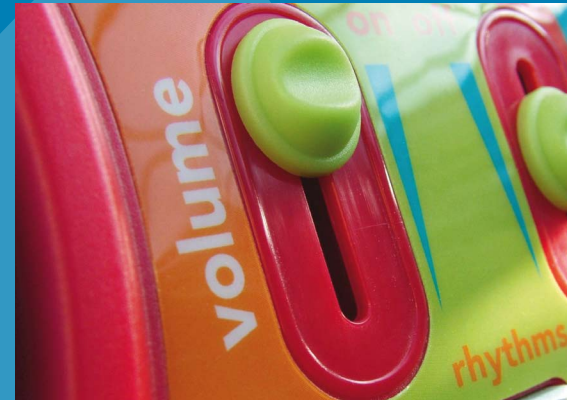


Radioactiviteit en straling: natuurlijk nuttig!





Een röntgenfoto wordt gemaakt met straling.



Radioactieve straling is alleen met een apparaat waar te nemen. Vergelijk het met radiogolven, zonder radio kun je het geluid niet horen.

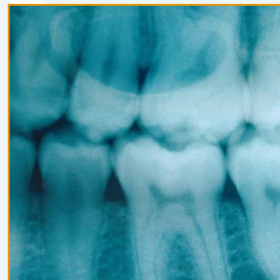
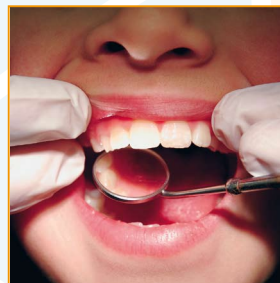
radioactiviteit en straling

Kom je wel eens bij de tandarts? Dan weet je wat straling is! Jij, je vader of je moeder zijn door de tandarts vast een keer op de foto gezet. Op een röntgenfoto kun je zien hoe een kies er van binnen uitziet. Of ergens verborgen gaatjes zitten en hoe de kaak en de tandwortels er uitzien. Zo'n foto wordt gemaakt met straling. Maar wat is straling precies? En wat kunnen we er allemaal mee? Dat gaan we in dit boekje uitleggen!

Iets dat werkt en straalt is – net als de zon – een energiebron. Wie de straling opvangt, kan de energie gebruiken.

Dat doet de tandarts ook. Zijn röntgencamera zendt een heel klein beetje straling (energie) aan één kant de kies in. De dikte van het glazuur en het tandbeen bepalen hoeveel straling er aan de andere kant uitkomt.

Het glazuur, een zilveren vulling of een porseleinen kroon houden veel straling tegen en kleuren wit. Daar waar een gaatje in het glazuur zit, laat het meer straling door en kleurt het donker op de foto.



wat is radioactiviteit?

Radio-Actief

Radio komt van radius en betekent **straal**.

Actief betekent **werkzaam**, het doet iets.

Radioactieve stoffen zenden dus 'werkzame stralen' uit. Dat klinkt geheimzinnig maar is eigenlijk heel gewoon. Heel veel stoffen op aarde zenden namelijk werkzame stralen uit. Je wordt er de hele dag mee omringd. Alleen merk je dat niet.

Je kunt straling niet voelen, horen, ruiken of zien. De mens heeft er gewoon geen zintuig voor. Vergelijk het met radiogolven, die kun je ook niet horen.

Alleen als je er een apparaat voor hebt, kun je naar radiomuziek luisteren! Ook straling kun je alleen met instrumenten meten. Wilhelm Röntgen, waar de röntgenfoto van de tandarts naar vernoemd is, ontdekte in 1895 het bestaan van deze actieve stralen.

Een ander woord voor 'radioactief' is 'nucleair'.

Je mag de twee woorden door elkaar gebruiken, ze betekenen hetzelfde.





De bouwstenen van de aarde kun je vergelijken met LEGO. Hoe meer blokjes (atomen) hoe groter de bouwsels (moleculen).



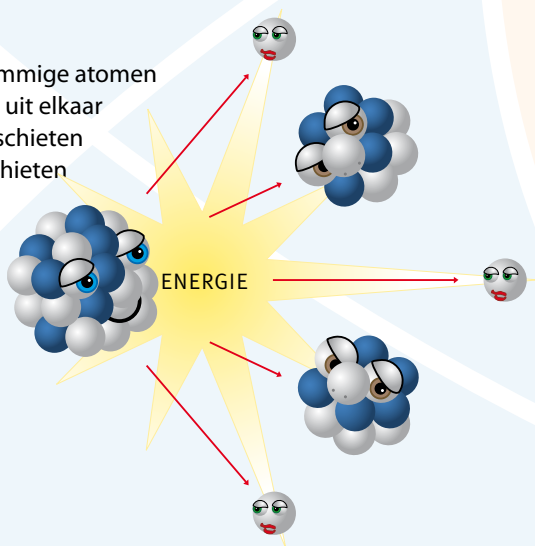
De mens heeft geen zintuigen voor radioactieve straling. We kunnen het dus niet zien, ruiken, horen of voelen.

hoe ontstaat radioactiviteit?

De aarde bestaat uit heel veel verschillende stoffen. Die stoffen zijn samengesteld uit bouwstenen. Vergelijk het met LEGO: de verschillende blokjes zijn de atomen. Die kun je combineren tot bouwsels (moleculen), die samen een groter geheel vormen, zoals een stad (de stof).

De atomen veroorzaken straling. Sommige atomen zijn namelijk niet zo stevig, ze willen uit elkaar vallen. Als atomen uit elkaar vallen, schieten de stukjes alle kanten op. Dat wegschieten noemen we straling.

De mens heeft de energie van de straling leren gebruiken voor talloze slimme toepassingen. Zoals bijvoorbeeld stroom maken, ziektes bestrijden en onderzoeken hoe oud iets is.



is straling gevaarlijk?

Straling die in de natuur voorkomt, is niet gevaarlijk. Je wordt er de hele dag mee omringd. Wetenschappers denken dat we er daarom ook geen zintuig voor hebben.

Zou je een speciaal meetapparaat meedragen, dan zie je dat als je hoog in de bergen gaat snowboarden je veel meer straling oploopt dan bij jetskiën op zee.

De mens wordt ook blootgesteld aan kunstmatige straling, bijvoorbeeld bij het maken van een röntgenfoto. Je lichaam weet daar wel raad mee.

Toch moet je oppassen met heel lang blootstaan aan veel straling. We weten dat héél veel straling wel gevaarlijk is. Een grote hoeveelheid straling kan lichaamscellen beschadigen. Daar kun je ziek van worden. Net als zonnen. Een beetje zonlicht is goed voor je lichaam, maar van veel zon verbrandt je huid. Uit voorzorg gaan we daarom wel heel voorzichtig met straling om.





Bestraling van etenswaren vergroot de voedselveiligheid.



Radioactieve stoffen worden minder actief als ze ouder worden. Dit gebruiken we om de oudheid van archeologische vondsten vast te stellen.

wat kan je doen met radioactiviteit?

Met radioactiviteit kun je leuke en nuttige dingen doen. Je kunt straling uit een radioactieve bron gebruiken om voedsel langer te bewaren. Het doodt bacteriën. En in Delft hebben ze met straling onderzocht hoe oud de stenen van een Egyptische piramide zijn!

We noemen hier even kort de belangrijkste toepassingen van radioactiviteit en gaan verderop op een paar daarvan in.

- **Stroom maken:** in kerncentrales.
- **Geneeskunde:** elk ziekenhuis maakt röntgenfoto's en werkt met radioactieve vloeistoffen om te kijken wat iemand scheelt. Zo behandelen gespecialiseerde ziekenhuizen kanker met bestraling of radioactieve injecties.
- **Meetinstrumenten:** van brandmelders tot het meten van de dikte van bagger op de rivierbodem.
- **Voortbewegen:** van atoomonderzeeërs tot ruimteschepen.

- **Drinkwaterproductie:** met radioactiviteit kun je hele hoge temperaturen maken. Daarmee kun je zeewater verdampen. Het zout blijft achter, de waterdamp wordt na afkoeling schoon drinkwater.



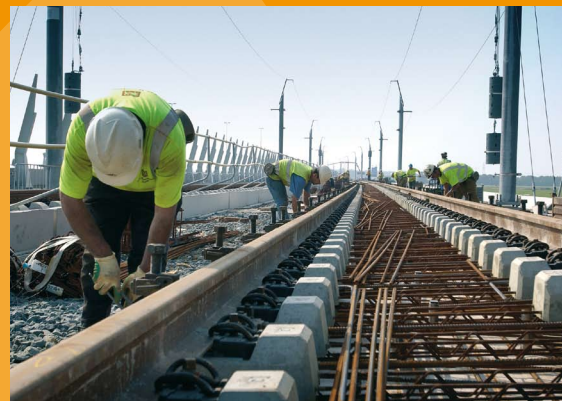
- **Oudheidkundig onderzoek** (een vorm van 'meten'): omdat radioactieve atomen overgaan in andere, maar daar soms eeuwen over doen, kun je onderzoeken hoe oud iets is. Bijvoorbeeld het hout van een Romeins schip of de botten van een dinosaurius.

Ondanks alle nuttige toepassingen heeft radioactiviteit ook nadelen. Je weet al dat je van veel straling ziek wordt. Je moet dan wel aan extreme dingen denken, zoals een ongeluk met een kerncentrale of radioactieve stoffen inslikken. Verder leveren radioactieve processen in ziekenhuizen, de industrie of in een kerncentrale afvalstoffen op. Sommige stoffen kunnen we niet meer gebruiken, maar ze zenden nog wel straling uit. Dat afval moeten we weghouden uit het milieu of onschadelijk maken. Naar dat laatste wordt onderzoek gedaan. Het lijkt mogelijk maar is erg duur. Voorlopig is besloten om radioactief afval veilig in stevige gebouwen op te slaan.





Water, beton en lood houden radioactieve straling tegen. Onder water ben je dus beschermd.



De nucleaire wetenschap wordt ook gebruikt bij het vaststellen van een maximumsnelheid voor de Hoge SnelheidsLijn (HSL).

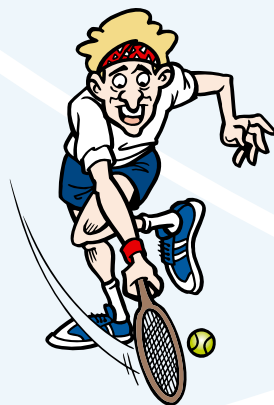
eigenschappen van radioactiviteit

Een eigenschap van radioactiviteit is dat de straling steeds minder wordt. Dat regelt de natuur zelf. Hoe meer tijd er verstrijkt, hoe minder het straalt. Dat komt door het radioactief verval. De instabiele atomen waarover we het eerder hadden, zijn op zoek naar een nieuw evenwicht. Als dat evenwicht wordt bereikt, is de straling weg. Hoe lang dat duurt, drukken we uit met 'halfwaardetijd' of 'halveringstijd'. Dat is de tijd die nodig is om de helft van de radioactiviteit kwijt te raken. Het ene radioactieve afval is meteen als het ontstaat al ongevaarlijk. Ander radioactief afval moet je duizenden jaren opslaan voor het ophoudt met stralen.

Nog een eigenschap: er bestaan talloze stoffen die radioactieve stoffen tegenhouden. Je kunt je er dus tegen beschermen. Hele lichte straling kun je al met een vel papier tegenhouden! Als het om hele zware straling gaat gebruiken we lood, water of beton.

Gelukkig is de hoeveelheid radioactief afval zo klein, dat je het goed op één plek kunt verzamelen en opslaan.

Als iemand zijn hele leven lang alleen stroom uit een kerncentrale gebruikt, geeft dat een hoeveelheid hoogradioactief afval zo groot als een tennisbal. Als één kerncentrale dertig jaar onafgebroken stroom maakt, dan past al het afval in één huiskamer.



werken met straling

Er zijn heel veel mensen die in hun werk te maken hebben met radioactiviteit. Je kunt er zelfs je beroep van maken. Een stralingscontroleur kijkt of ergens niet teveel straling is en adviseert hoe je er veilig mee kunt werken. Je vindt stralingsmedewerkers op allerlei plaatsen: ziekenhuizen, mijnbouw, chemische industrie, kerncentrales, vliegvelden, boorplatforms - je kunt het zo gek niet bedenken.

In Nederland zijn er vijf belangrijke plaatsen waar met radioactiviteit wordt gewerkt:

- **EPZ in Borssele:** de kerncentrale die elektriciteit maakt;
- **Urenco in Almelo:** waar splijtstof (brandstof) voor kerncentrales wordt gemaakt;
- **NRG in Petten:** dat radioactieve medicijnen maakt en onderzoek doet;
- **TU in Delft:** de universiteit waar je alles kunt leren over radioactiviteit;
- **COVRA in Borssele:** de landelijke opslagplaats en het eindstation voor radioactief afval.





Bij de kerncentrale van EPZ in Borssele werken meer dan 300 mensen aan het maken van stroom.



Het gebouw van de kerncentrale is heel sterk en veilig. Regelmatig moet de kerncentrale examen doen en iedere keer haalt zij een uitstekend cijfer.

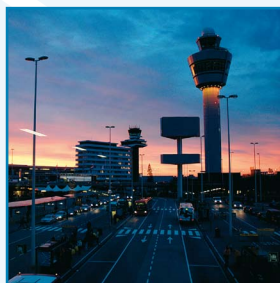
EPZ: kerncentrale Borssele

Bij EPZ in Borssele (Zeeland) hebben ze de enige echte kerncentrale van ons land. Er wordt zo veel elektriciteit mee gemaakt dat die ene centrale met gemak heel Amsterdam, inclusief Schiphol, van stroom kan voorzien.

Een kerncentrale werkt als een soort superwaterkoker, op gang gehouden door uranium. Met de stoom die ontstaat en een dynamo wordt stroom gemaakt.

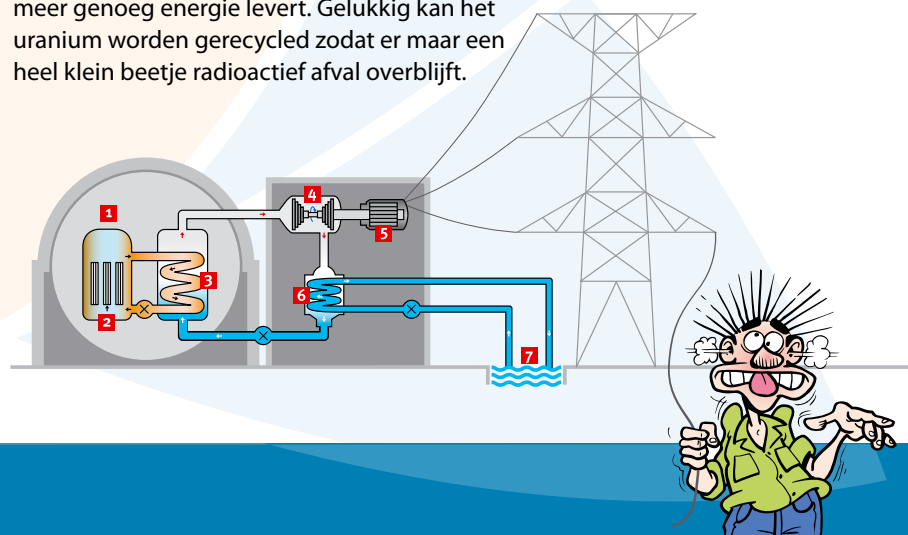
Bekijk het schema op de pagina hiernaast.

De **kernreactor 1** wordt veilig afgeschermd door staal en beton. Hierin zitten stalen staven met daarin uraniumtabletjes. Deze **splijfstofstaven 2** worden heet en vormen een soort radioactieve waterkoker. Het uranium wordt gespleten (splijstof), de stukken springen alle kanten op maar blijven netjes in de reactor. Door het splijten van de uraniumatomen ontstaat een hele hoge temperatuur. De warmte wordt opgenomen door het water dat onder hoge druk staat en daarom niet gaat koken. Met deze



warmte wordt in een ander vat (**stoomgenerator 3**) water aan de kook gebracht. De stoom die ontstaat drijft met enorme kracht een schoepenrad (**turbine 4**) aan. Daaraan zit een as die een dynamo (**generator 5**) aandrijft. De elektriciteit die de generator opwekt komt uiteindelijk bij jou thuis uit het stopcontact. De stoom wordt gekoeld in de **condensor 6** tot het weer water wordt. Dat gebeurt met koud water uit de **Westerschelde 7**.

Natuurlijk kan het uranium niet vanzelf uit de reactor. Zoals je op het plaatje ziet, zijn het radioactieve systeem, het stoomsysteem en het koelsysteem strikt van elkaar gescheiden. Het uranium wordt uit de reactor gehaald als het na een paar jaar niet meer genoeg energie levert. Gelukkig kan het uranium worden gerecycled zodat er maar een heel klein beetje radioactief afval overblijft.





Bij Urenco maken ze een kernbrandstof. Ze noemen dit splijtstof.



Met radioactiviteit kun je lasnaden en constructiefouten in metaal opsporen. Nodig om veilig in een attractie te kunnen zitten!

Urenco: splijtstof voor kerncentrales

Bij Urenco in Almelo (Overijssel) staan een soort grote sapcentrifuges waarmee ze 'brandstof' (splijtstof) voor kerncentrales maken.

Uranium is een delfstof en wordt dus uit de aarde gehaald. Het straalt uit zichzelf al een beetje, maar niet genoeg om er hitte mee te maken om water te laten koken. Wat je nodig hebt is juist dat kleine beetje uranium dat instabiel is en makkelijk uit elkaar valt. Dit uranium heet uranium-235. Dat zit midden tussen uranium dat helemaal niet zo graag uiteenvalt: uranium-238.

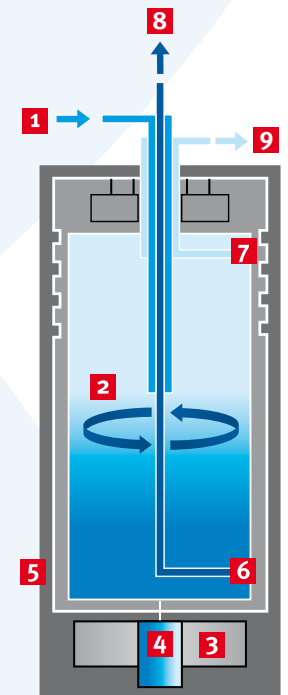
Bij Urenco hebben ze iets slims bedacht om het instabiele uranium te scheiden van het 'gewone' uranium. Tienduizenden centrifuges draaien iedere seconde meer dan duizend keer om hun as. En dan gebeurt er hetzelfde als in een gewone sapcentrifuge. Het lekkere sap wordt gescheiden van onbruikbaar vruchtvlees. Zo wordt ook het splijtbare uranium gescheiden van het moeilijk splijtbaar uranium. Op deze manier krijg je een goede splijtstof



om met een kernreactor elektriciteit te maken. We noemen dit 'lichtverrijkt uranium' omdat er meer splijtbaar uranium in zit dan wanneer het zo uit de grond komt.

Deze splijtstof gaat naar kerncentrales over de hele wereld. Nederland is dus een belangrijke leverancier van splijtstof voor kerncentrales.

1. Voedingsgas (sinaasappel)
2. Rotor
3. Motor
4. Demper
5. Centrifuge mantel
6. Onderste aftappunt (verarmde stroom)
7. Bovenste aftappunt (verrijkte stroom)
8. Verarmde stroom (vruchtvlees)
9. Lichtverrijkte stroom (sinaasappelsap)





NRG zorgt ervoor dat ernstig zieke mensen over de hele wereld de juiste behandeling krijgen.



Bij de TU in Delft kun je alles leren over radioactiviteit.

NRG: nucleaire medicijnen en kennis

In Petten (Noord-Holland) staat ook een kernreactor. Niet voor elektriciteitsopwekking, maar voor onderzoek en het vullen van de nucleaire medicijnkast. Naast een belangrijk exportland van splijtstof is Nederland ook één van de belangrijkste landen voor nucleaire geneeskunde.

De productie van radioactieve grondstoffen voor de behandeling van bijvoorbeeld kankerpatiënten, is erg belangrijk. Zo belangrijk dat we in Nederland een groot onderzoekscentrum met een eigen fabriek hebben. De reactor is van de Europese Unie, maar NRG zorgt voor de bediening en de kennis. De mensen van NRG maken er medicijnen mee. Tot ver buiten Europa zijn ernstig zieke mensen voor hun behandeling afhankelijk van het werk van deze Nederlandse specialisten.

Bij NRG doen ze nog veel meer op het gebied van radioactiviteit. NRG is een belangrijk onderzoeks-instituut en vraagbaak voor iedereen die werkt met radioactiviteit. Als een bedrijf, een organisatie - of misschien jijzelf - vragen heeft over radioactiviteit, dan kun je bij NRG terecht.

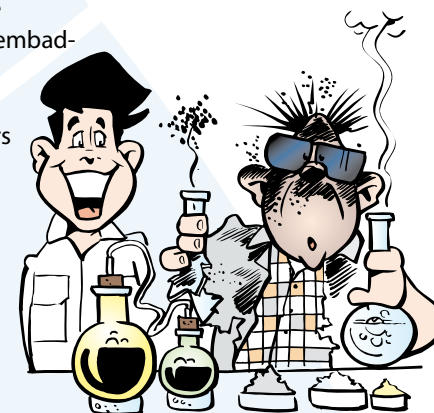


TU Delft: bollebozen en uitvinders

Je mag natuurlijk niet zomaar werken bij EPZ, Urenco, COVRA of NRG. Dan moet je stevig doorleren. Dat kan bij de Technische Universiteit Delft (Zuid-Holland) waar ze een heus Reactor Instituut hebben.

Studenten natuurkunde uit binnen- en buitenland leren er alles over radioactieve stoffen en wat je er mee kunt. Ze lezen boeken en krijgen les van professoren. Maar het allerbelangrijkste is de praktijk. Er is een onderzoeksreactor die 'zwembad-reactor' wordt genoemd. Hij staat namelijk in een grote waterbak zodat de radioactieve straling wordt afgeschermd. De onderzoekers kunnen er dus veilig experimenteren.

Er worden in Delft tal van slimmigheden uitgedacht. Zoals hoe je met straling kan zien hoe sterk een vliegtuigvleugel is. Of hoe je superbatterijen kunt maken. Ook worden er de mensen opgeleid die later aan het werk gaan in Almelo, Petten en Borssele.





COVRA slaat alle nucleaire afvalstoffen uit de industrie en ziekenhuizen veilig op.



Ben jij gek op techniek? Misschien word je later dan wel professor en vind je een geniale oplossing voor het verwerken van radioactief afval.

COVRA: opslag en bewaker van afval

Bij COVRA in Borssele (Zeeland) komen alle nucleaire afvalstoffen terecht. Als de splijtstof van een kerncentrale uitgewerkt raakt dan wordt die gerecycled. Bijna al het gebruikte uranium gaat opnieuw de reactor in: 96 procent. De overgebleven vier procent kan niet worden hergebruikt en is dus afval. Die vier procent is nog erg radioactief, hoewel je er eigenlijk niets meer mee kunt. Zou je mensen en dieren er aan blootstellen dan worden ze heel erg ziek.

Als je maar lang genoeg wacht, wordt het steeds minder gevaarlijk (radioactiviteit wordt na verloop van tijd steeds minder!). Sommige atomen zijn na weken, maanden of jaren ongevaarlijk. Andere atomen doen daar honderden of duizenden jaren over.

Het radioactieve afval dat COVRA opslaat, komt van ziekenhuizen, de kerncentrale, de onderzoeksreactoren en de industrie. Nederland heeft er namelijk voor gekozen om alles op één plek in te zamelen, te verwerken en te bewaren.

Voor het hoog radioactieve afval is een knaloranje supergebouw gemaakt dat bestand is tegen overstromingen, neerstortende vliegtuigen, aardbevingen en andere rampen. Het hoog radioactieve afval kan daar veilig honderd jaar of langer liggen. Het laag radioactieve afval staat in gewonere gebouwen.



de jeugd heeft de toekomst

Na honderd jaar is een deel van het afval nog steeds radioactief. Maar honderd jaar is ook best een lange tijd om na te denken en te onderzoeken wat we dan moeten doen.

Vinden we nog een nieuwe toepassing voor dit afval? Daar wordt nu al aan gewerkt en het is mogelijk om dit afval te gebruiken als brandstof in een nieuw type kerncentrale. Waarschijnlijk vinden we ook een manier om het onschadelijk te maken. Een andere mogelijkheid is om het heel diep in de aarde op te bergen, dat wordt nu onderzocht.

Vinden we nog een nieuwe toepassing voor radioactief afval? Misschien wil jij wel op dit vraagstuk gaan studeren?





*Wil je meer weten
over radioactiviteit
en straling?
Surf eens over het
internet.*



*Hieronder staan alle
samenwerkende
partijen die dit
boekje mogelijk
hebben gemaakt.
Heb je vragen dan
kunnen zij jou een
handje helpen.*

verantwoording

We hebben ons best gedaan om uit te leggen wat radioactiviteit en straling is, wat je ermee kunt en waar er met radioactiviteit wordt gewerkt.

Het kan best zijn dat je nog vragen hebt. Je kunt dan contact opnemen met één van de bedrijven.

Op internet kun je terecht op talloze websites voor volwassenen. Speciaal voor kinderen is www.nucleairnederland.nl gemaakt. Je vindt daar meer informatie en een lijst met links naar andere websites.

Er zijn ook tegenstanders van kernenergie omdat in het verleden enkele ernstige ongelukken zijn gebeurd. Je komt dus ook informatie tegen over de nadelen van radioactiviteit en straling. Dat er grote voordelen zijn, weet je na het lezen van dit boekje ook.



heb je nog vragen?

Voor meer informatie, vragen of opmerkingen over dit boekje kun je terecht bij:



EPZ

Postbus 130, 4380 AC Vlissingen, telefoon: 0113 - 35 60 00
E-mail: info@epz.nl, website: www.epz.nl



Urenco

Postbus 158, 7600 AD Almelo, telefoon: 0546 - 54 51 61
E-mail: info@ureenco.nl, website: www.ureenco.nl



NRG

Postbus 25, 1755 ZG Petten, telefoon: 0224 - 56 49 67
E-mail: info@nrg.eu, website: www.nrg.eu



Reactor Instituut Delft

Postbus 5042, 2600 GA Delft, telefoon: 015 - 27 84820
E-mail: secretary-rid@tudelft.nl, website: www.rid.tudelft.nl



COVRA

Postbus 202, 4380 AE Vlissingen, telefoon: 0113 - 61 66 66
E-mail: info@covra.nl, website: www.covra.nl



NucleairNederland

*Nucleair Nederland verenigt
diverse bedrijven in Nederland
die professioneel omgaan met de
thema's kernenergie en straling
en de toepassingen daarvan.
Wij hebben de krachten
gebundeld om feitelijke
informatie te leveren.*

www.nucleairnederland.nl

Tekst en productie	Zuid-West 3 Communicatie
Vormgeving	Chris Cras Reclame
Fotografie	Ton Borsboom; Ruden Riemens; Herman Kempers; Chris Cras/ZW3-archief
Drukwerk	Drukkerij Goos
Uitgave	september 2008