

BIBLIOTHEEK

281065

Rijkswaterstaat
Directie Waterhuishouding
en Waterbeweging
Studiedienst Vlissingen

Memo 76.9

Transport van slib door turbulente diffusie
in het Noordelijk Bekken
na realisatie van de Bochtafsnijding bij Bath

Eerste Bericht.

1^e concept : hoofdstuk 1 en 2

door ir. W.T. Bakker

Vlissingen, 2 april 1976

Transport van slib door turbulente diffusie in het Noordelijk
Bekken na realisatie van de Bochtafsnijding bij Bath.

Eerste bericht.

1 INLEIDING.

Bij de berekening van de aanslibbing in het Noordelijk Bekken, dat ontstaat in het Oostelijk deel van de Westerschelde na de verwezenlijking van de Bochtafsnijding bij Bath is in voorgaande memo's ([1], [2]) geen rekening gehouden met diffusie.

In het onderhavige memo zal aan dit onderwerp enige aandacht worden besteed.

De indeling van het memo is als volgt.

Hoofdstuk 2 vangt aan met het herhalen van een globale formule, welke in Memo VI 75.5 [3] werd afgeleid voor één-dimensionale stationaire diffusie van een niet- afbreekbaar diffusaat in een getij-estuarium. Verder worden de in [3] afgeleide constanten aangehaald, waarmee het mogelijk was het berekende verloop van het zoutgehalte over de Westerschelde redelijk in overeenstemming te brengen met het gemeten verloop vanaf september 1953 t/m oktober 1955.

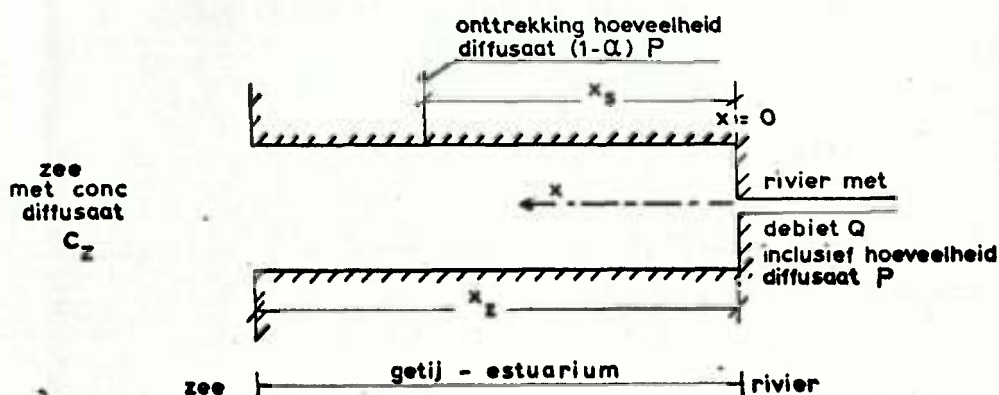
De betreffende formule is van toepassing indien een hoeveelheid diffusaat P wordt afgevoerd in een estuarium met een afvoer Q .

Vervolgens wordt nagegaan, hoe deze formule wijzigt, als ergens in het estuarium een hoeveelheid diffusaat $(1-\alpha) P$ wordt onttrokken. Tenslotte wordt gezien, wat de maximaal mogelijke hoeveelheid diffusaat is, welke aan het estuarium kan worden onttrokken, zonder dat de berekening negatieve -dus onbestaanbare- concentraties diffusaat oplevert.

In hoofdstuk 3 wordt vervolgens nagegaan, welke invloed eb- en vloodschaarsystemen hebben op het diffusieproces. Aan de hand hiervan worden enige beschouwingen gewijd aan de invloed van de aanslibbing van het Noordelijk Bekken op de slibconcentraties in het Oostelijk deel van de Westerschelde.

Hoofdstuk 4 geeft tenslotte de conclusies.

In het Memo Vl 75.5 [3] werd een formule afgeleid voor één-dimensionale, stationaire diffusie van een niet afbreekbaar diffusaat in een getij-estuarium, uitgaande van een formulering van het probleem, gegeven door Eggink [4]¹⁾.



Onder een "getij-estuarium" wordt hierbij verstaan een estuarium, waarvoor de relatie geldt:

$$\Delta = ax \quad (1)$$

waarbij A de natte doorsnede is (in m^2 ten opzichte van N.A.P.)²⁾,
x de afstand zeewaarts van de "achterzijde" van het estuarium
(fig. 1) en a de "verbredingscoëfficiënt" (m^2/m^1): deze geeft

- 282 -

1) Voor de afleiding verwijst Eggink naar een interne nota van Schönfeld en van Dam (Fysische Afdeling Directie Waterhuishouding en Waterbeweging van de Rijkswaterstaat).

2) De beperking "ten opzichte van N.A.P." is uiteraard niet erg essentieel.

-3-

aan met hoeveel m^2 de doorsnede (beneden N.A.P.) van het estuarium gemiddeld toeneemt indien men zich 1 m in zeewaartse richting begeeft.

Er wordt aangenomen, dat het estuarium uitmondt in een zeer brede en diepe zee, waarvan de toename in de concentratie c van het diffusaat ten gevolge van de lozing in het estuarium te verwaarlozen is.

Er geldt als randvoorwaarde:

$$c = c_z \quad \text{voor} \quad x = x_z \quad 1) \quad (2)$$

Hierin stelt x_z de lengte van het estuarium voor (fig. 1). Aan de landwaartse zijde van het estuarium mondt hierin een rivier uit met een debiet Q (m^3/s), waarbij tevens een hoeveelheid diffusaat P (eenheden diffusaat/s) in het estuarium wordt geloosd.

Het transport van diffusaat S door het estuarium wordt gelijk gesteld aan de som van een convectietransport Qc en een diffusietransport:

$$S = Qc - AK \frac{dc}{dx} \quad (3)$$

waarin K = diffusie-coëfficiënt (m^2/s).

Daar uitgegaan wordt van stationaire beweging is Q overal gelijk aan P .

Na invullen van (1) in (3) en van de randvoorwaarde aan de zeezijde wordt voor de concentratie c de volgende functie van x , de plaats-coördinaat in het estuarium, gevonden:

$$c = \frac{P}{Q} \left\{ 1 - \left(\frac{x}{x_z} \right)^{Q/AK} \right\} + c_z \quad (4)$$

- In -

1) Deze randvoorwaarde is iets, doch niet essentieel anders dan aangenomen in Memo Vl 75.5. Ook de oplossing wijzigt daardoor iets (in Memo Vl 75.5 was $c_z = 0$).

-4-

In [3] wordt aangegeven, dat het mogelijk was het berekende verloop van het zoutgehalte over de Westerschelde redelijk in overeenstemming te brengen met het gemeten verloop vanaf september 1953 t/m oktober 1955 door uit te gaan van de volgende constanten:

$$a = 1,43 \frac{m^2}{m^1} \quad 1) \quad (5)$$

$$K = 168 \frac{m^2}{s} \quad (6)$$

Hierbij is als nulpunt van de x-coördinaat een punt aangehouden op een afstand van 17 km zeewaarts van de toren van het Loodswezen te Antwerpen (bijlage 1).

De formule krijgt pas enige geldigheid voor $x > 8$ Km, dus zeewaarts van Km 25 in bijlage 1.

2.2 Invloed van onttrekken van diffusaat.

Als men een hoeveelheid diffusaat $(1 - \alpha) P$ ter plaatse van $x = x_s$ aan de vloeistof onttrekt, zal men zeewaarts van dit onttrekkingspunt nog slechts αP over houden. Uit (4) volgt dan zeewaarts van dit punt de concentratie:

$$c = \frac{\alpha P}{Q} \left[1 - \left(\frac{x}{x_s} \right)^{Q/aK} \right] + c_z \text{ voor } x \geq x_s \quad (7)$$

De concentratie c_s ter hoogte van $x = x_s$ wordt dus:

$$c_s = \frac{\alpha P}{Q} \left[1 - \left(\frac{x_s}{x_s} \right)^{Q/aK} \right] + c_z \text{ voor } x = x_s \quad (8)$$

In (4) mag zonder bezwaar x_z en c_z simultaan door resp. x_s en c_s vervangen. Bij de afleiding is namelijk de zeewaartse randvoorwaarde (2) bepalend geweest. Verandering van de index "z" in de index "s" doet (4) navenant veranderen. Landwaarts van $x = x_s$ geldt dus:

$$c = \frac{P}{Q} \left[1 - \left(\frac{x}{x_s} \right)^{Q/aK} \right] + c_s \text{ voor } x \leq x_s \quad (9)$$

waarbij c_s gegeven is in (8).

- Bijlage -

1) Dit geval volgt uit de toename van de doorsnede van de Westerschelde (bijlage 2) en geldt alleen voor het gebied landwaarts van Vlissingen.

-5-

Bijlage 2 toont het verloop van de concentraties bij diverse waarden van Q , indien de in Memo Vl 76.7 gevonden 10^6 t slib per jaar ter plaatse van km 27 zou worden onttrokken.

Een waarschuwing is bij dit soort beschouwingen echter toch wel op zijn plaats. Uit Memo Vl 75.10 blijkt hoe veel ingewikkelder het proces van slibtransport in een getij-estuarium is dan in een stationaire stromende rivier.

De hier gegeven verkennende berekeningen moeten dan ook niet voor meer worden genomen dan zij waard zijn: een dieper gaand onderzoek is zeker vereist.

Uit bijlage 2 krijgt men echter, naar gehoopt wordt, wel een indruk hoe de onttrekking van slib de concentratie aan de in Memo Vl 76.9 als vast aangenomen randen bij Bath en Hansweert beïnvloedt.

2.3 De maximaal te onttrekken hoeveelheid diffusaat.

De concentratie c_s kan fysisch niet lager dalen dan tot nul. Dit geeft dus de maximale hoeveelheid diffusaat die in het punt $x = x_s$ aan het estuarium te onttrekken is.

Nul stellen van c_s in (8) levert voor $\alpha_{\min}$, de minimale α :

$$\alpha_{\min} = - \frac{Q}{P} \frac{c_z}{1 - \left(\frac{x_s}{x_z}\right) Q/aK} \quad (10)$$

Dan wordt de maximale te onttrekken hoeveelheid diffusaat $S_{\max}$, gelijk aan $(1 - \alpha_{\min}) P$:

$$S_{\max} = P + \frac{c_z Q}{1 - \left(\frac{x_s}{x_z}\right) Q/aK} \quad (11)$$

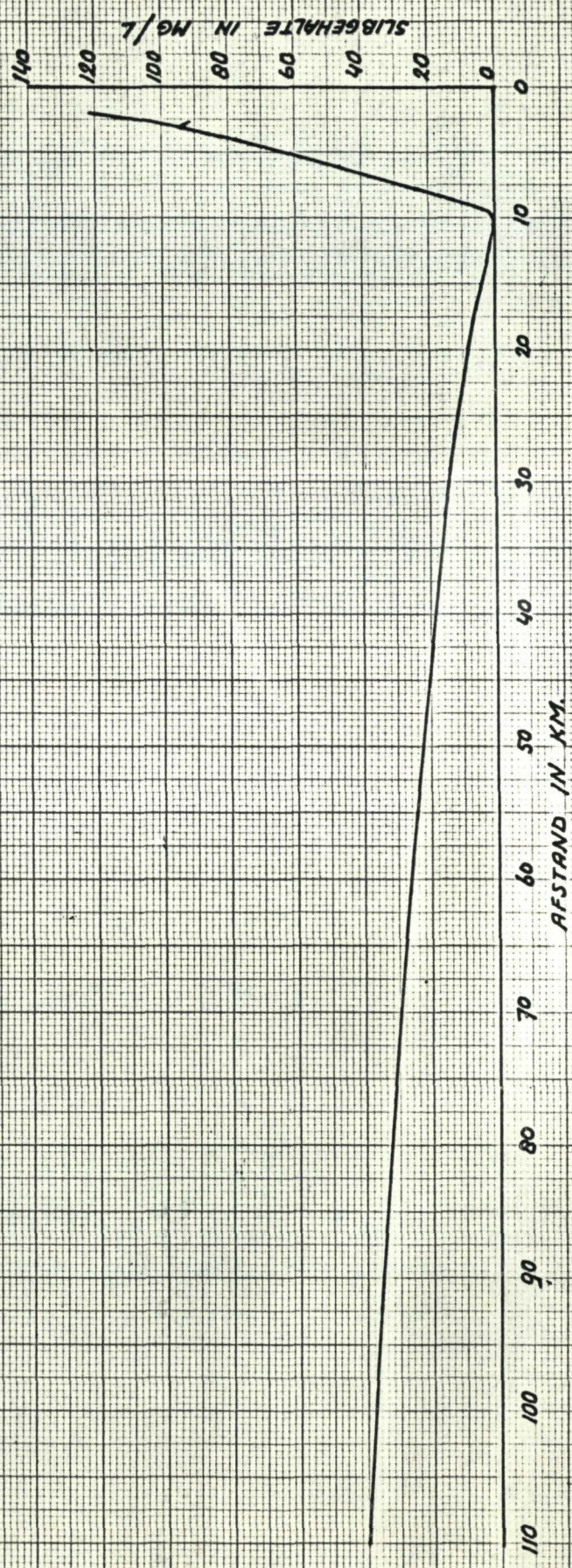
2.4 Toepassing voor het Westerschelde-estuarium.

Denkt men zich het onttrekken van slib geconcentreerd bij Km 42 ten opzichte van de Toren van het Loodswezen te Antwerpen (m.a.w. $x_s = 10$ Km), stelt men $x_z = 110$ Km, $c_z = 40$ mg/l, $Q = 85$ m³/s, $P = 0,75 \cdot 10^6$ ton slib per jaar, dan zou men uit (11), (5) en (6) een $S_{\max}$ van ca $0,94 \cdot 10^6$ t/jaar worden gevonden.

76/9 - 6/9/2

VERLOOP SLIBGEHALTEN BIJ MAX. ONTTREKKING DIFFUSAAT ($\alpha_{min} = -0.25$)

$Q = 1.43 \text{ m}^2/\text{m'}$
 $K = 168 \text{ m}^2/\text{s}$
 $P = 0.75 \cdot 10^6 \text{ ton slib/jaar}$
 $C_s = 40 \text{ mg/l}$
 $Q = 85 \text{ m}^2/\text{s}$



d 6/9/2

RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSENGEN

WESTERSCHELDE-MOND WESTERSCHELDE

VAKINDELING
t.b.v GLOBALE INHOUDSBEREKENING
(1963-1964)

10-9-1965
GET: A.V.H.
GEC: *[handwritten]*
GEZ: *[handwritten]*
AKK: *[handwritten]*

SCHAAL 1: 150 000

A4 75.191

TOELICHTING

AFSTAND TUSSEN DE RAAIEN CA. 5 KM.
ZIE VOOR DWARSPROFIELN DE TEKENINGEN:
A7 65.287 - A6 65.288 - A5 65.289 - A6 65.290.

