

# Onderzoek en evaluatie van de kwaliteit van het recreatiewater in de Delftse Hout

## 1. Inleiding

In 1966 werd door Delft, Nootdorp en Pijnacker een recreatieschap, de Stichting de Delftse Hout, opgericht teneinde vorm en inhoud te geven aan het recreatieplan 's-Gravenwoude. Zij ontwierp een recreatiegebied met een oppervlakte van ca. 408 ha, waarvan 115 ha uit water zou bestaan. Het plan werd gedacht in drie fasen:

— de eerste fase, de Plas en de Kreek (zie foto) met een wateroppervlakte van ca. 25 ha en een totaal oppervlak van 75 ha



IR. J. G. DEN BLANKEN  
Afdeling der Civiele Techniek  
Laboratorium voor Gezond-  
heidstechniek, TH Delft

(reeds gerealiseerd);

— de tweede fase, waarmee indien mogelijk binnenkort begonnen zal worden, zal bestaan uit een roeibaan, die waarschijnlijk een lengte krijgt van ca. 2800 m, een breedte van 120 m en een diepte van 3,50 m;

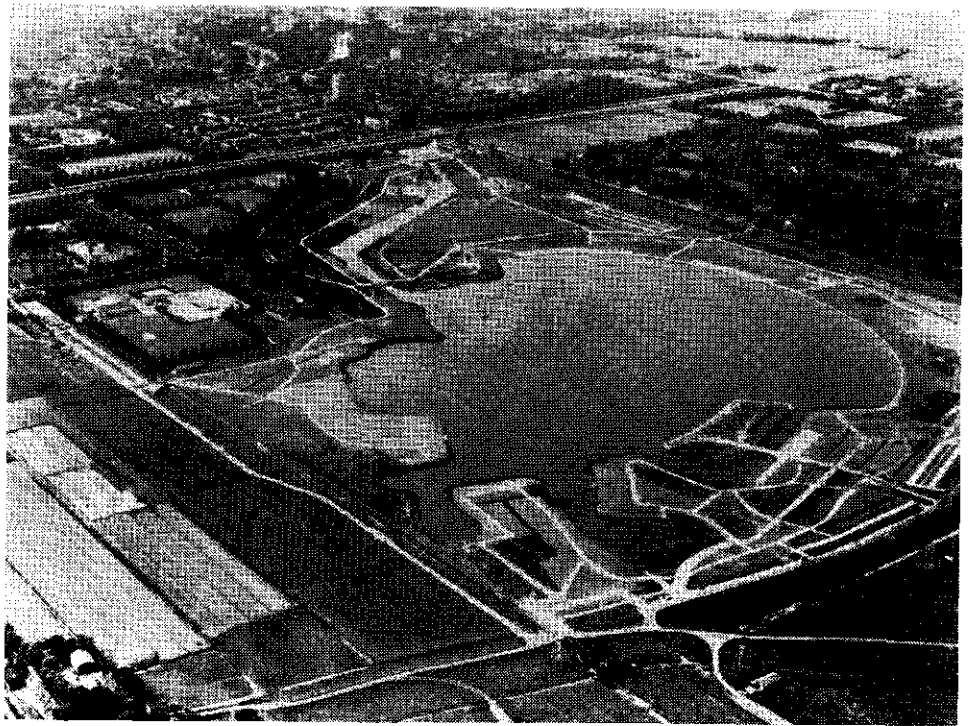
— de derde fase houdt een tweede grote plas van ca. 37 ha in. Deze plas, St. Jansdobbbe genaamd, komt in de buurt van Nootdorp en Pijnacker te liggen.

De Plas en Kreek zijn ontstaan door bodemmateriaal tot een diepte van ca. 7,00 — NAP in het midden weg te zuigen en de vrijgekomen grond te gebruiken voor ophoging van het omliggende terrein. De diepte en de bodem van de Plas zijn aan de Noordzijde zodanig, dat gemakkelijk gebaad en gezwommen kan worden. Het overige gedeelte is vooral bestemd voor andere recreatieve activiteiten zoals vissen en varen.

## 2. Opzet van het onderzoek

Voor het kwaliteitsonderzoek van het water werden monsters op verschillende plaatsen genomen op een diepte van 0,3 m onder het oppervlak (zie afb. 1). De monsterpunten langs de oever waren zoveel mogelijk op 15 meter afstand van de oeverlijn. De volgende parameters werden gezoeken:

1. Fysisch: Doorzicht (Secchi), kleur, roebelingsgraad en zwevende stof werden van het water op monsterpunt 17 bepaald.
2. Chemisch: COD ongefiltreerd en gefiltreerd ( $0,45 \mu\text{m}$ ) en  $\text{BOD}_{5^{20}}$  op punt 17. Naast deze zijn nog andere kwaliteitsparameters bepaald om de hydrobiologische kwaliteit te beoordelen. Bovendien werd



Luchtfoto van de Plas en Kreek in de Delftse Hout, oppervlakte resp. 22,12 en 2,22 ha, inhoud resp. 623.300 en 33.000 m<sup>3</sup> bij 3,70 — NAP, diepte in het midden van de Plas 3,30 m.

enig onderzoek aan het bodemslib uitgevoerd.

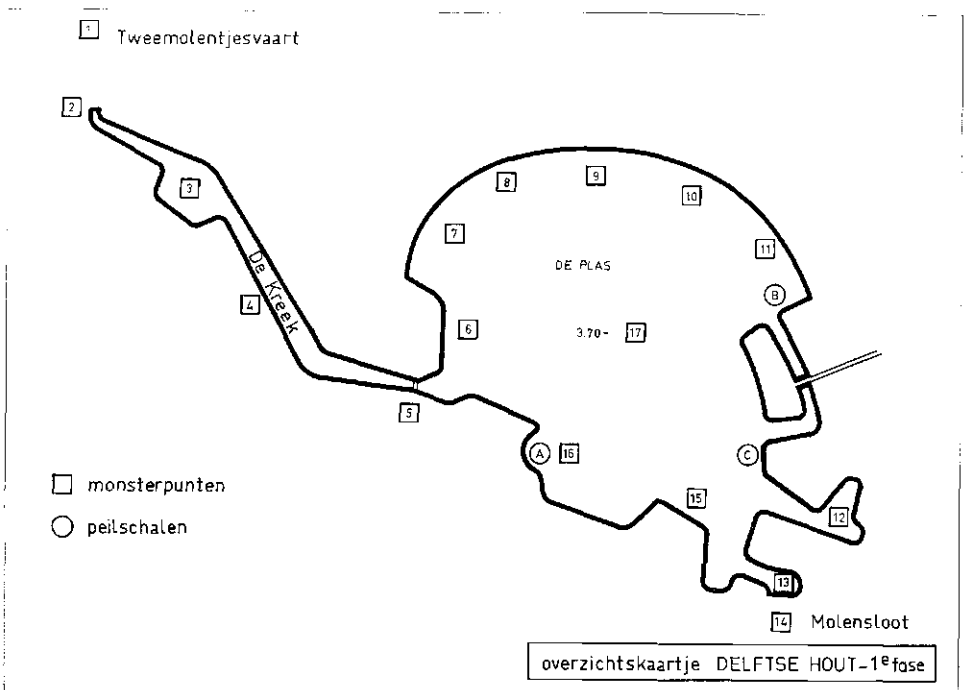
c. Bakteriologisch: Kiemgetal per ml bij 37 °C op bouillonagar, de MPN-Eijkman/100 ml, MPN-McConkey/100 ml en MPN-streptokokken/100 ml van een mengmonster water van de punten 7, 8, 9, 10 en 11, terwijl punt 17, punt 2 en punt 13 afzonderlijk werden onderzocht. In de periode van april tot oktober 1973

werden de monsters water uitgebreid geanalyseerd met een frekwentie van éénmaal per twee weken volgens de gebruikelijke methoden, die in het eindrapport [2] zijn genoemd.

## 3. Resultaten van het onderzoek

Medio 1973 heeft de Kommissie Kwaliteit Oppervlaktewater van de Gezondheidsraad een interim-rapport laten verschijnen,

Afb. 1 - Overzichtskaartje van de Plas en Kreek met de verschillende monsterpunten en peilschalen.



TABEL I

Kriterium	Kwaliteitsklasse 1	Gemeten kwaliteit			Kwaliteitsklasse (ber.)
		min.	gem.	max.	
1. Doorzicht (m)	tenminste 1 meter (of tot op de bodem)	0,35	0,50	0,75	3
2. Kleur (g Pt/m <sup>3</sup> )	voor de rekreatant nauwelijks waarneembaar	162	182	202	2 *
3. Geur en smaak	voor de rekreatant nauwelijks waarneembaar	smaak is niet bepaald, hoogstens natuurlijke geur (en smaak) aanwezig			2 *
4. Drijvende materie	geen drijvende materie	drijvende materie door algenbloei			2 *
4a. Troebelingsgraad (JTU)	lage troebelingsgraad	6,0	11,8	17,5	2 *
4b. Zwevende stofgehalte (g/m <sup>3</sup> )	laag	7,4	17,6	27,9	2 *
5. Zuurstofverzadiging %	75 - 125 %	82	—	145	1
6. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	< 5 g/m <sup>3</sup>	1,8	—	8,0	1
7. pH	4 - 9	8,10	8,20	8,35	1
8. Bakteriologische kwaliteit	vrijwel niet faekaal verontreinigd	licht faekaal verontreinigd			2
9. MPN faekale coli volgens de proef van Eijkman/100 ml	< 100	< 2	95	800	2
9a. Kiemgetal bij 37 °C/ml	—	6,0 x 10	2,1 x 10 <sup>3</sup>	1,2 en 10 <sup>4</sup>	—
9b. Coliformen (MPN/100 ml)	—	< 2	6500	92000	—
9c. Streptokokken (MPN/100 ml)	—	< 2	210	2400	—
10. Pathogene kiemen	afwezig	pathogene kiemen zijn niet bepaald;			—
10a. Ratten	afwezig	ratten niet waargenomen			—
11. Bestrijdingsmiddelen, zware metalen en andere toxische stoffen	hoeveelheden beneden hun toxische concentratie	zware metaalgehalte is laag; geen vis- en eendensterfte geconstateerd			—
12. Bodemgesteldheid	zo mogelijk een zandige bodem en geen slappe modderbodem	een zandige bodem langs het strand; verder een kleibodem bedekt met een laagje slib en/of modder			—
13. Waterdiepte	water dieper dan 5 m moet duidelijk worden aangegeven	water dieper dan 1,50 m wordt bij badstrand duidelijk aangegeven; de Plas en Kreek hebben een diepte kleiner dan 5 m			—

Opm.: Nauwkeurige criteria voor de parameters kleur, geur en smaak, drijvende materie, troebelingsgraad, zwevende stofgehalte, worden door de Gezondheidsraad [13] (nog) niet opgegeven en daarom zijn deze kwaliteitsklassen met een \* aangeduid.

waarin de Commissie aanbevelingen doet inzake de eisen, die aan de waterkwaliteit in recreatiegebieden dienen te worden gesteld [13].

Een overzicht van door de Commissie gehanteerde fysische-, chemische- en bacteriologische criteria voor oppervlaktewater met een recreatieve bestemming (kwaliteitsklasse 1) en voor de Plas en Kreek gevonden kwaliteitsklassen is weergegeven in tabel I. De aangegeven maximale, minimale en gemiddelde waarden zijn bepaald uit de resultaten van de 14-daagse metingen.

Hieraan is een aantal parameters toegevoegd, die mogelijk gehanteerd kunnen worden bij de beoordeling van een recreatiewater en in het buitenland o.a. in de Verenigde Staten dikwijls worden toegepast.

Uit korrelatie-berekeningen aan de kwaliteitsgegevens van de Plas bleek dat het doorzicht een hoge korrelatie (meer dan 95 % waarschijnlijkheid) had met het zwevende stofgehalte, COD ongefiltreerd, de kleur en ijzer totaal ongefiltreerd. Voor de beschrijving van de overige resultaten wordt verwezen naar het eindrapport [2] \*.

#### 4. Diskussie

Bij de beoordeling van de waterkwaliteit

\* Het rapport is te verkrijgen bij: TH Delft door de kosten van f 10,— te storten op girorekening 110850 t.n.v. de Technische Hogeschool Delft onder vermelding van: t.g.v. code 130200/4279.

door de Commissie van de Gezondheidsraad wordt gebruik gemaakt van drie verschillende kwaliteitsklassen:

1. De gewenste kwaliteit, verbetering niet noodzakelijk.
2. Een aanvaardbare kwaliteit, verbetering wel wenselijk.
3. Een ongewenste kwaliteit, verbetering dringend nodig.

De kwaliteit van het water dient zodanig te zijn dat de veiligheid en de gezondheid van zwimmers en baders zo goed mogelijk kunnen worden gewaarborgd.

Uit het doorzicht in tabel I blijkt, dat het water in de Plas en Kreek, gemeten naar de criteria van de Gezondheidsraad (13), een ongewenste kwaliteit (klasse 3) heeft, waarbij men verbetering dringend nodig acht. Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Groningen) bepaalde van tien bodemonsters de fractie kleiner dan 16 µm. Deze varieerde van 19,0 tot 53,9 % met een gemiddelde waarde van 36,9 %. De wind had invloed op het zwevende stofgehalte. Verbetering van het doorzicht zal daarom moeilijk zijn, maar de mogelijkheden tot verbetering dienen nog te worden onderzocht.

Wat de chemische- en bacteriologische kwaliteit betreft heeft het water een aanvaardbare kwaliteit (klasse 2) en is verbetering wel wenselijk.

Uit het bacteriologisch onderzoek kan men zien, dat het kiemgetal bij 37 °C ook in de perioden, waarin geen recreatie op en in

het water plaatsvond logaritmisch toenam (zie afb. 2 en 3).

De proef van Eijkman toegepast op het water van de punten langs het strand (7 t/m 11) en het midden van de Plas strookte met klasse 1, terwijl voor punt 2 en punt 13 klasse 2 werd berekend.

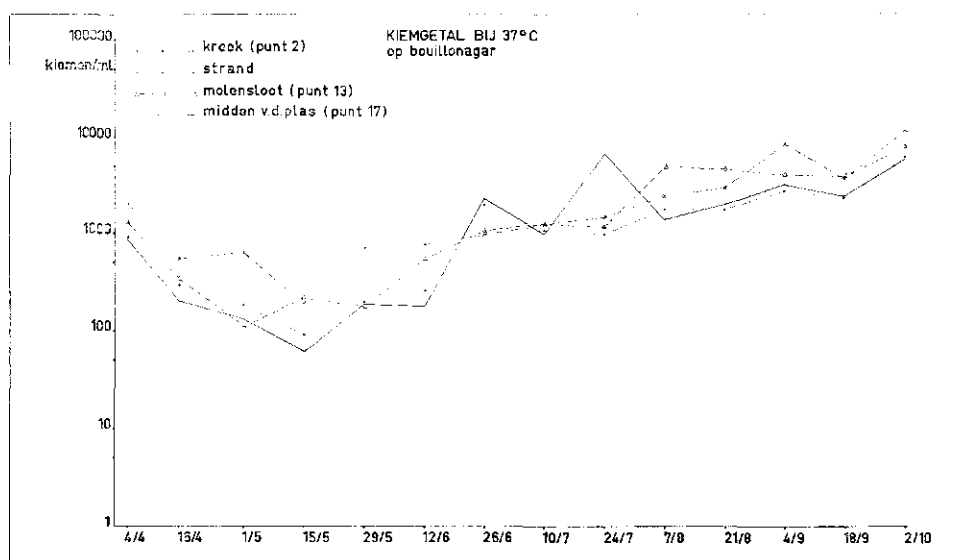
#### 5. Nadere beschouwing van de bacteriologische kwaliteitsgegevens

Vergelijking van de resultaten met die van andere onderzoekers wordt bemoeilijkt, omdat de gebruikte methoden nogal kunnen verschillen of niet worden vermeld. Kampelmacher en medewerkers [9] deden daarom vergelijkende onderzoeken met verschillende methoden voor het aantonen van colibacteriën en E. coli in oppervlaktewater. Bij dit onderzoek werd het medium volgens Eijkman met laktose in plaats van met glucose gebruikt.

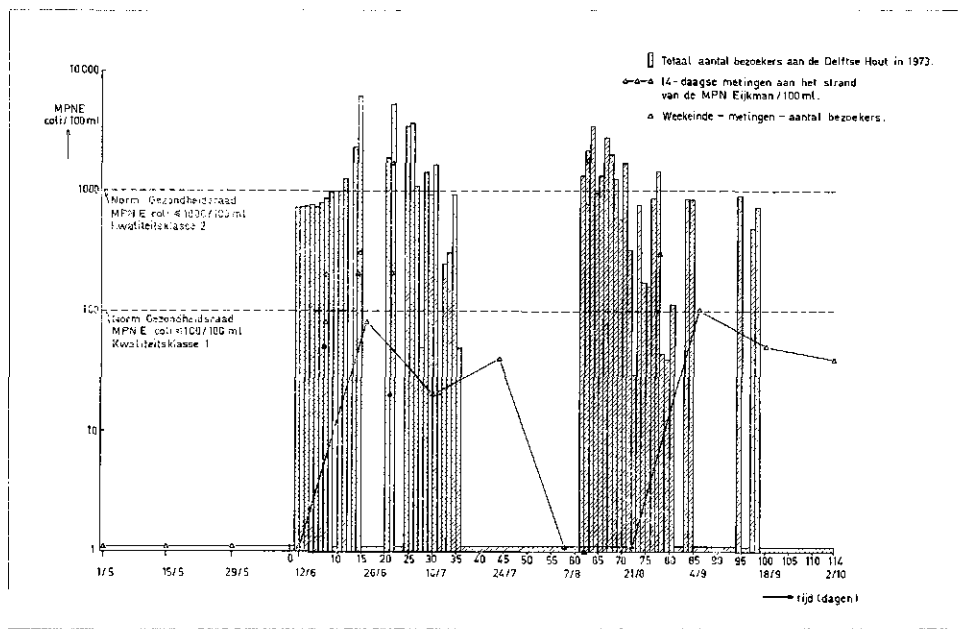
Geldreich [5, 6] geeft een goed overzicht inzake de interpretatie van bacteriologische kwaliteitsgegevens van recreatiewater.

Volgens hem zijn de belangrijkste indicatororganismen voor de verontreinigingen afkomstig van warmbloedige dieren, de uit het maag-darmkanaal afkomstige E. coli-bacteriën. Het is een subgroep van de coli-bacteriën of coli-aerogenes groep, waarvoor de belangrijke biochemische eigenschap is laktose bij 44,5 °C te vergisten. De vissen, de vegetatie en de bodem bevatten zelden E. coli-bacteriën.

De groep faekale streptokokken kan ook een maatstaf zijn voor faekale verontreini-



Afb. 2 - Het kiemgetal per ml bij 37 °C op bouillonagar langs het strand (punt 7 t/m 11), punt 17, punt 2 en punt 13.



Afb. 3 - Het totaal aantal bezoekers per dag en het gemeten aantal E. coli/100 ml langs het strand.

ging. In huishoudelijk afvalwater is de verhouding van E. coli/faekale streptokokken altijd groter dan 4,0 gelijk in de faekaliën van de mens, terwijl in de faekaliën van paarden, koeien, varkens, katten, honden en knaagdieren deze verhouding altijd kleiner dan 0,7 is. De faekale streptokokken hebben slechts een beperkte hygiënische betekenis, omdat enkele soorten op veel plaatsen in het milieu voor kunnen komen en in water en grond bij temperaturen lager dan 12 °C lang blijven leven. 12 - 19 % van alle (faekale) streptokokken in afstromend water zijn S. faecalis var. liquifaciens.

Hetzelfde geldt min of meer voor de groep van de colibacteriën [4], omdat daaronder ook soorten zijn, die minder typisch faekaal

zijn. Reaktiewaternormen in het buitenland zijn echter vaak gebaseerd op het totaal aantal colibacteriën, terwijl het aantal E. coli slechts een klein percentage hiervan is zoals ook in dit recreatiewater werd gemeten.

Het kiemgetal 37 °C omvat vele soorten bacteriën, waarvan de aantallen en samenstelling sterk kunnen variëren al naar gelang de mate van vervuiling door mens en dier, de temperatuur van het water, de kwaliteit van het zijdelings toestromende water, de fysisch-chemische en hydrobiologische eigenschappen van het water, enz. Bij de beoordeling van bacteriologische kwaliteit van een recreatiewater is het beter om één zgn. indicator-organisme (E. coli) te kiezen, die slechts door mens en dier

afgescheiden wordt bij contact met het water. Spaander [16] en Leentvaar [11] vonden respectievelijk in een recreatieplas tijdens zwemmen en het Hilversumse Wasmere, wanneer een meeuwenkolonie neerstreek een duidelijke toename van het aantal E. coli.

Bij het baden en zwemmen wordt echter een groot aantal verschillende kiemen 37 °C afgegeven, die met de bestaande bacteriologische methoden meestal niet zijn te onderscheiden van de in het water aanwezige kiemen 37 °C en hierin kunnen groeien. De Nederlandse literatuur is wat dit betreft niet duidelijk en kan aanleiding geven tot onjuiste interpretatie [1, 7, 8, 10, 12, 14, 15] van bacteriologische kwaliteitsgegevens van recreatiewater en ontwerp-regels voor recreatieplassen.

Bij het onderzoek naar de invloed van recreatie op de bacteriologische waterkwaliteit werd duidelijk een invloed waargenomen, zowel tijdens de weekeinde als de 14-daagse metingen, op het aantal E. coli volgens de MPN-Eijkman methode (zie afb. 3). Uit de resultaten van zes weekeinde metingen is het aantal afgegeven E. coli per bader en zwemmer berekend op 3,09.10<sup>7</sup> per dag, terwijl het aantal afgegeven kiemen 37 °C 7,8.10<sup>9</sup> bedroeg.

Aan de hand van de variërende aantallen bezoekers (N) kon het aantal E. coli op tijdstip t eenvoudig benaderd worden, wanneer de snelheidsconstante bij afsterfing (K) bekend is, ideale menging plaatsvindt, geen interactie met het (bodem) slib optreedt en het volume (V) bekend is.

$$\frac{dc}{dt} = \frac{N \cdot 3,09 \cdot 10^7}{V} - K_T \cdot c \quad (1)$$

Volgens Canale [3] varieert K vooral met de temperatuur T (°C).

$$K_T = K_{20} + 0,0223 (T - 20) \quad (2)$$

en geldt in het algemeen voor recreatiewater

$$\ln \frac{c_t}{c_0} = -K_T \cdot 14 \quad (3)$$

Met behulp van de formules (2) en (3) is uit de 14-daagse metingen van de MPN E. coli per 100 ml een K-waarde van 0,18 per dag bij 20 °C berekend. De K-waarde heeft zowel invloed op de hoogte als de breedte van de E. coli pieken (zie afb. 4), welke mede bepaald worden door het volume van de plas, het aantal baders en de gemiddelde verblijftijd van het water in het badstrand gedeelte. Onder de gemeten omstandigheden is waarschijnlijk de invloed van het slib op het aantal E. coli in het water te verwaarlozen.

Bij simulatie van het berekende aantal kiemen 37 °C, dat per bader en zwemmer afgegeven wordt, bleek het berekende aantal

in het geheel niet in overeenstemming te zijn met het gemeten kiemgetal 37 °C door o.a. groei van mesofiele soorten in dit recreatiewater (zie afb. 5).

CB is het berekende aantal *E. coli* of kiemgetal 37 °C, dat gemiddeld per bader of zwemmer in 15 minuten werd afgegeven. De verkregen gegevens kunnen een bijdrage geven bij de aanleg en verbetering van recreatieplassen en het inzicht verschaffen in de kwaliteitsgegevens, die bij een goed kwaliteitsbeheer van recreatieplassen regelmatig bepaald moeten worden.

## 6. Konklusies

— In chemisch en bacteriologisch opzicht had het water in de periode 1972-1974 een aanvaardbare kwaliteit (klasse 2) volgens de criteria van de Gezondheidsraad.

— Uit de metingen van het doorzicht is af te leiden dat het wenselijk is de mogelijkheid tot verbetering van het water in de Plas en Kreek in overweging te nemen; bij beperkt doorzicht is kontrôle op de zwemmers namelijk moeilijker en derhalve de kans op verdrinken groter. Het water dankt zijn geringe doorzicht vooral aan natuurlijke omstandigheden; de bodem bestaat uit zeer fijn materiaal.

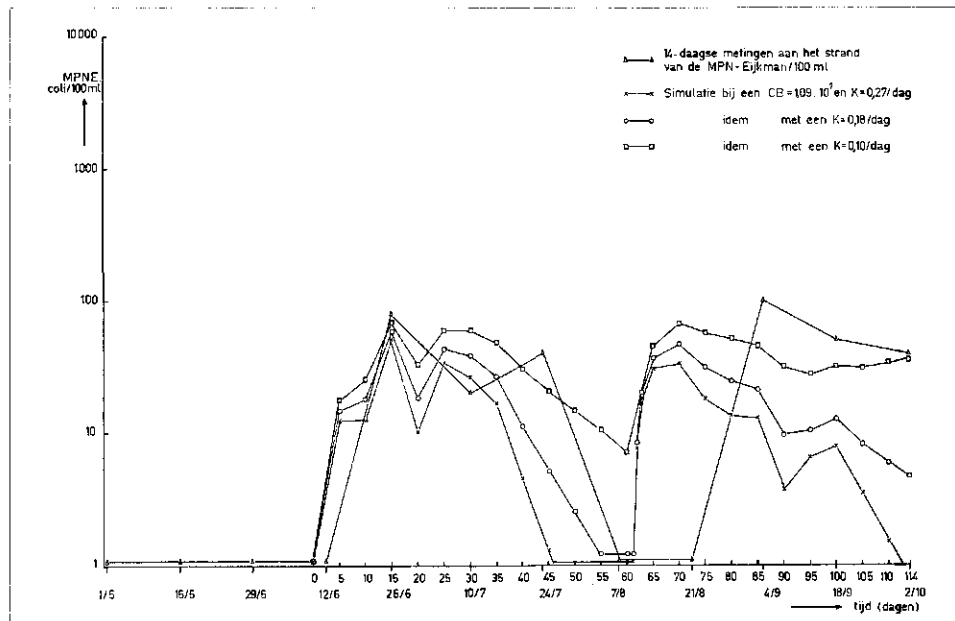
— Als een bruikbaar indicator organisme om de invloed van baden en zwemmen op de waterkwaliteit in recreatieplassen na te gaan is de *E. coli* aan te bevelen.

— Bij toename van het kiemgetal 37 °C is onderzoek naar de soortensamenstelling (o.a. *Pseudomonas aeruginosa*) gewenst.

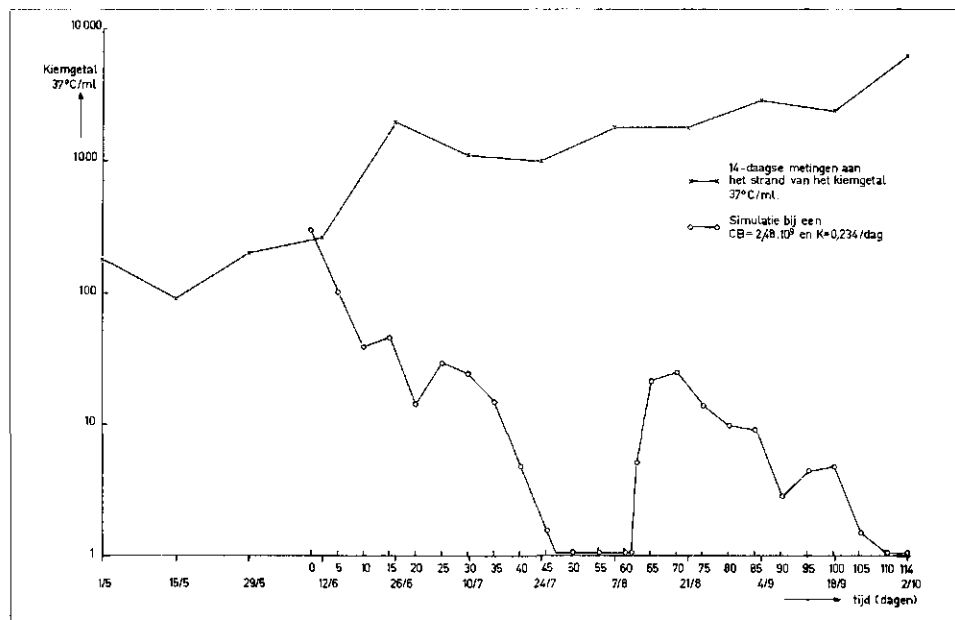
— Naast een onderzoek naar de (technische) mogelijkheden tot verbetering van het doorzicht is het wenselijk een uitgebreidere studie te wijden aan de menging, verdeling en afsterving van o.a. *E. coli* in het water en aan het (bodem) slib.

## Literatuur

- Berger, C. *Enkele aspecten van de bacteriologische hoedanigheid van oppervlaktewater*. Water, 56 (1972), 11-17.
- Blanken, J. G. den. *Onderzoek naar de relatie waterkwaliteit en recreatiepatroon in de Delftse Hout*. Eindrapport van de projectgroep Delftse Hout, 1975, 156 blz.
- Canale, R. P., Patterson, P. L., Gannon, J. J. and Powers, W. F. *Water quality models for total coliform*. Journal WPCF, 45 (1973), 325-36 and 2358-71.
- Geldreich, E. E., Best, L. C., Kenner, B. A. en Donsel, D. J. van. *The bacteriological aspects of stormwater pollution*. Journal WPCF, 40 (1968), 1861-72.
- Geldreich, E. E. *Applying bacteriological parameters to recreational water quality*. Journal AWWA, 1970, 113-120.
- Geldreich, E. E. *Buffalo lake recreational water quality: A study in bacteriological data interpretation*. Water Research, 6 (1972), 913-24.
- Golterman, H. L. *Mogelijke gevolgen van de*



Afb. 4 - Invloed van de K-waarde op het aantal *E. coli*/100 ml.



Afb. 5 - Kiemgetal 37 °C/ml, dat theoretisch berekend werd uit het totaal aantal bezoekers en het gemeten kiemgetal 37 °C/ml.

*fosfaat eutrofiëring van het oppervlaktewater*. H<sub>2</sub>O, 3 (1970), 209-15.

- Golterman, H. L. *De invloed van fosfaat op het aquatisch milieu*. H<sub>2</sub>O, 6 (1973), 430-38.
- Kampelmacher, E. H., Leussink, A. B. en Noorle Jansen, L. M. van. *Vergelijkende onderzoeken over het aantonen van coliformen en *E. coli* in oppervlaktewater*. H<sub>2</sub>O, 7 (1974), 518-20.
- Koning, H. S. de, en Scholte Ubings, D. W. *Strandbaden*. Rapport 1. Werkgroep inrichting recreatieobjecten in de open lucht, 1971, 27 blz.
- Leentvaar, P. *Recreatie en waterverontreiniging, biologische aspecten*. H<sub>2</sub>O, 3 (1970), 398-400.
- Lier, H. N. van. *Zwemwater in strandbaden*. H<sub>2</sub>O, 3 (1970), 202-8.
- Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. *Interimrapport zwemwater*. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage 1973, 27 blz.

14. Scholte Ubings, D. W. en Kats, W. *Vervuiling en kwaliteitsbeheer van het water in ondiepe recreatieplassen*. Water, 50, (1966), 78-83.

15. Scholte Ubings, D. W. *Het milieubeheer van recreatieplassen met strand*. De ontwerpgrondslag en de dimensionering. Verkeerstechneek; Bijlage Recreatievoorzieningen, 1969, nr. 9, 134-38.

16. Spaander, P. *Recreatie en waterverontreiniging, hygiënische aspecten*. H<sub>2</sub>O, 3 (1970), 409-11.

Mede namens de projectgroep is dank verschuldigd aan het bestuur van de Stichting de Delftse Hout, dat de gelegenheid bood dit onderzoek te verrichten en aan J. M. Hofman en T. L. van de Laar voor de analytische assistentie bij dit onderzoek.

