



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Berekening Spuihoeveelheden Afsluitdijk uit metingen

RIZA rapport 99.051

Dit rapport is te bestellen à f 25,- per stuk bij SDU, Afdeling SEO/RIZA,
Postbus 20014, 2500 EA Den Haag, Tel. 070 3789880, Fax 070 3789783, Email mlget@sdu.nl.
Betaling na levering; een acceptgiro wordt bijgevoegd.
Het rapport is gratis voor dienstonderdelen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

This publication can be ordered at DFL 25,- per copy through SDU, SEO/RIZA, PO Box 20014,
2500 EA Den Haag, The Netherlands, Tel. +31 70 3789880, Fax +31 70 3789783, Email mlget@sdu.nl.
Payment on delivery.



Berekening Spuihoeveelheden Afsluitdijk uit metingen

RIZA Rapport 99.051
ISBN 9036952603

23 september 1999

Auteur: D.P. Vlag

In opdracht van Regionale Directie IJsselmeergebied

Samenvatting 4

1 Inleiding 5

2 Beschrijving sluizen en spuiregime 7

2.1 Sluizen 7

2.2 Spuiregime 9

3 Debietmetingen 11

3.1 Stroomsnelheden 11

3.2 Waterstanden 12

4 Beschrijving model 13

4.1 Theorie afvoerberekening sluis 13

4.1.1 Onvolkomen lange overlaat 13

4.1.2 Volkomen lange overlaat 14

4.2 Afvoerberekening 14

4.2.1 Debiet verticaal 14

4.2.2 Sluis debiet 17

4.2.3 Afvoer spuiperiode 19

5 Computer programma 'RWS SpuiDebiet' 21

5.1 File met basisgegevens 21

5.2 Invoer voor 'RWS SpuiDebiet' 21

5.3 Uitvoer van 'RWS SpuiDebiet' 22

5.4 Invoer verticalen 22

6 .Conclusies en Aanbevelingen 23

6.1 Conclusies 23

6.2 Aanbevelingen 23

Literatuur 24

Bijlagen 26

Samenvatting

Het overtollige water van het IJsselmeer wordt onder vrij verval geloosd via twee complexen van spuisluizen, de Stevinsluizen bij Den Oever en de Lorentzsluizen bij Kornwerderzand. De complexen bestaan uit groepen, elk groep heeft 5 kokers. De breedte van één koker is 12 m. Het Stevinscomplex heeft 3 groepen en het Lorentzcomplex heeft 2 groepen. Deze benodigde capaciteit is bepaald met modelproeven voor de bouw van de Afsluitdijk.

Na de afsluiting van de Zuiderzee zijn in 1933 en 1934 enkele metingen bij de sluisen uitgevoerd. De nauwkeurigheid van deze metingen is, gemeten naar huidige maatstaven, niet erg groot. Sinds enige jaren zijn er akoestische verticale snelheidsmeters beschikbaar. In 1998 is de Regionale Directie IJsselmeergebied van de Rijkswaterstaat gestart met metingen in de kokers van de Stevinsluizen met als doel het preciezer vaststellen van de afvoerrelatie.

Aan de afdeling Hydrodynamica en Veiligheid van het RIZA is gevraagd om uit de meetwaarden en waterstanden een methode te ontwikkelen om de afvoer door één koker te berekenen. De basis van de berekeningswijze zijn de lange overlaatformules.

Door de gebruikte meter kunnen delen van het profiel niet bemeten worden. Het betreft de delen van het eerste meetpunt van de verticaal naar het wateroppervlak en van het laatste meetpunt naar de bodem. Ook het deel langs de verticale muren van de koker kan niet bemeten worden. Het totaal niet bemeten deel kan oplopen tot 50% van het profiel. De in dit rapport beschreven berekening van de afvoer is, middels extrapolatie via een 1/7 machtskromme, toch voldoende nauwkeurig. De nauwkeurigheid van berekening kan verhoogd worden door de meettijd per verticaal te verkorten en door de waterstand in de meetraai beter te meten.

Naast de berekening van het profieldebiet wordt ook het debiet over de sluisgang berekend. De nauwkeurigheid van dit debiet is sterk afhankelijk van de eerste (laatste) verticaalmeting. De eerste (laatste) verticaalmeting moet kort, binnen 30 minuten, na (voor) het openen (sluiten) van deuren uitgevoerd worden. De ontbrekende perioden worden door extrapolatie, waarbij gebruik wordt gemaakt van het verval, berekend.

Voor de verwerking van meetdata naar afvoeren is een computerprogramma, *RWS SpuiDebiet*, op basis van Fortran90 ontwikkeld met een windows-schil. Door de modulaire opbouw is het programma eenvoudig aan te passen en uit te breiden. Door aanpassingen te doen in de zogenaamde '.ini' file is het programma ook bruikbaar in andere, rechthoekige, sluisen.

1 Inleiding

Sinds de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 wordt het overtollige water van het toen gevormde IJsselmeer via spuisluisen geloosd op de Waddenzee. In de Afsluitdijk zijn twee spuicomplexen aangebracht: de Stevinluisen nabij Den Oever en de Lorentzsluisen nabij Kornwerderzand. De dimensies van deze sluisen zijn bepaald uit metingen in de waterloopkundige modellen te Karlsruhe (1922) en te Delft (1929). Uit deze modelproeven kwam uiteindelijk een benodigde doorstroombreedte van 300 m. Deze 300 m is verdeeld over 5 groepen van 5 kokers. Van de 5 groepen liggen er 3 bij Den Oever en 2 bij Kornwerderzand (Thijssse, 1972).

Uit waterhuishoudkundig oogpunt was een omgekeerde verdeling beter geweest. Het Ministerie van Defensie wilde echter de grootste spuicapaciteit in het westen hebben. In geval van een vijandige aanval uit het oosten was de grootste sluisopening nog beschikbaar. (Bron: Thijssse, 1972)

Daar in 1922 en 1929 met relatief kleine modellen gewerkt is (schaal 1:100) en de juiste omgeving nog niet bekend was, is kort na het gereedkomen van de Afsluitdijk in 1933 een nieuw waterloopkundig model gemaakt met een grotere schaal (1:25). Om het model te ijken zijn er in 1933 en 1934 metingen bij de sluisen uitgevoerd. Deze metingen, aan de IJsselmeerzijde, zijn uitgevoerd met een slingerstroommeter op een raai 8,5 m vanaf de koppen van de pijlers. Om een geheel dwarsprofiel van één groep van 5 kokers door te meten, 35 verticalen en 3 meetpunten per verticaal, was ongeveer een half uur nodig (Rijkswaterstaat, 1976). De metingen zijn uitgevoerd voor beide groepen van het complex Kornwerderzand en voor de middelste groep van het complex Den Oever.

Nadien zijn meer plannen gemaakt en is zelfs een keer een proefmeting verricht met een propellermeetinstrument in één koker. Ook is de plaatsing van een akoestische debietmeter overwogen. De verwachte praktische problemen bij uitvoering van deze metingen heeft er toe geleid dat er tot 1998 geen stroomsnelheidsmetingen meer zijn verricht.

De laatste jaren is vanwege de te verwachten klimaatverandering, de zeespiegelrijzing en in verband met een optimalisering van het peil van het IJsselmeer inzicht in het juiste spuidebiet van belang. Naar aanleiding hiervan en het beschikbaar komen van een operationele akoestische verticale stroomsnelheidsmeter (ADCP) heeft de Regionale Directie 'IJsselmeergebied' van Rijkswaterstaat (RDIJ) besloten om alle kokers van de complexen te bemeten. Aan de afdeling Hydrodynamica en Veiligheid (WSH) van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) is gevraagd om een berekeningsmethode op te stellen, op basis van de metingen, ter bepaling van het debiet over de sluis en van het totale debiet over de sluisgang. In deze methode dienen de hydraulische aspecten van de sluisen meegenomen worden. Door de verwachten grote hoeveelheid data moest het gehele proces geautomatiseerd worden. Dit heeft gereulteerd in het computerprogramma 'RWS SpuiDebiet'.

In hoofdstuk 2 staat een beschrijving van de sluis en spuiregime. De metingen en de daarbij gebruikte apparatuur worden in hoofdstuk 3 besproken. Hoofdstuk 4 staat aangegeven hoe de debieten uit de metingen berekend worden. In hoofdstuk 5 geeft een beschrijving van het computerprogramma. Conclusies en aanbevelingen staan in hoofdstuk 6.

Het programma 'RWS SpuiDebiet' is als separaat product bij deze nota beschikbaar.

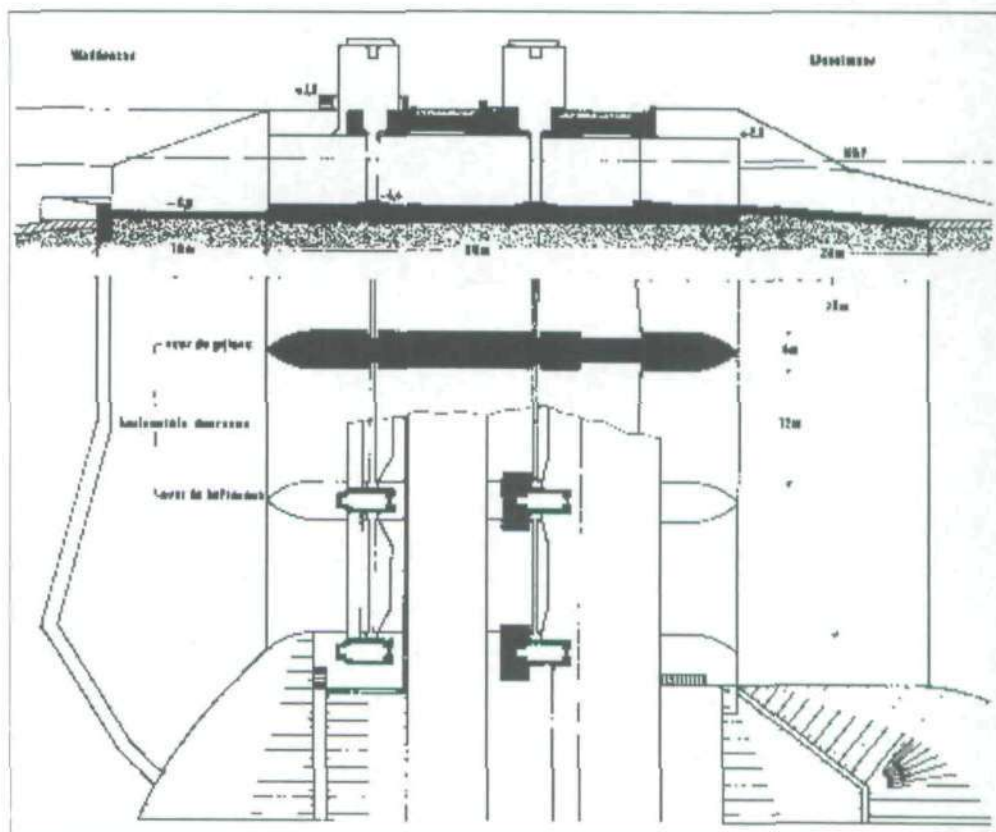
2 Beschrijving sluizen en spuiregime

De beschrijving van de sluizen wordt beperkt tot datgene wat van belang is voor de uitvoering en de verwerking van de metingen. Ook bij de beschrijving van het spuiregime is beknopt.

2.1 Sluizen

De spuicomplexen zijn onderverdeeld in respectievelijk 3 en 2 groepen. Eén groep bestaat uit 5 kokers. Figuur 1 geeft het bovenaanzicht en de dwarsdoorsnede van een koker. De drempel waar de deur van de IJsselmeerszijde in gesloten toestand op rust ligt op 4,40 m onder N.A.P. De drempel van de deur aan de Waddenzeezijde ligt op 4,50 m onder N.A.P. Naast de drempels ligt de bodem op 4,70 m onder N.A.P. De breedte van de koker is 12 m. De lengte van de koker is 50 m. De bovenkant van de koker ligt op 2,5 m boven N.A.P. Door deze hoogte fungeert de koker altijd als spuisluis en niet als duiker.

Figuur 1
Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht spuiwoker



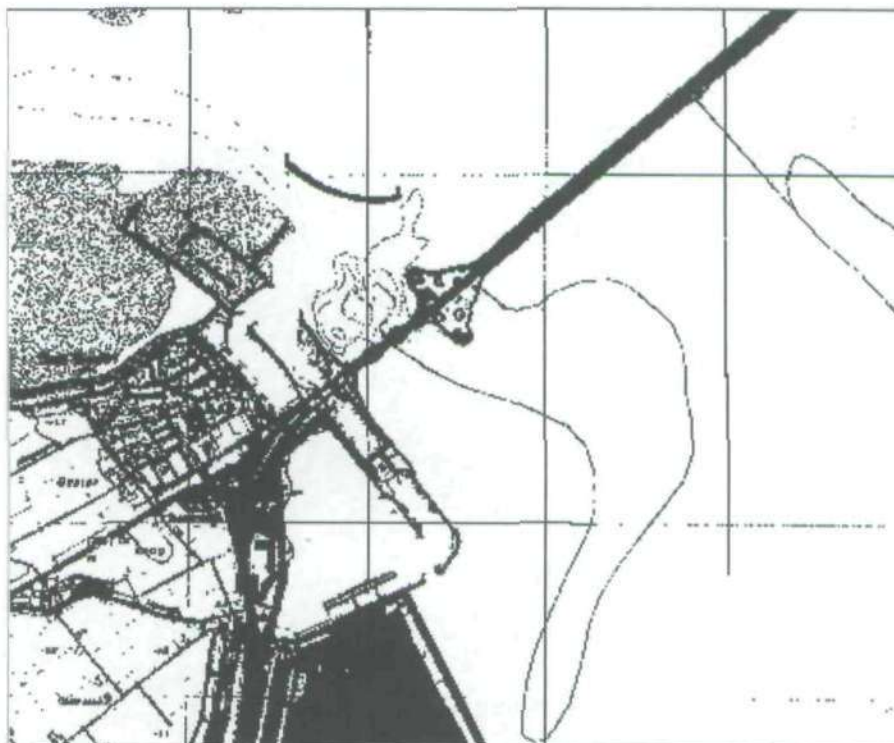
Aan de IJsselmeerszijde sluit de koker aan een geleidend aflopend profiel. Aan de Waddenzeezijde ligt nog een woelbak van 18 m lengte en met een bodemhoogte van 6 m onder N.A.P. De pijler aan de IJsselmeerszijde is spits gemaakt. Dit is niet de meest gunstige hydrodynamische vorm, maar voldoende om een hoge afvoercoëfficiënt te verkrijgen (Thijssen, 1972).

De uit modelproeven gevonden afvoercoëfficiënt is afhankelijk van de binnenwaterstand (IJsselmeer) en het verval. De afvoercoëfficiënt neemt toe bij hogere peilen aan de binnenzijde en neemt af bij toenemend verval. Indien er sprake is van dat de benedenwaterstand (Waddenzee) geen invloed meer heeft op de afvoer, dan spreekt men van een volkomen overlaat en treedt de maximale afvoer op.

Stevinsluizen

De Stevinsluizen bevinden zich aan de zuidwestzijde van de Afsluitdijk nabij Den Oever, zie figuur 2. De spuisluizen zijn opgedeeld in 3 groepen met elk 5 kokers. De totale breedte beschikbaar voor spuien is hierdoor 180 m. Bij een waterstand van 0.5 m onder NAP geeft dit een totale doorstroombopening van 702 m².

Figuur 2
Situatie Stevinsluizen



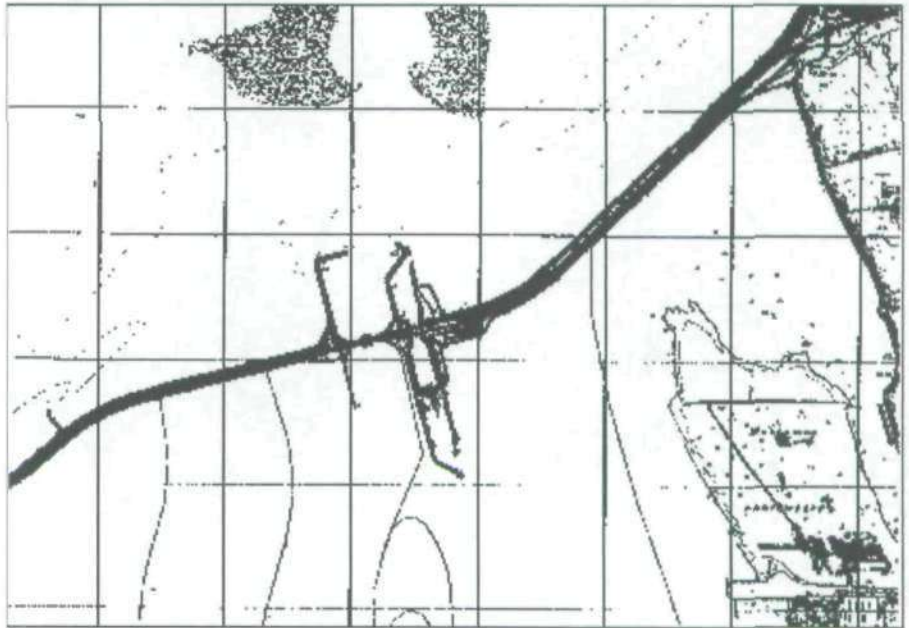
Uit de dieptelijnen van het IJsselmeer in de situatie tekening blijkt dat de aanstroming vanuit het IJsselmeer niet loodrecht op de sluisen is. Het effect van de scheve aanstroming zal het sterkst zijn in de meest rechtse (noordoostelijke) koker van een groep.

De registratie van waterstanden vindt plaats in de voorhavens van de schutsluis. De ligging van de meters ten opzichte van de spuisluizen is zodanig dat de waterstandsregistratie niet beïnvloed wordt door het spuien.

Lorentzsluizen

Figuur 3 geeft de ligging aan van de Lorentzsluizen. De sluizen liggen op ca. 3,5 km uit de Friese kust. De totale breedte, beschikbaar voor spuien, is 120 m, verdeeld over 2 groepen van 5 kokers. Bij een waterstand van 0.5 m onder NAP geeft dit een totale doorstroombopening van 468 m².

Figuur 3
Situatie Lorentzsluizen



Uit de loop van de dieptelijnen in de situatietekening volgt niet direct dat de aanstroming van de sluizen afwijkt van de loodrechte aanstromingsrichting. Tijdens de metingen van 1933 en 1934 is echter wel een verschil geconstateerd tussen de oost- en westgroep. Tijdens de metingen bleek de capaciteit van de westgroep enkele procenten onder die van de oostgroep te liggen (Rijkswaterstaat, 1976). De hoofdstroming buiten de hoofden is zuidzuidwest. De lengte van de westelijke leidam is blijkbaar onvoldoende om de stroming om te buigen naar een loodrechte aanstroming. De registratie van waterstanden vindt plaats in de voorhavens van de schutsluis. Ook bij de Lorentzsluizen is de ligging van de meters ten opzichte van de spuisluizen is zodanig dat de waterstandsregistratie niet beïnvloed wordt door het spuien.

2.2 Spuiregime

Op het IJsselmeer is het winterstreefpeil 0.40 m onder NAP en in de zomer is het streefpeil 0.2 m onder NAP. Wisseling van de streefpeilen vindt plaats in april en oktober. Komt het meerpeil boven het streefpeil dan wordt er gespuid. Afhankelijk van de hoogte van het IJsselmeerpeil wordt er via één of meer groepen gespuid. Hierbij wordt zoveel mogelijk de symmetrie in het oog gehouden.

In normale situaties wordt altijd met alle kokers van één groep gespuid. Bij onderhoud aan een koker moet in kader van symmetrie soms ook één of meer kokers tijdens het spuien dichtgehouden worden. Door het sluiten van één of meer kokers zal door de veranderde aanstroming de afvoer van de andere kokers beïnvloed worden. Hierdoor zal het nodig om ook metingen uit te voeren in dit soort situaties.

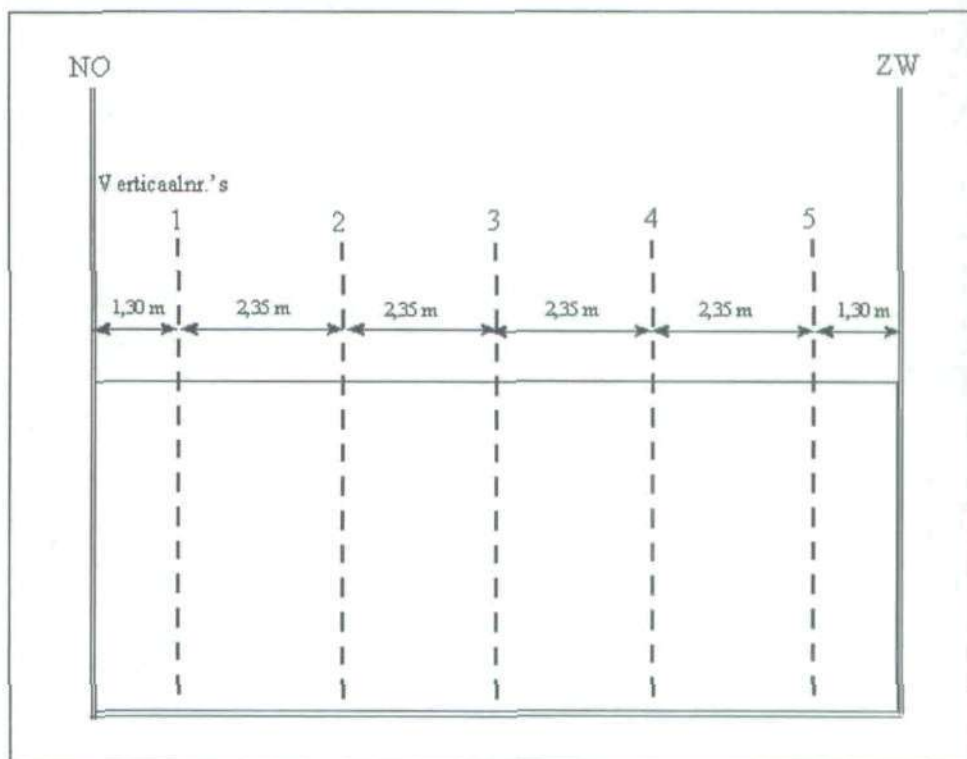
Tijdens de vistrek worden enkele schuiven enige decimeters gelicht. Met de huidige meetopstelling zal het waarschijnlijk niet mogelijk zijn deze debieten te meten. Naar verwachting zullen er verticale en/of horizontale neren ontstaan. Daar de stromingsrichting niet gemeten wordt, is het niet mogelijk het werkelijke debiet te bepalen.

3 Debietmetingen

3.1 Stroomsnelheden

De stroomsnelheidsmetingen worden uitgevoerd aan de uitstroomzijde van de koker op ca. 5 m achter de drempel van de buitendeuren (Waddenzeezijde). De sluisbodem ligt hier op 4.65 m t.o.v. N.A.P. Over de twee pijlers van de koker is een brug gelegd waar vanaf de metingen uitgevoerd worden. In de breedte worden vijf verticale bemonsteringen gemaakt. Eén in het midden, twee op 2,35 m uit het midden en twee op 1,30 m uit de zijmuur. Figuur 4 geeft een schematisch overzicht van deze verdeling. De meettijd per verticaal is vijf minuten en de verplaatstijd van het meetinstrument is ca. één minuut. Dit resulteert erin dat in ca. 30 minuten alle vijf de verticale bemonsteringen één keer bemonsterd zijn.

Figuur 4
Schematische verdeling meetverticalen



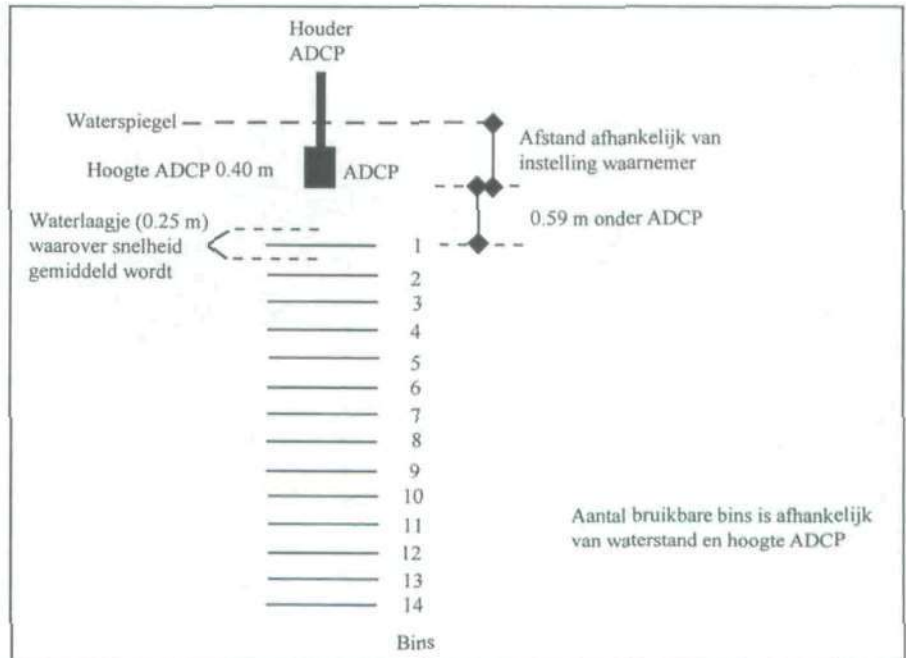
De gebruikte meter is een ADCP van het bedrijf RD Instruments, type Workhorse Sentinel. De meetnauwkeurigheid is ca. 0,5%. Dit geeft bij een stroomsnelheid van 5 m/s een maximale fout van 0,025 m/s. De gekozen inwintfrequentie is 1200 kHz. Tijdens een meting van één verticaal wordt in vijf minuten ca. 1100 snelheidsbepalingen gedaan.¹

Voor de dikte van de te bemonsteren waterlagen is gekozen voor 0,25 m. Er zijn 14 van deze lagen (bins), totale afstand is dus 3,5 m. De ADCP heeft een lengte van 0,40 m. Het midden van de bovenste waterlaag ligt op 0,59 m onder de sensoren van de ADCP zie figuur 5. Hoger is technisch niet mogelijk. Door

¹ Per 27 seconden wordt het gemiddelde over 100 metingen opgeslagen.

verstoring van de signalen nabij de bodem ligt de het midden van het onderste waterlaagje op 6% van de diepte gerekend van de onderkant van de ADCP. Absoluut is dit voor de situatie Afsluitdijk ca. 0,2 m. Bij lage waterstanden in de meetraai zal het aantal bruikbare waterlagen kleiner dan 14 zijn.

Figuur 5
Schematische meetverticaal



De hoek van de bundel, waarmee gemeten wordt, is 20° . Bij een diepte van 3,80 m geeft dit op de bodem een horizontale afstand van $3,8 \text{ m} \times \sin 20^\circ$ is 1,30 m. Dit komt overeen met de afstand van de eerste verticaal vanaf de zijmuur.

3.2 Waterstanden

Voor de binnen- en buitenwaterstand wordt gebruik gemaakt van stations van Monitoring Systemen Waterstand (MSW). Voor Den Oever zijn deze stations 'Den Oever binnen' en 'Den Oever buiten' en de MSW stations voor Kornwerderzand zijn 'Kornwerderzand binnen' en 'Kornwerderzand buiten'. De waterstanden zijn over 10 minuten gemiddeld en beschikbaar met intervallen van 10 minuten.

De waterstand ter plaatse van de meetraai wordt gedurende de stroomsnelheidsmetingen gemeten. Er zijn twee metingen: één begin van een verticaal en één aan het eind van een verticaal. Hierbij wordt visueel een apparaat afgelezen, dat enkel malen per seconde het wateroppervlak aftast. Daar het wateroppervlak bij hoge watersnelheden nogal verstoord is, zijn deze metingen minder nauwkeurig.²

² Vanaf medio 1999 wordt de waterstand gemeten met een automatisch registrerende waterstandsmeter.

4 Beschrijving model

4.1 Theorie afvoerberekening sluis

De kokers van de spuisluizen zijn voldoende lang om te kunnen spreken van een *lange* overlaat. Bij een lange overlaat zijn de stroombanen boven de overlaat recht. Indien de beneden waterstand de afvoer beïnvloedt, is er sprake van een *onvolkomen* lange overlaat. Indien de benedenwaterstand geen invloed meer heeft op de afvoer dan is er sprake van een *volkomen* lange overlaat. Beide situaties kunnen zich voordoen bij de afvoersluizen in de Afsluitdijk.

4.1.1 Onvolkomen lange overlaat

De algemene formule voor het berekenen van de afvoer over een onvolkomen lange overlaat is:

$$Q = c_o * b * h_2 \sqrt{2g * (H - h_2)} \quad (1)$$

Hierin is:

- Q = afvoer overlaat [m³/s]
- c_o = afvoercoëfficiënt onvolkomen overlaat [-]
- b = breedte overlaat [m]
- h₂ = waterdiepte boven overlaat [m]
- g = versnelling zwaartekracht (9,81) [m/s²]
- H = energiehoogte [m]

De energiehoogte is gelijk aan:

$$H = h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \quad (2)$$

Hierin is:

- h₁ = waterdiepte bovenstrooms t.o.v. overlaat [m]
- v₁ = stroomsnelheid t.p.v. h₁ [m/s]

De bovenstroomse waterstand wordt buiten het instroomgebied gemeten. Hierdoor nadert de stroomsnelheid (v₁) naar 0 en wordt de energiehoogte gelijk aan h₁.

In de afvoercoëfficiënt is de sommatie van de effecten van de weerstanden die ontstaan bij binnentreden koker, in de koker zelf en bij het verlaten van de koker. In gewone omstandigheden is de waterdiepte h₂ niet bekend. Wel is de benedenstroomse waterstand bekend. De fout die gemaakt wordt door de benedenstroomse waterstand te gebruiken, zowel voor het verval als voor de doorstroomopening, wordt verwerkt in een aangepaste afvoercoëfficiënt. Vergelijking 1 kan dan, na verwaarlozing van v₁, geschreven worden als:

$$Q = \mu_o * b * h_3 \sqrt{2g * (h_1 - h_3)} \quad (3)$$

Hierin is:

- μ_o = afvoercoëfficiënt onvolkomen overlaat [-]
- h₃ = waterdiepte benedenstrooms t.o.v. overlaat [m]

4.1.2 Volkomen lange overlaat

Bij een volkomen lange overlaat is de benedenstroomse waterstand niet meer van invloed op de afvoer. Er is dan sprake van een maximale afvoer, die alleen afhankelijk is van de bovenstroomse waterstand. De maximale afvoer treedt op indien de waterdiepte boven de drempel gelijk is aan tweederde van de energiehogte. Dit ingevuld in vergelijking 1 geeft dit:

$$Q = c_v * b * \frac{2}{3} H \sqrt{2g * \frac{1}{3} H} \quad (4)$$

Hierin is:

c_v = afvoercoëfficiënt volkomen overlaat [-]

Bij verwaarlozing van de bovenstroomse stroomsnelheid en verdere herleiding, is vergelijking 4 te schrijven als:

$$Q = \mu_v * b * H^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

Hierin is:

μ_v = afvoercoëfficiënt volkomen overlaat [$m^{1/2}/s$]

In de afvoercoëfficiënt μ_v zijn opgenomen de constanten $2/3$ en $\sqrt{2g}$ en de optredende weerstanden, intree- en wrijvingweerstand. Uittreeweerstand heeft natuurlijk geen effect op de afvoer. Ook bij een volkomen overlaat is h_2 niet bekend. In de praktijk wordt van de benedenwaterstand uitgegaan om te bepalen of de overlaat volkomen is of niet. Er is dus sprake van een volkomen overlaat, indien

$$h_3 \leq \frac{2}{3} h_1 \quad (6)$$

4.2 Afvoerberekening

Bij de bepaling van de afvoer uit de ADCP metingen van de spuisluizen Afsluitdijk zijn een drietal berekeningen te onderscheiden. Namelijk het debiet per verticaal, het debiet over de gehele sluis en de totale spuihoeveelheid per spuiperiode.

4.2.1 Debiet verticaal

De verticaal is in drie delen te onderscheiden waarvoor het debiet op verschillende manieren bepaald wordt. Deze drie delen zijn:

- vanaf het wateroppervlak tot aan de eerste meting;
- bemeten waterlagen, dikte 0,25 m en
- vanaf laatste goede meting tot de bodem.

a) bovendeeel verticaal

De toplaag van de verticaal wordt bepaald door de waterstand en de hoogte van het eerste gemeten stroomsnelheidsmeetpunt. Het eerste meetpunt ligt minimaal 1,09 m onder het wateroppervlak (zie par. 3.1). In de praktijk is deze afstand meer, doordat het wateroppervlak zeer woelig is en anders het risico bestaat dat de ADCP boven water komt. Meestal ligt de afstand van de niet bemeten toplaag rond de 1,25 m, maar ook 1,5 m komt wel eens voor bij een snel stijgende waterstand. In tabel 1 is het deel van de verticaal weergegeven dat niet bemeten wordt. Bijvoorbeeld bij een waterstand van -1,0 m t.o.v. NAP en toplaagdikte van 1,25 m zal eenderde van de verticaal niet bemeten worden.

Tabel 1
Percentage niet bemeten toplaag

Waterstand [m] t.o.v. NAP	Niet gemeten deel verticaal bij een toplaag dikte van ... m		
	1.20	1.30	1.50
0.50	23.1	25.0	28.8
0.00	25.5	27.7	31.9
-0.50	28.6	31.0	35.7
-1.00	32.4	35.1	40.5
-1.50	37.5	40.6	46.9

Van deze niet bemeten bovenlaag moet toch een zo goed mogelijke schatting van het verloop van de snelheid worden gemaakt. Tijdens het spuien is er sprake van turbulente stroming. Bij turbulente stroming is het snelheidsverloop in de verticaal logaritmisch. Daar de oppervlaktebepaling van een logaritmische verdeling niet eenvoudig is, wordt veelal een benaderde vergelijking gebruikt, namelijk de 1/7 machtsvergelijking. Uit de twee hoogste meetpunten in de verticaal wordt de vergelijking afgeleid en geëxtrapoleerd naar het wateroppervlak. In tabel 2 is voor een gemeten verticaal het verloop van de snelheid naar het wateroppervlak aangegeven voor de twee type vergelijkingen.

Tabel 2
Verloop stroomsnelheid van wateroppervlak naar hoogste meetpunt

Hoogte boven bodem (z) [m]	Gemeten stroomsnelheid (v) [m/s]	Snelheid volgens $a \log(z)+b$ [m/s]	Snelheid volgens $az^{(1/7)}+b$ [m/s]
3.13		4.588	4.603
3.00		4.561	4.574
2.80		4.517	4.527
2.60		4.470	4.477
2.40		4.419	4.423
2.20		4.364	4.365
2.00		4.303	4.303
1.90	4.27		
1.65	4.18		

Uit deze tabel blijkt, zoals werd verwacht, het verloop van 1/7 machts kromme weinig afwijkt van het logaritmische verloop. De debietbijdrage aan de verticaal verschilt dan ook weinig. Voor het logaritmisch verloop is het debiet 5,464 m³/s/m en voor de 1/7 machts kromme is het debiet 5,472 m³/s/m.

Uit het bovenstaande kan de conclusie getrokken worden dat, ondanks een groot gedeelte aan de bovenzijde van de verticaal niet bemeten wordt, het debiet goed kan worden berekend. Mits een logaritmische snelheidsverloop wordt aangenomen.

b) *bemeten waterlagen*

Het deel van de verticaal dat door de ADCP bemeten wordt is afhankelijk van de hoogte waarop de ADCP hangt en het aantal beschikbare bins. De maximale lengte van het werkelijk gemeten traject van de verticaal is:

$$14 \text{ waterlagen (bins)} * 0,25 \text{ m} = 3,5 \text{ m.}$$

De laatste nog in de debietberekening meegenomen waterlaag ligt minimaal 0,20 m en maximaal 0,45 m boven de bodem. Tabel 3 geeft het bemeten deel, van dezelfde verticaal als die gebruikt is voor het bovenste deel, weer. Door de

lage waterstand worden er in dit voorbeeld slechts 7 van de 14 metingen gebruikt.

Tabel 3

Verloop stroomsnelheden in het bemeten deel van de verticaal

Hoogte boven de bodem (z) [m]	Gemeten stroomsnelheid (v) [m/s]	Cummulatief debiet (q) [m ³ /s/m]
1.90	4.27	0.000
1.65	4.18	1.056
1.40	4.12	2.094
1.15	4.05	3.115
0.90	3.93	4.113
0.65	3.79	5.078
0.40	3.60	6.001

Voor de debiet berekening is gekozen voor een rechtlijnig verloop. Het debiet van het midden van waterlaag i tot midden waterlaag i+1 wordt als volgt berekend:

$$\text{dikte waterlaag} * (v_i + v_{i+1}) / 2$$

Door de korte onderlinge afstanden van de waterlagen is de fout, die gemaakt wordt door niet via een kromme het debiet te berekenen, minimaal.

De conclusie, die uit het bovenstaande getrokken kan worden, is de nauwkeurigheid van het debiet van het bemeten deel groot is en praktisch alleen bepaald wordt door de nauwkeurigheid van de meting.

c) *onderste deel verticaal*

Door verstoring van de akoestische signalen door de bodem is het niet mogelijk om de onderste 6% van het deel onder de ADCP van de verticaal te meten met een ADCP. Voor de situatie van de spuisluisen van de Afsluitdijk ligt deze afstand, afhankelijk van de waterstand, tussen 0,15 - 0,20 m. Er is voor een absolute grens van 0,20 m gekozen. Met de vaste afstelling van de dikte van de waterlagen (bins) van 0,25 m, maakt dat de lengte van het onderste deel van verticaal tussen de 0,20 en 0,45 m ligt. Net als bij het bovenste deel van de verticaal is hier gekozen voor een 1/7 machtskromme. Tabel 4 geeft het verloop weer van het onderste deel van de verticaal.

Tabel 4

Verloop stroomsnelheid van laatste meetpunt naar de bodem.

Hoogte boven de bodem (z) [m]	Gemeten stroomsnelheid (v) [m/s]	Snelheid volgens $az^{(1/7)}$ [m/s]
0.40	3.60	3.60
0.35		3.53
0.30		3.46
0.25		3.37
0.20		3.26
0.15		3.13
0.10		2.95
0.05		2.67
0.00		0.00

Het verloop van dit deel van de verticaal is het minst zeker. De oorzaak hiervan is dat er op ca. 5 m benedenstrooms van de zeewaartse drempel gemeten wordt. De drempel ligt 0,15 m hoger dan de bodem waar gemeten wordt. Dit

zal wervelingen geven nabij de bodem. Daar de mate van werveling niets bekend is, zal het verloop van een 1/7 machts kromme toegepast worden bij bepaling van het debiet. In het voorbeeld van tabel 4 geeft dit een debiet van 1,260 m³/s/m.

De in deze paragraaf vermelde verticaal is de bijdrage van drie delen van de verticaal respectievelijk 43, 47 en 10%. Bij hogere waterstanden zal de bijdrage van het bemeten deel hoger worden. Bij een andere meting met een waterstand van -0,81 m t.o.v. NAP en 10 metingen in het middendeel van de verticaal was de verhouding van de drie delen respectievelijk 35, 58 en 7%.

4.2.2 Sluis debiet

Doordat ongeveer zes minuten nodig is om één verticaal door te meten en de meter te verplaatsen, zijn de vijf verticalen in het dwarsprofiel in ongeveer 30 minuten bemeten. Dit is te lang om het debiet over de sluis voor een tijdstip rechtstreeks uit de metingen te bepalen. Daarom is gekozen om te interpoleren in de tijd per meetpunt.

Om het totale spuidebiet van desbetreffende koker te kunnen berekenen moet het debiet van de situatie 'deur open' tot 'deur dicht' bekend zijn. Deze periode zal uit de metingen berekend moeten worden via extrapolatie.

Nadat het verloop in de tijd per meetpunt is berekend, kan het totale debiet over de sluis berekend worden.

De tijden waarop het debiet wordt geïnterpoleerd, dan wel geëxtrapoleerd, zijn gelijk aan de tijden waarop de waterstanden vanuit MSW beschikbaar zijn. De MSW waterstanden worden elke 10 minuten berekend. Voor deze tijdstippen wordt ook het totale debiet van de breedte van de sluis berekend.

Er zijn drie delen te onderscheiden om te komen tot het verloop van het debiet per meetpunt:

- a) extrapolatie voor en na laatste verticaal;
- b) interpolatie tussen verticalen en
- c) berekening totaal debiet per 10 minuten.

a) extrapolatie

Van het verloop aan het begin en einde van een spuiperiode is weinig bekend. Bij het begin van een spuiperiode zou het zoute water aan de Waddenzeezijde vertragend kunnen werken. Aan het einde van de spuiperiode kan de bewegende watermassa van het IJsselmeer bij kleine vervallen voor relatief hoge debieten zorgen. Echter de opkomende vloed met zout water zal weer voor tegendruk zorgen. Door al deze niet bekende effecten is het enige waarop de extrapolatie gebaseerd kan zijn het verval. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de afvoercoëfficiënt over het geëxtrapoleerde deel constant is. De vergelijking van onvolkomen overlaat (3) is dan te schrijven als:

$$c_e = \frac{q}{h_3 \sqrt{(h_1 - h_3)}} \quad (7)$$

Hierin is:

$$\begin{aligned} c_e &= \text{afvoercoëf. overlaat van de eerste/laatste verticaal} * \sqrt{2g} \text{ [m}^{1/2}\text{/s]} \\ q &= \text{debiet eerste/laatste verticaal [m}^3\text{/s/m]} \end{aligned}$$

De geëxtrapoleerde debieten per 10 minuten worden als volgt berekend:

$$q_e = c_e * h_3 \sqrt{(h_1 - h_3)} \quad (8)$$

Hierin is:

$$q_e = \text{geëxtrapoleerde debiet [m}^3\text{/s/m]}$$

De lengte van de te extrapoleren periode aan het begin van een spuiperiode wisselt sterk. Indien direct na het begin van de spui begonnen wordt met meten varieert deze periode van 5 tot 30 minuten. Er zijn ook omstandigheden, zoals de spui start door afwaaiing eerder dan verwacht of bij vertraging bij het opstarten van de meetapparatuur, dat de overbruggingstijd meer dan een uur bedraagt. Aan het eind van de spuiperiode is onder normale omstandigheden, meten tot de deur gesloten wordt, de te extrapoleren periode maximaal 30 minuten.

b) *interpolatie*

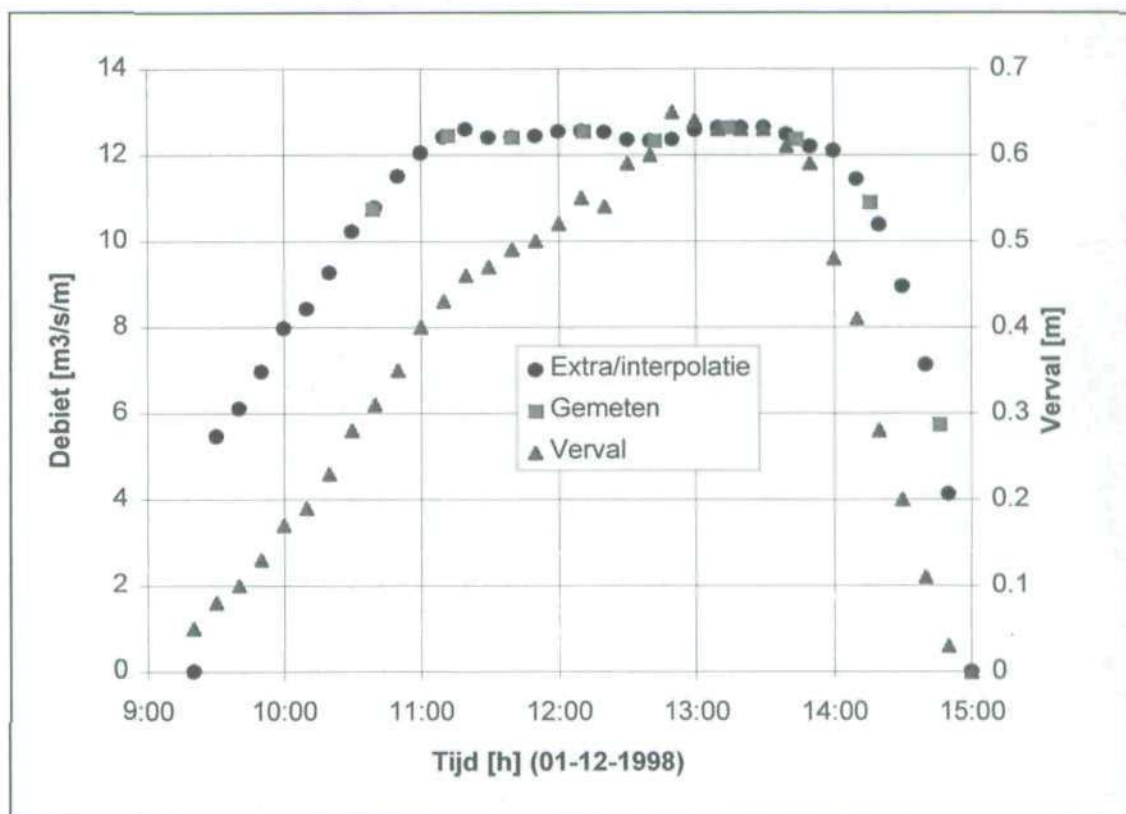
De interpolatie, om de 10 minuten waarden te bepalen, wordt uitgevoerd tussen de eerste en laatste gemeten verticaal van één meetpunt. De interpolatie wordt uitgevoerd via een tweede machts vergelijking door drie gemeten verticalen³. De periode, waarin geïnterpoleerd wordt, is:

$$\text{tijd verticaal}_i - (\text{tijd verticaal}_i - \text{tijd verticaal}_{i-1}) / 2 \text{ t/m}$$

$$\text{tijd verticaal}_i + (\text{tijd verticaal}_{i+1} - \text{tijd verticaal}_i) / 2$$

Het tijdsinterval na de eerste en het tijdsinterval voor de laatste verticaal wordt volledig geïnterpoleerd.

.....
Figuur 4
 Verloop in de tijd van verval en berekend debiet



Na extra- en interpolatie is het debiet in de tijd per meetpunt in het dwarsprofiel bekend.

Figuur 4 geeft van een punt het verloop van het debiet met daarin getekend de gemeten afvoeren en de opgetreden vervallen. Uit de figuur blijkt dat interpolatie geen extra fouten oplevert. Extrapoleren over een kort tijdsbestek geeft ook weinig problemen. Anders wordt het als de periode waarover geëxtrapoleerd lang is. In dat geval zal het bepaalde debiet behoorlijk kunnen

³ Dit houdt in dat er minimaal drie verticaalmetingen per meetpunt uitgevoerd moeten zijn om het verloop van het debiet vast te kunnen stellen.

afwijken. Om na te gaan wat de afwijking kan zijn, is in tabel 5 het begin van de spuiperiode, met vergelijkbare omstandigheden als in figuur 4, zowel geïnter- als geëxtrapoleerd. Uit de tabel blijkt dat in dit geval de extrapolatie goed gaat vanaf 30 minuten na openen sluis (10:24) en de eerste (fictieve) gemeten verticaal.

Tabel 5
Vergelijking extrapolatie en interpolatie

Tijd h:mm	Verval m	Debiet			
		geëxtrap. m ³ /s/m	geïnterp. m ³ /s/m	tijd h:mm:ss	gemeten m ³ /s/m
10:24	0.05	0.00	0.00		
10:30	0.07	5.16	2.85		
10:40	0.08	5.48	3.12	10:39:50	3.03
10:50	0.09	5.78	4.72		
11:00	0.12	6.61	6.19		
11:10	0.16	7.56	7.50	11:09:30	7.44
11:20	0.21	8.58	8.68		
11:30	0.26	9.46	9.69		
				11:39:30	10.55

Als conclusie van de bepaling van de 10 minuten debieten kan gesteld worden dat bij voldoende metingen interpolatie via een tweede machts kromme nauwkeurig genoeg is. Extrapolatie van een korte periode, minder dan 60 minuten, aan begin en eind van een spuiperiode is een goede benadering. Bij langere periode zal, indien het debiet over de gehele spuiperiode bepaald moet worden, een kritische beschouwing nodig zijn van de geëxtrapoleerde waarden.

c) *berekening sluis debiet per 10 minuten*

Voor de debiet berekening tussen de verticalen is gekozen voor een rechtlijnig verloop tussen de meetpunten. Het debiet van meetpunt i tot meetpunt i+1 wordt als volgt berekend:

$$\text{afstand meetpunt } i \text{ tot meetpunt } i+1 * (q_i + q_{i+1}) / 2$$

Daar de afstanden niet erg groot zijn is de fout, die gemaakt wordt door niet via een kromme het debiet te bereken, minimaal.

De beide delen van de breedte tussen verticaal en zijmuur moeten op een andere manier berekend worden. In de meeste kokers is er niet een duidelijk verloop in het debiet tussen de vijf meetpunten. Hierdoor is het niet mogelijk om via een kromme door de 5 debieten van de verticalen te extrapoleren naar de zijmuur. De beste schatting is het debiet constant te houden vanaf het meetpunt naar de muur. Dichtbij de muur zal het verloop logaritmisch zijn en kan weer met een 1/7 machtskromme beschreven worden. Alleen het punt waarvan het logaritmische verloop moet gelden is discutabel. Er is gekozen om dit punt 0,25 m uit de muur te kiezen. Dit houdt in dat vanaf eerste (laatste) meetpunt tot 0,25 m uit de muur het debiet van het meetpunt constant wordt gehouden en vanaf 0,20 m uit de muur een eenzevende machts verloop wordt aangehouden.

4.2.3 *Afvoer spuiperiode*

Uit de berekende debieten om de 10 minuten kan de afvoer voor een gehele spuiperiode, van het moment van openen tot het moment van sluiten, berekend worden. Het verloop van het debiet in de tijd is regelmatig, zie figuur 4. Hierdoor is het toepassen van een rechtlijnig verloop mogelijk. Alleen bij het eerste en laatste deel moet rekening gehouden worden dat de periode

afhankelijk is van het openen en sluiten van de sluis. De berekening van het debiet in de tijd wordt dus als volgt uitgevoerd:

$$10 \text{ minuten} * (\text{sluisdebiet tijdstip } i + \text{sluisdebiet } i+1) / 2$$

Concluderend kan gesteld worden dat indien de 10 minuten waarden voldoende nauwkeurig bekend zijn, d.w.z. niet te perioden geëxtrapoleerd, de totale spuiafvoer nauwkeurig te bepalen is uit de 10 minuten sluisdebieten.

5 Computer programma 'RWS SpuiDebiet'

Voor de verwerking van de ADCP metingen tot 10 minuten debieten en afvoer per spuiperiode is computerprogramma ontwikkeld. Dit programma is geschreven in Fortran90 en uitgevoerd als een windowsapplicatie. Door de modulaire opbouw van het programma kan, met weinig programmeer inspanning, eenvoudig andere lees-, reken-, schrijf- of tekenroutines ingehangen worden.

5.1 File met basisgegevens

Om het programma algemeen⁴ te houden wordt bij het opstarten van het programma de file *RWS SpuiDebiet.ini* gelezen. Deze file bevat informatie over de sluis waar gemeten is en over de instellingen van de ADCP. Verder kan hierin aangegeven worden welke maximale snelheid er kan optreden en wat de afstand uit de zijmuur is voor het logaritmisch verloop van het debiet. Van enkele constanten neemt het programma een standaard waarde aan, indien de betreffende waarde niet wordt opgegeven.

Bijlage 1 is een voorbeeld van een *RWS SpuiDebiet.ini*-file. Hierin staan tevens de standaardwaarden van het programma.

5.2 Invoer voor 'RWS SpuiDebiet'

Van elke meetdag dient een meetrapport te worden bijgehouden. Hierin dient vermeld te staan: waar en wanneer er gemeten is, begin en eind van de spuiperiode en per meetpunt de afstand uit de muur, de diepte in m t.o.v. NAP, de hoogte van de waterstandsmeter in m t.o.v. NAP en de correctie op de hoogte van de ADCP in m. Daarna komen de gemeten verticalen per dwarsprofiel. Per verticaal zijn de begin- en eindtijden, begin- en eindwaterstand en de hoogte van de ADCP genoteerd. Daar de lay-out bij het inlezen van belang is, is er een EXCEL sjabloon gemaakt. Vanuit EXCEL⁵ moet er een ASCII file met extensie 'prn' gemaakt worden. Bijlage 2 geeft een ingevuld sjabloon weer.

In beginsel komt de invoer van een ADCP file, gemaakt door een aan de ADCP aangesloten pc. De originele data kan met behulp van door de fabrikant bijgeleverde software weggeschreven worden naar ASCII file. Hierbij zijn verschillende vormen mogelijk. De in dit project gebruikte lay-out staat in bijlage 3. De verplichte extensie is '000', dit is de standaard extensie vanuit de ADCP software.

Voor de berekening van de debieten zijn ook de boven- en benedenstroomse waterstanden nodig. De waterstanden van de MSW stations komen na controle in het opslagsysteem DONAR. Voor dit project komen de binnen- en buitenwaterstanden uit DONAR. De gekozen lay-out is die met de extensie 'csv'. Bijlage 4 geeft een voorbeeld van de waterstandsfile weer.

⁴ Door de wijze van afvoerberekening is het noodzakelijk dat het doorgemeten dwarsprofiel bij benadering een rechthoek is.

⁵ Kies in EXCEL opslaan als opgemaakte tekst (scheidingstekens is spaties).

Naast het invoeren van de data van de ADCP meter, is het ook mogelijk om berekende verticalen opnieuw in te voeren. Dit wordt besproken in paragraaf 5.4.

Omtrent de tijdnote is afgesproken dat de meettijden, zowel van de ADCP als in het meetrapport, geregistreerd worden in lokale tijd. In het computerprogramma wordt in geval van zomertijd gecorrigeerd naar M.E.T. De tijden in de DONAR files en in de uitvoerfiles zijn altijd in M.E.T.

5.3 Uitvoer van 'RWS SpuiDebiet'

Er worden vanuit het programma drie soorten files weggeschreven. In alle drie de files worden kopregels met algemene gegevens geschreven. Het gedeelte van de filenaam voor de '.' is gelijk aan de naam van ADCP data.

De file met extensie 'deb' bevat de 10 minuten debieten per meetpunt en over de gehele sluis, waterstanden en de berekende afvoercoëfficiënt. Indien er debieten zijn, die geëxtrapoleerd zijn, is dit aangegeven met '*'. Tenslotte is het totale afvoer over de spuiperiode gegeven. Bijlage 5 geeft een 'deb'-file weer. De file met de extensie 'vtk' geeft de berekende verticalen weer. Met deze file kunnen, bij twijfel aan een berekend debiet, de gemeten snelheden gecontroleerd worden. In bijlage 6 staat een voorbeeld van een 'vtk'-file. De derde file, met extensie 'dat', is bedoeld om te importeren naar een extern pakket bijvoorbeeld EXCEL. Hierin staan de tijd en berekend debiet per verticaal en per meetpunt. In bijlage 7 staat een 'dat'-file.

5.4 Invoer verticalen

De invoer van verticalen is gemaakt om, indien verticalen fout bemeten zijn, deze aan te passen of om in zijn geheel te verwijderen. Hierbij wordt een aangepaste 'vtk'-file ingelezen. Indien de 'deb'-file bestaat wordt hieruit de boven- en benedenstroomse waterstanden gelezen. Is deze file niet aanwezig dan moeten de waterstanden via de 'csv'-file ingelezen worden, zoals beschreven is in paragraaf 5.2.

6 .Conclusies en Aanbevelingen

6.1 Conclusies

- Het is met een ADCP meter mogelijk om, vanaf een brugconstructie, van turbulent stromend water de stroomsnelheid te bepalen. Door het relatief ondiepe profiel wordt in verticale zin een groot deel van de verticaal niet bemeten. Dit niet bemeten deel kan oplopen tot boven de 50% (paragraaf 4.2.1).
- Doordat het snelheidsverloop een logaritmisches verloop heeft, is door extrapolatie van het niet bemeten deel, tussen het bovenste meetpunt en het wateroppervlak, goed het debiet te bepalen.
- Het debiet van het deel van de verticaal tussen het diepste meetpunt tot de bodem is minder nauwkeurig te bepalen. Een oorzaak is dat er na een drempel gemeten wordt, hierdoor zou een verticale neer kunnen ontstaan. Gezien het geringe deel van de totale verticaal, ongeveer 0,30 m, en de relatief lage stroomsnelheid zal de invloed hiervan op het totale debiet klein zijn.
- Door de hoge stroomsnelheden nabij het wateroppervlak is een goede waterstandsbepaling in de meetraai van belang. De in dit rapport beschreven methode, paragraaf 3.2, is onvoldoende nauwkeurig.
- De periode van het tijdstip *deur open* tot de eerste meetverticaal in een meetpunt is veelal te lang om het debiet voldoende nauwkeurig door extrapolatie te bepalen.
- De uit één meetdag bepaalde afvoercoëfficiënt geldt allen voor die spuiconditie. Bij afwijkende spuiconditie, niet hetzelfde aantal kokers open, kan de afvoercoëfficiënt afwijken van die van de meetdag.
- Met het ontwikkelde computerprogramma 'RWS SpuiDebiet' is het bepalen van debieten uit ADCP metingen eenvoudig te doen.

6.2 Aanbevelingen

- Indien er een totaal spuidebiet over de gehele spuigang gewenst is, dan moet er een manier gevonden worden om de tijd tussen begin spuigang en eerste meetverticaal te verkleinen. Dit kan bijvoorbeeld door:
 - a) niet vijf minuten, maar een minder aantal minuten te meten per verticaal;
 - b) het aantal verticalen in het dwarsprofiel te verminderen;
 - c) meerdere ADCP's inzetten;
 - d) een andere overbruggingsconstructie bedenken, zodanig dat er sneller kan worden gewerkt (als het ware 'varend meten').

Met het ontwikkelde computerprogramma kunnen de onder a en b genoemde mogelijkheden eenvoudig geoptimaliseerd worden. De punten c en d zullen minder eenvoudig uitgevoerd kunnen worden wegens te hoge kosten.

-
- De waterstand in de meetraai kan nauwkeuriger bepaald worden door continu, meerdere metingen per seconde, de hoogte van het wateroppervlak vast te leggen. Hierdoor wordt de turbulente golfbeweging uitgemiddeld.
 - Om het mogelijke effect van het zoutgehalte van de Waddenzee op de afvoer te kunnen bepalen is de registratie van het zoutgehalte nodig.
 - Door het meten van de windsnelheid en -richting in de omgeving van de spuisluis kan onderzocht worden of wind (buistoten) effect heeft op het debiet.

Literatuur

Rijkswaterstaat. Beschrijving spuiamodel M76, Interne notitie Dienst der Zuiderzeewerken, 1976.

Thijssen, T.Th. Een halve eeuw Zuiderzeewerken 1920-1970. Uitg. Tjeenk Willink, Groningen, 1972.

Bijlage 1

Voorbeeld van een configuratie file: RWS SpuiDebiet.ini

```
# RWS SpuiDebiet.ini
# Configuratiefile voor RWS SpuiDebiet
# Den Oever

#                               Verplicht
#Default
breedte=12.00      # breedte sluis           ja
drempel=-4.40     # min. diepte koker; voor ber. mu       ja
vrij_wand =0.20   # effect wand op stroming
0.20
max_snelheid=6.00 # boven max. snelh. foute meting
6.00
vrij_bodem=0.20  # effect bodem op stroming
0.20
n_raai= 5         # aantal meetraaien                       ja
n_profiel=20     # max aantal vertikalen in één raai
20
n_punten=14      # aantal gereg. bin's,                   ja
#           hieronder volgen de hoogten van de bin's
0.59 0.84 1.09 1.34 1.59
1.84 2.09 2.34 2.59 2.84
3.09 3.34 3.59 4.84
n_10minuten=75   # max. aantal 10 minutenwaarden
75
DenOever.bmp     # bmp in window
geen
```

Bijlage 2

Voorbeeld van een meetrapport file: 151098meetrapport.prn

Afvoermetingen	Den Oever				
Datum	15 oktober 1998	Groep	1	Koker	1
Deur open	10:20				
Deur dicht	12:40				
Raaien	1.30 m	3.65 m	6.00 m	8.35 m	10.70 m
NAPcorrectie ADCP	-12	-12	-11	-11	-11
NAP waterstandmeter	248	248	249	249	249
NAP diepte koker	-468	-469	-469	-469	-469
Profielnr.	1				
Hoogte ADCP	-80	-80	-80	-80	-80
waterstandbegin	266 10:20	266 10:26	265 10:32	264 10:38	268 10:44
waterstandeind	265 10:25	265 10:31	264 10:37	268 10:43	268 10:49
Profielnr.	2				
Hoogte ADCP	-80	-80	-80	-80	-80
waterstandbegin	267 10:50	270 10:56	269 11:02	273 11:08	273 11:14
waterstandeind	268 10:55	267 11:01	273 11:07	272 11:13	274 11:19
Profielnr.	3				
Hoogte ADCP	-80	-80	-80	-80	-80
waterstandbegin	275 11:20	270 11:26	267 11:32	278 11:38	276 11:44
waterstandeind	275 11:25	268 11:31	279 11:37	278 11:43	269 11:49
Profielnr.	4				
Hoogte ADCP	-80	-80	-80	-80	-80
waterstandbegin	269 11:50	273 11:56	278 12:02	270 12:08	274 12:14
waterstandeind	275 11:55	281 12:01	274 12:07	271 12:13	271 12:19
Profielnr.	5				
Hoogte ADCP	-80	-80	-80	-80	-80
waterstandbegin	271 12:20	271 12:26	262 12:32	275 12:38	
waterstandeind	273 12:25	260 12:31	262 12:37		

Bijlage 3

Voorbeeld ADCP meetdata file: 151098.000 (slechts een klein deel van de file).

10:19:58	98/10/15	74												
173	151	141	87	207	210	216	210	223	196	182	165	84	35	
10:20:25	98/10/15	75												
263	189	67	66	110	176	214	185	237	230	215	198	163	36	
10:20:52	98/10/15	76												
412	283	116	42	110	141	257	231	245	254	216	253	251	56	
10:21:19	98/10/15	77												
506	379	175	15	69	195	235	270	270	252	259	205	275	67	
10:21:46	98/10/15	78												
473	390	223	11	87	198	201	260	253	214	263	120	108	92	
10:22:13	98/10/15	79												
478	400	269	53	143	200	225	259	221	224	179	170	140	94	
10:22:40	98/10/15	80												
468	411	292	130	89	172	179	212	228	192	215	189	172	65	
10:23:07	98/10/15	81												
451	425	338	136	42	151	231	222	270	241	200	188	100	58	
10:23:34	98/10/15	82												
501	440	373	190	73	155	210	186	219	229	188	131	253	32	
10:24:01	98/10/15	83												
539	436	340	189	41	125	213	202	189	198	220	177	131	38	
10:24:28	98/10/15	84												
588	465	385	197	44	62	183	180	225	188	186	158	202	66	
10:24:55	98/10/15	85												
580	482	426	272	87	94	179	207	193	216	212	205	204	79	
10:25:22	98/10/15	86												
604	557	463	294	136	80	146	186	181	198	196	200	205	26	
10:25:49	98/10/15	87												
583	526	450	301	137	77	216	158	189	167	166	217	147	61	
10:26:16	98/10/15	88												
627	564	512	374	188	34	158	156	187	171	159	199	90	40	
10:26:43	98/10/15	89												
655	567	487	391	202	18	157	237	184	207	198	196	149	49	
10:27:10	98/10/15	90												
608	580	516	435	226	34	141	182	225	186	205	204	170	60	
10:27:37	98/10/15	91												
606	598	508	401	241	19	160	208	212	173	232	203	57	42	
10:28:04	98/10/15	92												
630	617	534	419	249	63	105	238	204	190	150	179	239	31	
10:28:31	98/10/15	93												
635	628	605	470	302	99	78	158	182	162	139	139	171	32	

Bijlage 4

Voorbeeld van een waterstandsfile: obi_9810.csv (Den Oever binnen; slechts een klein deel van de file)

```
parcod;WATHTE
loccod;DENOVBNN
datum;tijd;waarde
1998 10 15;10:00;-14
1998 10 15;10:10;-14
1998 10 15;10:20;-14
1998 10 15;10:30;-15
1998 10 15;10:40;-15
1998 10 15;10:50;-15
1998 10 15;11:00;-15
1998 10 15;11:10;-16
1998 10 15;11:20;-17
1998 10 15;11:30;-18
1998 10 15;11:40;-18
1998 10 15;11:50;-13
1998 10 15;12:00;-12
1998 10 15;12:10;-18
1998 10 15;12:20;-18
1998 10 15;12:30;-17
1998 10 15;12:40;-20
1998 10 15;12:50;-19
1998 10 15;13:00;-16
1998 10 15;13:10;-15
1998 10 15;13:20;-16
1998 10 15;13:30;-19
1998 10 15;13:40;-19
1998 10 15;13:50;-16
1998 10 15;14:00;-16
```

Bijlage 5

Voorbeeld van een debiet resultaatfile: 151098.deb

Afvoermetingen te Den Oever
 Datum 15-10-1998
 Groep 1 Koker 1 Deur open 09:20 Deur dicht 11:40 M.E.T.

ADCP metingen verwerkt met programma RWS SpuiDebiet

10 minuten tabel

Tijd hh:mm	Raai					Waterstanden			Verval m	Debiet m3/s	Mu
	1 q m3/s/m	2 q m3/s/m	3 q m3/s/m	4 q m3/s/m	5 q m3/s/m	binnen m	buiten m	raai m			
09:20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.17	-0.17	0.04	0.00	0.000
09:30	1.93	1.88	1.71 *	1.96 *	2.11 *	-0.14	-0.19	-0.18	0.05	22.78 *	0.000
09:40	2.47	2.70	2.60	2.15 *	2.32 *	-0.14	-0.20	-0.19	0.06	29.06 *	0.531
09:50	3.14	3.53	3.55	3.39	3.44	-0.14	-0.23	-0.20	0.09	40.48	0.609
10:00	3.95	4.37	4.45	4.28	4.52	-0.14	-0.25	-0.21	0.11	51.25	0.700
10:10	5.26	5.22	5.29	5.10	5.43	-0.14	-0.26	-0.23	0.12	62.48	0.820
10:20	6.11	6.25	6.21	5.83	6.16	-0.14	-0.27	-0.24	0.13	72.60	0.917
10:30	6.76	6.90	6.88	6.54	6.72	-0.15	-0.29	-0.25	0.14	80.31	0.982
10:40	7.22	7.37	7.37	7.04	7.08	-0.15	-0.30	-0.25	0.15	85.72	1.016
10:50	7.51	7.65	7.70	7.39	7.33	-0.15	-0.30	-0.26	0.15	89.28	1.058
11:00	7.62	7.79	7.84	7.59	7.44	-0.15	-0.31	-0.26	0.16	90.91	1.045
11:10	7.55	7.76	7.79	7.64	7.40	-0.16	-0.32	-0.24	0.16	90.59	1.044
11:20	7.30	7.58	7.55	7.30 *	7.25 *	-0.17	-0.31	-0.26	0.14	87.84 *	1.080
11:30	6.62 *	7.40 *	7.13	6.44 *	6.40 *	-0.18	-0.29	-0.26	0.11	80.73 *	1.114
11:40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.18	-0.30	-0.30	0.12	0.00	0.000

* = geëxtrapoleerd debiet
 # = maximale afvoer

Spui debiet koker 1 van groep 1 is 530396.875 m3

Voorbeeld van een verticalen resultaatfile: 151098.vtk

Afvoermetingen te Den Oever																
Datum 15-10-1998																
Groep 1 Koker 1 Deur open 09:20 Deur dicht 11:40 M.E.T.																
ADCP metingen verwerkt met programma RWS SpuiDebiet																
Bodemdiepten raaien (m tov NAP): -4.68 -4.69 -4.69 -4.69 -4.69																
Raaiafstanden (m uit 1. muur): 1.30 3.65 6.00 8.35 10.70																
Vertikalen																
Raal/	Tijd	Debiet/	Water-	Diepte(tov NAP)/												
Prof.		Verval	stand	Snelh.												
1	09:20	1.618	-0.180	-0.18	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
1	09:25	0.043	-0.170	0.89	0.50	0.41	0.29	0.12	0.08	0.15	0.21	0.22	0.23	0.22	0.21	0.18
1	09:50	3.331	-0.190	-0.20	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
2	09:55	0.095	-0.200	1.10	0.86	0.81	0.79	0.75	0.73	0.74	0.73	0.70	0.63	0.55	0.47	0.42
1	10:20	6.288	-0.270	-0.27	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
3	10:25	0.133	-0.270	1.61	1.57	1.56	1.55	1.52	1.48	1.45	1.42	1.39	1.35	1.29	1.23	1.13
1	10:50	7.553	-0.210	-0.24	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
4	10:55	0.153	-0.270	1.97	1.89	1.87	1.85	1.83	1.80	1.77	1.73	1.64	1.58	1.50	1.40	1.27
1	11:20	7.210	-0.230	-0.24	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
5	11:25	0.133	-0.250	1.85	1.79	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.66	1.60	1.54	1.47	1.36	1.21
2	09:26	1.756	-0.180	-0.18	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
1	09:31	0.048	-0.170	0.68	0.63	0.62	0.57	0.46	0.29	0.09	0.10	0.18	0.19	0.17	0.18	0.18
2	09:56	4.241	-0.220	-0.21	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
2	10:01	0.107	-0.190	1.03	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.97	0.97	0.95	0.87	0.75
2	10:26	6.815	-0.220	-0.21	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
3	10:31	0.138	-0.200	1.61	1.64	1.64	1.64	1.63	1.62	1.60	1.58	1.54	1.48	1.41	1.34	1.26
2	10:56	7.776	-0.250	-0.29	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
4	11:01	0.158	-0.330	1.92	1.88	1.87	1.88	1.88	1.86	1.85	1.83	1.81	1.76	1.67	1.58	1.45
2	11:26	7.292	-0.230	-0.17	-1.51	-1.76	-2.01	-2.26	-2.51	-2.76	-3.01	-3.26	-3.51	-3.76	-4.01	-4.26
5	11:31	0.114	-0.120	1.76	1.73	1.72	1.70	1.69	1.68	1.68	1.66	1.63	1.58	1.53	1.44	1.33
3	09:32	2.050	-0.160	-0.16	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
1	09:37	0.054	-0.150	0.78	0.72	0.71	0.70	0.66	0.55	0.39	0.19	0.07	0.10	0.13	0.12	0.11
3	10:02	4.835	-0.200	-0.22	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
2	10:07	0.115	-0.240	1.16	1.13	1.12	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.10	1.08	1.05	1.01	0.93
3	10:32	7.122	-0.180	-0.24	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
3	10:37	0.144	-0.300	1.75	1.72	1.72	1.70	1.70	1.69	1.67	1.63	1.61	1.57	1.50	1.41	1.31
3	11:02	7.842	-0.290	-0.27	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
4	11:07	0.160	-0.250	1.89	1.86	1.86	1.85	1.86	1.85	1.85	1.84	1.82	1.79	1.71	1.63	1.54
3	11:32	6.874	-0.130	-0.13	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
5	11:37	0.114	-0.130	1.56	1.58	1.59	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.55	1.53	1.48	1.41	1.31
4	09:38	2.460	-0.150	-0.17	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
1	09:43	0.061	-0.190	0.80	0.80	0.80	0.79	0.78	0.77	0.69	0.56	0.40	0.21	0.08	0.06	0.03
4	10:08	5.135	-0.240	-0.24	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
2	10:13	0.120	-0.230	1.33	1.28	1.26	1.23	1.19	1.15	1.12	1.10	1.08	1.07	1.05	1.04	0.98
4	10:38	7.060	-0.290	-0.29	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
3	10:43	0.150	-0.290	1.81	1.77	1.76	1.73	1.69	1.63	1.59	1.55	1.53	1.51	1.48	1.43	1.36
4	11:08	7.637	-0.210	-0.22	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
4	11:13	0.159	-0.220	1.86	1.84	1.83	1.84	1.81	1.80	1.75	1.71	1.66	1.61	1.57	1.53	1.47
5	09:44	3.015	-0.190	-0.19	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
1	09:49	0.080	-0.190	0.95	0.87	0.85	0.85	0.85	0.84	0.83	0.79	0.69	0.54	0.36	0.19	0.04
5	10:14	5.928	-0.240	-0.25	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
2	10:19	0.126	-0.250	1.42	1.44	1.44	1.44	1.43	1.41	1.39	1.38	1.34	1.30	1.24	1.18	1.10
5	10:44	7.261	-0.270	-0.24	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
3	10:49	0.150	-0.200	1.81	1.76	1.75	1.75	1.74	1.72	1.70	1.66	1.61	1.57	1.50	1.42	1.31
5	11:14	7.298	-0.250	-0.24	-1.50	-1.75	-2.00	-2.25	-2.50	-2.75	-3.00	-3.25	-3.50	-3.75	-4.00	-4.25
4	11:19	0.147	-0.220	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.74	1.74	1.69	1.64	1.57	1.50	1.41	1.32

Bijlage 7

Voorbeeld van een EXCEL importfile: 151098.dat

Afvoermetingen te Den Oever					
Datum 15-10-1998					
Groep 1 Koker 1 Deur open 09:20 Deur dicht 11:40 M.E.T.					
ADCP metingen verwerkt met programma RWS SpuiDebiet					
Tijd	Raai 1	Raai 2	Raai 3	Raai 4	Raai 5
9.375	1.618				
9.475		1.756			
9.575			2.050		
9.675				2.460	
9.775					3.015
9.875	3.331				
9.975		4.241			
10.075			4.835		
10.175				5.135	
10.275					5.928
10.375	6.288				
10.475		6.815			
10.575			7.122		
10.675				7.060	
10.775					7.261
10.875	7.553				
10.975		7.776			
11.075			7.842		
11.175				7.637	
11.275					7.298
11.375	7.210				
11.475		7.292			
11.575			6.874		