

# Zwemwater in strandbaden

een onderzoek naar gebruik en kwaliteit van het zwemwater  
in een tweetal strandbaden tijdens het recreatie seizoen 1968

## 1. Inleiding

De hier weergegeven resultaten zijn verkregen door een onderzoek dat in nauwe samenwerking tussen het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV), het Staatsbosbeheer (SBB), het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) en het Waterleiding Laboratorium Oost (in opdracht van het ICW) heeft plaats gevonden\*). Voor een volledige weergave zij verwezen naar Van Lier nota ICW 507 (1969).

## 2. Algemene probleemstelling

Tijdens het recreatie-onderzoek dat sinds enige jaren door het ICW wordt uitgevoerd en dat zich tot op heden vooral gericht heeft op recreatie in strandbaden (herkomst- en inrichtingsonderzoek) is steeds duidelijker het belang van de beheersing of verbetering van de waterkwaliteit naar voren gekomen. Hierbij spelen een rol:

- het voorkomen van overbrengen van parasitaire en besmettelijke ziekten;
- het verhogen van de veiligheid door het handhaven van een zo groot mogelijk doorzicht.

Ten aanzien van de kwaliteit zijn een aantal normen bekend waaraan het water van de baden zou moeten voldoen. Bij het vaststellen van deze normen doet zich steeds het probleem voor, dat nog betrekkelijk weinig bekend is over het verband tussen de mate van verontreiniging van het water en het aantal daarmee verband houdende ziektegevallen. Dit is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak dat er zoveel verschillen voorkomen in de gehanteerde normen (zie bijv. Public Health Activities, 1963 en Mulder, 1968).

Voor Nederland is in 1950 door de Commissie Zwembaden TNO opgesteld: „Voorlopige aanbevelingen inzake de kwaliteit van zwemwater”. Deze normen zijn van verschillende zijde bekritiseerd (Dresscher, 1956; Mulder, 1968; zie ook Muss, 1963).

De tot heden toe voor de diverse baden gehanteerde normen zijn onder te verdelen in bacteriologische en fysisch-chemische normen. De eerste zijn weergegeven in tabel I. De fysisch-chemische normen betreffen o.a. de helderheid, het gehalte aan werkzaam chloor en de pH.

Het bacteriologische en fysisch-chemische onderzoek was gericht op het aantonen van eventueel in het water aanwezige verontreinigingen. De meeste bacteriën zijn afkomstig uit het maag-darmkanaal (dus uit de faecaliën), de huid en de slijmvliezen van mens en dier.

\*) Veel dank is verschuldigd aan prof. dr. C. O. Schaeffer van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid voor de vele adviezen betreffende de beoordeling van het cijfermateriaal over de waterkwaliteit.

TABEL I - Bacteriologische normen voor zwemwater (TNO)

Soort water	Soort bad	Normen	
		proef van Eijkman *) negatief in	aantal bacteriën op agar bij 37 °C
Leidingwater of diep grondwater	a. met recirculatie		
	a. 1 overdekt	5 x 5 ml	100 bact./ml
	a. 2 niet overdekt	5 x 2 ml	200 bact./ml
	b. zonder recirculatie	5 x 1 ml	500 bact./ml
Zoet oppervlaktewater	alle baden	5 x 0,2 ml	

\*) Gisting in glucose- of lactose-pepton water bij 44 °C van 5, 2, 1 en 0,2 ml water (in vijfvoud).

Ziekten die bij het zwemmen kunnen worden opgedaan zijn:

- „swimmers itch”: wordt veroorzaakt door cercariae van een Schistosomasoort. Bij warm weer proberen de larven via de huid de mens binnen te dringen. Dit veroorzaakt jeukknobbels. Bij de tweede en derde besmetting kunnen allergische verschijnselen voorkomen (US Dept. of Health, 1964 en Van Thiel, 1965);
- ziekte Van Weil: wordt veroorzaakt door Leptospirae, waarvan ratten de kiemdragers zijn;
- huid- en oorinfecties veroorzaakt door Streptococci en Staphylococci. Dit zijn meestal contact infecties;
- infecties van de slijmvliezen.

Naast de bacteriën welke min of meer een pathogeen karakter dragen, komen vele andere niet-ziekteverwekkende bacteriën voor. Belangrijk voor onze beschouwingen zijn de colibacteriën, waartoe de uit de darm van warmbloedigen afkomstige Escherichia coli behoort, die wordt gebruikt als indicator voor de faecale verontreiniging van water.

Men gaat er hierbij van uit dat:

- de aanwezigheid van E. coli duidt op een recente faecale verontreiniging, zodat pathogene darmbacteriën aanwezig kunnen zijn;
- de afsterving van E. coli langzamer verloopt dan die van de pathogene bacteriën.

Ter bepaling van de bacteriële en chemische verontreiniging kan een aantal proeven worden uitgevoerd zoals:

- een proef op de aanwezigheid van de coligroep;
- proef van Eijkman: thermotolerante gistingbacteriën, waaronder faecale colibacteriën;
- kiemcijfer: aantal op bouillonagar groeiende bacteriën bij 37 °C;

- d. BOD<sub>5</sub>: hoeveelheid zuurstof nodig voor aerobe afbraak van organische stof in 5 dagen (bij 20 °C);
- e. Permanganaat (KM<sub>n</sub>O<sub>4</sub>)gebruik bij oxyderen.

Bovenstaande opsomming geeft een verre van compleet beeld van de complexiteit van de problemen rond de kwaliteit van zwemwater.

### 3. Doel van het onderzoek

Reeds in het voorgaande is vermeld dat de hygiëne en de veiligheid het nodig maken diverse eigenschappen van het zwemwater te bestuderen. Het doel van het hier beschreven onderzoek was tweeledig, namelijk:

- a. een inzicht te verkrijgen in de orde van grootte van de optredende verontreiniging (bacteriële besmetting, troebeling, enz.);
- b. een inzicht te verkrijgen in de mogelijkheid om door technische ingrepen (bij de aanleg dan wel in een later stadium) of anderszins de waterkwaliteit op peil te houden of te brengen.

### 4. Opzet van het onderzoek

Het in 1968 uitgevoerde programma, waarbij is uitgegaan van de bestaande situatie in twee baden van het SBB, zag er als volgt uit:

- a. metingen op werkdagen: (seizoenonderzoek) meestal om de twee weken. Deze zijn gedurende het gehele recreatieseizoen uitgevoerd (vanaf 1 april tot 29 aug.);
- b. metingen gedurende een drietal weekeinden, namelijk 7 en 8 juli, 27 en 28 juli en 10 en 11 augustus.

De metingen op werkdagen werden, indien mogelijk, aangevuld met enquêtes betreffende de beoordeling van de waterkwaliteit door de bezoekers.

De weekeindmetingen zijn aangevuld met:

- a. tellingen van inkomende en uitgaande bezoekers;
- b. tellingen van de bezetting van het water op verschillende tijdstippen;
- c. enquêtes omtrent de herkomst van de bezoekers en de beoordeling van het water.

Het onderzoek naar de waterkwaliteit bestond uit:

- a. een fysisch-chemisch onderzoek. Bepalingen zoals: geleidingsvermogen, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, totaal fosfor, KM<sub>n</sub>O<sub>4</sub>-verbruik, BOD<sub>5</sub>, O<sub>2</sub>, pH, doorzicht, kleur van het water;
- b. een bacteriologisch onderzoek. Bepalingen als kiemgetal, onderzoek op aanwezigheid van colibacteriën (MPN) bij 37 °C, van thermotolerante gistingsbacteriën bij 45 °C, van streptococci enz.

Het onderzoek vond plaats in de Zandenplas (Nunspeet) en de Loofles (Harskamp). De Zandenplas is een gesloten, ovaalvormige plas van ongeveer 1 ha oppervlakte en een grootste diepte van 1,20 tot 1,50 m. Het water van de Zandenplas staat in geen enkel contact met ander open water. Het niveau van de plas fluctueert met het grondwaterniveau. Van de Loofles is de zwempool eveneens een gesloten (ronde) plas van ongeveer 2,2 ha met een grootste diepte van 1,50 tot 2,20 meter (afhankelijk van het grondwaterniveau). De niet als zwemwater gebruikte plas heeft een oppervlakte van ca. 2,5 ha, is over

het algemeen ondiep (0 tot 1,5 m), het niveau ervan fluctueert ook hier met het grondwaterniveau (Couwenhoven, 1969). Beide plassen van de Loofles staan in geen enkel contact met ander open water. Beide baden zijn vrij toegankelijk.

### 5. De bezoekcijfers

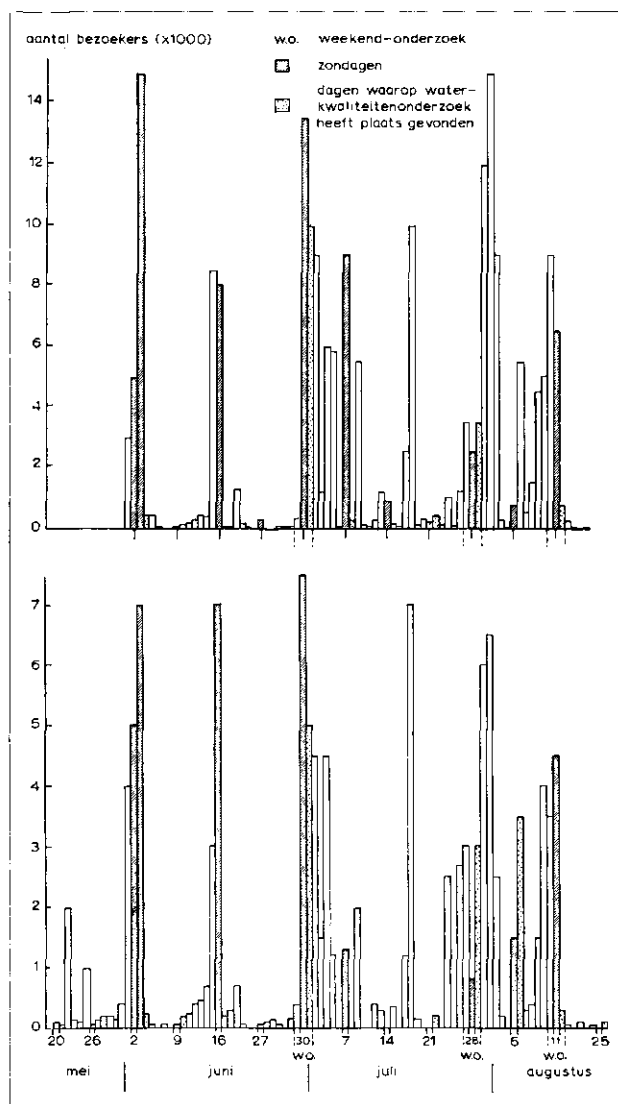
De dagbezoekcijfers berusten voor het overgrote deel op schattingen. Slechts in een klein aantal gevallen zijn deze schattingen aangevuld met visuele tellingen. In afb. 1 zijn de geschatte dagbezoekcijfers gegeven.

### 6. Het onderzoek op werkdagen (seizoenonderzoek)

Het onderzoek op werkdagen (meestal op maandagen, éénmaal op dinsdag) omvatte:

- a. schatting van het aantal bezoekers (zie voorgaande paragraaf);
- b. bemonstering van het water;
- c. enquête betreffende o.a. een waardering van het water door de bezoekers;
- d. cijferbeoordeling van het water door de bezoekers.

Afb. 1 - Overzicht van de dagbezoekcijfers op basis van schattingen voor de Loofles (boven) en de Zandenplas (onder) voor het recreatieseizoen 1968.



De gegevens onder a en d werden op alle of nagenoeg alle dagen verzameld, die onder b en c uitsluitend op de maandagen.

### 6.1. Monsternamen van het water in de Loofles

In dit bad zijn op een aantal dagen op drie verschillende plaatsen monsters genomen, namelijk twee in de zwemplas en één in de niet voor recreatie gebruikte vijver, terwijl op andere dagen slechts één bemonstering plaatsvond, en wel in de zwemplas. Bij het fysisch-chemische onderzoek van het water werd een zekere stijging waargenomen van de gehalten aan chloride, natrium, kalium en  $\text{NH}_4^+$ . Over het algemeen was het zwemwater „hygiënisch betrouwbaar” (Nota Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1969). Voor een voorbeeld van de gevonden cijfers zie tabel II \*).

De resultaten van het onderzoek van de niet voor recreatie gebruikte vijver toonden aan dat de kwaliteit van het water in deze vijver duidelijk beter is. Dit onderstreept het nut van de aanwezigheid van een verversingsvijver. Bij het ontwerpen van strandbaden kan een dergelijke vijver namelijk een belangrijke rol gaan spelen bij de beheersing of verbetering van de waterkwaliteit. Het effect van het regelmatig doorspoelen van de zwemplas met water uit de verversingsvijver moet nog meer uitvoerig worden onderzocht. Gezien de kwaliteit van het water in laatstgenoemde vijver mag daarvan echter een nuttig effect worden verwacht.

### 6.2. Monsternamen van het water in de Zandenplas

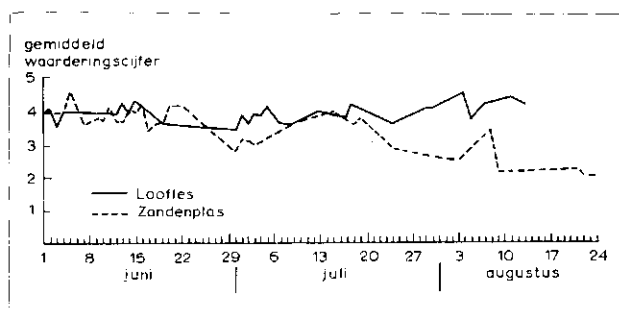
Deze plas is op een aantal dagen op twee verschillende plaatsen bemonsterd, terwijl op eenzelfde aantal dagen slechts één monster werd genomen. Tengevolge van de zware belasting van deze plas is de bacteriële verontreiniging hier duidelijk sterker dan in de Loofles (Nota Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1969). De in tabel II vermelde cijfers geven een indruk van de waterkwaliteit.

### 6.3. De waardering van het water door de bezoekers

Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van enquêteformulieren. De enquêtes werden, indien mogelijk, uitgevoerd op de werkdagen waarop ook de monsternamen plaatsvond. Daarnaast werd op de dagen waarop publiek aanwezig was nog een kleine enquête uitgevoerd, waarbij slechts een cijfer werd gevraagd voor de waterkwaliteit. In afb. 2 zijn de zo verkregen berekende gemiddelde

\*) Voor een volledige weergave van de cijfers zie Van Lier, Nota ICW 507: „Een onderzoek naar de kwaliteit van het zwemwater in een tweetal strandbaden gedurende het recreatie seizoen 1968”.

Afb. 2 - Het berekende gemiddelde waarderingscijfer van het water door de bezoekers gedurende het recreatie seizoen 1968 voor de Loofles en de Zandenplas.



TABEL II - Enkele resultaten van monsternamen betreffende de kwaliteit van het water van de strandbaden de Loofles en de Zandenplas in het voorseizoen (april, mei) en naseizoen (aug.) 1968.

Datum	Loofles				Zandenplas (geheel zwemplas)	
	1 = zwemplas ;		2 = niet gebruikte plas		1/4	26/8
	20/5 Plas 1	20/5 Plas 2	11/8 Plas 1	11/8 Plas 2		
Eijkman MPN/100 ml	0	1,9	8,3	0	7	240
Coli 37° MPN/100 ml	0	0	21	20	2	172
E. coli MPN	0	0	4,5	4,0	2	26
Kiemgetal	6	12	940	50	7	4900
Streptoc.	—	—	—	—	—	—
Gel. verm.	119	112	124	178	112	154
Cl <sup>-</sup>	14	14	17	18	18	29
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	6	—	—	1	12
Na <sup>+</sup>	6,6	6,2	—	—	10,2	15,0
K <sup>+</sup>	2,3	2,6	—	—	1,9	5,3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1	0,78	1,60	0,35	0,05	6,6
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	2	2	2	6,6	4,5
Tot. anorg. N	1,54	1,06	1,24	0,72	1,5	6,3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,05	0,08	0,08	0,03	0,1	0,1
KMnO <sub>4</sub>	15	21	31	8	10	11
BOD <sub>5</sub>	2,1	2,4	3,7	0,3	1	3
O <sub>2</sub>	10,5	10,4	8,9	8,9	11,1	7,4
CO <sub>2</sub>	14	15	—	—	6,0	1,5
pH	4,3	4,2	4,7	4,1	5,7	7,3
Temperatuur	13	13	23	23	12	20
Doorzicht (in m)	2,17	bodem	0,60	bodem	0,40	0,15
Opmerkingen			veel algen	geen algen		afgestorven algen + slib

waarden voor de beoordeling door de bezoekers uitgezet. Het blijkt dat het water van de Loofles (waarvoor gegevens tot half augustus beschikbaar zijn) gedurende het gehele seizoen vrij regelmatig een goede beoordeling door de bezoekers kreeg, met een gemiddelde waarde die schommelt rond de 4 (aantrekkelijk zwemwater). Voor de Zandenplas (gegevens tot eind augustus beschikbaar) bleek daarentegen dat na een aanvankelijk goede beoordeling (met een gemiddelde waarde van 4) de waardering na 22 juni sterk ging teruglopen, zodat eind augustus een waarde van slechts 2 (onaantrekkelijk zwemwater) werd behaald.

Dit sluit aan bij de resultaten van enkele onderzoeken van Heijtz (1968). Het bleek dat van een aantal nadelen van de Zandenplas die door de bezoekers aan dit bad werden genoemd, de watervervuiling op de derde plaats kwam. Het percentage van de geënquêteerden die de vervuiling het belangrijkste achttien bedroeg slechts 13 pct. Interessant is echter, dat bezoekers aan andere delen van de boswachterij naast de drukte, juist de watervervuiling als groot nadeel van de Zandenplas aanvoerden. Van de respondenten op wandelroutes noemde 16 pct, op de speelweiden en dagcampings 28 pct en langs de Petersom Ramringweg 23 pct de watervervuiling als belangrijkste nadeel van de Zandenplas. Uit de cijfers bleek dat er een sterke overeenkomst is tussen de beoordeling van het zwemwater door de bezoekers en de gemeten waterkwaliteit.

### 7. Het weekend-onderzoek

Bij dit onderzoek is getracht door frequente waarnemingen gedurende een korte periode een inzicht te krijgen in de relatie tussen het bezoek en de waterkwaliteit. Der-

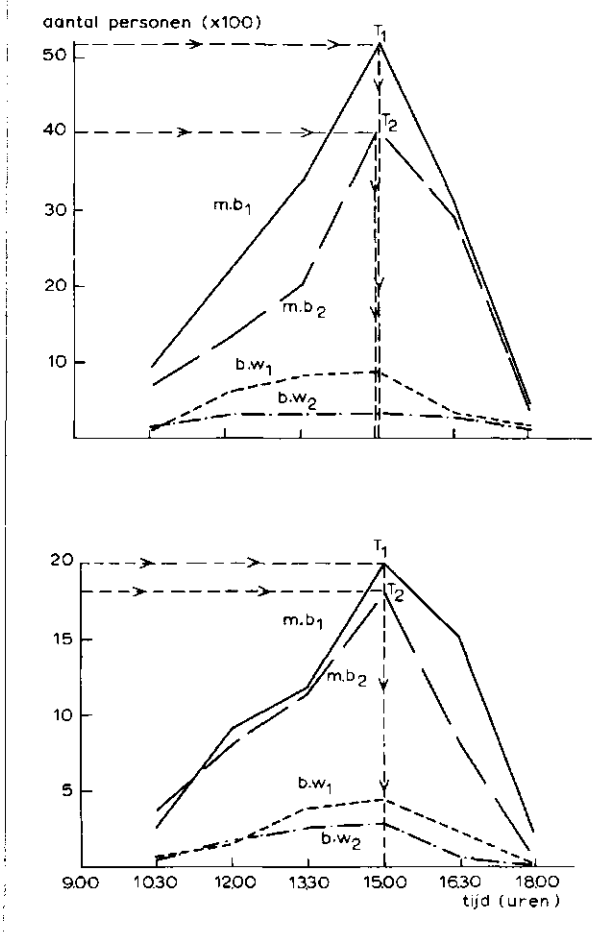
halve zijn er naast het nemen van de watermonsters (acht per dag, om de drie uur telkens twee) ook tellingen uitgevoerd ten aanzien van het inkomend en uitgaand bezoek en de bezettingen van het water met daarnaast enquêteringen betreffende de herkomst van de bezoekers en de waardering van het water door het publiek.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden gedurende drie weekeinden. De weekeinden waren: 6, 7 en 8 juli; 27, 28 en 29 juli en 10, 11 en 12 augustus.

### 7.1. Het inkomend en uitgaand verkeer en het maximale momentane bezoek

Bij de tellingen werd er gewerkt van 9.00—18.00 uur. Er werd geteld in vijf voertuigcategorieën en per kwartier, waarbij de notatie zodanig was, dat zowel het aantal voertuigen als het aantal personen werd vastgelegd. Dit laatste was nodig om te kunnen bepalen hoeveel mensen op elk tijdstip op het bad aanwezig zijn. Het belangrijkste hierbij is de bepaling van het maximale momentane bezoek (mmb; maximale bezoek dat op een bepaald moment aanwezig is). Hierbij gaat het om het tijdstip waarop het valt en de hoogte (absoluut zowel als relatief). Dit is voor alle dagen van het weekeindonderzoek uitgevoerd. Het bleek dat voor de Loofles het mmb valt tussen 15.00 en 15.15 uur. Er waren toen 5267 bezoekers,

Afb. 3 - De bezetting van het water (b.w.) en het momentane bezoek (m.b.) op de Loofles (boven) en de Zandenplas (onder) gedurende een zomerweekeind in 1968.  $T_1$  = maximale momentane bezoek op zaterdag 10-8-'68;  $T_2$  = idem op zondag 11-8-'68; m.b.<sub>1</sub> = momentane bezoek op zaterdag; m.b.<sub>2</sub> = idem op zondag; b.w.<sub>1</sub> = bezetting water op zaterdag; b.w.<sub>2</sub> = idem op zondag.



dit was 73,6 % van het totaal bezoek. Voor de Zandenplas bleek het mmb te vallen tussen 14.45 en 15.00 uur. Er waren toen 2005 bezoekers en dit was 51,6 % van het totale bezoek.

Over het algemeen geldt dat het mmb voor de Loofles hoger is en later valt dan voor de Zandenplas. Dit wijst erop dat de bezoekers langer in de Loofles verblijven dan in de Zandenplas en later weggaan. In deze laatste plas vindt een snellere doorstroming van bezoek plaats.

### 7.2. De bezetting van het water

Tijdens de onderzoeksdagen werden er tellingen van de bezetting van het zwemwater uitgevoerd. Ten behoeve van deze tellingen werd de Loofles in vijf, de Zandenplas in twee secties verdeeld. Er werd zevenmaal per dag geteld, telkens met een tussenpauze van anderhalf uur. Het bleek dat de verdeling over de verschillende secties niet sterk fluctueerde, maar dat de totale bezetting een duidelijk verloop met de tijd vertoonde. In afb. 3 is voor de Loofles en de Zandenplas het momentane bezoek en de bezetting van het water voor het weekeinde van 10 en 11 augustus 1968 uitgezet. Uit de afbeelding blijkt dat de bezetting van het water in beide plassen het momentane bezoek tot 13.30 en na 15.00 uur goed volgt. In de tussengelegen periode neemt bij een sterke stijging van het aantal bezoekers, het aantal baders slechts in geringe mate toe.

Wel is het opmerkelijk dat gedurende dit weekeinde bij lagere aantallen bezoekers meer personen in het water gaan in de Loofles dan in de Zandenplas. Op andere weekeinden ligt dit echter weer anders, zodat van een duidelijk verschil geen sprake is.

Over het algemeen blijkt zo'n 15 tot 20 % van de bezoekers op een bepaald moment in het water te zijn. Neemt men aan dat elke bezoeker gemiddeld vier keer te water gaat over een voldoende korte periode (bijvoorbeeld

TABEL III - Enkele resultaten van monsternamen betreffende de kwaliteit van zwemwater van de strandbaden de Loofles en de Zandenplas gedurende een weekeind in het hoogseizoen (juli) 1968

Loofles (zwemplas)			Zandenplas (geheel zwemplas)		
Datum	28/7	28/7	Datum	27/7	27/7
Tijdstip	9.00 u.	18.00 u.	Tijdstip	9.00 u.	18.00 u.
Eijkman			MPN 45°/100 ml		
MPN/100 ml	6,8	17	gisting	79	542
Coli 37°			coligr.	79	542
MPN/100 ml	4,5	22	E. coli	79	542
E. coli 37°			MPN 37°/100 ml		
MPN	2,0	6,8	gisting	79	348
Kiemgetal	1250	1500	coligr.	17	348
Gel. verm.	142	142	Streptoc.	—	+
Cl <sup>-</sup>	16	15	Gel. verm.	—	128
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,4	1,4	Cl <sup>-</sup>	—	26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	—	6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	2	Na <sup>+</sup>	—	12,5
Tot. anorg. N	1,32	1,09	K <sup>+</sup>	—	3,5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,10	0,09	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	—	4,3
KMnO <sub>4</sub>	23	23	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	—	0,03
BOD <sub>5</sub>	4,8	6,3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	—	3,2
O <sub>2</sub>	10,0	9,8	Tot. anorg. N	—	4,0
pH	4,8	4,5	Tot. fosf.	—	0,1
Temperatuur	19	20	KMnO <sub>4</sub>	—	10
Doorzicht (in m)	0,73	0,68	BOD <sub>5</sub>	—	2
Opmerkingen: algen aanwezig			O <sub>2</sub>	—	8,9
			CO <sub>2</sub>	—	3,0
			pH	—	5,7
			Doorzicht (in m)	—	0,11
			Temperatuur	—	18

TABEL IV - De gemiddelde waardering van het zwemwater per uur door de bezoekers aan Loofles en Zandenplas, gedurende drie weekeinden in 1968 (1 = Loofles; 2 = Zandenplas)

Tijd- stip (uur)	Waardering									
	7-7-'68		27-7-'68		28-7-'68		10-8-'68		11-8-'68	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
9.00	—	2,0	—	4,0	—	—	—	4,0	—	3,9
10.00	4,8	4,3	—	4,0	—	4,1	4,1	3,9	3,9	3,8
11.00	4,3	3,8	4,3	4,0	—	4,0	4,0	3,8	4,6	3,0
12.00	4,0	3,8	5,0	4,0	—	3,3	4,3	3,8	3,9	3,8
13.00	4,0	4,0	—	3,2	4,6	3,9	4,2	3,7	4,1	3,5
14.00	3,8	3,3	4,0	3,0	4,4	4,0	—	3,8	4,3	3,8
15.00	4,0	4,0	4,8	3,8	—	3,1	—	2,6	—	4,0
16.00	3,6	3,9	4,0	3,0	—	4,0	—	4,3	—	3,7
17.00	3,9	3,2	3,8	4,0	—	3,3	—	3,3	—	—
18.00	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—	—
Gem.	4,0	3,71	4,2	3,6	4,52	3,74	4,15	3,66	4,21	3,69

één kwartier), dan betekent dit, dat 60 tot 80 % van de bezoekers minstens éénmaal in het water gaat. Uit onderzoeken op het Veluwemeer bleek dat 70 tot 85 % van de bezoekers minstens éénmaal in het water ging (Ter Haar, 1968).

### 7.3. De waterkwaliteit

Gedurende de drie weekeinden tijdens welke het onderzoek plaatsvond, bleef de waterkwaliteit in de Loofles voortdurend bevredigend. In de Zandenplas was daarentegen sprake van een duidelijke overbelasting van het zwemwater (Nota Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1969). In tabel III wordt een voorbeeld gegeven.

### 7.4. De waardering van het water door de bezoekers

Gedurende de weekeindonderzoeken zijn tijdens de gehele dag enquêtes uitgevoerd, waarbij een waardering van het water door de bezoekers werd genoteerd.

Aangezien er gemiddeld per dag slechts 50 enquêtes werden uitgevoerd is het aantal waarderingen per uur meestal zo laag dat het toeval een sterke rol speelt. Over het algemeen is er geen uitgesproken afname in de waardering van de waterkwaliteit door de bezoekers. Slechts in enkele gevallen was deze afname wel te constateren zoals: Loofles, 7 juli; Zandenplas, 27 en 28 juli en 10 augustus (zie tabel IV).

De gemiddelde dagwaarderingen liggen voor Loofles echter duidelijk hoger dan voor Zandenplas, zodat men mag concluderen dat de bezoekers het zwemwater van de Zandenplas minder aangenaam vinden dan in Loofles.

Een en ander komt sterk overeen met de resultaten van het wateronderzoek van beide baden. De conclusie lijkt dan ook gewettigd, dat de verontreinigingen van het zwemwater door de bezoekers als een nadeel wordt ondervonden. Dit is voor de Zandenplas van ernstiger omvang dan voor de Loofles, hetgeen overeenkomt met de reeds eerder genoemde resultaten van een onderzoek betreffende de nadelen van de Zandenplas (Heijtz, 1968).

## 8. Het berekende en gemeten aantal bacteriën bij 37 °C

### 8.1. Algemeen

Voor het berekenen van het maximum aantal bezoekers dat tot een ondiepe recreatieplas kan worden toegelaten, is door Scholte Ubijng en Kats (1966) een methode voorgesteld die is gebaseerd op het bij 37 °C op bouillonagar bepaalde kiemgetal. Zij gaan daarbij uit van:

a. een afstervingskromme, welke is gebaseerd op een

aantal onderzoeken van diverse soorten water. Op grond daarvan werd een curve van *Bacterium coli* gekozen met een afstervingstijd van 10 dagen. Hun formules, met een gewijzigde notatie luiden:

$$n_{t,1} = n_1 \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

of

$$\frac{n_{t,1}}{n_1} = e^{-kt} = a^{ct} \quad (2)$$

waarin:  $n_1$  = aantal bacteriën op dag 1 ingebracht

$n_{t,1}$  = aantal bacteriën dat na  $t$  dagen nog over is van  $n_1$

$k$  =  $-c \log a / \log e$  = constante

$e$  = grondtal natuurlijke logaritme

$t$  = aantal dagen

b. de aanname dat iedere bader gemiddeld  $1,8 \times 10^9$  bacteriën in het water brengt.

Hiervan uitgaande geldt dat het bacteriegehalte aan het einde van de dag, waarop de eerste inbreng heeft plaatsgevonden, gelijk is aan:

$$n_1 = 1,8 \times 10^3 B/I \text{ bact/ml} \quad (3)$$

waarin:  $n_1$  = aantal bact/ml aan eind eerste dag

$B$  = aantal baders op dag 1

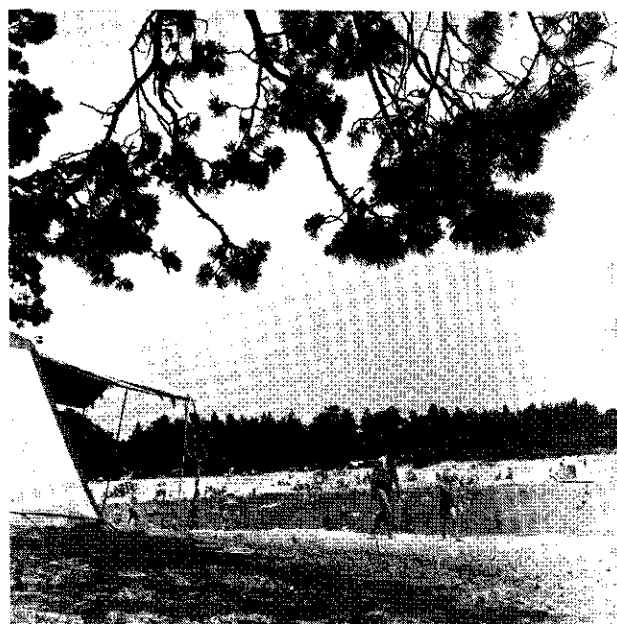
$I$  = inhoud van het bad (dag 1) in  $m^3$

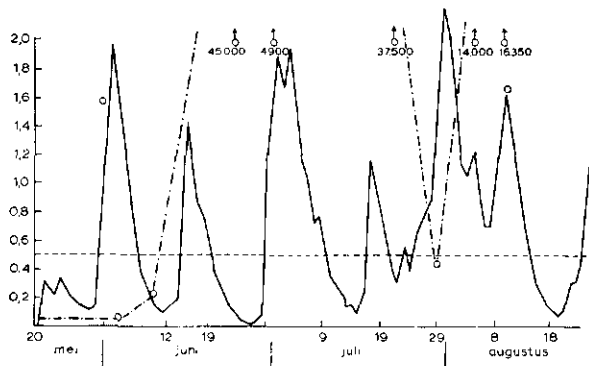
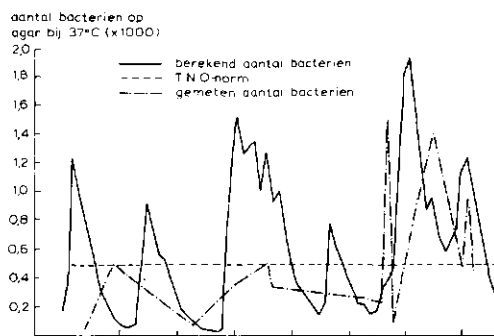
Het aantal bacteriën, dat op het eind van een willekeurige dag  $p$  aanwezig is wordt nu bepaald door het aantal op die dag ingebrachte bacteriën, vermeerderd met de nog niet afgestorven bacteriën van de negen daaraan voorafgaande dagen. In formule:

$$N_p = n_p + 0,77 n_{p-1} + 0,60 n_{p-2} + 0,46 n_{p-3} + 0,34 n_{p-4} + 0,24 n_{p-5} + 0,16 n_{p-6} + 0,10 n_{p-7} + 0,05 n_{p-8} + 0,02 n_{p-9} \quad (4)$$

waarin:  $N_p$  = totaal aantal aanwezige bacteriën aan het eind van dag  $p$  als som van de overgebleven aantallen van de 9 daaraan voorafgaande dagen

De Zandenplas te Nunspeet.





Afb. 4 - Het berekende en gemeten aantal bacteriën in de Loofles (boven) en de Zandenplas (onder) gedurende het recreatieseizoen 1968.

$$n_p = n_{p-1} \dots n_{p-9} = \text{aantal ingebrachte bacteriën op respectievelijk dag } p; \text{ dag } p-1 \dots \text{dag } p-9.$$

Aan de hand van de bezoekcijfers is nu voor iedere dag gedurende het recreatieseizoen het theoretisch aantal bacteriën te berekenen. Dit is gedaan voor Loofles en Zandenplas. Hierbij is geen rekening gehouden met de natuurlijke doorstroming (vanuit het grondwater), de neerslag en de verdamping. Verder is voor de inhoud van de zwemvijver uitgegaan van een geschatte gemiddelde inhoud tijdens het recreatieseizoen 1968.

### 8.2. Loofles

Voor dit strand is aangenomen:

$I = 22.000 \text{ m}^3$ ;  $A = 0,75$  (aandeel van de baders in totaal bezoek) dan geldt:

$$n_1 = \frac{0,75 \times 1,8 \times 10^3}{22 \times 10^3} B \quad (5)$$

of

$$n_1 = 0,0614 B \text{ bact/ml} \quad (6)$$

Op basis van de geschatte aantallen bezoekers (B) is dit doorgerekend van 1 juni tot 16 augustus. Het resultaat is weergegeven in afb. 4. Het valt op dat uit de berekende kiemgetallen de Loofles zes perioden heeft waarin de norm van  $<500 \text{ bact/ml}$  wordt overschreden, terwijl de gemeten situatie slechts twee perioden laat zien. Vooral in de beginperiode is de aansluiting tussen gemeten en berekende waarden slecht: de berekende kiemgetallen zijn

aanmerkelijk hoger dan de gemeten. In augustus (bij wat hogere bezoekersaantallen) is de aansluiting veel beter, echter zijn ook hier de berekende aantallen meestal hoger dan de gemeten. Het blijkt derhalve dat in het algemeen de gebruikte formule kiemgetallen geeft welke hoger zijn dan de werkelijke situatie, zodat bij een beoordeling volgens deze methode een veiligheidsmarge is ingebouwd.

### 8.3. Zandenplas

Uitgaande van  $I = 10.000 \text{ m}^3$  en  $A = 0,80$  wordt formule (3):

$$n_1 = 0,144 b \text{ bact/ml} \quad (7)$$

Uit de berekende kiemgetallen blijkt dat er vijf perioden zijn waarin de waterkwaliteit boven de norm van  $<500 \text{ bact/ml}$  komt. Vergelijking met de gemeten kiemgetallen laat zien dat de verontreinigingen in werkelijkheid veel groter zijn (zie afb. 4).

Hieruit zou kunnen blijken dat toepassing van de formules op kleinere baden (b.v.  $<10.000 \text{ m}^3$ ) geen aanwijzing geeft omtrent de werkelijke bacteriële verontreiniging van het zwemwater gedurende het seizoen. Een mogelijke oorzaak zou het geringe bufferende vermogen van dergelijke kleine baden kunnen zijn.

## 9. Samenvatting en conclusies

### 9.1. Samenvatting

Teneinde een inzicht te verkrijgen, enerzijds in de orde van grootte van de verontreiniging van het zwemwater van strandbaden door het gebruik van dit water door baders en anderzijds in de relatie tussen bezoek, gebruik en verontreiniging zijn gedurende het recreatieseizoen 1968 op twee baden van het Staatsbosbeheer, namelijk de Loofles (Harskamp) en de Zandenplas (Nunspeet), een tweetal onderzoeken uitgevoerd. Bij dit onderzoek werd de waterkwaliteit gemeten door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid in opdracht van Inspectie Milieuhygiëne en het Waterleidinglaboratorium Oost, in opdracht van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Het onderzoek bestond uit:

- een onderzoek op werkdagen (seizoenonderzoek), meestal op maandagen met een tussenperiode van 14 dagen. Hierbij werd onderzoek gedaan naar:
  - de waterkwaliteit; drie monsters op Loofles, twee op Zandenplas
  - de waardering van het water door de bezoekers
  - aantal bezoekers (meestal op basis van schattingen)
 Op de overblijvende dagen werden slechts gegevens verzameld ten aanzien van temperatuur van het water, aantal bezoekers en een cijferbeoordeling van water door de bezoekers;
- een weekeind-onderzoek. Hierbij werd onderzoek gedaan naar:
  - de waterkwaliteit: acht monsters per drie uur per bad
  - het inkomend en uitgaand bezoek
  - het aantal zwemmers (of baders).

Bij het eerste onderzoek ging het vooral om het verkrijgen van een inzicht in de toename van de verontreinigingen gedurende het zwemseizoen. Bij het tweede onderzoek, dat gedurende drie weekeinden is uitgevoerd, werd getracht de belastingen welke in korte periode bij hoge bezoekersaantallen optraden, in direct verband te brengen met dat aantal bezoekers en baders.



De Loofles te Harskamp.

## 9.2. Conclusies

Het onderzoek op werkdagen leverde een duidelijk verschil op tussen de twee baden.

Op de Loofles bleek dat in de zwemplas over het gehele seizoen een verandering van de kwaliteit optrad, vooral ten aanzien van een aantal anorganische bestanddelen en de groei van algen (welke gepaard gaat met een afname in doorzicht). De waargenomen bacteriële verontreiniging bleef echter ook gedurende de drukke wekeinden zo laag dat de TNO-grens voor de gisting volgens Eijkman nooit werd overschreden.

Voor baders en zwemmers was dit water derhalve zeer aanvaardbaar. Het onderzoek van de niet voor recreatie gebruikte plas toonde aan dat het water hier nog minder was verontreinigd en ook een beter doorzicht had. Deze laatste gegevens zijn belangrijk met het oog op de constructie van strandbaden, waarbij de mogelijkheid van doorspoelen vanuit een verversingsvijver wordt ingebracht. In het water van de Zandenplas werd de TNO-grens meerdere malen overschreden. De bacteriële verontreiniging bleef echter minder groot dan men, lettend op de overbelasting van dit plasje, zou kunnen verwachten.

Toetsing van de gemeten bacteriële waterkwaliteit aan de met behulp van de formule van Scholte Ubijng en Kats theoretisch berekende laat zien dat voor de Loofles in de beginperiode de berekende waarden te hoog zijn, terwijl aan het eind van het seizoen de aansluiting goed is. Het blijkt derhalve dat bij grotere strandbaden de gebruikte formule een grote veiligheidsmarge aanhoudt. Voor kleinere strandbaden zoals de Zandenplas, blijkt echter dat zware bezettingen van het water leiden tot veel hogere aantallen bacteriën dan de met behulp van de formule berekende aantallen en deze geen aanwijzing geeft omtrent de werkelijke bacteriële verontreiniging bij strandbaden met een kleinere inhoud dan bijvoorbeeld 10.000 m<sup>3</sup>.

De cijferbeoordeling van het water door de bezoekers vielen voor de Loofles vooral later in het seizoen, duidelijk beter uit dan voor de Zandenplas. Dit laatste bleek in overeenstemming te zijn met in een ander onderzoek genoemde nadelen van de Zandenplas (Heijtz, 1968).

Er bleek in de gegevens over korte perioden (weekeind-onderzoek) een dermate grote fluctuatie te zijn, dat het voorshands moeilijk is een duidelijk verband te leggen tussen het gebruik en de verontreinigingen van het zwemwater. Een en ander is hoogst waarschijnlijk te wijten aan het feit, dat de periode waarover werd gemeten te kort was en het toevalseffect bij de bemonsteringen dan een te grote rol speelde.

## Literatuur

- Couwenhoven, T., 1969. *Rapport omtrent de waterhuishouding van de „Loofles”, een recreatieplas in de boswachterij Kootwijk*. ICW-nota 501.
- Dresscher, Th. G. N., 1956. *Aan welke eisen moet zwemwater voldoen?* Gids van Bad- en Zweminrichtingen.
- Duuren, F. A. van, 1968. *A short guide to swimming pools. Their water treatment and purification*. Public Health, January.
- Haar, E. ter, 1968. *Dagrecreatie langs het Veluwemeer*. Verslag van een onderzoek. Flevo-berichten 59 R.I.J.P.
- Heijtz, J. C., 1968. *Bos en recreatie*. Een onderzoek naar vormen van openluchtrecreatie in de boswachterij Nunspeet. Staatsbosbeheer.
- Kedde, D. L., 1959. *Eenvoudige openluchtzwembaden*. III. Normen voor zwemwater. Ingenieur 71, p. G 11.
- Koning, H. S. en Scholte Ubijng, D. W., 1969. *Strandbaden*. Werkgroep Inrichting Recreatie Projecten in de Openlucht (WIRO).
- Lier, H. N. van, 1969. *Een onderzoek naar de kwaliteit van het zwemwater in een tweetal strandbaden gedurende het recreatie-seizoen 1968*. Nota ICW 507.
- Mulder, R. D., 1968. *De hygiënische beoordeling van zwemwater in verband met ervaringen uit de praktijk*. Water 52.
- Muss, David L., 1963. *Are our criteria for bathing water pollution valid?* Civil Engin. Nov. pp. 37-38.
- Nietsch, Ph. B., 1964. *Kritische Betrachtungen über die Desinfektion von Schwimmbadwässern*. Gas/Wasser/Wärme bd XVIII/1 p. 11-14.
- Nota Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1967. *Onderzoek naar de kwaliteit van het water in de Zandenplas, de Loofles, de Kibbelkoele en het Loomeer*. Deel I: Bacteriologisch onderzoek van het water op werkdagen. Deel II: Chemisch-fysisch onderzoek van het water. Niet gepubliceerd.
- 1968. *Onderzoek van het water in de Loofles en de Zandenplas op werkdagen in 1967*. Niet gepubliceerd.
- 1969. *Onderzoek van het water in de Loofles en de Zandenplas in 1968*. Niet gepubliceerd.
- Public health activities committee. 1963. *Coliform standards for recreational waters*. J. Sanitary Engin. Div. August. p. 3617-3694.
- Roest, A. C. F. en Schroevers, P. J., 1967. *Invloed van recreatie op de hydrobiologische gesteldheid van enige in zandgrond gegraven plassen* (met een supplement van P. J. Schroevers: Algen in recreatievijvers op zandgrond) RIV en RIVON. Niet gepubliceerd.
- Scholte Ubijng, D. W. en Kats, W., 1966. *Vervuiling en kwaliteitsbeheer van het water in ondiepe recreatieplassen*. Water 50. pp. 78-83.
- Spaander, P., 1941. *Zwemwater in Nederland* (diss.). Schermers, Bolsward.
- Thiel, P. H. van, 1966. *Onderzoek naar de mogelijkheid van het voorkomen van schistosoma-dermatitis bij de mens na zwemmen in een openluchtbad*. Nederl. Tijdschr. Geneeskunde 109. II.
- U.S. Department of health, education and welfare. 1964. *Limnological Aspects of Recreational Lakes*. Div. of Water Supply and Pollution Control.
- Ver. Ned. Gemeenten. 1953. *Zweminrichtingen en badhuizen*. Blauwe Reeks 11. 's-Gravenhage.
- Waal, R. van de, 1957. *Recreatie en de waterhuishouding van Nederland*. Water 11. pp. 331-335.