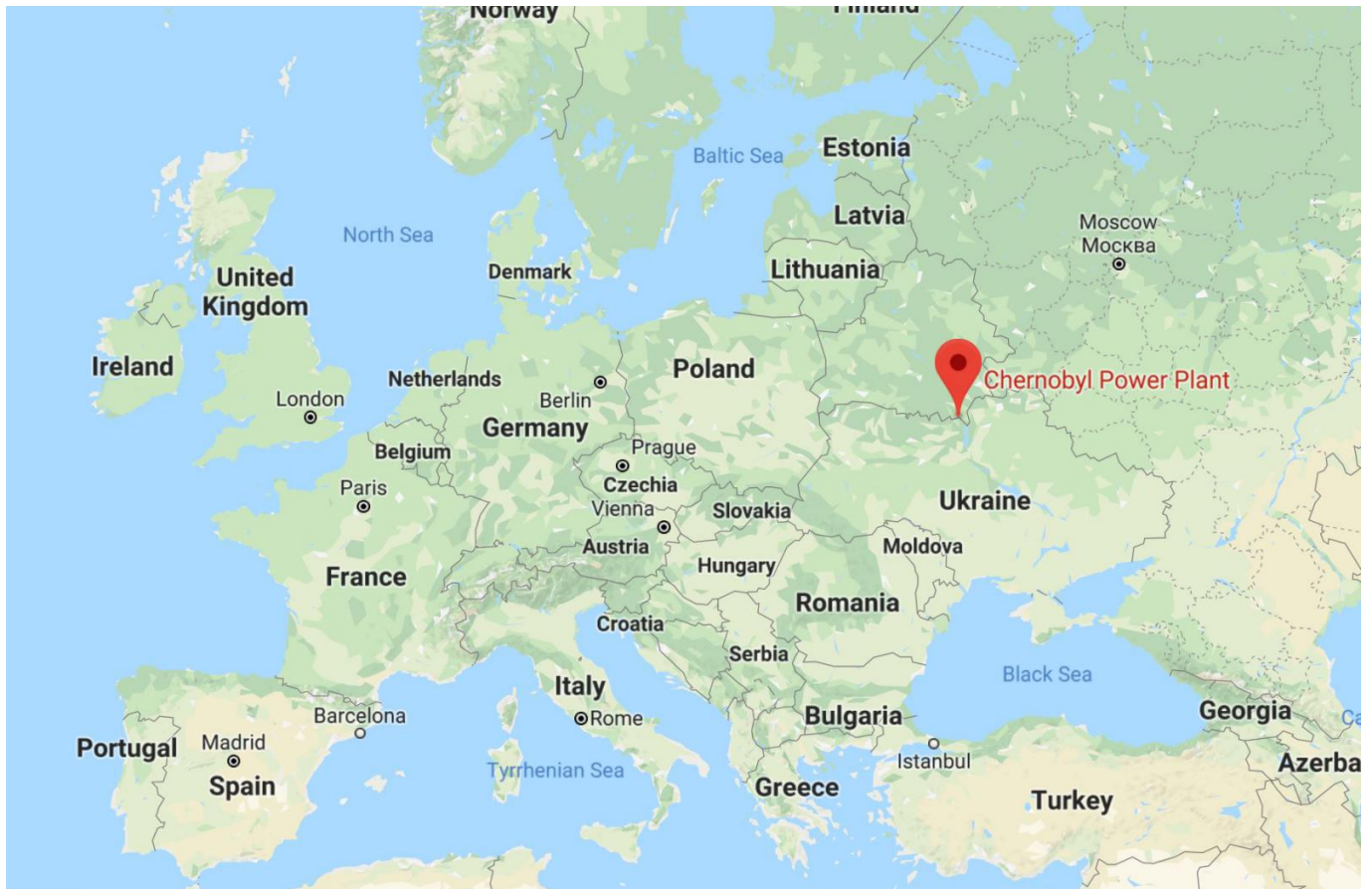


Tsjernobyl: radioactiviteit en verwoesting

De kernramp in Tsjernobyl in 1986 was de grootste nucleaire ramp ooit; zelfs in Nederland merkten we de gevolgen ervan. Op vakantie in Oekraïne kreeg QU-redacteur Jans Henke de kans om het gebied rondom de kernreactor te bezoeken.



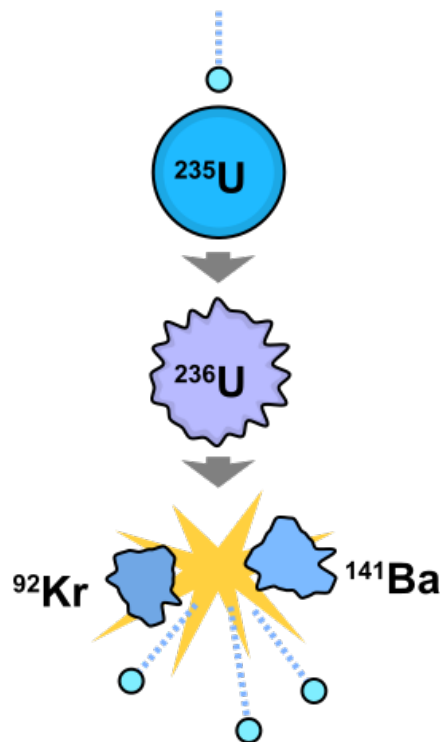
Afbeelding 1. De locatie van de kernreactor in Tsjernobyl. Afbeelding: Google Maps.

Het ongeluk

Het is midden in de nacht, 26 april 1986. In kernreactor nummer 4 van het complex vernoemd naar de nabije stad Tsjernobyl, zo'n 100km ten noorden van Kiev, wordt er een veiligheidstest uitgevoerd. Oorspronkelijk zou die overdag op de 25^e uitgevoerd worden, maar dit ging niet door omdat elders in het land een elektriciteitscentrale was uitgevallen en er die dag meer stroom geleverd moest worden. De nachtploeg is kleiner en minder goed voorbereid dan de dagploeg, wat heeft bijgedragen aan de serie ongelukkige gebeurtenissen die leiden tot de ontploffing van de reactor.

Een kernreactor zoals die van Tsjernobyl genereert energie via een kettingreactie van kernsplijtingen die worden gestimuleerd door het absorberen van vrije neutronen. Zo wordt de atoomkern van uranium-235 bijvoorbeeld omgezet in de onstabiele isotoop uranium-236 (het getal geeft aan hoeveel protonen en neutronen er in de atoomkern zitten), wat vervolgens vervalst in twee kleinere kernen en meer losse neutronen die het proces

voortzetten - zie afbeelding 2.



Afbeelding 2. Een voorbeeld van een kernsplijtingsproces in een kernreactor. Een uraniumkern absorbeert een vrij neutron, waardoor de kern onstabiel wordt. Hij valt in twee kleinere atoomkernen, gammastraling, en meer vrije neutronen. Zo ontstaat er een kettingreactie. Afbeelding: [Fastfission](#)

Voor de test die in Tsjernobyl wordt gedaan, moet het vermogen van de reactor verminderd worden tot zo'n 20 à 30% van het normale vermogen. Om het vermogen van de reactor te verlagen worden in de kern van de reactor regelstaven neergelaten, die neutronen absorberen en zo de kettingreactie verminderen. Het vermogen daalt echter te snel, waardoor er in de reactor een overschot aan jodium-135 vrijkomt; dit vervalt in xenon-135, wat veel neutronen absorbeert en de reactie verder vertraagt. Tijdens de normale werking van de reactor wordt er evenveel xenon-135 aangemaakt als er wordt omgezet (door de absorptie van neutronen) naar xenon-136, maar nu is de verhouding uit balans. Het vermogen daalt te ver om de test uit te voeren, en de reactor wordt daardoor instabiel.

Om het vermogen te verhogen worden er regelstaven omhooggehaald. Het vermogen stijgt tot zo'n 7% van het normale werkingsvermogen, maar niet hoger, door het overschot aan xenon-135 in de reactor. Om het vermogen verder te verhogen wordt het veiligheidsmechanisme om een reactormeltdown te voorkomen uitgeschakeld, en kunnen er

meer regelstaven uit de kern gehaald worden. De test wordt voortgezet. Nadat er nog meer regelstaven uit de kern zijn verwijderd, stijgt het vermogen van de reactor plotseling enorm. Xenon-135 wordt nu sneller omgezet naar xenon-136 dan dat het wordt aangemaakt uit jodium-135, en worden er te weinig neutronen geabsorbeerd om de kernreactie in bedwang te houden.

Slechts 36 seconden na de start van de test drukt een van de van de operatoren op de alarmknop voor directe stillegging van de reactor, maar het is al te laat om de versnellende kettingreactie tegen te gaan. Het vermogen van de reactor is nu tien keer zo groot als normaal. De operatoren zetten de stroom uit, in de hoop dat de regelstaven door hun eigen gewicht de kern in zullen vallen, maar het is al te laat: de kern is zo heet geworden dat de reactor is vervormd en de staven niet ver genoeg de kern in kunnen zakken. Ze komen vast te zitten, en verergeren het proces in de reactor. Twintig seconden later blaast het 2000 ton zware dak van de reactor er af. Alle stoom in de reactor kan nu ontsnappen, en blootstelling aan de lucht veroorzaakt een tweede explosie. Het grafiet in de regelstaven vliegt in brand en dit blaast een rookwolk met daarin o.a. radioactieve plutonium, jodium, strontium en cesium tot hoog in de atmosfeer.



Afbeelding 3. De ontplofte kernreactor nummer 4 van Kerncentrale Tsjernobyl. Afbeelding: [Euromaidan Press](#)

Heel veel straling

Er wordt geschat dat er in de eerste twee maanden na de explosie van de reactor zoveel radioactieve stoffen zijn vrijgekomen dat de straling overeenkwam met 5,2 exabecquerel – dus 5.200.000.000.000.000.000 Bq! Dit getal geeft aan hoeveel radioactieve atoomkernen er per seconde radioactief vervallen zijn. Er zijn drie soorten radioactiviteit die een instabiele atoomkern kan vertonen om stabiel te worden: uistraling van alfadeeltjes (heliumkernen); bètadeeltjes (elektronen die ontstaan wanneer een neutron in een proton plus een elektron vervalt); en gammadeeltjes: fotonen die energie wegvoeren uit de kern.

Radioactieve straling kan atomen die die straling tegenkomt ioniseren, wat gevaarlijke gevolgen kan hebben wanneer deze atomen in ons lichaam zitten omdat de straling ons DNA kan schaden en cellen kan doden. Om te begrijpen hoe gevaarlijk radioactieve straling is voor mensen, meten we de effectieve radioactieve dosis in de eenheid sievert (Sv), wat gelijk staat aan één joule per kilogram massa maal een factor die verschilt per type straling. Een dosis van 500 Sv per uur is dodelijk, en de Internationale Commissie voor Radioactieve Bescherming (ICRP) geeft aan dat maximaal 0,02 Sv per jaar een veilige limiet is. Ter vergelijking: bij een röntgenfoto van je hand of voet ontvang je zo'n 0,000001 Sv, ongeveer gelijk aan de straling waaraan je blootstaat bij 20 minuten [vliegen](#). Kort na de explosie werd rondom de reactor van Tsjernobyl een stralingsdosis van wel 300 Sv per uur gemeten!

De operatoren van de reactor bleven nog enkele uren na de explosie in het gebouw, en de lokale brandweerbrigade deed – zonder stralingsvrije pakken – zijn best om de brand te blussen. Bijna al deze mensen zijn omgekomen aan stralingsvergiftiging. In de maanden na het ongeluk werden er honderdduizenden mensen ingezet als zogeheten “liquidators” om de radioactieve puin rondom de reactor en de besmetting in de kilometers eromheen op te ruimen; ook zij werden blootgesteld aan hoge doses straling. Er wordt geschat dat liquidators gemiddeld een stralingsdosis van 120 mSv kregen, en ze in sommige gevallen zelfs tot 1000 mSv ontvingen.



Afbeelding 4. “To Those Who Saved the World”. Een gedenkteken voor de dappere mensen die hebben geholpen bij het bestrijden van de gevolgen van de kernramp. Rechts zie je de brandweermannen die de brand rondom de reactor hebben geblust, en links de liquidators: een man met een geigerteller om radioactiviteit te meten, een man met hoofdpijn van stralingsvergiftiging, een dokter die naar hem toe rent, en (niet goed te zien) een operator van de kerncentrale.

De radioactieve wolk

Pas een dag na het ongeluk werd de bevolking van Pripjat, de arbeidersstad die gebouwd was naast de kerncentrale, geëvacueerd. De bewoners werd verteld dat ze na drie dagen terug zouden kunnen keren, en ze lieten bijna al hun eigendommen achter. De stad staat sinds die dag stil in de tijd, en wordt langzaam overgroeid.



Afbeelding 5. Een centraal plein in Pripjat. Hier moeilijk te zien, maar deze foto is gemaakt midden in de stad Pripjat. In de achtergrond is nog een deel van een gebouw te zien.

Ondanks de grote hoeveelheid radioactieve stoffen die de lucht in stegen, werd er in de eerste instantie over het ongeluk gezwegen door de Sovjetautoriteiten. Er stond op de dag van het ongeluk een wind in westelijke richting, waardoor de radioactieve wolk zich richting West-Europa verspreidde. Op 28 april werden in Zweden verhoogde niveaus van radioactiviteit gemeten, en werd er alarm geslagen. Laat in de avond van de 28^e kwam pas de eerste, nogal korte officiële publieke erkenning van de Sovjetautoriteiten dat het ongeluk was gebeurd:

Er is een ongeluk gebeurd bij de Tsjernobyl-kerncentrale. Een van de kernreactoren is beschadigd. De gevolgen van het ongeval worden verholpen. Er is hulp aangeboden aan getroffen mensen. Er is een onderzoekscommissie

ingesteld.

Rond 2 mei bereikte de radioactieve wolk Nederland en België. Koeien moesten op stal gezet worden, en het werd afgeraden om bladgroenten zoals spinazie te eten. In heel Europa werden massaal groenten weggegooid, en heerste er een gespannen sfeer. Sinds de kernramp van Tsjernobyl zijn de plannen voor veel nieuwe kernreactoren stopgezet, en zijn er extra veiligheidsmaatregelen genomen voor het ontwerp en de werking van zulke reactoren.

Hoe veilig is het nu?

Er bestaat rondom de kerncentrale een vervreemdingszone met een straal van 10 km en daar omheen een grotere van 30 km. Voor beide zones staat er bij de ingangsweg een checkpoint waar je speciale toestemming nodig hebt om binnen te komen. Enkelen van de vroegere bewoners van het gebied, vooral ouderen, zijn ondanks de gevaren later teruggekeerd, maar officieel is het verboden om er te wonen. Tijdens de schoonmaakprocedure na het ongeluk is veel van de omgeving gereinigd en is het radioactieve besmette materiaal begraven. In sommige dorpen, zoals die van Kopachi, zijn hele huizen gesloopt en onder de grond begraven. De zwaardere radioactieve deeltjes zakken met de jaren mee steeds dieper de grond in. Graven is ter plekke uiteraard niet toegestaan. Er bestaan ook nog radioactieve 'hotspots': de restanten van radioactieve materialen die lokaal grote hoeveelheden straling uitzenden.



Afbeelding 6. De gemeten straling dicht bij een radioactieve hotspot in de grond. De geigerteller geeft 26,66 mSv aan.

Sommige gebieden zijn zo erg besmet dat je ze niet mag betreden. Een zo'n gebied is het Rode Bos, een bos enkele kilometers ten westen van de kerncentrale dat zoveel radioactieve neerslag over zich heen kreeg dat de bomen al hun blaadjes verloren en hun basten een rode tint kregen. Toen onze bus langs dit bos reed begonnen alle geigertellers te piepen door het hoge stralingsniveau.

De kernreactor zelf was in de maanden na het ongeluk omhuld door een constructie (de zogeheten "sarcofaag") om straling binnen te houden en reactor te beschermen tegen blootstelling aan de elementen. Deze sarcofaag was gehaast gebouwd en er werden erbuiten nog hoge stralingsniveaus gemeten, waardoor het duidelijk was dat deze vervangen zou moeten worden. Tegen de tijd dat dit vervangingsproject serieus werd ondernomen, was de oude sarcofaag echter al zodanig beschadigd dat het onmogelijk zou zijn om iets erbovenop te bouwen, dus werd er besloten om de nieuwe constructie *naast* de reactor te bouwen en deze er in zijn geheel overheen schuiven. Een [technisch wonder](#): de sarcofaag van 35 miljoen kilo werd 300 meter verschoven, centimeter voor centimeter. Afbeelding 7 laat zien hoe de

reactor er tegenwoordig uit ziet.



Afbeelding 7. Kernreactor nummer 4, omhuld in een nieuwe sarcofaag.

Tijdscapsule

Mijn bezoek aan Tsjernobyl was een waardevolle belevenis. Om in het verlaten gebied rond te lopen en alles met eigen ogen te zien geeft toch een andere indruk dan foto's of een documentaire je kunnen geven. De vervreemdingszone rondom de kerncentrale is een ware tijdscapsule terug naar de Sovjetunie tijdens de Koude Oorlog. De verlaten stad van Pripjat voelt ondanks het verval alsnog grandioos aan, en ik was onder de indruk van het stadion, het pretpark, het theater, de muziekschool en de bioscoop met mooi mozaïekwerk aan de buitenkant.





Afbeelding 8. Beelden van Pripjat. Van boven naar onder: botsauto's in het pretpark, het overgroeide stadion en mooi mozaiekwerk.

Hoewel niet verwant aan de kernramp, bevat de vervreemdingszone ook een (nu-niet-meer-)geheim radarstation van de Sovjet-Unie. De radar die hier staat is een zogeheten over-the-horizon radar: een gigantische metalen constructie van 135 meter hoog en 300 meter breed die radiogolven van de juiste frequentie uitzendt die gereflecteerd worden van de ionosfeer (een laag in de atmosfeer) en zo voorbij de horizon kunnen kijken. Deze radar was bedoeld als vroegtijdige waarschuwingsmethode voor raketlanceringen uit de Verenigde Staten. De frequentie die dergelijke radars uitzonden veroorzaakte wereldwijd een tikkende ruis in radiozendingen, waardoor ze de bijnaam "Russian Woodpecker" (Russische specht) kregen, en ze lang niet zo geheim waren als de Sovjet-Unie had gehoopt.



Afbeelding 9. De Doega-1 radar. Een van de drie over-the-horizon radars van de Sovjet-Unie, binnen vervreemdingszone rondom de kerncentrale van Tsjernobyl.

Aan het einde van mijn tour kreeg ik een certificaat waar een kaart van het gebied opstaat, en hoeveel straling ik in de volle dag heb ontvangen. Ik wilde achteraf natuurlijk de hoogst mogelijke waarde op het certificaat, dus ik heb de geigertellermeting van een van de gidsen gebruikt: 0,006 mSv. Daar zat een beetje valsspelen bij, want de gids heeft zijn meter naast een heel grote hotspot gehouden waar hij wel >400 mSv mat; de gemiddelde gemeten stralingsdosis van mijn tourgroep was ongeveer de helft van bovenstaande waarde. Een dagje Tsjernobyl levert dus vandaag de dag evenveel straling op als één of twee uur vliegen - dat valt nog best mee!



Afbeelding 10. Certificaat van mijn bezoek aan Tsjernobyl.