wat.Nes	0.21143	0.16245	0.96247	-0.27138	-1.91	-4.64	0.82	
8> Sal.Ulie	0.24063	0.53462	0.99247	-0.12249	-0.01	-0.04	0.02	
5> Wau.EiGat	0.35120	0.47688	0.99013	-0.14015	-1.68	-6.47	3.11	
10> Sal.Marsd	0.59325	0.56285	0.99346	0.11420	0.01	-0.04	0.07	
2> Wat.Harl	0.63539	0.66342	0.99629	-0.08601	-0.63	-3.55	2.30	
4> Wau.Scoog	0.84297	0.98284	0.99999	-0.00426	-0.04	-3.85	3.77	

Omgaan met trends ?

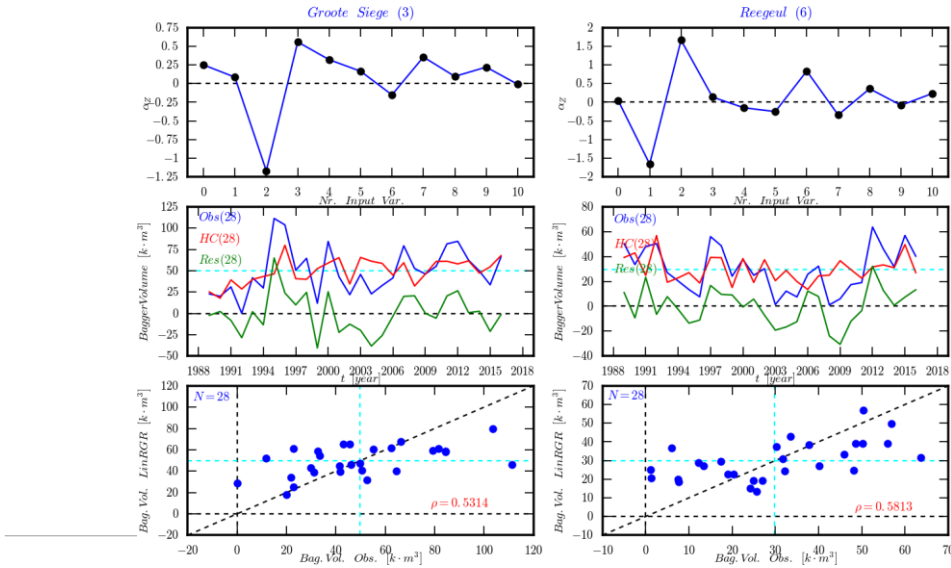
- Altijd constante meenemen in regressie (gemiddeld niveau)
- Wel/niet lineaire trend term in regressiemodel
- + Verdisconteren van lange termijn geo/morfologische effecten, of trends geïnduceerd door baggerenbeheerder

Maar ook:

- ? Kan alleen vanwege trends in beide, een verder irrelevante invoer ten onrechte gaan optreden als een van de best verklarende faktor van een baggervolumereeks?
- ? Detrenden van alle tijdreeksen en dan pas daarmee regressie uitvoeren en afhankelijkheden vaststellen?

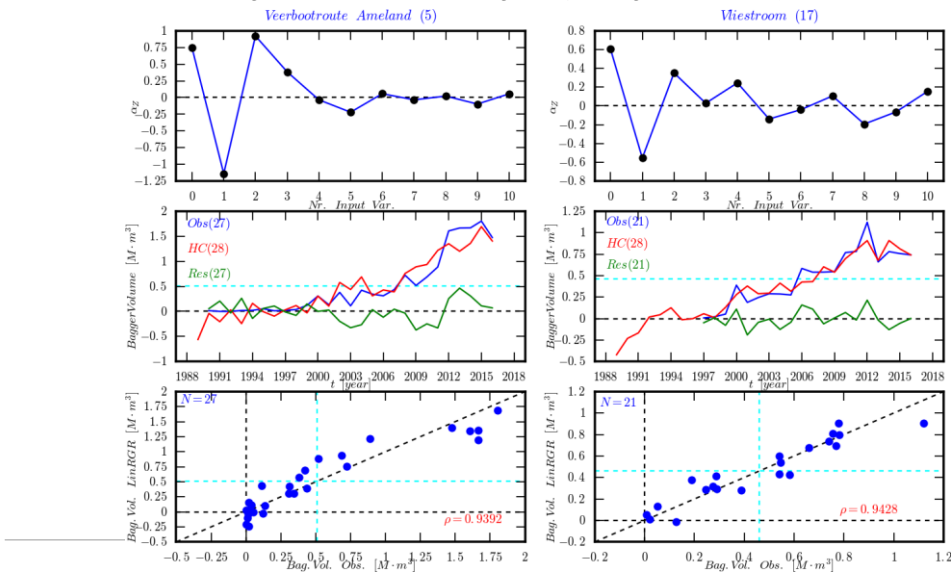
Herhaling 2017, data t/m 2016, met alle invoeren

Lokaties met matige modelleernauwkeurigheid (maar ook lage B.volumes):



Herhaling 2017, data t/m 2016, met alle invoeren

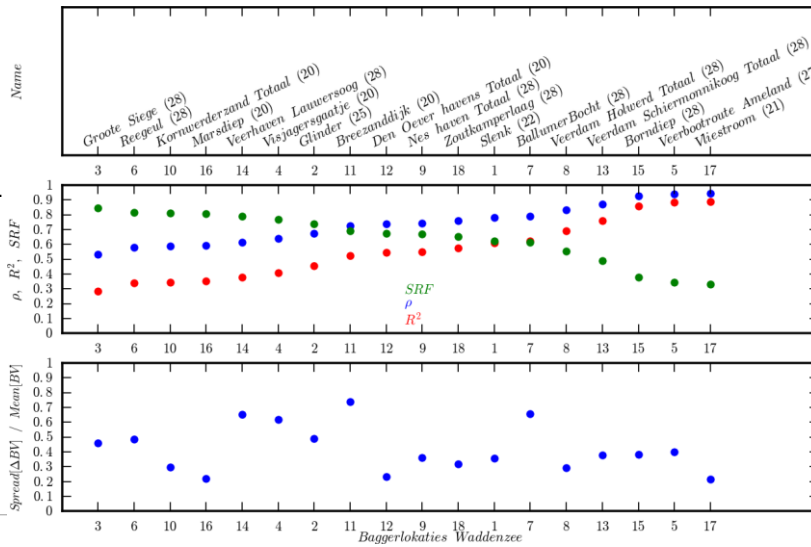
Lokaties met hoge modelleernauwkeurigheid (en hoge B.volumes):



Overall resultaten a la 2017, nu t/m data 2016

Gesorteerd op kwaliteit van de regressie.

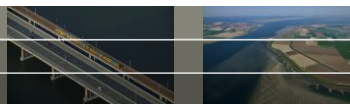
Corr. Coeff. $\rho(y_i, \hat{y}_i)$



Nieuwe resultaten

2018

Resultaten 2018

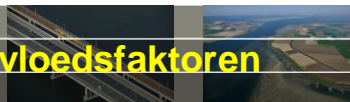


- Welke (per lokatie, deelgebied, ...) invloedsfactoren zijn de sterkst bepalende ?
- Kunnen we dat dan duiden en onderling rijmen? Zoals:
 - Fysisch verklaren of “herkennen” ?
 - Konsistenties (als deze factor belangrijk voor de ene locatie, is die dat dan ook voor een “overeenkomende” andere locatie)?
- Uiteindelijk mathematisch en fysisch vertrouwen om het model in de praktijk in te zetten voor baggerprognoses?

23 oktober 2018

19

Bepalen meest significante invloedsfactoren



- Stepwise Multiple Regression
- Varianten “Cumulatief” of “Incrementeel”
- Cumulatief
 - Berekening en selectie van 1^e eerste variabele die het meest van de variantie van het bagger volume verklaart
 - Daarna de 2^e die samen de 1^e het meest verklaart
 - Daarna de 3^e die samen de 1^e en de 2^e het meest verklaart
 - En zo verder.
- Incrementeel
 - Berekening en selectie van 1^e eerste variabele die het meest van de variantie van het bagger volume verklaart
 - Daarna de 2^e die het meest van de residuen verklaart die in de 1^e stap zijn gevonden.
 - Daarna de 3^e die het meeste de na Stap 2 overblijvende residuen reduceert.
 - En zo verder.

23 oktober 2018

20

Vervolg SMR

- In de iteraties het (additioneel) belang van toegevoegde invoerfaktor nagaan aan de hand van indicatoren "statistische significanties"
- Python, OLS in statsmodels.api
- Met p-Values voor de t-Statistic van de invoerfactoren
- en p-Value voor de F-statistic, voor de regressie in zijn geheel

- Voorbeeld uitvoer OLS:

```

OLS Regression Results
-----
Dep. Variable:          Qty    R-squared:              0.995
Model:                 OLS    Adj. R-squared:         0.993
Method:                Least Squares    F-statistic:            539.9
Date:                  Tue, 29 Dec 2015    Prob (F-statistic):     1.52e-17
Time:                  19:57:24          Log-Likelihood:         -162.20
No. Observations:     23              AIC:                    338.4
Df Residuals:          16              BIC:                    346.3
Df Model:              6
-----
                coef    std err          t      P>|t|    [95.0% Conf. Int.]
-----
Icpt           2467.8182    6953.489      0.355    0.727    -1.23e+04  1.72e+04
P              -2.047e+04    1987.262    -10.302    0.000    -2.47e+04  -1.63e+04
P1             9210.1391     5371.340      1.715    0.106    -2176.594  2.06e+04
P2            1887.7725     1992.192      0.948    0.357    -2335.486  6111.031
DI              0.0241         0.004      5.389    0.000         0.015    0.034
Pop            63.6892        30.960      2.057    0.056    -1.943    129.321
CPI           -3974.8493     4377.245     -0.908    0.377    -1.33e+04  5304.496
-----
Omnibus:                    1.435    Durbin-Watson:          2.458
Prob(Omnibus):              0.488    Jarque-Bera (JB):       0.395
Skew:                       0.228    Prob(JB):               0.821
Kurtosis:                   3.453    Cond. No.                5.75e+07
-----

```

23 okt

Uitleg statistical indicators in regressie

- p-Values voor de t-Statistic van de invoerfactoren (hoe lager hoe beter)*

How Do I Interpret the P-Values in Linear Regression Analysis?

	coef	std err	t	P> t
Icpt	2467.8182	6953.489	0.355	0.727
P	-2.047e+04	1987.262	-10.302	0.000
P1	9210.1391	5371.340	1.715	0.106
P2	1887.7725	1992.192	0.948	0.357
DI	0.0241	0.004	5.389	0.000
Pop	63.6892	30.960	2.057	0.056
CPI	-3974.8493	4377.245	-0.908	0.377

The p-value for each term tests the null hypothesis that the coefficient is equal to zero (no effect). A low p-value (< 0.05) indicates that you can reject the null hypothesis. In other words, a predictor that has a low p-value is likely to be a meaningful addition to your model

- En p-Value voor de F-statistic, voor de regressie in zijn geheel*

F-test can assess multiple coefficients simultaneously.

The F-test of the overall significance is a specific form of the F-test. It compares a model with no predictors to the model that you specify. A regression model that contains no predictors is also known as an intercept-only model.

The hypotheses for the F-test of the overall significance are as follows:

```

F-statistic:                539.9
Prob (F-statistic):         1.52e-17

```

- Null hypothesis:** The fit of the intercept-only model and your model are equal.
- Alternative hypothesis:** The fit of the intercept-only model is significantly reduced compared to your model.

23 okt



Daarnaast kwaliteit model vaststellen met SRF:

$$\frac{\text{Spreiding van de Residuen : } \hat{y} - y^*}{\text{Spreiding in de doelvariabele : } \hat{y}}$$

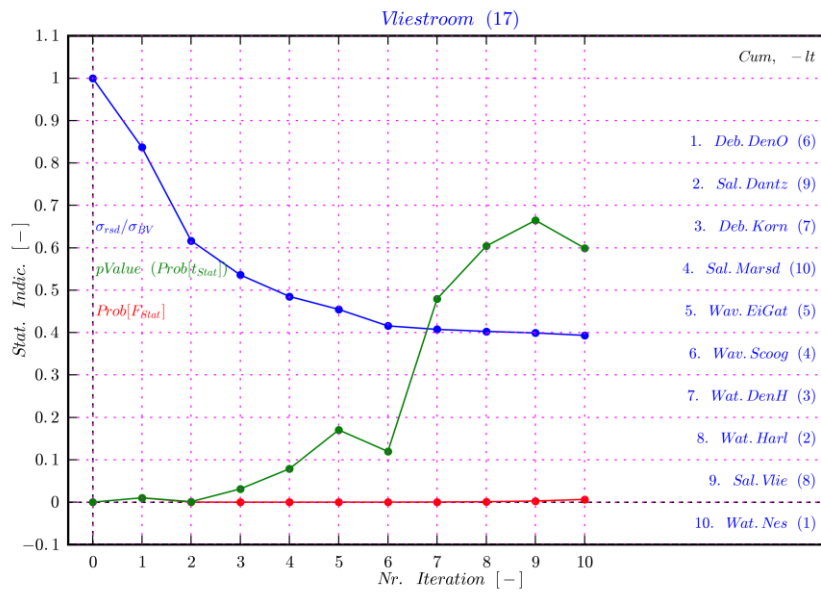
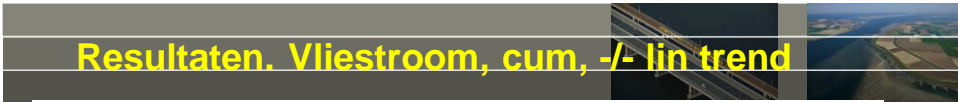
Perfect model: SRF=0

Geen enkel effect van de verklarende factoren: SRF= 1

23 oktober 2018

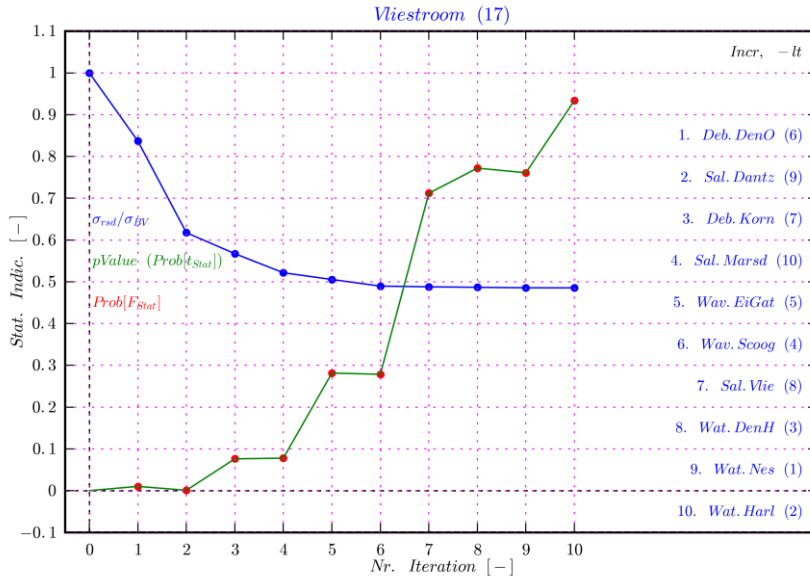
23

Deltares



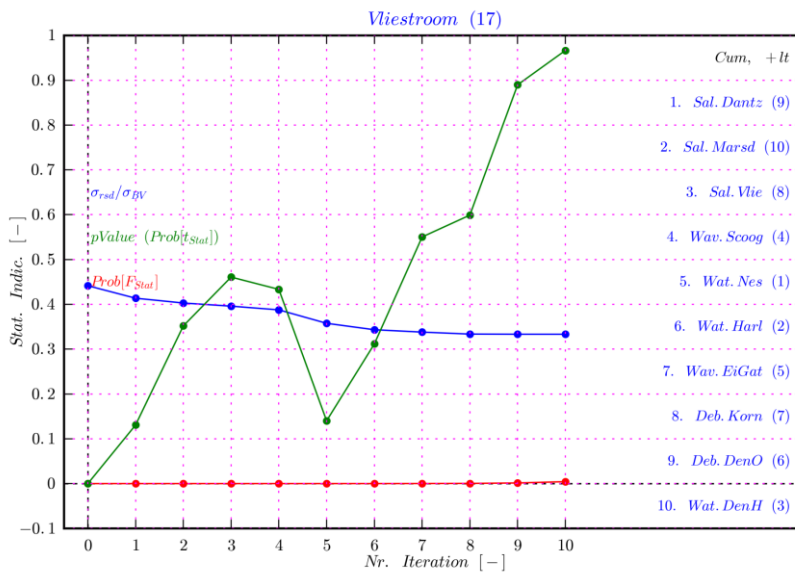
res

Resultaten. Vliestroom, incr, +/- lin trend



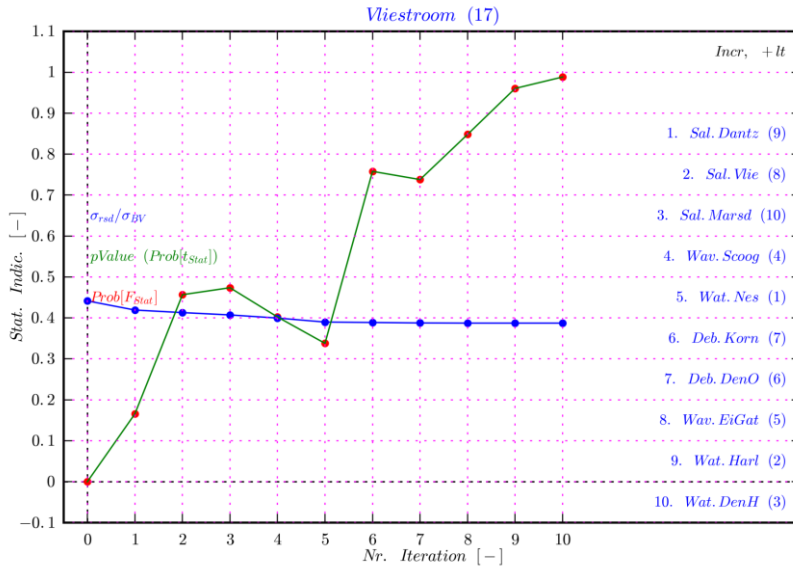
res

Resultaten. Vliestroom, cum, +/- lin trend



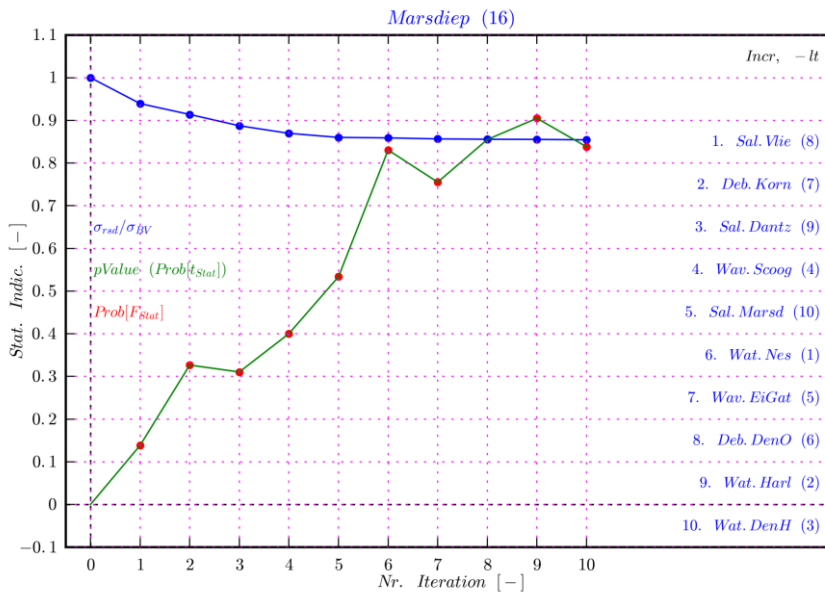
res

Resultaten. Vliestroom, incr, +/- lin trend



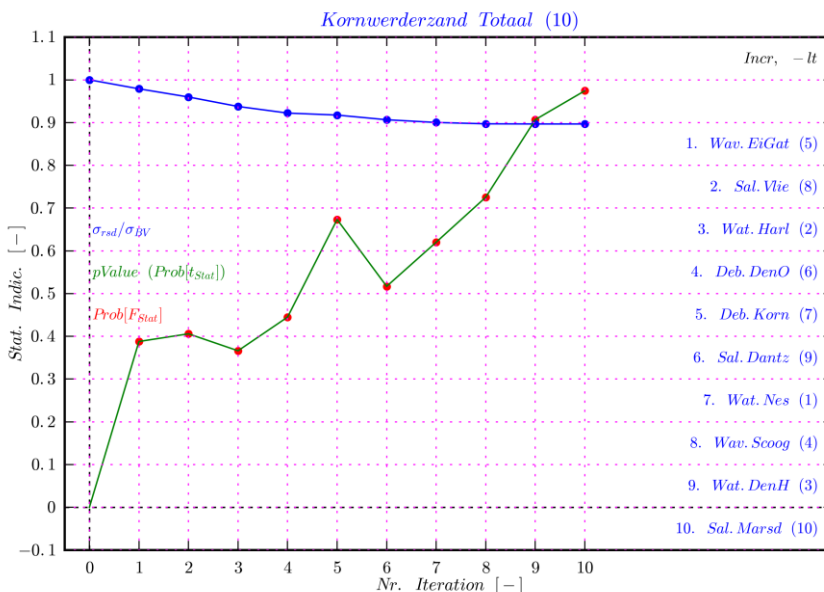
res

Marsdiep, grote baggervolumes, en zonder sterke trend in BaggerVolume. Incr, -/Lin. Trend



res

Zo ook KornwerderzandTotaal, grote baggervolumes, en zonder sterke trend in BaggerVolume. Incr, -/Lin. Trend



Ires

Tabel verloop voor alle lokaties, cum, +/+trend

Ranking naar kwaliteit regressiemodel

Location / XF-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SRF	rho
1) Total_WZ	Deb. Korn	Wat. Nes	Wat. DenH	Sal. Marsd	Wau. EiGat	Wau. Scoog	Sal. Dantz	Sal. Ulie	Deb. Den0	Mat. Har1	0.2282	0.9755
2) Uliestroom	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Sal. Ulie	Wau. Scoog	Wat. Nes	Mat. Har1	Wau. EiGat	Deb. Korn	Deb. Den0	Mat. DenH	0.3332	0.9428
3) UeerbootrouteAel	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Har1	Wat. Nes	Wau. EiGat	Mat. DenH	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Deb. Korn	Sal. Ulie	0.3432	0.9393
4) Borndiep	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Wau. EiGat	Mat. DenH	Wat. Nes	Mat. Har1	Wau. Scoog	Deb. Den0	Deb. Korn	Sal. Marsd	0.3787	0.9255
5) UeerdaSchogTot	Sal. Marsd	Mat. Har1	Mat. DenH	Deb. Korn	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Nes	Sal. Ulie	0.4903	0.8715
6) UeerdaHolwerdTot	Sal. Marsd	Deb. Korn	Mat. Nes	Mat. DenH	Deb. Den0	Sal. Dantz	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Mat. Har1	Sal. Ulie	0.5551	0.8319
7) BalluserBocht	Deb. Den0	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Mat. Har1	Wat. Nes	Sal. Dantz	Mat. DenH	Wau. EiGat	Deb. Korn	Sal. Ulie	0.6127	0.7903
8) Slenk	Sal. Ulie	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Deb. Korn	Deb. Den0	Wau. EiGat	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Mat. Nes	0.6231	0.7821
9) Zoutkamperlaag	Wat. Nes	Deb. Korn	Wau. Scoog	Mat. DenH	Mat. Har1	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Deb. Den0	0.6512	0.7589
10) NeuhavenTot	Sal. Marsd	Mat. Nes	Deb. Korn	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Deb. Den0	0.6706	0.7418
11) DenOeverHavensTot	Deb. Korn	Wau. EiGat	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Mat. Nes	Mat. Har1	Deb. Den0	Mat. DenH	Sal. Ulie	0.6758	0.7371
12) Breezanddijk	Deb. Korn	Mat. Nes	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Deb. Den0	Mat. DenH	Sal. Dantz	Mat. Har1	0.6895	0.7243
13) Glinder	Wat. Nes	Mat. DenH	Deb. Korn	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Deb. Den0	Mat. Har1	0.7381	0.6747
14) Uisjagersgaatje	Deb. Den0	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Mat. Nes	Wau. EiGat	Wau. Scoog	Sal. Marsd	Deb. Korn	0.769	0.6383
15) UeerhavenLauwOog	Sal. Dantz	Wau. EiGat	Mat. Nes	Mat. Har1	Deb. Den0	Sal. Marsd	Deb. Korn	Wau. Scoog	Sal. Ulie	Mat. DenH	0.7888	0.6147
16) Marsdiep	Sal. Ulie	Deb. Korn	Wau. Scoog	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Har1	Mat. DenH	Wau. EiGat	Sal. Marsd	Mat. Nes	0.8059	0.5921
17) KornwerderzandTot	Sal. Ulie	Sal. Marsd	Mat. Nes	Wau. EiGat	Sal. Marsd	Sal. Dantz	Wau. Scoog	Deb. Den0	Mat. DenH	Mat. Har1	0.8059	0.5855
18) ReeGeul	Wau. EiGat	Mat. Har1	Mat. Nes	Deb. Den0	Sal. Marsd	Sal. Ulie	Deb. Korn	Wau. Scoog	Sal. Dantz	Mat. DenH	0.8136	0.5814
19) GrootSiege	Mat. Har1	Wau. Scoog	Mat. DenH	Sal. Ulie	Deb. Korn	Sal. Dantz	Deb. Den0	Wau. EiGat	Mat. Nes	Sal. Marsd	0.8471	0.5314

Ranking naar grootte baggervolumes:

Location / XF-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean[B. Vol]
1) Total_WZ	Deb. Korn	Sal. Ulie	Mat. DenH	Sal. Marsd	Wau. EiGat	Wau. Scoog	Sal. Dantz	Sal. Ulie	Deb. Den0	Mat. Har1	3576964
2) Borndiep	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Wau. EiGat	Mat. DenH	Wat. Nes	Mat. Har1	Wau. Scoog	Deb. Den0	Deb. Korn	Sal. Marsd	608589
3) UeerbootrouteAel	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Har1	Wat. Nes	Wau. EiGat	Mat. DenH	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Deb. Korn	Sal. Ulie	509761
4) Marsdiep	Sal. Ulie	Deb. Korn	Wau. Scoog	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Har1	Mat. DenH	Wau. EiGat	Sal. Marsd	Mat. Nes	482749
5) Uliestroom	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Sal. Ulie	Wau. Scoog	Wat. Nes	Mat. Har1	Wau. EiGat	Deb. Korn	Deb. Den0	Mat. DenH	461585
6) Slenk	Sal. Ulie	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Deb. Korn	Deb. Den0	Wau. EiGat	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Mat. Nes	240940
7) KornwerderzandTot	Sal. Ulie	Deb. Korn	Mat. Nes	Wau. EiGat	Sal. Marsd	Sal. Dantz	Wau. Scoog	Deb. Den0	Mat. DenH	Mat. Har1	224037
8) DenOeverHavensTot	Deb. Korn	Wau. EiGat	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Mat. Nes	Mat. Har1	Deb. Den0	Mat. DenH	Sal. Ulie	144845
9) Zoutkamperlaag	Wat. Nes	Deb. Korn	Wau. Scoog	Mat. DenH	Mat. Har1	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Deb. Den0	143445
10) NeuhavenTot	Sal. Ulie	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Deb. Korn	Deb. Den0	Wau. EiGat	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Mat. Nes	308294
11) Glinder	Wat. Nes	Mat. DenH	Deb. Korn	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Sal. Dantz	Sal. Marsd	Deb. Den0	Mat. Har1	64583
12) GrootSiege	Mat. Har1	Wau. Scoog	Mat. DenH	Sal. Ulie	Deb. Korn	Sal. Dantz	Deb. Den0	Wau. EiGat	Mat. Nes	Sal. Marsd	49640
13) UeerdaHolwerdTot	Sal. Marsd	Deb. Korn	Mat. Nes	Mat. DenH	Deb. Den0	Sal. Dantz	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Mat. Har1	Sal. Ulie	32319
14) NeuhavenTot	Sal. Marsd	Mat. Nes	Deb. Korn	Sal. Dantz	Mat. DenH	Mat. Har1	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Deb. Den0	308294
15) UeerdaSchogTot	Sal. Marsd	Mat. Har1	Mat. DenH	Deb. Korn	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Deb. Den0	Sal. Dantz	Mat. Nes	Sal. Ulie	30437
16) ReeGeul	Wau. EiGat	Mat. Har1	Mat. Nes	Deb. Den0	Sal. Marsd	Sal. Ulie	Deb. Korn	Wau. Scoog	Sal. Dantz	Mat. DenH	29745
17) BalluserBocht	Deb. Den0	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Mat. Har1	Wat. Nes	Sal. Dantz	Mat. DenH	Wau. EiGat	Deb. Korn	Sal. Ulie	10511
18) Breezanddijk	Deb. Korn	Mat. Nes	Sal. Marsd	Wau. Scoog	Wau. EiGat	Sal. Ulie	Deb. Den0	Mat. DenH	Sal. Dantz	Mat. Har1	8733
19) UeerhavenLauwOog	Sal. Dantz	Wau. EiGat	Mat. Nes	Mat. Har1	Deb. Den0	Sal. Marsd	Deb. Korn	Wau. Scoog	Sal. Ulie	Mat. DenH	5704

Tabel verloop voor alle lokaties, incr, +/-trend

Ranking naar kwaliteit regressiemodel

Location / XF-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SRF	rho
1> Total_MZ	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Sal.Marsd	Wat.Har1	Wau.Scoog	0.347	0.9379
2> Ulieestroom	Sal.Dantz	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Wau.Scoog	Wat.Nes	Deb.Korn	Deb.Den0	Wau.EiGat	Wat.Har1	Wat.DenH	0.3872	0.922
3> UeerbootrouteAmeel	Deb.Den0	Wat.Har1	Wau.EiGat	Sal.Dantz	Wat.DenH	Deb.Korn	Wat.Nes	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Sal.Marsd	0.4282	0.9037
4> Borndiep	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Wat.DenH	Wau.Scoog	Wat.Har1	Wat.Nes	Deb.Den0	Deb.Korn	Sal.Marsd	0.4447	0.8957
5> BallumerBocht	Deb.Den0	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Sal.Dantz	Wat.Nes	Wat.Har1	Sal.Ulie	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Korn	0.6662	0.7458
6> Slenk	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Wau.Scoog	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Dantz	Deb.Korn	Wat.Har1	Wat.Nes	0.7055	0.7087
7> DenOeverHavensTot	Wau.Scoog	Deb.Korn	Sal.Dantz	Sal.Marsd	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wat.Nes	Wat.Har1	Wat.DenH	0.7181	0.696
8> UeerdasSchöogTot	Sal.Marsd	Wat.Har1	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Wat.Nes	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wau.EiGat	Wat.DenH	0.7246	0.6889
9> Zoutkammerlaag	Wat.Nes	Sal.Marsd	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Wat.Har1	Deb.Korn	Wau.EiGat	Sal.Dantz	Deb.Den0	Wat.DenH	0.7632	0.645
10> NesHavenTot	Sal.Marsd	Wat.Nes	Sal.Ulie	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Wat.Har1	Wat.DenH	Deb.Den0	Wau.EiGat	0.7723	0.6353
11> Glinder	Wat.Nes	Sal.Dantz	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Deb.Den0	Wau.Scoog	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Har1	0.7758	0.6309
12> Breezanddijk	Deb.Korn	Wat.Har1	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Wat.Nes	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Wat.DenH	Sal.Marsd	0.8084	0.5887
13> Uisjagersgaatje	Sal.Dantz	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Wat.DenH	Wau.Scoog	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.Har1	0.8236	0.5672
14> UeerdasHoIuwerdTot	Sal.Marsd	Wat.Nes	Wau.Scoog	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wat.Har1	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wat.DenH	Wau.EiGat	0.8301	0.5576
15> Marsdiep	Sal.Ulie	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.Nes	Wau.EiGat	Wat.Har1	Wat.DenH	Deb.Den0	0.8571	0.5151
16> KornwerderzandTot	Sal.Ulie	Deb.Korn	Wat.Har1	Wau.EiGat	Wat.Nes	Sal.Dantz	Deb.Den0	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.DenH	0.8617	0.5074
17> UeerhavenLauwDog	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Nes	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.DenH	Deb.Den0	Wat.Har1	Sal.Ulie	0.8795	0.4758
18> Grootesiege	Wat.Har1	Wau.Scoog	Sal.Ulie	Wau.EiGat	Wat.Nes	Sal.Dantz	Deb.Korn	Sal.Marsd	Deb.Den0	Wat.DenH	0.887	0.4617
19> ReeGeul	Wau.EiGat	Wat.Har1	Sal.Marsd	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.DenH	Wau.Scoog	0.9206	0.3905

Ranking naar grootte baggevolumes:

Location / XF-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean[B.Uo1]
1> Total_MZ	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Sal.Marsd	Wat.Har1	Wau.Scoog	3576964
2> Borndiep	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Wat.DenH	Wau.Scoog	Wat.Har1	Wat.Nes	Deb.Den0	Deb.Korn	Sal.Marsd	608589
3> UeerbootrouteAmeel	Deb.Den0	Wat.Har1	Wau.EiGat	Sal.Dantz	Wat.DenH	Deb.Korn	Wat.Nes	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Sal.Marsd	509761
4> Marsdiep	Sal.Ulie	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.Nes	Wau.EiGat	Wat.Har1	Wat.DenH	Deb.Den0	482749
5> Ulieestroom	Sal.Dantz	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Sal.Dantz	Sal.Marsd	Sal.Dantz	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Sal.Dantz	Sal.Ulie	461585
6> Slenk	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Wau.Scoog	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Dantz	Deb.Korn	Wat.Har1	Wat.Nes	240040
7> KornwerderzandTot	Sal.Ulie	Deb.Korn	Wat.Har1	Wau.EiGat	Wat.Nes	Sal.Dantz	Deb.Den0	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.DenH	224037
8> DenOeverHavensTot	Wau.Scoog	Deb.Korn	Sal.Dantz	Sal.Marsd	Wau.EiGat	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wat.Nes	Wat.Har1	Wat.DenH	144845
9> Zoutkammerlaag	Wat.Nes	Sal.Marsd	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Wat.Har1	Deb.Korn	Wau.EiGat	Sal.Dantz	Deb.Den0	Wat.DenH	142945
10> Uisjagersgaatje	Sal.Dantz	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Wat.DenH	Wau.Scoog	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.Har1	87153
11> Glinder	Wat.Nes	Sal.Dantz	Sal.Ulie	Sal.Marsd	Deb.Den0	Wau.Scoog	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Har1	64583
12> Grootesiege	Wat.Har1	Wau.Scoog	Sal.Ulie	Wau.EiGat	Wat.Nes	Sal.Dantz	Deb.Korn	Sal.Marsd	Deb.Den0	Wat.DenH	49640
13> UeerdasHoIuwerdTot	Sal.Marsd	Wat.Nes	Wau.Scoog	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wat.Har1	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wat.DenH	Wau.EiGat	32319
14> NesHavenTot	Sal.Marsd	Wat.Nes	Sal.Ulie	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Wat.Har1	Wat.DenH	Deb.Den0	Wau.EiGat	30934
15> UeerdasSchöogTot	Sal.Marsd	Wat.Har1	Deb.Korn	Sal.Dantz	Wau.Scoog	Wat.Nes	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wau.EiGat	Wat.DenH	30437
16> ReeGeul	Wau.EiGat	Wat.Har1	Sal.Marsd	Deb.Den0	Sal.Ulie	Sal.Dantz	Deb.Korn	Wat.Nes	Wat.DenH	Wau.Scoog	29745
17> BallumerBocht	Deb.Den0	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Sal.Dantz	Wat.Har1	Sal.Ulie	Wat.DenH	Wau.EiGat	Deb.Korn	Sal.Marsd	16511
18> Breezanddijk	Deb.Korn	Wat.Har1	Deb.Den0	Sal.Ulie	Wau.Scoog	Wat.Nes	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Wat.DenH	Sal.Marsd	7331
19> UeerhavenLauwDog	Sal.Dantz	Wau.EiGat	Deb.Korn	Wat.Nes	Wau.Scoog	Sal.Marsd	Wat.DenH	Deb.Den0	Wat.Har1	Sal.Ulie	5704

RangMatrices, rangorde invoeren over de lokaties

Cum, +/-trend

RangMatrix:

XF-location/rank:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1> Wat.Nes	2	3	4	1	3	2	0	0	2	2
2> Wat.Har1	1	2	1	2	2	4	1	0	2	4
3> Wat.DenH	0	1	3	4	1	1	2	2	2	3
4> Wau.Scoog	0	1	4	3	2	1	4	4	0	0
5> Wau.EiGat	1	2	1	1	4	3	2	5	0	0
6> Deb.Den0	3	0	0	2	3	0	3	3	3	2
7> Deb.Korn	3	4	2	2	1	0	2	1	3	1
8> Sal.Ulie	4	1	1	1	0	3	1	1	2	5
9> Sal.Dantz	2	2	2	1	1	4	3	2	2	0
10> Sal.Marsd	3	3	1	2	2	1	1	1	3	2

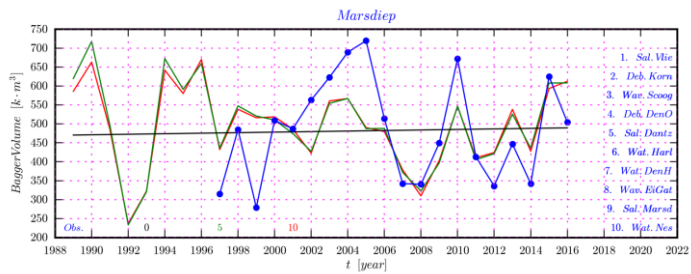
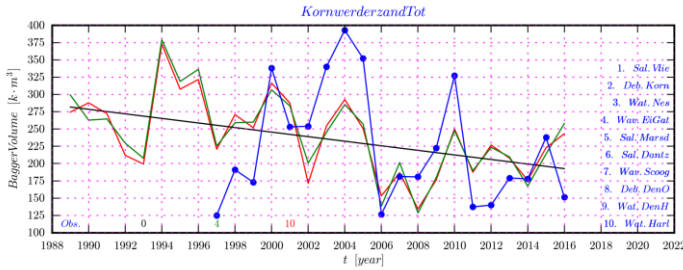
Incr, +/-trend

RangMatrix:

XF-location/rank:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1> Wat.Nes	2	3	0	1	4	3	2	2	1	1
2> Wat.Har1	1	4	1	0	1	3	1	1	5	2
3> Wat.DenH	0	0	1	2	2	0	2	2	4	6
4> Wau.Scoog	1	2	2	3	4	3	0	1	1	2
5> Wau.EiGat	1	1	2	3	2	0	3	3	2	1
6> Deb.Den0	2	1	1	2	2	2	3	2	3	1
7> Deb.Korn	2	3	2	1	0	3	3	2	2	1
8> Sal.Ulie	4	1	5	1	2	1	2	2	0	1
9> Sal.Dantz	3	2	2	3	1	3	3	2	0	0
10> Sal.Marsd	3	2	3	3	1	1	0	2	1	3

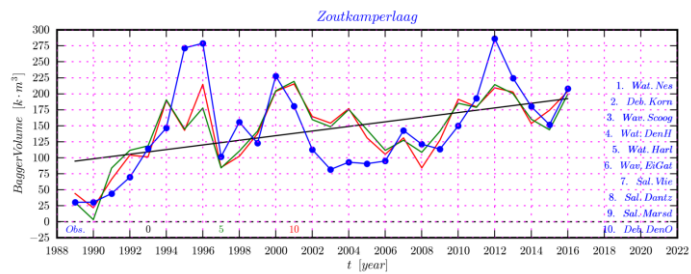
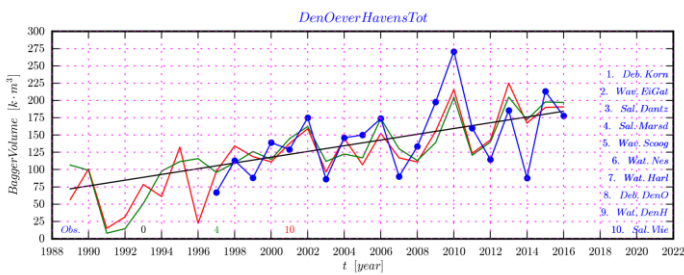
Tijdreeksen met (voornaamste) verkl. factoren

Met beperkte modelnauwkeurigheid



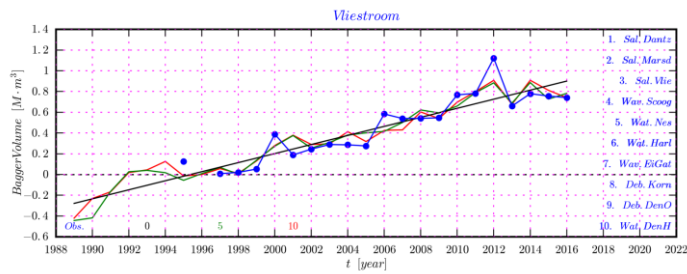
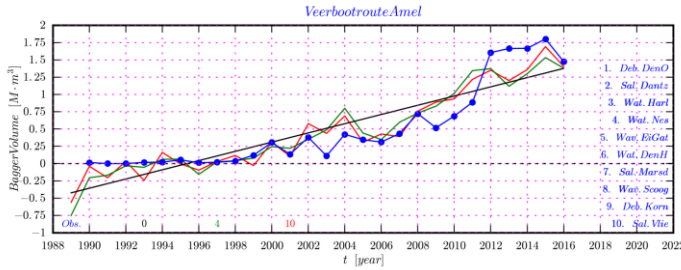
Tijdreeksen met (voornaamste) verkl. factoren

Met "medium" modelnauwkeurigheid



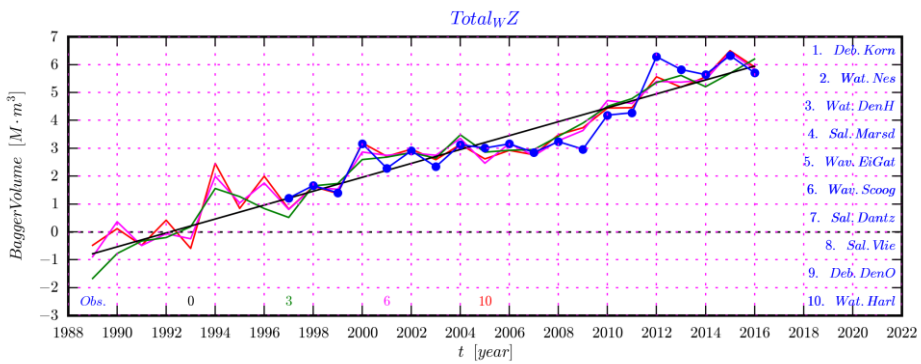
Tijdreeksen met (voornaamste) verkl. factoren

Met "betere" modelnauwkeurigheid

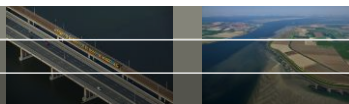


Tijdreeksen met (voornaamste) verkl. factoren

WaddenZee Totaal



Bevindingen



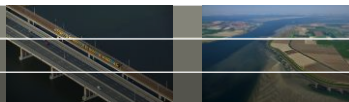
- Met de regressie worden i.h.a. de beste modellen gevonden bij de lokaties met de hoogste baggervolumes. Een uitzondering is Kornwerderzand Totaal.
- Tegelijkertijd zijn dat ook vaak de locaties met de sterkste trend in het temporeel verloop van de baggervolumes. Ook hier Kornwerderzand met afwezigheid van een duidelijke trend weer een uitzondering
- In het bijzonder is dat het geval voor de “virtuele lokatie” Total_WZ wat per jaar de som is van alle “echte” locaties.
- Voor de locaties waar een trend aanwezig is, wordt het grootste deel van de variabiliteit met enkel die trend al verklaard.
- Voor het merendeel van de locaties is het aantal wezenlijk belangrijke/bijdragende invloedsfactoren niet meer dan 4 a 5. Vaak nog minder, en met name bij locaties als de trend als afzonderlijke factor wordt meegenomen.
- Opvallend is dat in de importantie-ranking van de kandidaat invloedsfactoren de waterstanden en golven minder scores dan de saliniteiten en de spuidebieten.
-

23 oktober 2018

38

Deltares

Hoe verder?



We hadden aan einde 2017 de vraag:

- ? Kan dit model,
 al dan niet na verdere validatie, analyse, of
 aanpassingen/uitbreidingen/verfijningen/etc.,
 helpen bij solide prognoses van baggerhoeveelheden in de Waddenzee,
 en verbeteren van de uitkomsten met de huidige werkwijze?

Nu: vervolg gemaakt met een eerste analyse naar
 fysische duiding van de uitkomsten van de regressie, belangrijkste invloedsfactoren,
 eenduidigheid, en consistenties

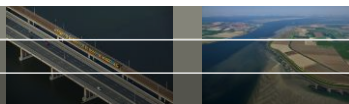
- ! Uitkomsten nog niet “conclusive” !
 o.a. nog onvoldoende toegekomen aan relaties leggen of verklaren met globale en
 lokale geo/morfologische systeemkarakteristieken op de baggerlocaties
 (bodemdalingen, slib of zand, stromingsregimes, etc.)

23 oktober 2018

40

Deltares

Mogelijkheden



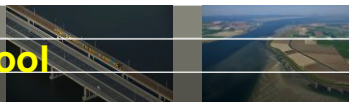
- Ondanks vraagtekens over causaliteit tonen de resultaten een potentie voor (op z'n minst ondersteuning bij de huidige procedure voor) het maken van baggervolumeprognoses.
- Verdere toetsing van model en gevolgde procedure op herkennen en uitsluiten van, en gevoeligheden voor, niet relevante invoeren en solide voorspelkracht
 - bv: komt een extra random invoer in de ranking achteraan, en worden irrelevante factoren aldus herkend
 - bv: Toepassen regularisaties (*expliciet* via smoothing van invoer en/of uitvoer, of *impliciet* in de SVD-oplostechiek)
 - bv: kalibratie en validatie sets, onzekerheidsanalyses
- Met de selectie van meest belangrijke, en dus minder, invoeren kunnen alternatieve niet-lineaire modellen getest worden.
- Review van de representatie en/of aggregatie van de invloedsfactoren

23 oktober 2018

41

Deltares

Opties voor baggerprognosetool



1. Spreadsheetsaanpak in huidige vorm handhaven
 2. Regressiemodel doorontwikkelen tot voorspelmodel en (mits er voldoende meerwaarde is) als alternatief naast trendanalyse opnemen in spreadsheet
 - > correctie trend voor hydro-meteo condities
 - > kennis over gevoeligheden: voorspelling met bandbreedte
 3. Procesmodel gebruiken (vraagt uiteindelijk om operationeel model dat jaarlijks wordt geactualiseerd m.b.t. bodemligging)
 4. Hybride aanpak, combinatie van meerdere lijnen
- Indien optie 2 t/m 4 hoe dit verder brengen? In kader van KPP morfologie Waddenzee of apart?
 - Alleen Waddenzee of andere zoute gebieden erbij betrekken (Maasmond, IJmuiden, Sloe, ...)?

23 oktober 2018

Deltares



Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
8 van 9

Bijlage D: Presentatie door Zheng Wang over ASMITA

A model for predicting dredging requirement in the Westerschelde

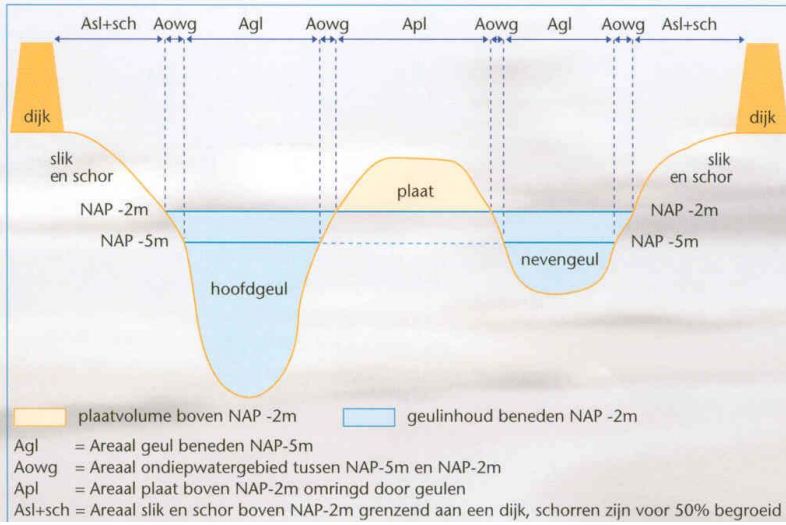
Z.B. Wang

WL | Delft Hydraulics

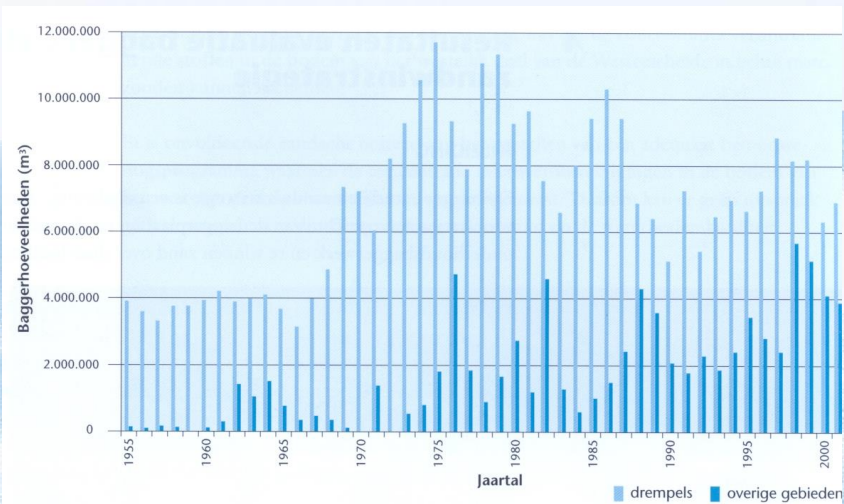
March 11, 2003

Westerschelde





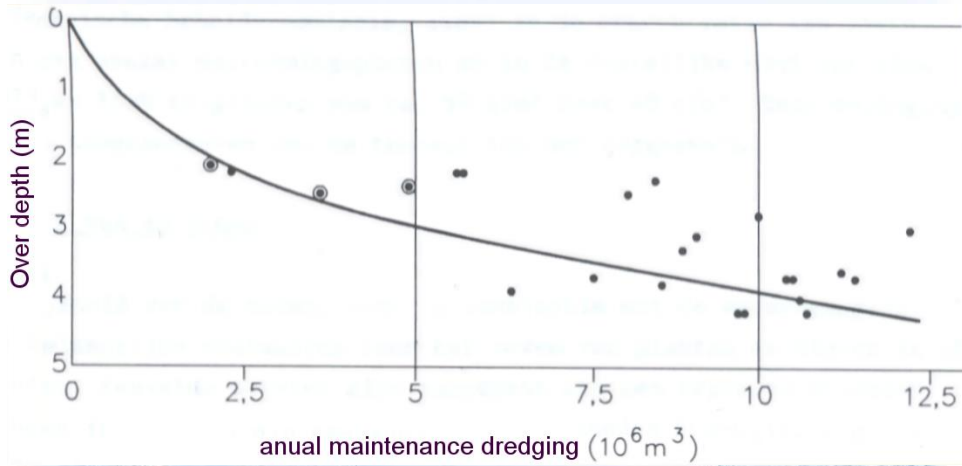
Dredging amounts in Westerschelde



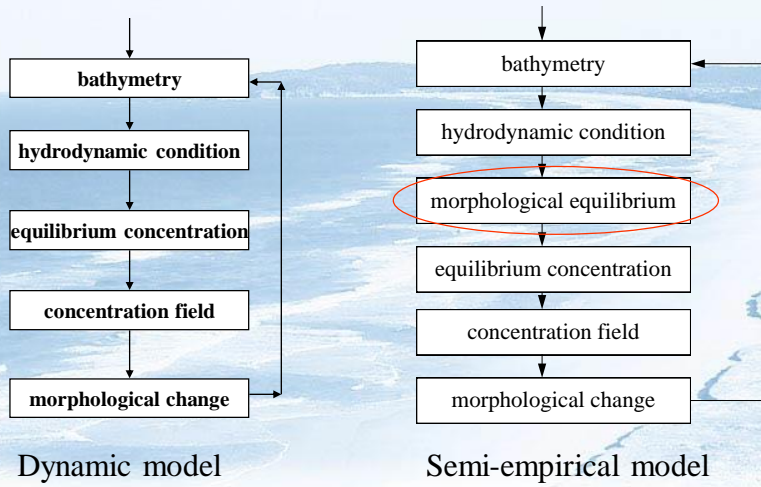
Prediction methods

- Process-based morphodynamic model: Delft3D
- Long-term morphological model: ESTMORF
- Empirical model
- Semi-empirical model (ESTMORF / ASMITA concept)

Empirical model OOSTWEST (Allersma, 1992)

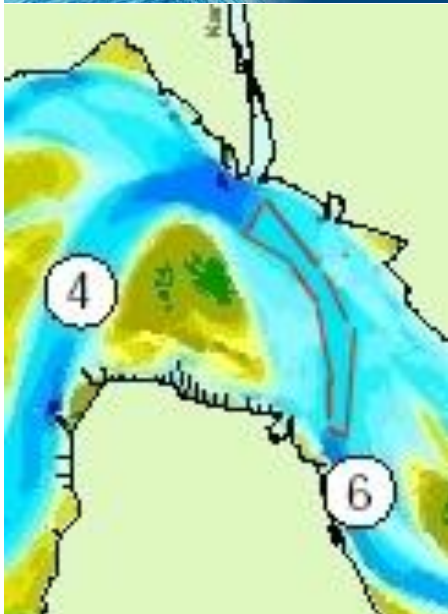


Model concept



Dredging sites





Model formulation

$$c_e = c_E \left(\frac{h_e}{h} \right)^n$$

$$\delta(c_E - c) = w_s A(c - c_e)$$

$$S = w_s A(c - c_e) = \frac{w_s A \delta}{w_s A + \delta} (c_E - c_e)$$

$$= \frac{w_s A \delta c_E}{w_s A + \delta} \left(1 - \left(\frac{h_e}{h} \right)^n \right)$$

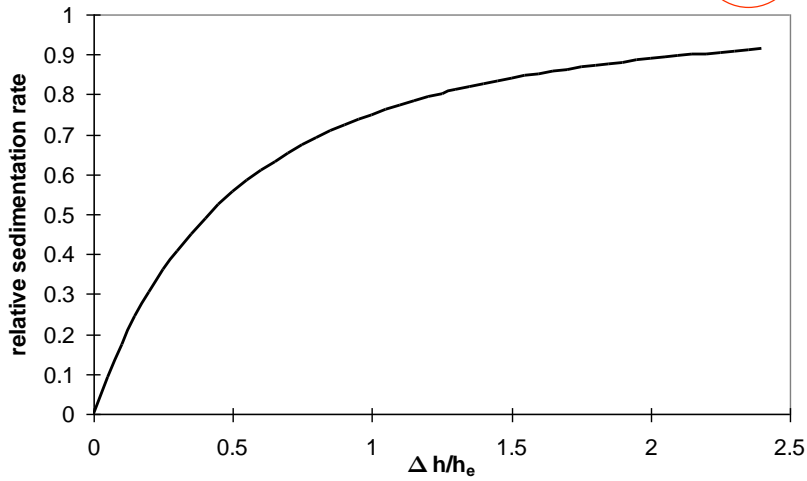
Analysis

$$\frac{S}{\delta c_E} = \left(\frac{\frac{w_s A}{\delta}}{1 + \frac{w_s A}{\delta}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{h_e}} \right)^n \right)$$

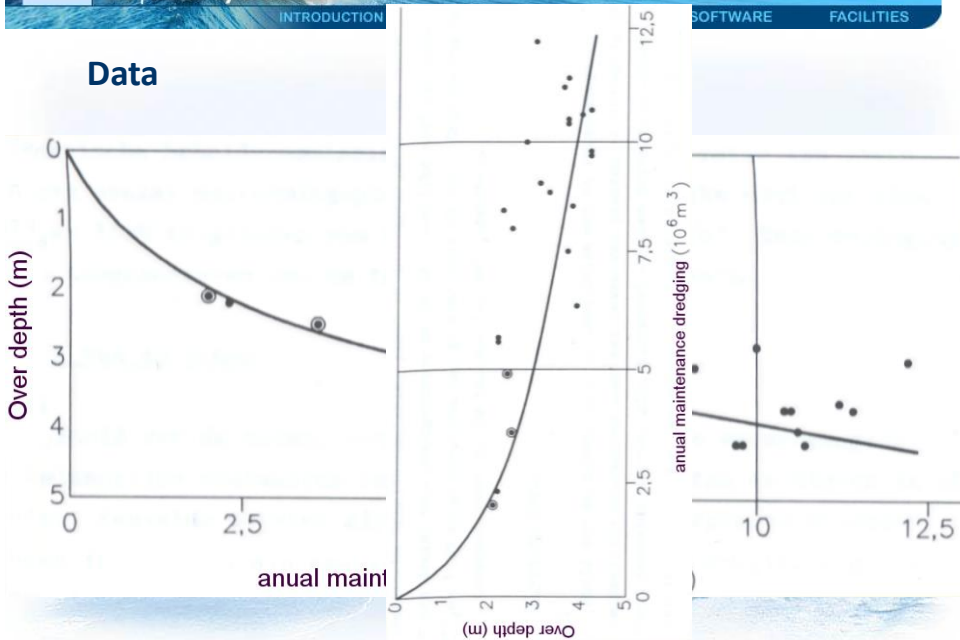
$$\Delta h = h - h_e$$

Influence of over depth

$$\frac{S}{\delta C_E} = \left(\frac{w_s A}{\delta} \right) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{h_e}} \right)^n$$

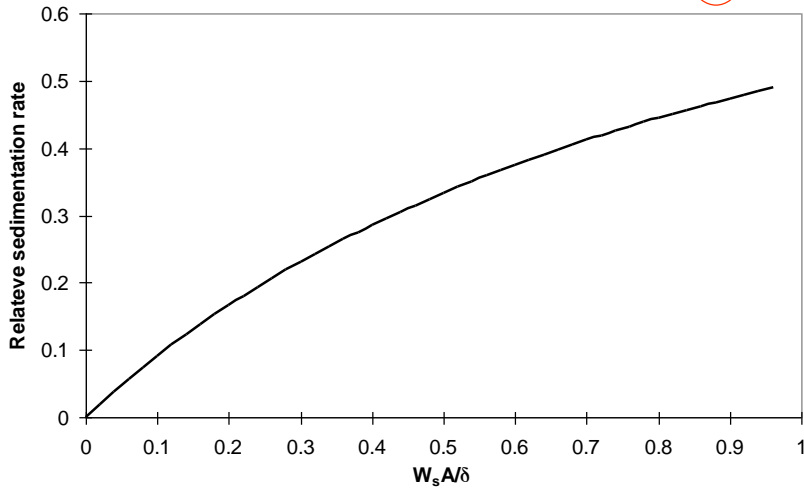


Data



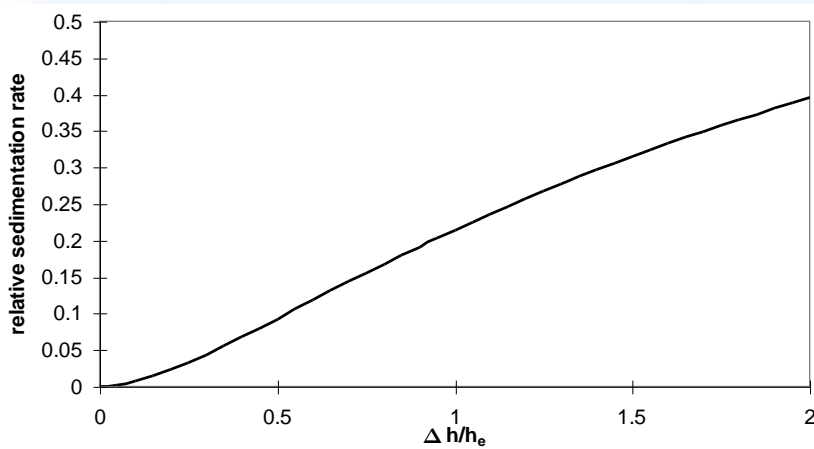
Influence of size dredging area

$$\frac{S}{\bar{\alpha}_E} = \left(\frac{\frac{w_s A}{\delta}}{1 + \frac{w_s A}{\delta}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{h_e}} \right)^2 \right)$$



Combined effect

$$\frac{S}{\bar{\alpha}_E} = \left(\frac{\frac{w_s A}{\delta}}{1 + \frac{w_s A}{\delta}} \right) \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta h}{h_e}} \right)^2 \right)$$



First application

Sill	h (m)	h_e (m)	A (m ²)	$w_s A / \delta$	$\Delta h / h_e$	S (Mm ³ /yr) model	S (Mm ³ /yr) 1999-2001
Bath	16	8	945643	0.01	1.0	1.1	1.0
Valkenisse	16	8	835174	0.01	1.0	1.0	1.7
Hansweert	16	8	2297511	0.02	1.0	2.6	2.6
Borssele	16	10	597374	0.01	0.6	0.5	1.2



Verslag

Datum
18 december 2018

Ons kenmerk
11202177-000-ZKS-0014

Pagina
9 van 9

**Bijlage E: Presentatie door Herman Mulder over geschematiseerd procesgedreven
voorspelmodel**



Model voor baggervolumes in een geul

H.P.J. Mulder



Modelbeschrijving (1/2)

- Verandering van baggervolumes als gevolg van de (autonome) morfologische ontwikkeling van een geul
- Schematisatie dwarsprofiel van een geul onder GLW (oppervlakte, verhouding breedte/maximale diepte)
- Schematisatie verloop van oppervlakte dwarsprofiel langs de geulas en in de tijd
- Correctie baggervolume voor effect van storten (retourstroom)
- Empirische relatie tussen dwarsprofiel geul in evenwicht en getijvolume -> sedimentatiesnelheid is functie van de mate waarin geulprofiel afwijkt van evenwicht

$$s_b = s_{b-max} \left(1 - \left(\frac{A_e}{A_e + A_b} \right)^m \right)$$

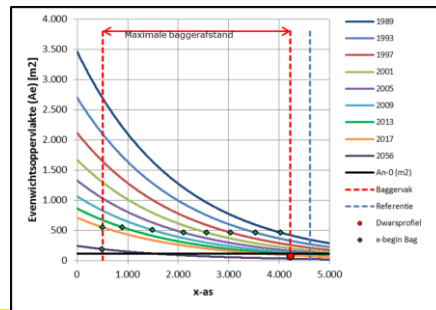
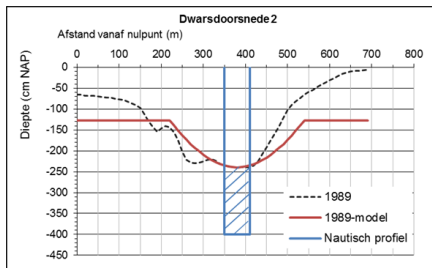
- m = exponent sedimenttransportformule
- A_e = oppervlakte evenwicht
- A_b = te baggeren oppervlakte (door nautisch profiel)



Modelbeschrijving (2/2)

- Baggervolume is integraal van sedimentatie over de geullengte
- Schematisatie dwarsprofiel:
- Verloop oppervlakte evenwichtsprofiel in tijd en ruimte

$$z = d_e \left(1 - \left(\frac{y}{B_e/2} \right)^n \right) \quad A_e(x, t) = \{ A_0(x_r, t_r) + (A_e(x_r, t_r) - A_0(x_r, t_r)) e^{-(t-t_r)/T} \} e^{-(x-x_r)/L}$$



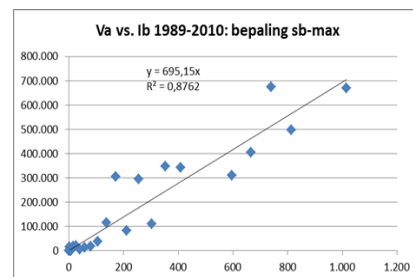
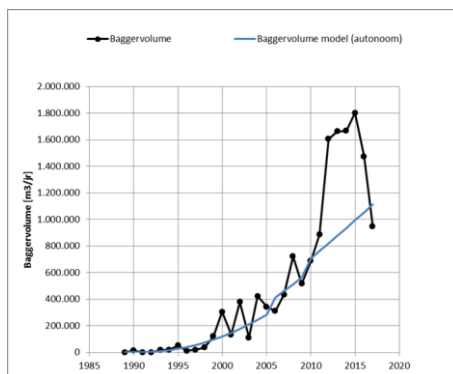
3

Rijkswaterstaat



Modelkalibratie

- Baggervolumes (na 2010 storten in omgeving baggergebied: ebgeul)
- Kalibratieparameter S_b -max op periode t/m 2010



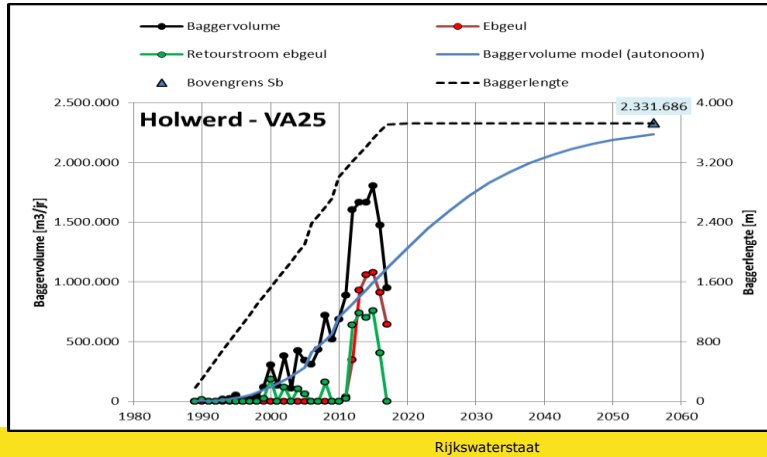
4

Rijkswaterstaat



Prognose

- Baggervolumes door autonome morfologisch ontwikkeling



5

Rijkswaterstaat



Einde

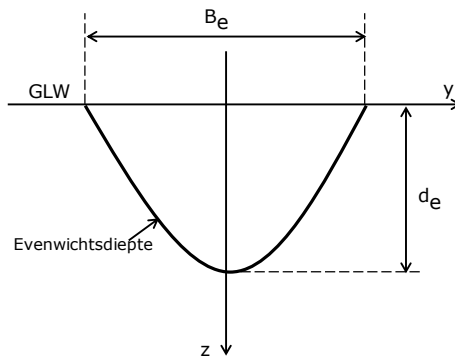
- Hierna aanvullende dia's

6

Rijkswaterstaat

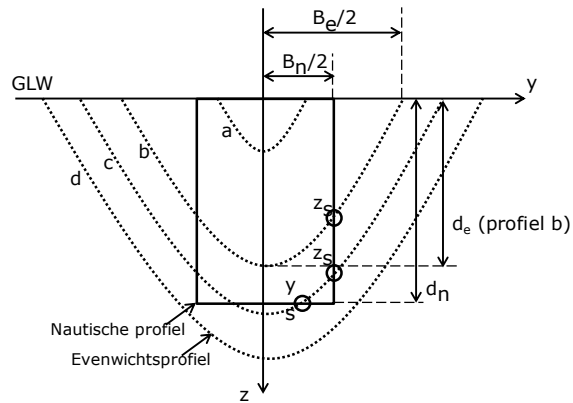


Evenwichtsprofiel: parabolische functie





Evenwichtsprofiel en nautisch profiel



9

Rijkswaterstaat



Dwarsprofielen 1, 2 en 3 t.b.v. lengteschaal



10

Rijkswaterstaat



Verloop evenwichtsoppervlakte in tijd (links) en afstand (rechts)

