

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.
KIWA

VAN SPEYKSTRAAT 34 's-GRAVENHAGE

VERONTREINIGING VAN GRONDWATER

Een literatuuroverzicht samengesteld door
dr R. D. MULDER

*Hoofd van het Laboratorium van de Gemeente
Waterleiding van Groningen*

MEDEDELING Nr 2
VAN DE RAAD VAN BIJSTAND VAN
DE SAMENWERKENDE WATERLEIDINGLABORATORIA

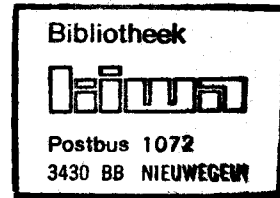
016: 628.19 : 551.495

~~Sir Winston Churchill-laan 273
RIJSWIJK (Z.H.)~~



Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.
KIWA

VAN SPEYKSTRAAT 34 's-GRAVENHAGE



VERONTREINIGING VAN GRONDWATER

Een literatuuroverzicht samengesteld door
dr R. D. MULDER

*Hoofd van het Laboratorium van de Gemeente
Waterleiding van Groningen*

MEDEDELING Nr 2
VAN DE RAAD VAN BIJSTAND VAN
DE SAMENWERKENDE WATERLEIDINGLABORATORIA

INHOUD

	Blz.
Hoofdstuk I. Inleiding.	3
Hoofdstuk II. Chemische en bacteriologische verontreiniging van grondwater.	5
<i>A. Chemische verontreiniging.</i>	5
§ 1. Verzouting.	5
a. Natuurlijke verzouting.	5
b. Kunstmatige verzouting.	9
§ 2. Lozing van industriële afvalstoffen.	10
a. Algemeen.	10
b. Zouten van diverse metalen.	11
c. Zuren.	12
d. Organische stoffen.	13
e. Radioactieve stoffen.	15
<i>B. Bacteriologische verontreiniging.</i>	15
§ 1. Algemeen.	15
§ 2. Besmettelijke ziekten.	16
§ 3. Begraafplaatsen.	17
Hoofdstuk III. Gebieden waar speciaal verontreiniging van grondwater optreedt.	20
§ 1. Karstgebieden.	20
§ 2. Grondwerken en afgravingen.	21
Hoofdstuk IV. Verspreiding en aantoning der verontreiniging van grondwater.	22
§ 1. Verspreiding van de verontreiniging.	22
§ 2. Aantonen van verontreiniging.	27
Hoofdstuk V. Maatregelen tot het tegengaan der verontreiniging van grondwater.	28
<i>A. Buitenland.</i>	28
§ 1. Algemeen.	28
§ 2. Amerika.	28
§ 3. Canada.	30
§ 4. Engeland.	30

§ 5. Frankrijk.	31
§ 6. Duitsland.	31
§ 7. Zweden.	32
§ 8. Israël.	32
§ 9. Italië.	33
§ 10. Australië.	33
§ 11. Nieuw-Zeeland.	33
<i>B. Nederland.</i>	33
Hoofdstuk VI. Conclusies.	36

Hoofdstuk I. Inleiding.

Overal waar de mens in groten getale bijeen gaat wonen, ontstaan vele problemen, culturele en sociale, zowel als vraagstukken van louter technische aard. Tot laatstgenoemde behoren de voedselvoorziening, de zorg voor voldoende en goed drinkwater en de verwijdering van alles wat de massale samenleving aan afvalstoffen produceert.

Deze afvalstoffen vormen dikwijls een bedreiging voor de watervoorziening, speciaal in dichtbevolkte industriegebieden. Daar is niet alleen het waterverbruik hoog, doch tevens de productie van afvalwater, welks lozing vele moeilijkheden oplevert, enorm.

Hoe bij een drinkwatervoorziening uit oppervlaktewater het verdunde rioolwater vele malen een kringloop via mens en dier kan beschrijven, alvorens definitief te worden afgevoerd, is uit het Ruhrgebied maar al te goed bekend.

Doch ook het grondwater zal bij toenemende industrialisatie meer en meer aan verontreiniging bloot staan, juist doordat de lozing van afvalwater in openbare wateren terecht in sterk toenemende mate tegenstand ontmoet, een situatie die bij de vaak geringe controle, welke in het algemeen bij grondwaterwinning wordt toegepast, tot hygiënisch en chemisch hoogst ongewenste gevolgen kan leiden. In verband met de stijgende bevolkingsdichtheid, die vooral in het Westen van ons land vele problemen schept, en met de sterk gepropageerde industrialisatie, die veel bedrijfswater vraagt en veel afvalwater produceert, zal ook in Nederland de bedreiging van het grondwater met de afvalstoffen van onze samenleving steeds ernstiger vormen aannemen. Reeds zijn plaatselijk gevallen van schade en hinder geconstateerd, die de afvalstoffen van fabrieken aan de drinkwatervoorziening toebrachten. Het is voor onze Nederlandse waterleidingbedrijven dan ook zaak nauwkeurig het oog te houden op hetgeen de industrie in de omgeving van hun winplaatsen aan afvalstoffen produceert en voor de overheid, om tijdig wettelijke maatregelen te treffen om de drinkwatervoorziening veilig te stellen; vooral hier geldt het gezegde „Voorkomen is beter dan genezen”.

Het is hier zeker de plaats om nog eens nadrukkelijk te wijzen op de zeer belangrijke rol die het grondwater in en buiten de duinen voor de drinkwatervoorziening van de Nederlandse bevolking speelt. In het in 1940 verschenen Rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands (1) wordt de voor het jaar 2000 te verwachten bevolking in Nederland op 12 miljoen zielen geraamd, waarvan er 6 miljoen in het Westen van ons land zullen zijn gevestigd. De totale waterbehoefte voor deze bevolking is op 685 miljoen m³ geraamd, waar-

van 385 miljoen m³ voor het westen en de overige 300 miljoen m³ voor de rest van het land.

In 1938, toen van de 8,7 miljoen Nederlanders ruim 6,3 miljoen of 72% op een centrale waterleiding waren aangesloten, bedroeg de totale productie van de Nederlandse waterleidingbedrijven 225 miljoen m³, waarvan 59 miljoen m³ of 26% duinwater, 108 miljoen m³ of 48% grondwater buiten de duinen en 58 miljoen m³ of 26% rivierwater. In 1951 waren van de ongeveer 10,4 miljoen Nederlanders ruim 8,6 miljoen of ca 83% aan een centrale waterleiding aangesloten. Van de totale waterproductie over dat jaar van 336 miljoen m³ was 77 miljoen m³ of 23% duinwater, 180 miljoen m³ of 53,5% grondwater buiten de duinen en 79 miljoen m³ of 23,5% oppervlakte-water. Uit deze cijfers blijkt, dat ongeveer 75% van de aan een centrale waterleiding aangesloten bevolking van Nederland op grondwater is aangewezen.

De Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands kwam in het meergenoemde rapport tot de conclusie, dat voor de drinkwatervoorziening van de in het Westen van ons land woonachtige bevolking blijvend beschikbaar zal zijn 50 miljoen m³ duinwater en 105 miljoen m³ grondwater buiten de duinen, zodat omstreeks het jaar 2000 rond 280 miljoen m³ rivierwater zal moeten worden gewonnen. Verder was de Commissie van mening, dat de voor de rest van Nederland becijferde 300 miljoen m³ water als grondwater zal kunnen worden gewonnen. Een en ander komt erop neer dat in het jaar 2000 van de 685 miljoen m³ water, die voor de voorziening van de gehele Nederlandse bevolking zal worden gevorderd, 450 miljoen m³ of 65% grondwater zal zijn, zodat ook in een verre toekomst de Nederlandse bevolking voor wat betreft de drinkwatervoorziening voor een zeer belangrijk gedeelte op grondwater zal zijn aangewezen.

In het volgende is allereerst een overzicht gegeven van de in het buitenland en in ons land waargenomen gevallen van verontreiniging van grondwater, waarbij achtereenvolgens de chemische en de bacteriologische verontreiniging zijn behandeld. Daarna volgt een beschouwing over de vraag in welke gebieden het grondwater speciaal bedreigd wordt. Het volgende hoofdstuk handelt over de verspreiding en aantoning van verontreiniging van grondwater. In hoofdstuk V worden de maatregelen besproken, die diverse landen reeds namen om het grondwater veilig te stellen en die, welke in ons land werden genomen, of reeds in voorbereiding zijn. Hoofdstuk VI tenslotte, bevat de conclusies. Een literatuurlijst, bijgevoegd voor zover de buitenlandse literatuur betreft tot 1 Juli 1953 en voor de Nederlandse tot 1 November 1953, besluit het geheel.

Ten slotte zij hier met nadruk vermeld dat verontreiniging van oppervlaktewater en de gevolgen daarvan voor de drinkwatervoorziening, geheel buiten beschouwing zijn gelaten.

Hoofdstuk II. Chemische en bacteriologische verontreiniging van grondwater.

Chemische en bacteriologische verontreiniging van grondwater kan op zeer verschillende manieren tot stand komen, zoals o.a. blijkt uit de overzichten die Meyer (2) en Marung (3) gaven. Daarbij kan men onderscheid maken tussen zuiver chemische en louter bacteriologische vervuiling, terwijl ook de mogelijkheid bestaat dat beide gelijktijdig optreden. Slechts de in de praktijk waargenomen gevallen uit de literatuur bekend, dus niet de theoretische mogelijkheden, zijn in het volgende overzicht verwerkt.

A. Chemische verontreiniging.

§ 1. Verzouting.

a. Natuurlijke verzouting.

Men onderscheidt in de natuur zoet, brak en zout water. Waar de grenzen tussen deze groepen liggen, hangt af van de betekenis, die aan het zoutgehalte wordt gehecht. In de hydrobiologie wordt alleen water met een gehalte van 100 mg/l of minder aan chloride zoet genoemd. Bij 15.000 mg/l of meer noemt men het zout. Alles wat daartussen ligt wordt brak genoemd, waarbij dan een nadere onderverdeling wordt gemaakt.

Bij de drinkwatervoorziening wordt zo veel mogelijk getracht het gehalte aan chloride beneden 100 mg/l te houden. Volgens het laatste „Statische Overzicht” — dat de analyses uit 1949 bevat — zijn er van de 212 pompstations slechts 20 waarbij het afgeleverde product deze waarde overschrijdt: het water van 11 bedrijven ligt tussen 100 en 150 mg/l, dat van 7 tussen 150 en 200 mg/l chloride en dat van slechts 2 komt boven 200 mg/l.

De langzaam maar zeker voortschrijdende intering van het zoete water onder de duinen van het Nederlandse kustgebied vormt een probleem, dat van vele zijden grondig werd bestudeerd. In het reeds genoemde rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands is er een afzonderlijke beschouwing aan gewijd, terwijl het vraagstuk ook uitvoerig is behandeld in de beide rapporten „De Watervoorziening van Amsterdam” van 1940 en 1948 (4). Mazure (5) behandelde in 1943 de gevolgen van boven- en diepwateronttrekking in het duingebied. Het zoetwaterlichaam in de duinen werd gevormd door het verdringen van het oorspronkelijk aanwezige zeewater door de neerslag naar grote diepte. Daarbij vloei-

het zoete water aan de zee- zowel als aan de landzijde af, waardoor, indien in de ondergrond een kleilaag aanwezig was, onder deze laag tongen van zoet water werden gevormd. Het geheel verkeerde in een dynamisch evenwicht, dat werd verbroken door de aanleg van de diepe droogmakerijen achter de kust en bovenal door de wateronttrekking aan de duinen, die al spoedig meer bedroeg dan de jaarlijkse aanvulling door de nuttige neerslag. Het gevolg hiervan was een omhoogkomen van het grensvlak tussen zoet- en zoutwater in de diepe ondergrond en een terugtrekken van de tongen, in het bijzonder van de tong onder zee. Door de diepwaterwinning werd dit proces plaatselijk versneld.

De intoring van het zoete water is in vele winplaatsen zover voortgeschreden, dat slechts een drastische beperking van de onttrekking voorkomen kan dat deze plaatsen grotendeels voor de waterwinning verloren zullen gaan. Vandaar dat de grote bedrijven, die duinwaterwinplaatsen exploiteren, er in de nabije toekomst toe zullen overgaan door infiltratie met rivierwater de leveringscapaciteit van de duinen in stand te houden.

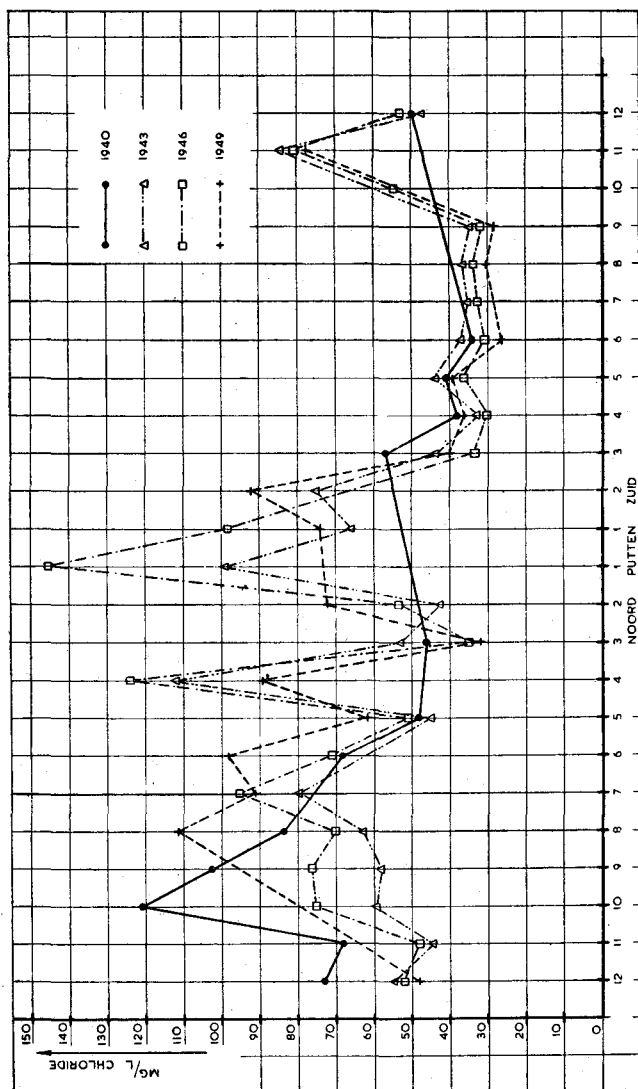
Een samenvatting over de verzouting van het duinwater gaven Krul en Liefcrinck (6) o.m. geïllustreerd door een profiel van de duinen der Amsterdamse Waterleiding. Men ziet daaruit, hoe in een eeuw de zoetwatergrens zich vooral aan de zee kant sterk Oostwaarts verplaatste.

De natuurlijke verzouting treedt ook op in kustgebieden, op eilanden en overal waar boven oude mariene formaties, aan een betrekkelijk dunne laag veel en langdurig zoet water wordt onttrokken. Wolf (7) en ook Parker (8) en Ohrt (9) vestigen op deze voor de eilanden in de Stille Oceaan zo belangrijke kwestie de aandacht. Zeer instructief zijn de verzoutingskaartjes die Parker onlangs gaf van de kust van Miami (10). Black (11) beschrijft hoe door verzouting van het grondwater in Florida moest worden overgeschakeld naar oppervlaktewater. Leggette (12) vermeldt hoe de grondwaterwinning op Long Island in New York in gevaar kwam. Analoge ervaringen beschrijft Peterson (13) voor Alabama. Baumann (14) beschrijft hoe aan de kust van Californië door het scheppen van een zoetwaterbarrière getracht wordt het opdringen van de zoutgrens tegen te gaan en hoe men daarin inderdaad slaagt.

Dat een plaatselijke verzouting, tengevolge van langzaam voortschrijden van zout water door bepaalde grondlagen, dikwijls scherp begrensd blijft, bewees Kisskalt (15), die waarnam, dat een oplossing van steenzout bij een horizontale verplaatsing over een afstand van 700 m, zich toch binnen een gebied van 1 m² diameter hield. Dezelfde ervaringen werden opgedaan bij het pompstation Haren van de Gemeentelijke Waterleiding van Gro-

ningen, waar de ca 80 m diepe putten, die op onderlinge afstanden van 75 m in een rechte lijn Noord-Zuid zijn gelegen, sinds jaren grote onderlinge verschillen in zoutgehalte blijven vertonen, zoals blijkt uit grafiek A. Dat dit zoutgehalte sterk samenhangt met de mate van afpompen, volgt uit grafiek B, die een duidelijk verband aangeeft tussen de jaarlijks onttrokken hoeveelheid grondwater en het chloridegehalte daarvan; de zoutgrens ligt hier op ongeveer 150 m diepte.

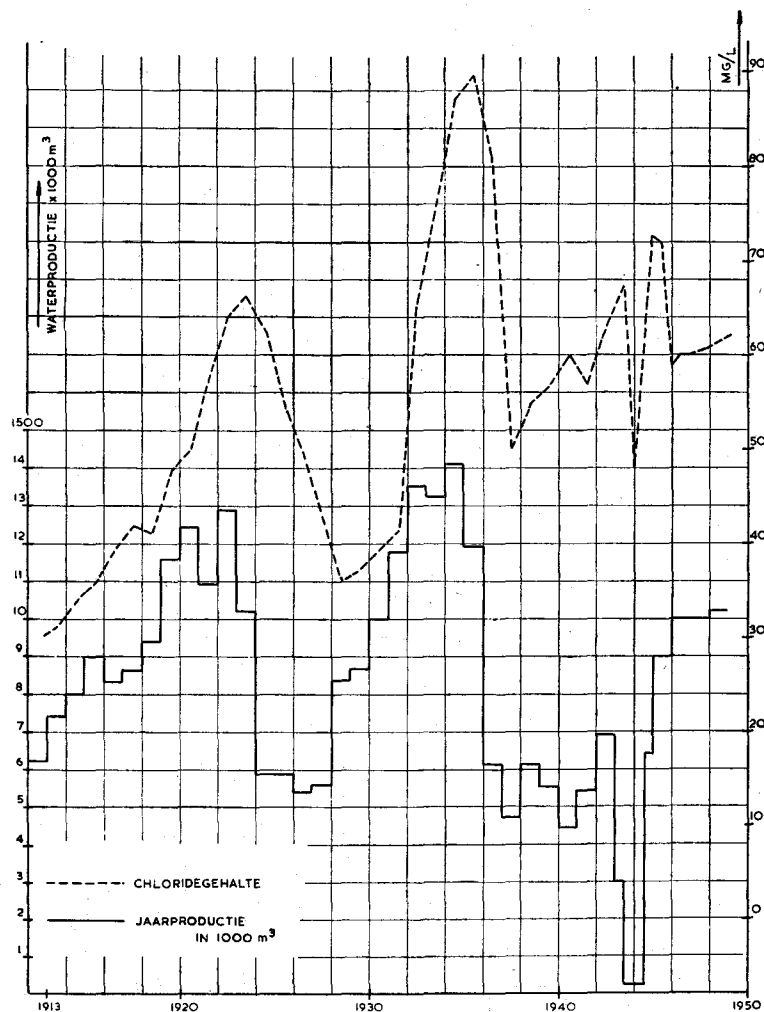
Penn Livingston (16) wees erop, hoe bij verzouting verschillende oorzaken kunnen worden onderscheiden. Het zoute water kan uit de diepte verticaal binnendrin-



Grafiek A. Jaargemiddelden van het chloridegehalte van de afzonderlijke putten van het pompstation Haren der Gem. Waterleiding Groningen over 1940, 1943, 1946 en 1949

gen in een zoetwaterlaag, hetgeen langzaam plaats vindt, doch indien de laag eenmaal is verzout, is deze moeilijk weer zoet te krijgen. Komt het zoute water van boven af, dan kan er een insijpeling zijn door een foutief geconstrueerde put, of door corrosie van een leiding. Ook defecte of verlaten putten in de omgeving van de waterwinplaats kunnen de weg voor verzouting vormen. In de meeste gebieden van Texas waren, volgens Livingston, defecte putten de oorzaak van de verzouting.

Een merkwaardig geval van verzouting bij honderden putten deed zich in September 1938 voor in Massachusetts, toen tijdens een orkaan een hevige vloedgolf de



Grafiek B. Verband tussen de jaarproductie en het gemiddelde chloridegehalte van het grondwater van het Pompstation Haren der Gem. Waterleiding Groningen

kuststrook overspoelde. Het zoutgehalte in het grondwater bereikte, volgens Hynes (17), één of twee maanden daarna een maximum van 700 à 800 mg/l chloride en nam toen zeer geleidelijk weer af, tot het 3 jaren na de overstroming gedaald was tot 100 à 200 mg/l.

b. Kunstmatige verzouting.

Een „kunstmatige” verzouting, dus tengevolge van industriële activiteit, treedt voornamelijk op bij het winnen van aardolie, waarbij naast het begeerde product dikwijls grote hoeveelheden zout water naar boven worden gebracht. Treat (18) deelt mede, dat de alluviale lagen in de omgeving van Oklahoma City volkomen zijn verzout door de pekkel, afkomstig van oliewinning. Ook bij andere industrieën komt, blijkens een publicatie van Cecil (19), het lozen van afvalwater in de grond meer en meer in zwang. Faust (20) vermeldt enige recente gevallen, die zich voordeden in Michigan; lozing van zout water in een grondkuil bij Lowell veroorzaakte in 1939 een stijging van het chloridegehalte in het uit grondwater gewonnen leidingwater van 785 mg/l.

Whedbee (21) deed een onderzoek naar de verzouting van de z.g. Trinitysands bij Elm, gelegen aan de Trinity rivier, waardoor zout water wordt afgevoerd. Jones (22) bespreekt uitvoerig het verziltingsprobleem, dat vooral in gebieden waar lozing in zee tot de onmogelijkheden behoort, dikwijls kostbare oplossingen vraagt. Terugpompen in formaties op minder dan 300 m diepte brengt risico mee voor de drinkwatervoorziening en bovendien is de opname capaciteit van de ondiepe lagen meestal gering, zodat na enige tijd steeds grotere druk nodig is om het water kwijt te raken. Ook te Schoonebeek wordt het zoute water dat met olie naar boven komt in de grond teruggepompt, voornamelijk echter om daardoor de olie-verplaatsing te bevorderen. Requardt (23) vertelt, hoe in Denver, Colorado, bij de fabricage van chloor grote moeilijkheden werden ondervonden om de enorme hoeveelheden kaliloog kwijt te raken, zonder gevaar voor de drinkwatervoorziening. Burt Harmon (24) vermeldt, dat de verzouting in de omgeving van Los Angeles, waar zout afvalwater door een open kanaal werd afgevoerd, zich langzaam en ongelijkmatig aan beide zijden van dit kanaal verspreidde. De watervoorziening van heel het district, omvattende ongeveer 100.000 consumenten, liep ernstig gevaar. Vervangen van het open kanaal door een gesloten buisleiding bleek de enige afdoende oplossing te zijn om radicale verzouting te voorkomen. Bij San Francisco deed zich, volgens Wade en Brown (25), een analoge situatie voor. Lang en Bruns (26 en 27) wezen op de verontreiniging van het grondwater in de Duitse indus-

triegebieden; putten voor de stedelijke drinkwatervoorziening, die vele honderden meters van de oevers van de Leine verwijderd lagen, werden verontreinigd tengevolge van het sterk kalihoudende afvalwater, dat in de rivier werd geloosd. Analoge gevallen deden zich voor in het stroomgebied van de Lippe en bij de stad Magdeburg aan de Elbe. In deze gevallen heeft men dus te doen met oeverinfiltratie van rivierwater, dat door lozing van industriewater was verzout.

§ 2. Lozing van industriële afvalstoffen.

a. Algemeen.

Lozing van industrieel afvalwater en van afvalstoffen kan, vooral wanneer de lozing opzettelijk door middel van buizen in het diepe grondwater geschiedt, plaatselijk grote schade aan de watervoorziening toebrengen, waarvan in het buitenland tal van voorbeelden bekend zijn.

Lee (28) propageert het gebruik van putten voor het verwijderen van het afvalwater van de chemische industrie. Dit water moet dan vrij zijn van gesuspendeerde vaste deeltjes en de ontvangende laag moet doorlaatbaar zijn en liggen „benedenstrooms” van een eventuele waterwinning. Ludwig (29) berekent dat de hoeveelheid afvalwater die door middel van ondergrondse afvoer zonder bezwaar geloosd kan worden, ongeveer 5% mag bedragen van de hoeveelheid zuiver grondwater die ter plaatse per etmaal beweegt.

Rawn (30) pleit voor een vermeerdering van bruikbaar grondwater door infiltratie van gezuiverd rioolwater, via grote zandbedden, die speciale periodieke beluchting moeten ondergaan. Terugvoeren van ongefiltreerd afvalwater heeft nl. zeer spoedig dichtslibben van de ontvangende ondergrond tengevolge. Speciaal daar, waar deze ondergrondse lozing veelvuldig plaats vindt en grote hoeveelheden industriewater in de diepte verdwijnen, zoals b.v. op Long Island dat, volgens Homer Stanford (31) meer dan 250 van dergelijke „omgekeerde” bronnen telt, bestaat er veel kans dat de drinkwatervoorziening door middel van diep grondwater onmogelijk wordt gemaakt.

In Europa is het Ruhrgebied sinds jaren bekend door zijn afvalwaterproblemen. Volgens Baier en Grundel (32) werden daar oorspronkelijk tal van kleine waterleiding-bedrijven gesticht, doch het door een groot aantal van deze bedrijven afgeleverde water voldeed reeds na enkele jaren niet meer aan de hygiënische eisen. Onder de industriële afvalproducten, die de verontreiniging veroorzaken, zijn de voornaamste de zouten van verschillende metalen, waarvan Negus (33) de physiologische werking

op mens en dier naging, en verschillende minerale zuren. Ook bepaalde organische stoffen zoals pikrinezuur, phenol en soms carbiden kunnen veel bezwaren voor de drinkwatervoorziening geven.

b. Zouten van diverse metalen.

Grenouilleau (34) onderzocht in Frankrijk een geval, waarbij het grondwater plotseling grote hoeveelheden koper bleek te bevatten. Het water uit twee putten, gelegen op 400 en 500 m van een fabriek, die hout door middel van kopersulfaat conserveerde, werd hard, gaf met zeep een blauwachtig schuim en bevatte 6 tot 9 mg/l koper en 24 tot 36 mg/l sulfaat. Het geloosde kopersulfaat vond zijn weg van de fabriek naar de putten door een zandlaag op geringe diepte, welke laag rustte op een compacte grijze klei.

Vergiftigingen door *arseen*, via grondwater zijn meestal van ernstiger aard. Diacon (35) vermeldt een geval waarbij het water meer dan 50 mg/l arseentrioxiede bevatte, waardoor twee personen vergiftigd werden. Ernstiger gevolgen had de door Bucceri (36) beschreven arseenvergiftiging in 1932 te Muggiano, waar arseenhoudend afvalwater van een loodindustrie een put van de waterleiding bereikte. Meer dan 200 mensen werden ziek en 30 slachtoffers overleden aan arseenvergiftiging. Tenslotte maakt Clark (37) melding van talrijke gevallen van arseenvergiftiging in Zuid-Afrika, waar de veehouders gewend zijn hun dieren te ontsmetten met een arseenhoudende oplossing. Lekkende tanks en achteloosheid bij het gebruik van de gevaarlijke vloeistof leidden reeds tweemaal tot vergiftigd grondwater, waarbij tal van doden te betreuren vielen. Volgens een recente publicatie (38) worden ook in Venezuela sinds 15 jaren op grote schaal arsenicumpreparaten gebruikt om insectenplagen onder het vee op de landerijen te bestrijden. Maatregelen worden genomen om die arsenicumpreparaten door andere insecticiden te vervangen.

Een typisch industriële vergiftiging, ditmaal door *mangaan*, beschrijft Kawamura (39). Een batterij van droge in de grond ingegraven cellen, veroorzaakte daar op den duur sterk mangaanhoudend grondwater. Mangaan en ijzer vormden in Maart 1906 de voornaamste stoffen, die de bekende ernstige verontreiniging van het grondwater in Breslau veroorzaakten.

Ook in het Ruhrgebied vormden *ijzer* en mangaan, afkomstig van industriële afvalstoffen, een belemmering voor een goede waterwinning (40). Gloeiende hoogovenslakken werden daar versplinterd door het bespuiten met koud water. Kalk, ijzer en mangaan gingen daarbij in grote hoeveelheden in oplossing, waardoor de hardheid van het grondwater steeg van 5 tot 20 D°, de ijzer- en

mangaangehalten opliepen en de temperatuur meer dan 30° C bereikte, hetgeen sterke algengroei veroorzaakte.

c. *Zuren.*

Tot de meest bekende zuren, die de industrie in grote hoeveelheden verwerkt, behoren zoutzuur, zwavelzuur en salpeterzuur. Recente gevallen van methaemoglobinaemia, bij zeer jeugdige kinderen, als gevolg van het gebruik van *nitraathoudend* drinkwater, zijn vooral uit Amerika bekend.*) Volgens Robertsen (41) en Holman Waring (42) bevatten van 2000 onderzochte putten 6% 45 tot 90 mg/l, 5% 90 tot 225 mg/l, 14% 225 tot 1350 mg/l en 5% meer dan 1350 mg/l nitraat. In Iowa werden nitraatgehalten van 90 tot 450 mg geconstateerd. Volgens Bosch (43) en Rosenfield (44) kwam ook in Minnesota bij zuigelingen nitraatvergiftiging voor. Heuvelen (45) constateerde in Noord-Dakota door inspoelen van verontreinigd oppervlaktewater in onjuist geconstrueerde putten een plotselinge sterke stijging van het nitraatgehalte. Carlishe (46) vond in Texas vergiftiging bij 2600 mg/l nitraat. Maxcy (47) gaf een samenvattend rapport over deze materie in Amerika. Ewing en White (48) vermelden twee gevallen van cyanose bij zuigelingen in Engeland, waarbij het drinkwater 95 en 200 mg/l nitraat bevatte.

Een internationaal literatuuroverzicht betreffende deze vorm van cyanose werd gepubliceerd door de Wereld Gezondheids Organisatie (49). Water met een nitraatgehalte van meer dan 10 mg/l wordt daarin gevaarlijk voor zuigelingen genoemd.

Zwavelzuur kan, wanneer het uit grond tal van stoffen oplost, een sterke verhoging van het sulfaatgehalte in het grondwater veroorzaken, waarbij de blijvende hardheid dikwijls eveneens toeneemt. Lang en Bruns (40) vermelden hoe na het ophogen van een spoorbaan met slakhoudend afvalmateriaal in enkele jaren tijds het grondwater in de omgeving een grote stijging van hardheid, sulfaatgehalte, ijzer en mangaan vertoonde, waardoor het schadelijk voor de gezondheid werd. Een waterleidingbedrijf, dat op ongeveer 20 à 30 meter uit de oever van de Ruhr grondwater won, moest worden verlaten, toen 800 m „stroomopwaarts” een stortplaats van kolenafval werd ingericht. Het regenwater spoelde zoveel sulfaten uit de stortberg, dat bovenvermelde stijgingen in hardheid, sulfaatgehalte, ijzer en mangaan in het „oevergefiltreerde” grondwater optraden.

Haupt vermeldt (50) dat een grondwaterbedrijf grote hinder ondervond van het storten van bruinkoolas in een

*) Tijdens de correctie der drukproeven bleek me, dat een aantal Nederlandse gevallen door Trines werd gepubliceerd. (Vers. en Meded. Volksgezondh. Mei/Juni 1952).

op ongeveer 500 m van de putten gelegen oude zandgraverij. Een blijvende verhoging van de hardheid, die opliep van 10 tot 60 D°, kwam ook voor bij het door Lang en Bruns (40) beschreven geval in het Ruhrgebied, waar pas na 15 jaar de invloed van de storting van as en vuil in een zandgroeve op het water van de 600 m verder gelegen winplaats tot uiting kwam.

Behalve nitraten, sulfaten en chloriden vormen ook *chromaten* dikwijls de oorzaak van vele moeilijkheden bij de drinkwatervoorziening in industriegebieden. Graham (51) vermeldt het onbruikbaar worden van putten in Zuid-Californië. In Douglas (Michigan) vertoonde het grondwater van de westelijke putten van de plaatse-lijke waterleiding plotseling een gele kleur. Bij onderzoek bleek dat drie jaren eerder een fabriek van metaalwaren chromaat- en cyanaathoudend water had geloosd in een groeve op 300 m ten Zuiden van de putten. Ook in Arizona, blijkens een publicatie van het State Department (52), raakten putten verontreinigd met chromaat, doordat aan het afvalwater van een vliegtuig-fabriek onvoldoende zorg werd besteed. Davids en Lieber (53) vonden in wijde omgeving rond een metallurgisch be-drijf gelegen in Nassau County N.Y., het grondwater door chromium verontreinigd. Meer dan 1 mg/l aan zeswaar-dig chromium was aanwezig. Hoewel het element fluor tengevolge van zijn zeer gunstige werking in hoeveelheden van ca 1 mg/l op het gebit, tegenwoordig in de water-leidingwereld vrij wat meer in de belangstelling staat dan een tiental jaren geleden, kan het toch in sterkere concentraties zeer nadelig werken. Symon (54) beschrijft een dergelijk vergiftigingsgeval in Moravië, waar afval-water van een glasindustrie het diepe grondwater be-reikte, zodat dit niet minder dan 28 mg/l fluor bevatte.

d. Organische stoffen.

Lang (27) haalt vele gevallen aan, in Duitsland waar-genomen, van besmetting van grondwater door organi-sche stoffen afkomstig van de industrie, in zodanige mate dat de putten onbruikbaar werden. Hij noemt o.a. een geval waarbij het afvalwater van een teerverwerkend be-drijf op 60 m van de waterwinplaats gelegen, waterwin-ning onmogelijk maakte. De invloed van een reeds lang verlaten stortplaats van slachthuisafval, gelegen onge-veer 450 m „stroomopwaarts” van de waterwinplaats, deed het zoutgehalte van het grondwater zo stijgen, dat de hardheid opliep van 190 tot 272 mg/l calcium.

Rösler (55) vermeldt een zeer duidelijke wijziging in de chemische samenstelling van het grondwater door opslag van stedelijk huisvuil. Voor diverse industrieën werd dit water onbruikbaar en de vervuiling nam van jaar tot jaar toe. Pas 10 jaren na het in gebruik stellen van de

Bestanddeel in mg/l A			B		C		D	
	oud	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw	oud	nieuw
Chloride	30	76						
Nitraat	35	50	70	100	30	540	54	220
Sulfaat	—	—	125	600	160	400	140	380
Ammoniak	—	—	—	—	0	25	0	6
Magnesium	—	—	16	160	39	180	—	—
Mangaan	—	—	—	—	0	1,5	—	—
Zoutgehalte	—	—	—	—	600	2900	—	—
Totale hardheid	—	—	14	50	17	57	13	25

opslagplaats begon de samenstelling van het grondwater — op 1.500 m afstand gewonnen — zich te wijzigen, doch die wijziging was niet gering.

Rösler geeft het bovenstaande instructief overzicht van de samenstelling van het „oude” en „nieuwe” water bij diverse „stroomafwaarts gelegen industrieën A, B, C en D, die hun water aan grove zand- en grindgronden onttrekken. „Stroomopwaarts” gelegen putten bleven water van constante samenstelling leveren.

Lang en Bruns beschrijven een geval waar de grondwaterwinning, gelegen 500 à 1000 m uit de Rijnsoever, geheel moest worden opgegeven daar het water in sterke mate verontreinigd werd door het afvalwater van een op 5 à 6 km stroomopwaarts gelegen pikrinezuurfabriek. Eerst 5 à 6 jaren na het in bedrijf stellen van deze fabriek werd pikrinezuur in het opgepompte water van het waterleidingbedrijf waargenomen. Raghavahari maakt melding van een verontreiniging van grondwater door olie. Het water werd troebel en bruin en op de wanden van de buizen zetten zich vuilgroene algen af, terwijl een olielaag en de reuk van benzine merkbaar werden. Chemisch veranderde het water echter weinig. Een uitvoerige studie over verontreiniging van grondwater door benzine publiceerde Müller (56).

Zelfs al wordt het industriële afvalwater na zuivering door buizen getransporteerd dan nog, aldus Lang en Bruns (40), kunnen moeilijkheden ontstaan. Het leidingwater van een stedelijke voorziening vertoonde een phenolsmaak en er kwamen schimmelwoekeringen in voor, toen op 100 m afstand van de grondwaterwinplaats phenolhoudend afvalwater door ondichte buizen werd geperst. Een merkwaardig geval van phosphorwaterstofvergiftiging door drinkwater, dat met industriële afvalproducten, nl. carbidresten, besmet was, deed zich in 1947 in het Ruhrgebied voor; zeven zuigelingen die met dit water gebaad werden, stierven aan phosphorwaterstofvergiftiging en 200 personen voornamelijk vrouwen,

werden ziek (57). Wüstenberg (58) en Kruse (59) gaven over deze merkwaardige vergiftiging nadere details. Van onschuldiger aard was de dagenlange hinderlijke reuk van het leidingwater in de Harz — waarover Spitta (60) schreef — veroorzaakt door het in de omgeving van de putten ondergespitte knoflook.

In de toekomst zal vooral rekening moeten worden gehouden met de toepassing op grote schaal van moderne insecticiden (D.D.T. en hexachloor verbindingen) en met middelen ter bestrijding van onkruid, die, zoals Schmidt (61) en ook Jaag (62) vermelden, in de omgeving van Bazel niet alleen grote schade aan flora en fauna toebrechten, doch ook verontreiniging van het drinkwater veroorzaakten. Bestrijden van meikevers met hexachloorcyclohexaan gaf b.v. in 1950 te Bazel aan het door het pompstation (op 8 m diepte gewonnen) gedistribueerde leidingwater ernstige smaakbezwaren.

Een zeer instructief geval van verontreiniging van grondwater met insecticiden deed zich in 1952 voor in het gehucht Ter Horst in de gemeente Beilen. Aldaar werd het water uit een particuliere welput gelegen in de doorlaatbare Drentse zandgronden, in enkele weken zeer sterk geelgroen gekleurd en ongeschikt voor huishoudelijk gebruik. Na enkele maanden nam de kleur langzamerhand weer in intensiteit af; na ongeveer 6 maanden was ze geheel verdwenen. Bij navraag ter plaatse bleek de abnormale situatie te zijn veroorzaakt door het feit, dat ongeveer een jaar tevoren op ca 75 m van de welput een vat met resten van een sterk geelgroen gekleurd insecticide was schoongemaakt, waarbij de gekleurde waterige oplossing in de zandgrond was weggezakt.

e. Radioactieve stoffen.

Radioactieve stoffen afkomstig van fabricage en toepassing van atoomsplitsing, isotopen, enz., vormen wel de meest moderne bedreigingen voor grondwaterwinning, op welk gevaar o.m. door Gorman en Wolman (63) Aynes (64) en Scott (65) is gewezen. Van Haaren (66) wijdde hieraan onlangs een uitvoerige beschouwing in de vijfde Vacantiecursus Drinkwatervoorziening.

B. Bacteriologische verontreiniging

§ 1. Algemeen.

Hoewel niet zo veelvuldig als de tot dusver besproken chemische verontreiniging, komt besmetting van grondwater met pathogene kiemen toch dikwijls voor, waarbij de gevolgen meestal vrij wat ernstiger zijn dan bij chemische beïnvloeding van grondwater. De doorlaatbaar-

heid van de grond speelt hierbij een grote rol. Een algemene beschouwing over deze kwestie is te vinden bij Meyer (2).

In een overzicht van de tussen 1930 en 1936 in de USA en in Canada uitgebroken en door water verspreide epidemieën, heet het (67): „The principal cause of water-borne illness was the consumption of untreated groundwater, especially water from shallow wells contaminated by surface pollution”.

Forbes (68) wijst terecht op de wenselijkheid om in gebieden waar door spleten en kloven in het gesteente het diepe grondwater in rechtstreeks contact kan komen met het oppervlaktewater, het gewonnen drinkwater permanent te chloren. Een voorbeeld uit een dergelijk Karstgebied geeft Petrik (69). De bij het chloren wenselijke dosis desinfectans kan niet te voren worden opgegeven omdat deze geheel afhankelijk is van de watersamenstelling en — ook in verband met eventuele smaakbezwaren — van geval tot geval moet worden bepaald.

§ 2. Besmettelijke ziekten.

Horvath (70) beschrijft een typhusepidemie in Hongarije, veroorzaakt door twee putten besmet via afvalwater. Verspreiding van typhus door besmet grondwater werd, volgens Herter (71) in 1945 geconstateerd te Glion bij Montreux in Zwitserland.

Het was uit statistische gegevens van heel Amerika opgevallen dat juist in Lancaster County (Pa) typhus frequenter voorkwam dan in andere delen van het land (72). Een intensieve contrôle op afvalwaterlozing en grondwaterwinning bracht hier aan het licht, dat tal van verlaten putten gebruikt werden om rioolwater in de ondergrond kwijt te raken. Curtis (73) beschrijft hoe bij Ottawa door grondwater veroorzaakte gevallen van typhus en dysenterie konden worden teruggebracht op besmetting met rioolwater. Een samenloop van omstandigheden — de aanwezigheid van verschillende op zichzelf vrij onschuldige factoren op een bepaald moment — vormt dikwijls de oorzaak van ernstige epidemieën. Donle en Weiland (74) beschrijven een typhusepidemie met dergelijke oorzaken onder burgers en soldaten in de herfst van 1939 opgetreden in een stadje aan de Ahr.

Carrier en Viala (75) vermelden een analoog geval van verspreiding van typhus in een sanatorium bij Montpellier, waarbij in de zomermaanden van 1947 50% der patiënten besmet geraakte.

Kruse (76) vermeldt in een recente publicatie een geval van typhus ontstaan door besmet grondwater op een landgoed ten Zuiden van Göttingen. Robinson (77) be-

schrijft een ernstig geval van besmetting door grondwater te Shrewsbury, waar door het verstopt raken van de afvoer van een septictank, de grond met rioolvocht werd doordrongen.

Twee recente door leidingwater veroorzaakte typhus-epidemieën in Duitsland zijn onlangs uitvoerig beschreven. De eerste betrof een in 1946 te Westerode bij Harzburg uitgebroken epidemie, waarvan 384 zieken en 14 doden het gevolg waren. Bruns (78) en Carlé (79) gaven hiervan een uitvoerig verslag. Achteraf bleek, dat onder de vele „bronnen” waaruit het drinkwater werd opgepompt, zich de natuurlijke afvoer van een 30 m „stroomopwaarts” in de grond verdwijnend beekje, de Kottenbach, bevond, welke waterloop met rioolwater van het TBC-sanatorium Wolfsklippen was verontreinigd. Het tweede, geheel analoge geval, dat door Kisskalt (80) en Seeberger (81) is vermeld en ook door Rimpau (82) zeer uitvoerig is beschreven, n.l. de epidemie van 1948 in Neuötting, gaf 790 zieken en bijna 100 doden. Bijzondere punten vormen bij deze ernstige besmettingen de juridische schuldvraag en de kwestie van de persoonlijke verantwoordelijkheid van het personeel van de waterleidingbedrijven, waarop zowel Seeberger (81) als Walther (83) en Marquardt (84) uitvoerig ingaan. De laatste behandelt deze problemen in het algemeen en geeft analoge voorbeelden uit andere landen. In een „Zwischenurteil” betreffende de verantwoordelijkheid voor infectie met typhus in Mei 1948 in Obertraubling bij Regensburg door drinkwater veroorzaakt, werd de huseigenaar (een vereniging) schuldig verklaard (85).

Gevallen van paratyphus, ontstaan door besmet grondwater, zijn eveneens bekend. Hippe (86) b.v. vermeldt een geval van paratyphus veroorzaakt door grondwater, dat geïnfecteerd bleek door in de nabijheid geloosd rioolwater.

Ernstig was de gastro-enteritis epidemie die in Augustus 1940 uitbrak in de omgeving van Whit Lake, een zomerverblijf bij Bethel (87).

Behalve typhus en paratyphus moeten hier nog genoemd worden dysenterie, de ziekte van Weil en verschillende door virusstoffen veroorzaakte besmettingen, zoals poliomyelitis en hepatitis, die door chloren van het verdachte water nauwelijks kunnen worden bestreden, aangezien de verwekkers in water een zeer lange levensduur hebben (88).

§ 3. Begraafplaatsen.

Een afzonderlijke bespreking verdient de invloed van begraafplaatsen, aangelegd in de nabijheid van winplaatsen van grondwater. Deze aangelegenheid is enkele

malen uitvoerig besproken in de Raad van Bijstand van de Samenwerkende Waterleidinglaboratoria. Deze commissie kwam unaniem tot de conclusie, dat op grond van hygiënische en aesthetische bezwaren aanleg van begraafplaatsen in de nabijheid van winplaatsen van grondwater volkomen ontoelaatbaar moet worden geacht. Over een ongunstige invloed van begraafplaatsen op de kwaliteit van het in de naaste omgeving gewonnen grondwater zijn uit de literatuur weinig exacte gegevens bekend. Gewezen zij op recente studies van Van Haaren (89) en van Brauss (90). De laatste komt tot de conclusie „dass die Verhältnisse der Praxis sich nicht schematisch beurteilen lassen, dass für den Hygieniker nur die gründliche Erforschung der jeweiligen Gegebenheiten die Grundlage für eine den Tatsachen entsprechende Beurteilung abgeben kann“. Hoewel een goed aangelegde begraafplaats geen hygiënische bezwaren behoeft op te leveren voor een in de nabijheid gelegen winplaats van grondwater, zijn de deskundigen toch algemeen van oordeel dat een dergelijke combinatie om aesthetische redenen steeds moet worden veroordeeld.

Zulzer wees erop: „Dass in der Nachbarschaft der in Berlin liegenden und benutzten Kirchhöfe und auf dem davon abfallenden Terrain der Typhus in den Jahren 1863 bis 1867 besonder Zahlreiche Opfer gefordert hat“. Volgens Pottevin (91) vermeldt Belgrand „que puits voisins de Montparnasse et du Père Lachaise (Paris) donnaient souvent une eau ayant une saveur douceâtre et repandant une odeur infecte, surtout par les grandes chaleurs d'été, et que dans les travaux de consolidation exécutés sous le cimetière Montparnasse, on a rencontré des eaux corrompues par des matières organiques en décomposition provenant de leur infiltration au travers des cadavres. Même observation pour les eaux du souterrain creusé pour le chemin de fer de ceinture sous le cimetière du Père Lachaise“. Het drainagewater van dergelijke begraafplaatsen mag, volgens Pottevin, nimmer door middel van putten in de ondergrond worden geloosd en evenmin in bovengrondse waterlopen, die voor huishoudelijke doeleinden worden gebruikt, doch moet als rioolwater worden behandeld. In het buitenland is deze materie sinds lang wettelijk geregeld. In Engeland dient, volgens de Local Government Board van 1905, in verband met het gevaar dat een begraafplaats voor de drinkwatervoorziening kan opleveren, geval voor geval afzonderlijk te worden bekeken, waarbij de onderlinge ligging, de diepte van de putten, de aard van de grondlagen en de richting van de ondergrondse waterbeweging in de beschouwing moeten worden betrokken. Hetzelfde reglement zegt, dat de afstand van 200 m genoemd in de Public Health Act van 1879 en die van 100 m voorgeschre-

ven in een oudere wet, als grensafstand tussen begraafplaats en naaste bewoning, m.a.w. putten voor drinkwater, ruim voldoende moeten worden geacht. De Franse wet stelt de veiligheidszône rond begraafplaatsen vast op 100 m. Binnen deze afstand mag geen bewoning of winning van drinkwater plaats vinden.

Bij het aangeven van normen moet terdege rekening worden gehouden met het feit, dat onder bepaalde omstandigheden de biologische zelfreiniging in de grond volkomen gestoord kan zijn, waardoor een veel ongunstiger situatie intreedt. Een veiligheidszône van 2500 m is zeker niet onredelijk te achten, vooral niet, wanneer daarbij van geval tot geval, ter beoordeling van de inspectie van de volksgezondheid, de mogelijkheid wordt opengehouden in speciale situaties met een geringere afstand te volstaan.

Onze oude begraafwet, die binnenkort een algehele vernieuwing zal ondergaan, stelt geen hygiënische eisen aan de ligging en inrichting van een begraafplaats ten opzichte van een waterwinning in de omgeving. De voornaamste bepalingen in deze geheel verouderde wet van 10 April 1869 „tot vaststellen van bepalingen op begraven van lijken” zijn kort samengevat de volgende: Lijken moeten in gesloten kisten op begraafplaatsen worden begraven. In staat van ontbinding gevonden lijken moeten ter plaatse worden begraven, minstens 1 m diep en overdekt met een laag van 20 cm dikte ongebluste kalk en daarover aangestampde grond. Lijken mogen niet worden opgegraven. Elke gemeente heeft een algemene begraafplaats, waarvan de grond echter niet het eigendom van de gemeente behoeft te zijn. Bijzondere begraafplaatsen kunnen worden aangelegd met verlof en onder toezicht van B. en W., hetgeen ook geldt voor uitbreiding van bestaande. Weigering van verlof kan alleen geschieden op gronden ontleend aan de wet of aan het algemeen belang. Geen begraafplaats mag worden aangelegd dan op een afstand van minstens 50 m van elke bebouwde kom (art. 16). Binnen die 50 m mogen dan geen gebouwen worden opgericht of putten worden gegraven dan na goedkeuring van Ged. Staten, die de inspecteur van de Volksgezondheid om advies moeten vragen.

Tot zover de samenvatting.

Onder bebouwde kom is te verstaan de bestaande bebouwing. De begrenzing van de bebouwde kom van elke gemeente wordt vastgesteld bij provinciale verordening. Enkele op zichzelf staande huizen behoeven niet binnen deze begrenzing te vallen.

Het is dus verboden binnen 50 m van een begraafplaats te bouwen doch men mag dit niet omkeren en het stich-

ten van begraafplaatsen binnen 50 m van andermans gebouwen verbieden, wanneer die gebouwen toevallig buiten de bebouwde kom liggen. De putten, bedoeld in art. 16, hebben betrekking op drink- of waswater, ten behoeve van mens en dier.

Iemand die bezwaren maakte tegen uitbreiding van een begraafplaats in verband met afwatering van een langs zijn perceel lopende sloot, stond machteloos, aangezien de wet geen onderzoek omtrent hinder of schade kent.

Over maatregelen in verband met de aanwezigheid van een waterleidingbedrijf, wordt dus in de oude wet niets vastgelegd. Toch heeft de Kroon onlangs de bezwaren erkend tegen de voorgenomen aanleg van een begraafplaats op het landgoed Ockenrode, onder Loosduinen, op grond van belangen van watervoorziening (92). De nieuwe wet zal een belangrijke verbetering in de bestaande toestand brengen, doordat daarbij wel rekening zal worden gehouden met de belangen van de centrale drinkwatervoorzieningen. In een in overleg met de Raad van Bijstand der Samenwerkende Waterleidinglaboratoria ontworpen artikel zal worden bepaald, dat geen begraafplaats mag worden aangelegd of uitgebreid binnen een afstand van 2500 m van enige inrichting of waterwinning van een waterleidingbedrijf en dat binnen een afstand van 50 m van de begraafplaats geen werken tot winning van grondwater worden aangelegd dan na bekomen verlof van Ged. Staten, gehoord de pharmaceutische inspecteur van het Staatstoezicht op de Volksgezondheid.

Hoofdstuk III. Gebieden waar speciaal verontreiniging van grondwater optreedt.

§ 1. Karstgebieden.

Verontreiniging met vervuild of besmet oppervlaktewater moet speciaal daar worden gevreesd, waar de bodemstructuur de mogelijkheid tot een snel rechtstreeks contact tussen de bovengrondse afvoer en het diepe grondwater biedt. Vooral in z.g. Karstgebieden, met hun geologisch en hydrologisch dikwijls gecompliceerde formaties, komt deze wijze van contactbesmetting vaak voor.

Kuenen (93) beschrijft in zijn prachtig werk „De kringloop van het water”, duidelijk de rol die het koolzuurrijke regenwater speelt in deze gebieden, die bijna zonder bovengrondse afvoer zijn. Op de gevaren, die dit voor het grondwater oplevert, is van diverse zijden gewezen o.m. door Forbes (68) en Petrik (69). Wager (94) vertelt over besmetting van het grondwater in het Karstgebied van de Schwabische Alb. Wegmann (95) deelt

mede dat na regenval het bronwater van Zwitserse wel-len coli-organismen ging bevatten; rechtstreeks contact regenval-grondwater werd toen aangetoond. Ook in Frankrijk en Engeland komen dergelijke formaties voor. Courthéoux (96) beschrijft hoe de vroegere drink-watervoorziening van Lille, door middel van grondwater uit het kalkgebied van Emmerin, bedreigd werd met be-smet oppervlaktewater, via spleten in de kalksteen. Cat-heart (97) beschrijft de grondwaterwinning in de kalk-formaties van de South Downs, die o.m. Portsmouth en Eastbourne van drinkwater voorziet en wijst op de nood-zakelijkheid om het oppervlaktewater in het heuvelland tegen verontreiniging te beschermen. Volgens Black (98) komt in Florida besmetting van grondwater in kalk-steenformaties veelvuldig voor. Ook Londen en Lissabon staan bloot aan de gevaren, die verbonden zijn aan de winning van drinkwater uit dergelijke formaties.

In ons land vormt Zuid-Limburg een gebied waar geo-logisch de meeste kans is op besmetting van diep grond-water via kloven en spleten in de gesteenten. Vandaar de reeds genomen maatregelen in het facetstreekplan, waarop nog nader wordt teruggekomen.

§ 2. Grondwerken en afgravingen.

Oppervlaktewater krijgt eveneens gelegenheid om snel contact te vinden met diep grondwater, door de kunst-matige gaten, gangen en sleuven, die ontstaan door het afgraven van zand, de bouw van diepe funderingen voor huizen of bruggen en de aanleg van wegen en kanalen. Ook bij bombardementen kunnen soms grote wijzigin-gen in de waterhuishouding van de grond worden ge-schapen. Op het gevaar van afzanderijen en grindgroe-ven is in de literatuur herhaaldelijk gewezen (99). Haupt (100) vermeldt, onder opgave van analysecijfers, hoe in een terrein waar restanten kalk, cement en mortel wa-ren gestort in een groeve, het water van nieuw geboorde putten reeds tijdens het proefpompen sterk alkalisch werd; de pH was groter dan 10. Lehmann (101) wijst op de onbetrouwbaarheid van particuliere putten in dicht-bevolkte steden, vooral wanneer de ondergrond goed doorlatend is.

Hoe door oorlogsgeweld de gehele samenhang van de afdekkende lagen verloren kan gaan, blijkt duidelijk uit hetgeen Mc Naught (102) daarover meedeelt. Een buis-breuk, enkele jaren tevoren ontstaan, bij een luchtaan-val op Palermo, gaf in de herfst van 1946 — zoals Don-zelli (103) bericht — besmetting van het leidingwater, hetgeen typhus veroorzaakte. Mohler (104) vermeldt bij een beschouwing over grondwater in Zwitserland, hoe door de aanleg van stuwmeren voor het opwekken van elektrische energie, dikwijls de aard van het grondwater

in de oe vergebieden sterk wordt gewijzigd. De dam in de Are bij Klingnau, die in 1935 werd voltooid, veroorzaakte een stijging van het mangaangehalte van het grondwater tot 0,8 mg/l.

Hoofdstuk IV. Verspreiding en aantoning der verontreiniging van grondwater.

§ 1. Verspreiding van de verontreiniging.

Het is duidelijk, dat de afstand van de oorsprong van de vervuiling tot de plaats waar het grondwater wordt gewonnen, grote invloed heeft op de intensiteit van de verontreiniging en de hygiënische bedenkingen die er tegen kunnen worden ingebracht. Tijdens het transport van de verontreinigde stoffen via het grondwater treedt meestal verdunning op, worden door chemische en biologische processen stoffen omgezet en afgebroken en dalen de levenskansen van eventuele pathogene kiemen met de dag. Volgens Miller (105) behoort een put met een capaciteit van 75 m³ per uur minstens 15 m van elke bron van verontreiniging te liggen. Is de capaciteit groter dan dient de afstand minstens ca 25 m te zijn. Over oude putten, als weg waarlangs de verontreiniging het grondwater kan bereiken, handelt een beschouwing over de winning van grondwater bij Baltimore (106), welke „badley confused” genoemd wordt. De beweging van vuil water door de grond, de „Bodeninfiltration” is, zoals Spitta (107) vermeldt, uitvoerig door Kurth (108) en Kranz onderzocht. In zandgrond achten zij een terrein met een straal van 9 m rond een put voldoende om tegen vervuiling te zijn beschermd. Bij een hoge grondwaterstand en doorlatende gronden is echter een straal van 50 m nodig. Wordt afvalwater in de buurt van een pompstation geloosd, dan dient bij fijnkorrelige zanden een veiligheidszone van minstens 30 m in acht te worden genomen. Krevets (109) beschrijft een te Graz in Oostenrijk genomen proef, waar 100 liter water, afkomstig van een gasfabriek, bevattende 2400 mg/l ammonia en 1800 mg/l phenol, via een oude put in de ondergrond verdween. In een drietal putten, gelegen op 25 m afstand van de „inlaat”, konden na 2 à 3 dagen pompen slechts sporen van de verontreiniging worden aangetoond en na 6 dagen in het geheel niet meer. The Task group E 4 c in Amerika, die zich o.m. bezig hield met controle op ondergrondse lozingen van afvalstoffen, berichtte dat een enquête onder de sanitary engineers uitwees, hoe speciaal in Michigan de verontreiniging van grondwater een ernstig probleem vormt (110).

In dit verband zij hier vermeld een recent geval uit eigen ervaring. Op 8 m afstand van een woning te Gas-

selte, op de hoge Drentse zandgrond, bevond zich een welput die steeds prima water leverde. Bij een extra schoonmaakbeurt van de woning werd een deel van de buitenmuur met sterk zoutzuur afgeboend. Eerst na drie jaren bleek dat het welwater plotseling sterk zuur was en onbruikbaar werd. Hoe deze verontreiniging met verdund zoutzuur in de loop der jaren langzamerhand verdween blijkt uit de cijfers van tabel I. Het water van de naastgelegen huizen, op 75 m Oostelijk en Westelijk van het bewuste perceel, bleef steeds goed.

TABEL I
Verontreiniging door zoutzuur van een particuliere put
te Gasselte in Drenthe

Datum van monsterneming	Chloride (Cl) in mg/l	Zuurgraad (pH)	Geleidingsver- mogen voor electriciteit x 10 ⁶
26 Mei 1948	400	4,3	1700
14 September 1948	337	4,4	1500
18 November 1948	377	4,4	1650
8 October 1949	345	4,5	1500
19 December 1949	325	4,0	1490
5 April 1950	308	4,4	1400
24 Augustus 1950	168	4,8	900
24 Januari 1951	161	4,8	875
8 Juni 1951	126	5,2	675
13 Maart 1952	76	6,0	575
Buurman Oost	32	6,7	335
„ West	74	6,8	650

Systematische proeven om na te gaan, in hoeverre en met welke snelheid een bacteriologische verontreiniging van grondwater zich verbreidt, zijn door Dyer en zijn medewerkers (111) verricht. De conclusie was, dat in zandgrond ondiepe putten voor drinkwatervoorziening in hoge mate betrouwbaar zijn. Knorr en Muselmann (112) deden eveneens proeven, waarbij de beweging van besmet water door de grond werd nagegaan. Zij wijzen op de grote gevaren, die kanalen en spleten in ogenschijnlijk dichte en betrouwbare lagen opleveren, speciaal bij drainage van afvalwater.

Een regenval van 81 mm in 11 dagen was bij een natuurlijk profiel, gevormd uit 0,5 m teelaarde, 0,5 tot 1 m leem, 1,0 tot 1,5 m leemhoudend grind en daaronder fijn en grof grind, niet in staat *B. prodigiosum* op meer dan 1 m diepte te brengen. In „natuurtrockenen Zustand” was een profiel van 3 m dikte, bestaande uit grind (22% van 2 tot 4 mm, 18% van 1 tot 2 mm en 35% van 0,6 tot 1 mm) in staat om 90 mm neerslag geheel tegen te houden. Een volkomen met water doorweekte grond liet

echter bijna alles door wat er aan kleurstoffen, zouten en bacteriën opgebracht werd. Wat de horizontale waterbeweging betreft stelden Knorr en Muselmann vast, dat de „Veredelungszeit” van oppervlaktewater in de grond 60 tot 70 dagen bedroeg, zowel in diluviale en alluviale zanden als in grovere, droge gronden.

Zeer belangrijk zijn de onlangs door Baars (113) gepubliceerde „Onderzoekingen over de zuiverende werking van de bodem”, waarin de chemische en bacteriologische gesteldheid van onberoerde duingrond, van een matig verontreinigd duingebied (een meeuwenkolonie) en van een vrij sterk verontreinigde zandgrond (een forensenkamp zonder riolering) werden nagegaan. In droge grond was op verschillende diepten op een afstand van 40 cm van een faecalienput geen typische *E-coli* meer aan te tonen. Uitdrukkelijk wijst de auteur er op, dat men deze uitkomsten niet mag generaliseren, daar in natte grond en in grondwater dergelijke faecale verontreinigingen soms nog jarenlang aantoonbaar kunnen blijven.

Wuhrmann (114) schenkt speciaal aandacht aan de rol welke verschillende grondsoorten bij de zuivering van binnengedrongen afvalwater spelen. Hij merkt op, hoe de kwaliteit van het vervuilde oppervlaktewater bij indringen naar de diepte steeds beter wordt, speciaal daar, waar dikke aaneengesloten humuslagen — rijk aan micro-organismen en met groot absorptievermogen — aanwezig zijn. Wanneer echter de humuslaag ontbreekt, of plaatselijk een geringe dikte heeft, wordt een scherp toezicht op bemesting, het werken met insecticiden en op andere verontreinigingsmogelijkheden van het oppervlaktewater noodzakelijk.

Mom en Schaafsma (115) berichten over bodemvervuiling door faecale stoffen in de tropen. Beaver en medewerkers (116) stelden vast dat onder bepaalde condities cysten van *Entamoeba histolytica* meer dan 8 dagen in grond kunnen leven. Legler (117) ging onlangs na hoe diep eieren van *Ascaris*, die, zoals bekend, een lange levensduur hebben, bij infiltratie van rioolwater in de grond doordringen; 2,5 cm humus of 3 cm van een fijn natuurlijk zand was in staat bijna alle eieren tegen te houden. Gärtner en Müting (118) bestudeerden de levensduur dezer eieren in de drooggekomen ondergrond van vloeivelden en kwamen tot de conclusie, dat deze anderhalf tot twee jaren bedraagt, waarbij winterkoude geen bijzondere nadelige factor schijnt te zijn.

Mallmann en Litsly (119) gingen de levensduur na van darmbacteriën in zand, klei, leem en mest, waardoor ruw rioolwater werd gefiltreerd. De verschillende grondsoorten werden geïnfecteerd met typhusbacteriën, streptococci en coli-organismen en daarna wekelijks onder-

zoekt. Het aantal coli liep slechts langzaam terug, maar streptococcen en typhus verminderen ongeveer in dezelfde mate, waaruit de auteurs de conclusie trekken, dat, om verontreiniging met rioolwater vast te stellen, een streptococcenproef doelmatiger is dan het gebruikelijke coli-onderzoek. Hoe bij z.g. oeverfiltratie van oppervlaktewater de verticale beweging van het gevallen regenwater een gevaar kan vormen, bewijzen de door Gärtner (120) en later uitvoeriger door Austen (121) vermelde feiten.

Over beweging van water in gronden van verschillende samenstelling zijn weinig exacte gegevens bekend. Faber (122) geeft de volgende cijfers: in fijn zand met een verval van 2 cm per m 3,5 tot 4 m per etmaal, in grind met 0,7 cm verval per m 8 m per etmaal. Toch is het een vereiste enig idee te hebben over de waterbeweging, de snelheid en de richting, teneinde te kunnen beoordelen welke gevaren aan de plaatselijke verontreiniging met besmet oppervlaktewater voor het grondwater verbonden zijn. De doorlaatbaarheid van diverse grondsoorten kan worden uitgedrukt in de doorlatendheidscoëfficiënt uit de bekende formule van Dupuit-Darcy : $Q = K.h.F : 1$, waarbij Q de hoeveelheid water is, die per tijdseenheid door een kolom grond met een doorsnede F en een lengte 1 stroomt, en h het drukverschil aan de uiteinden voorstelt, uitgedrukt in de lengte van een kolom water. De K wordt meestal omgerekend op een grond met 35% poriënvolume en een temperatuur van 10° C.

Hissink (123) wijst er met nadruk op dat twee gevallen scherp moeten worden onderscheiden, n.l.:

- a. de grond heeft in natuurlijke ligging een homogene structuur (zandgrond);
- b. de homogene structuur ontbreekt tengevolge van scheurtjes, wormgangen, wortelgaten, enz.

Volgens Hooghoudt (124) is de doorlaatbaarheid van grond sterk afhankelijk van de korrelgrootte. Hij vond, door vereniging van gelijke slibfracties verkregen uit diverse grondmonsters (dus in „kunstmatige” gronden), het in tabel II aangegeven verband.

Voor zandgronden in natuurlijke ligging geeft Hissink (123) de in tabel III gegeven cijfers.

Biemond (125) wijst op de factor tijd, die bij een hygiënische waterwinning zeer belangrijk is en formuleert een der vier „grondregels” voor een betrouwbare bedrijfsvoering als volgt:

„In de werken van de waterwinning moet een zodanig tijdsinterval tussen de ontdekking van de incidentele verontreiniging en de aflevering van het water liggen, dat doeltreffende maatregelen mogelijk zijn”.

Bij het, in verband met de levensduur van pathogene

TABEL II
Verband tussen poriënvolume en doorlaatbaarheid van grond
volgens Hooghoudt

Factiegrenzen	Poriënvolume	K (m/24 u)
16— 43 μ	43,1%	0,40
43— 74 μ	42,6 „	2,35
74—104 μ	40,0 „	3,90
104—147 μ	37,8 „	7,35
147—208 μ	36,8	13,00
208—295 μ	36,4	22,10
295—417 μ	36,0	37,20

TABEL III
Verband tussen korrelgrootte en doorlaatbaarheid van
zandgronden volgens Hissink

Korrelgrootte	K (m/24 u)
> 250 μ	15,6
150—250 μ	5,5—15,6
100—250 μ	2,5— 5,5
75—100 μ	1,4— 2,5
62— 75 μ	1,0— 1,4
50— 62 μ	0,6— 1,0
< 50	0,6
150—300, gem. 212 μ	11,3—19,8
150—300, „ 170 μ	7,2—12,6
100—200, „ 140 μ	4,8— 8,4

TABEL IV
Ouderdom en percentage van grondwater uit bepaalde zônes
rond een put verkregen

a in m	Ouderdom in dagen	Percentage van totale hoeveelheid	Opmerkin- gen
0— 10	0— 14	0,1	a is straal van een cirkel rondom de put
10— 25	14— 85	0,8	
25— 50	85— 350	2	
50—100	350—1400	10	
100—280	>1400	87	

organismen, aanhouden van een veiligheidsmarge van 100 dagen, komt Biemond tot de volgende berekening voor het winnen van grondwater in de zone boven een afsluitende bodemlaag.

Indien er een nuttige neerslag is van 0,4 m/j en de dikte van de waterleverende zone 30 m bedraagt, dan zal, bij een onttrekking van 100.000 m³/j aan de put, slechts een zeer gering gedeelte van het opgepompte water een ouderdom bezitten kleiner dan 100 dagen zoals uit tabel IV blijkt.

Dit wil zeggen, dat bij een dergelijke — door ontbreken van afdekkende lagen zeer ongunstige — situatie, het overgrote deel van het gewonnen water meer dan 4 jaar oud is. Biemond acht in dit geval het tegengaan van elke vorm van verontreiniging in een kring van 25 m om de put of in een strook van die breedte ter weerszijden van de puttenrij voldoende.

§2. Aantonen van verontreiniging.

Hinman (126) wijst erop, dat vervuiling van grondwater zich in het algemeen door een abnormale smaak, reuk, kleur en troebeling verradt en dat ook temperatuurverhogingen of schommelingen in de temperatuur wijzen op contact met oppervlaktewater. Chemisch duiden een hoog gehalte aan ammoniak, nitriet, nitraat en een abnormale hoeveelheid chloride op vervuiling met huishoudelijk afvalwater, zout water of industrie water (oliewinning). Al is ook bacteriologisch nog geen besmetting aanwijsbaar, toch is dan waakzaamheid geboden. Thiele en Pehrs (127) gingen het verband tussen chemische en bacteriologische verontreiniging na in ongeveer 1000 monsters grondwater, afkomstig uit Sleeswijk-Holstein. Naast ammoniak, nitriet, nitraat en chloride noemen zij ook fosforzuur en organische stoffen als kenmerkende verontreinigingen. Een verhoogd kaliumpermanganaatgetal en aanwezigheid van nitriet, gepaard gaande met een hoog kiemgetal, beschouwen zij als een zekere aanwijzing van verontreiniging.

Schwille (128) onderzocht het gehalte aan chloride en nitraat in het grondwater van Rheinhessen en de Rheingasse.

Hij vermeldt daarover o.m.: „Das Grundwasser im Bereich der Siedlungen zeichnet sich stets und sehr scharf begrenzt, durch (gewöhnlich über 100 mg/l) Chloride- und gewöhnlich auch hohe Nitrat-Gehalte aus. Auch das Ortsnahe Bebauungsgebiet mit den zahlreichen Gärten ist in der Analyse meist erkennbar und von der eigentlichen Feldflur zu unterscheiden”.

Op de lange duur is dus de invloed van dorpen en steden in het grondwater van de naaste omgeving merkbaar. Opvallend is daarbij de stijging van het chloridegehalte, die Schwille geheel wijdt aan het gebruik van kunstmest. Sinds 1885 werd bij alle door hem onderzochte putten het chloridegehalte van het water meer dan tweemaal groter. Dikwijls was de waarde van 1952 het drie- of viervoudige van die uit 1885. Lag in 1885 50 % der gevonden gehalten nog beneden 20 mg/l, bij het onderzoek tussen 1936 en 1952 was deze 50 % grens tot 60 mg/l opgelopen.

Dank zij de humusrijkdom der bovenste aardlagen had, buiten de bewoonde oorden, de bemesting met faecaliën het dieper gelegen grondwater nog niet besmet.

Volgens Lünig en Heinsen (129) betekent een stijging van de bicarbonaathardheid in het grondwater eveneens een aanwijzing voor vervuiling, want vele organische meststoffen, rioolwater, benevens humuszuren en ammoniumzouten, werken oplozend op het vast calciumcarbonaat in de grond.

Het is echter niet mogelijk louter door chemisch of bacteriologisch onderzoek hier een oordeel over te geven; steeds moeten beide analyses samengaan en moet een onderzoek naar de situatie ter plaatse worden ingesteld. Teneinde contact van oppervlaktewater en grondwater te bewijzen kunnen verschillende eenvoudige methoden worden toegepast. Hettche (130) werkt bij voorkeur met phenol, dat na chloren van het watermonster door de buitengewoon intensieve smaak nog in verdunningen van 0,002 m/l kan worden aangetoond. Weber (131) neemt daarnaast ook keukenzout en verschillende kleurstoffen, o.a. uranine. Mazurczak (132) beschrijft acht verschillende methoden en bovendien proeven met *B. prodigiosum*.

Hoofdstuk V. Maatregelen tot het tegengaan der verontreiniging van grondwater.

A. Buitenland.

§ 1. Algemeen.

Het beschermen van grondwater tegen verontreiniging heeft reeds lang in vele landen een onderwerp van studie uitgemaakt. Geen wonder dus, dat op het eerste congres van de International Water Supply Association (IWA), in September 1949 te Amsterdam gehouden, een speciale sectie aan dit onderwerp was gewijd. De inleider, R. Brunotte (133), onderscheidde twee kanten aan het probleem, nl. de technische en de juridische. Voor de algemene beschouwingen hierover zij verwezen naar het congresverslag; de conclusie is samengevat in de Proceedings (134).

Bij de bespreking van hetgeen in diverse landen op het gebied van bescherming van grondwater is bereikt, is ten dele gebruik gemaakt van dit congresverslag.

§ 2. Amerika.

In 1940 verschenen de „Instructions” van de staat New York (135), die „design notes for camp, residential, hotel and other small sewage treatment works” bevatten, neerkomende op behandeling van afvalwater, berekening van te verwachten hoeveelheden en beschouwingen over de risico's voor de winning van grondwater.

Enkele jaren later verscheen het „Sanitation Manual for Public Ground Water Supplies”, een ontwerp voor een wettelijke regeling, verzorgd door het Public Health Service (136), waarin verschillende punten, waaraan een grondwaterwinning moet voldoen, zijn vastgelegd, o.m. het uitsluiten van oppervlaktewater, de aanwezigheid van voldoende afdekkende lagen, een behoorlijke afstand van de putten tot een eventuele vervuiling — met formule voor de verschillende grondsoorten — en de eis, dat verlaten putten behoorlijk moeten worden gedicht.

Ook in de in 1945 gepubliceerde „Tentative Standards Specifications for Deep Wells” (137) zijn de eisen en voorzorgsmaatregelen op hygiënisch gebied systematisch geformuleerd, speciaal hetgeen bij de bouw en aflevering van nieuwe wellen in acht moet worden genomen. Schuldich gaf richtlijnen voor de bescherming van putten tijdens de bouw daarvan (138). De staat Indiana was de eerste, welke beschermende wettelijke maatregelen invoerde (139), door de bepaling „No water shall be returned to the ground recharge wells, which will not meet the requirements of the State Board of Health for a water, which is safe from public health standpoint, to return to the ground.”

Volgens Doll (140), die in hetzelfde jaar (1947) klaagt over de vervuiling van het grondwater in Californië, zijn de bestaande wetten geheel onvoldoende om tegen een dergelijke vervuiling te kunnen optreden. De „Basic Concepts in Ground Water Law”, eveneens in 1947 door Black (141) gepubliceerd, laten echter de vervuiling door oppervlaktewater geheel buiten beschouwing. Dat een vergaande wettelijke regeling in Amerika geen overbodige luxe zou zijn, blijkt wel uit hetgeen Goudey (142) aan voorbeelden van recente verontreiniging beschrijft. Vooral Californië heeft dringend behoefte aan strenge maatregelen. Het grondwater wordt er thans nog, zoals Pickett (143) mededeelt, door rioolwater, water van septictanks, vuilstortingen en industrieën verontreinigd. Een stap in de goede richting is, volgens die auteur, de uitgevaardigde wet die voorschrijft, plannen voor lozing van afvalwater bij nieuwe industrieën, eerst te laten keuren door de „Country Engineer”. Ook de wettelijke maatregelen, die het „Water Pollution Surveys Committee” in Californië volgens Van Meteren (144) voorbereidt, zullen misschien het grondwater kunnen beschermen. Ashley (145) verhaalt hoe industriewater, dat in de Los Angeles rivier wordt geloosd, wel degelijk eerst gezuiverd moet worden omdat de rivier infiltratiewater levert voor drinkwatervoorziening.

Uit een recente publicatie van Singewald (146) blijkt, dat ook Maryland geen wettelijke regelingen ter bescher-

ming van grondwater tegen verontreiniging kent.

Tenslotte zij hier, wat Amerika betreft, de publicatie van Critchlow (147) uit 1948 vermeld. Na een beschouwing over de huidige situatie geeft hij een overzicht van de in diverse staten bestaande wettelijke bepalingen ter bescherming van het grondwater. Deze bepalingen betreffen echter alleen de zorg voor de hoeveelheid beschikbaar water, niet de eisen die aan de betrouwbaarheid moeten worden gesteld. Terecht bepleit Critchlow de wenselijkheid van meer overheidsbemoeiingen, aangezien in Amerika elke wettige basis om tegen verontreiniging van grondwater op te treden, ontbreekt. Men staart zich blind op de hoeveelheid en in een recente publicatie van Eliassen (148) over de toekomstige drinkwatervoorziening, wordt zelfs melding gemaakt van een plan om, ter aanvulling van het ontbrekende grondwater, gereinigd afvalwater te gebruiken.

The Maryland Water Pollution Control Committee (149) stelt de eis dat geen industriewater zal worden geloosd dat niet voldoet aan 10 voorwaarden, die betrekking hebben op gesuspendeerde stoffen, troebeling, B.O.D., giftigheid, kleur, opgeloste stoffen, zuurgraad, smaak, reuk, schuimvorming en temperatuur. Doch hierbij wordt niet uitdrukkelijk tevens het grondwater beschermd. Bennison (150) breekt echter in een recente publicatie, wel een lans voor bescherming van grondwater.

§ 3. Canada.

Het congresverslag geeft hier slechts een resumé van het door Buchanan opgestelde rapport (p. 688). Alleen in de provincie Ontario is een wettelijke regeling, die het besmetten van grondwater verbiedt.

§ 4. Engeland.

Ruim tien jaren geleden zijn in Engeland wettelijke maatregelen tegen het verontreinigen van grondwater bepleit. The first report of the Central Advisory Water Committee (151) in 1938 te Londen verschenen als publicatie van het Ministry of Health, betreffende „Underground Water, planning of water resources and supplies” bevat o.m. de conclusies van een subcommissie betreffende de controle en het beheer van grondwater en de bescherming daarvan. Een zeer uitvoerig rapport over de huidige situatie in Engeland is in het congresverslag te vinden. Bell (p. 606) bespreekt de technische kant en Hall (p. 627) houdt zich bezig met de juridische problemen. Diverse betogen over het instellen van een beschermd gebied rond een watervang zijn te vinden in publicaties van Stewart (152, 153). Mackenzie (154)

wijst er echter op, dat in kalkformaties het water in korte tijd grote afstanden kan afleggen, 20 km in 4 dagen, en dat het onmogelijk zal zijn, door het vastleggen van een beschermd gebied, verontreiniging afdoende tegen te gaan.

§ 5. Frankrijk.

De in Frankrijk genomen maatregelen, zowel technisch als wettelijk, zijn eveneens te vinden in het congresverslag, Ferron bespreekt de technische maatregelen (p. 587) en behandelt deze in een recente publicatie (155) terwijl Descroix de juridische zijde beschouwt (p. 600).

§ 6. Duitsland.

Alles wat de bescherming van grondwater in Duitsland betreft is met „Gründlichkeit” beschreven in diverse handboeken over waterwinning en -zuivering. Reeds Gärtner (156) bepleit het instellen van een beschermd gebied. De „Anleitung” van 1906, waarin de „Reichsgesundheitsrat” het scheppen van een beschermd gebied propageert, is afgedrukt bij Gärtner (p. 616) en eveneens in het door Spitta bewerkte deel van het „Handbuch der Lebensmittel Chemie” Bd. 8, Teil II, abt. I, waarin op p. 280 „Die bedenkliche Nachbarschaften von Wasserversorgungsanlagen” en het instellen van een beschermende zone worden aangeraden. Spitta en Reichle (157) noemen een leemlaag van 3 m dikte, blijkens ervaring uit de praktijk een in alle gevallen afdoende bescherming.

Een historisch overzicht van de strijd tegen waterverontreiniging, die de „Reichsanstalt für Wasser- und Luftgüte” sinds 1901 voerde, geeft Konrich (158). Het invoeren van beschermde gebieden werd nogmaals in 1937 door Knorr (159) met klem bepleit. Volgens hem zijn er drie eisen die leiden tot de noodzaak van bescherming, nl. dat het water geen ziekten mag kunnen verwekken, dat het „appetitlich und wohlsmeckend” en dat het in voldoende hoeveelheid ter beschikking moet zijn.

Wat de eerste twee punten betreft kan men volgens Knorr aannemen, dat een matige verontreiniging, ook binnen de afpompingszone, in het gewonnen water niet meer aantoonbaar is, wanneer er 50 tot 60 dagen nodig zijn om het diepe grondwater te bereiken.

Hoffmann (160) wijst vooral op het gericht zijn van de ondergrondse waterbeweging. Aangezien verontreinigingen zich dikwijls zeer weinig met het grondwater mengen en dan met de hoofdstroomrichting meegaan, is het teneinde beschermende stroken te kunnen aangeven, noodzakelijk de stroomrichting en de snelheid van

het grondwater te kennen. Bij aanwezigheid van ondoordringbare lagen acht Hoffmann een beschermend gebied van 100 m² om diepe en van 500 m² om ondiepe putten voldoende. Nadrukkelijk wordt ook hier de „Unappetitlichkeit” van verontreinigd water, waarin geen chemisch of bacteriologisch aanwijsbare „vuiligheid” meer voorkomt, naar voren gebracht, n.l. wanneer het water „beim Durchschnittsmensch Ekel erregt”. Denner (161) bepleit in een recent overzicht eveneens de invoering van beschermende gebieden rond winplaatsen van grondwater.

De wettelijke maatregelen tegen verontreiniging van grondwater in Duitsland heeft Marquardt (162) in zijn verhandeling over „Das Grundwasserrecht” belicht. Zonder speciale maatregelen, die rekening houden met bijzondere gevallen, komt men er niet. Een overzicht van deze juridische materie is ook te vinden in de samenvatting van Holthöfer „Deutsche Gesetzgebung ueber Wasser” (163). „Die Schutzzonenfrage” is door Spitta (164) in hetzelfde handboek kort samengevat, waarbij hij de wensen van Stiny (165) dienaangaande formuleert.

Ten slotte vermeldt Spitta nog, dat Unger (166) bij een onderzoek van 8 bedrijven er slechts 3 vond die een behoorlijke, hygiënisch bevredigende „Schutzzone” bezaten. Een pleidooi voor deze beschermde gebieden hielden ook Hey (167), Kruse (168) en Weidenbach (169). De „Hamburger Richtlinien” voor de bescherming van grondwater werden onlangs door Kruse besproken (170). Een duidelijk overzicht van de Duitse richtlijnen voor de bescherming van grondwater, verschenen in Januari 1953, is in het tijdschrift „Water” opgenomen (171). De originele tekst vindt men in „Bau und Betrieb”, Nov. 1953, jg. 5, nr 8, Beilage zum G. u. W. fach.

§ 7. Z w e d e n.

Het congresverslag bevat slechts enkele opmerkingen over de bescherming, die het grondwater in Zweden geniet. Bij wet van 5 Mei 1939 is het de aangelanden verboden nadeel toe te brengen aan bestaande winplaatsen van grondwater. Het beschermen van grondwater tegen infiltratie van ongewenste bestanddelen is bij een speciale commissie in behandeling. Jenders (172) vermeldt hoe een complex van 25 ca 20 m diepe putten, gelegen te Vomb, beveiligd worden door rondom op een afstand van 100 m het wingebied te beschermen en te beplanten.

§ 8. I s r a ë l.

In Israël (173) treedt zowel verzouting tengevolge van indringend zeewater als verontreiniging door rioolwater op.

§ 9. Italië.

Een uitvoerig historisch overzicht van de hand van Marletta betreffende de toestand in Italië is in het congresverslag te vinden (p. 647).

§ 10. Australië.

Evenals in Italië wordt ook in Australië bij de bescherming van grondwater in hoofdzaak gelet op het instandhouden van de hoeveelheid water, zonder voldoende aandacht te besteden aan de hoedanigheid. Het uitvoerige rapport met bijlagen van Cooper in het congresverslag (p. 639) zegt hierover o.m. „Safeguarding sub-surface water sources against pollution and undesirable surface occupations, is essential; this could best be achieved by adopting Governmental control of all sources of supply”.

§ 11. Nieuw Zeeland.

De zeer uitvoerige beschouwingen van Carmichael over de bescherming van grondwater in Nieuw Zeeland, weergegeven in het Congresverslag p. 651, bevatten o.m. tabellen, waaruit blijkt, dat oppervlaktewater er veel meer gebruikt wordt dan grondwater, en dat er van vervuiling of besmetting van grondwater weinig of geen sprake is. Toch bevat de Health Act van 1920 enkele bepalingen die het verontreinigen strafbaar stellen.

B. Nederland.

De in ons land genomen maatregelen kunnen worden onderscheiden in algemene overheidsmaatregelen, in de wet vastgelegd, die verbieden schade toe te brengen aan de drinkwatervoorziening en de door de waterleidingbedrijven genomen locale, technische maatregelen om bepaalde terreinen of afzonderlijke putten vrij van de kans op verontreiniging te houden. Als oudste bepaling van algemene aard gelden de art. 172 en 173 van het Wetboek van Strafrecht, waarbij „het aanbrengen van enige stof in een put, pomp of bron, wetende dat daardoor het water voor het leven of de gezondheid schadelijk wordt”, strafbaar wordt gesteld.

Een bepaalde regeling om waterwinplaatsen te beschermen bestond tot voor kort in ons land niet; wel konden waterschapsbesturen tegen verontreiniging van water optreden, doch dit gold uiteraard alleen oppervlaktewateren. Toch bestaan er reeds lang twee wetten, die in bepaalde gevallen, bij dreigende vervuiling van grondwater, enigszins praeventief kunnen werken, nl. de Woningwet en de Hinderwet. De eerste biedt de mogelijkheid om in een plaatselijke bouwverordening bepalingen op te nemen, waardoor vervuiling van het grondwater, als gevolg van aanwezigheid van bewoonde ge-

bouwen, wordt tegengegaan. Ook de Hinderwet geeft soms een zekere mate van bescherming, doch heeft slechts een lokaal karakter en kent alleen weigering van vergunning of het stellen van voorwaarden en geen schadevergoeding bij overtreding. De Centr. Comm. v. Drinkwatervoorziening adviseerde reeds in 1927 tot wijziging van de onteigeningswet en aanvulling van de hinderwet en tot invoering van een riolenwet. Deze ontwerpen zijn echter nimmer verwezenlijkt, zodat tot voor kort de bescherming van waterwinplaatsen geheel onvoldoende was geregeld. Mr Putto (174, 175) gaf enkele jaren geleden een overzicht van de wettelijke maatregelen op dit gebied in Nederland, waaraan hij toevoegde een beschouwing over het facetstreekplan voor de provincie Limburg. Ook voor de provincie Groningen is intussen een dergelijk facetplan gereed gekomen en op 21 Juli 1953 door de Kroon goedgekeurd. Plannen voor Noord-Brabant, Utrecht en Drenthe zijn in een zeer vergevorderd stadium.

Wat betreft de belangen van derden, die veelal door de opgelegde belemmeringen de bruikbaarheid en daarmee de waarde van hun eigendommen zien verminderen, zij hier vermeld, dat de Provinciale Staten van Utrecht op 12 Febr. '52 een regeling hebben aangenomen tot vergoeding van schade, welke kan voortvloeien uit het facetstreekplan ter bescherming van de waterwingebieden (176). De wet van 28 September 1950 houdende voorlopige regeling inzake het Nationale Plan en Streekplannen, kent echter geen regeling tot schadevergoeding. Het is nog niet zeker, dat de Kroon deze Utrechtse regeling zal goedkeuren.

In een circulaire van 18 Februari 1949 werd door de Vakgroep Waterleidingbedrijven speciaal de aandacht van de bedrijven gevestigd op de mogelijkheid om door middel van streekplannen een officiële bescherming van waterwinplaatsen te verkrijgen, o.m. door het lozen van afvalwater, het deponeren van afvalstoffen, het ontgronden, het begraven van lijken of cadavers, benevens het oprichten van gebouwen en het veranderen van bestaande gebouwen tegen te gaan. Met betrekking tot de waterwingebieden in Noord-Holland is onlangs meldingsplicht van voorgenomen grondwerken en lozing van afvalstoffen in grondwater van kracht geworden (177). *) Gedeep. Staten van de provincie Groningen gaven op 31 Januari 1947 aan de Provinciale Planologische Dienst opdracht „een regeling inzake de bescherming der waterwingebieden in de provincie bij facetstreekplan voor

*) De in voorbereiding zijnde overheidsmaatregelen zijn momenteel reeds verder gevorderd dan in het bovenstaande is uiteengezet. Een overzicht van hetgeen met planologische maatregelen te bereiken is gaven Krul en Vink (178).

te bereiden". De grenzen van de te beschermen gebieden zijn toen in overleg met de waterleidingbedrijven, mede op technische gronden, bepaald, waarbij tevens de aard en omvang van de bescherming werden vastgesteld. In hoofdzaak komen de beperkingen overeen met die voor Zuid-Limburg. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een streng beschermd en een minder streng beschermd gebied. In de „Toelichting en Voorschriften 1948" behorende bij dit facetstreekplan voor de waterwingebieden in de provincie Groningen, zijn een aantal „bestemmings- en gebruiksbepalingen" voor de desbetreffende gronden opgenomen, die in hoofdzaak op het volgende neerkomen.

art. 1. De terreinen gelegen binnen de grenzen van het plan, zijn uitsluitend bestemd om te worden gebruikt voor de waterwinning ten behoeve van de drinkwatervoorziening en voor veeteelt-, landbouw- en tuinbouwdoeleinden en voor de bij dit gebruik behorende bebouwing.

art. 2. Het is verboden op de met een kruisarcering in het plan aangegeven terreinen gebouwen te stichten. Dit is dus het streng beschermde gebied.

art. 3. I. Het is verboden:

- a. Binnen de grenzen van het plan afvalstoffen, vuil, mest of soortgelijke stoffen op of in de grond of in wateren te storten, op te slaan of voorhanden te hebben, anders dan in waterdichte inrichtingen, waaruit geen vloeistoffen of andere bestanddelen, schadelijk voor de waterwinning, naar buiten kunnen treden;
- b. Grondwerken en afgravingen te verrichten, anders dan ten behoeve van het normale onderhoud en van de aldaar toegelaten werken, gebouwen en inrichtingen.
- c. Lijken of cadavers te begraven.

II. Het verbod onder Ia is niet van toepassing op kunstmeststoffen en op natuurlijke meststoffen ten behoeve van ter plaatse gedreven veeteelt-, landbouw- of tuinbedrijf of van tuin, park of plantsoen eveneens ter plaatse aanwezig.

art. 4. Gebouwen en inrichtingen welke reeds bestonden bij ter visie legging van dit plan mogen geheel of gedeeltelijk worden vernieuwd, veranderd of uitgebreid, mits de belangen der waterwinning niet worden geschaad.

Op gebruik van terreinen en gebouwen, reeds in zwang voor ter visie leggen van dit plan, zijn bovengenoemde bepalingen niet van toepassing.

Wat de locale technische maatregelen betreft zij hier gewezen op de grote moeilijkheden, die de waterwinning van een pompstation in het zuidwesten van ons land ondervindt door de lozing van afvalwater van de in de onmiddellijke nabijheid van de waterwinningsmiddelen gelegen roterijen van vlas. De watervoorziening van dit gebied is aangewezen op de winning uit ondiepe putten in een kleine strook grond. Het is niet mogelijk om hier zonder verdere hulpmiddelen voldoende water te winnen om de behoefte aan drinkwater van de gehele streek te dekken. Daarom is men er toe overgegaan in een reeks gegraven kanalen, op ca 100 m aan weerszijden van de puttenrij, oppervlaktewater uit sloten en vaarten te infiltreren. In de laatste jaren zijn in de naaste omgeving van het waterwingebied een aantal vlasroterijen gesticht, die voor het waterleidingbedrijf het gevaar meebrengen dat door het onttrekken van grondwater de zoutgrens naar de richting van het wingebied wordt verschoven en dat het lozen van rootwater, hetwelk een uiterst ongunstige chemische samenstelling bezit, de samenstelling van het gewonnen water ongunstig beïnvloedt. Het is reeds voorgekomen dat rootwater terecht kwam in de sloten, die in rechtstreekse verbinding staan met de infiltratiekanalen. Wettelijke maatregelen, die het onttrekken van grote hoeveelheden grondwater en de lozing van rootwater in de nabijheid van de waterwinplaats onmogelijk maken, zijn voor deze waterleiding dringend nodig.

De lozing van het Hilversumse rioolwater op vloeivelden, gelegen in de Liebergerheide, leidde tot vervuiling van het grondwater.

Door de Amsterdamse Waterleidingen genomen proeven toonden van jaar tot jaar een voortschrijding van het vervuilde grondwater in bepaalde richting duidelijk aan.

Hoofdstuk VI. Conclusies.

1. In de duingebieden van ons land, die als waterwinplaats worden geëxploiteerd treedt in het algemeen tengevolge van het stijgende waterverbruik, een toename van de verzouting op.
2. Overal waar industrie aanwezig is die afvalproducten direct of indirect in de grond loost, wordt verontreiniging van het natuurlijke grondwater veroorzaakt.
3. Uitbreiding van steden en vestiging van nieuwe nederzettingen, zonder dat daarbij voldoende aandacht wordt besteed aan het onschadelijk maken van de afvalproducten, heeft steeds een chemische en bacteriologische verontreiniging van het grondwater ter plaatse ten gevolge.

4. Begraafplaatsen in de onmiddellijke nabijheid van waterwinplaatsen vormen uit hygiënisch en aesthetisch oogpunt een bedreiging voor de drinkwatervoorziening.
5. Het beschermen van grondwater tegen chemische en bacteriologische verontreiniging door het creëren van beschermde gebieden rond de waterwinplaatsen is in vele landen van Europa verder gevorderd dan in Nederland.
6. De voortschrijdende industrialisatie in Nederland vormt, wanneer niet tijdig maatregelen worden genomen, in steeds toenemende mate een bedreiging voor de zuiverheid van het grondwater van onze waterleidingbedrijven, dat ongeveer 80% van de gehele Nederlandse waterproductie moet leveren.
7. Bij het ontwerpen van uitbreidingsplannen voor onze steden en dorpen en bij het verwijderen van afvalstoffen en rioolwater van bestaande bevolkingskernen, dient, meer dan voorheen, aandacht te worden besteed aan het zuiver houden van het grondwater.
8. In het nieuwe ontwerp van wet betreffende de aanleg en exploitatie van begraafplaatsen, is voldoende rekening gehouden met de hygiënische en aesthetische eisen, die een betrouwbare drinkwatervoorziening van de bevolking meebrengt.
9. Ter beveiliging van de grondwatervoorraden van de bestaande pompstations in ons land, dient de mogelijkheid tot het scheppen van beschermde gebieden, zoals die o.m. zijn vastgesteld voor Limburg en Groningen, op korte termijn en met eenvoudige procedure te worden verwezenlijkt.

Literatuur

1. Rapport Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands (1940).
2. Meyer A. F., G.u.W.f. 86 (1943), p. 14
3. Marung H., G.u.W.f. 87 (1944), p. 103
4. Rapport 1940. De watervoorziening van Amsterdam
5. Mazure P., Water 27 (1943), p. 117
6. Krul W. F. J. M., en F. A. Liefcrinck, Recent Groundwater Investigations (1946) p. 14
7. Wolf A. B. D., Publ. Wks N.Y. 73 (1939) no 3 p. 22
8. Parker G. G., J.A.W.W.A. 37 (1945), p. 526
9. Ohrt F., J.A.W.W.A. 39 (1947), p. 979
10. Parker G. G., J.A.W.W.A. 43 (1951), p. 828
11. Black A. P., W. Wks Engng 92 (1939), p. 726
12. Leggett R. M., W. Wks Engng 100 (1947), p. 1076
13. Peterson C. G. S., Chem. Abstr. 42 (1948), p. 1365
14. Baumann P., J.A.W.W.A. 45 (1953), p. 521. Ref. Water 37 (1953),
15. Kisskalt K., Arch. Hyg. 125 (1940), p. 29 W.u. Abw. 39 (1941), p. 4

16. Livingston Penn, Tex. W. W. Short School 21 (1939), p. 28
17. Hynes V. M., J. New. Eng. W.W.A. 56 (1942), p. 355
18. Treat G. B., Water Pollution Abstr. 23 (1950) abstr. 1392
19. Cecil L. K., Ind. Eng. Chem. 42 (1950), p. 594
20. Faust R. J., J.A.W.W.A. 32 (1940), p. 2052
21. Whedbee E., W. Poll. Res. 20 (1947) abstr. 1367
22. Jones O. S., Civ. Engng 17 (1947) no 2, p. 59
23. Requardt G. J., J.A.W.W.A. 37 (1945), p. 291
24. Burt Harmon, Civ. Engng 11 (1941), p. 343
25. Wade J. A. e.a., Summ. curr. Litt. 8 (1935) abstr. 880
26. Lang A., Zeitschr. Ges. Techn. u. Städtehyg. 24 (1932), p. 174
27. Lang A. e.a., G.u.W.f. 83 (1940), p. 6
28. Lee J. A., Chem. Engng 57 (1950), p. 137
29. Ludwig H. F. e.a., W. and S. Wks 96 (1949), p. 192
30. Rawn A. M., Eng. News Rec. 43 (1949), p. 172
31. Stanford J. H., J.A.W.W.A. 30 (1938), p. 1755
32. Baier C. R. e.a., Vom Wasser 14 (1939/40), p. 79
33. Negus S. S., J.A.W.W.A. 30 (1938), p. 242
34. Grenoilleau G., Ann. d'Hyg. 12 (1934), p. 371
35. Diacon F., G.u.W.f. 79 (1936), p. 881
36. Bucceri F., G.u.W.f. 81 (1938), p. 12
37. Clark B. M., Bull. Hyg. Lond. 22 (1947), p. 52
38. — Sew. Wks J. 21 (1949), p. 1036
39. Kawamura, Chem. Abstr. 36 (1942), p. 2018
40. Lang A. e.a., G.u.W.f. 83 (1940), p. 6
41. Robertson H. E. e.a., Can. J. Publ. H. 40 (1949), p. 30 en 72
42. Holman Waring F., J.A.W.W.A. 41 (1949), p. 147
43. Bosch H. M. e.a., J.A.W.W.A. 42 (1950), p. 161
44. Rosenfield A. B., W.P.A. 24 (1951), p. 1
45. Heuvelen W. van, Bull. N. Dak. W. a. Sew. Conf. 16 (1948), no 3
46. Carlishe M. C., W.P.A. 29 (1950), p. 265
47. Maxcy K. F., W.P.A. 24 (1951), p. 97
48. Ewing M. C. e.a., Lancet (Br.) 260 (1951), p. 931
49. Downs E. F., Bull. World Health Org. 3 (1950), p. 165
50. Haupt H., G.u.W.f. 78 (1935), p. 526
51. Graham D. W., J.A.W.W.A. 35 (1943), p. 159
52. State Dep. of H., Ann. Rep. Lab. a. Res. (1944) New York
53. Davids H. W. e.a., W. and Sew. Wks, 98 (1951), p. 528
54. Symon K., W. Pol. Res. 21 no 1 (1948) abstr. 140
55. Rösler B., Vom Wasser, 18 (1950/51), p. 43
56. Müller Jos., G.u.W.f. 93 (1952), p. 205
57. Bruns H., G.u.W.f. 91 (1950), p. 94
58. Wüstenberg J., Arch. Hyg. 132 (1950), p. 227
59. Kruse G., G.u.W.f. 92 (1951), p. 334
60. Spitta O., Handb. Hyg. II (1924), p. 123
61. Schmidt P. H., Schweiz. Naturschutz Nov. 1950 (ref. Natuur en Landschap 4 (1950), p. 128
62. Jaag O., Mon. Bull. Schw. G.u.W.f.m. 32 (1952), p. 199
63. Gorman e.a., Am. J. Publ. H. 39 (1949), p. 443
64. Ayres J. A., Water Pollution Abstr. 23 (1950) abstr. 1143
65. Scott L. G., Nucleonics 6 (1950), p. 18
66. Haaren F. W. J. van, Water 37 (1953), p. 148
67. Comm. W. Supp., Am. J. Publ. H. 28 (1938), p. 137
68. Forbes D., Lancet 234 I (1938), p. 567
69. Petrik M., G.u.W.f. 81 (1938), p. 413
70. Horvath D. E., G.u.W.f. 79 (1936), p. 73
71. Herter C., W.a. W. Engng 51 (1948), p. 222
72. Publ. H. Engng Abstr. 22 (1942) no 4, p. 27 (R.S. 1)
73. Curtis J. K., Can. J. Publ. Wks 41 (1950), p. 456
74. Donle e.a., Arch. Hyg. Berl. 125 (1940), p. 162
75. Carrier M. e.a., Ann. Hyg. publ. Paris 26 (1948), p. 79

76. Kruse H., Ges. Ing. 71 (1950), p. 60
77. Robinson R. D., J. Inst. W. Engrs 3 (1949), p. 309
78. Bruns H., G.u.W.f. 92 (1951), p. 4
79. Carlé R., Zeitschr. Hyg. Ing. Krankh. 128 (1948), p. 214
80. Kisskalt K., G.u.W.f. 92 (1951), p. 2
81. Seeberger Hans, G.u.W.f. 92 (1951), p. 5
82. Rimpau W., Med. M. schr. 1 (1947), p. 452
83. Walther G., G.u.W.f. 92 (1951), p. 23
84. Marquardt E., G.u.W.f. 92 (1951), p. 15
85. Mitteilungen, G.u.W.f. 92 (1951), p. 284
86. Hippe L., Arch. Hyg. 121 (1938), p. 56
87. — Publ. H. Engng Abstr. 22 (1942) no 5 p. 35 (S. 57)
88. Demoll R., G.u.W.f. 92 (1951), p. 297
89. Haaren F. W. J. van, Water 35 (1951), p. 297
90. Brauss F. W., Ges. Eng. 73 (1952), p. 86
91. Pottevin H., Traité d'Hyg. 15 (1911), p. 529
92. Water-Bodem-Lucht, Jg. 41 (1951), p. 89
93. Kuenen P. H., De kringloop van het water (1949), p. 249
94. Wager R., G.u.W.f. 78 (1935), p. 733
95. Wegman T., Mon. Bull. Schw. V.v.G.u.E.f.m. 30 (1950), p. 44
96. Courtheoux M., Techn. san. munic. 43 (1948), p. 27
97. Catheart A. B., Surveyor Lond. 92 (1937), p. 763 en 769
98. Black A. P., W. Poll. abstr. 22 (1940) no 11 abstr. 1291
99. — G.u.W.f. 86 (1943), p. 115
100. Haupt H., Ges. Ing. 60 (1937), p. 236
101. Lehmann H., W.u. Abw. 36 (1938), p. 35
102. Naught P. R. Mc, J. Roy. Arm. Med. Corps 74 (1940), p. 10
103. Donzelli F., Ann. san. publ. 9 (1948), p. 1709
104. Mohler H., Chimia 3 (1949), p. 129
105. Miller L. R. L., J. Milk Techn. 8 (1945), p. 342
106. — W. wks Engng 98 (1945), p. 891
107. Spitta O., Handb. Hyg. II (1911), p. 124
108. Kurth e.a., Inaug. Diss. München 1916
109. Krevets G., Gas. Wasser Wärme 1 (1947), p. 124
110. Task Group E 4 C, J.A.W.W.A. 44 (1952), p. 685
111. Dyer B. R. e.a., Ind. J. med. Res. 33 (1945), p. 17 en 23
112. Knorr M. e.a., Arch. Hyg. 123 (1940), p. 349; W.u. Abw. 38 (1940), p. 96 G.u.W.f. 91 (1950), p. 300
113. Baars J. K., Rapp. no 16, Afd. Gezondheidstechn. T.N.O. Aug. 1952.
114. Wuhrmann K., Mon. Bull. Schw. V.G.u.W.f.m. (1951), p. 357
115. Mom en Schaafsma, Meded. Dienst Volksgez. Ned. Indië 1933 III
116. Beaver P. C. e.a., Ztb. Bakt. I Ref. 148 (1950), p. 333
117. Legler F., Zbl. Bakt. I Org. 155 (1950), p. 294
118. Gärtner H. en Müting L., Arch. Hyg. 132 (1950), p. 244
119. Mallmann W. L. e.a., Sew. Wks Engng 21 (1950), p. 277
120. Gärtner A., Hyg. des Wassers (1915), p. 171
121. Austin W., Vom Wasser 15 (1942), p. 153
122. Faber F. J., Geologie van Nederland (1933), p. 88
123. Hissink D. J., Tien jaren bodemk. onderzoek (1936), p. 23
124. Hooghoudt S. B., Bijdr. Kennis natuurrk. grooth. v. d. grond (1934), p. 246
125. Biemond C., Water 37 (1953), p. 177
126. Hinman J. J., W. Wks Engng 88 (1935), p. 72 en 121
127. Thiele H.e.a., Arch. Hyg. 121 (1938), p. 143
129. Luning e.a. Zie Handb. Lebensm. Chem. 8 I p. 163
130. Hettche H.O., Arch. Hyg. 125 (1940), p. 39
131. Weber, Arch. Hyg. 125 (1940), p. 71
132. Mazurczak L., Mitt. Lebensm. Hyg. Berl. 36 (1945), p. 393

133. Brunotte R., Association Internationale des distributions d'eau, sujet spécial 5 du congres 1949, p. 576 en 581
134. Association Internationale des distributions d'eau, actes du congres 1949, p. 87
135. Instr. Div. San. Dep. H. Publ. Wks N.Y. 71 (1940), p. 4 en 60
136. San. Manual Publ. W. Supp. J.A.W.W.A. 36 (1944), p. 501
137. Tent. Stand. Spec. Deep W., J.A.W.W.A. 37 (1945), p. 913
138. Schuldlich H. M., W.P.A. 24 (1951), p. 98
139. Legisl. Prot. Ind. G. W., J.A.W.W.A. 39 (1947), p. 527
140. Doll B. E., J.A.W.W.A. 39 (1947), p. 1003
141. Black A. P., J.A.W.W.A. 39 (1947), p. 989
142. Goudey R. F., J.A.W.W.A. 39 (1947), p. 1010
143. Pickett A., Sew. Wks J. 19 (1947), p. 4646
144. Meteren R. O. van, J.A.W.W.A. 40 (1948), p. 784
145. Ashley J. K., W. and Sew. Wks 97 (1950), p. 297
146. Singewald Jr., J.A.W.W.A. 37 (1945), p. 280
147. Critchlow H. T., J.A.W.W.A. 40 (1948), p. 775
148. Eliassen R., W. a. Sew. Wks 96 (1949), p. 1
149. Maryl. W. Poll. Contr. Comm., Sew. Wks Engng 20 (1949), p. 244 en 257
150. Bennison E. W., W. and Sew. Wks 97 (1950), p. 163
151. 1e Rep. Centr. Adv. Comm., Underg. W. planning Min. of H. Lond. (1938)
152. Stewart J., W. and W. Engng 51 (1948), p. 12, 350, 380
153. Stewart J., J. Br. W. W. Ass. 30 (1948), p. 41, 326
154. Mackenzie E. F. W., W. a. W. Engng 53 (1950), p. 177
155. Ferron P., Eau 37 (1950), p. 3 en 177
156. Gärtner A., Die Hyg. des Wassers (1915)
157. Spitta O. e.a., Wasserversorgung (1924), p. 122
158. Konrich F., Kleine Mitt. Ver. W.B.L. Hyg.
159. Knorr M., G.u.W.f. 84 (1941), p. 709
160. Hofmann E. F., G.u.W.f. 84 (1941), p. 709
161. Denner J., G.u.W.f. 90 (1949), p. 106
162. Marquardt E., G.u.W.f. 90 (1949), p. 621
163. Holthfer H., Handb. Lebensm. Chem. 8 I (1939), p. 699
164. Spitta O., Handb. Lebensm. Chem. 8 II (1940), p. 290
165. Stiny, Die Quellen, p. 187
166. Unger A., Arch. Hyg. 117 (1937), p. 212
167. Hey R., Ges. Ing. 68 (1947), p. 56
168. Kruse H., Zbl. Bakt. I Org. 155 (1950), p. 252
169. Weidenbach F., G.u.W.f. 92 (1951), p. 229
170. Kruse, G.u.W.f. 92 (1951), p. 306
171. Richtlijnen, Water 37 (1953), p. 273
172. Jenders A., W. and W. Engng 53 (1950), p. 3
173. Pietrkowski Y. e.a., W.P.A. 24 (1951), p. 26
174. Putto G. W., Water 32 (1948), p. 197
175. Putto G. W., Water 34 (1950), p. 156
176. Schadevergoedingsregeling, Water 36 (1952), p. 74
177. Meldingsplicht, Water 36 (1952), p. 121.
178. Krul en Vink. Tsch. Volkshuisvesting en Stedebouw 33 (1952) p. 155.

Juli 1954.