

# Radionucliden in de Nederlandse Watersystemen

## Inleiding

De in de Nederlandse watersystemen voorkomende radionucliden kunnen worden ingedeeld naar oorsprong:

1. Er is een *natuurlijke achtergrond* van natuurlijke radionucliden. In het zoete oppervlaktewater ontstaat deze door uitloging van de bodem en door depositie vanuit de atmosfeer. Vanuit beleids oogpunt is de natuurlijke achtergrond minder interessant.
2. Natuurlijke radionucliden worden ook door menselijk handelen in het opper-



J. DE KOK  
IRI, TU-Delft

Thans free-lance  
literatuuronderzoeker en  
technisch schrijver te Delft



Z. I. KOLAR  
IRI, TU-Delft



E. J. DE JONG  
RIZA

vlakwater gebracht. Dit leidt tot een *technologisch verhoogde aanwezigheid* van natuurlijke radionucliden.

3. Met diverse technieken worden door de mens radionucliden geproduceerd: *kunstmatige radionucliden*.

Ieder van deze drie categorieën is nog verder uit te splitsen naar aard en oorsprong. Het is ondoenlijk om alle in de Nederlandse watersystemen aanwezige radionucliden met enige diepgang te bestuderen. Daarom zijn als onderwerp van de stofstudies voor de Watersysteemverkenningen 1996 slechts enkele afzonderlijke radionucliden en de z.g. totaal-parameters totaal-alpha en rest-bèta als doelvariabele geselecteerd. Deze zijn in tabel I gepresenteerd. De stofstudies zijn uitgevoerd door de afdeling Radiochemie van het Interfacultair Reactor Instituut (IRI) te Delft in opdracht van RIKZ en RIZA\*) [4, 5].

## Radioactiviteit

Radionucliden zijn instabiele atoomkernen, die de neiging hebben te vervallen naar stabielere kernen. Voor iedere soort van radionuclide is de snelheid van het verval rechtevenredig met het aantal van de

## Samenvatting

Door menselijk handelen komen zowel kunstmatige als natuurlijke radionucliden in de Nederlandse oppervlaktewateren terecht. Dit heeft tot gevolg dat in veel watersystemen totalen van alpha- en bèta-activiteit en van tritium gemeten worden die duidelijk verhoogd zijn ten opzichte van de natuurlijke achtergrond. De desbetreffende totalen, op een bepaalde wijze gemeten en verwerkt, worden totaal-alpha en rest-bèta activiteiten genoemd. In het kader van het Nederlandse terugdringingsbeleid zijn voor het oppervlaktewater grenswaarden vastgesteld voor de activiteiten van totaal-alpha, rest-bèta en van het radionuclide tritium.

In verscheidene watersystemen is er een dalende trend te bespeuren in de totaal-alpha en rest-bèta activiteiten. De grenswaarde voor totaal-alpha wordt echter nog steeds overschreden in de Nieuwe Waterweg, de Schelde en in sommige jaren in de Roer. Het ongeval te Tsjernobyl in 1986 heeft alleen in dat jaar een duidelijke verhoging van rest-bèta niveaus veroorzaakt.

De concentraties van afzonderlijke kunstmatige radionucliden in de Noordzee vertonen eveneens een neerwaartse trend, welke voor een belangrijk deel is te danken aan een sterke vermindering van de reguliere lozingen van de nucleaire opwerkingsfabriek te Sellafeld.

desbetreffende kernen. Het is de vervalsnelheid die meestal wordt gebruikt om een hoeveelheid radionucliden aan te duiden. De vervalsnelheid heet activiteit; als eenheid van activiteit dient de becquerel (Bq), dat is 1 vervallende kern per seconde. Een gedeelte van de bij het verval vrijkomende energie wordt meegegeven aan één of meer soorten van straling, afhankelijk van het desbetreffende radionuclide:  $\alpha$ -,  $\beta^-$ -,  $\beta^{+-}$ -, Röntgen en  $\gamma$ -straling. De genoemde stralingssoorten zijn alle vormen van *ioniserende straling*. Ioniserende straling brengt bij absorptie in materie op bepaalde wijze chemische reacties teweeg, welke al of niet omkeerbaar zijn.

## De effecten van geringe hoeveelheden ioniserende straling op de mens en andere levende wezens

Ioniserende straling veroorzaakt ook bij absorptie in levende cellen aan veel mole-

culen chemische veranderingen. Van alle veranderingen hebben die aan het erfelijk materiaal de ernstigste gevolgen. Die gevolgen bestaan bij de lage stralingsdoses afkomstig van radioactiviteit in het milieu uit het optreden van kwaadaardige tumoren en erfelijke afwijkingen met een bepaalde (lage) waarschijnlijkheid.

Om het risico op deze effecten na blootstelling van een menselijk individu te kunnen relateren aan een geschikte maat voor die blootstelling, gebruikt men voor het laatste de grootheid *effectieve dosis*; de eenheid ervan is de sievert (Sv) [8]. Leden van de Nederlandse bevolking ontvangen jaarlijks een gemiddelde effectieve dosis van 2,4 m(illi)Sv [2] uit alle bronnen van ioniserende straling (achtergrond, bouw-materiaal, medisch, etc.).

De aanwezigheid van radionucliden in de Nederlandse oppervlaktewateren draagt langs verschillende wegen bij aan de

TABEL I - Geselecteerde radionucliden en totaal-parameters. Dosis per Bq is (hier) de effectieve dosis die een volwassene in totaal zal ontvangen na opname van 1 Bq van het desbetreffende radionuclide met voedsel of drank [9]. Oorsprong NAT = natuurlijke achtergrond; KC = reguliere lozingen door kerncentrales en andere reactoren; TS = Tsjernobyl; KW = kernwapens; OP = opwerkingsfabrieken (alleen relevant voor zout water). n.v.t. = niet van toepassing.

Doelvariabele	Emissie	$t_{1/2}$ * jaar	Dosis per Bq/ $10^{-9}$ Sv Bq $^{-1}$	Voornaamste oorsprong
<i>Radionucliden:</i>				
$^3\text{H}$	$\beta^-$	12,3	0,018	NAT,KW,KC,OP
$^{60}\text{Co}$	$\beta^-$ , $\gamma$	5,3	3,4	KC
$^{90}\text{Sr}$	$\beta^-$	28,5	28	KW,KC,OP
$^{134}\text{Cs}$	$\beta^-$ , $\gamma$	2,1	19	KC,TS,OP
$^{137}\text{Cs}$	$\beta^-$ , $\gamma$	30,2	13	KC,TS,KW,OP
$^{210}\text{Pb}$	$\beta^-$	22,3	680	NAT,TV
$^{210}\text{Po}$	$\alpha$	0,38	240	NAT,TV
$^{226}\text{Ra}$	$\alpha$ ( $\gamma$ )	1600	280	NAT,TV
$^{239}\text{Pu}$	$\alpha$	24110	250	KW,OP,TS
$^{240}\text{Pu}$	$\alpha$	6550	250	KW,OP,TS
<i>Totaal-parameters:</i>				
Totaal- $\alpha$	$\alpha$	n.v.t.	n.v.t.	NAT,TV
Totaal- $\beta$	$\beta^-$ , $\beta^+$	n.v.t.	n.v.t.	"")
Rest- $\beta$	$\beta^-$ , $\beta^+$	n.v.t.	n.v.t.	NAT,TV,KC,TS,KW

\*) De rapporten [4 en 5] zijn verkrijgbaar bij mw. ir. E. J. de Jong, RIZA, Postbus 17, 8200 AA Lelystad.

\*) Halveringstijd, de tijd waarin de helft van het radionuclide vervallen is.

\*\*) Totaal-bèta metingen worden vrijwel uitsluitend toegepast bij controles van afvalwater.

effectieve dosis van leden van de bevolking. Belangrijke wegen zijn de volgende. Enerzijds vindt blootstelling plaats van buiten af, als mensen in of nabij het water verblijven. Dit geschiedt door radionucliden die buiten het lichaam vervallen en daarbij penetrerende stralingssoorten uitzenden:  $\gamma$ -straling en hoog-energetische  $\beta$ -straling. Laag-energetische  $\beta$ -straling en  $\alpha$ -straling dringen niet door de huid. Doordat veel radionucliden aan slib binden kan de externe blootstelling hoog zijn op onderlopende gebieden waarop slib bezinkt zoals op uiterwaarden en op gebieden tussen vloed- en eblijn. Anderzijds kan het lichaam van binnenuit worden blootgesteld, na opname van radionucliden met drinkwater, visserijproducten, en agrarische producten afkomstig van uiterwaarden of van landerijen waarop beregening met oppervlaktewater plaatsvindt. De regelgeving voor lozingen van radionucliden is erop gericht om de mens als individu te beschermen. Verschillende studies duiden erop dat dezelfde regelgeving tot gevolg heeft dat ook andere levende wezens in voldoende mate beschermd zijn, weliswaar op populatieniveau (zie b.v. [8]). In de regelgeving wordt namelijk rekening gehouden met de mogelijkheid dat de mens oppervlaktewater als drinkwater zou kunnen gebruiken en visserij-producten zou kunnen consumeren; door de op de mens gerichte lozingsbeperking wordt dus ook de blootstelling van aquatische organismen beperkt.

#### Enkele aspecten van wet- en regelgeving

De vergunningverlening in Nederland voor het lozen van radionucliden geschiedt niet in het kader van de Wet Milieubeheer, maar in het kader van de Kernenergiewet. De relevante artikelen zijn nader uitgewerkt in het Besluit stralingsbescherming Kernenergiewet. Recentelijk is het Besluit gewijzigd [13]. Op basis van het nieuwe artikel 37 moet in de toekomst ervoor worden gezorgd dat een instelling, als gevolg van zijn activiteiten, aan daarbuiten verblijvende personen een effectieve dosis doet toekomen welke zo laag is als redelijkerwijs mogelijk is en in geen geval de waarde van 0,1 mSv per jaar overschrijdt. Voor de meeste instellingen zal de lozing van radionucliden naar water en atmosfeer de belangrijkste weg zijn waarlangs blootstelling van de bevolking plaatsvindt. In het Besluit zijn bovendien voor lozingen naar water concentratie-limieten voor categorieën van radionucliden vastgelegd. Los hiervan zijn voor radioactiviteit waterkwaliteitsdoelstellingen geformuleerd [11, 12]: als grenswaarde geldt voor tritium

200000 Bq m<sup>-3</sup>, voor totaal-alpha 100 Bq m<sup>-3</sup>, voor rest-bèta 1000 Bq m<sup>-3</sup>; het gaat hierbij om jaargemiddelde concentraties.

#### Kunstmatige radionucliden

Er zijn twee overheersende bronnen van kunstmatige radionucliden voor het Nederlandse zoete water, te weten de voormalige bovengrondse kernwapenexplosies en de reguliere lozingen van kerncentrales. Daarnaast zijn er kleinere reguliere lozingen door laboratoria en ziekenhuizen. Voor de Noordzee zijn dezelfde bronnen van belang evenals de reguliere lozingen op andere rivieren en die welke direct op het zoute water plaatsvinden, zoals die van de reactoren te Borssele en Petten. Een dominante bron voor de Noordzee zijn de nucleaire opwerkingsfabrieken. De laatste staan te Sellafield aan de Ierse Zee, te Cap de La Hague in Normandië en (veel kleiner) te Dounreay aan de noordkust van het Schotse vasteland. Met de heersende stromingen wordt het grootste deel van al hun lozingen naar de Noordzee getransporteerd, voorzover tenminste de radionucliden niet voordien vervallen of getransporteerd zijn naar sediment. Vóór circa 1975 loosde vooral Sellafield aanzienlijke hoeveelheden. Sindsdien zijn de lozingen evenwel eerst geleidelijk en tenslotte drastisch vermindert. Een andere bron – van incidentele aard – is het ongeval te Tsjernobyl in 1986 geweest. Dit heeft tijdelijk een sterke verhoging van kunstmatige radionucliden teweeggebracht zowel in het zoete als zoute water. Door radioactief verval en wegspoeling is de invloed van Tsjernobyl nu vrijwel verdwenen. Achtereenvolgens zullen van de behandelde kunstmatige radionucliden enkele eigenschappen en meetgegevens worden besproken.

*H-3 (tritium)*. Dit radionuclide van het element waterstof wordt van nature gevormd in de atmosfeer onder invloed van kosmische straling ('cosmogeen radionuclide'). Toch wordt het hier gerangschikt onder de kunstmatige radionucliden, omdat de aanwezigheid ervan in zoet water, de Noordzee en zelfs de oceanen voor het overgrote deel te wijten is aan menselijk nucleair handelen, vooral aan de bovengrondse kernwapenexplosies. Doordat tritium bijna uitsluitend voorkomt in de chemische vorm van water hoopt het zich niet op in aquatische organismen. Doordat bovendien de radiotoxiciteit extreem laag is (tabel I), is de bijdrage tot de effectieve dosis van de bevolking gering. De concentraties van tritium in het zoete water variëren nogal, maar de trend over de laatste 10 jaar lijkt licht-dalend. De grenswaarde van 200000 Bq m<sup>-3</sup> wordt nergens ook maar bij benadering bereikt.

*Cobalt-60*. Dit radionuclide wordt in oppervlaktewater aangetroffen alleen als gevolg van lozingen van kerncentrales. In het Maaswater worden 's zomers soms hoge – maar snel voorbijvliedende – pieken van cobalt-60 gemeten (tot 3300 Bq per kg zwevend stof in 1989). Vermoed wordt dat ze het gevolg zijn van onzorgvuldige lozingen van een bovenstroomse kerncentrale.

*Strontium-90*. Het chemische gedrag van strontium lijkt op dat van het element calcium. Strontium-90 wordt daardoor ingebouwd in bot, waaruit het slechts zeer langzaam weer verdwijnt. Strontium-90 in het zoete water is afkomstig van kernwapen-proeven en van reguliere lozingen van kerncentrales. In de Noordzee is er een bijdrage van de opwerkingsfabrieken. Er is een duidelijk afnemende trend in het voorkomen van dit radionuclide in de Noordzee over de laatste decennia.

*Caesium-134 en caesium-137*. Beide radionucliden worden gevormd bij kernsplijting. De belangstelling voor de caesium-radionucliden is niet alleen aan de effecten op de gezondheid toe te schrijven, maar ook aan hun goede identificeerbaarheid. Het ongeval te Tsjernobyl heeft tijdelijk een sterke verhoging van beide radionucliden in Nederlandse watersystemen veroorzaakt. Caesium-134 is door zijn kortlevendheid al sinds 1991 niet meer meetbaar en de niveaus van caesium-137 zijn nu nog slechts weinig verhoogd in vergelijking met vóór het ongeval.

*Plutonium-239 en plutonium-241*. Deze radionucliden worden bij kernsplijtingsprocessen gevormd door invangst van neutronen in de splijtstof. Van nature komt het element plutonium vrijwel niet op aarde voor. Er bestaat bij het publiek een grote beduchtheid voor de desbetreffende radionucliden, misschien door de combinatie van anthropogeniteit en langlevendheid. De effectieve dosis per Bq orale inname van deze radionucliden is evenwel niet uitzonderlijk hoog en vergelijkbaar met die van bijvoorbeeld radium-226 (tabel I). De ophoping van plutonium door aquatische organismen is ook niet van een andere orde-grootte dan die van radium. De reguliere lozingen van de continentale kerncentrales bevatten vrijwel geen plutonium. Door de bovengrondse kernproeven zijn de twee plutonium radionucliden op onze breedtegraad verspreid met een dichtheid van samen circa 48 Bq m<sup>-2</sup>. Wij schatten dat de totale hoeveelheid van de twee plutonium radionucliden die jaarlijks door ons land wordt vervoerd circa 10<sup>9</sup> Bq bedraagt. De concentraties in de Noordzee zijn hoger dan in het Nederlandse zoete water door de reguliere lozingen van opwerkingsfabrieken.

### Natuurlijke radionucliden

*Primordiale radionucliden* zijn radionucliden die al bestaan sinds de vorming van de aarde. Ze zijn nog niet uitgestorven doordat ze uiterst langzaam vervallen. Belangrijke vertegenwoordigers zijn kalium-40 en de zware kernen van uranium en thorium: uranium-235, uranium-238 en thorium-232. De laatstgenoemde drie zware kernen vervallen niet direct naar stabiele kernen, maar via reeksen van tussenproducten: *radioactieve reeksen*. De tussenproducten worden *radiogene radionucliden* genoemd. De radioactieve reeks, die het meest voorkomt op aarde is die welke start bij uranium-238. Ertoe behoort het drietal geselecteerde radionucliden radium-226, lood-210 en polonium-210.

Door menselijk technologisch handelen worden grote hoeveelheden radiogene radionucliden in het milieu gebracht, hetzij naar oppervlaktewater hetzij naar de atmosfeer. Een gedeelte van wat naar de atmosfeer is geloosd zal door depositie in het oppervlaktewater belanden.

De volgende categorieën van bronnen kunnen genoemd worden [2, 14]:

1. Import van technologische verhoging met de rivieren en met de atmosfeer;
2. Mijnbouw, bijv. olie- en gaswinning;
3. Verbranding van fossiele brandstoffen;
4. Ertsverwerkende industrieën. De grotere zijn nabij zeehavens gevestigd, te weten de fosforzuurfabrieken aan de Nieuwe Waterweg, de thermische fosforfabriek te Vlissingen, en Hoogovens te Beverwijk;
5. Keramische industrie.

Aan radium-226 komt met Rijn en Maas jaarlijks respectievelijk 331 en  $29 \times 10^9$  Bq ons land binnen. Daarbij vergeleken is de jaarlijkse vracht afkomstig van de Nederlandse industrie bepaald hoog. In een rapport van de Gezondheidsraad [6] wordt de jaarlijkse lozing van de fosforzuurfabrieken aan de Nieuwe Waterweg op  $1600 \times 10^9$  Bq geschat. Deze industrie is verreweg de belangrijkste technologische bron van radium-226 en de andere beschouwde radiogene radionucliden. De geloosde hoeveelheden aan lood-210 en polonium-210 zijn van dezelfde orde-grootte als die van radium-226. Ook bij Antwerpen en bij Vlissingen wordt fosfaaterts verwerkt.

De lozingen van al deze fabrieken veroorzaken vóór de Nederlandse kust aanzienlijk verhoogde concentraties van de desbetreffende radionucliden [1]. Polonium-210 wordt zeer sterk opgehoopt door schaal- en schelpdieren (respectievelijk circa 50000 x en 10000 x ten opzichte van water [10]). De consumenten van deze producten ontvangen daardoor een aanzienlijke stralingsdosis. Deze dieren worden juist in de Nederlandse kustwateren intensief bevestigd of gekweekt.

### Totaal-alpha en rest-bèta

Met een *totaal-alpha* meting wordt op relatief eenvoudige wijze de snelheid gemeten waarmee  $\alpha$ -emissies in een monster plaatsvinden. Alpha-emissies boven een minimum-energie worden gedetecteerd, onverschillig van welk radionuclide de straling afkomstig is. Bij een *totaal-bèta* meting worden  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ - en andere elektron-emissies<sup>†</sup> boven een bepaalde minimum-energie gedetecteerd. Van de totaal-bèta activiteit van milieumonsters wordt in het algemeen de bijdrage van het natuurlijke kalium-40 afgetrokken. De activiteit die resteert wordt de *rest-bèta activiteit* genoemd. Een belangrijk voordeel van het gebruik van de totaal-alpha of totaal-bèta activiteit boven dat van bepalingen van afzonderlijke radionucliden is dat de analyses veel eenvoudiger zijn. Deze metingen zijn daarom zinvol voor bewakingsdoeleinden. Nadelen zijn dat de oorsprong van de activiteit niet meteen duidelijk is en dat de metingen niet kunnen worden gebruikt om risico's voor de mens te schatten.

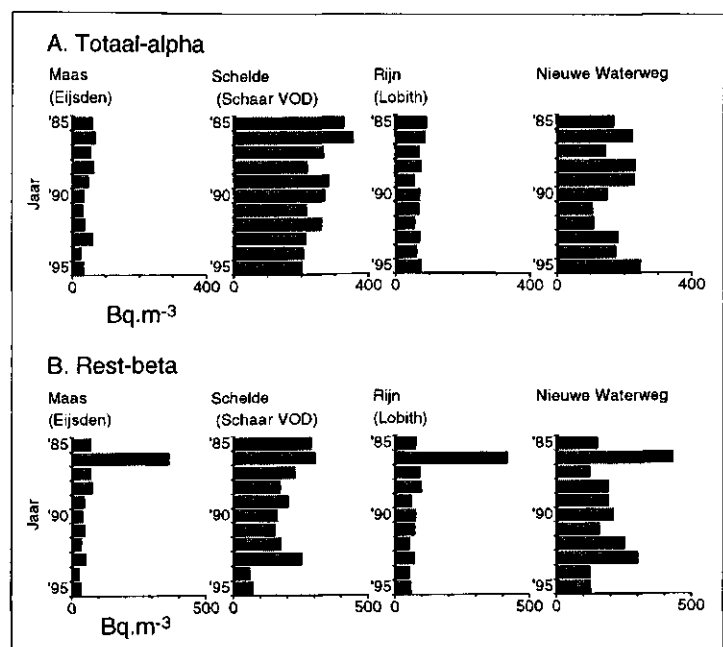
De reguliere lozingen van de continentale kerncentrales bevatten geen noemenswaardige alpha-activiteit. De verhoogde totaal-alpha niveau die in sommige watersystemen worden aangetroffen (afb. 1a) zijn daarom geheel toe te schrijven aan technologische verhoging. Vergelijk bijvoorbeeld de Rijn bij Lobith met de Nieuwe Waterweg. De trends zijn over het algemeen dalend. De grenswaarde van  $100 \text{ Bq m}^{-3}$  wordt evenwel nog steeds overschreden in de Nieuwe Waterweg en de Schelde (belangrijkste bron: fosforzuurfabrieken) en soms in de Roer (belangrijkste bron: kolenwinning in Noordrijn-Westfalen). De reguliere lozingen van kerncentrales

hebben een bijdrage in de rest-bèta activiteit in de grote rivieren. Op basis van de lozingsgegevens over het jaar 1989 schatten wij die bijdrage in Rijn, Maas en Schelde bij de landsgrenzen op respectievelijk 1,8%, 13,4% en 3,1%. Het ongeval te Tsjernobyl in het jaar 1986 is ook goed waarneembaar geweest aan de meeste rest-bèta niveaus in dat jaar (afb. 1b). Afgezien van het effect van deze gebeurtenis zijn de rest-bèta niveaus doorlopend verhoogd in dezelfde watersystemen als die waarin de totaal-alpha niveaus zijn verhoogd, en wel door dezelfde bronnen. De rest-bèta grenswaarde van  $1000 \text{ Bq m}^{-3}$  wordt evenwel nergens overschreden.

De dalende trend in totaal-alpha en rest-bèta niveaus die in sommige watersystemen zichtbaar is, mag slechts ten dele worden toegeschreven aan het gevoerde beleid terzake. Er zijn ook andere oorzaken, zoals netto export uit de Nederlandse oppervlaktewateren van de radionucliden die in het verleden zijn gedeponneerd door de bovengrondse kernwapenexplosies, en het radioactief verval ervan. Veranderingen van industriële processen, zoals de sluiting van kolenmijnen en een betere afvalwaterzuivering in het algemeen, kunnen ook een positief effect hebben gehad.

### Enkele consequenties voor de stralingsbelasting van de bevolking

Er zijn in de literatuur schattingen gemaakt van de stralingsbelasting van de bevolking door groepen van radionucliden, samen genomen op grond van aard, locatie of bron (bijv. [2, 3, 7, 14]). Als bron zijn het meest interessant de reguliere lozingen in eigen land, omdat deze het best te beheersen zijn door Nederlands beleid. De regu-



Afb. 1 - Het verloop van jaargemiddelde activiteitsconcentraties over de jaren 1985 t/m 1995 van totaal-alpha (A) en rest-bèta (B) in ongefilterd water.

liere lozings naar water van de kernreactoren te Borssele, Dodewaard, Petten en Delft samen veroorzaken naar schatting een gemiddelde jaarlijkse effectieve dosis aan leden van de Nederlandse bevolking van  $20 \times 10^{-10}$  Sv [7]. De overeenkomstige dosis door de overeenkomstige lozings van de gezamenlijke niet-nucleaire industrie bedraagt naar schatting  $20 \times 10^{-6}$  Sv [14]. De desbetreffende belasting door de niet-nucleaire industrie is dus circa 10000 x hoger dan die door de nucleaire industrie. Sommige individuen ontvangen een jaarlijkse effectieve dosis door de lozings van de fosfaatertsverwerkende industrie, die naar schatting [1] hoger is dan het maximum per bron van 0,1 mSv dat is gesteld in het gewijzigde Besluit stralenbescherming [13].

#### Literatuur

- Berger, G. W. en Köster, H. W. (1992). *De regionale distributie van Po-210, Pb-210, Ra-226 en Th-isotopen in de Nieuwe Waterweg*. Publikatiereeks Stoffen, Veiligheid, Straling Nr. 1992/2, Ministerie van VROM, Den Haag.
- Blauboer, R. O., Vaas, L. H. en Leenhouts, H. P. (1991). *De geschatte stralingsbelasting in Nederland in 1988 (Eindrapport)*. RIVM, Bilthoven.
- CEC, Expert Group Project 'MARINA' (1990). *The radiological exposure of the population of the European Community from radioactivity in North European marine waters. Radiation Protection Series 47. Report EUR 12483*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- Elteren, J. T. van, Goeij, J. J. M. de, Kok, J. de, Kolar, Z. I. en Wolterbeek, H. Th. (1996). *Radionuclides in Dutch Water Systems Research Project: (Zes afzonderlijke rapporten waarvan de ondertitels zijn: Tritium; Cobalt-60; Strontium-90; Caesium-134 and Caesium-137; Radium-226, Lead-210 and Polonium-210; Plutonium-239 and Plutonium-241)*. IRI, Delft; uitgegeven door RIZA, Lelystad.
- Elteren, J. T. van, Goeij, J. J. M. de, Hollander, W. den, Kok, J. de, Kolar, Z. I. en Wolterbeek, H. Th. (1996). *Radionuclides in Dutch Water Systems Research Project: Total-alpha, total-beta and rest-beta*. IRI, Delft; uitgegeven door RIZA, Lelystad.
- Gezondheidsraad (1987). *Advies inzake fosforzuurgips. Milieuhygiënische aspecten van het lozen of storten van fosforzuurgips*. Gezondheidsraad Rapport Nr. 1987/20, Den Haag.
- Hienen, J. F. A. van, Roelofsen, P. M., Weers, A. W. van en Poley, A. D. (1990). *Gevolgen van lozings bij normaal bedrijf van Nederlandse kerninstallaties*. Reeks Stralenbescherming Nr. 45, Ministerie van VROM, Den Haag.
- International Commission on Radiological Protection (1991). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21, Nr. 1-3.
- International Commission on Radiological Protection (1994). *Annual limits on intake of radionuclides by workers based on the 1990 recommendations*. ICRP publication 68. Annals of the ICRP 24, Nr. 1.
- Laheij, G. M. H., Blauboer, R. O. en Lembrechts, J. F. M. M. (1994). *Risicoberekening voor in het milieu geloosde radionucliden - onderbouwing richtlijn voor vergunningen (RIBRON)*. RIVM, Bilthoven.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1994). *Evaluatienota Water*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21250, Nrs. 27-28. Sdu, Den Haag.
- Ministerie van VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer (1991). *Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water*. Tweede Kamer, vergader-

jaar 1990-1991, 21990, Nr. 1. Sdu, Den Haag.  
 13. Ministerie van VROM (1996). *Besluit van 17 januari 1996, houdende wijziging van het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet*. Staatsblad 1996, Nr. 44.  
 14. Peute, A., Meijer, R. J. de en Put, L. W. (1988). *Schatting van de radiologische consequenties van lozings in de atmosfeer en op het oppervlaktewater veroorzaakt door niet-nucleaire industriële processen in Nederland*. Reeks Stralenbescherming Nr. 40, Ministerie van VROM, Den Haag.

#### Summaries

- *End of page 679.*

emissions of the compounds which are most critical to the surface water, like insecticides, have decreased less. Also the emissions from windborn spraying drift have not decreased. The latter route leads to peak concentrations in the surface water, which may have adverse effects on the aquatic organisms.

H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 23; 689

P. M. LICHT, M. J. VAN DRIEL and F. OTTO:

#### A financial-economic analysis of water management

The annual costs of the current Dutch water-management are expected to increase from f 8 billion in 1995 up to f 10 billion in 2015, representing a more than 1% increase per year in the period 1995-2015. The expenditures for households are expected to increase more than 3% per year in the same period, resulting in a financial claim of approximately f 250 per person in 2015. The growth for households was almost 5% in the previous decade. The annual increase for various economical sectors will, in general, not exceed their respective estimated economical growth. To achieve the objectives of Dutch waterpolicy an extra annual budget of f 24 billion in 2015 is required; i.e. a yearly increase of the budget of more than 7%. These additional costs are mainly generated by measures to reduce the emission to surface water. The financial consequences for households will thereby rise to f 1000 per person in 2015 (an increase of 10% a year). Due to these severe measures the financial consequences for several sectors will exceed the expected economical growth. The effects on employment and National Income are estimated to accumulate to a negative 1% over the 20-year calculation period.

H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 23; 693

P. J. M. LATOUR, E. STUTTERHEIM and A. J. SCHÄFER:

#### From datum to information: the WATER DIALOGUE

The information system WATER DIALOGUE is a presentation module for the Aquatic Outlook project. The application provides processing facilities and a clear, reproducible presentation of data relating to the condition and use of the water systems in the Netherlands. In addition to information regarding the physical, chemical and biological quality of the waters, the WATER DIALOGUE also provides input indicators, the costs involved in the water policy and information with respect to the functional aspects. The WATER DIALOGUE is implemented as an interactive PC application, which enables the user to define policy queries by means of selecting groups of variables, standards and even future developments. The results, for both the present and the future, are presented using a number of methods. The WATER DIALOGUE not only offers starting points for the analysis of bottlenecks in water management, but also for policy evaluation and preparation.

## WMO en WOT gaan fuseren

Indien de aandeelhouders hiermee instemmen gaan de Waterleiding Maatschappij Overijssel (WMO) en het Waterleidingbedrijf Oost-Twente (WOT) op 1 januari 1997 fuseren. De huidige samenwerking tussen de twee bedrijven, die dateert van begin jaren '90, krijgt op dat moment een nieuwe organisatorische en juridische vorm. Vanaf dan zal er in Overijssel nog één waterleidingbedrijf actief zijn, onder de naam Waterleiding Maatschappij Overijssel NV, kortweg WMO.

Voor de huidige WOT-klienten verandert er na 1 januari nog niet zo veel. Zoals nu ook het geval is verlopen ook na 1 januari alle klientencontacten en uitvoerende werkzaamheden via EDON, althans voor wat betreft Enschede en Hengelo. Alle huidige WOT-klienten worden per brief nog uitgebreid geïnformeerd over de fusie.

De fusie van de twee drinkwaterbedrijven, zal geen gedwongen ontslagen tot gevolg hebben. Wel zullen verschuivingen plaatsvinden die het waterleidingbedrijf nog efficiënter en klantgerichter zullen maken. Daarvoor wordt de organisatie aangepast. WMO zal gaan opereren in drie regio's (west, midden en oost). Elke regio krijgt een eigen klantenservice en wordt zelf verantwoordelijk voor de waterproductie en -distributie.

Om grondwater te sparen zal de komende jaren een verschuiving optreden naar de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater. Momenteel worden hiervoor geschikte winlocaties onderzocht. Het doel van WMO is om nu en in de toekomst op de meest efficiënte wijze hoogwaardig drinkwater te produceren en te leveren aan de ruim vierhonderdduizend aangesloten huishoudens, bedrijven en instellingen in het verzorgingsgebied, dat geheel Overijssel (met uitzondering van de gemeente Haaksbergen), De Noordoostpolder en een klein deel van Drenthe omvat.

WMO blijft eigendom van provincie en gemeenten en werkt zonder winstoogmerk. De fusie past in het beleid van de provincie Overijssel om de drinkwatervoorziening te concentreren. Eerder leidde dit al tot integratie van de gemeentelijke waterbedrijven in Zwolle, Kampen, Deventer en Almelo in WMO.

(Gezamenlijk persbericht WMO/WOT)