

## 8 Water en menselijke gezondheid

De pasgeboren mens bestaat voor ongeveer 75% uit water. Allengs zakt het watergehalte van de mens. Een volwassen vrouw bevat ongeveer 50% water en een oude bes ongeveer 40%. Bij waterzucht of oedeem is het watergehalte ziekelijk verhoogd. Aanzienlijke plotselinge verminderingen van het watergehalte kunnen problemen veroorzaken. Een netto-waterverlies in de orde van 1 tot 2% van het lichaamsgewicht vermindert het prestatievermogen en vergroot de kans op nierstenen. Een verlies van 8% maakt het spreken moeilijk en kan tot hallucinaties leiden, en een verlies van 12% maakt het slikken onmogelijk.

Een belangrijk punt is verder dat de regeling van de lichaamstemperatuur voor een belangrijk deel op zweten berust. Is daarvoor onvoldoende water, dan loopt de lichaamstemperatuur op. Vooral als het warm is, kan dat snel dodelijk zijn. Een hongerstaking kan maanden duren, maar een 'dorststaking' is veel sneller fataal. Hoe snel hangt af van de temperatuur. Bij een graad of twintig kan het, als men niets doet en in de schaduw blijft, ongeveer twee weken duren voor een dorststaking voor een gezonde volwassene dodelijk is. Voor kleine kinderen is dat beduidend eerder. In een hete woestijn kan het ontbreken van drinkwater al binnen een tot twee dagen fataal zijn.

Omdat de menselijke soort waarschijnlijk is ontstaan in de relatief warme en waterarme savannen van Afrika, wordt wel gespeculeerd dat het evolutionaire voordeel van een geringere kans op watertekort aanzienlijk is. Dit heeft mogelijk een rol gespeeld bij het ontstaan van tweebezigheid. Daarbij is de instraling van zonlicht op het lichaam minder dan bij vierbezigheid en met de vrijgekomen handen kan men water dragen.

In de praktijk is sterfte door uitdroging thans vooral een probleem in ontwikkelingslanden. Vooral bij kinderen onder de vijf jaar kan ernstige diarree, of ernstig braken, een snelle fatale uitdroging ten gevolge hebben. Hoewel prima middelen voor 'orale rehydratie' zijn ontwikkeld, worden deze in grote delen van de wereld niet, of niet op de juiste wijze, toegepast. Het aantal kleine kinderen dat in ontwikkelingslanden aan uitdroging ten onder gaat, wordt geschat op een tot drie miljoen per jaar. In westerse industrielanden komen dodelijke watertekorten onder kleine kinderen nauwelijks voor, mede dankzij de opname van kinderen die dreigen uit te drogen in goed geoutilleerde ziekenhuizen. Een enkele maal kan fatale uitdroging voorkomen bij extreme sportprestaties onder extreme omstandigheden of bij slecht verzorgde bejaarden.

### *Vochtig huis*

Afgezien van de drinkwatervoorziening, zijn er ook andere aspecten van de waterhuishouding die voor de menselijke gezondheid van belang zijn.

Er is het probleem van vocht in huis. De nadelen van vochtige huizen werden in de late negentiende eeuw onderkend. Toen legden diverse dokters een relatie tussen de kans op aandoeningen als luchtwegziekten en het wonen in een vochtig huis. De Nederlandse Woningwet, die in de vroege twintigste eeuw tot stand kwam, had dan ook als



belangrijk doel: de strijd tegen vochtige behuizingen. Ook in recent onderzoek in de Europese Unie en de Verenigde Staten wordt een positieve associatie gevonden tussen vocht in huis, schimmelgroei en de kans om als volwassene luchtwegklachten, waaronder astma, te krijgen. Opwarming van het klimaat leidt tot 'intensivering van de hydrologische cyclus'. Daardoor vertoont in veel nabij zee gelegen gebieden (waaronder Nederland) de neerslag een stijgende lijn. De kans op vochtige huizen wordt daardoor buiten het zomerseizoen vergroot. De strijd tegen vochtige behuizing is nog altijd niet volledig gestreden.

Er zijn meer invloeden van water op de gezondheid. De winterse griepiek in gematigde streken is bijvoorbeeld in verband gebracht met het in de winter relatief lage vochtgehalte van de lucht. Daardoor 'dragen' uitgenieste of gehoeste deeltjes met griepvirussen verder. De meningitisepidemieën in het Sahelgebied zijn gebonden aan de droge periode. Zodra het gaat regenen, verdwijnen ze. In Florida is bij ernstige droogte de kans op bepaalde virusziekten verhoogd, omdat de insecten die deze virussen overdragen dan naar de door mensen bewoonde wereld trekken. Daar is nog water. In de omgeving van het klassieke Rome was het droogvallen van moerassen het sein dat het gevaar van malaria sterk toenam. De malariamuggen kwamen dan in groten getale de stad in. Rijke Romeinen zochten in dat geval hun toevlucht in hun hooggelegen villa's buiten de stad, waar de kans op malaria een stuk lager lag. In Nederland was er in de natte augustusmaand van 2006 een sterke toename te zien in infecties met de Legionellabacterie.

#### *Hygiënische voorzieningen*

Belangrijker nog voor de wereldwijde gezondheid zijn de infectieziekten die worden veroorzaakt door micro-organismen in drinkwater, toiletten en latrines, en de infectieziekten die worden overgebracht door organismen in het water. Volgens een schatting van de Verenigde Naties wordt de helft van alle ziekenhuisbedden op de wereld gebruikt door mensen die aan deze typen infectieziekten lijden. In Afghanistan wordt ruim 16% van de sterfte aan deze infectieziekten toegeschreven, in Mali ongeveer 21%, in Marokko wat meer dan 5% en Suriname ruim 3%. Darminfecties met heftige diarree en malaria veroorzaken wereldwijd de grootste gezondheidsproblemen. Van deze twee hoofdoorzaken heeft malaria tot nu toe de meeste aandacht gekregen. Maar heftige diarree is in de praktijk belangrijker als oorzaak van ziekte en sterfte.

Heftige diarree is goeddeels te voorkomen met een combinatie van goede drinkwatervoorziening, goed wassen (met name van de handen) en goede sanitaire voorzieningen. Aan het succes van de combinatie dragen deze drie maatregelen in ongeveer gelijke mate bij. In gebieden waar wordt geïrrigeerd, draagt een goede afvalwaterzuivering aanzienlijk bij aan de beperking van de kans op diarree. De verspreiding van ziekteverwekkende bacteriën verloopt daar voor een aanmerkelijk deel via besmet voedsel. Ook water voor het drinken van vee kan het besmettingsrisico vergroten. In Nederland helpt drinkwater bij de verspreiding van de bacteriën *Escherichia coli* O157-H7 en *Campylobacter jejuni* naar etenswaren. De bacteriën in kwestie worden

nogal eens gevonden in drinkwatersystemen voor vee. Ze besmetten vervolgens de dieren in kwestie, en de mens pikt de bacterie op bij het consumeren van dierlijke producten of op de boerderij.

In het navolgende worden hygiënische voorzieningen, en het ontbreken daarvan, besproken. Vervolgens wordt aandacht besteed aan infectieziekten die wel in het water maar niet in het drinkwater huizen, en aan riskante stoffen in het drinkwater,

## 8.1 Infectieuze organismen en toxinen in drinkwater en uitwerpselen

Infectieuze organismen in drinkwater vormen al lang een probleem. Sinds mensheugenis zijn ziekten die het gevolg zijn van ziektekiemen in het drinkwater een belangrijke oorzaak voor ziekte en dood. Dat bleef niet onopgemerkt.

In de bijna 2500 jaar oude geschriften die worden toegeschreven aan Hippocrates wordt gewaarschuwd voor het drinken van water in moerasgebieden. Dit water zou leiden tot een 'harde milt' en een 'harde en hete maag', terwijl hoofd en de schouders zouden vermageren. Verder worden in de Hippocratische geschriften diarreeziekten in verband gebracht met het drinken van slecht water, en wordt de voorkeur gegeven aan regenwater, zoet en helder water dat uit de bergen en de heuvels komt of water uit diepe putten.

### *Klassieke oudheid*

Wanneer voorzieningen voor uitwerpselen niet goed zijn gescheiden van de drinkwatervoorziening kan het infectieprobleem zeer aanzienlijk zijn. Dat was bijvoorbeeld zo in het oude Egypte, waar de Nijl diende voor de drinkwatervoorziening, voor de irrigatie van voedselgewassen en als dumpplaats voor uitwerpselen. Als gevolg daarvan waren er veelvuldige darminfecties met amoeben en Salmonella's. In de elfde eeuw was dat nog steeds zo. Ibn Ridwan beklaagde zich erover dat de inwoners van wat nu Caïro is hun uitwerpselen in de Nijl dumpten en Nijlwater gebruikten als drinkwater. Ook dicht bij oppervlaktewater liggende waterputten kunnen vanuit dat oppervlaktewater worden besmet.

Dumping van uitwerpselen in de bodem kon eveneens tot problemen leiden. In zandbodems moet bijvoorbeeld een (niet afgeschermd) latrine minstens 25 meter verwijderd zijn van een drinkwaterput, anders kan het drinkwater besmet raken met ziekteverwekkende bacteriën en amoeben. Bij grote, leegsijpelende beerputten, zoals die in Europese steden lang gangbaar waren, moest de veilige afstand vaak nog aanzienlijk groter zijn om drinkwaterbesmetting door ziekteverwekkers in uitwerpselen te voorkomen. Vooral in steden was en is de afstand tussen uitwerpselen en drinkwaterput vaak te klein. Daardoor konden en kunnen infectieziekten dramatisch uit de hand lopen.

Arrangementen waarbij een scheiding tussen drinkwatervoorziening en uitwerpselen werd doorgevoerd, zijn oud. Harappa, een stad in de Indusvallei, had 4500 jaar terug een uitgebreid rioleringssysteem dat afvalwater, inclusief de lozingen uit sanitaire



voorzieningen, de stad uitvoerde. In 4000 jaar oude gebouwen uit de Minoïsche tijd op Kreta zijn watertoiletten gevonden met afvoer naar riolen die op zee loosden. In het Bijbelboek Deutronomium worden stedelingen van Israel gemaand voor het doen van hun behoeften de stad uit te gaan, daar een kuil te graven en deze na gedane behoefte weer dicht te maken. Het drinkwater bestond in veel Bijbelse steden uit relatief veilig regenwater. Jeruzalem werd in de eeuw voor Christus door koning Herodes voorzien van een 24 kilometer lang aquaduct dat relatief schoon water de stad in bracht.

In het opgegraven Ostia Antiqua kan men nog steeds plaats nemen op een rij antieke watertoiletten. Anno 97 beschikte Rome over negen aquaducten die het water van ver buiten de stad haalden. Per hoofd van de bevolking voerden deze aquaducten dagelijks 1550 liter water aan. Ook had Rome vanaf de zesde eeuw voor het begin van onze jaartelling het achtste wereldwonder: de Cloaca Maxima. De Cloaca waren oorspronkelijk bedoeld als drainagesysteem voor de moerassen op de plaats waar nu het Forum Romanum ligt, maar de Cloaca Maxima ontwikkelden zich tot een rioolstelsel dat een deel van de in Rome geproduceerde uitwerpselen afvoerde naar de Tiber. Het Romeinse York (Engeland) beschikte over een aquaduct dat water aanvoerde uit het nabijgelegen hoogland en een rioleringsstelsel dat afvalwater afvoerde naar de rivier de Ouse.

Er waren in de klassieke tijd gemengde gevoelens over rioleringen. Terugslag van het riool, waardoor vies water gebouwen instroomde, was waarschijnlijk een aanmerkelijk probleem. Dat gold ook voor de Cloaca Maxima. Als de Tiber overstroomde kwam het rioolwater de huizen in. Bovendien waren er verstoppingen met een vergelijkbaar effect. Ook gingen er horrorverhalen rond. Een voorbeeld daarvan is een door Aelianus (tweede eeuw) opgetekend verhaal over een roofzuchtige inktvis in het riool. En kennelijk fungeerde het riool als dumpplaats voor wat niet deugt. Zo werd de geëxecuteerde Sint Sebastiaan in de Cloaca Maxima gedumpt, en is bij een opgraving van een Romeins badhuis in Ashkelon gevonden dat meer dan honderd babylijkjes in het riool waren gestopt.

Met de val van het West-Romeinse rijk verviel in de regel ook het onderhoud van de riolering en aquaducten. En ook in het Oost-Romeinse rijk werd daar wel eens een potje van gemaakt. Het ergste verwijt dat de geschiedschrijver Procopius de Oost-Romeinse keizer Justinianus (zesde eeuw) maakte, is dat deze weigerde het aquaduct van Byzantium te repareren met het doel de inwoners van de stad te doden.

### *Middeleeuwen*

In het vroegmiddeleeuwse Europa was de wijsheid van scheiding tussen uitwerpselen en watervoorziening goeddeels vergeten. Dat is mooi te zien aan het eerder genoemde York. De vroegmiddeleeuwse stad (van de Vikingen) leek nog het meest op een grote hoop compost inclusief uitwerpselen. Water werd uit de rivier de Ouse geput en uitwerpselen werden daar voor een deel weer op geloosd.

Minder extreem was de situatie in dorpen. Daar werden uitwerpselen veelal in een greppel gedeponeerd, die zich 'op een boogschot' afstand van de boerderijen bevond.

Wat later in de middeleeuwen worden in burchten 'garderobes' of 'sekreten' gebouwd, van waaruit uitwerpselen via een gat in de muur op de slotgracht kunnen worden geloosd. West-Europese studenten gaan hun uitwerpselen vanuit het raam op straat gooien en er komen latrines boven het water. Deze laatste houden in de Lage Landen een lang leven. In de vesting Boertange kan men voorbeelden daarvan zien en tot ongeveer vijftig jaar terug werden zulke latrines nog gebruikt in het Haaldersbroek (onderdeel van Zaanstad).

Tijdens de latere middeleeuwen werden in veel groeiende West-Europese steden pogingen gedaan om de situatie te verbeteren. Er kwamen meer beerputten. En er werden ophaalsystemen georganiseerd voor de in sekreten en beerputten verzamelde menselijke uitwerpselen. Deze werden buiten de stad gedumpt – of, zoals in de Lage Landen vaak het geval was, toegepast als mest in de landbouw. Deze aanpak leidde tot een aanmerkelijk infectierisico voor de betrokken werkers, en bij toepassing in de landbouw niet alleen tot hogere opbrengsten, maar ook tot recycling van ziektekiemen. Het ophaalsysteem voor uitwerpselen gaf waarschijnlijk wel minder infectieproblemen dan de vervuiling van het drinkwater door dumping van uitwerpselen in bodem en oppervlaktewater. Er kwamen voorts in veel steden verboden om uitwerpselen en ander rottend materiaal op straat te dumpen, en geboden om de straten regelmatig schoon te maken. Straten werden op ruime schaal voorzien van goten die als riolering dienden. Deze aanpak leidde, hygiënisch gezien, waarschijnlijk tot een bescheiden stap vooruit.

In de Lage Landen organiseerden veel steden vanaf de middeleeuwen inzamel-systemen voor uitwerpselen. Burgers waren ook op eigen initiatief actief. In het negentiende-eeuwse Coevorden en Roermond sloegen arme mensen hun uitwerpselen bijvoorbeeld op om deze zelf aan boeren te verkopen. Net als elders in Europa betekende dat waarschijnlijk hygiënisch een bescheiden stap vooruit. De belasting van het water met ziekteverwekkers afkomstig uit uitwerpselen, bleef echter aanzienlijk. Erger werd geruime tijd voorkomen door de sterke waterverversing in het zeer waterrijke Zeeland, Holland en Friesland. Vooral in Holland werd in de zeventiende en achttiende eeuw echter sterk ingepolderd, en dat gaf, zoals in hoofdstuk 2 uiteengezet, aanleiding tot een forse verslechtering van de waterkwaliteit.

#### *Negentiende en twintigste eeuw*

Het inzamelen van uitwerpselen bestond voor een deel in het leegscheppen van beerputten. Voor de stedelijke inzamel-systemen werden verder vaak tonnen gebruikt, maar bijvoorbeeld in Zwolle deed men tot 1870 de uitwerpselen in teilen of emmers die men buiten zette voor de ophaaldienst. Het systeem met tonnen en dergelijke voor de verzameling van uitwerpselen heeft in Nederland lang stand gehouden. In Amsterdam functioneerde het tot in de twintigste eeuw voor een deel van de hoofdstedelijke poep. Utrechtse uitwerpselen werden tot in het eerste decennium van de twintigste eeuw geëxporteerd naar Noord-Brabant, de Veluwe en de veenkoloniën. Met de menselijke mest uit de stad Groningen werden de Groningse veenkoloniën

vruchtbaar gemaakt en gehouden. Ook daar bleef het tonnensysteem tot in de twintigste eeuw in bedrijf. Zutphen had in 1963 nog 122 tonnen voor de verzameling van poep uitstaan. In Rotterdam haalde men in 1968 uitwerpselen van de 's Gravenweg in tonnen op. In Goes verdween de laatste gemeentelijke ton in 1978 en te Alkmaar in 1985.

De neergang van de ton was nauw verbonden met de opkomst van het watercloset. Waterclosetten loosden deels op beer- of zinkputten, die in toenemende mate de watertoevoer niet aankonden. Door de bijbehorende overstromingen raakte het grondwater sterk vervuild. Of de waterclosetten loosden op het oppervlaktewater. Dat was onder meer het geval in de binnenstad van Amsterdam, waar het vangen van 'drolbaarsen' in de grachten de kinderen bezig hield.

In hoofdstuk 2 is aandacht besteed aan de opkomst van rioleringen in het negentiende- en twintigste-eeuwse West-Europa. De eerste rioleringen werden ruim voor die tijd gelegd. Te Parijs werd wat nu de Boulevard Saint Michel is in de vijftiende eeuw voorzien van een ondergrondse riolering. Daarna kwam het in Parijs tot uitbreidingen van de rioleringen. De vraag waar het spul uit de Parijse rioleringen naar toe moest, werd daarbij een heet hangijzer. In 1550 wilde koning Hendrik II een aantal Parijse rioleringen laten uitmonden in de Seine. Dat ging na hevig verzet van de stedelingen niet door: de helft van de Parijzenaars was aangewezen op water uit de Seine om te koken en te drinken.

De bestaande ondergrondse rioleringsvoorzieningen waren niettemin in de achttiende eeuw de trots van de filosofen die bijdroegen aan de Verlichting. Napoleon breidde ze fors uit. En halverwege de negentiende eeuw maakte baron Haussmann een groot project van de ondergrondse riolering in het snel expanderende Parijs.

In Nederland kwam, zoals beschreven is in hoofdstuk 2, het rioleren moeizaam van de grond. In Amsterdam werd pas in 1906 serieus met de aanleg van ondergrondse rioleringen begonnen. In 1977 loosden veel Amsterdamse grachtenpanden nog altijd direct op het grachtwater. En nu is dat nog altijd het geval bij een aantal woonboten. Amsterdam was geen uitzondering. Zo schreef het jaarverslag 1948-1949 van het Rijks Instituut voor de Zuivering van Afvalwater over Elburg: 'In deze gemeente heersen nog middeleeuwse toestanden op het gebied van de afvoer van afvalwater. Gedeeltelijk wordt het gemeentelijk rioolwater op open straatgoten afgevoerd, gedeeltelijk op sterk verontreinigde grachten'. En in het jaarverslag over 1952/1953 schreef hetzelfde Instituut over de gemeente Beesd (16 000 inwoners), dat er in het geheel geen riolering was. 'fecaalstoffen komen er terecht in zinkputten, waarvan praktisch geen meer werkt'.

### *Reinheid van bier*

De drinkwatervoorziening was in West-Europa, de Lage Landen inclusief, lang beklagenswaardig. Op bescheiden schaal kwam het tot pogingen om verontreiniging van het te drinken water te beperken. Studenten in Oxford protesteerden er bijvoorbeeld tegen dat de plaatselijke bierbrouwers waterputten gebruikten die direct naast open rioleringen lagen. De Engelse koning Edward I (1272-1307) bepaalde dat het daarmee

afgelopen moest zijn, wat volgens de studenten 'de reinheid van het bier' ten goede kwam. De honderden Amsterdamse brouwers konden in de veertiende eeuw hun water nog met droge ogen uit de Amstel en de grachten halen. Maar in de vijftiende eeuw werd de kwaliteit al zo slecht gevonden dat naar ander water moest worden omgezien. Dat water werd in de eeuwen daarna vaak uit de Vecht gehaald. Brouwers en bemiddelde burgers werden belangrijke afnemers van Vechtwater. Benutting van Vechtwater duurde tot ver in de negentiende eeuw. Ook werd veel gebruik gemaakt van opgevangen regenwater. In de achttiende eeuw werden door de gemeente Amsterdam reservoirs gebouwd om daarmee droge perioden door te komen.

Aan het eind van de achttiende eeuw werd in de 'Verzameling van stukken betrekkelijk de instelling eener Commissie van Geneeskundig Toezicht te Amsterdam' vastgesteld dat de hygiëne belabberd was. Inderdaad waren er in Amsterdam veelvuldig dysenterie- en tyfusedemieën, waarbij slechte hygiëne en slecht water een belangrijke rol speelden. Maar de constatering dat de situatie belabberd was, leidde tot niets. Elders in Nederland was dat niet anders. De beperkt beschikbare cijfers wijzen erop dat gedurende de achttiende eeuw tyfus- en dysenterie-epidemieën in Nederlandse steden en dorpen schering en inslag waren, waarbij vooral de armen zwaar werden getroffen. Maar het bleef zoals het was.

### *Cholera*

Gedurende de negentiende eeuw waren er in West-Europa, waaronder Nederland, cholera-epidemieën. Deze vormden een onderdeel van wereldwijde epidemieën die hun oorsprong in Azië hadden. Cholera ('Aziatische braakloop' of 'klere' in de volksmond) leidde vaak tot een 'blauwe dood', vernoemd naar blauw verkleurde ledematen van de overledene.

Het is aannemelijk dat de oorsprong van deze cholera-epidemieën grotendeels terugging op de besmetting van plankton en vervolgens 'zeebanket', zoals oesters, garnalen, krabben en vissen. Ook trad overbrenging van cholera door bootslieden op. Eenmaal 'aangeland', verliep de verspreiding voor een belangrijk deel via het drinkwater, vooral putwater en oppervlaktewater. Het duurde lang voordat men dat goed doorkeeg. Een belangrijke factor was dat de medische stand in Nederland sterk werd beïnvloed door de theorieën van de Duitse professor Pettenkofer, die meende dat cholera niet door drinkwater wordt verspreid.

In de jaren 1830 kregen 'de armen' de schuld van de cholera en werden tijdens epidemieën kermissen verboden. De Commissaris van de Koningin in Overijssel kwam in 1849 met de volgende raad: 'Bij den Aziatischen braakloop oefent de zielsgesteldheid eenen grooten invloed uit. Men vermijde al te sterke inspanningen van den geest en trachte steeds alle hevige gemoedsaandoeningen als angst, vrees, kommer, toorn enz. zorgvuldig voor te komen'. In 1866 waarschuwde de Amsterdamse Cholera-commissie (ten onrechte) tegen het eten van pruimen. De Zwolse pastoor Roelofs had in datzelfde jaar een andere verklaring 'Er is (...) geconstateerd, dat de aangetasten door de cholera voor het merendeel dronkaards of lieden van een slechten levenswandel waren'. In 1867 stelde de Delftse hoogleraar Vogelsang vast: 'Men heeft volgens den tegenwoordigen stand van den wetenschap volkomen het recht, om de uitbrei-



ding van vele epidemieën, en waarschijnlijk ook van de cholera, op eene zuiver stoffelijke infectie door lage organismen terug te voeren. Dat het drinkwater voor zulke organismen een zeer geschikt verspreidingsmiddel is, kan men niet loochenen'. Maar een goed deel van de burgerij loochende dat volgens professor Vogelsang wel. Zij stonden op het standpunt: 'Onze vaders en grootvaders zijn met dezelfde grachten, dezelfde putten en dezelfde huizen gezond gebleven en oud geworden'.

In 1884 toonde Robert Koch spijkerhard het causale verband aan tussen cholera en infectie met de cholera-bacterie (*Vibrio cholerae*) die voorkwam in drinkwater. In Nederland was er de onvermijdelijke Staatscommissie voor nodig om dat te bevestigen. In 1897 werd door deze Staatscommissie gewag gemaakt van een onderzoek waarbij tien jaar lang mensen werden vergeleken die met fecaliën vervuild oppervlaktewater dronken dan wel regenwater consumeerden. In de eerste groep werden 81 gevallen van cholera geconstateerd en in de tweede één. Ook van andere infectieziekten, zoals tyfus en dysenterie, kwam vast te staan dat ze in belangrijke, tot overweldigende, mate te wijten waren aan slecht drinkwater.

In drinkwater voorkomende ziektekiemen eisten gedurende de negentiende eeuw grote aantallen slachtoffers. In een betrekkelijk kleine stad als Leiden overleden in de negentiende eeuw bijvoorbeeld meer dan 3000 mensen aan cholera. Tijdens de cholera-epidemie van 1866-1867 stierf in Amsterdam 9,6% van de inwoners van de Jordaan. Het totale aantal dodelijke choleraslachtoffers beliep in het negentiende-eeuwse Nederland meer dan 65 000. Ook andere, door slecht drinkwater veroorzaakte, darminfecties kwamen veel voor. Tyfusepidemieën troffen in 1841 Assen, in 1856 Groningen, in 1863 Leeuwarden, in 1865 Maassluis en in 1883 Leiden. Tijdens de droogte van 1868 werd in Zeeland Maaswater uit de buurt van Rotterdam aangevoerd. De veelvuldige diarree die daardoor ontstond, werd als 'de Rotterdammer' aangeduid. In 1880 werd 6,4% van de sterfte in Nederland toegeschreven aan 'diarreeziekten'.

De bewoners van Nederlandse steden liepen vanwege het relatieve slechte drinkwater in de negentiende eeuw een verhoudingsgewijs grote kans op cholera en andere darminfecties. Elders in Europa was men vaak verder met de beveiliging van de drinkwatervoorziening. Parijs had sinds 1806 een grote installatie voor het filtreren van Seinewater. Vanaf 1823 werd geheel Toulouse van gefiltreerd water voorzien. In 1830 beschikte in Londen ongeveer een derde van de woningen over relatief veilig gefiltreerd drinkwater.

De cholera-epidemieën maakten indruk. De daden van de overheden liepen echter sterk uiteen. Het meest alert was de regering van het Verenigd Koninkrijk. Deze alertheid had mede zijn oorzaak in de hoge uitgaven die van overheidswege moesten worden gedaan voor de arme choleralijders.

De Publieke Gezondheidswet van 1848 regelde voor Engeland dat wanneer de jaarlijkse sterfte boven de 23 per duizend kwam, maatregelen moesten worden genomen om de sterfte onder dat niveau te krijgen. De te nemen maatregelen waren gefocust op de aanleg van waterleidingen, die steeds water konden leveren, de aanleg



van riolen en de recycling van afval. Aanvankelijk was de Publieke Gezondheidswet nog vaag wat betreft de daadwerkelijke verplichtingen van overheden, maar na een aanscherping in 1878 verdween elke vrijblijvendheid.

Een studie liet zien dat in alle grotere Nederlandse steden gedurende de periode 1865-1872 de sterfte veel hoger lag dan 23 per duizend, maar de reactie van de regering daarop was lauw. Het hoogst lag de jaarlijkse sterfte in Dordrecht (gemiddeld meer dan 35 per duizend), waar de uitwerpselen in, en het drinkwater uit, de rivier kwamen.

In de periode na 1851 kwam het tot een serie internationale sanitaire conferenties in Europese hoofdsteden. Deze werden gedomineerd door Europese landen en de nadruk lag sterk op het creëren van een 'fort Europa' dat de 'Aziatische braakkloop' buiten de deur moest houden. Veel aandacht werd besteed aan scherpe controles bij het Suez-kanaal, dat snel transport tussen Azië en Europa mogelijk maakte. En er werd veel gesproken over de jaarlijkse hadj van moslims naar Mekka, die als belangrijke aanjager voor de verspreiding van cholera werd gezien. De Engelse arts W.J. Simpson vatte dat zo samen: 'Mekka is naar mijn mening voor Europa een gevaarlijke plaats en een permanente bedreiging voor het Westen'.

### *Waterleiding*

In Nederland veranderde cholera zeer geleidelijk de opstelling van de lokale overheden tegenover een publieke drinkwater- en rioleringsvoorziening. Deze verandering werd versterkt door een groeiende interesse van de meer gegoede burgerij voor wassen en baden, waarover verderop meer. De drinkwatervoorziening profiteerde daarvan het meest. De eerste stap bij cholera-epidemieën van overheidswege was het gratis verstrekken van drinkwater. Dat hielp echter onvoldoende. De gemeente Breda zocht de oplossing daarvoor in petroleum. Dit werd in de grachten gegooid, om de burgerij af te houden van het drinken van grachtwater. Anderen zochten het in een betere distributie van betrouwbaar water. Daardoor kwam de ontwikkeling op gang die het overgrote deel van de drinkwaterverzorging in handen bracht van drinkwaterbedrijven die het water intensief zuiveren. Gedurende de periode 1850 tot 1910 ziet men in alle grotere Nederlandse steden initiatieven om tot een centrale drinkwatervoorziening via waterleidingen te komen. Den Helder kreeg in 1856 een dergelijke voorziening, den Haag in 1874, Leiden in 1878, Nijmegen in 1879 en Utrecht in 1883. Het daarvoor benodigde water moest vaak over flinke afstanden worden aangevoerd. Utrecht haalde water uit de Utrechtse heuvelrug. Amsterdam, dat in 1853 zijn eigen waterleiding kreeg, moest een pijpleiding leggen naar de 'Waterleidingduinen'. In 1866 had de Amsterdamse duinwaterleiding 8505 abonnees en 56 tappunten, waar men emmers duinwater kon halen. Rond 1900 kreeg ongeveer 59% van de Nederlanders water uit het waterleidingnet.

Bij de zesde choleraepidemie die Nederland in 1909 bereikte, vielen nog steeds mensen ten prooi aan de 'blauwe dood', onder meer in Amsterdam, Rotterdam, Zevenbergen, Jaarsveld, Uithoorn, Breda, Gorkum, Utrecht, Tholen, Middelburg, Vlaardingen, Hattum, Dirksland, Hansweert en Lopik. Maar de aantallen getroffen waren wel veel lager dan in de negentiende eeuw. De sterfte door tyfus daalde in de periode 1880 tot 1917 met ongeveer een factor drie.



De uitbreiding van de Nederlandse openbare drinkwatervoorziening verliep langzaam. Tot ver in de twintigste eeuw bleven flinke gebieden ervan verstoken. Spijkenisse was bijvoorbeeld in 1945 niet aangesloten op het openbare drinkwaternet. Vooral ook daardoor brak in dat jaar een tyfusepidemie uit die zestien dodelijke slachtoffers eiste. Dat gaf de stoot tot aansluiting van Spijkenisse op de Rotterdamse drinkwaterleiding. Vooral op het platteland was het aantal aansluitingen op het drinkwaternet gering. In 1951 was het percentage niet-aangeslotenen in Drente 63,7, in Friesland 40,4 en in Gelderland 40,3. Op het eiland Texel werd pas in 1954 overgestapt op een openbare drinkwatervoorziening. In 1963 had nog altijd 1 op de 25 Nederlanders geen aansluiting op het leidingwaternet.

### *Waterreiniging*

De beveiliging van het openbare drinkwater was in eerste aanleg een zaak van goede reiniging. Sedimentatie, ontijzering en filtratie werden veel toegepast. In de duinen ging het bijvoorbeeld om langzame zandfiltratie. Later kwamen daar aanvullende behandelingen bij. Een daarvan was desinfectie. Chloor voor desinfectie van openbaar drinkwater werd, voor zover bekend, het eerst ter wereld gebruikt in het Belgische Middelkerke, in 1902. In de Eerste Wereldoorlog werd de toepassing van chloor in West-Europa sterk vergroot. Het was goedkoper dan andere methoden om infectieuze micro-organismen te bestrijden en kapot gebombardeerde waterleidingen konden er goed mee worden ontsmet. Grootschalige chloortoepassing in Nederland kwam in de jaren dertig van de grond. Nice was in 1906 de eerste stad waar water werd gedesinfecteerd met ozon. Breda, Rotterdam en Weesp hoorden tot de vroege navolgers van ozonbehandeling.

Beide typen behandeling, met chloor en met ozon, worden nog altijd op grote schaal toegepast. Desinfectie kan aanleiding geven tot de vorming van bezwaarlijke stoffen in het water, maar de nadelen daarvan wegen niet op tegen de voordelen van desinfectie.

De minste bezwaren heeft in Nederland de desinfectie met de combinatie van ultraviolette straling en ozon. De bezwaarlijke stoffen die bij behandeling met desinfectiemiddelen worden gevormd, komen later in dit hoofdstuk aan de orde.

De baten van een goed werkende centrale drinkwatervoorziening waren en zijn enorm. Vanuit gezondheidsoogpunt heeft deze, samen met handen wassen en de aanleg van goede sanitaire voorzieningen, gezorgd voor de grootste stap voorwaarts in gezondheid van de bevolking uit de Nederlandse geschiedenis. Niet alleen werden in Nederland infectieziekten als dysenterie, cholera en tyfus er adequaat mee bestreden, ook de algemene gezondheidstoestand knapte ervan op. Dit hing waarschijnlijk samen met de verminderde nasleep van infectieziekten, bestaande in een verminderde afweer tegen andere infectieziekten en hart-, nier- en leveraandoeningen. Wel was het aanleggen van de drinkwaterleidingen niet noodzakelijk een onverdeeld genoeg. Doordat privéputten voor drinkwatervoorziening niet meer of minder benut werden, steeg her en der de grondwaterstand. Dit kon woningen vochtiger maken en dat was weer nadelig voor de gezondheid van de bewoners.

### *Bescherming waterwingebieden*

De waterwingebieden moesten goed beschermd worden. Een belangrijk incident dat veel heeft bijgedragen aan de daadwerkelijke bescherming dateert van 1919 en vond plaats in het Duitse Pforzheim. Daar werd drinkwater verontreinigd met de bacterie die tyfus veroorzaakt (*Salmonella typhi*) doordat op bevroren akkers, die deel uitmaakten van een waterwingebied, menselijke uitwerpselen bij wijze van meststof werden uitgereden. Het resultaat: 4000 gevallen van tyfus en 400 doden. Deze ramp werd in West-Europa een belangrijke factor bij het ontstaan van drinkwaterbeschermingsgebieden en gaf ook een impuls aan de rioolwaterzuivering. In Nederland duurde het overigens lang voordat deze impuls doorwerkte in een adequate zuivering van het rioolwater, zoals in hoofdstuk 2 is beschreven.

Nederland en andere industrielanden beschikken nu over een goed beveiligd openbaar drinkwaternet, dat het overgrote deel van de bewoners bedient. Darminfecties die traditioneel via drinkwater werden verspreid, zijn daardoor drastisch teruggedrongen. En tegen veel recent in de belangstelling gekomen soorten infecties die het drinkwater kunnen besmetten (zoals rotavirussen, calcivirussen, astrovirussen, norovirussen, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Yersinia*, *Giardia*, *Cryptosporidium* en *microsporidia*) zijn de Nederlandse openbare drinkwaterbedrijven goed gewapend. Filtratie door zand en de toepassing van ontsmetting door ultraviolette straling en ontsmettingsmiddelen als ozon zorgen daarvoor.

Niet alleen organismen, ook door organismen geproduceerde toxinen kunnen overigens gezondheidsschade veroorzaken. Afdoende voorzieningen tegen deze toxinen zijn geen sinecure. Standaardmethoden voor drinkwaterbereiding zoals de combinatie van uitvlokken, filtreren (door zand) en chloreren zijn bijvoorbeeld niet toereikend. Behandeling met ozon en actieve kool kunnen dat wel zijn. Deze worden in Nederland vaak ingezet.

### *Geen 100% veiligheid*

Ondanks de veiligheidsvoorzieningen die in industrielanden als Nederland gebruikelijk zijn, is de openbare drinkwatervoorziening niet 100% veilig. Een illustratie daarvan vormt de *Legionella*-bacterie die vooral goed gedijt wanneer water langere tijd op temperaturen tussen de 30 en 40°C wordt gehouden. Bij langdurige stilstand van het water kan het aantal *Legionella*-bacteriën in het water uit de kraan of douche hoog oplopen. Deze bacteriën kunnen, wanneer ze in fijne waterdruppels rondvliegen, longontsteking of een soort griep ('Pontiac koorts') veroorzaken. Fijne waterdruppels kunnen ontstaan bij douchen, uit bubbelbaden, bij koeltorens, door airconditioning en door het 'misten' van kassen. De eerste spectaculaire besmetting door deze bacterie vond plaats in 1976, tijdens een bijeenkomst van Amerikaanse oorlogsveteranen in een hotel te Philadelphia. In Nederland geniet de *Legionella*-bacterie ruime bekendheid door een besmetting van een bubbelbad op de Westfriese Flora van 1999, die 28 dodelijke slachtoffers eiste. In het zelfde jaar werd de jaarmarkt te Kapellen (België) getroffen door een *Legionellabesmetting*, waarschijnlijk veroorzaakt door een whirlpool, met als gevolg vijf dodelijke slachtoffers. Het overgrote deel van de

Legionellabesmettingen heeft een meer individueel karakter. Wereldwijd bekeken zijn er opvallend veel besmettingen rond koeltorens en in kuuroorden. Wanneer men water vijf minuten op 60°C houdt, verdwijnt het risico van Legionellabesmetting. Naast Legionella zijn er ook andere bacteriesoorten die goed aarden in water van 30 tot 40 graden Celsius. Het gaat daarbij om Pseudomonas-soorten, waaronder de Pseudomonas aeruginosa, en Mycobacteriën. Tot de laatste behoort de Mycobacterium avium. Deze kan uitstekend tegen chloor. Wanneer veel chloor wordt gebruikt om het water bacterievrij te krijgen, is de kans groot dat juist deze bacterie veel voorkomt. Ook sommige amoeben, zoals de Naegleria fowleri, doen het prima in water van 30 tot 40°C. Deze micro-organismen vormen soms een probleem in de openbare watervoorziening van industrielanden. Vooral mensen die over een minder goed functionerend afweersysteem beschikken, kunnen er slecht tegen. Ook de Helicobacter bacterie, die maagzweren kan veroorzaken, wordt wel in openbare waterleidingssystemen aangetroffen.

#### *Particuliere putten*

In industrielanden is niet iedereen aangesloten op het openbare drinkwaternet. In de Verenigde Staten heeft bijvoorbeeld ongeveer 2% van de burgers geen aansluiting en in Canada 13%. De particuliere watervoorziening is in doorsnee veel minder goed beschermd tegen ziekteverwekkers dan de openbare. Onderzoek in Engeland en Wales heeft laten zien dat de kans op een darminfectie via water uit een particuliere put tot ongeveer 35 maal zo groot is als bij aansluiting op het publieke drinkwaternet. Een in 2005 gepubliceerd onderzoek liet zien dat het water op een aantal 'campings bij de boer' in Nederland besmet was met de bacterie Escherichia coli O157:H7. Deze bacterie kan in diverse soorten dieren huizen, zonder dat de dieren er ziek van raken. Op 'campings bij de boer' wordt de bacterie waarschijnlijk vooral verspreid door melkvee. Escherichia coli O157 H7 is er in verschillende varianten. De laatste tien jaar is het aandeel van de meer gevaarlijke varianten bij infecties door deze bacterie groter geworden. De infecties kunnen vooral bij bejaarden en kinderen onder de vijf jaar een zeer ernstige vorm van diarree veroorzaken, evenals ernstige nierschade en vernietiging van bloedlichaampjes.

Een wereldwijd sterk opkomende infectieziekte, die deels via drinkwater wordt verspreid, heeft als veroorzaker het protozoön Cryptosporidium. Het is waarschijnlijk dat opwarming van het klimaat de kans op een infectie met Cryptosporidium doet toenemen. Het protozoön slipt door rioolwaterzuiveringsinstallaties heen. Gevaarlijke varianten van dit protozoön deelt de mens met een aantal dieren, waaronder ganzen, herten, katten, schapen en runderen. In de Verenigde Staten veroorzaakt Cryptosporidium jaarlijks veel infecties via het drinken van water uit particuliere putten die besmet zijn met het protozoön. Cijfers over de kans op zo'n infectie in Nederland ontbreken.

Al zijn infectieproblemen niet geheel verdwenen, het drinkwater in industrielanden is op het punt van levende ziekteverwekkers nu zo sterk verbeterd, dat een aantal onderzoekers daarover bezorgd is. In de afgelopen decennia trad een sterke toename

op van ernstige allergieën, waaronder astma, bij kinderen. Een sinds 1989 populaire verklaring daarvoor is de hygiënehypothese. Deze schrijft de toegenomen kans op ernstige allergieën toe aan een afgenomen contact met ziekteverwekkers. Het is echter extreem onwaarschijnlijk dat de afgenomen besmetting van drinkwater daaraan een bijdrage heeft geleverd. Het totstandkomen van een sterk verbeterde drinkwatervoorziening ging in industrielanden lang vooraf aan de stijgende kans op ernstige allergieën.

### *Recht op goed drinkwater*

Het grote belang van gezond drinkwater heeft ertoe geleid dat inmiddels een flink aantal conventies, verdragen en een resolutie van de Verenigde Naties, recht op goed drinkwater (verkrijgbaar tegen redelijke kosten) tot de mensenrechten rekent. Het tot gelding laten komen van dit mensenrecht gaat niet altijd over rozen. Op het ogenblik zitten nog ongeveer een miljard mensen zonder tenminste fatsoenlijk drinkwater. De voor de hand liggende oplossing voor het veilig stellen van dit recht is een als openbaar nutsbedrijf georganiseerd waterleidingsstelsel, zoals we dat ook in Nederland hebben gekregen. De grondlegger van het liberalisme John Stuart Mill onderstreepte dat in zijn uit de jaren 1840 daterende *Principles in Political Economy*. Hij achtte een publiek nutsbedrijf beter dan watervoorziening door private bedrijven. Veel lokale liberale bestuurders in landen als Engeland, Duitsland en Nederland waren het met hem eens. Hun opvatting wordt gesteund door onderzoeken die laten zien dat een goed werkend publiek nutsbedrijf inderdaad relatief lage kosten heeft. Het beste voorbeeld van een goed werkend publiek waterbedrijf is thans vermoedelijk dat van Singapore, dat ook voorziet in hoogwaardig hergebruik van verbruikt water en sterke stimulansen voor zuinigheid.

Het functioneren van systemen voor openbare watervoorziening in ontwikkelende landen is vaak problematisch. Goed functioneren is namelijk gebonden aan een aantal voorwaarden. Het gebruik moet kostendekkend zijn, corruptie moet afwezig zijn, en politici moeten de bedrijfsvoering vooral met rust laten. In de praktijk wordt vaak niet aan deze voorwaarden voldaan.

Corruptie en watercriminaliteit komen vaak voor. In grote delen van India wordt massaal geknoeid met de meterstanden. Aannemers die werken voor nutsbedrijven in de Indiase watersector moeten er veelal op rekenen dat ze 20 tot 30% van de met de opdracht gemoeide gelden als steekpenningen betalen. Dergelijke percentages zijn ook gebruikelijk in Afrika. In diverse Mexicaanse plaatsen komen alleen leden van de regerende partij in aanmerking voor aansluiting op de waterleiding. Ook het benoemen van incompetent politieke vrienden en politieke bemoeienissen die leiden tot financiële tekorten, zijn frequente problemen. In veel derdewereldsteden voldoet het publieke waterbedrijf dan ook niet. In grote Afrikaanse steden zit tot wel 85% van de bevolking zonder aansluiting op de openbare watervoorziening. In de Zuid-Soedanese stad Juba wordt daarom bijvoorbeeld het overgrote deel van de bevolking voorzien met ongezuiverd ondiep grondwater en Nijlwater. Met als gevolg: regelmatige cholera-epidemieën.



In Jakarta hebben alleen de huizen in de wijken van de rijken en goed betalende bedrijven kranen met aansluiting op het drinkwaternet - net als in de tijd van het Nederlandse koloniale bestuur. Rond de vier miljoen mensen in Jakarta zijn niet aangesloten op de publieke watervoorziening. Zij pompen voor een belangrijk deel zelf water op. De bodem daalt daardoor in rap tempo, en de kwaliteit van het opgepompte water is vaak slecht. Andere inwoners van Jakarta kopen drinkwater van particulieren. Deze groep kampt met een sterk verhoogde kans op darminfecties en de bijbehorende kindersterfte, en is ook nog eens duurder uit dan bij een goede openbare watervoorziening.

In veel derdewereldsteden is sprake van 'spaghettisering' van het openbare waterleidingsysteem: de aanleg van grote aantallen leidingen waarmee particulieren illegaal water aftappen. Vaak 'verdwijnt' daardoor tot 40% van het in het net gepompte water. Deze situatie kan in de regel voortbestaan dankzij steekpenningen. Particulieren die over een illegaal aftappunt voor water beschikken, verkopen het water daarvan vaak weer door. In een stad als New Delhi is een watermafia ontstaan, die georganiseerd water steelt uit de openbare waterleiding en dit duur verkoopt in de krottenwijken. Mensen in krottenwijken betalen voor het water veelal een veelvoud van wat stedelingen betalen die legaal aangesloten zijn op de drinkwaterleiding. In Port au Prince (Haïti) betaalden, voor de aardbeving van 2010, de armen gemiddeld ongeveer twaalf maal zo veel per liter water als de rijken die waren aangesloten op het leidingnet. Niet zelden gaat in krottenwijken tot 25% van het inkomen op aan de inkoop van water. In Abuja (Nigeria) is een groot gezin tot 40% van het inkomen kwijt aan drinkwater. Zelfs als er voor de armen een systeem is met hydranten (watertappunten) aangesloten op het openbare leidingnet moet het water vaak duur worden betaald. In Jakarta, waar zulke publieke hydranten staan, betalen arme gebruikers tot 20% van hun inkomen voor het tappen van water.

Slecht onderhoud leidt ook vaak tot lekkages. Daardoor stroomt een deel van het leidingwater weg uit het waterleidingsysteem, en op plaatsen waar de waterdruk laag is stroomt bij lekkage vaak vervuild grondwater in de waterleiding, wat de kwaliteit van het leidingwater verslechtert. Op basis van onderzoeken aan de watervoorziening van Harare, de hoofdstad van Zimbabwe, wordt geschat dat daar 40 tot 80% van het geproduceerde drinkwater 'weglekt' uit de openbare drinkwatervoorziening en dat wat in de leidingen zit van bedenkelijke kwaliteit is. Volgens onderzoek in Calcutta komen door lekkage in 63% van de watermonsters genomen uit gemeenschappelijke buurtkranen en 20% van de watermonsters genomen uit kranen in ziekenhuizen, bacteriën voor die wijzen op verontreiniging met menselijke uitwerpselen. Het komt voor dat de lekkages zo groot zijn dat er helemaal geen water meer uit de kraan komt. Dat is bijvoorbeeld het geval in Port Moresby (Nieuw Guinea) waar de openbare waterleiding wordt gesaboteerd door bendes die gelieerd zijn aan de private waterverkopers. Mensen aan het uiteinden van het waterleidingsysteem van Port Moresby zagen zich daardoor genoopt 's nachts water te tappen uit kapotte hoofdwaterleidingen, wat de fitheid overdag niet ten goede komt. Maar het kan nog erger. In Zimbabwe werd in 2008 vanwege geldtekort de openbare drinkwatervoorziening gestaakt. Vervolgens werden putten geslagen om aan water te komen. Deze waren

echter van boven niet of slecht afgeschermd zodat bij regen de putten volliepen met water dat besmet was met ziekteverwekkers. Het gevolg: een sterke uitbreiding van darminfecties, inclusief een cholera-epidemie.

#### *Privatisering van drinkwaterbedrijven*

Het voordeel van de drinkwatervoorziening als onderdeel van de openbare nutsvoorziening raakte gedurende de late twintigste eeuw in industrielanden principieel sterk betwist. In Engeland kwam het daarom onder premier Thatcher tot privatisering van de drinkwaterbedrijven. En de Wereldbank droeg de zegeningen daarvan gedurende de jaren 90 uit over de rest van de wereld. In 1990 beliep wereldwijd het aantal mensen aangesloten op het waterleidingsstelsel van een particulier bedrijf 51 miljoen, in 2000 was dat 460 miljoen. Voor de periode tot 2015 wordt door de Wereldbank voor de private watervoorziening een groei voorzien tot ruim 1,2 miljard aangesloten mensen.

Inmiddels heeft de privatisering van de watervoorziening geleid tot de eerste 'drinkwateroorlog'. Deze vond plaats in Cochabamba (Bolivia). Daar ontstond de 'oorlog' in 2000 toen de Boliviaanse regering de watervoorziening privatiseerde en daarvoor een contract sloot met de firma Bechtel. Deze verhoogde de tarieven met ruwweg een factor 2. Er kwamen blokkades, een algemenestaking (motto: het water is van ons, verdomme) en in veldslagen met de politie en het leger vielen honderd gewonden en één dode. Uiteindelijk moest de Boliviaanse regering bakzeil halen. Voor de waterdrinker in Cochabamba heeft de drinkwateroorlog niet al te veel opgeleverd. Het drinkwaterbedrijf is nauwelijks minder corrupt geworden en met het aansluiten van armen op het leidingwaterstelsel zijn maar weinig vorderingen gemaakt. Wel zijn er in het arme deel van Cochabamba coöperaties ontstaan die nu eigen waterleidingssystemen beheren. Deze zullen echter waarschijnlijk geen lang leven hebben. Het grondwater dat zij tappen raakt zeer snel uitgeput.

In 2002, toen de Nederlandse kroonprins tijdens het 'Watergala' van de Wereldtop in Johannesburg over duurzame ontwikkeling de publiek-private samenwerking bij de watervoorziening aanpreef, was het praktisch voor de deur van het bijbehorende chique congrescentrum niet in orde. Privatisering van de Zuid-Afrikaanse watervoorziening leidde namelijk tezelfdertijd tot het massaal afsluiten van klanten. De toevlucht tot water van slechte kwaliteit die daarvan het gevolg was, gaf onder meer de aanzet tot een cholera-epidemie, met 140 000 zieken.

Niettemin, in omstandigheden waarin het openbare waterbedrijf slecht functioneert, is het redelijk om aan het alternatief van een private drinkwatervoorziening te denken.

#### *Corruptie*

Corruptie is een gangbare reden voor een slecht functionerend overheidsbedrijf. Helaas houdt de corruptie niet op bij de overheid. De private watervoorziening blijft eveneens gevoelig voor corruptie. Zo werden private watervoorzieningssystemen in Jakarta en Ghana afgeblazen vanwege klachten over extreme vormen van corruptie en ontsloeg het wereldwijd belangrijkste bedrijf voor particuliere watervoorziening (nu Veolia Water) een van zijn managers vanwege 'diefstal en corruptie'. Een belangrijk



probleem in de praktijk is ook dat overheidsinstanties die toezicht moeten houden op de private bedrijven, door incompetentie de bedrijven in kwestie reuzewinsten bezorgen of belemmeren in een goede bedrijfsvoering, met veelal als gevolg: publieke commotie.

In 2004 was een derde van de contracten voor particuliere waterleidingen al weer opgezegd. In ontwikkelingslanden waait de wind dan ook deels weer een andere kant uit. Een spectaculair voorbeeld daarvan levert de hoofdstad van Cambodja, Phnom Penh, waar in een verrassend hoog tempo de elders gebruikelijke misstanden rond de watervoorziening, zoals corruptie, lekkages en uiterst beperkte voorziening, kras zijn verminderd. De hoeveelheid water die *niet* bij betalende klanten beland, is daar nu minder dan 10%, en dat is een lager percentage dan in Londen of Tokyo. Helaas is Phnom Penh eerder de uitzondering dan de regel.

### *Sanitaire voorzieningen*

De verbetering van de sanitaire voorzieningen, die in hoofdstuk 2 aan de orde kwam, liep in de industrielanden in de regel achter op de verbetering van de drinkwatervoorziening. Dat was ook in de Lage Landen zo. Rond 1900, toen de Amsterdamse drinkwatervoorziening in aanzienlijke mate veilig was gesteld, was de voorziening met sanitair nog altijd slecht. De latere wethouder Wibaut meldde na een bezoek aan de Wittenburgergracht onthutst dat daar 12 gezinnen over één privaat beschikten. En hij had het nog redelijk getroffen. Heel wat Amsterdamse gezinnen hadden zelfs geen gezamenlijk privaat.

In veel ontwikkelende landen is het nu beduidend slechter gesteld met de behandeling van uitwerpselen dan met de drinkwatervoorziening. Naar schatting 2,6 miljard mensen beschikt niet over een fatsoenlijke toiletvoorziening. Een fatsoenlijke voorziening omvat niet alleen een toilet of latrine, maar ook een voorziening om de uitwerpselen redelijk adequaat te behandelen. (Het tonnensysteem dat Nederland had, hoort bijvoorbeeld in deze categorie).

Op het Afrikaanse platteland daalde volgens de officiële statistieken tussen 1990 en 2000 het percentage mensen dat beschikte over sanitaire voorzieningen. In Uganda heeft maar 40% van de ziekenhuizen een functionerende latrine. In de sloppenwijken van Nairobi en Mumbai is er één latrine op vele honderden bewoners. En dat werkt niet, ook al niet omdat bij stortbuien de uitwerpselen alsnog wegspoelen en omdat het ophalen van uitwerpselen te wensen overlaat. De Millenniumdoelstelling: het halveren van het aantal mensen zonder adequate sanitaire voorziening in 2015, wordt niet gehaald. De realisatie van nieuwe latrines is uitermate bescheiden en de ontwikkeling van min of meer adequate voorzieningen voor de behandeling van verzamelde uitwerpselen blijft daar nog sterk bij achter.

In derdewereldlanden steken cholera-epidemieën nog regelmatig de kop op. De laatste pandemie begon rond 1961 in Indonesië. Rond 1970 bereikte deze Afrika en in de vroege jaren 1990 Zuid-Amerika. In flinke delen van Afrika en Azië is cholera 'endemisch', een blijvend risico. Wereldwijd loopt het aantal gevallen van cholera jaarlijks nog altijd in de miljoenen.



Ook andere infectieziekten dan cholera, die samenhangen met slecht drinkwater en sanitair, zijn in derdewereldlanden belangrijk. Er zijn daar jaarlijks meer dan 3,5 miljard ziektegevallen die samenhangen met tekort schietende drinkwatervoorziening en sanitair. Het aantal daarmee gelieerde sterfgevallen ligt jaarlijks tussen de twee en tien miljoen. En naast acute aandoeningen veroorzaken het ontbreken van goede sanitaire voorzieningen en drinkwater ook veel chronische infecties, zoals bijvoorbeeld met hepatitisvirussen. Ook in een relatief ontwikkeld ontwikkelingsland land als India zijn de problemen nog altijd groot. Weliswaar heeft Mahatma Gandhi ooit gezegd dat goede sanitaire voorzieningen belangrijker zijn dan onafhankelijkheid, maar het laatste is wel en het eerste niet gerealiseerd. Zodoende wordt nog altijd ongeveer 9% van de ziektelast in India toegeschreven aan structurele problemen met drinkwater en sanitair.

De ongeveer 50 miljoen reizigers afkomstig uit industrielanden die ontwikkelingslanden bezoeken, ondervinden eveneens de gevolgen van te weinig scheiding tussen uitwerpselen en drinkwater. Naar schatting 30 tot 40% van deze reizigers wordt getroffen door reizigersdiarree, ook wel de wraak van Montezuma geheten. Meestal is de diarree kortdurend. Maar bij ongeveer 10% van de zieken kan er een lange nasleep zijn. Ongeveer 1% van degenen die de wraak van Montezuma ondervinden, heeft na vier maanden nog steeds diarree, en ongeveer 10% ontwikkelt gemakkelijk geïrriteerd rakende ingewanden (met vlagen van diarree als gevolg).

### *Calamiteiten*

Calamiteiten kunnen de bestaande voorzieningen voor drinkwater en sanitair zo ontregelen, dat in drinkwater aanwezige infectieuze micro-organismen weer, of sterk verhevigd, hun kop opsteken. Gedurende de oorlog in Bosnië (jaren negentig) waren er verschillende tyfusepidemieën. Tijdens de Tweede Golfoorlog (2003) werden diverse Iraakse steden getroffen door een epidemie van darminfecties. Ook de Amerikaanse soldaten ontkwamen niet aan dit gevolg van de oorlog: 77% van de Amerikaanse soldaten die in Irak dienst deden, meldden dat ze in hun dienstperiode tenminste één keer werden getroffen door zware diarree.

Een ander voorbeeld van een sterk verhoogde infectiekans bij calamiteiten leverde de overstroming van grote delen van Bangladesh in 1998. Door deze overstroming, die op sommige plaatsen tot 75 dagen aanhield, werden in totaal meer dan 30 miljoen mensen in 5 miljoen huizen getroffen. De tol in de vorm van door infecties veroorzaakte diarree was 400 000 zieken, waarvan er 500 overleden. Na de aardbeving in Kashmir (2005) werden de vluchtelingenkampen geteisterd door een via drinkwater verspreid rotavirus: 20% van de kinderen onder de vier werd ernstig ziek. Iets dergelijks zien we veelvuldig in andere vluchtelingenkampen buiten industrielanden. Bij gedocumenteerde massale vluchtelingenstromen in Somalië (1980), Malawi (1988), Turkije (1991), Ethiopië (1992) en Oost-Congo (1994) ging de sterftekans met een factor 16,5 tot 60 omhoog en had diarree een aandeel van 28 tot 85% in de sterfte.



## 8.2 Wassen en baden

Voorzieningen voor het wassen en baden zijn oud. De ongeveer 4500 jaar oude stad Mohenjo-Daro in de Indusvallei had huizen voorzien van badkamers. 4000 jaar geleden badde men welgestelde Babyloniërs veelvuldig, onder gebruikmaking van zeep. Helden en welgestelden konden in de klassieke Griekse tijd moeilijk zonder bad. In de boeken van de schrijver Homerus hadden de helden draagbare baden, die ze na veldslagen benutten. Thuis hadden ze vaste badkuipen. Een belangrijk element in de Homerische gastvrijheid was het aanbieden van een bad aan gasten na hun reis. De Spartanen beroemden zich op hun sauna's. De Griekse arts Hippocrates achtte baden gunstig tegen een veelheid van ziekten. Tegen sommige ziekten moest men volgens hem elke dag in bad. Dat moest dan wel op de juiste wijze gebeuren. Hippocrates' geschriften waren positief over een zitbad maar achtten een ligbad ongezond.

Confucius gaf in China voor het begin van onze jaartelling de volgende voorschriften:

- een zoon die bij zijn ouders leeft, moet bij het kraaien van de haan zijn handen en mond wassen,
- een vrouw die bij de familie van haar man woont, moet dat ook doen,
- zonen en schoondochters moeten hun ouders elke ochtend bijstaan met spullen voor het wassen van de handen,
- alle kinderen wassen hun handen en mond bij zonsopgang,
- bedienden doen dat ook,
- elke vijfde dag maken kinderen voor hun ouders een bad met heet water en elke derde dag zorgen ze er voor dat hun ouders hun haren kunnen wassen,
- kinderen zorgen voor het maken van heet water voor het gezicht en de voeten van hun ouders, wanneer deze vies zijn.

### *Baden als statussymbool*

'Waterbeschaafde' Chinezen, die zich regelmatig wassen en baadden, hadden niet veel op met degenen die dat niet deden. Op de Shu (in Szechuan) werd tweeduizend jaar geleden zeer neergekeken, omdat die 'slechts bij de geboorte en de dood zou baden'. Huizen van rijke joden, opgegraven in het huidige Israël, waren in de zevende eeuw voor het begin van de jaartelling voorzien van badgelegenheden. En armere joden baadden volgens de Bijbel in de zee of de rivier. De Hebreeuwse koning Johannes Hyrcanus voorzag, om zijn macht en rijkdom te laten blijken, in de tweede eeuw voor Christus zijn bij Jericho opgetrokken paleis van een groot bad. Koning Herodes overklaste in de eerste eeuw voor het begin van onze jaartelling zijn voorganger door bij zijn paleis bij Jericho een nog veel groter bad aan te leggen. Ongeveer 2000 jaar geleden meldden Romeinse schrijvers dat Germanen veelvuldig baadden in de rivier, zelfs hartje winter. In de keizertijd was Rome rijkelijk voorzien van badhuizen, waarin tegen de klippen op werd gebaad. Wel moest je er volgens de schrijver Plautus goed op je kleren letten om te voorkomen dat ze werden gejat.

In het Romeinse rijk raakten badhuizen wijd verbreid. Ook in Heerlen zijn de resten van een Romeins badhuis opgegraven. En baden was niet het enige dat daar werd beoefend. Er werd ook genetwerkt en de schrijver Ovidius achtte de badgelegenheden een uitgelezen plaats voor de door hem geprezen kunst van de liefde.

Niet iedereen in de Romeinse tijd had een hoge pet op van het vele baden. De Romeinse wijsgeer Seneca scheef in het jaar 64 weemoedig dat er in de goede oude tijd maar weinig baden in Rome waren. Romeinen wasten toen dagelijks alleen hun armen en benen en gingen maar één keer per week in bad. De Essenen, een belangrijke joodse sekte in de Romeinse tijd, wasten welwaar altijd hun handen na de ontlasting maar gingen uit principe niet in bad.

#### *Deugd en ondeugd van baden*

Het gemengd baden in Romeinse badhuizen bracht diverse Christelijke leiders tot geheel andere gedachten dan Ovidius. Clemens van Alexandrië (ongeveer 190) vond baden voor het plezier ontoelaatbaar. De synode van Laodicea (eveneens vierde eeuw) achtte het voor christenen in het algemeen, maar in het bijzonder voor priesters en asceten, onacceptabel samen met vrouwen te baden. De heilige Hieronimus schreef in 403 dat maagden noch met eunuchs noch met andere vrouwen samen mochten baden, en al helemaal niet naakt in bad mochten. In het late Byzantijnse rijk werden geestelijken gemaand zich van baden te onthouden. Niet wassen werd door Sint Petrus van Damascus als een deugd gezien. Kerkvorsten beperkten het aantal baden van geestelijken tot twee of drie maal per jaar. Wassen voor de viering van de Eucharistie werd verboden. De later heilig verklaarde Thomas Becket zat bij zijn dood in 1170 zo onder de luizen, 'dat deze overkookten als kokend water in een ketel'.

In de late middeleeuwen herleefden in West-Europa de publieke bad- en wascultuur. In 1240 beveelt Bartholomeus Anglicus het veelvuldig wassen van het haar aan tegen luizen. Veel rijken hadden eigen badkamers. Frankfort aan de Main had in 1387 tenminste 15 publieke baden, en Wenen 21. In de Bijbel van de laat-veertiende-eeuwse Oostenrijkse keizer Wenzel staan in de kantlijn allerlei badtaferelen getekend. Het bestaan van badhuizen riep in het laatmiddeleeuwse Europa weer christelijke kritiek op. De badhuizen zouden een broeinest zijn voor zedeloosheid. De kritiek op de zedeloosheid van badhuizen was zo krachtig, dat het bezoek aan badhuizen in een val raakte. En over zwemmen was de laatmiddeleeuwse katholieke Kerk ook al niet positief. Een Bijbelse tekst uit het boek Isaias werd geacht het zwemmen in verband te brengen met verdoemenis.

De navolgers van de profeet Mohammed deelden de weerzin tegen water niet. Veel paleizen van islamitische machthebbers beschikten over uitgebreide badvoorzieningen, ook als ze in zeer droge streken lagen. Het gezegde luidt dat het eerste gemeenschappelijke project van moslims een minaret is, het tweede een moskee en het derde een badhuis (hammam). Anders dan in de klassieke badhuizen werden mannen en vrouwen daarin gescheiden gehouden. In lijn daarmee had, volgens de berichten, het islamitische Cordoba (Spanje) in de tiende eeuw driehonderd en in de twaalfde eeuw zeshonderd badhuizen, waarvan de helft voor vrouwen. De Joodse geneesheer Maimonides (1135-1204) die aan het islamitische hof van Fustad (nu Cairo) verbonden was, hechtte groot belang aan regelmatig baden en gaf uitvoerig raad over het afwisselende gebruik van koud lauw en warm water bij het wassen.



*Wassen is goed*

Vanaf de zestiende eeuw werden in West-Europa de bakens voor het wassen, baden en zwemmen verzet. In Utopia van Thomas More werden door de staat verzorgde badhuizen positief besproken. De tekst van Isaias die in de late middeleeuwen tot afkeuring leidde, werd door protestanten zo geherinterpreteerd dat het zwemmen verwees naar de kracht van God. En kwamen boeken die de ‘kunst van het zwemmen’ zeer prezen. In het op het Duitse rijk gerichte Hortus Sanitatis, daterend van 1500, werd aanbevolen ‘vaak te wassen’ tegen luizen. De zeventiende-eeuwse Nederlandse dichter Jacob Cats zag het zo:

Wast uw handen  
 Wast uw tanden  
 Dikwijls want het is goed.  
 Doch wast zelden uwen voet  
 Doch wat immer u geschiet  
 Wast uw hoofd zijn leven niet.

Het nettoresultaat van deze verandering in de kijk op baden en wassen bleef bescheiden. De Japanners die in de zeventiende eeuw handel dreven met ‘Hollanders’ vonden dat deze ‘ongewassen waren’ en stonken.

Tijdens de achttiende eeuw gingen dokters aanbevelen kinderen veelvuldig te wassen, In de negentiende eeuw kreeg wassen, baden en zwemmen in Europa een nieuwe impuls. ‘Turkse badhuizen’ verschijnen dan op in Europa vervaardigde schilderijen. Halverwege de negentiende eeuw werd de combinatie van bad en verwarmings-apparatuur voor badwater uitgevonden. Dat legt de basis voor badhuizen. Te Maastricht werd bijvoorbeeld het eerste publieke badhuis in 1858 geopend. Dit badhuis richtte zich op de welgestelden. Toonaangevende lieden in West-Europa benadrukten de betekenis van het wassen en baden voor een gezonde geest en een ordelijke samenleving. De duivel zou water en zeep evenzeer haten als het evangelie. Ook het belang van hygiëne werd in toenemende mate benadrukt.

*Democratisering van baden*

Bij de burgerij thuis komen de wasbak en de zinken tobbe in gebruik. Hotels aan de Nederlandse kust verschaften hun klanten faciliteiten voor individueel baden in zout water, ruim voordat het baden in de zee populair werd.

Aan de Nederlandse kust kwam het meer en meer in zwang ook in zee te baden. Deze mogelijkheid trok niet in de laatste plaats bemiddelde lieden, waaronder Russische, Duitse en Oostenrijkse vorstelijke personen, naar plaatsen als Scheveningen en Zandvoort. Daar konden deze lieden kiezen uit twee mogelijkheden van zeegang. De eerste was de badkoets. De achterkant daarvan bevatte een deur en een luifel. Vanuit de deur kon de man te water gaan; de vrouwelijke badgast werd aan de hand van een badvrouw de zee ingeleid. De tweede mogelijkheid was de babbelwagen. Deze bood ruimte aan meerdere personen. De wagen werd de branding ingereden en dwars gezet. Vanuit de open zijkant kon men dan desgewenst over de zee turen. De echte badgast nam daar geen genoegen mee en ging te water.

In 1881 werd te Amsterdam in de Amstel een drijvende badinrichting geopend waar men voor een kwartje kon zwemmen (inclusief zwembroek en twee badhanddoeken). In het boek Kees de Jongen, geschreven in het laatste decennium van de negentiende eeuw, holt de hoofdfiguur tussen de middag naar het zwembad, daarbij gebruikmakend van de zelfbedachte zwembadpas.

Dat wil niet zeggen dat baden in de late negentiende en vroege twintigste eeuw gemeengoed waren. In de negentiende eeuw kampte men met de volkswijsheid dat een laag vuil tegen ziekte beschermde. Veel bewoners van de Lage Landen beperkten zich aan het begin van de twintigste eeuw tot het wassen van gezicht en handen.

In de eerste helft van de twintigste eeuw werd driftig gebouwd aan 'wasch- en badinrichtingen' vooral 'voor de arbeiders'. Ook werd het aantal zwembaden uitgebreid. In de steden kwamen er veel zwembaden bij en daarnaast werden ook veel 'bosbaden' en 'natuurbaden' gesticht. Er werd aan zwembaden een democratiserend effect toegeschreven: 'In een zwembad zijn we allemaal gelijk'. Baden en wassen werd zelfs een verkiezingsthema. De Amsterdamse wethouder de Miranda werd door zijn partij aanbevolen met de leus: 'Wil je baaie, wil je zwemmen, dan moet je de Miranda stemmen'. Van overheidswege werd 'Elke week een goed bad' gepropageerd. Men kon daarbij kiezen uit een 'stortbad' (meestal voor een dubbeltje, inclusief gratis handdoek), of een (duurder) ligbad. Op diverse scholen werd een wekelijks bezoek aan de stortbaden van een badhuis verplicht gesteld. De kinderen in kwestie werden bekend als 'commandobad kinderen'. Progressieve volkshuisvesters mikten op meer wasbakken en gingen badkamers opnemen in de afgeleverde woningen. De opkomst van de badkamer begon in Amsterdam en straalde uit naar de rest van het land: eerst naar andere steden, daarna naar het platteland.

### *Waterbeschaving*

Op het platteland was er in de eerste helft van de twintigste eeuw in de Lage Landen een hygiëne offensief. Het blad van de Belgische boerinnenbond legde in 1924 het juiste wassen stap voor stap uit. Elke avond handen, armen, borst, hals en gezicht wassen, wekelijks een bad en tweewekelijks haar wassen. Aanvankelijk werd in dit blad een gemeenschappelijke wasbak 'in een hoekje van het achterhuis of de moeshof' aanbevolen, maar vanwege de bijbehorende onzedigheid werd later een wastafel in de slaapkamer onmisbaar geacht.

De naleving van de aanbevelingen over wassen en baden door het volk viel echter niet mee. Hoofdschuddend moest in de jaren dertig van de twintigste eeuw worden vastgesteld dat menige arbeider het bad gebruikte als opslagruimte, bijvoorbeeld voor aardappelen of (steen)kolen. Er kwamen speciale voorzieningen om 'asocialen' onder meer waterbeschaving bij te brengen. In Amsterdam werden voor dit doel twee 'dorpen' gesticht: Zeeburgerdorp met 55 en Asterdorp met 122 woningen. Deze dorpen waren voorzien van een badhuis en een wasserij en de huizen hadden stromend water. Na een jaar verblijf aldaar werd de waterbeschaving in de regel als toereikend beoordeeld.

De algemene verspreiding van de 'waterbeschaving' nam vele decennia, en was pas ruim na de tweede wereldoorlog min of meer voltooid. Uiteindelijk werd een bad of



douche door 'iedereen' gebruikt. In de tweede helft van de twintigste eeuw kwam daar op veel plaatsen verplicht schoolzwemmen bij. Het baden in zee werd 'voor iedereen' bereikbaar.

De 'wasch- en badinrichtingen' gingen door deze ontwikkelingen ten onder. In de jaren tachtig waren de meeste gesloten, al gingen nieuwe sauna's en hammams open. Menigeen gaat nu elke dag in het eigen bad of onder de eigen douche. Mede door de daarbij ingezette schoonmaakmiddelen heeft dat tot effect dat de natuurlijke afweer van de huid tegen infecties daarvan te lijden heeft.

### 8.3 Water met 'ongezonde' organismen

Diverse organismen, besmet met parasieten die schadelijk kunnen zijn voor de mens, huizen in het water, en veroorzaken ziekten zonder dat ze door de mens met drinkwater worden ingenomen. Menselijk ingrijpen in de waterhuishouding heeft de kans op dergelijke ziekten sterk doen toenemen. De opkomst van malaria in Afrika sinds de Steentijd gaat bijvoorbeeld gelijk op met de opkomst van de landbouw. Vooral de creatie van 'stilstaand water' in poelen, sloten, open riolen en stuwmeren heeft een aantal ziekteverwekkers veel meer kans gegeven.

#### *Malaria in de Lage Landen*

Stilstaande wateren en moerassen zijn vaak een broeinest van muggen (muskieten) die infectieziekten overbrengen. De bijbehorende problemen zijn oud. Het westen en noorden van de Lage Landen waren, mede dankzij veel stilstaand brak water, eeuwenlang een eldorado voor de verwekker van malaria, in die tijd 'anderdaagse'- of 'wisselkoorts' genoemd. De ziekte werd veroorzaakt door *Plasmodium vivax*, een protozoön, dat door Anofelesmuggen werd overgebracht. Het protozoön huisde vooral in het vee. De mug die in hoge mate verantwoordelijk was voor de overbrenging (*Anopheles claviger*) gedijde goed in stilstaand brak water en overwinterde in de stallen. De *Plasmodium vivax* veroorzaakte een verhoudingsgewijs minder acuut gevaarlijke vorm van malaria dan de in de tropen voorkomende malariaverwekkers *Plasmodium falciparum* en *knowlesi*. Wel zorgde de inheemse malariaverwekker voor een forse verzwakking van de geïnfecteerden. Daardoor was de sterftekans in gebieden met veel stilstaand brak water fors verhoogd.

Fors verzwakt door malaria werd ook een 15 000 man sterk Engels invasieleger dat in 1809 Walcheren bezette om van daaruit de Napoleontische vloot in Antwerpen te vernietigen. Van de 15 000 man werden er ruim tienduizend zo ziek door malaria, dat hun militaire nut verdween. Het invasieleger moest worden gerepatriëerd.

De sterfte door inheemse malaria was aanzienlijk. In 1826 waren er als gevolg van een malaria-epidemie zoveel slachtoffers dat de Nederlandse overheid, uit angst voor besmettingsgevaar door uitwasmelingen van de ziekte uit de bodem, per decreet vaststelde dat doden buiten de bebouwde kom ter aarde moesten worden besteld. In 1880 werd ongeveer een half procent van de sterfte in Nederland toegeschreven aan malaria. Daarna zakte de sterfte, maar de toenmalige 'pauze' van de malaria-bestrijding, N.H. Swellengrebel, bleef tussen de wereldoorlogen sceptisch over de mogelijkheid de autochtone malaria uit te roeien. Uiteindelijk gebeurde dat toch. De

laatste patiënt met inheemse malaria dateert uit 1961. De verzoeting van het water en de bouw van mugonvriendelijke stallen heeft inheemse malaria uiteindelijk de das omgedaan.

#### *Ziekte van Weil*

Een andere ziekteverwekker die al lang in de Nederlandse wateren huist, is een spirocheet die leptospirose of de ziekte van Weil veroorzaakt. Ratten behoren tot de dragers ervan. De spirocheet veroorzaakt bij mensen een leverontsteking en kent een afwisseling van perioden met hoge koorts plus griepachtige verschijnselen en koortsvrije perioden. Bij volwassenen is de ziekte van Weil af en toe dodelijk. Jaarlijks zijn er in Nederland tientallen patiënten met een infectie van leptospirose. Tot de meer recente sterfgevallen behoort een ambtenaar die tijdens een ruzie over een illegale schuur in het water werd gegooid. 'Openluchtbaden' in oppervlaktewater zoals die in de negentiende eeuw in Amsterdam werden opgericht en in de twintigste eeuw in Rotterdam, zijn uiteindelijk gesloten vanwege het risico dat men daar de ziekte van Weil opliep. Mensen die in Nederland te water raken of in binnenwateren zwemmen dan wel surfen, lopen nog altijd een kans op inname van de spirocheet die ziekte van Weil veroorzaakt.

#### *Andere met water verbonden ziekten*

Meer kans loopt men bij zwemmen en surfen overigens op een infectie met *Aeromonas*-bacteriën die, soms ernstige, ingewandsstoornissen veroorzaken. Daarnaast kan men bij het zwemmen in oppervlaktewater ook een aantal andere bacteriën, protozoën en virussen oppikken die tot gezondheidsklachten leiden. Voorbeelden daarvan zijn: *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, *Escherichia coli* O 157-H7 en Adeno-, Rota- en Noro-virussen. Lozing van onvoldoende, of niet, gezuiverde menselijke en dierlijke uitwerpselen is daarvan de belangrijkste bron. Voorts wordt men in de komkommertijd (wanneer het warm is en de zon flink schijnt) regelmatig opgeschrikt door klachten na het zwemmen in water met 'blauwgroene algen' (cyanobacteriën) die toxische gifstoffen produceren. De kans op bloei van dit type algen is sterk vergroot door de toegenomen hoeveelheden meststoffen (nutriënten) in het oppervlaktewater en het warmer wordende klimaat. De toxinen kunnen via de huid en door onbedoeld waterhappen worden ingenomen. Dat kan op zijn beurt leiden tot maag-darmklachten, die soms zeer ernstig zijn, en op langere termijn tot leverschade, inclusief een verhoogde kans op levertumoren.

#### *Door muggen verspreide ziekten in warme gebieden*

De gezondheidsschade door uit het water afkomstige infecties is in Nederland bescheiden vergeleken met die in veel tropische en subtropische landen. Belangrijke infectieziekten die in warme landen veel gezondheidsschade veroorzaken zijn: schistosoomziekten en de door insecten overgebrachte infectieziekten malaria, lymfatische filariasis, knokkelkoorts en rivierblindheid. Onderzoek aan overblijfselen van mensen uit het Egypte van de farao's, en daarvoor, wijzen op het veelvuldig voorkomen van schistosoomziekten. Ook zijn er aanwijzingen gevonden voor malaria. Schriftelijke bronnen uit de periode van de farao's melden jaarlijkse golven van



rivierblindheid, samenhangend met het wegebden van de overstroming door de Nijl. Onderzoek naar de sterfte in moerassige delen van Gallilea en Egypte tijdens de Romeinse overheersing laat zien dat, gegeven de sterftepiek en de aanwijzingen voor bloedarmoede, malaria een zeer belangrijke doodsoorzaak moet zijn geweest.

Hierboven is al vermeld dat in de oorlog tegen Napoleon, het Engelse leger zich moest terugtrekken uit Walcheren omdat het werd geteisterd door malaria. De in de tropen huizende malariaparasieten hebben, ook militair, in de loop van de geschiedenis een stuk harder toegeslagen. Malaria beperkte in de zeventiende - en achttiende eeuw de koloniale avonturen van Europeanen in West-Afrika. Landen als Haïti en Venezuela profiteerden bij hun onafhankelijkheidsstrijd van de schade die malaria de koloniale legers toebracht.

Met de verandering van het klimaat zijn tropische ziekten op het noordelijk halfrond in opmars naar het noorden. Om deze reden komt bijvoorbeeld knokkelkoorts en malaria de laatste tijd vaker voor in Italië en schuift het Western Nile virus in Noord-Amerika snel op naar het noorden.

#### *Malaria in warme gebieden*

Het aantal wereldburgers dat kans loopt op een infectie met *Plasmodium vivax* wordt geschat op 2850 miljoen, vooral in Centraal- en Zuidoost-Azië. 2400 miljoen mensen leven in gebieden met een tenminste aanmerkelijk risico op een infectie met *Plasmodium falciparum* en knowlesi. De overbrengers van *Plasmodium falciparum* en knowlesi, de Anofelesmuskieten, gedijen goed in stilstaand zoet en warm water. Een relatief grote kans op malaria is verder gekoppeld aan een snelle vermenigvuldiging van malariaparasieten in de Anofelesmuskiet. Deze vermenigvuldiging wordt bevorderd door relatief hoge temperaturen en een hoge luchtvochtigheid.

Malaria is wereldwijd de ernstigste parasitaire ziekte. In tropische gebieden is malaria vaak een belangrijke oorzaak van kindersterfte. In 2005 hadden ongeveer 250 tot 375 miljoen mensen malaria, veroorzaakt door *Plasmodium falciparum* of knowlesi. Het totale aantal sterfgevallen door dit type malaria ligt wereldwijd in de orde van 900 000 per jaar. Het gebied waar malaria heerst, breidt zich uit. In Afrika zien we malaria gestaag 'de berg op klimmen' en 'het hoogland in gaan'. Een verdere opwarming van het klimaat kan het gebied waar malaria een risico voor de bevolking vormt aanzienlijk uitbreiden, vooral in Centraal-Azië, Noord-Amerika en Europa. De mate waarin dit een probleem gaat vormen voor de volksgezondheid, hangt vooral af van het succes bij de bestrijding van malaria.

Hoewel er bestrijdingmiddelen waren tegen de muskieten en geneesmiddelen tegen de parasiet, was de feitelijke beheersing van malaria tot voor kort beduidend slechter dan in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw. Bij gebrek aan geld, werden in Azië en Latijns-Amerika veel succesvolle bestrijdingsprogramma's gestopt. Opgekomen resistentie van de Plasmodiumparasieten tegen (goedkope) geneesmiddelen en van muskieten tegen bestrijdingmiddelen, droegen eveneens bij tot de relatief



slechte beheersing van malaria. Recent is er een sterke herleving te zien van de strijd tegen malaria. Vooral muskietennetten om onder te slapen, zetten in de praktijk zoden aan de dijk.

Hoewel het waarschijnlijk een illusie is te denken dat malaria in warme gebieden geheel kan worden uitgebannen, kan de ziekte vergaand worden teruggedrongen wanneer er voldoende geld komt voor de ontwikkeling van nieuwe genees- en bestrijdingsmethoden, voor bestrijdingsprogramma's met duurdere medicijnen, en voor adequate manieren van muskietenbestrijding.

#### *Knokkelkoorts en lymfatische filariasis*

Een andere ziekte die wordt overgebracht door muskieten (tijgermuggen) is de knokkelkoorts (dengue). Deze infecteert tussen de 50 en 100 miljoen mensen per jaar. Voor ongeveer 20 000 van hen loopt de ziekte dodelijk af. Met de bestrijding ervan gaat het niet goed. In Noord- en Zuid-Amerika gold knokkelkoorts enige tijd als uitgeroeid, maar nu is een gevaarlijkere variant daarvan sterk in opmars. In 2007 zijn verschillende gevallen van knokkelkoorts gemeld in Italië.

De tijgermug komt inmiddels voor in de Nederlandse kassen. Daar is deze beland via de import van Lucky Bamboo, de naam zegt het al. Bij een opwarmend klimaat kan de knokkelkoorts vanuit Italië en wellicht ook vanuit de kassen oprukken naar meer noordelijk gelegen Europese landen.

Een laatste voorbeeld van een ziekte die wordt overgebracht door muskieten is lymfatische filariasis. Deze heerst vooral in de Amerika's en Azië, en gedijt goed wanneer er met organisch materiaal verontreinigd water aanwezig is. Het aantal mensen dat door deze ziekte invalide is geworden, wordt wereldwijd geraamd op 25 miljoen.

#### *Schistosoomziekten*

Schistosomen zijn trematoden (diertjes). Schistosoomziekten kunnen bloedarmoede en aandoeningen van de urinewegen, de darmen en de voortplantingsorganen veroorzaken. Ook vergroten schistosoominfecties waarschijnlijk de kans op overdracht van geslachtsziekten zoals HIV/AIDS. Naast de mens, hebben schistosomen slakken als gastheer. Deze slakken gedijen goed in warm stilstaand water. De schistosomen worden door de slakken verspreid, en belanden in het water via ongezuiverd rioolwater en uitwerpselen van mensen en runderen, die ook als gastheer kunnen dienen. Via de menselijke huid kunnen ze het lichaam binnendringen.

Schistosoomziekten vormen een probleem in 76 landen in Afrika, Latijns-Amerika, het Midden-Oosten, en Zuid- en Zuidoost-Azië. Het aantal geïnfecteerde mensen wordt geschat op ongeveer 210 miljoen, en het aantal daardoor veroorzaakte sterfgevallen in Afrika beneden de Sahara op circa 280 000 per jaar.

De ziekte floreert mede omdat het areaal warm stilstaand water door de aanleg van stuwweren sterk is toegenomen, en omdat de toevloed naar stilstaand water van schistosomen via menselijke uitwerpselen toeneemt. Het effect van meer warm stilstaand water wordt geïllustreerd door de situatie in Ghana. In het noordoosten van



Ghana steeg na de aanleg van 185 (kleine) dammen met de bijbehorende stuwmuren aan het eind van de jaren vijftig de kans op schistosoomziekten binnen een tot twee jaar van 17 naar 51%. Daarna is de kans op deze ziekten onveranderd hoog gebleven. Schistosoomziekten kunnen tot nu toe meestal goed worden behandeld met het geneesmiddel praziquantel en de slakken worden bestreden met niclosamide. Het succes van de bestrijdingsprogramma's varieert sterk. Vooral in China, Latijns-Amerika en het Midden-Oosten is bij de bestrijding van schistosoomziekten flinke vooruitgang geboekt, maar in Afrika beneden de Sahara veel minder. Bovendien vergt blijvend succes van de bestrijding vaak forse aanpassingen in de irrigatiepraktijken en minder zwemmen in, en wassen met, oppervlaktewater. Daarom ziet men na een periode van succesvolle bestrijding vaak forse terugslag. In een studie over bestrijdingsprogramma's in China werd gevonden dat aanvankelijk de kans op infecties met schistosomen daalde van 63 naar 8%. Daarna nam deze echter weer toe tot 43%. Zorgelijk is bovendien dat resistentie tegen het geneesmiddel praziquantel de kop op lijkt te steken.

#### *Rivierblindheid*

Onchocerciasis (rivierblindheid) is een ziekte die wordt veroorzaakt door *Onchocerca volvulus*, welke wordt overgebracht door zwarte Simuliumvliegjes die zich in stromend water voortplanten. Het aantal mensen dat rivierblindheid kan oplopen, is ongeveer 140 miljoen. Het getroffen gebied betreft thans vooral Afrika beneden de Sahara en daarnaast Jemen en delen van Latijns-Amerika. Het aantal geïnfecteerden wordt geschat op ongeveer 18 miljoen, waarvan ongeveer 270 000 mensen blind zijn geworden. In sommige gebieden gaat tot 40% van de bewoners door *Onchocerca*-infecties slechter zien. Diverse streken zijn door de dreiging van rivierblindheid ontvolkt geraakt.

Van 1974 tot 2003 liepen er programma's van de Wereldgezondheidsorganisatie en de Wereldbank om rivierblindheid de kop in te drukken. Deze hebben een redelijk succes gehad. Ze maakten gebruik van het geneesmiddel ivermectin (gratis ter beschikking gesteld door de fabrikant Merck) en van insectenbestrijdingsmiddelen waarvan de milieugevolgen binnen de perken blijven. Na 2003 is de bestrijding geheel overgedragen aan de betrokken landen. Het valt te hopen dat dit niet leidt tot een terugslag zoals eerder te zien was bij malaria.

## **8.4 Bezwaarlijke stoffen in het drinkwater**

In diverse delen van de wereld zijn in grond- en/of oppervlaktewater van nature stoffen aanwezig die bij een omvangrijke inname de gezondheid aanzienlijk kunnen schaden. Deze stoffen vormen een probleem wanneer het grond- of oppervlaktewater niet grondig wordt gezuiverd voordat het als drinkwater wordt gebruikt.

#### *Arseen*

Een voorbeeld daarvan dat veel aandacht trekt, is arseen (arsenicum). Arseen veroorzaakt bij grotere inname huidandoeningen, waaronder huidkanker. Ook is er bij aanmerkelijk verhoogde inname een vergrote kans op suikerziekte en longinfecties.

Urinewegen, lever en hart kunnen door een fors verhoogde consumptie eveneens schade oplopen. Arsenicum wordt in diverse delen van de wereld in hoge concentraties aangetroffen in het grondwater. Meestal zijn de concentraties van nature hoog, maar het komt ook voor dat hoge concentraties voortvloeien uit door de mens veranderde grondwaterstanden of uit verontreiniging die samenhangt met de productie en het gebruik van arsenicum. Dat laatste komt in industrielanden op ruime schaal voor.

In landen als Nederland en België wordt arsenicum grondig verwijderd voordat het drinkwater in het leidingnet wordt gepompt. Aan deze voorwaarde wordt echter lang niet overal voldaan. In de Amerikaanse staat New Hampshire bijvoorbeeld drinkt de helft van de bevolking water uit privéputten, en een groot deel van het putwater bevat meer arsenicum dan goed is voor de waterdrinker. In Bangladesh vormt arsenicum voor naar schatting 35 miljoen mensen een probleem. Zij drinken ongezuiverd grondwater dat van nature sterk verontreinigd is met arseen. Op de consumptie van dit water is overgestapt omdat de het drinken van oppervlaktewater veel infecties veroorzaakte, zonder vooraf eerst de samenstelling van het grondwater goed te analyseren. Hetzelfde grondwater wordt thans op ruime schaal gebruikt als irrigatiewater, waardoor ook de gewassen met arseen zijn belast. Ook in West-Bengalen (India), Pakistan (vooral langs de Indus), China, Nepal, Mongolië, Cambodja, Thailand, Birma, Vietnam en delen van Argentinië en Chili kampt men met te veel arsenicum in het drinkwater.

Voor de verwijdering van arsenicum bestaan goede filters. Maar deze worden in ontwikkelingslanden weinig gebruikt. En voor zover de filters worden toegepast in ontwikkelingslanden, functioneren ze vaak slecht. Wat in de praktijk tot nu toe in landen als Bangladesh wel werkt, is het slaan van diepe putten die 'arsenicumvrij' grondwater aanboren. Het is echter een misverstand dat alle diepe putten 'gezond' water bevatten. Analyse van het water uit 46 putten in Bangladesh met een diepte van 180 tot 363 meter wees recent uit dat 17% daarvan (veel) te veel arsenicum bevatten en 26% te veel borium. Of de diepe putten die nu arseenvrij zijn, dat ook blijven, is bovendien de vraag. Bij intensief gebruik is er gereede kans dat deze diepe putten allengs ook arsenicumrijk water gaan produceren door de toestroming van nu nog 'ondiep' grondwater.

#### *Andere van nature voorkomende probleemstoffen*

Er zijn meer van nature voorkomende stoffen die problemen kunnen veroorzaken. Te hoge natuurlijke gehalten fluoriden kunnen leiden tot schade aan skelet en gebit (fluorose). Te veel fluoriden in het drinkwater vindt men in delen van India, China, Thailand, Cambodja en Sri Lanka. Alleen al in India hebben naar schatting 62 miljoen mensen last van fluorose.

Op de flanken van de vulkaan Etna (Sicilië) bevat het water in particuliere putten vanuit gezondheidsoogpunt te veel mangaan en vanadium. In de Argentijnse Andes komen te hoge concentraties lithium en borium voor in het putwater.



Een andere component die van nature aanwezig kan zijn in drinkwater en die de nodige discussie heeft opgeroepen, zijn radioactieve stoffen zoals radium en uranium. Mineraalwaters met aanzienlijke hoeveelheden radioactieve stoffen (zoals uranium en radium) golden gedurende een groot deel van de twintigste eeuw onder een deel van het drinkende publiek als gezond. Een studie uit 1941 over de mineraalwaters uit Oostenrijk en Tsjechië leverde op dat het water uit Schallerbach het 'uraan-edelst' was. Thans wordt algemeen aangenomen dat de consumptie van water met uranium (of radium) de kans op kanker en aangeboren afwijkingen bij het nageslacht kan vergroten. Uranium is bovendien een zwaar metaal, dat al in betrekkelijk lage concentraties tot orgaanschade, zoals nierschade, kan leiden.

Radioactieve stoffen in het grondwater worden vooral in aanzienlijke concentraties aangetroffen in omgevingen waar veel graniet aanwezig is, maar zijn bijvoorbeeld ook gevonden in het grondwater van een aantal delen van Brabant.

#### *Probleemstoffen door menselijke activiteiten*

Niet alleen van nature aanwezige stoffen zijn problematisch, ook stoffen die door menselijke activiteiten in het water zijn beland, kunnen dat zijn. In hoofdstuk 2 werd al melding gemaakt van de toenemende hoeveelheid vervuild grondwater als gevolg van emissies van stikstofverbindingen (nitraat), pesticiden, koolwaterstoffen, zware metalen en industriële chemicaliën naar het grondwater. Deze toename is vrijwel over de gehele wereld waarneembaar. Ook is er wereldwijd steeds meer door de mens fors vervuild oppervlaktewater.

Er bestaan technieken voor de zuivering van oppervlaktewater en grondwater. Deze zijn in de praktijk niet voor 100% effectief. Sommige van deze technieken zorgen bovendien op hun beurt weer voor nieuwe verontreinigingen. Ook is de toepassing van deze technieken duur, zodat bij zuivering vaak niet alles uit de kast wordt gehaald. De zuivering van het Nederlandse drinkwater is dusdanig dat veel van de resterende concentraties verontreinigende stoffen zo laag zijn dat ze volgens de huidige stand van kennis geen kwaad kunnen. Voor sommige stoffen is dat niet altijd zo. Voorbeelden daarvan de organische chemicaliën, zoals benzeen, dioxaan, MTBE, ETBE en nitrosodimethylamine. Ook is de huidige kennis van een aantal stoffen die in het gezuiverde drinkwater voorkomen nog te beperkt om te kunnen zeggen of de resterende hoeveelheden wel of niet veilig zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor perrfluorverbindingen (zoals PFOA en PFOS).

Daarnaast wordt er ook nog altijd water uit particuliere putten gedronken. Putwater is vaak verontreinigd met nitraat, een stof waarvan de rijkelijke aanwezigheid in het grondwater nauw samenhangt met overmatige bemesting. Naast nitraat wordt hierna ook dieper ingegaan op enkele andere probleemstoffen die in het water van de openbare drinkwatervoorziening aanwezig kunnen zijn. Het gaat daarbij in de eerste plaats om gehalogeneerde verbindingen, zoals trihalomethanen, en andere stoffen die door behandeling van ruw drinkwater met chloor kunnen ontstaan. Ook lood, dat uit nog altijd in sommige huizen aanwezige loden waterleidingen kan vrijkomen, komt aan de orde.

### *Nitraat*

Nitraat is een stof die de menselijke gezondheid op een aantal manieren kan beïnvloeden.

Nitraat is van nature in zekere mate aanwezig in het voedsel en wordt in het menselijk lichaam aangemaakt. Nitraat legt de basis voor nuttige functies, waartoe een zekere mate van bescherming tegen maagzweren en de regeling van de bloeddruk behoren. Hoge inname van nitraat kunnen echter ook nadelen hebben. Deels hangen deze samen met de omzetting van nitraat in nitriet, welke plaats vindt onder invloed van speeksel. Nitriet is een conserverende stof, waaraan door sommigen positieve effecten worden toegeschreven op de weerbaarheid tegen micro-organismen. Maar in de zure condities van de maag kan nitriet ook aanleiding geven tot de vorming van N-nitrosamines, die kankerverwekkend zijn, en peroxynitriet, dat door zijn sterke oxiderende werking celbestanddelen kan schaden, waaronder DNA.

De beschermende werking van nitriet tegen infecties is een niet-geteste hypothese. Naar de mogelijke bijdrage van nitraat/nitriet aan de kans op bepaalde vormen van kanker is meer onderzoek gedaan. De resultaten daarvan zijn echter verre van eensluidend. Gegeven het beschikbare onderzoek is het aannemelijk dat de inname van nitraat de kans op maagkanker niet aanzienlijk verhoogt. Wel is aannemelijk dat door nitriet de kans op darmkanker groter is. Dit mogelijke effect speelt tot nu toe geen rol bij de normstelling voor de hoeveelheid nitraat in water. Deze is afgeleid van het effect van nitraat op de bloedkleurstof hemoglobine bij kleine kinderen (die relatief slecht tegen nitraat/ nitriet kunnen). Hemoglobine speelt een vitale rol in het zuurstoftransport door het lichaam. Wordt de functie daarvan sterk nadelig beïnvloed, dan worden baby's blauw, vandaar de naam 'blauwe babyziekte' voor de aandoening die optreedt bij veel te hoge nitraatinname. De aanvaardbaar geachte hoeveelheid nitraat in het drinkwater is in Nederland en de rest van de Europese Unie gesteld op 50 mg/l. Deze concentratie beschermt tegen blauwe babyziekte en een aantal andere nadelige effecten die in verband worden gebracht met hoge nitraatopnamen (boven de 50mg/l), zoals stomatitis (ontstekingen van de mond), schildklierandoeningen en stoornissen bij de voortplanting.

De concentratie van 50 mg nitraat per liter wordt in het Nederlandse ondiepe grondwater op grote schaal overschreden. Om deze reden zijn de traditionele ondiep stekende putten en pompen in Nederland meestal niet bruikbaar voor de drinkwatervoorziening. In het diepere grondwater lopen de nitraatconcentraties ook op. De afbraak van nitraat is in de diepere grondlagen van de Lage Landen vaak gering. De publieke watervoorziening in Nederland voldoet wel ruimschoots aan de norm van 50 mg/l nitraat. Voor een deel is dit bereikt door zuiveringsmethoden die de concentratie van nitraat reduceren. Kijken we verder over de wereld, dan vormen de oplopende nitraatgehalten in toenemende mate een probleem wanneer drinkwater (ongezuiverd) uit het ondiepe grondwater wordt gehaald.

### *Reactieproducten van ontsmettingsmiddelen*

De ruime toepassing van chloor zorgt voor de vorming van vele honderden uiteenlopende verbindingen. Een groot aantal van deze verbindingen bedreigen de

gezondheid van de mens. Veel grond- en oppervlaktewater bevat het anti-epilepsiemiddel carbamazepine. Dit wordt door chlorering omgezet in aza-arenen, stoffen die kankerverwekkend zijn en erfelijk materiaal kunnen veranderen. Veel van de verbindingen die door chlorering ontstaan, behoren tot de organo-halogenenverbindingen. De voornaamste daarin aanwezige halogenen zijn: chloor, broom en jodium. Bij de toepassing van chloor in de drinkwaterbereiding ontstaan aanzienlijke hoeveelheden trihalomethanen. Het gaat daarbij om de stoffen chloroform, bromoform, dichloorbroommethaan en dibroomchloormethaan. Ook de stoffen chloor- en broomazijnzuur wordt vaak aangetroffen in gechloreerd drinkwater. Wanneer jodium in het ongezuiverde drinkwater aanwezig is, wat kan voorkomen bij drinkwaterwinningen die worden beïnvloed door zeewater, kunnen bij chlorering ook jodiummethaanverbindingen en jodiumazijnzuur aanwezig zijn. En tenslotte kunnen als nevenproduct van drinkwaterchlorering, broom- en chlooracetonitrillen ontstaan.

De trihalomethanen, de broom- of jodiumazijnzuurverbindingen en de chloor- en broomacetonitrillen kunnen met het drinkwater worden ingenomen. Bij het douchen en baden belanden trihalomethanen in aanmerkelijke mate in de lucht van de badkamer en kunnen dan worden ingeademd. In dierproeven is van trihalomethanen en broomazijnzuur gevonden dat ze de kans op kanker kunnen vergroten. Van de halogeenaazijnzuurverbindingen heeft joodazijnzuur het grootste schadelijke effect op erfelijk materiaal (DNA). En de acetonitrillen kunnen in dierproeven een negatief effect hebben op de voortplanting. Epidemiologische studies bij mensen suggereren dat de aanwezigheid van door chlorering ontstane stoffen in het drinkwater mogelijk is geassocieerd met een verhoogde kans op aangeboren afwijkingen bij het nageslacht, met name aangeboren hartaandoeningen.

In watervoorzieningsystemen kan de rol van chloor worden overgenomen door ozon (al dan niet in combinatie met ultraviolette straling). De afbraak van eventuele bezwaarlijke organische stoffen in het ruwe drinkwater door ozon is niet volledig, maar beter dan die door chloor. Met name stoffen als atrazine (een onkruidbestrijdingsmiddel), sucralose (een kunstmatige zoetstof), röntgencontrastmiddelen, en sommige geneesmiddelen, zijn behoorlijk bestendig tegen ozon. Voorts kan een ozonbehandeling aanleiding geven tot de vorming van de bezwaarlijke stof bromaat (wanneer broom aanwezig is in het ongezuiverde drinkwater). Voor zover bekend zijn de concentraties van deze laatste stof in Nederland niet zo hoog dat daardoor negatieve gezondheidseffecten kunnen optreden. Ozon heeft als nadeel dat de houdbaarheid fors korter is dan van chloor, zodat de desinfecterende werking korter aanhoudt. In het Nederlandse waternet is een bescherming met ozon in combinatie met ultraviolette straling in de praktijk even goed als met chloor. In landen waar het veel warmer is, kan dat anders liggen.

### *Lood*

Lood speelt al eeuwenlang een rol in waterleidingen en bij het buiten houden van het water op de daken. Dat is vereeuwigd in de naam loodgieter. Dat lood ongezond kan zijn, was al bekend bij de oude Romeinen. De vader van de architectuur, Vitruvius,

besprak de toepassing van lood in waterleidingen en wees op de schadelijke gevolgen daarvan. Desondanks bleef lood in gebruik. De neveneffecten daarvan werden ook in de Lage Landen duidelijk. In de zeventiende en achttiende eeuw voorzag regenwater in een belangrijk deel van de Amsterdamse drinkwatervoorziening. Dat leidde tot veelvuldige klachten over 'kolieken', die voortvloeiden uit loodverontreiniging. Met het regenwater spoelde en spoelt ook een aanmerkelijk deel van het lood de bodem in. Daardoor bevatten de bodems van tuinen in oude stedelijke gebieden vaak veel lood. Ook het slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties is vaak sterk met lood verontreinigd.

In de negentiende eeuw werd de toepassing van lood sterk verruimd. Nadat aanvankelijk puur ijzeren buizen werden gebruikt voor het drinkwaternet, kwam lood in zwang voor de inwendige bekleding van ijzeren buizen en voor de aanleg van de leidingen van het hoofdniet naar woningen, en in woningen. Een voornamelijk reden voor het gebruik van loden leidingen was, dat lood zich goed liet buigen en goedkoper was dan koper. De toepassing van lood bleef niet zonder gevolgen. Rond 1920 waren er zoveel rapporten over vergiftiging door lood, dat ondanks stevig tegenstribbelen van de loodindustrie, de klad kwam in het gebruik van loden waterleidingen. Binnenshuis aangelegde leidingen bleven echter meestal zitten. Pas in de late twintigste eeuw werden op dat punt serieuze saneringspogingen gedaan. Een recent onderzoek laat zien dat in ongeveer 2% van het in huizen getapte Nederlandse drinkwater nog altijd te veel lood zit. Dat is als regel het gevolg van loden waterleidingen. Verwijdering van deze loden pijpen is een goede zaak. Kinderen zijn zeer gevoelig voor lood. Vooral in oude binnensteden krijgen kinderen vaak meer lood binnen dan goed is voor de ontwikkeling van hun hersenen.

Waarschijnlijk heeft meer dan een kwart van de in Nederland wonende stadskinderen per liter tussen de 20 en 100 microgram lood in het bloed, een hoeveelheid die volgens onderzoek in de Verenigde Staten naar alle waarschijnlijkheid nadelig is voor het kind in kwestie.

Naast loden waterleidingen, kan ook bouwlood het beste de wereld uit. Er zijn thans voor bijna alle toepassingen van dit materiaal veiligere, loodvrije alternatieven. Deze vinden echter nog maar weinig toepassing. De macht van de gewoonte bij loodgieters en het ijveren van pro-lood lobbyisten, verenigd in de Stichting Duurzaam Bouwmetaal, zorgen daarvoor. Daardoor neemt de totale hoeveelheid bouwlood in de gebouwde omgeving nog altijd toe, ook in Nederland.

