

De analyse en het voorkomen van cholinesteraseremmende stoffen in oppervlaktewater en het gedrag van deze stoffen in waterzuiveringsprocessen*)

1. Inleiding

Op 7 april 1970 vond op het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV) te Utrecht een bijeenkomst plaats waaraan deelgenomen werd door vertegenwoordigers van Gemeentewaterleidingen Amsterdam, de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, de Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam en het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid. Tijdens deze vergadering werd de 'Werkgroep Ontwikkeling en Verbetering van Residu-analysemethoden van Bestrijdingsmiddelen in Water'



DRS. W. v. d. MEENT
KIWA NV

(OVR-W) opgericht. Het doel van de Werkgroep was om te komen tot een, door de waterleidingbedrijven gewenste, nauwere samenwerking en uitwisseling van gegevens met betrekking tot de analyse van residuen van bestrijdingsmiddelen.

Het voorlopig werkprogramma omvatte de analyse van endosulfan en gechloreerde koolwaterstoffen (lindaan, DDT etc.) [1]. De door het RIV toegepaste gaschromatografische bepaling van de genoemde bestrijdingsmiddelen werd bij de oppervlaktewaterverwerkende bedrijven ingevoerd [2, 3, 4] en aangepast aan de eisen die de wateranalyse stelt.

Naast de gechloreerde koolwaterstoffen hebben ook de als insecticiden toegepaste organofosfaten en carbamaten de aandacht gekregen van de Werkgroep, die intussen was uitgebreid met vertegenwoordigers van het Gemeentelijk Energiebedrijf Dordrecht, het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland, het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA NV en het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. De werking van deze verbindingen berust op de remming van het enzym cholinesterase. Dit enzym katalyseert de splitsing van acetylcholine in azijnzuur en choline. Het acetylcholine vervult een functie bij het samentrekken en ontspannen van spieren. Wanneer een cholinesteraseremmende stof aanwezig is, kunnen de spieren, omdat het acetylcholine niet gesplitst wordt, zich niet ontspannen. De krampstoestand die ontstaat kan de dood tot gevolg hebben. Voorbeelden van organofosfaten zijn parathion, malathion, dichloorvos, diazinon, dimethoaat en van carbamaten carbaryl en aprocarb.

*) Mededeling van de Werkgroep Ontwikkeling Verbetering Residu-analysemethoden van bestrijdingsmiddelen in water.

2. Analyse

2.1. Algemeen principe

Voor de analyse van organofosfaten en carbamaten zijn verschillende mogelijkheden. De organofosfaten en carbamaten kunnen bijvoorbeeld na voorafgaande dunnelaagchromatografische behandeling gaschromatografisch bepaald worden [5]. Bij de door de waterleidingbedrijven in navolging van het RIV toegepaste methode wordt gebruik gemaakt van de cholinesteraseremmende werking van organofosfaten en carbamaten.

Het enzym cholinesterase is in staat om behalve het acetylcholine ook een stof als 2-naftylacetaat te splitsen. De producten die ontstaan zijn azijnzuur en 2-naftol. De activiteit van het enzym is te bepalen door de hoeveelheid azijnzuur of de hoeveelheid naftol te meten. Het eerste kan eenvoudig geschieden door middel van een pH-meting, het tweede door middel van een kleurreactie met een reagens als Fast Blue B.

De in het kader van de Werkgroep toegepaste bepaling is gebaseerd op de kleurreactie. Deze is gevoeliger en aanschouwelijker dan de pH-meting.

2.2. Uitvoering

2.2.1. Scheiding en detectie

De procedure die bij de bepaling gevolgd wordt komt er op neer dat een watermonster van 500 ml wordt geëxtraheerd met dichloormethaan. Het extract wordt vervolgens watervrij gemaakt, ingedampt en aangevuld tot 1 ml. Van het extract worden enkele microliters op twee glasplaten (20 cm x 20 cm), bedekt met kiezelgel, gebracht waar de organofosfaten en de carbamaten worden gescheiden.

Op de eerste plaat worden organofosfaten en carbamaten bepaald en op de tweede plaat alleen de carbamaten.

De verschillende organofosfaten en carbamaten worden op de eerste plaat van elkaar gescheiden door middel van elutie met benzeen. Na verdampen van benzeen wordt de plaat met broomdamp behandeld waardoor de cholinesteraseremmende werking van de fosfaten wordt verhoogd, wat tot gevolg heeft dat de analysegrens van de bepaling van organofosfaten wordt verlaagd.

Na afdampen van het broom wordt de plaat bespoten met een cholinesterase-oplossing die uit bijenkoppen is bereid [6]. Vervolgens wordt de plaat bespoten met een oplossing van 2-naftylacetaat en Fast Blue B.

Op die plaatsen waar het cholinesterase wordt geremd door de in het extract aanwezige stoffen, verschijnen witte vlekken tegen een rood-paarse achtergrond.

Op de tweede plaat worden de carbamaten gescheiden door middel van elutie met een mengsel van aceton, hexaan en cyclohexaan (1 : 4 : 5) gevolgd door elutie met een mengsel van benzeen en dichloormethaan (1 : 4). Deze plaat wordt na afdampen van de elutiemiddelen op dezelfde wijze behandeld als de eerste plaat. De broombehandeling blijft achterwege waardoor de organofosfaten in de hoeveelheden die meestal in het extract voorkomen, niet in staat zijn het cholinesterase te inactiveren. Ook hier ontstaan tenslotte bij aanwezigheid van cholinesteraseremmende activiteit, witte vlekken op een rood-paarse achtergrond.

2.2.2. Identificatie en kwantificering

De plaats van de vlekken op de plaat is een aanwijzing aangaande de identiteit van de stof. De identiteit kan, indien nodig, vastgesteld worden met behulp van instrumentele analysetechnieken als massaspectrometrie en infraroodspectroscopie. Naast het extract van het watermonster worden oplossingen van carbaryl, malathion en parathion op de plaat gebracht. Na chromatografie zijn op de platen verschillende vlekken ontstaan. Aan de hand van deze vlekken wordt de plaat verdeeld in zones, zodanig dat zich in elke zone één vlek bevindt.

Op de plaat van de organofosfaten en de carbamaten bevinden carbaryl en parathion zich respectievelijk in de zones II en V. Carbaryl treffen we op de plaat van de carbamaten aan in zone V. De verdeling in zones maakt het mogelijk om op dit moment verkregen vlekken, die veroorzaakt worden door onbekende verbindingen, wanneer deze verbindingen wel bekend zullen zijn, een identiteit te geven.

De kwantitatieve bepaling van de hoeveelheden cholinesteraseremmende stoffen vindt plaats door het extract te verdunnen tot juist geen remming meer plaats vindt. Het product van de nog juist aantoonbare hoeveelheid en de verdunningsfactor is gelijk aan de gezochte waarde. Enigszins afhankelijk van de wijze van uitvoering ligt deze nog juist aan te tonen hoeveelheid voor parathion en carbaryl in de buurt van 0,1 ng per vlek.

De hoeveelheid cholinesteraseremmende stof in een zone wordt uitgedrukt in microgrammen parathion of microgrammen carbaryl, afhankelijk van de behandeling van de plaat.

3. Het voorkomen van cholinesteraseremmende stoffen in oppervlakte- en grondwater

3.1. Bemonstering

Het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV) meet sinds 1969 het cholinesterase-

TABEL I - Gehalten aan cholinesteraseremmende stoffen in oppervlaktewater, uitgedrukt in microgrammen parathion per liter, bepaald als organofosfaten en carbamaten.

Monsterplaats	Zones							aantal waarnemingen	periode datum
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Waal (Nijmegen)	Totaal	gehalte	0,400					35	8/1— 2/ 9
Nieuwe Merwede (Kop van 't Land)	0,060	0,040	0,005	0,015	0,010	0,010	---	5	10/4— 4/12
Bergse Maas (Drimmelen)	0,009	0,002	---	---	---	---	---	5	10/4— 4/12
Spui (Berenplaat)	0,090	0,075	0,110	0,140	---	0,095	---	5	25/8—23/10
Maas (Heusden)	0,021	0,017	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	6	20/6—26/ 9
Lek (Bergambacht)	0,072	0,052	0,041	0,049	0,034	0,029	< 0,005	7	6/6—26/ 9
Waal (Ochten)	0,150	0,075	0,050	0,075	0,005	---	---	2	28/8—25/ 9
Lek (Vreeswijk)	0,100	0,025	0,100	0,010	0,050	0,005	---	2	17/8—26/ 9
Amsterdam-Rijnkanaal	0,013	0,150	0,100	0,005	0,030	---	---	2	17/8—26/ 9
Bethunepolder	---	---	---	---	---	---	---	1	29/ 8
Loenderveenseplas	---	---	---	---	---	---	---	1	17/ 8
Hilversum (pompstation)	---	---	---	---	---	---	---	1	5/ 9
Veluwemeer	---	0,010	0,010	---	---	---	---	1	11/ 9
Leidsevaart (Vogelenzang)	0,050	---	---	---	---	---	---	1	29/ 8
IJsselmeer (Andijk)	0,025	0,045	---	---	0,015	---	---	2	11/9— 5/10

--- = niet aantoonbaar

TABEL II - Gehalten aan cholinesteraseremmende stoffen in oppervlaktewater, uitgedrukt in microgrammen carbaryl per liter en bepaald als carbamaten.

Monsterplaats	Zones							aantal waarnemingen	periode datum
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Nieuwe Merwede (Kop van 't Land)	0,002	0,008	0,001	0,010	0,016	---	---	4	25/4— 4/12
Bergse Maas (Drimmelen)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	---	---	4	25/4— 4/12
Spui (Berenplaat)	0,015	0,015	0,010	0,070	0,070	0,001	---	5	25/8—23/10
Maas (Heusden)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	< 0,002	< 0,002	6	20/6—26/ 9
Lek (Bergambacht)	0,020	0,005	0,005	0,025	0,045	< 0,002	< 0,002	7	6/6—26/ 9
Waal (Ochten)	---	---	---	0,040	0,025	---	---	2	28/8—25/ 9
Lek (Vreeswijk)	---	---	---	0,040	0,015	---	---	2	17/8—26/ 9
Amsterdam-Rijnkanaal	---	---	---	---	0,040	---	---	2	17/8—26/ 9
Bethunepolder	---	---	---	---	---	---	---	1	29/ 8
Loenderveenseplas	---	---	---	---	---	---	---	1	17/ 8
Hilversum (pompstation)	---	---	---	---	---	---	---	1	5/ 9
Veluwemeer	---	---	---	---	0,005	---	---	1	11/ 9
Leidsevaart (Vogelenzang)	---	---	---	0,010	---	---	---	1	29/ 8
IJsselmeer (Andijk)	0,005	---	---	0,003	---	0,015	---	2	11/9— 5/10

--- = niet aantoonbaar

remmend vermogen van het Waalwater te Nijmegen [6]. De in de Werkgroep deelnemende waterleidingbedrijven bepalen sinds 1972 de gehalten van cholinesteraseremmende stoffen van oppervlaktewater en grondwater en volgen het verloop van de gehalten in het zuiveringsproces. Het Gemeentelijk Energiebedrijf (GEB) Dordrecht meet gehalten van Nieuwe Merwede en Bergse Maas. De Drinkwaterleiding (DWL) Rotterdam meet gehalten van het Spui bij de inlaat van het bedrijf Berenplaat. De Duinwaterleiding (DWL) van 's-Gravenhage bemonstert de Maas, de Waal en de Lek. Gemeentewaterleidingen (GW) Amsterdam hebben in 1972 de gehalten gemeten van de Rijn. Het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (PWN) heeft onder meer de gehalten van het IJsselmeer bij Andijk gemeten.

3.2. Resultaten

De resultaten van deze waarnemingen, die verricht zijn gedurende een deel van het jaar 1973 volgens de bepaling voor organofosfaten en carbamaten zijn als gemiddelden weergegeven in tabel I.

TABEL III - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als organofosfaten en carbamaten, opgegeven in microgrammen parathion per liter. GEB Dordrecht, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wantij	0,070	0,042	0,016	0,018	0,088	0,005	---
Spaarbekken	0,040	0,026	0,014	0,002	0,002	0,002	---
na chlooring	0,012	0,010	0,003	0,002	---	---	---
na filtratie	0,012	0,006	0,002	---	---	---	---
na ozon	0,017	0,002	---	---	---	---	---

De resultaten van de waarnemingen volgens de bepaling van de carbamaten zijn als gemiddelden weergegeven in tabel II.

3.3. Discussie en interpretatie

De gehalten, die zijn gevonden door de waterleidingbedrijven, zijn afgeronde gemiddelden van de resultaten die in hoofdzaak gedurende de tweede helft van 1972 zijn verkregen. De metingen van het Rijksinstituut zijn verricht gedurende de eerste zesendertig weken van 1972.

De monsternamen hebben bij de verschillende bedrijven met een verschillende frequentie plaatsgevonden. Dientengevolge zijn de gemiddelden berekend uit een verschillend aantal waarnemingen.

Bovendien brengt elk laboratorium intern modificaties in de bepaling aan, die een zekere invloed op het eindresultaat uitoefenen.

Ondanks de genoemde factoren is uit de tabellen I en II op te maken dat de Rijn meer verontreinigd is met cholinesteraseremmende stoffen dan de Maas. Verder blijkt de hoeveelheid cholinesteraseremmende activiteit in IJsselmeer en Veluwemeer lager te liggen dan in de Rijn.

De organofosfaten en carbamaten kunnen langzaam ontleden door hydrolyse, waardoor de lage gehalten in Veluwemeer en IJsselmeer verklaard kunnen worden. Duidelijk is dat het onderzochte grondwater geen aantoonbare hoeveelheden cholinesteraseremmende stoffen bevat.

TABEL IV - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als carbamaten, opgegeven in microgrammen carbaryl per liter, GEB Dordrecht, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wantij	0,001	0,004	0,001	0,010	0,016	0,001	---
Spaarbekken	0,002	0,002	0,001	0,004	0,004	---	---
na chlooring	0,006	0,009	0,005	0,001	0,002	0,001	---
na filtratie	0,004	0,008	0,003	0,001	0,001	---	---
na ozon	0,003	0,005	0,003	---	---	---	---

TABEL V - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als organofosfaten en carbamaten, opgegeven in microgrammen parathion per liter, DWL Rotterdam, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Bedrijf Berenplaat							
Inlaat Berenplaat	0,090	0,075	0,110	0,140	---	0,095	---
na 14 dagen verblijftijd	0,080	0,040	0,090	0,095	---	0,030	---
na microzeven en chloor	0,130	0,025	0,007	0,005	---	---	---
drinkwater	0,095	0,020	0,004	0,003	---	---	---
Bedrijf Honingerdijk							
na 14 dagen + transp. chlor.	0,060	0,040	0,080	0,060	0,004	0,010	0,004
na kool en snelfiltratie	0,030	0,010	0,020	0,015	---	0,002	---
na biol. zandfiltratie	0,020	0,015	0,006	0,001	---	---	---
drinkwater	0,030	0,007	0,003	0,001	---	---	---

TABEL VI - Cholinesteraseremmende stoffen, gemeten als carbamaten, opgegeven in microgrammen carbaryl per liter, DWL Rotterdam, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Bedrijf Berenplaat							
Inlaat Berenplaat	0,015	0,015	0,010	0,070	0,070	0,001	---
na 14 dagen verblijftijd	0,004	0,006	0,006	0,007	0,009	0,001	---
na microzeven en chloor	0,060	0,230	0,050	0,004	0,004	0,002	---
drinkwater	0,013	0,055	0,013	0,003	---	---	---
Bedrijf Honingerdijk							
na 14 dagen + transp. chlor.	0,003	0,025	0,004	0,006	0,007	0,002	0,001
na kool en snelfiltratie	---	0,006	0,001	0,003	0,002	---	0,001
na biol. zandfiltratie	0,001	0,002	---	0,001	0,001	---	---
drinkwater	0,002	0,013	0,002	0,001	0,001	0,001	---

TABEL VII - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als organofosfaten en carbamaten, opgegeven in microgrammen parathion per liter, DWL 's-Gravenhage, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Lek Bergambacht	0,090	0,060	0,055	0,075	0,040	0,030	0,005
na snelfiltratie	0,050	0,030	0,020	0,020	0,025	0,010	< 0,005
na transport en chlooring	0,075	0,035	0,025	0,015	0,025	0,010	< 0,005
na infiltratie	0,015	0,010	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
na poederkool	0,010	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
drinkwater	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

TABEL VIII - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als carbamaten, opgegeven in microgrammen carbaryl per liter, DWL 's-Gravenhage, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Lek Bergambacht	0,020	0,005	0,005	0,030	0,045	< 0,002	< 0,002
na snelfiltratie	0,008	0,004	0,003	0,014	0,030	< 0,002	< 0,002
na transport en chlooring	0,025	0,005	0,005	0,010	0,025	< 0,002	< 0,002
na infiltratie	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	< 0,002	< 0,002
na poederkool	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	< 0,002	< 0,002
drinkwater	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002

4. Gedrag van cholinesteraseremmende stoffen in zuiveringsprocessen

De eerder genoemde waterleidingbedrijven hebben de cholinesteraseremmende stoffen gevolgd in het zuiveringsproces.

Achtereenvolgens zullen de resultaten, weer als gemiddelden, van deze metingen worden gegeven van het Gemeentelijk Energie Bedrijf Dordrecht in tabel III en IV, van de Drinkwaterleiding Rotterdam in tabel V en VI, van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage in tabel VII en VIII, van Gemeentewaterleidingen Amsterdam in tabel IX en X en van het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland in tabel XI en XII.

In de tabellen III t/m XII staat - - - voor niet aantoonbaar.

5. Discussie

Het is met de beschreven analysemethode zeer goed mogelijk organofosfaten en carbamaten tot in zeer kleine hoeveelheden aan te tonen. In het oppervlaktewater blijken, gezien de nog niet geïdentificeerde vlekken, vele nog onbekende stoffen voor te komen die evenals parathion, malathion en carbaryl cholinesteraseremmende werking hebben. De bepaling is gebaseerd op het aantonen van cholinesteraseremmend vermogen zodat we strikt genomen met deze bepaling een methode in handen hebben die een toxicologische karakterisering van het water geeft.

De kwantitatieve bepaling vindt plaats door verdunnen tot de detectiegrens en vergelijken met standaardoplossingen.

Op deze wijze worden de gehalten semi-kwantitatief bepaald, en in dit licht moeten de resultaten worden gezien.

Bij het meten van het cholinesteraseremmend vermogen van het water op verschillende plaatsen in het zuiveringsproces is zoveel mogelijk rekening gehouden met de verblijftijd van het water in de te passeren zuiveringsstappen, afgezien van zuiveringssystemen waarin een verblijftijd van enkele maanden is opgenomen (infiltratie).

Berekening van het gemiddelde over enkele maanden geeft, indien het voorafgaande niet direct realiseerbaar was, toch een betrouwbare indruk van het effect van het proces op het gehalte van cholinesteraseremmende stoffen in het water.

6. Interpretatie

In tabel XIII zijn voor de verschillende bedrijven de percentages verwijdering van de cholinesteraseremmende stoffen vermeld die bepaald zijn als organofosfaten en carbamaten. Voor het GEB Dordrecht zijn

deze waarden berekend ten opzichte van de gehalten van het Wantij, die niet belangrijk verschillen van die van de Nieuwe Merwede (zie tabel I t/m IV). Tabel XIV geeft dezelfde gegevens weer voor de stoffen die bepaald zijn als carbamaten.

Uit de tabellen XIII en XIV blijkt dat in het algemeen de cholinesteraseremmende stoffen die zich in de verschillende zones bevonden goed worden verwijderd.

Het grootste effect op de verlaging van de gehalten hebben de infiltratie in de duinen, behandeling met actieve kool en biologische zandfiltratie. De mechanismen van verwijdering bij de eerste en laatstgenoemde zuiveringsstap zullen waarschijnlijk bestaan uit een hydrolyse en biologische afbraak. De stoffen worden kennelijk tevens goed geabsorbeerd aan actieve kool.

Zowel bij DWL, 's-Gravenhage als DWL, Rotterdam wordt waargenomen dat de cholinesteraseremmende werking van het water na (transport) chlooring toeneemt. Mogelijk ontstaan door de chlooring reactieproducten van chloor en organische verbindingen die cholinesteraseremmend werken. Tevens is het niet uitgesloten dat door chlooring goed extraheerbare stoffen ontstaan met cholinesteraseremmende activiteit.

7. Conclusies

1. Het bepalen van cholinesteraseremmend vermogen van water is een voor het waterleidingbedrijf waardevolle aanvulling gebleken van het pakket analytisch chemische methoden, omdat direct toxicologische informatie wordt verkregen.
2. Het Rijnwater geeft na enige verblijftijd een verlaging van het cholinesteraseremmend vermogen te zien (IJsselmeer, Veluwemeer).
3. Maaswater bevat minder cholinesteraseremmende activiteit dan Rijnwater.
4. Chlooring van het water kan de cholinesteraseremmende werking doen toenemen.
5. De onderdelen van het waterzuiveringsproces die de cholinesteraseremmende stoffen het beste verwijderen zijn infiltratie, actieve kool behandeling en biologische zandfiltratie.
6. De bedrijven die drinkwater uit oppervlaktewater bereiden, zijn in staat de cholinesteraseremmende stoffen goed te verwijderen.

8. Metingen

De metingen, waarvan de resultaten in de tabellen I t/m XII zijn opgenomen, zijn verricht door de volgende leden van de Werkgroep: Gemeentelijk Energie Bedrijf

TABEL IX - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als organofosfaten en carbamaten, opgegeven in microgrammen parathion per liter, GW Amsterdam, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Amsterdam-Rijnkanaal	0,013	0,150	0,100	0,005	0,030	---	---
na snelfiltratie	---	0,075	0,065	0,015	0,055	---	---
na infiltratie	---	---	---	0,003	0,003	---	---
drinkwater	---	---	---	0,003	0,003	---	---

TABEL X - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als carbamaten, opgegeven in microgrammen carbaryl per liter, GW Amsterdam, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Amsterdam-Rijnkanaal	---	---	---	---	0,040	---	---
na snelfiltratie	---	---	---	0,003	0,030	---	---
na infiltratie	---	---	---	---	---	---	---
drinkwater	---	---	---	---	---	---	---

TABEL XI - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als organofosfaten en carbamaten, opgegeven in microgrammen parathion per liter, PWN 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
IJsselmeer	0,025	0,045	---	---	0,015	---	---
drinkwater	0,010	---	---	---	---	---	---
na koolfiltratie	0,010	---	---	---	---	---	---

TABEL XII - Cholinesteraseremmende stoffen gemeten als carbamaten, opgegeven in microgrammen carbaryl per liter, PWN, 1972.

Monsterplaats	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
IJsselmeer	0,005	---	---	0,003	---	0,015	---
drinkwater	---	---	---	---	0,010	---	---
na koolfiltratie	---	---	---	---	---	---	---

TABEL XIII - Percentage verwijdering van cholinesteraseremmende stoffen bepaald als organofosfaten en carbamaten.

Bedrijf	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
GEB Dordrecht	75	95	90	87	75	60	n.a.
DWL Rotterdam	---	---	---	---	---	---	---
Berenplaat	---	75	96	98	n.a.	100	n.a.
Honingerdijk	67	80	96	98	100	100	n.a.
DWL 's-Gravenhage	95	> 90	> 90	> 90	> 90	> 90	> 90
GWA	100	100	100	40	90	n.a.	n.a.
PWN	60	100	n.a.	n.a.	100	n.a.	n.a.

n.a. = niet aantoonbaar in het als grondstof gebruikte water

— = verwijdering nihil of toename

TABEL XIV - Percentage verwijdering van cholinesteraseremmende stoffen bepaald als carbamaten.

Bedrijf	Zones						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
GEB Dordrecht	---	---	---	100	100	100	n.a.
DWL Rotterdam	---	---	---	---	---	---	---
Berenplaat	10	---	---	96	100	100	n.a.
Honingerdijk	87	10	80	86	86	---	n.a.
DWL 's-Gravenhage	> 90	> 90	> 90	> 90	> 90	n.a.	n.a.
GWA	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	100	n.a.	n.a.
PWN	100	n.a.	n.a.	100	n.a.	100	n.a.

n.a. = niet aantoonbaar in het als grondstof gebruikte water

— = verwijdering nihil of toename

Dordrecht, Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam, Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, Gemeentewaterleidingen Amsterdam, Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland en het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid.

9. Literatuur

1. Verslag eerste vergadering van de Werkgroep OVR-W, 1970.
2. Meyers, A. P. Kwartaalverslag 1 e.v. KIWA/RIWA onderzoek.
3. Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, Jahresbericht 1972.
4. Rijncommissie Waterleidingbedrijven, Jaarverslag 1972.
5. Gardner, A. M., FDA-By-Lines, 2, 173 (1972).
6. Greve, P. A., Sci. Tot. Environ. 1, 173 (1972).
7. Greve, P. A., et al, Sci. Tot. Environ. 1, 253, (1972).

