

Verwerking van de getijwaarnemingen in de Prunje.

1. Waarnemingen en verwerkingsmethode

Voor de bepaling van de hydrologische constanten van het profiel uit getijwaarnemingen werden de diepe peilfilters in de Prunje (zie bijlage I) van 25 mei 1959, 17.00 uur tot 28 mei 1959 16.00 uur elk uur opgenomen. Voor deze periode werden de zeestanden ontleend aan de zelfregistrerende peilschaal van Rijkswaterstaat te Burgsluis. De peilfilters bevinden zich in één boorgat op een diepte van respectievelijk ca. 40, 30 en 20 m beneden maaiveld en worden in deze nota aangeduid door de achtervoeging kort, middel en lang al naar gelang de hoogte ten opzichte van maaiveld.

Voor de bewerking werden de buizen ondergebracht in de raaien I tot en met V, aangegeven in bijlage I. De afstand tot de zee werd bepaald uit de daartoe door de landmeetkundige dienst van het Bureau van Uitvoering van de Herverkaveling op Schouwen-Duiveland, uitgevoerde lengtemeting. Als afstand voor elke buis werd de kortste afstand tot de hoogwaterlijn genomen. Op de in onderstaande paragrafen weergegeven wijze werd voor elke buis de fasevertraging en amplitudeverhouding ten opzichte van de zee vastgesteld. Hieruit werden de hydrologische grootheden voor elke raai vastgesteld op twee wijzen, namelijk met en zonder inachtneming van de samendrukbaarheid van het pakket en het zich daarin bevindende water. Voor de eerste werkwijze werden de vergelijkingen, afgeleid door Bosch gebruikt, waarbij geldt:

$$\alpha^2 - \beta^2 = \frac{1}{kDc} \quad (1)$$

en

$$\frac{s_1}{kD} = \frac{2\alpha\beta}{n} \quad (2)$$

Werd de samendrukbaarheid niet in rekening gebracht, dan werden de oorspronkelijke vergelijkingen van Stegewentz toegepast, waarin

$$\frac{(\alpha^2 + \beta^2)^2}{2\alpha\beta} = \frac{\mu}{kD} \quad (3)$$

en

$$\frac{\alpha^2 - \beta^2}{2\alpha\beta} = \mu c n \quad (4)$$

In de vergelijkingen 1 tot en met 4 hebben de symbolen de volgende betekenis:

- α = helling van de lijn bepaald uit het verband tussen ln-amplitudeverhouding en afstand tot open water.
- β = helling van de lijn bepaald uit het verband tussen fasevertraging in radialen en afstand tot open water.
- k = doorlaatfactor watervoerende laag.
- D = dikte watervoerende laag.
- c = verticale weerstand afsluitende laag.
- S_1 = bergingsfactor
- n = frequentie getijbeweging of $\frac{2\pi}{T}$ waarin T de trillingstijd.

2. Bepaling van amplitudeverhouding en fasevertraging

De vastgestelde standen van de zee en elke buis werden op een daartoe passende schaal uitgezet. Bijlage II geeft hiervan een voorbeeld. De verkregen punten werden daarna door een vloeiende lijn verbonden. Van deze lijn werd elk tijdstip en elke hoogte van maximum- en minimumstanden zo goed mogelijk vastgesteld (zie tabel I). De amplitude werd daarna berekend als het verschil tussen elk maximum, daarop volgend minimum enz. terwijl de fasevertraging van elk maximum en minimum werd vastgesteld uit het verschil in tijd dat voorkwam ten opzichte van het overeenkomstige maximum of minimum van de zee.

Tabel I

Bepaling van fasevertraging en amplitude voor buis K105 (raai II)

	tijd van maximum of minimum				fasevertraging		
	zee	lang	middel	kort	lang	middel	kort
maximum	16.21	17.40	17.35	17.40	1.19	1.14	1.19
minimum	22.39	24.05	24.10	24.10	1.26	1.31	1.31
maximum	4.49	6.10	6.10	6.10	1.21	1.21	1.21
minimum	11.11	12.20	12.30	12.30	1.09	1.19	1.19
maximum	17.23	18.30	18.35	18.30	1.07	1.12	1.07
minimum	23.35	1.00	24.55	24.55	1.25	1.20	1.20
maximum	5.17	7.10	7.10	7.10	1.53	1.53	1.53
minimum	11.57	13.20	13.10	13.00	1.23	1.13	1.03
maximum	18.21	19.15	19.20	19.20	0.54	0.59	0.59
minimum	0.50	2.00	2.00	2.10	1.10	1.10	1.20
maximum	6.21	8.05	8.05	8.00	1.44	1.44	1.39
minimum	13.05	14.10	14.10	14.10	1.05	1.05	1.05

	hoogten van max. en min.				amplitude			
	zee	lang	middel	kort	zee	lang	middel	kort
maximum	+ 1.50	- 1.30	- 1.31	- 1.31	-	-	-	-
minimum	- 1.72	- 1.85	- 1.87	- 1.87	3.22	0.55	0.56	0.56
maximum	+ 1.67	- 1.25	- 1.27	- 1.28	3.39	0.60	0.60	0.59
minimum	- 1.43	- 1.80	- 1.82	- 1.82	3.10	0.55	0.55	0.54
maximum	+ 1.50	- 1.28	- 1.30	- 1.30	2.93	0.52	0.52	0.52
minimum	- 1.63	- 1.84	- 1.85	- 1.85	3.13	0.56	0.55	0.55
maximum	+ 1.68	- 1.24	- 1.25	- 1.26	3.31	0.60	0.60	0.59
minimum	- 1.30	- 1.76	- 1.78	- 1.78	2.98	0.52	0.53	0.52
maximum	+ 1.41	- 1.29	- 1.30	- 1.31	2.71	0.47	0.48	0.47
minimum	- 1.72	- 1.84	- 1.85	- 1.86	3.13	0.55	0.55	0.55
maximum	+ 1.52	- 1.27	- 1.16	- 1.29	3.24	0.57	0.69	0.57
minimum	- 1.24	- 1.76	- 1.77	- 1.77	2.76	0.59	0.61	0.48

Bekijken we de fasevertraging, dan blijkt zich in dit geval geen systematisch verschil tussen de buizen onderling voor te doen. In andere gevallen treedt dit verschijnsel echter wel op. Om deze reden is dan ook de gehele bewerking voor elke buis afzonderlijk uitgevoerd. Wel blijken er van getij tot getij grote verschillen op te treden in de fasevertraging. Dit verschil kan bijna een factor 2 zijn.

De amplituden blijken een veel konstanter waarde te hebben. Toch is ook hier het verband tussen amplitude van de zee en van de buis nogal wisselend, zodat ook hier voor elke buis de bewerking volledig is uitgevoerd.

Met behulp van tabel I kunnen de fasevertragingen in radialen worden uitgedrukt, omdat bekend is dat een uur overeenkomt met 0.5 radialen. Uit het tweede deel van tabel I kunnen de amplitude verhoudingen worden vastgesteld door elke amplitude te delen door de overeenkomstige amplitude van de zee (zie tabel II).

Tabel II.

Bepaling van fasevertraging in radialen en amplitudeverhouding voor buis K105 (raai II).

nr.	fasevertraging			amplitudeverhouding		
	lang	middel	kort	lang	middel	kort
1	0.658	0.617	0.658	0.17	0.17	0.17
2	0.717	0.758	0.758	0.18	0.18	0.17
3	0.675	0.675	0.675	0.18	0.18	0.17
4	0.575	0.658	0.658	0.18	0.18	0.18
5	0.558	0.600	0.558	0.18	0.18	0.18
6	0.708	0.667	0.667	0.18	0.18	0.18
7	0.942	0.942	0.942	0.17	0.18	0.17
8	0.692	0.608	0.525	0.17	0.18	0.17
9	0.450	0.492	0.492	0.18	0.18	0.18
10	0.583	0.583	0.669	0.18	0.21	0.18
11	0.867	0.867	0.825	0.21	0.22	0.17
12	0.542	0.542	0.542	-	-	-
gem.	0.664	0.666	0.665	0.180	0.186	0.176

De aldus verkregen fasevertragingen in radialen en amplitudeverhoudingen werden gemiddeld en als gegevens voor de berekening van de hydrologische constanten gebruikt.

Hier moet worden opgemerkt, dat niet alle buizen zich leenden voor een dergelijke bewerking. De amplitude neemt namelijk met de afstand af. Algemeen kan gesteld worden, dat buizen op een afstand van 1000 m of meer uit het open water geen schommelingen meer vertonen of zulke kleine verschillen, dat maxima en minima net betrouwbaar meer zijn vast te stellen. De verschillen in stijghoogten bedragen dan namelijk 0 tot 4 cm, waaruit geen betrouwbare waarden meer kunnen worden vastgesteld.

3. Bepaling van α en β

De waarden van α kunnen worden bepaald door van elke buis de natuurlijke logaritme van de amplitudeverhouding uit te zetten tegen de afstand van de buizen tot het open water. Voor β wordt hetzelfde gedaan met de voor elke buis gevonden fasevertraging. De aldus gevonden lijnen zullen rechten door de oorsprong moeten zijn, waarvan de hellingen de waarden van α en β geven.

De onderhavige punten blijken weliswaar behoorlijk op rechte lijnen te liggen, doch deze gaan geen van allen door de oorsprong. Dit betekent, dat zich tussen het open water en de eerste buis een onbekende weerstand bevindt. Om deze moeilijkheid te omzeilen kan men alle bewerkingen uitvoeren ten opzichte van de eerste buis in de raai. Meetkundig betekent deze werkwijze, dat de lijnen in de figuur dan evenwijdig worden verschoven tot ze door de oorsprong gaan. Voor de bepaling van α en β kunnen de lijnen dus evengoed door de punten gelegd worden zonder rekening te houden met de oorsprong. Dit is in bijlage IIIa en IIIb en IIIc gedaan. Bij de vereffening van de waarnemingen is uitgegaan van de veronderstelling dat de fouten in de afstandsbepaling verwaarloosbaar klein zijn in vergelijking tot die in amplitudeverhouding en fasevertraging. De aldus berekende hellingen van de lijnen werden gebruikt voor de berekening van de hydrologische constanten. Het resultaat van deze berekening is weergegeven in tabel III.

Tabel III.

Berekende hydrologische constanten.

Raai	$\alpha \cdot 10^3$	$\beta \cdot 10^3$	B o s c h		Steggewentz	
			verg.(1)	en (2)	verg.(3)	en (4)
			kDc	$\frac{Si}{kD} \cdot 10^6$	$\frac{\mu}{kD} \cdot 10^6$	$\mu c \cdot 10^6$
I lang	4.40	3.00	96525	2.20	30.47	327
middel	4.40	3.05	99428	2.24	30.61	312
kort	4.40	3.00	96525	2.20	30.47	327
II lang	4.70	2.90	73099	2.27	34.12	418
middel	4.60	2.98	81436	2.28	32.91	373
kort	4.00	2.26	91807	1.51	24.64	502
III lang	3.63	2.10	114065	1.27	20.29	479
middel	3.69	2.00	103992	1.23	21.25	543
kort	3.56	2.20	127655	1.30	19.58	417
IV lang	3.50	1.70	106837	0.99	19.26	655
middel	4.35	1.60	61115	1.16	33.15	980
kort	3.00	1.69	162763	0.85	13.86	505
V lang	-	-	-	-	-	-
middel	5.20	2.10	44189	1.82	46.28	863
kort	5.90	1.96	32291	1.93	64.59	1116

4. Bepaling van de afstandcorrectie

Zoals in par. 3 is uiteengezet zal zich tussen het open water en de eerste buis een onbekende weerstand bevinden, omdat de lijnen door de punten niet door de oorsprong gaan. Deze onbekende weerstand kan als een lengte worden uitgedrukt die uit de gegevens valt af te leiden. We moesten er echter rekening mee houden, dat deze correctie verschillend kan zijn voor de vereffening van de amplitudeverhouding en de fasevertraging.

De betreffende waarden, die kunnen worden afgeleid met de gegevens zijn in tabel IV weergegeven.

Tabel IV

Afstandscorrectie afgeleid uit de waarnemingen.

Raai	uit amplitude- verhouding	uit fase- vertraging
I lang	210	40
middel	210	50
kort	210	40
II lang	230	80
middel	240	70
kort	290	120
III lang	290	330
middel	280	350
kort	290	300
IV lang	150	410
middel	80	440
kort	220	240
V lang	-	-
middel	220	260
kort	150	290

Deze afstandverkorting blijkt door onbekende oorzaak voor fase en amplitude zeer verschillend te zijn.

De bovenstaande afstandcorrecties werden berekend om na te gaan of het theoretisch verloop van de stijghoogte in de verschillende buizen overeenkomt met de werkelijke waarden. Hiertoe werden ook de stijghoogten in de waarnemingsperiode berekend. Deze waarden zijn weergegeven in tabel V. Behalve voor Raai I blijkt er weinig verband te bestaan tussen de gemiddelde stand en de afstand tot het open water. Gezien de k_{Dc} -waarden in tabel III zou dit te wijten kunnen zijn aan grote verschillen in c -waarden en aan de heterogeniteit van de ondergrond. Waarschijnlijker is echter dat de waterpasgegevens fouten vertonen.

Tabel V

Gemiddelde standen in de verschillende stijgbuizen in m-N.A.P.

Gemiddelde zeestand is - 0.028 m N.A.P.

Raai I			Raai II			Raai III			Raai IV			Raai V		
l	m	k	l	m	k	l	m	k	l	m	k	l	m	k
0.89	0.89	0.67	2.52	2.54	2.52	3.03	2.95	2.90	2.80	2.61	2.48	1.44	1.50	1.43
1.83	1.84	1.83	1.54	1.54	1.56	2.05	1.51	0.96	0.76	0.77	0.81	2.06	1.94	1.55
1.97	1.97	1.92	1.90	1.89	1.85	-	-	-	0.94	0.96	0.94	-	2.22	2.13
2.16	2.17	2.17	2.36	2.36	2.16	-	-	1.10	-	-	-	-	-	-
2.36	2.36	2.16	-	-	-	1.01	-	0.91	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	1.53	1.53	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	1.99	2.00	1.97	-	-	-	-	-	-