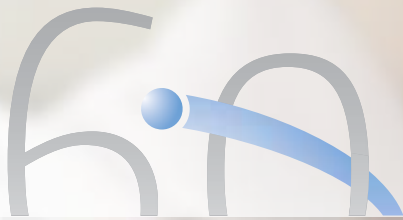


SCK•CEN

Studiecentrum voor Kernenergie



60 jaar ervaring
in nucleaire wetenschap en technologie

SCK•CEN

Samenstelling

SCK•CEN, Studiecentrum voor Kernenergie

SCK•CEN

SCK•CEN

Studiecentrum voor Kernenergie

Voorwoord	5
1. SCK•CEN: het Studiecentrum voor Kernenergie	6
2. Stralingsbescherming: zorg voor mens en milieu	10
3. Technologische innovatie: mogelijk maken wat onmogelijk lijkt	12
4. Nucleaire veiligheid: het heden onder controle, de toekomst verzekerd	15
5. Radioactief afval en ontmanteling: zoeken naar duurzame oplossingen	17
6. Een breed aanbod: technologie en dienstverlening op een sterk wetenschappelijk fundament	20
7. Opleiding en training: onze kennis overdragen	22
8. Internationale samenwerking: onderzoek over de grenzen heen	24
9. Bouwen aan de toekomst met 60 jaar ervaring	25



Voorwoord

Geavanceerde nucleaire systemen, nucleaire materiaalwetenschappen, milieu, gezondheid en veiligheid: het onderzoek van het SCK•CEN bestrijkt al 60 jaar een waaier van thema's. Maar hoe divers onze activiteiten ook zijn, ze hebben één ding gemeen: allemaal staan ze ten dienste van de samenleving. Zo dragen we bij tot veilige kernreactoren, de bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling en het doordachte beheer van radioactief afval op korte en lange termijn.

De vraag naar duurzaamheid klinkt in de wereld van vandaag en morgen steeds luider. Op het Studiecentrum voor Kernenergie werken we volop mee aan blijvende oplossingen zoals nieuwe efficiënte reactoren, kernfusie en hernieuwbare energietoepassingen. Onderzoek, innovatie en state-of-the-art nucleaire technologie zijn daarbij kernwoorden.

Blikvanger is MYRRHA, een multifunctionele bestralingsinstallatie die de ontwikkeling van duurzame technologieën zal ondersteunen op verschillende manieren. Dankzij MYRRHA kunnen we onderzoeken hoe men langlevend radioactief afval kan omzetten in afval dat veel minder lang risico's oplevert. Begin 2010 besloot de Belgische overheid om dit vooruitstrevende internationale project financieel te ondersteunen. Iets meer dan een jaar later behaalde het SCK•CEN een wereldprimeur met de constructie van een nucleair systeem aangedreven door een deeltjesversneller: een belangrijke stap voorwaarts in de verdere ontwikkeling van MYRRHA.

Maar onze blik reikt verder dan alleen maar wetenschappelijk en technologisch onderzoek. Onze kennis en expertise bieden pasklare antwoorden aan de overheid, de industrie en de medische sector. Zo produceren we wereldwijd een kwart van de radio-isotopen voor de nucleaire geneeskunde en bestralen we silicium voor elektronische componenten in hybride auto's, windturbines en zonnepanelen.

Dat we in alles wat we doen, ook steeds oog hebben voor de maatschappelijke en ethische dimensie van nucleaire toepassingen - nu en in de toekomst - toont aan dat we bij het SCK•CEN met beide voeten in de samenleving staan.

Veel leesplezier.

Eric van Walle
Directeur-generaal

SCK•CEN: het Studiecentrum voor Kernenergie

60 jaar ervaring

Het Studiecentrum voor Kernenergie zag in 1952 het levenslicht. Met de oprichting kreeg de Belgische academische en industriële wereld toegang tot de wereldwijde ontwikkeling van kernenergie. Sindsdien speelt het SCK•CEN een pioniersrol, met unieke realisaties en baanbrekend werk op het gebied van nucleaire wetenschap en technologie.

Vandaag is het SCK•CEN, met laboratoria in Mol en een maatschappelijke zetel in Brussel, één van de grootste onderzoekscentra in België. Zo'n 700 medewerkers zetten zich in om vreedzame industriële en medische toepassingen van ioniserende straling te ontwikkelen en om de impact op mens en milieu te bestuderen. Ons doel: voortdurend streven naar uitmuntendheid in nucleaire expertise en onderzoek.

Fundamenteel en toegepast onderzoek

Het SCK•CEN verricht fundamenteel en toegepast onderzoek op hoog wetenschappelijk niveau en in internationaal verband. Werken rond thema's die vandaag en morgen van maatschappelijk belang zijn: dat is onze kernactiviteit. Dankzij onze studies kan de nucleaire sector de veiligheid en de efficiëntie van kernreactoren verbeteren. We zoeken oplossingen voor de berging van radioactief afval en hebben technieken ontwikkeld voor de ontmanteling van nucleaire installaties. De bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling is een ander uitgebreid onderzoeksdomein.

Drie wetenschappelijke instituten

- **Het Instituut voor Nucleaire Materiaalwetenschappen** bestudeert materialen en splijtstoffen die deel uitmaken van huidige en toekomstige nucleaire installaties.
- **Het Instituut voor Geavanceerde Nucleaire Systemen** ontwikkelt kennis over technologische aspecten van innovatieve kernreactoren, en ontwerpt, bouwt en baat experimentele opstellingen uit voor diverse projecten. Het instituut ondersteunt de nucleaire industrie en de autoriteiten op nationaal en internationaal niveau.
- **Het Instituut voor Milieu, Gezondheid en Veiligheid** bestudeert het gedrag van radioactieve stoffen in de biosfeer (lucht, rivieren, bodem, planten,...) en de geosfeer (ondergrondse kleilagen, grondwater,...) en evalueert de effecten van ioniserende straling op mens en milieu. Het instituut doet ook onderzoek rond de berging van radioactief afval, de ontmanteling van nucleaire installaties en de maatschappelijke aspecten van nucleaire technologie.

Het Instituut voor Algemene Diensten en Administratie ondersteunt de wetenschappelijke instituten en coördineert onder andere de opleidingsactiviteiten.

Onderzoek naar een duurzame optie

Het motto 'onderzoek naar een duurzame optie' vat onze missie helemaal samen. Want of het nu gaat over het wereldwijde energievraagstuk, de veiligheid van onze nucleaire installaties of innovatieve technologieën: alles wat het SCK•CEN doet, moet de toets van duurzaamheid doorstaan. Zo bouwen we mee aan een leefbare samenleving, voor onszelf en de generaties die na ons komen.

Ons onderzoek op vlak van reactormaterialen en splijtstoffen vormt een uitstekende basis om de veiligheid van de kerncentrales in de komende decennia van nabij op te volgen. Onze kennis is ook essentieel voor de ontmanteling van nucleaire installaties en voor een betrouwbare boven- en ondergrondse berging van radioactief afval. We leveren baanbrekend werk in het onderzoek naar nieuwe, efficiëntere reactoren die minder afval zullen produceren en intrinsiek veilig zijn. De kernfusietechnologie, die in de toekomst duurzame energieopwekking mogelijk moet maken, wordt stilaan tastbaar mede dankzij de expertise van het SCK•CEN.

Met MYRRHA ontwikkelen we een multifunctionele experimentele bestralingsinstallatie voor de productie van radio-isotopen en gedopeerd silicium. Verder zal MYRRHA ook bijdragen aan materiaalstudies voor innovatieve fissiereactoren en kernfusie en aan het onderzoek rond transmutatie, een proces om langlevend radioactief afval om te zetten in korter levend afval.



BR1: de eerste reactor in België, nog altijd erg nuttig

Belgian Reactor 1 of BR1, operationeel sinds 1956, is de oudste onderzoeksreactor in België. BR1 is luchtgekoeld, grafitgemodereerd en werkt op natuurlijk uranium. Het is een flexibele testreactor onder meer voor het ijken van meetinstrumenten. Het SCK•CEN gebruikt BR1 voor eigen onderzoeksactiviteiten maar zet de reactor ook in ten dienste van andere studiecentra, universiteiten en de industrie. De reactor speelt een belangrijke rol in de opleiding van wetenschappers en ingenieurs.



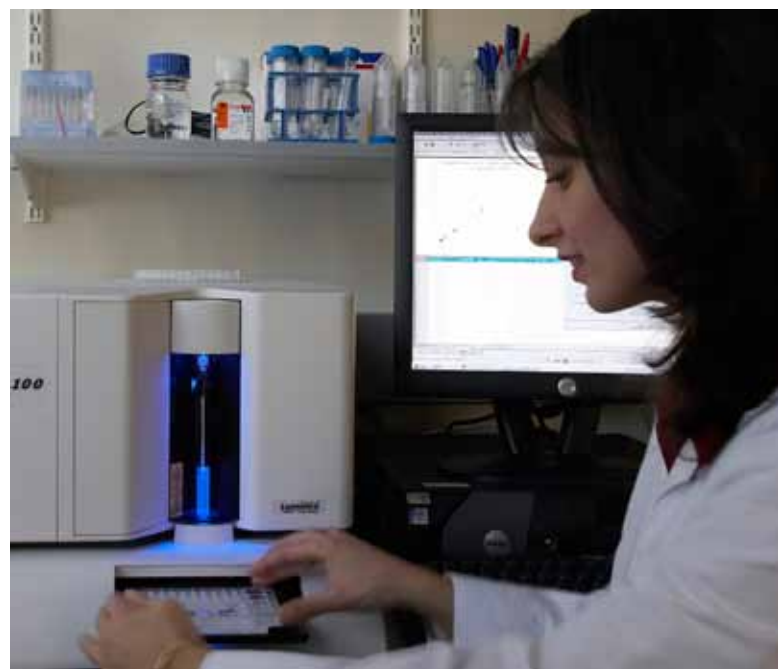
Met beide voeten in de samenleving

Omdat het SCK•CEN een stichting van openbaar nut is, staat de samenleving centraal voor ons. We zetten onze kennis in voor het welzijn van de burgers, voor de overheid, de gezondheidszorg, de industrie en de wetenschap.

Onze expertise op vlak van radioactieve stoffen en ioniserende straling stelt ons in een perfecte positie om advies te geven voor de bescherming van mens en milieu in allerlei omstandigheden. We produceren radio-isotopen die onmisbaar zijn voor medische beeldvorming, de behandeling van kanker en specifieke industriële toepassingen. Het SCK•CEN bestraalt ook silicium voor elektronische componenten in toepassingen met hoge vermogens zoals hybride auto's en hogesnelheidstreinen, maar ook zonnepanelen en windturbines die 'groene elektriciteit' opwekken.

Wetenschap draait om kennis verzamelen maar het betekent ook die kennis delen met anderen. Het SCK•CEN is een gerenommeerde partner in een wereldwijd netwerk van wetenschappelijke instellingen en krijgt internationale erkenning als onderzoeks- en opleidingscentrum. We werken samen met de academische wereld, de industrie en de autoriteiten en leveren zo een belangrijke bijdrage aan de verbetering van vaardigheden van wetenschappers en deskundigen. We communiceren onze visie en expertise ook naar het grote publiek. Op die manier verbreden we het draagvlak voor onderzoek rond nucleaire toepassingen en stimuleren we een debatcultuur.

Welke keuzes in de toekomst ook gemaakt worden, vraagstukken rond nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en de berging van radioactief afval blijven bestaan. Zo buigen we ons onder meer over thema's als duurzame ontwikkeling, risicoperceptie, communicatie en generatieoverschrijdende ethiek. Het SCK•CEN streeft naar transparantie en wil het kritisch denken over nucleaire technologie prikkelen.



Stralingsbescherming: zorg voor mens en milieu

Ioniserende straling brengt risico's met zich mee. Het SCK•CEN draagt bij tot het verzekeren van de veiligheid van mens en milieu. We bestuderen de manier waarop radioactiviteit overgedragen wordt in de biosfeer (lucht, rivieren, bodem, planten,...) en de geosfeer (ondergrondse kleilagen, grondwater,...) en evalueren de impact op mens en omgeving.

[Onze expertise rond stralingsbescherming zetten we in voor dienstverlening en beleidsondersteuning. Het Studiecentrum voor Kernenergie geeft advies en praktische aanbevelingen aan nucleaire bedrijven, de medische sector, de autoriteiten en het Internationaal Atoomenergieagentschap \(IAEA\).](#)

Het SCK•CEN onderzoekt ook de maatschappelijke aspecten van nucleaire technologie, met de nadruk op publieke deelname aan het besluitvormingsproces. Drie grote onderwerpen nemen we onder de loep: radioactief afvalbeheer, nucleaire risico's en energiebeheer.

Radioactieve stoffen: verspreiding en impact

Het SCK•CEN bestudeert hoe radioactieve stoffen zich gedragen in de biosfeer en de geosfeer en ontwikkelt modellen om hun verspreiding te voorspellen. Zo kunnen we de gevolgen van de blootstelling voor mens en milieu inschatten. We onderzoeken uiteenlopende fenomenen: van afvalberging en uitbating van nucleaire installaties, over noodsituaties tot omstandigheden waar radioactieve stoffen van natuurlijke oorsprong in verhoogde concentraties voorkomen. We gebruiken deze kennis om maatregelen voor te stellen die de stralingsbelasting voor mens en milieu beperken en ontwikkelen technieken om de omgeving te saneren.

Bij een nucleair ongeval is het levensnoodzakelijk om de gepaste beschermingsmaatregelen te nemen. Het Studiecentrum voor Kernenergie is samen met de Belgische overheid en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) een belangrijke speler in de Belgische noodplanorganisatie. We beschikken over zeer performante laboratoria om radioactieve stoffen en straling in allerlei materialen te meten, gaande van nucleaire splijtstoffen tot biologische en omgevingsstalen. We kunnen de dosis en eventuele inwendige besmetting van mensen evalueren en werken aan de optimalisering van methodes om de dosis nog nauwkeuriger te bepalen na accidentele blootstelling.

Om nucleair terrorisme te voorkomen is een goed beheer van splijtstoffen en andere strategische materialen cruciaal. Het SCK•CEN doet onderzoek naar non-proliferatie: het wereldwijd voorkomen van de ongecontroleerde verspreiding van nucleaire materialen.

Stralingseffecten onder de loep

Multidisciplinair radiobiologisch onderzoek is de basis voor nucleaire geneeskunde en stralingsbescherming. Het SCK•CEN onderzoekt onder meer welke invloed ioniserende straling heeft op het zich ontwikkelend leven en bestudeert de kanker en niet-kanker gerelateerde effecten zoals de invloed van straling op hart en bloedvaten, of op de hersenen. We trachten de effecten van straling te begrijpen op cellulair en moleculair niveau om zo de mogelijke risico's van lage dosissen beter in te schatten. De gevoeligheid voor ioniserende straling bij de mens en bij zoogdieren, evenals de individuele stralingsgevoeligheid staan daarbij centraal.

Daarnaast analyseren we de gezondheidseffecten van medische beeldvorming en proberen we de schadelijke gevolgen van radiotherapie te beperken. We ontwikkelen modellen en controletechnieken om de dosisschatting te verbeteren. Zo kan de stralingsblootstelling van patiënten en medisch personeel verminderd worden zonder dat dit invloed heeft op de medische voordelen. Omdat ze extra gevoelig zijn, ligt de nadruk op de behandeling van baby's en jonge kinderen. We ontwikkelen nieuwe methodes om de dosis nauwkeuriger te bepalen. Verder controleren we de dosimeters van werknemers uit de nucleaire en medische sector.

Met behulp van de nieuwste technieken uit de moleculaire biologie, bestudeert het SCK•CEN de mechanismen van de stralingsgevoeligheid of -weerstand van bacteriën en planten. Daarmee dragen we bij tot de ontwikkeling van een systeem voor de bescherming van fauna en flora tegen de mogelijk schadelijke effecten van straling en dit al dan niet in aanwezigheid van zware metalen.

Het SCK•CEN bestudeert bij mensen, bacteriën en planten de impact van kosmische straling in combinatie met gewichtloosheid in de ruimte. Dat gebeurt in samenwerking met internationale partners. Met de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA ontwikkelen we onder andere biologische systemen om water te zuiveren en afval tot zuurstof en voedsel te recyclen voor lange ruimtemissies, bijvoorbeeld naar Mars.



3

Technologische innovatie: mogelijk maken wat onmogelijk lijkt

Fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek vormen de motor van technologische vooruitgang. Het SCK•CEN werkt mee aan de ontwikkeling van innovatieve experimentele nucleaire installaties.

Reactoren van de vierde generatie: Gen IV

Het SCK•CEN test materialen en splijtstoffen voor kernreactoren van de vierde generatie (Gen IV) en participeert in Europese projecten rond het ontwerp en de veiligheid ervan. Deze toekomstige reactoren maken efficiënter gebruik van splijtstoffen en bereiken dus een hoger rendement: met dezelfde hoeveelheid natuurlijk uranium kunnen ze tot 50 keer meer elektriciteit opwekken waardoor ze ook minder radioactief afval produceren.



Accelerator Driven System: MYRRHA als prototype

In internationale context ontwikkelt het SCK•CEN met het MYRRHA-project een multifunctionele experimentele bestralingsinstallatie. MYRRHA staat voor Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications. Het is 's werelds eerste prototype van een nucleair systeem aangedreven door een deeltjesversneller. Dit noemen we een Accelerator Driven System of ADS, een erg veilige en goed te controleren nucleaire technologie. In tegenstelling tot een conventionele reactor, heeft een ADS een subkritische kern: er is niet genoeg splijtbaar materiaal om de kettingreactie te onderhouden. Om te beletten dat de reactor stopt, moet hij doorlopend 'gevoed' worden met neutronen aangemaakt via een deeltjesversneller. Als de versneller wordt afgekoppeld, stopt de kettingreactie in een fractie van een seconde en valt de reactor stil.

Het MYRRHA-project startte in 1997. Het SCK•CEN streeft ernaar om tegen 2023 over een volledig operationele installatie te beschikken. MYRRHA zal dan instaan voor de dienstverlening aan en de opleiding van een nieuwe generatie wetenschappers en ingenieurs. Naast een demonstratie van het ADS-concept, maakt MYRRHA het mogelijk te onderzoeken hoe we langlevend radioactief afval in korter levend afval kunnen omzetten. Deze transmutatie zal de hoeveelheid en de radiotoxiciteit van het afval verminderen en de noodzakelijke bergingstijd beperken van enkele honderdduizenden jaren tot minder dan 1 000 jaar.

Op termijn zal MYRRHA de BR2-reactor vervangen voor de productie van radio-isotopen en gedopeerd silicium. De installatie zal bijdragen aan duurzame energieproductie dankzij de ontwikkeling van materialen en splijtstoffen voor innovatieve kernsplijtingsreactoren en fusietechnologie. Fundamenteel onderzoek in uiteenlopende wetenschappelijke disciplines is ook mogelijk dankzij MYRRHA.

Van VENUS tot GUINEVERE: een wereldprimeur

De onderzoeksreactor VENUS (Vulcan Experimental Nuclear Studie) werkt sinds 1964. Deze flexibele installatie onderging al meerdere verbouwingen en modernisering. VENUS werd aanvankelijk ingezet om de optimale splijtstoffenconfiguratie te bestuderen voor diverse kernreactoren. Dankzij de flexibiliteit van VENUS konden we verschillende samenstellingen simuleren.

In 2008 begon het SCK•CEN met de aanpassing van de VENUS-reactor ter voorbereiding van het GUINEVERE-project dat in 2010 van start ging. GUINEVERE staat voor 'Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead VEnus Reactor' en is ontwikkeld als een versneller aangedreven systeem of ADS.

In 2011 werden de deeltjesversneller en de onderzoeksreactor met succes aan elkaar gekoppeld: een wereldprimeur! Het SCK•CEN realiseerde zo het eerste schaalmodel van een subkritisch systeem bestaande uit een reactor met volledige loodkern aangestuurd door een deeltjesversneller. Een belangrijke stap voorwaarts in het onderzoek rond ADS'en en de realisatie van MYRRHA.



Kernfusie: de technologie van de toekomst?

Fusiereactoren zijn veiliger en produceren geen langlevend radioactief afval, in tegenstelling tot kernsplijtingsreactoren. Bovendien is de brandstof, deuterium en tritium geproduceerd uit lithium dat gewonnen wordt uit zeewater, vrijwel onuitputtelijk. Dankzij deze troeven wordt fusietechnologie voorgesteld als de energiebron van de toekomst.

De technische en praktische uitdagingen zijn echter groot: energie opwekken via kernfusie is vandaag nog toekomstmuziek. Momenteel bundelen onderzoekscentra over heel de wereld hun expertise om de technologie op punt te stellen. De bouw van de testfusiereactor ITER in Cadarache in Zuid-Frankrijk is een belangrijk resultaat van deze samenwerking.

Het SCK•CEN onderzoekt de effecten van straling op de apparatuur en de materiaaleigenschappen en ontwikkelt methodes om de kernfusiebrandstof te recyclen en radioactief afval te beperken. We hebben bovendien aandacht voor de sociaaleconomische aspecten van kernfusie.

De Europese Unie en Japan hebben besloten om samen een 'broader approach' of 'bredere aanpak' rond kernfusie op te zetten. Die heeft als doel technologieën te ontwikkelen en onderzoek te verrichten dat niet in ITER kan gebeuren, onder meer op vlak van materialen die zware stralingsschade en zeer hoge temperaturen moeten weerstaan.

Het SCK•CEN coördineert de Belgische deelname aan dit internationale R&D-programma op technologisch topniveau. Op basis van onze expertise in het ontwerpen van experimentele opstellingen, ontwikkelen we specifieke modules voor een nieuwe bestralingsinstallatie om kernfusiematerialen te testen. Dit zal cruciale informatie opleveren voor de constructie van commerciële fusiereactoren na ITER.

4

Nucleaire veiligheid: het heden onder controle, de toekomst verzekerd

Materialen testen

De ioniserende straling in een reactor kan de materialen aantasten, scheurtjes veroorzaken en de onderdelen verzwakken. Om al deze fenomenen te onderzoeken, bestraalt het SCK•CEN materialen in extreme omstandigheden in de BR2-reactor. Het Laboratorium voor Hoge en Middelmatige Activiteit (LHMA) analyseert daarna de schade en verouderingsprocessen. De materiaalsamenstelling en chemische processen onderzoeken we in gespecialiseerde radiochemische labo's.

Op basis van de testresultaten, ontwikkelt het SCK•CEN modellen om de evolutie en levensduur van materialen en splijtstoffen nauwkeurig te voorspellen. Op die manier dragen we bij tot veiligere en efficiëntere kernreactoren voor de productie van elektriciteit.

We controleren ook het kuipstaal van Belgische en buitenlandse kerncentrales. Onze analyses tonen aan dat de reactorkuipen van de Belgische kerncentrales nog vele jaren mee kunnen. Op dit punt zijn er dus geen technisch-wetenschappelijke redenen om de centrales na 40 jaar uitbating te sluiten.

BR2: een van 's werelds meest krachtige en flexibele onderzoeksreactoren

Belgian Reactor 2 of BR2 is een van de krachtigste materiaaltestreactoren ter wereld. Sinds de opstart in 1962 werkt de reactor op uranium met water onder druk als koelmiddel en moderator.

BR2 speelt een vooraanstaande rol in het internationale onderzoek naar de effecten van ioniserende straling op reactoronderdelen. Het SCK•CEN bestraalt in BR2 materialen en splijtstoffen voor diverse reactortypes en voor het Europese kernfusieprogramma.

Wereldwijd is BR2, samen met nog vier andere reactoren, verantwoordelijk voor de productie van 90 procent van de belangrijkste radio-isotopen. Ze worden in de nucleaire geneeskunde gebruikt voor diagnose en behandeling. Andere radio-isotopen kennen toepassingen in de industrie. Ze zitten bijvoorbeeld in sensoren om de dichtheid en het vochtgehalte van stoffen te bepalen.

In BR2 bestralen we silicium waardoor een hoogwaardige halfgeleider ontstaat. Dit gedopeerd silicium vormt de grondstof voor elektronische componenten van hybride auto's, zonnepanelen en windturbines.



LHMA: materiaaleigenschappen onder de loep

In het Laboratorium voor Hoge en Middelmatige Activiteit (LHMA) bestudeert het SCK•CEN bestraalde reactormaterialen en splijtstoffen in afgeschermden cellen. Deze zogenaamde hot-cells zijn uitgerust met telemanipulators om radioactieve onderdelen van op afstand te hanteren.

Met mechanische, chemische en microstructurele onderzoeksinstrumenten analyseren we de schade en verouderingsprocessen van de materialen. Dankzij deze gegevens is het mogelijk om via rekenmodellen het gedrag en de levensduur van onderdelen te voorspellen. Dat is essentieel voor een correcte inschatting van de levensduur van bestaande maar ook van nieuwe kernreactoren.



Splijtstofkwalificatie

Om splijtstoffen voor kernreactoren te kwalificeren, moet aangetoond worden dat een nieuw ontwerp veilig zal presteren in normale en extreme condities. Het Studiecentrum voor Kernenergie draagt sinds vele jaren bij tot de voortdurende verbetering van splijtstoffen. Zo kunnen we in de BR2-reactor de omstandigheden in kerncentrales nabootsen. We onderzoeken splijtstofnaalden uit kernreactoren en voeren bestralingstesten uit. Daarna analyseren we de stralingseffecten in het Laboratorium voor Hoge en Middelmatige Activiteit.

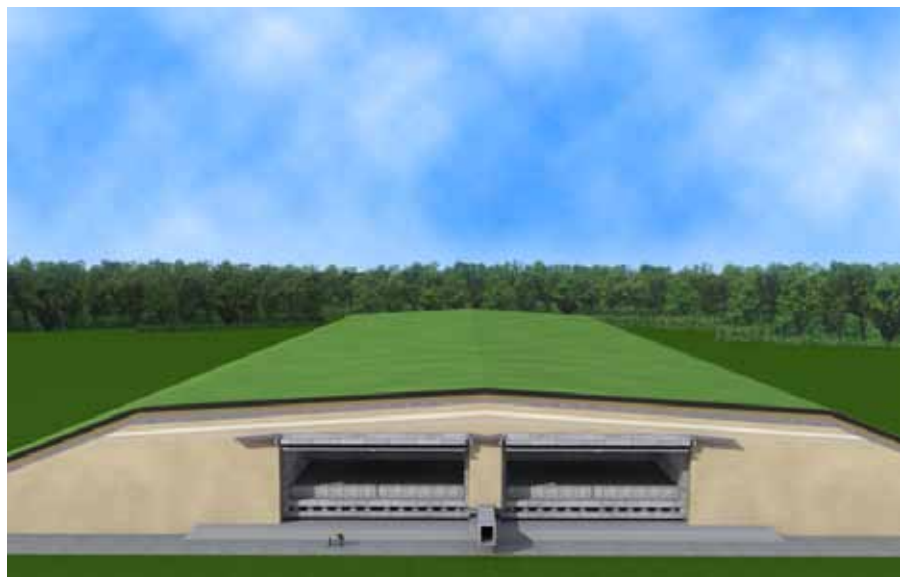
5

Radioactief afval en ontmanteling: zoeken naar duurzame oplossingen

Berging van radioactief afval

Bij kernenergie en nucleaire toepassingen is radioactief afval onvermijdelijk. Samen met NIRAS, de nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen onderzoekt het SCK•CEN hoe we dat afval veilig kunnen bergen op lange termijn. We ontwikkelen en evalueren oplossingen voor de bovengrondse berging van laagactief afval en de ondergrondse berging van langlevend middel- en hoogactief afval.

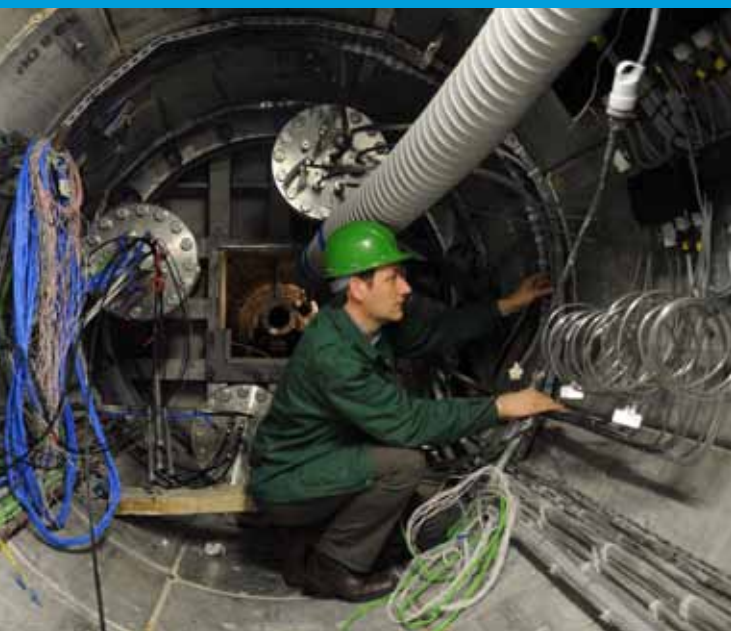
Het Studiecentrum voor Kernenergie ondersteunt NIRAS met studies voor het veiligheidsdossier van de oppervlaktebergingsinstallatie van het laagactief afval in Dessel. We onderzoeken de performantie van de installatie en schatten de duurzaamheid van de betonconstructie op lange termijn. De karakterisatie en de modellering van de grondwaterstromen komen aan bod en we ontwikkelen en testen simulatiemodellen van biologische, geologische en chemische processen.



HADES: diepe berging van radioactief afval uitgespit

HADES staat voor High Activity Disposal Experimental Site en is niet toevallig de naam van de Griekse god van de onderwereld. Het laboratorium bevindt zich 225 meter onder het domein van het SCK•CEN in de Boomse kleilaag. ESV EURIDICE (European Underground Research Infrastructure for Disposal of nuclear waste In Clay Environment), is het economische samenwerkingsverband tussen NIRAS en het SCK•CEN, dat instaat voor de haalbaarheidsstudies rond de berging van radioactief afval in kleilagen. Het partnerschap is betrokken in internationale onderzoeksprogramma's en de geologische experimenten zijn wereldwijd bekend.

De bouw van HADES gebeurde in verschillende stappen. In 1980 startten de graafwerken voor de eerste toegangsschacht. In volgende fasen werden de uitgravingstechnieken verbeterd en methodes ontwikkeld om de verstoring van de kleilaag te beperken. Begin deze eeuw breidde de infrastructuur uit met een extra galerij om de mogelijkheid te demonstreren dat hoogactief warmteafgevend radioactief afval veilig geborgen kan worden in klei.



Voor de berging van langlevend middel- en hoogactief afval speelt het ondergrondse laboratorium HADES in de Boomse klei, op 225 meter onder de site van het SCK•CEN, een belangrijke rol. De constructie ervan bewijst dat het technisch en economisch haalbaar is om toegangsschachten en galerijen te graven in diepe klei. Via uitgebreid laboratoriumonderzoek en computersimulaties bestuderen we hoe de eigenschappen evolueren van het afval, de kunstmatige barrières (metalen of betonnen containers) en de natuurlijke geologische barrière (de klei en zijn omgeving). Ook onderzoek naar de mogelijke invloed van populaties microben in deze kleilagen past in dit kader.

Een begrip van alle processen geeft inzicht in de veiligheid van het bergingsconcept op lange termijn. De jarenlange ervaring en opgebouwde kennis wijzen erop dat afvalberging in een dergelijke kleilaag haalbaar en veilig is.

Ontmanteling: veilig, technisch haalbaar en economisch verantwoord

Wanneer een onderzoeksreactor of kerncentrale voorgoed wordt stilgelegd, is het belangrijk de infrastructuur te ontsmetten en te ontmantelen, tot er geen verhoogde radioactiviteit meer aanwezig is. De veiligheidsautoriteiten kunnen het terrein dan vrijgeven als 'green field' en zo kan de site een nieuwe bestemming krijgen.

Het SCK•CEN is eind jaren 80 begonnen met de ontmanteling van zijn BR3-reactor. Om de hoeveelheid radioactief afval te minimaliseren, ontwikkelden we nieuwe technieken om reactoronderdelen te versnijden, te ontsmetten en na te meten. We introduceerden ook specifieke methodes om medewerkers te beschermen tegen ioniserende straling en de blootstelling te beperken.

De verzamelde wetenschappelijke en technische kennis zijn een goede basis om de economische kosten en de radiologische impact in te schatten van toekomstige ontmantelingen van nucleaire installaties. De inzichten worden nu al toegepast in projecten buiten het SCK•CEN. De informatie vormt bovendien een uitstekende leidraad bij het ontwerpen van nieuwe installaties, zodat deze – eens ze op hun beurt aan het einde van hun levensduur gekomen zijn – gemakkelijk te ontmantelen zijn.

BR3: spil in het ontmantelingsonderzoek

Belgian Reactor 3 of BR3 was een prototype drukwaterreactor, operationeel van 1962 tot 1987. Het was West-Europa's eerste reactor van dit type en hij werd ook als eerste in zijn soort definitief stilgelegd. Drukwaterreactoren komen niet alleen in België maar ook wereldwijd het meest voor in kerncentrales.

De Europese Commissie selecteerde BR3 als proefproject om de technische en economische haalbaarheid van een reactorontmanteling te bestuderen. Het SCK•CEN ontwikkelde nieuwe methodes om de veiligheid tijdens het volledige proces te garanderen. Dankzij de verworven kennis op gebied van stralingsbescherming, radioactief afval en ontmantelingstechnieken, kan de economische en radiologische impact van nieuwe projecten worden voorspeld.

Een reactorontmanteling gebeurt in verschillende stappen. Bij BR3 werden eerst de hoogactieve onderdelen verwijderd. De tweede fase omvatte het ontmantelen van de verschillende besmette kringlopen. Daarna was de betonnen infrastructuur aan de beurt voor ontsmetting en afbraak. Rond 2020 zal BR3 volledig ontmanteld zijn.



6

Een breed aanbod: technologie en dienstverlening op een sterk wetenschappelijk fundament

Onze statutaire missie

Wetenschappelijk onderzoek vormt het fundament van ons bestaan: het is de drijvende kracht achter technologische ontwikkelingen en dienstverlening. Onze voornaamste doelstelling is het behouden en uitbreiden van een excellentiecentrum voor onderzoek rond vreedzame toepassingen van nucleaire wetenschap en ioniserende straling.

Om deze missie te realiseren, concentreert het SCK•CEN zich op de volgende opdrachten:

- In prioriteit onderzoek doen met betrekking tot veiligheid van nucleaire installaties, veilige behandeling en beheer van radioactief afval, bescherming van mens en omgeving tegen straling, het beheer van splijtstoffen en andere strategische materialen.
- Onderzoek verrichten naar de maatschappelijke implicaties in het kader van het streven naar duurzame ontwikkeling.
- De nodige kennis ontwikkelen, verzamelen en verspreiden via vorming en communicatie.
- Alle diensten verlenen die gevraagd worden in het betrokken domein, in het bijzonder door de nucleaire industrie, de medische sector en de overheid.
- De nodige pluridisciplinaire wetenschappelijke contacten leggen inzake energiekwesties.



Het Studiecentrum voor Kernenergie is actief op drie fronten: wetenschappelijk onderzoek, technologische ontwikkeling en dienstverlening. Dit stelt ons in staat om niet alleen kennis op te bouwen, maar ze ook in de praktijk toe te passen. Daardoor kunnen we inspelen op de noden en eisen van onze partners en klanten.

Deze toegepaste aanpak is mogelijk dankzij de inzet van onze ervaren en deskundige medewerkers. Ze kunnen een beroep doen op de uitgebreide onderzoeks- en productie-infrastructuur, waaronder performante en multifunctionele onderzoeksreactoren, diverse pilootinstallaties, goed uitgeruste hot-cells en laboratoria.

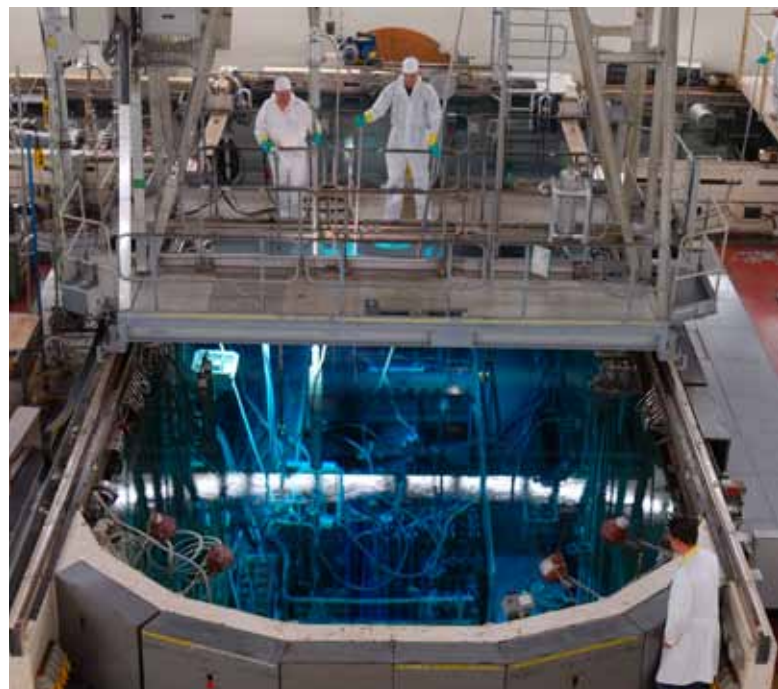
Het SCK•CEN investeert jaarlijks aanzienlijke bedragen in het onderhoud, de verbetering en de uitbreiding van zijn infrastructuur. Een belangrijke mijlpaal is de ontwikkeling van MYRRHA, een unieke en innovatieve onderzoeksreactor die een wezenlijke bijdrage zal leveren aan nieuwe toepassingen van nucleaire wetenschap.

Technologie en diensten

Het SCK•CEN onderzoekt en ontwikkelt diverse nucleaire technologieën en levert uiteenlopende diensten aan de overheid, de industrie en de medische sector. Voorbeelden zijn:

- Reactoren: ontwikkeling en bouw van bestralingsapparatuur, systeemontwikkeling, veiligheidsstudies en inspectie.
- Testen van splijtstoffen en structuurmaterialen (bijvoorbeeld kuipstaal van kernreactoren).
- Ontmantelen en ontsmetten van nucleaire installaties.
- Advies over het beheer en de opslag van radioactief afval.
- Advies over de sanering van radioactief verontreinigde bodems.
- Opvolgen van de effecten op mens en omgeving bij nucleaire incidenten.
- Modelleren van de blootstelling aan straling voor mens, fauna en flora.
- Dosimetrie bij personeel werkzaam in kerncentrales en de medische sector.
- Meten van lage radioactiviteit (alfa-, bèta- en gammastraling).
- Uitvoeren van radiochemische analyses.
- Productie van gedopeerd silicium en medische en industriële radio-isotopen.
- Opleiding en training in alle domeinen van de nucleaire technologie.

Het is duidelijk dat we ervaring hebben in zowel routinetaken als in zeer specifieke opdrachten. Het Studiecentrum voor Kernenergie staat garant voor voortdurende innovaties en streeft naar kwaliteit en erkenning op basis van nationale en internationale standaarden.



7

Opleiding en training: onze kennis overdragen

Kennis verspreiden is één van onze kernopdrachten. Als trefpunt van kennis en praktijk met jaren ervaring, heeft het SCK•CEN een uitstekende reputatie als opleidings- en trainingscentrum. In 2012 is de Academy for Nuclear Science en Technology opgericht om al onze activiteiten op dit vlak te bundelen en nog beter te ontplooiën. De SCK•CEN Academy is gebaseerd op vier belangrijke pijlers.

Jonge wetenschappers begeleiden

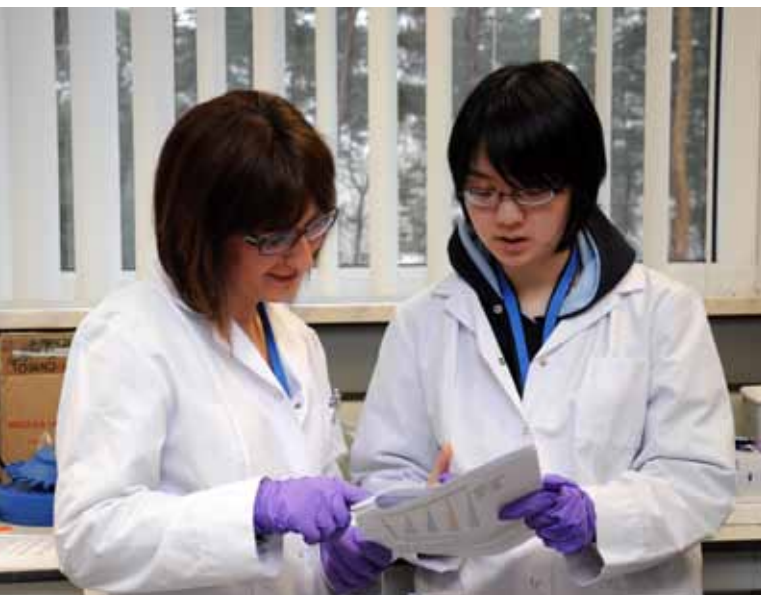
Jaarlijks bieden we pas afgestudeerde wetenschappers en ingenieurs de kans om doctoraal of postdoctoraal onderzoek uit te voeren rond een thema dat past binnen de prioritaire onderzoeksdomeinen van het SCK•CEN. Onze experts begeleiden ook bachelor- en masterstudenten bij hun eindwerk. We stellen hiervoor onze laboratoria en installaties ter beschikking.

Opleidingen organiseren

Het SCK•CEN organiseert opleidingen voor werknemers van Belgische en internationale nucleaire bedrijven, voor de medische sector en overheidsinstellingen. Modulaire trainingsprogramma's worden uitgewerkt op maat van het doelpubliek en aangepast in duurtijd en niveau. De cursussen gaan bij voorkeur door in Mol. Zo kunnen we theoretische lessen combineren met praktische oefeningen en een rondleiding in de technische installaties.

Alle domeinen van ons onderzoek komen aan bod: stralingsbescherming, noodplanning, afvalbeheer, nucleaire technologieën en materialen, ontmanteling van nucleaire installaties,...

Op academisch niveau werkt het Studiecentrum voor Kernenergie samen met de Belgische universiteiten en hogescholen. We liggen aan de basis van het Belgian Nuclear higher Education Network (BNEN) en leveren een stevige bijdrage aan de opleiding voor stralingsdeskundigen.



Het beleid ondersteunen

Een coherente aanpak van nucleaire opleidingen is cruciaal in een wereld waarin economie en industrie voortdurend in beweging zijn en werknemers steeds mobieler worden. Het SCK•CEN neemt deel aan netwerken en programma's voor een betere harmonisering van opleidingen, trainingspraktijken en de erkenning van vaardigheden op nationaal en internationaal niveau.

Binnen de kaderprogramma's van de Europese Commissie nemen we deel aan verschillende opleidingsprojecten. Ook coördineren we een project rond stralingsbescherming waarbij training geharmoniseerd wordt door het vastleggen van internationale standaarden voor specifieke beroepen. Via de European Training and Education in Radiation Protection (EUTERP) Foundation adviseert het SCK•CEN de Europese Commissie over de revisie van de Basic Safety Standards en over wijzigingen in de Europese wetgeving.

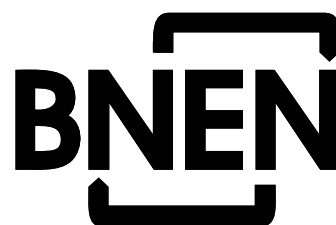
Van bij de oprichting is het SCK•CEN een vooraanstaande partner in het European Nuclear Education Network (ENEN), dat alle belangrijke Europese academische instellingen en opleidingscentra voor nucleaire ingenieurswetenschappen verenigt.

Een transdisciplinaire benadering

De nucleaire wetenschap en de bijhorende voordelen en risico's helemaal begrijpen, vergt niet alleen een uitgebreide wetenschappelijke en technische kennis. Ook inzicht in de maatschappelijke context en feeling voor de sociale en ethische facetten zijn essentieel. Samen met de academische wereld onderzoeken we hoe aspecten zoals risicoperceptie, betrokkenheid van belanghebbenden en communicatie zo goed mogelijk kunnen geïntegreerd worden in voorlichtings- en opleidingsprogramma's voor studenten en professionals.

Het Belgian Nuclear higher Education Network (BNEN)

Het BNEN verzamelt de nucleaire expertise en ervaring van zes Belgische universiteiten en het SCK•CEN. Het BNEN biedt een uniek 'master-na-master'-programma aan in de nucleaire technologie. Alle lessen vinden plaats in Mol. De installaties en laboratoria van het SCK•CEN staan ter beschikking voor de praktische sessies.



Internationale samenwerking: onderzoek over de grenzen heen

Het Studiecentrum voor Kernenergie is een gerenommeerde partner in een internationaal netwerk van wetenschappelijke instellingen. We hebben samenwerkingsovereenkomsten met tal van onderzoekscentra, universiteiten, bedrijven en organisaties in verschillende landen. Een aantal projecten kadert binnen de programma's van de Europese Commissie, maar het SCK•CEN heeft ook partners buiten de grenzen van de Europese Unie.

Het SCK•CEN stimuleert de internationale uitwisseling van kennis en ervaring. Onze medewerkers nemen wereldwijd deel aan congressen en forums om hun onderzoeksresultaten te presenteren en nieuwe kennis te vergaren. Zelf organiseren we conferenties en opleidingen in binnen- en buitenland. Onze experts geven ook regelmatig advies op aanvraag van toonaangevende instanties zoals het Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA), de Verenigde Naties en het Nucleair Energieagentschap van de OESO.

De vele buitenlandse studenten en deskundigen die op het SCK•CEN werken, bevestigen het internationale karakter van ons studiecentrum. Zo vormt het innovatieve MYRRHA-project een belangrijke aantrekkingspool voor onderzoekers en ingenieurs van over de hele wereld. Onze gemotiveerde inzet voor wetenschappelijke en technische vernieuwingen in diverse domeinen versterkt de internationale uitstraling van het SCK•CEN; iets waar ook de Kempen, Vlaanderen en heel België mee de vruchten van plukken.



Bouwen aan de toekomst met 60 jaar ervaring

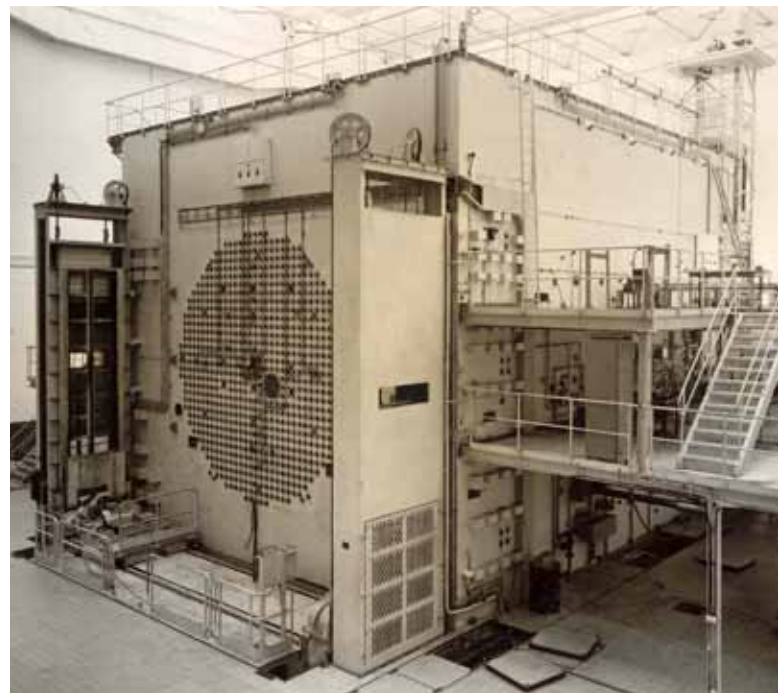
De geschiedenis van het SCK•CEN speelt zich grotendeels af in tweede helft van de vorige eeuw. Een periode gekenmerkt door wetenschappelijk optimisme, economische ontwikkeling en welvaart maar ook groeiende aandacht voor duurzaamheid. Met het Studiecentrum voor Kernenergie slaagde een klein land als België erin om wereldprimeurs te realiseren op hoogtechnologisch niveau. Dit alles was enkel mogelijk dankzij de visie en het enthousiasme van de pioniers en de inzet van duizenden medewerkers.

In 2012 zijn we bijzonder verheugd dat we 60 jaar SCK•CEN kunnen vieren. Maar het verhaal stopt niet vandaag. Met onze uitgebreide expertise en unieke onderzoeksinstallaties willen we het werk van onze illustere voorgangers verderzetten en mee bouwen aan een duurzame toekomst voor de hele samenleving.

Een terugblik op 60 jaar pionierswerk

Sinds de oprichting in 1952 speelt het SCK•CEN een pioniersrol in de wereld van nucleaire wetenschap en techniek. Midden jaren 50 groeiden de terreinen in Mol al vlug uit tot één van de grootste naoorlogse bouwvelden in België. In amper acht jaar tijd bouwde het SCK•CEN de eerste drie Belgische kernreactoren: BR1, BR2 en BR3. Het stond hiermee aan de wieg van de ontwikkeling van kernenergie en nucleair onderzoek wereldwijd.

De kennis en expertise die het SCK•CEN vergaarde dankzij deze installaties, hebben hun nut bewezen voor talrijke vreedzame medische en industriële toepassingen. Reactormaterialen, splijtstoffen, ontmanteling en ontsmetting, dosimetrie en kalibratie,... het SCK•CEN heeft het allemaal onderzocht en ontwikkeld en dit steeds met het oog op zijn bijdrage aan de samenleving. Technologische innovatie, nucleaire veiligheid en bescherming van mens en milieu waren daarbij de leidraad. Deze sleutelbegrippen bepalen vandaag nog steeds onze koers.



Hoewel de nadruk bleef liggen op de nucleaire activiteiten, waagde het SCK•CEN in de jaren 70 stappen buiten de sector. In opdracht van de overheid, wetenschap en industrie werd onderzoek verricht op gebied van leefmilieu, energietoepassingen, materialen, informatica, brandstofcellen en waterstofproductie. Uit dit succesverhaal ontstond in 1991 de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek VITO, intussen ook een internationale speler op vlak van onderzoek en ontwikkeling.

In het midden van de jaren 70 startte het SCK•CEN als één van de eerste instellingen met studies rond de berging van radioactief afval in kleilagen. De constructie van een ondergronds laboratorium was een logisch gevolg. Sinds 1995 kwam het onderzoek in een stroomversnelling dankzij de oprichting van een economisch samenwerkingsverband met NIRAS, de nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen. Nu, na meer dan 35 jaar studies van klei, beton, afval en verpakkingsmaterialen, kunnen we op basis van uitgebreide wetenschappelijke gegevens en modellen afleiden dat het op lange termijn veilig en haalbaar is om het hoogradioactief afval in klei te bergen.

Onze bijdrage aan de samenleving van vandaag

Het Studiecentrum voor Kernenergie kent een lange traditie van filosofisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek. We bestuderen de sociale, politieke en ethische aspecten van het gebruik van nucleaire technologie in onze samenleving.

Het SCK•CEN kiest voor een neutrale positie in het maatschappelijke debat over kernenergie en andere nucleaire toepassingen. Niet wij, maar wel de samenleving moet beslissen in welke mate deze technologieën een kans verdienen om oplossingen te bieden voor de uitdagingen van de toekomst.

Ook intern stimuleren we kritische reflectie over onze eigen positie als wetenschappelijk instituut en over de rol van elke wetenschapper en beleidsverantwoordelijke daarin. We zijn ervan overtuigd dat kritisch onderzoek begint (en eindigt) bij kritisch zelfonderzoek.

Het ongeval van Tsjernobyl in 1986 leidde in de hele nucleaire sector tot verhoogde aandacht voor veiligheid en tot de uitwerking van maatregelen om de gevolgen van eventuele ongevallen te beperken. Ook de natuurramp in Fukushima, die zware schade aanrichtte in een aantal kernreactoren met verreikende gevolgen voor bevolking en omgeving, doet ons inzien dat veiligheid niet automatisch aanwezig is. Een onderzoekscentrum zoals het SCK•CEN kijkt niet weg van deze problemen, maar draagt zijn steentje bij om ze in de toekomst te voorkomen. We zijn een belangrijke partner voor de Belgische overheden om zich maximaal voor te bereiden op zulke nucleaire noodsituaties.

Om continu de radiologische veiligheid te garanderen worden op het hele Belgische grondgebied jaarlijks duizenden stalen genomen van voeding, water en lucht. Het SCK•CEN neemt daarvan een groot deel voor zijn rekening en ligt zo aan de basis van het radiologische toezichtsprogramma van de overheid.

Binnen het SCK•CEN zijn regelmatige controles en onderhoud onlosmakelijk onderdeel van de uitbating van al onze installaties. Door continue verbeteringen en innovaties houden we gelijke tred met de allerlaatste stand van de technologie. Maar we denken ook al aan de afbraak van onze infrastructuur en die van anderen. De kennis en technieken die we ontwikkelden met de ontmanteling en ontsmetting van de BR3-reactor dienen als basis voor nieuwe nucleaire ontmantelingsprojecten. De ervaringen leveren bovendien waardevolle informatie voor het ontwerp van nieuwe installaties, om ook deze later efficiënt en veilig af te breken met een minimale hoeveelheid radioactief afval.

In 2004 opende het Studiecentrum voor Kernenergie zijn laboratoria voor radiobiologie, radio-ecologie en ruimtevaart. Hier gebeurt uiteenlopend onderzoek naar de impact van ioniserende straling op mens en leefmilieu. Met deze kennis formuleren we aanbevelingen voor de medische sector om personeel en patiënten beter te beschermen. We ontwikkelen ook modellen van de biosfeer die toelaten de juiste maatregelen te treffen voor het leefmilieu. De ruimtevaart ondersteunen we door het gedrag van bacteriën tijdens ruimtemissies te bestuderen en de gezondheid van astronauten op te volgen. Al deze expertise vindt internationale weerklank.



Een blik op de toekomst

In 2006 onderging het SCK•CEN een diepgaande reorganisatie om nog beter in te spelen op de vraagstukken die leven binnen onze samenleving. Nu kunnen we onze capaciteiten voluit inzetten voor de uitdagingen van de toekomst.

[De productie van radio-isotopen in de BR2-reactor is de laatste jaren sterk opgedreven om de groeiende sector van de nucleaire geneeskunde te voorzien van noodzakelijke radio-isotopen voor diagnose en behandeling van patiënten. We verdubbelden ook de bestralingscapaciteit voor silicium, een ideale halfgeleider voor toepassingen met hoge elektrische vermogens. Zo kan het SCK•CEN een alsmaar grotere bijdrage leveren tot het succes van hernieuwbare energie.](#)

Op vlak van kernenergie werken we mee aan materialen en splijtstoffen voor reactoren die met evenveel splijtstof tot 50 keer meer elektriciteit kunnen opwekken, waardoor ze ook minder radioactief afval produceren. Een andere technologische uitdaging waar het SCK•CEN al meer dan 35 jaar onderzoek naar verricht is kernfusie. Deze potentiële energiebron voor productie van elektriciteit heeft een haast onuitputtelijke brandstofvoorraad en levert geen hoogradioactief afval op. Het ultieme doel van dit alles: de toegang tot duurzame energie verzekeren voor zoveel mogelijk mensen overal ter wereld.

Voor het SCK•CEN zijn grote onderzoeksinstallaties cruciaal om de continuïteit van onze activiteiten te garanderen. Daarom zijn we verheugd met de steun van de Belgische overheid voor het MYRRHA-project. Deze flexibele experimentele installatie moet op termijn de BR2-reactor vervangen en ons nog meer mogelijkheden bieden om mee te werken aan beloftevolle duurzame technologieën. Zo zal MYRRHA onderzoek toelaten naar transmutatie, een proces om hoogradioactief afval om te zetten in afval dat veel minder lang risico's oplevert. Deze transmutatie kan zeer veilig gebeuren in een subkritisch nucleair systeem aangedreven door een deeltjesversneller. MYRRHA wordt wereldwijd het eerste prototype om dit concept te demonstreren. In 2011 hebben we een belangrijke stap voorwaarts gezet dankzij de succesvolle constructie van GUINEVERE. Dit schaalmodel van MYRRHA is meteen ook een wereldprimeur!

De rijke ervaring, de innovatieve projecten en de beschikbaarheid van grote nucleaire installaties en gespecialiseerde laboratoria, maken het SCK•CEN perfect om de rol van opleidings- en trainingscentrum op te nemen. Kennisoverdracht behoort tot onze kernopdrachten. Om alle activiteiten te bundelen en nog beter te ontplooiën, is de Academy for Nuclear Science and Technology opgericht. Een nieuwe generatie nucleaire ingenieurs en wetenschappers zal dankzij het Studiecentrum voor Kernenergie mee vormgeven aan de samenleving van de toekomst.

Het onderzoek en de kennisopbouw van het SCK•CEN blijven noodzakelijk om de kerncentrales veilig uit baten tot het einde van hun levensduur en ze daarna correct te ontmantelen. Ook verdere studies rond de berging van radioactief afval en de bescherming van mens en leefmilieu tegen ioniserende straling in allerlei omstandigheden zijn een must.

Innovatief onderzoek is essentieel om de maatschappelijke toepassingen van nucleaire wetenschap ten volle te kunnen benutten. Als onafhankelijk kenniscentrum trachten we de samenleving te ondersteunen om de juiste keuzes te maken. Het SCK•CEN bestaat al 60 jaar en met die enorme bagage aan expertise willen we ons op alle mogelijke manieren inzetten voor een leefbare toekomst voor ons allen.



SCK•CEN

SCK•CEN – Studiecentrum voor Kernenergie
Het SCK•CEN is een stichting van openbaar nut met een privaatrechtelijk statuut,
onder voogdij van de Belgische federale minister van Energie.

Laboratoria
SCK•CEN, Boeretang 200, BE-2400 MOL

Maatschappelijke zetel
SCK•CEN, Herrmann-Debrouxlaan 40, BE-1160 BRUSSEL

Verantwoordelijke uitgever
Eric van Walle
Directeur-generaal

Copyright © 2012 – SCK•CEN
Dit werk is auteursrechtelijk beschermd (2012).
Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het SCK•CEN.

SCK•CEN

Contact

SCK•CEN

Boeretang 200

BE-2400 MOL

Tel. +32 14 33 25 86

Fax +32 14 33 25 84

info@sckcen.be

www.sckcen.be