
Kernenergie en demografie

LUC BONNEUX

De zeebeving en de daaropvolgende tsunami in Japan vergden 24.000 doden, aannemend dat er bij de 8.000 vermisten geen overlevenden meer zijn (status 1 juni). In de zwaarst getroffen prefectuur Miyagi, waar hele dorpen van de kaart werden geveegd, zijn bijna 14.000 mensen dood of vermist. Toch werd het nieuws gedomineerd door de getroffen kerncentrales van Fukushima, hoewel daar tot nog toe geen slachtoffers vielen te betreuren. Dit artikel geeft een kort overzicht van de medisch wetenschappelijke stand van zaken en trekt conclusies ten aanzien van de demografische kern van deze vraagstukken.

Bij kernsplitsing vallen grote moleculen zoals uranium en plutonium, beide zware metalen, uit elkaar. Daarbij komt energie vrij in de vorm van alfa-, beta- en gammastraling. De meest energierijke, en dus gevaarlijkste, is gammastraling. Uranium komt overal in de natuur voor. Plutonium wordt voornamelijk geproduceerd in kernreactoren.

Ioniserende straling is een verzamelnaam voor hoogfrequente, energierijke straling die weefsels kan verbranden of kanker veroorzaken door DNA-schade. Mensen kunnen gemakkelijk met de gevolgen van die straling worden geconfronteerd wanneer ze zich langdurig zonder bescherming blootstellen aan zonlicht, een gevolg van kernfusie, dat zonnebrand en huidkanker veroorzaakt. Het meeste gevaar komt nog van laag radioactief stof dat je kunt inademen en dat lokaal kanker kan verwekken. Dat geldt ook voor bijvoorbeeld longkanker bij mijnwerkers in radiummijnen. Bij een kernramp is vooral radioactief jodium te vrezen. Dit wordt opgenomen door de schildklier, nestelt zich daar, en veroorzaakt schildklierkanker door lokaal ioniserende straling af te geven. Daarom worden er rond kerncentrales jodiumpillen verstrekt aan de bevolking: bij een ongeval worden die pillen geslikt waardoor de schildklier wordt verzadigd door een zeer hoge dosis medicinaal jodium, met als gevolg dat radioactief jodium niet kan worden opgenomen. Radioactiviteit is even natuurlijk als uranium. De natuurlijke bronnen zijn van velerlei aard: aardstraling, kosmische straling, radon (een natuurlijk gas, vervalproduct van uranium), en vele andere.



Foto: Stockxchng/Njd89

Het biologische effect van straling wordt uitgedrukt in Sievert (Sv). Eén Sv bevat 1.000 millisievert (mSv). De gemiddelde aardbewoner krijgt tussen de 1,0 en 3,5 mSv per jaar binnen. Een Nederlander krijgt gemiddeld 2,5 mSv per jaar binnen. In België is de totale blootstelling groter. Een Belg krijgt gemiddeld 4,4 mSv per jaar, met als belangrijkste bronnen radon (1,5 mSv) en een met straling erg vrijgevig medische beroepsgroep (1,9 mSv). Radon komt in de Ardennen veel voor. In Nederland is er weinig natuurlijke straling

De wiskundige relatie tussen blootstelling aan straling en kanker is gebaseerd op mensen die blootstonden aan hoge tot zeer hoge doses straling, vooral overlevenden van Hiroshima en Nagasaki. Andere onderzoeksgroepen zijn arbeiders in de kernenergiesector, overlevenden van radiotherapie en de opruimers van Tsjernobyl. Daar is het verband duidelijk en wordt het weergegeven door een lineair kwadratisch wiskundig model. Dit model berekent hoeveel extra gevallen van kanker je mag verwachten in een bevolking, na blootstelling aan een bepaalde stralingdosis.

Wat gebeurt er evenwel bij lage doses aan straling? Er zijn feitelijk drie groepen aannames. Een middenaanname veronderstelt dat er geen effecten meer zijn bij een bepaalde drempel. Het leven is ontstaan bij alomtegenwoordige achtergrondstraling en het zou raar zijn dat na enige miljarden jaren natuurlijke selectie, een lagere dosis dan deze niet zo geringe achtergrondstraling nog steeds effect zou hebben. In een 'worst case speculatie' is er geen enkele drempel, en is ook de geringste dosis straling dodelijk. Het RIVM berekende dat in Nederland jaarlijks 2.000 mensen sterven door deze achtergrondstraling, terwijl deze straling, zonder veel natuurlijke rotsbodems, al erg laag is. Er is bovendien een zeer grote variatie in achtergrondstraling, die zich niet uit in toegenomen kankersterfte. Het tegendeel lijkt eerder waar. Dit heeft aanleiding gegeven tot een 'best case speculatie': hormesis.

Mogelijk is een beetje straling goed voor je. Hormesis (uit het Grieks, waar het prikkel betekent) is in de toxicologie en de geneeskunde meer regel dan uitzondering. Er zijn werkelijk ontzaglijk veel voorbeelden waarbij middelen in hoge dosis dodelijk zijn maar in lage doses gunstig. Micronutriënten of sporenelementen zijn stoffen die je in kleine doses niet kan missen, waar ze in hoge doses schadelijk of dodelijk zijn. Zeer veel medicijnen zijn dodelijk in overdosis, maar hebben bij de juiste dosis gunstige gevolgen. Immuniteit, een zeer complex systeem, zit vol paradoxen door hormesis. Vaccinatie is hormesis: het toedienen van een prikkel om het immuunsysteem te activeren. De hygiënehypothese is typische hormesis: de prikkeling van het immuunsysteem door allergieverwekkende stoffen op jonge kindereleeftijd voorkomt allergieën zoals astma en eczeem. Kinderen die opgroeien op boerderijen, blootgesteld aan allerlei vogelpluimen en dierenhaar, hebben veel minder last van astma en atopisch eczeem dan hun leeftijdsgenootjes uit de stad.

Geldt dit ook voor straling? Er is zeker veel weerstand tegen het idee van stralingshormese. Kort samengevat is dit de theorie: hogere doses straling beschadigen DNA onherroepelijk en veroorzaken kanker. Lagere doses straling daarentegen prikkelen het DNA-herstel. Deze geprikkelde systemen zijn actiever in het opruimen van schade aan DNA door mutaties, en beschermen zo het lichaam tegen kanker.

Kanker is een complex, niet lineair proces, gevormd door natuurlijke evolutie. Cellen moeten kunnen groeien om schade te herstellen, maar moeten in de pas blijven lopen. Afweer tegen kanker is even oud als het complexe meercellige leven: zonder deze afweer tegen rebelse cellen is meercellig leven onmogelijk. Natuurlijke evolutie heeft deze afweer tegen kanker ontwikkeld tegen een achtergrond van alomtegenwoordige straling. In dergelijke complexe processen zijn vormen van terugkoppeling die leiden tot paradoxale reacties zoals hormesis de regel. Hormesis is een 'best case speculatie', quadratische modellen zonder enige drempel zijn een 'worst case speculatie'. De enige wetenschappelijk verantwoorde samenvatting blijft, dat we de effecten van straling in een lage dosis niet kennen.

Monument Tsjernobyl. Foto: www.kennislink.nl



door radon (0,6 mSv); de Nederlandse artsen zijn opmerkelijk zuiniger met het toedienen van straling: 0,8 mSv. Het RIVM heeft berekend dat deze natuurlijke straling ongeveer 2.000 doden veroorzaakt, ongeveer 1,5 procent van de totale sterfte in Nederland. Dergelijke doden sterven gelukkig enkel in rekenmodellen. De aannames in dergelijke modellen zijn omstreden, want de effecten van straling in lage dosis zijn onbekend (zie verderop in dit artikel). In bepaalde streken wordt 70 mSv gemeten aan achtergrondstraling, 30 maal meer, zonder enig meetbaar effect op de sterfte.

Biologische gevolgen

Bij hoge straling worden diepe weefsels verbrand: dat is het principe van radiotherapie bij kanker. De biologische gevaren van lagere doses aan straling ontstaan vooral door de mogelijkheid om DNA te beschadigen en zo mutaties te verwekken.

Genetische en overerfbare afwijkingen

Een gevreesd effect van deze mutaties zijn genetische en overerfbare afwijkingen. In de praktijk bleef dit gevaar beperkt tot de scenario's van B-films. Godzilla, een door straling gemuteerde en bijna onverwoestbare dinosaurus, is de meest bekende. Godzilla heeft zijn wortels in de (terechte) angst voor straling na Hiroshima en Nagasaki. In Kazachstan (Semipalatinsk) werden de fauna, flora en mensen blootgesteld aan enorme hoeveelheden nucleaire fall-out door kernproeven in de open lucht, een veelvoud van die bij de kernramp in Tsjernobyl. Er werden daar, evenmin als in Tsjernobyl, echter niet meer genetische afwijkingen aangetoond.

Beschadiging van de daarvoor zeer kwetsbare vrucht

Bestraling bij zwangerschap kan beschadiging van de daarvoor zeer kwetsbare vrucht veroorzaken. Daartoe zijn zeer hoge doses noodzakelijk. Na Tsjernobyl zijn er veel abortussen uitgevoerd. Dat kwam niet door radioactieve schade maar door de angst voor radioactieve schade. In Tsjernobyl of Kazachstan zijn niet meer aangeboren afwijkingen aangetoond dan elders in de ex-Sovjetstaten. Alcoholisme en een voeding arm aan foliumzuur, bekende oorzaken van aangeboren afwijkingen, zijn een gigantisch probleem in de ex-Sovjetstaten. Het is zeker niet onmogelijk dat er meer aangeboren afwijkingen waren, maar dat deze niet zijn weer te vinden omdat ze worden overschaduwed door deze veel grotere problematiek.

Kanker

Het meest beruchte effect is dat op kanker. Na Tsjernobyl is er veel schildklierkanker gevonden bij jonge kinderen. Dit kwam deels door het drinken van melk van koeien die graasden in besmette weiden, deels door jodiumtekorten in de kindervoeding. Er zijn 'slechts' negen kinderen aan gestorven. Schildklierkanker komt normaal nooit voor bij kinderen: deze kankersterfte is met zekerheid veroorzaakt door het ongeval in Tsjernobyl. Er zijn weinig kinderen aan gestorven, omdat schildklierkanker vaak goedaardig verloopt en goed behandelbaar is. Er zijn verder geen aan-

wijzingen gevonden dat de kankersterfte door andere oorzaken dan schildklierkanker is toegenomen. Meer bepaald is er geen toegenomen sterfte aan leukemie waargenomen, een bloedkanker die veel voorkwam bij overlevenden uit Nagasaki en Hiroshima. Er zijn recent wel aanwijzingen dat de sterfte door leukemie is toegenomen in de 'liquidators', de arbeiders en vrijwilligers die de hoog radioactieve rommel moesten opruimen. Leukemie blijft relatief zeldzaam, waardoor het om kleine aantallen gaat.

Angst

Er is in de getroffen bevolking van Kazachstan of Tsjernobyl veel angst aangetoond. Angst is het voor de volksgezondheid meest tastbare gevolg van radioactieve besmetting. Je ziet, hoort, voelt, smaakt of ruikt geen radioactieve straling. Dat is bijzonder angstaanjagend. Wat de gevolgen van de fobische angst voor straling zijn geweest in Tsjernobyl valt even moeilijk te schatten als de fysieke gevolgen, wegens dezelfde weerkerende reden: de achtergrond van hopeloosheid en alcoholisme in de voormalige Sovjet Unie die gepaard ging met een hoog aantal zelfdodingen.

De gezondheid in ex-Sovjetstaten als Oekraïne, Wit-Rusland en Kazachstan is werkelijk heel slecht. Mannen uit de ex-Sovjetstaten hebben na die uit zwart Afrika de laagste levensverwachting van de wereld. De oversterfte in deze landen draagt de handtekening van alcohol, roken en hopeloosheid. Door deze zeer hoge mortaliteit, vooral bij mannen, is de reële oversterfte door Tsjernobyl mogelijk moeilijk terug te vinden.

Tsjernobyl

In 1986 ging Tsjernobyl spectaculair de lucht in, en daarmee ook de nucleaire droom. Het Sovjet-regime was uitgeleefd, de kerncentrale was uitgehold door een tekort aan wisselstukken: een gevolg van de Amerikaanse boycot na de inval van de Sovjets in Afghanistan. Na een veiligheidsoefening vloog het dak van de kerncentrale, die meer dan tien dagen een fontein radioactieve nucleïden hoog de atmosfeer in spoot. Tsjernobyl ontplofte tijdens een veiligheidsoefening. De verantwoordelijke ingenieurs wisten heel goed dat de kerncentrale onveilig was. Rituele veiligheidsoefeningen vervingen een echt beleid: het stilleggen van een onveilig geworden kerncentrale. De les is dat veiligheid van kerncentrales mensenwerk blijft, en dat mensen gevoelig zijn voor druk.

Bij het opruimen van de ellende waren 200.000 mensen betrokken, de zogenoemde 'liquidators'. Later werd dit aantal verder opgetrokken tot 800.000, maar zij waren vermoedelijk niet blootgesteld aan hogere doses. De objectieerbare gevolgen van dit ongeval bleven echter relatief gering: 47 arbeiders stierven door acute straling en, zoals in de vorige paragraaf al gezegd, negen kinderen door schildklierkanker. De speculatieve echter geen grenzen. Aan de ene kant van de ring stonden de internationale deskundigen van UNSCEAR (de Verenigde Naties), de WHO (de Wereldgezondheidsorganisatie) en de IAEA (het internationale atoomagentschap). Deze deskundigen hebben per definitie belangstelling voor kernenergie, en daarmee ook belangen. Dat kan leiden tot onderschatting van de aantal



Fukushima kerncentrale nr. 1 van Tokyo Electric Power in oktober 2008. Foto: Kyodo News/The Associated Press

len slachtoffers. Zij berekenden mogelijk 4.000 extra slachtoffers aan kanker, maar vonden dit later overdreven wegens het uitblijven van leukemie in de getroffen bevolking. Aan de andere kant van de ring staan de milieubeweging en milieuonderzoekers. Deze hebben belang aan het overschatten van de gevolgen: ze leven ervan. Zij moeten geld uit de markt van donors en subsidiegevers trekken. Het onderzoek naar de gevolgen van Tsjernobyl is een bloeiende industrietaak in Oekraïne en Wit-Rusland, vijf tot zeven procent van het BBP van Oekraïne wordt aangewend voor de follow up van Tsjernobyl. Het gevecht wordt gevoerd met speculaties die de ideologie en belangen van de makers uitrekenen in een rekenmodel. Rekenmodellen zijn een noodzakelijk kwaad waar waarnemingen ons in de steek laten. In de *evidence based medicine* tellen ze mee als 'expert opinion' als er enige consensus bestaat over de aannames. De aannames zijn hier echter elkaars tegengestelde. Goede risicocommunicatie zou de nadruk leggen op deze onzekerheid.

Van Tsjernobyl naar Fukushima en demografie

Tsjernobyl explodeerde als werkende atoomcentrale tegen de achtergrond van het imploderende communisme. Als aanslag op de volksgezondheid was het in het geheel van de gezondheidsproblematiek van de omliggende ex-Sovjetvolkeren een fait divers. Dat deelt Tsjernobyl met Fukushima. In het Japanse Fukushima, aan de rand van de oceaan, liggen zes reactoren. Na een zware zeebeving werden de centrales stilgelegd, maar de vloedgolf van 14 meter hoog die tegen de centrales aanbeukte, hebben ze niet overleefd (of ten minste vier van de zes niet). Japan ligt echter niet sinds vandaag op de 'ring van vuur', de ring van geologische instabiliteit rond de Stille Oceaan. Zes reactoren aan de rand van de oceaan is de goden verzoeken: tsunami is een Japans woord. Evengoed als de onvermijdelijke angst voor straling, zijn ongevallen met ontsnappende radioactiviteit deel van kernenergie. In het geheel van de tsunami zijn de menselijke gevolgen van dit kernongeval vooralsnog beperkt.

demodata

OUDEREN WONEN STEEDS LANGER ZELFSTANDIG

Het aantal ouderen groeit snel, maar het aantal ouderen in een verzorgings- of verpleeghuis daalt. Zowel het aandeel zelfstandig alleenwonende ouderen als het aandeel zelfstandig samenwonende ouderen neemt toe. Tussen 2000 en 2010 nam het aantal 80-plussers toe van 500.000 naar 648.000. Het aantal 80-plussers dat in de Gemeentelijke Basisadministratie is ingeschreven bij een verzorgings- of verpleeghuis daalde in dezelfde periode van 102.000 naar 90.000. Het aandeel 80-plussers dat deel uitmaakt van een institutioneel huishouden nam hierdoor sterk af, van 20 naar 14 procent. De daling heeft zich bij alle leeftijden voorgedaan. De gemiddelde leeftijd van mannen in verzorgingshuizen (bijna 82 jaar) is sinds de eeuwwisseling vrijwel constant. Bij vrouwen nam de gemiddelde leeftijd met 1 jaar toe tot ruim 86 jaar. Zes op de zeven 80-plussers wonen zelfstandig, al dan niet met ondersteuning. Met uitzondering van de allerhoogste leeftijden wonen vrouwen daarbij beduidend vaker alleen dan mannen. Dit komt doordat in echtparen de man vaak als eerste overlijdt. In de loop der tijd is het aandeel alleenwonende 80-plussers vooral onder vrouwen sterk toegenomen. Ook na het verlies van hun partner blijven ze langer zelfstandig wonen. Het aandeel mannen dat samen met een partner zelfstandig woont is in tien jaar tijd aanzienlijk toegenomen. Tegenwoordig woont op 87-jarige leeftijd nog de helft van alle mannen zelfstandig samen. Dit geldt voor slechts één op de negen vrouwen van deze leeftijd. (CBS)

MINDER THUISBEVALLINGEN

In 2010 zijn in Nederland 184.000 kinderen geboren. Ongeveer driekwart van de bevallingen vond in een ziekenhuis plaats, een kwart thuis en 0,5 procent elders, bijvoorbeeld in een geboortehotel of in de auto op weg naar het ziekenhuis. Vergeleken met andere landen is het aandeel thuisbevallingen hoog. Het is wel afgenomen: in 1989/1991 lag het aandeel thuisbevallingen nog op 38 procent. Thuisbevallingen worden begeleid door verloskundigen die daarnaast ook helpen bij een groot deel van de poliklinische bevallingen. Ongeveer een derde van de ziekenhuisbevallingen was in 2007/2009 poliklinisch. In 70 procent van die gevallen heeft een verloskundige geholpen. Begin 2010 telde Nederland ruim 2.500 verloskundigen. Dat zijn nagenoeg allemaal vrouwen. Slechts 47 mannen waren als verloskundige werkzaam. (CBS)

Het is zeker zo dat Fukushima een nieuwe klap heeft gegeven aan de herlevende kernenergie. De kern van het energieprobleem is demografisch: groeiende aantallen mensen met groeiende energiebehoeften. Schaarste van een goed ontstaat door meer vraag dan aanbod, en bepaalt de prijs. We zullen niet zonder energie komen te zitten, maar energie kan duur worden. Kernenergie lijkt goedkoop, maar in de economie is heel bekend dat de kosten en baten van een product in aanzienlijke mate worden bepaald door wie ze berekent. De kosten van het opruimen en follow up van Tsjernobyl zijn gigantisch, de follow up van Fukushima zal ook niet van de poes zijn. Kerncentrales zijn onverzekerd: de risico's worden gedeeld door de landen die kerncentrales bezitten. Kernafval (en de rommel van verongelukte kerncentrales) die toxisch blijft gedurende tienduizenden jaren is geen cadeau aan de generaties na ons. De kosten blijven eeuwenlang na-ijlen na de baten.

Gedurende deze 21^{ste} eeuw zullen we met heel veel mensen leven op een warmer wordende planeet, en met meer mensen die ook een auto, centrale verwarming en een stukje vlees bij de warme maaltijd ambiëren. In de toekomst daalt de omvang van de wereldbevolking, die beter geschoold en welvarender zal zijn. Mogen we deze delicate overgang, waarbij grote aantallen aardbewoners door de 21^{ste} eeuw heen worden geperst naar een

minder dichtbevolkte planeet, ondersteunen met goedkope kernenergie? Daarbij zullen we ons welvarender, hoger geschoolde en technologisch kundiger nageslacht een giftig geschenk met hoge kosten nalaten. Of moeten we de energiebroekriem aanhalen? Maar dat betekent meestal grotere moeilijkheden voor de armen en de zwakken.

LITERATUUR:

- Editorial (2005), Mental-health effects of the Chernobyl disaster live on. *Lancet* 366(9490), pp. 958.
- Füredi, F. (2006), *Culture of fear revisited: risk-taking and the morality of low expectation*, New York: Continuum.
- Holt, E. (2010), Debate over health effects of Chernobyl re-ignited. *Lancet* 375(9724), pp. 1424-1425.
- Kaiser, J. (2003), Hormesis. Sipping from a poisoned chalice. *Science* 302(5644), pp. 376-379.
- Moysich, K.B., R.J. Menezes, et al. (2002), Chernobyl-related ionising radiation exposure and cancer risk: an epidemiological review. *Lancet Oncol* 3(5), pp. 269-279.
- Parfitt, T. (2010), Nuclear tests leave Kazakhstan still searching for answers. *Lancet* 376(9749), pp. 1289-1290.
- Parfitt, T. (2006), Opinion remains divided over Chernobyl's true toll. *Lancet* 367(9519), pp. 1305-1306.
- Stephan, V. (2005), Chernobyl: poverty and stress pose 'bigger threat' than radiation. *Nature* (7056), p 181.

Dr. L. Bonneux, NIDI. E-mail: bonneux@nidi.nl