

Bijlagen

B.1 Figuren, tabellen en kaders

	pagina
Figuren	
1.1 Algemene benadering in het Belgische methodologische onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma voor diepe berging.	5
2.1 De opties die kunnen beschouwd worden voor het langetermijn beheer van radioactief afval.	9
2.2 De belangrijkste fasen van de stapsgewijze realisatie van een bergingssysteem.	11
2.3 Gemiddelde jaarlijkse blootstelling aan ioniserende stralingen in België.	14
2.4 Principeschema van een diepebergingsinstallatie en bijbehorende terminologie.	16
2.5 De functies van langetermijn veiligheid van het bestudeerde diepebergingssysteem zoals in aanmerking genomen bij de veiligheidsevaluaties op lange termijn voor het normale-evolutiescenario.	17
2.6 De vier fasen van de normale evolutie van een diepebergingssysteem en de overeenkomstige veiligheidsfuncties op lange termijn.	20
3.1 De classificatie van geconditioneerd radioactief afval in België.	31
3.2 Lokalisatie van de nucleaire zones van Mol-Dessel en van Doel.	40
3.3 Locatie van de belangrijkste boringen en geofysische verkenningscampagnes op en rond de nucleaire zone van Mol-Dessel.	42
3.4 Lithostratigrafisch profiel van de Boomse Klei en lithologische variaties.	43
3.5 Algemeen beeld van een kleigroeve waar de karakteristieke strooksgewijze structuur van de Boomse Klei te zien is.	44
3.6 Beeld van een septaria.	44
3.7 Diepte van de basis en dikte van de Formatie van Boom.	45
3.8 Geologische doorsnede in de boring Mol-1.	46
3.9 Microresistiviteitsmeting in de boring Mol-1 en zijn interpretatie.	47
3.10 Detail van het signaal dat door seismische reflectie wordt verkregen in de Boomse Klei.	51
3.11 Schematische voorstelling van de opeenvolging van de watervoerende lagen en semi-watervoerende lagen van het Bekken van de Kempen van het Krijt tot het Kwartair.	54
3.12 Lokalisatie van de piëzometers.	55
3.13 Evolutie van de niveaus van piëzometers die representatief zijn voor de watervoerende lagen van het Mioceen (Zanden van Diest, Neogeen), het Onder-Rupeliaan en het Ledo-Brusseliaan.	56
3.14 Geografische en geologische afbakening van de drie hydrogeologische modellen.	61
3.15 Piëzometrie van de watervoerende lagen van het Neogeen, berekend met de referentieversie van het regionale model.	64
3.16 Piëzometrie van de watervoerende lagen van het Onder-Rupeliaan en van het Ledo-Brusseliaan, berekend met de referentieversie van het regionale model.	65
3.17 Impact van een vermindering van de infiltratie met factor 3 op de piëzometrie van het Neogeen en van het Onder-Rupeliaan.	68

3.18	Impact van een fluviaatiele erosie, veroorzaakt door een daling van de zeespiegel, op de piëzometrie van het Neogeen en van het Onder-Rupeliaan.	69
3.19	Piëzometrie verkregen met het subregionale model.	70
3.20	Vaststelling, dankzij het lokale model, van de trajecten van de waterdeeltjes die de referentiesite langs boven verlaten.	71
3.21	De mantel gebruikt voor de demonstraties in de HADES-PRACLAY-hal.	74
3.22	De referentie-bergingsarchitectuur voor diepe berging van verglaasd afval.	75
3.23	Dwarsdoorsnede van een bergingsgalerij voor verglaasd afval waarop het principe van de meervoudige barrières te zien is.	76
3.24	De referentie-diepebergingsarchitectuur voor bestraalde splijtstof.	80
3.25	Het ondergrondse onderzoekslaboratorium HADES.	83
3.26	Algemene zichten op het ondergrondse onderzoekslaboratorium HADES.	83
3.27	De drie bekledingstypes die tot nog toe werden gebruikt in de ondergrondse galerijen.	84
3.28	Graven van de tweede schacht. Graven van de aanzet van de verbindinggalerij en hydraulische arm en metalen glijprofielen.	86
3.29	Graven van de tweede schacht. Glijvlakken en scheuren waargenomen bij het graven van de aanzet van de verbindinggalerij.	87
3.30	Installatie voor de manutentie van de mantel met verglaasd afval.	91
3.31	De OPHELIE-maquette.	95
3.32	Belangrijkste stappen van de oplossing van het verglaasde afval.	98
3.33	Voorstelling van de oplossingsmechanismen van de UO ₂ -matrix.	103
3.34	Vergelijking tussen experimentele resultaten en theoretische curves voor de in situ migratietest met getritieerd water.	113
3.35	Profiel van de activiteit van ¹³⁴ Cs in de kleikern voor de in situ percolatietest.	114
3.36	De verschillende mogelijke interacties tussen de radionucliden en de organische stof.	117
3.37	Verdeling van de radionucliden volgens hun concentraties in de percolatieoplossingen in functie van de tijd, voor verschillende tests.	119
3.38	Elutieprofielen verkregen aan de hand van met ¹⁴ C gemerkte organische stof van verschillend moleculegewicht.	121
3.39	Variabiliteit van de migratieparameters voor de elementen HTO en I ⁻ en van de hydraulische geleidbaarheid over de dikte van de Boomse Klei op de plaats van de boring Mol-1.	123
3.40	Schema van het in situ-experiment CERBERUS.	128
3.41	Maximale temperaturen rondom een berging van verglaasd afval.	130
3.42	Het biosfeermodel.	143
3.43	Dikte en diepte van de top van de Formatie van Kortrijk.	146
4.1	Het iteratieve proces van de langetermijn veiligheidsevaluaties dat kadert in de progressieve en flexibele realisatie van het bergingssysteem.	155
4.2	Robuustheid van de belangrijkste componenten van het bergingssysteem en zijn omgeving.	162
4.3	Belangrijkste componenten van het bergingssysteem en zijn omgeving en belangrijkste processen waarmee rekening wordt gehouden in de beschrijving van het normale-evolutiescenario.	164

4.4	Schematische voorstelling van het normale-evolutiescenario (NES — waterput in het Neogeen) en het gewijzigde-evolutiescenario dat een waterput in het Onder-Rupeliaan beschouwt (AES1).	165
4.5	Relatief gewicht van de twee groepen veiligheidsindicatoren en van de kwalitatieve argumenten.	168
4.6	Configuratie en vereenvoudigingen waarmee rekening wordt gehouden voor de migratieberekeningen in het nabije veld en in de kleilaag.	172
4.7	Aan het verglaasde afval toe te schrijven ^{129}I -flux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen.	175
4.8	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan verglaasd afval, bestraalde splijtstof en hulzen en eindstukken.	176
4.9	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan activerings- en fissieproducten in het verglaasde afval.	176
4.10	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan de actiniden van de keten $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{U} \rightarrow ^{229}\text{Th}$ in het verglaasde afval.	177
4.11	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan de activerings- en fissieproducten in de bestraalde splijtstof (1980 tUOX-55), zoals berekend met het alfa-auto-oxidatiemodel.	178
4.12	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan de actiniden van de keten $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{U} \rightarrow ^{229}\text{Th}$ in de bestraalde splijtstof (1980 tUOX-55), berekend met het alfa-auto-oxidatiemodel.	178
4.13	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan de activerings- en fissieproducten in de hulzen en eindstukken.	180
4.14	Activiteitsflux doorheen het grensvlak tussen de Boomse Klei en de watervoerende laag van het Neogeen, toe te schrijven aan de actiniden van de keten $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{233}\text{U} \rightarrow ^{229}\text{Th}$ in de hulzen en eindstukken.	180
4.15	Totaal dosistempo via een waterput van de activerings- en fissieproducten in het verglaasde afval.	181
4.16	Totaal dosistempo via een waterput van de actiniden in het verglaasde afval.	182
4.17	Totaal dosistempo via een waterput van de activerings- en fissieproducten in 1980 tUOX-55.	183
4.18	Totaal dosistempo via een waterput van de actiniden in 1980 tUOX-55.	183
4.19	Totaal dosistempo via een waterput van de activerings- en fissieproducten en actiniden in het geheel van bestraalde splijtstoffen.	184
4.20	Totaal dosistempo via een waterput van de activerings- en fissieproducten in de hulzen en eindstukken.	184
4.21	Gecumuleerde activiteit, afkomstig van het verglaasde afval, die de watervoerende laag van het Neogeen bereikt.	186
4.22	Evolutie van de totale dosistempo's voor de twee opwerkings-scenario's in het geval van het normale-evolutiescenario.	191

4.23	Gecumuleerde hoeveelheden ¹²⁶ Sn die door de verschillende barrières van het bergingssysteem en door zijn omgeving worden vrijgezet (1 980 tUOX-55).	192
4.24	Gecumuleerde hoeveelheden ¹²⁹ I die door de verschillende barrières van het bergingssysteem en door zijn omgeving worden vrijgezet (1 980 tUOX-55).	193
6.1	De verschillende dikten van de laag Boomse Klei onder de nucleaire zone van Mol-Dessel.	205
6.2	Principeschema van de verschillende etappes van het programma inzake diepe berging in de Boomse Klei zoals voorgesteld door NIRAS.	225

Tabellen

3.1	De kenmerken van de drie categorieën radioactief afval volgens de internationale classificatie.	30
3.2	Inventaris van het radioactieve afval dat bestemd is voor diepe berging.	33
3.3	Inventaris van de radionucliden waarmee rekening wordt gehouden in de evaluaties van de langetermijn veiligheid voor het afval dat op radiologisch en thermisch vlak de zwaarste eisen met zich meebrengt.	35
3.4	Belangrijkste mineralogische kenmerken van de Boomse Klei.	48
3.5	Beste raming en betrouwbaarheidsinterval voor de horizontale en verticale hydraulische geleidbaarheid van de Boomse Klei.	59
3.6	Overzicht van de in aanmerking genomen mogelijke hydrogeologische evoluties.	66
3.7	Belangrijkste kenmerken van de bergingsarchitectuur die wordt overwogen voor het verglaasde afval, functies verzekerd door de hoofdcomponenten van het systeem en zijn omgeving en functies in aanmerking genomen in de evaluaties van de radiologische langetermijn veiligheid voor het normale-evolutiescenario.	78
3.8	Kenmerken van het poriënwater van de Boomse Klei.	115
3.9	Vast-vloeistof interacties die kunnen bijdragen tot de retentie van de radionucliden in de Boomse Klei, gegroepeerd in stijgende orde van reactietijd.	117
3.10	Factoren en/of processen die het gedrag van de bestudeerde radionucliden in de Boomse Klei bepalen.	118
3.11	Niet-gedraineerde geomechanische kenmerken van de Boomse Klei.	132
4.1	Overzicht van de veiligheidsevaluaties betreffende het diepebergingssysteem die vóór 1996 zijn uitgevoerd in het kader van het Belgische programma.	153
4.2	Classificatie van de FEPS.	160
4.3	Classificatie van de FEPS volgens de toestand van het bergingssysteem en zijn omgeving.	160
4.4	Belangrijkste kenmerken van de brontermen die worden gebruikt in de berekeningen van de migratie in het nabije veld en de Boomse Klei.	174
5.1	Evaluaties van de kosten van een bergingsinstallatie voor verglaasd afval en bestraalde splijtstoffen.	198
6.1	De langetermijn veiligheidsfuncties die worden verzekerd door de belangrijkste componenten van het bergingssysteem en zijn omgeving voor de verschillende fasen na de sluiting van de bergingsinstallatie.	210

Kaders

Afval van categorieën B en C	1
Berging	3
Berginginstallatie	3
Bergingssysteem	3
Berging architectuur	4
Hoofddoelstellingen van de tweede fase van het methodologische onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma	6
Veiligheidsevaluatie	10
Effectieve dosis	13
Equivalente dosis	13
Geabsorbeerde dosis	13
Dosislimiet	14
Dosisbeperking	14
De drie basisprincipes van de stralingsbescherming	14
Barrière	15
Omgeving van het bergingssysteem	16
Biosfeer	16
Nabije veld	16
Verre veld of Geosfeer	16
Veiligheidsfunctie	19
Veiligheidsreserve	20
Robuustheid	20
Terugneembaarheid	23
Granulometrie	42
Septaria	44
TAW	45
Magnitude	50
Intensiteit	50
Watervoerende laag	52
Semi-watervoerende laag	52
Drainering	57
<i>Safeguards</i>	81
Verenigbaarheid	97
Conservatisme	100
Species	111
Speciatie	111
Oplosbaarheid	111
Sorptie	112
Vertragingsfactor	112
Voor diffusie toegankelijke porositeit	112
Referentiegroep	141
Voornaamste kenmerken en belangrijkste open vragen betreffende de Boomse Klei	232

B.2 Afkortingen en eigennamen

ALARA	As Low As Reasonably Achievable (Het ALARA-principe, het tweede van de drie basisprincipes van stralingsbescherming, wil bewerkstellingen dat elke dosis opgelopen ten gevolge van een blootstelling aan ioniserende straling zo klein als redelijkerwijs mogelijk is, rekening houdend met de economische en sociale factoren.)
ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (nationale agent-schap voor het beheer van radioactief afval) (Châtenay-Malabry, Frankrijk)
ARCHIMEDE-ARGILE	Acquisition et régulation de la chimie des eaux en milieu argileux pour le projet de stockage de déchets radioactifs en formation géologique (Europees project voor het meten en regelen van de waterchemie in klei voor het bergen van radioactief afval in een geologisch milieu)
BELGATOM	Ingenieursbureau voor de nucleaire sector dat gebruikmaakt van de technische capaciteiten van Tractebel Energy Engineering (studiebureau) en Belgonucléaire (splitsstoffabricant) (Brussel, België)
BELGOPROCESS	Dochtermaatschappij van NIRAS met als opdracht het uitvoeren van de meerderheid van de activiteiten in verband met het kortetermijn beheer van radioactief afval (Dessel, België)
CERBERUS	Control Experiment with Radiation of the Belgian Repository for Underground Storage (Europees project)
CLIPLEX	Clay Instrumentation Programme for the Extension of an Underground Research Laboratory (Europees project)
COGEMA	Compagnie générale des matières nucléaires (Vélizy, Frankrijk)
EPRI	Electric Power Research Institute (Palo Alto, Californië, Verenigde Staten)
EURIDICE	Economisch SamenwerkingsVerband (ESV) <i>European Underground Research Infrastructure for Disposal of Nuclear Waste in a Clay Environment</i> . (Het ESV EURIDICE groepeert SCK•CEN en NIRAS voor de exploitatie en valorisatie van het ondergronds onderzoekslaboratorium HADES en, meer bijzonder, van het PRACLAY-project. Het ESV EURIDICE vervangt sinds eind 2000 ESV PRACLAY.) (Mol, België)
EUROCHEMIC	Europeese maatschappij voor de chemische verwerking van bestraalde slijtstoffen (nu Belgoproces)
EVEREST	Evaluation of Elements Responsible for the Effective Engaged Dose Rates Associated with the Final Storage of Radioactive Waste (Europees project)
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (Brussel, België)
FEP	Features, Events, and Processes (karakteristieken, gebeurtenissen en processen)
HADES	High-Activity Disposal Experimental Site (ondergronds laboratorium van het SCK•CEN gelegen in de Boomse Klei, in Mol)
IAEA	International Atomic Energy Agency / Internationaal Agentschap voor Atoom-energie (Wenen, Oostenrijk)
ICRP	International Commission on Radiological Protection / Internationale Commissie voor Stralingsbescherming

MOX	Mixed-Oxide Fuel (splijstof bestaande uit een mengsel van uraniumoxide en plutoniumoxide)
NEA	Nuclear Energy Agency (OECD) / Agenschap voor Kernenergie (OESO) (Parijs, Frankrijk)
NIRAS	Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijstoffen (Brussel, België)
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (Parijs, Frankrijk)
OPHELIE	On Surface Preliminary Heating Simulation Experimenting Later Instruments and Equipment (bovengrondse geïnstrumenteerde maquette van het PRACLAY-experiment, in Mol)
PACOMA	Performance Assessment of Geological Disposal of Medium-Level and Alpha Waste in a Clay Formation in Belgium (Europees project)
PAGIS	Performance Assessment of Geological Isolation Systems (Europees project)
PAMELA	Pilotanlage Mol zur Erzeugung Lagerfähiger Abfälle (proefinstallatie voor conditionering, gelegen te Belgoprocess)
PRACLAY	Preliminary Demonstration Test for Clay Disposal (voorbereidende in situ-demonstratie-experiment op ware schaal)
RESEAL	Large-Scale in situ Demonstration Test for Repository Sealing in an Argillaceous Host Rock (Europees project)
SAFIR	Safety Assessment and Feasibility Interim Report (Europees project)
SCK•CEN	Studiecentrum voor Kernenergie (Mol, België)
SPA	Spent Fuel Performance Assessment (Europees project)

B.3 Aanvullende lectuur

1. International Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, 1990.
2. Nuclear Energy Agency, Disposal of Radioactive Waste: Can Long-Term Safety Be Evaluated? An International Collective Opinion of the NEA, IAEA and CEC, NEA 1991.
3. International Commission on Radiological Protection, Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework, ICRP Publication 64, Volume 23, No. 1, 1993.
4. International Atomic Energy Agency, Safety Indicators in Different Time Frames for the Safety Assessment of Underground Radioactive Waste Repositories, First report of the INWAC Subgroup on Principles and Criteria for Radioactive Waste Disposal, IAEA 1994.
5. International Atomic Energy Agency, Siting of Geological Disposal Facilities, Safety Series No. 111-G-4.1, IAEA 1994.
6. De Putter Th. et Charlet J.-M., Analogies naturelles en milieu argileux — Essai de synthèse bibliographique, NIROND 94–13, 1994.
7. Wouters L. et Vandenberghe N., Géologie de la Campine — Essai de synthèse, NIROND 94–12, 1994.
8. Nuclear Energy Agency, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal. A Collective Opinion of the NEA Radioactive Waste Management Committee, NEA 1995.
9. International Atomic Energy Agency, The Principles of Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-F, IAEA 1995.
10. Savage D. (Ed.), The Scientific and Regulatory Basis for the Geological Disposal of Radioactive Waste, Wiley, 1995.
11. Baekelandt L. et al., Building the Safety Case for a Hypothetical Underground Repository in Clay, Final Report, DS/95/20 (Volume 2), 1996.
12. Vanmarcke H., Bagniet-Mahieu L., Culot J.-P., Govaerts P., Holmstock L., Rayonnements ionisants — Effets de faibles doses, NIROND 96–03, 1996.
13. International Atomic Energy Agency, Collection sécurité, Principes de gestion des déchets radioactifs, Collection sécurité N° 111-F, IAEA 1996.
14. International Atomic Energy Agency, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA 1996.
15. European Commission, First Performance Assessment of the Disposal of Spent Fuel in a Clay Layer. EUR 16752 EN, EC 1996.
16. Nuclear Energy Agency, Water, Gas and Solute Movement through Argillaceous Media, Report CC-96/1, NEA 1996.

17. European Commission, Evaluation of Elements Responsible for the Effective Engaged Dose Rates Associated with the Final Storage of Radioactive Waste: Everest project, EUR 17122 EN, EC 1996.
18. International Commission on Radiological Protection, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, ICRP Publication 77, 1997.
19. Eisenbud M. and Gesell Th., Environmental Radioactivity from Natural, Industrial and Military Sources, Academic Press, 1997.
20. Nuclear Energy Agency, Lessons Learnt from Ten Performance Assessment Studies, NEA 1997.
21. Nuclear Energy Agency, Consejo de Seguridad Nuclear, Empresa Nacional de Residuos, Regulating the Long-Term Safety of Radioactive Waste Disposal, Proceedings of a Workshop, Cordoba, Spain, 20–23 January 1997, NEA/CSN/ENRESA 1997.
22. Nuclear Energy Agency, Fluid Flow through Faults and Fractures in Argillaceous Formations, Proceedings of a Joint NEA/EC Workshop, Berne, Switzerland, 10–12 June, 1996, NEA 1998.
23. Nuclear Energy Agency, Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories. Its Development and Communication, NEA 1999.
24. United Kingdom House of Lords Select Committee on Science and Technology, Management of Nuclear Waste, HL Paper 41, March 1999.
25. Posiva Oy, The Final Disposal Facility for Spent Nuclear Fuel, Environmental Impact Assessment Report, Posiva Oy 1999.
26. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Deep Repository for Spent Nuclear Fuel, SR97 — Post-Closure Safety, Main Report Summary, TR-99-06, SKB 1999.
27. Nuclear Energy Agency, Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand? An International Assessment, NEA 1999.
28. International Commission on Radiological Protection, Radiological Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81, ICRP 2000.
29. Japan Nuclear Cycle Development Institute, H12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan, Second Progress Report on Research and Development for the Geological Disposal of HLW in Japan, JNC 2000.
30. Nuclear Energy Agency, Porewater Extraction from Argillaceous Rocks for Geochemical Characterisation, Methods and Interpretations, NEA 2000.
31. International Atomic Energy Agency, Safety of Radioactive Waste Management, Proceedings of an International Conference, Cordoba, Spain, 13–17 March 2000, IAEA 2000.
32. Nuclear Energy Agency, Radiological Impacts of Spent Nuclear Fuel Management Options. A Comparative Study, NEA 2000.
33. European Commission, Spent Fuel Disposal Performance Assessment (SPA project), EUR 19132 EN, EC 2000.

34. Nuclear Energy Agency, Regulatory Reviews of Assessments of Deep Geologic Repositories, Lessons Learnt, NEA 2000.
35. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources. Volume II: Effects, UN 2000.
36. Miller W. et al., Geological Disposal of Radioactive Wastes and Natural Analogues — Lessons from Nature and Archaeology, Pergamon, 2000.
37. National Academy of Sciences, National Research Council. Disposition of High-Level Waste and Spent Nuclear Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges, National Academy Press, 2001.

B.4 Overeenstemmingstabel met het SAFIR 2-rapport

De onderstaande overeenstemmingstabel verwijst, voor elk deel of onderdeel van het technisch overzicht, naar het (of de) meest relevante overeenstemmende deel (delen) van het SAFIR 2-rapport. Omwille van de duidelijkheid zijn de zeer talrijke links tussen de eerste vijf hoofdstukken van het overzicht en hoofdstuk 13 van het SAFIR 2-rapport evenwel weggelaten, omdat dit laatste hoofdstuk systematisch de belangrijkste verworven kennis en de vooruitzichten en aanbevelingen in verband met de behandelde thema's vermeldt.

1 Inleiding

1.1	De 1 ^{ste} fase van het methodologische O&O-programma en het SAFIR-rapport	0.1
1.2	De 2 ^{de} fase van het methodologische O&O-programma en het SAFIR 2-rapport	0.2, 0.3, 0.4
1.3	Het technisch overzicht	–

2 Basisprincipes van de ontwikkeling van een diepe berging

2.1	Doelstellingen van een diepe berging	1.1, 1.2
2.2	Algemene vereisten	
2.2.1	Radiologische veiligheid op lange termijn	1.3.1, 4.3, 11.1
2.2.2	Robuustheid	1.3.2
2.2.3	Operationele veiligheid	1.3.3, 8
2.2.4	Subkritikaliteit en naleving van de <i>safeguards</i>	11.4
2.2.5	Milieubescherming	1.3.5
2.2.6	Flexibiliteit	1.3.6
2.2.7	Haalbaarheid	4.3
2.2.8	Terugneembaarheid	1.3.7, 12
2.3	Specifieke vereisten voor de Boomse Klei	4.3
2.4	Kwaliteitsbeheer en kwaliteitsborging	7

3 De verworven wetenschappelijke en technische kennis

3.1	Geconditioneerd afval	
3.1.1	Classificatie	2.1
3.1.2	Inventaris	2.3
3.1.3	Algemene regels en acceptatiecriteria	2.2

3.2	Gastformatie en omgeving van het bergingssysteem	
3.2.1	Selectie en statuut van de gastformaties	3.1
3.2.2	De Boomse Klei als gastformatie	3.2, 3.3
3.2.3	Hydrogeologie van de Boomse Klei en haar omgeving	3.2, 3.3.3, 3.3.5
3.2.4	Hydrogeologische modellering	3.3.4, 3.3.5 (behalve lokaal model: 11.3.9)
3.3	Bergingsinstallatie voor diepe berging	
3.3.1	Referentiearchitectuur	4.3, 4.4, 4.5, 4.8
3.3.2	Operationele etappes	
3.3.2.1	Bouw	5.3, 5.4
3.3.2.2	Exploitatie	6
3.3.2.3	Sluiting	9
3.3.2.4	Institutionele controle	9
3.3.3	PRACLAY demonstratie-project	4.7
3.3.4	Vooruitzichten	4.8, 5.5
3.4	Gedrag van het afval en de materialen in bergingsomstandigheden	
3.4.1	Gedrag van het geconditioneerde afval	11.3.4
3.4.2	Gedrag van de materialen in de bergingsinstallatie	
3.4.2.1	Verpakkings- en mantelmaterialen	11.3.3
3.4.2.2	Opvul- en afdichtingsmaterialen	11.3.5
3.5	Gedrag van de radionucliden in de Boomse Klei	
3.5.1	Kenmerken van de Boomse Klei bepalend voor migratie	11.3.8.2
3.5.2	Gedrag van de radionucliden in de Boomse Klei	11.3.8.3, 11.3.8.4, 11.3.8.6
3.5.3	Migratieparameters	11.3.8.6
3.5.4	Rol van de organische stof	11.3.8.2, 11.3.8.6
3.5.5	Variabiliteit van de migratieparameters over de kleidikte	11.3.8.5
3.5.6	Gegevens gebruikt voor de evaluaties van de langetermijn veiligheid	11.3.8.7
3.5.7	Vooruitzichten	11.3.8.8
3.6	Verstoringen teweeggebracht in de Boomse Klei en haar omgeving	
3.6.1	Thermische verstoringen	11.3.7
3.6.2	Verstoringen veroorzaakt door de uitgraving	5.4, 11.3.6.2, 11.3.6.3
3.6.3	Verstoringen teweeggebracht door de gassen	11.3.6.5
3.6.4	Verstoringen teweeggebracht door de straling	11.3.6.4
3.6.5	Geochemische verstoringen	
3.6.5.1	Migratie van de chemotoxische stoffen	11.6
3.6.5.2	Migratie van de chemische fronten	11.3.6.4
3.7	Modellering van de biosfeer	11.3.10
3.8	De leperiaan-kleien als alternatieve gastformatie	3.4
4	Normale-evolutiescenario en gewijzigde-evolutiescenario's	11.5.1
4.1	Methodologie van de evaluaties van de langetermijn veiligheid	11.2
4.2	De ontwikkeling van de scenario's	
4.2.1	Identificatie van de scenario's	11.5.2.1

4.2.2	Beschrijving van de scenario's	11.5.2.2
4.3	Evaluatie van de scenario's	
4.3.1	Kwantitatieve en kwalitatieve argumenten	11.1
4.3.2	Evaluatie van het normale-evolutiescenario	
4.3.2.1	Dosisberekeningen	4.6, 11.3.1, 11.3.2, 11.5.3
4.3.2.2	Berekeningen van alternatieve veiligheids- en performantie-indicatoren	11.5.3.2.4, 11.5.5
4.3.3	Evaluatie van de gewijzigde-evolutiescenario's	11.5.4
4.3.4	Aanvullende resultaten en beschouwingen	11.5.5
4.4	Vermijden van kritikaliteit	11.4
4.5	Perspectieven	13.C.2
5	Evaluatie van de kosten	10
6	Conclusies en evaluatie van het verworven vertrouwen	
6.1	Belangrijkste verworvenheden	
6.1.1	Verworven kennis en open vragen	13.B
6.1.2	Relatief belang van de resterende onzekerheden	13.D.2.6
6.2	Elementen voor het toekomstige methodologische onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma	
6.2.1	Krachtlijnen	13.C.1.3
6.2.2	Elementen waarmee rekening dient gehouden	13.C.1.2, 13.C.2
6.2.3	Volgende etappes	13.C.1.1
6.3	Evaluatie van het vertrouwen	13.D
Nawoord		13.E

B.5 Eindadvies van het leescomité van het SAFIR 2-rapport

Het leescomité van het SAFIR 2-rapport werd opgericht bij beslissing van de Raad van bestuur van NIRAS tijdens zijn zitting van 10 december 1999, om de afwerking van het SAFIR 2-rapport te begeleiden. Het leescomité had twee belangrijke opdrachten. Het moest zich ervan vergewissen dat het SAFIR 2-rapport een correcte, volledige en bevattelijke weergave vormt van de technische en wetenschappelijke kennis die verworven werd tijdens de periode 1990–2000 in verband met de mogelijkheid van een berging van hoogactief en langlevend afval in een weinig verharde kleilaag in België. Het moest eveneens nagaan of de technisch-wetenschappelijk informatie die in het SAFIR 2-rapport verstrekt wordt, de overheid voldoende elementen aanreikt om haar in staat te stellen een beslissing te nemen over de richting die aan het toekomstig onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma met betrekking tot deze mogelijkheid moet worden gegeven.

Het leescomité van het SAFIR 2-rapport was samengesteld uit twaalf leden, de voorzitter niet meegerekend. De leden, allen van Belgische nationaliteit en niet behorend tot het personeelsbestand van NIRAS, waren voornamelijk afkomstig uit de academische wereld en zijn erkend voor hun deskundigheid op de verschillende gebieden die in het SAFIR 2-rapport worden behandeld.

Het leescomité heeft zijn besluiten over het SAFIR 2-rapport en zijn aanbevelingen in verband met de toekomstige prioriteiten van het onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma weergegeven in een eindadvies dat dateert van juli 2001. Deze aanbevelingen vormen de hoofdmoot van het eindadvies. De tekst van het advies, die op 7 december 2001 aan de Raad van bestuur van NIRAS werd voorgelegd, is hieronder integraal overgenomen met zijn begeleidende brief, ondertekend door de voorzitter van het leescomité. (In deze teksten dient het woord

NIRAS

**Nationale instelling voor radioactief afval
en verrijkte splijtstoffen**

Kunstlaan 14

BE-1210 Brussel

tel. +32 2 212 10 11

fax +32 2 218 51 65

www.nirond.be