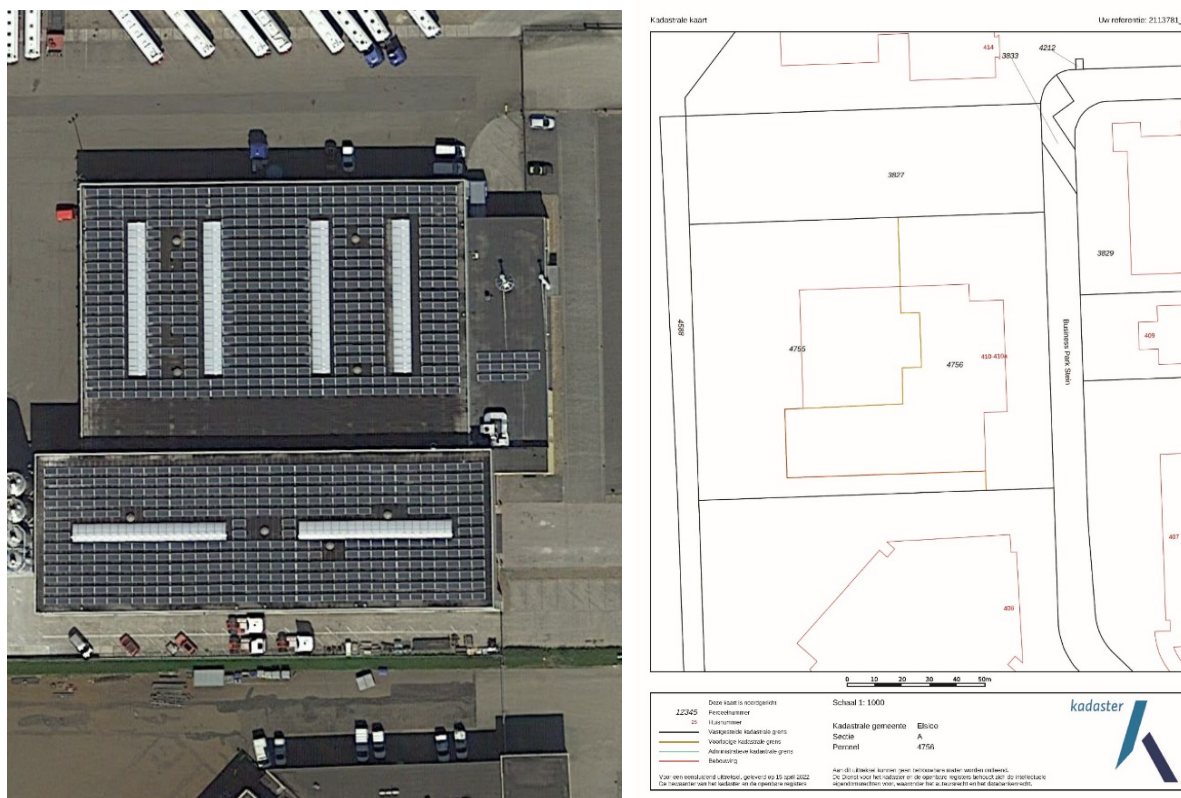


4.3 Maatregelen gericht op het milieu

4.3.1 Maatregelen ter beperking van stralingsblootstelling buiten de locatie

In deze paragraaf is de milieubelasting ten gevolge van het opslaan van ingekapselde radioactieve stoffen in de bergplaats te Elsloo weergegeven.

Op onderstaande figuren is het bovenaanzicht en de kadastrale kaart van de locatie weergegeven. In bijlage 1 van de vergunningaanvraag (reeds in het loket) is de kadastrale kaart van de locatie in het groot gevoegd.



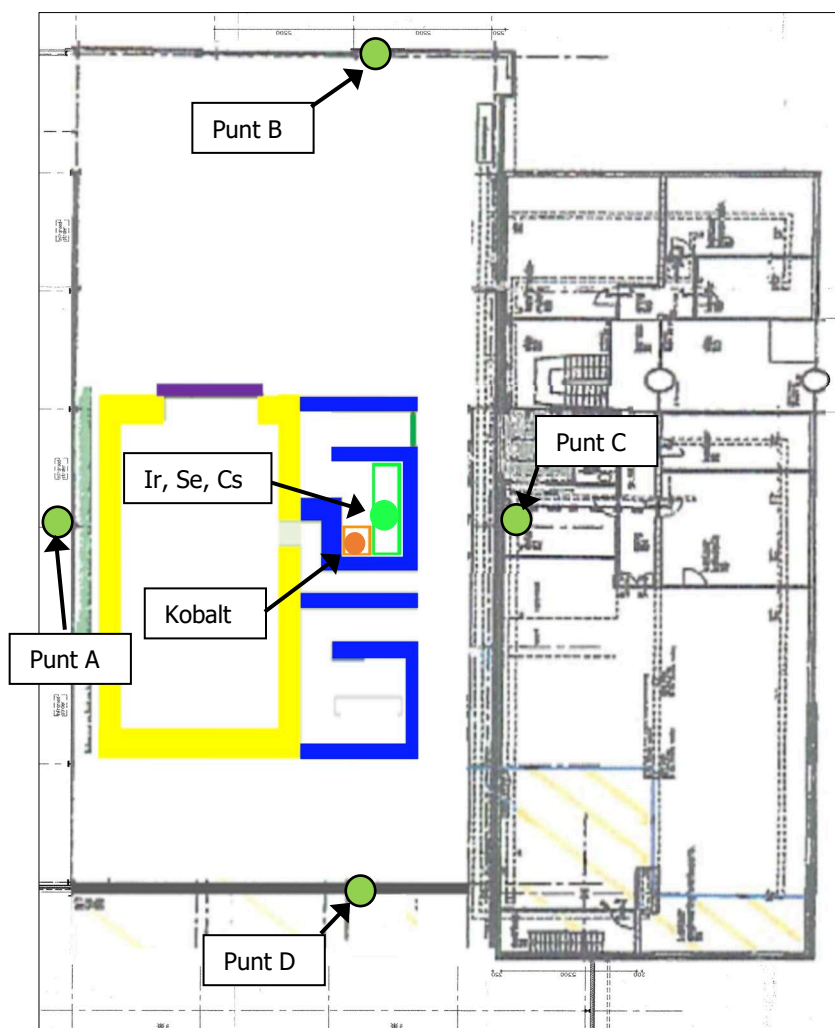
Omdat in hetzelfde pand ook een andere firma is gehuisvest, is afgeweken van het gebruiken van de kadastrale grenzen als de terreingrenzen van de locatie. De randen van de bedrijfshal van RTD B.V. zijn als terreingrens beschouwd bij het bepalen van de milieubelasting. De punten aan de wanden van de bedrijfshal waar de milieubelasting het hoogst is, zijn:

1. Punt A: De muur naar het belendende pand in het gebouw, aan de westzijde van de bedrijfshal van RTD B.V.;
2. Punt B: De wand naar het parkeerterrein aan de noordzijde van de bedrijfshal van RTD B.V.;
3. Punt C: De achterzijde van de muur tussen de bedrijfshal en de kantoren van RTD B.V.;
4. Punt D: De muur naar het belendende pand in het gebouw aan de zuidzijde van de bedrijfshal van RTD B.V.

Op onderstaande figuur zijn de bergplaats, radiografiebunkers en de hierboven genoemde punten op de randen van de bedrijfshal weergegeven. Op de figuur is het volgende ingetekend:

- Punten A t/m D op de randen van de bedrijfshal van RTD B.V.;
- Betonnen muren van 80cm dik (in geel) en 50cm dik (in blauw);
- De plaats in de bergplaats van de bronnen (Kobalt omkaderd in oranje, overige in groen);
- De deur van de radiografiebunker (paars), de brand- en braakvertragende deur van de bergplaats (groen).

De vloer en het dak (30cm) van de bergplaats bestaan uit massief beton.



In onderstaande tabel zijn de gegevens over de locatie weergegeven.

Locatietabel	Punt A	Punt B	Punt C	Punt D
Afstand terreingrens tot wand opslagbunker (in m)	10	20	4,0	14
Totale dikte afscherming bergplaats naar punt (in m)	1,3	1,0	0,50	2,0
Materiaal afscherming	Beton	Beton	Beton	Beton
Gebruik belendend terrein	Industrie	Parkeerterrein	Industrie	Industrie
Windrichting	West	Noord	Oost	Zuid

In onderstaande tabel zijn de in deze paragraaf gebruikte parameters beschreven. Voor het leesgemak wordt in deze paragraaf het massagetal van de nucliden achterwege gelaten.

Legenda		
Parameter	Uitleg	Eenheid
ID	Milieubelasting (jaardosis) aan locatiegrens	μSv/jaar
MID	Multifunctionele Individuele Dosis (jaardosis) aan locatiegrens	μSv/jaar
AID	Actuele Individuele Dosis (jaardosis) aan locatiegrens	μSv/jaar
D	Milieubelasting (jaardosis) t.g.v. opslag nuclide	μSv/jaar
A	Activiteit	TBq
$\dot{H}^*_{(10,r)}$	Omgevingsdosisequivalenttempo op afstand r (in meter)	μSv/h
T	Transmissiefactor door afscherming constructie	
r	Afstand tot dichtstbijzijnd punt op de terreingrens	m

Lekstraling

Het maximale dosistempo aan het uitwendig oppervlak van een broncontainer kan conform ISO 3999-1:2000 en ADR 2019: 4.1.9.1.11 niet hoger zijn dan 2 mSv/uur. Het maximale dosistempo is voor iedere nuclide bepaald met de volgende formule:

$$\dot{H}^*_{(10,1)} / TBq = \frac{2000 \mu Sv/h * \left(\frac{1 m}{radius\ broncontainer}\right)^2}{Maximale\ activiteit\ broncontainer [TBq]}$$

Met dit gegeven is het maximale dosistempo op 1 meter afstand van de bron bepaald (zie tabel bronparameters hierboven). In de rest van het document wordt met deze waarden gerekend.

Afstanden

De afstand van de bronnen in de bergplaats naar punt A bedraagt 10 m. Afscherming naar punt A bestaat uit tenminste 80 cm + 50 cm beton. In de berekening is rekening gehouden met 130 cm beton.

De afstand van de bronnen in de bergplaats naar punt B bedraagt 20 m. Afscherming naar punt B bestaat uit 2 x 50 cm beton van de muren van de bergplaats.

De afstand naar punt C bedraagt 5 m voor de nucliden Iridium, Selenium en Cesium. De Kobaltbron staat in de westelijke hoek van de bergplaats. De afstand van de Kobaltbron tot punt C bedraagt tenminste 5,9 m. Afscherming naar punt C bestaat uit de 50 cm betonnen muur van de bergplaats.

De afstand van de bronnen naar punt D bedraagt 14 m. De afscherming naar punt D bestaat uit 4 x 50 cm betonnen muren.

Activiteit

Voor het momentane dosistempo op 10 cm afstand van de bergplaatsmuur is de maximaal vergunde activiteit gebruikt. Voor de jaardosis aan de fictieve terreingrenzen, wordt voor Iridium en Selenium de gemiddelde activiteit gebruikt. De gemiddelde activiteit is worst-case berekend volgens onderstaande formule. De berekening gebruikt de volgende uitgangspunten:

- Vervanging Iridiumbron na 1 halvering (74 dagen). Dit is een absolute overschatting. De Iridiumbron kan na 74 dagen worden overgezet in een lichtere broncontainer. Iridiumbronnen worden tenminste 2 halveringen ingezet;
- Vervanging Seleniumbron na 2 halveringen (240 dagen). Dit is een absolute overschatting. Seleniumbronnen worden gemiddeld 3 halveringen gebruikt. Seleniumbronnen worden niet gewisseld en worden gebruikt totdat ze worden vervangen.

$$A_{\text{gemiddeld}} = \frac{1}{T} * \int_0^T A_0 * e^{-\lambda t} = \frac{A_0}{T} * \frac{1}{-\lambda} * e^{-\lambda T} - \frac{A_0}{T} * \frac{1}{-\lambda} * e^{-\lambda 0}$$

Met bovenstaande formule zijn de gemiddelde activiteiten van Iridium en Selenium berekend. Deze zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Nuclide	Maximale activiteit	Gemiddelde activiteit
Iridium	24 TBq	17 TBq
Selenium	30 TBq	16 TBq

Transmissie

In onderstaande tabel zijn de transmissiegegevens weergegeven die bij het bepalen van de milieubelasting op punten A t/m D zijn gebruikt.

Nuclide	Materiaal	Muurdikte	Transmissie	Gegevensbron
Kobalt	Beton	50 cm	8,5E ⁻³	British Standard 4094 – Part 1
Kobalt	Beton	100 cm	3,0E ⁻⁵	British Standard 4094 – Part 1
Kobalt	Beton	130 cm	2,6E ⁻⁶	British Standard 4094 – Part 1
Kobalt	Beton	200 cm	6,7E ⁻⁹	British Standard 4094 – Part 1
Cesium	Beton	50 cm	1,8E ⁻³	British Standard 4094 – Part 1
Cesium	Beton	100 cm	3,2E ⁻⁶	British Standard 4094 – Part 1
Cesium	Beton	130 cm	5,0E ⁻⁸	British Standard 4094 – Part 1
Cesium	Beton	200 cm	1,1E ⁻¹¹	British Standard 4094 – Part 1
Iridium	Beton	50 cm	6,0E ⁻⁴	British Standard 4094 – Part 1
Iridium	Beton	100 cm	1,0E ⁻⁶	British Standard 4094 – Part 1
Iridium	Beton	130 cm	4,7E ⁻⁹	British Standard 4094 – Part 1
Iridium	Beton	200 cm	1,0E ⁻¹²	British Standard 4094 – Part 1
Selenium	Beton	50 cm	8,6E ⁻⁵	MicroShield 8.02 berekening
Selenium	Beton	100 cm	2,5E ⁻⁹	MicroShield 8.02 berekening
Selenium	Beton	130 cm	4,5E ⁻¹²	MicroShield 8.02 berekening
Selenium	Beton	200 cm	1,6E ⁻¹⁸	MicroShield 8.02 berekening

Uitgangspunten

Bij de bepaling van de milieubelasting is uitgegaan van het volgende:

1. Alle getallen in dit hoofdstuk zijn op 2 cijfers significant genoteerd. De berekeningen zijn met meer precisie uitgevoerd;
2. De afscherming door de muren aan alle zijden van de bedrijfshal zijn niet meegerekend. De dikte van de muur tussen de bedrijfshal en de kantoren aan de oostzijde van de hal (punt C) bedraagt 35 cm;
3. Alle bronnen van dezelfde nuclide bevinden zich op exact dezelfde plaats in de bergplaats. In de praktijk staan de bronnen verspreid over de ruimte in de bergplaats waardoor de afstand voor de meeste bronnen groter is dan de afstand waarmee wordt gerekend;
4. In de berekening wordt gerekend met de minimale dikte van de betonnen muren, waar alle bronnen loodrecht doorheen stralen. In de praktijk stralen vrijwel alle bronnen schuin door de bunkermuren. Daardoor is de effectief doorstraalde dikte van de muur in de praktijk groter;
5. Bij de berekening is gebruik gemaakt van het hoogst mogelijke dosistempo door lekstraling door de broncontainer. Dit is een worst-case scenario;
6. In de berekening is geen rekening gehouden met onderlinge afscherming tussen de verschillende containers. Dit is een worst-case scenario. In de praktijk vindt onderling afscherming plaats doordat de broncontainers elkaar onderling afschermen.

Bronparameters

In onderstaande tabel zijn de gegevens over de bronnen en de afstanden van de bronnen tot punten A t/m D weergegeven.

Bronparameters	Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Maximale activiteit (TBq)	24	30	1,1	2,6E-02
Gemiddelde activiteit (TBq)	17	16	1,1	2,6E-02
Halveringstijd	74 dagen	120 dagen	5,3 jaar	30 jaar
Broncontainer	Sentinel Delta	Gammamat	Techops 680	Commandogeräte G10
Max dosistempo oppervlak broncontainer	2,0 mSv	2,0 mSv	2,0 mSv	2,0 mSv
Maximale activiteit in broncontainer	5,55 TBq	4,44 TBq	4,1 TBq	0,013 TBq
Minimale radius broncontainer (m)	0,063	0,045	0,15	0,035
Maximale lekstraling $\dot{H}^*_{(10,1)}$ per TBq op 1 meter (berekend)	1,4 μ Sv/h	0,9 μ Sv/h	11 μ Sv/h	188 μ Sv/h

Afstand bronnen tot punten A t/m D

In onderstaande tabel is de afstand van de bronnen tot punten A t/m D weergegeven.

	Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Afstand tot punt A	10 m	10 m	10 m	10 m
Afstand tot punt B	20 m	20 m	20 m	20 m
Afstand tot punt C	5 m	5 m	5,9 m	5 m
Afstand tot punt D	14 m	14 m	14 m	14 m

Individuele Dosis (ID)

De Individuele Dosis ten gevolge van de opslag van ingekapselde radioactieve bronnen op ieder punt (A t/m D) is door middel van onderstaande formules bepaald.

$$ID = D_{Kobalt} + D_{Iridium} + D_{Selenium} + D_{Cesium}$$

De bijdrage aan de Individuele Dosis is per nuclide bepaald met onderstaande formule.

$$D = \frac{A * \dot{H}^*_{(10,1)} * T}{r^2} * 8760[\text{uur/jaar}]$$

Punt A

In onderstaande tabel is de bijdrage aan de Individuele Dosis op punt A per nuclide weergegeven.

Berekening ID punt A		Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Activiteit	A	17 TBq	16 TBq	1,1 TBq	2,6E ⁻⁰² TBq
Maximale lekstraling per TBq op 1 m	$\dot{H}^*_{(10,1)}$	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	0,9 $\mu\text{Sv/h}$	11 $\mu\text{Sv/h}$	190 $\mu\text{Sv/h}$
Dikte betonnen afscherming		130 cm	130 cm	130 cm	130 cm
Transmissie door afscherming	T	4,7E ⁻⁹	4,5E ⁻¹²	2,5E ⁻⁶	5,0E ⁻⁸
Afstand bron naar punt A	r	10 m	10 m	10 m	10 m
Bijdrage aan ID per nuclide	D	0,0 μSv	0,0 μSv	0,0 μSv	0,0 μSv

De Individuele Dosis op punt A bedraagt: 0,0 μSv .

Punt B

In onderstaande tabel is de bijdrage aan de Individuele Dosis op punt B per nuclide weergegeven.

Berekening ID punt B		Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Activiteit	A	17 TBq	16 TBq	1,1 TBq	2,6E ⁻⁰² TBq
Maximale lekstraling per TBq op 1 m	$\dot{H}^*_{(10,1)}$	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	0,9 $\mu\text{Sv/h}$	11 $\mu\text{Sv/h}$	190 $\mu\text{Sv/h}$
Dikte betonnen afscherming		100 cm	100 cm	100 cm	100 cm
Transmissie door afscherming	T	1,0E ⁻⁶	2,5E ⁻⁹	3,0E ⁻⁵	3,2E ⁻⁶
Afstand bron naar punt B	r	20 m	20 m	20 m	20 m
Bijdrage aan ID per nuclide	D	0,0 μSv	0,0 μSv	0,0 μSv	0,0 μSv

De Individuele Dosis op punt B bedraagt: 0,0 μSv .

Punt C

In onderstaande tabel is de bijdrage aan de Individuele Dosis op punt C per nuclide weergegeven.

Berekening ID punt C		Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Activiteit	A	17 TBq	16 TBq	1,1 TBq	2,6E ⁻⁰² TBq
Maximale lekstraling per TBq op 1 m	$\dot{H}^*_{(10,1)}$	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	0,9 $\mu\text{Sv/h}$	11 $\mu\text{Sv/h}$	190 $\mu\text{Sv/h}$
Dikte betonnen afscherming		50 cm	50 cm	50 cm	50 cm
Transmissie door afscherming	T	6,0E ⁻⁴	8,7E ⁻⁵	8,5E ⁻³	1,8E ⁻³
Afstand bron naar punt C	r	5,0 m	5,0 m	5,9 m	5,0 m
Bijdrage aan ID per nuclide	D	5,1 μSv	0,4 μSv	26 μSv	3,1 μSv

De Individuele Dosis op punt C bedraagt: 35 μSv .

Punt D

In onderstaande tabel is de bijdrage aan de Individuele Dosis op punt D per nuclide weergegeven.

Berekening ID punt D		Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Activiteit	A	17 TBq	16 TBq	1,1 TBq	2,6E ⁻⁰² TBq
Maximale lekstraling per TBq op 1 m	H*(10,1)	1,4 µSv/h	0,9 µSv/h	11 µSv/h	190 µSv/h
Dikte betonnen afscherming		200 cm	200 cm	200 cm	200 cm
Transmissie door afscherming	T	1,0E ⁻¹²	1,6E ⁻¹⁸	6,7E ⁻⁹	1,1E ⁻¹¹
Afstand bron naar punt D	r	14 m	14 m	14 m	14 m
Bijdrage aan ID per nuclide	D	0,0 µSv	0,0 µSv	0,0 µSv	0,0 µSv

De Individuele Dosis op punt D bedraagt: 0,0 µSv.

In onderstaande tabel is de Individuele Dosis (ID) voor punten A t/m D weergegeven, ten gevolge van de opslag van de ingekapselde radioactieve bronnen.

Punt	Individuele Dosis (ID)
A	0,0 µSv
B	0,0 µSv
C	35 µSv
D	0,0 µSv

Multifunctionele Individuele Dosis (MID)

In onderstaande tabel is de Multifunctionele Individuele Dosis (MID) voor punten A t/m D weergegeven, ten gevolge van de opslag van de ingekapselde radioactieve bronnen. De volgende formule is gebruikt voor het bepalen van de MID:

$$MID = ID * 0,25$$

Punt	Multifunctionele Individuele Dosis (MID)
A	0,0 µSv
B	0,0 µSv
C	8,7 µSv
D	0,0 µSv

Actuele Individuele Dosis (AID)

In onderstaande tabel is de gebiedsbestemming van de ruimten naast punten A t/m D weergegeven, evenals de bijbehorende ABC-factoren voor het bepalen van de AID.

Punt	Actuele gebiedsbestemming	ABC-factor
A	Belendende industrie	0,2
B	Parkeerterrein	0,01
C	Belendende industrie	0,2
D	Belendende industrie	0,2

In onderstaande tabel is de Actuele Individuele Dosis (AID) weergegeven voor punten A t/m D ten gevolge van de opslag van ingekapselde radioactieve bronnen. De volgende formule is gebruikt voor het bepalen van de AID (n.b.: afschermingsfactor 0,25 is niet meegerekend):

$$AID = ID * ABCfactor$$

Punt	Actuele Individuele Dosis (AID)
A	0,0 µSv
B	0,0 µSv
C	7,0 µSv
D	0,0 µSv

Milieubelasting op punten A t/m D

In onderstaande tabel zijn de ID, MID en AID weergegeven voor punten A t/m D, ten gevolge van de opslag van ingekapselde radioactieve bronnen.

Punt	ID	MID	AID
A	0,0 µSv	0,0 µSv	0,0 µSv
B	0,0 µSv	0,0 µSv	0,0 µSv
C	35 µSv	8,7 µSv	7,0 µSv
D	0,0 µSv	0,0 µSv	0,0 µSv

4.3.2 Omgevingsdosisequivalenttempo buitenoppervlak bergplaats

In deze paragraaf is het maximale omgevingsdosisequivalenttempo weergegeven dat op 0,1 meter afstand van de bereikbare delen van het oppervlak van de buitenzijde van de bergplaats kan worden gemeten, ten gevolge van het opslaan van de gevraagde maximale activiteit aan ingekapselde radioactieve stoffen in de bergplaats te Elsloo.

In deze berekeningen is uitgegaan van het volgende scenario:

- Zoals in de vorige paragraaf aangegeven, is de bepaling van het maximale dosistempo op 10 cm afstand van de muur van de bergplaats een worst- case berekening op basis van de maximaal vergunde activiteit;
- Alle bronnen met dezelfde nuclide bevinden zich op exact dezelfde plaats aan de binnenzijde van de bergplaats. In de praktijk is dit niet mogelijk en is de afstand van de meeste bronnen tot hetzelfde punt aan de buitenzijde van de bergplaats groter;
- De bronnen bevinden zich allemaal op de meest ongunstige plaats in de bergplaats, op de kortst mogelijke afstand van dezelfde muur. In de praktijk kan dit theoretisch worst-case scenario niet voorkomen;
- De hoeveelheid lekstraling door de afscherming van een broncontainer is niet in iedere richting gelijk. Bij de berekening is gebruik gemaakt van het hoogst mogelijke dosistempo door lekstraling. Dit is een worst-case scenario;
- In de berekening is geen rekening gehouden met onderlinge afscherming tussen de verschillende containers. Dit is een worst-case scenario. In de praktijk vindt onderling afscherming plaats doordat meerdere broncontainers in de bergplaats staan.

In onderstaande tabel is het maximale omgevingsdosisequivalenttempo op 10 cm van het buitenoppervlak van de bergplaats weergegeven. Daarbij is de kortst mogelijke afstand van de bronnen in de bergplaats tot 10 cm van het buitenoppervlak gebruikt. De minimale dikte van de betonnen muren van de bergplaats bedraagt 50 cm (richting punt C en D). De stralingsbelasting op de andere punten buiten de bergplaats is altijd lager. Onderstaande formule is gebruikt bij het berekenen van het maximale omgevingsdosisequivalenttempo per nuclide.

$$\dot{H}^*_{(10, \text{totale afstand})} = \dot{H}^*_{(10,1)} * \text{Transmissie} * \frac{1}{\text{Totale afstand}^2}$$

Nuclide	Iridium	Selenium	Kobalt	Cesium
Maximale lekstraling $\dot{H}^*_{(10,1)}$ per TBq op 1 meter (berekend)	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	0,9 $\mu\text{Sv/h}$	11 $\mu\text{Sv/h}$	188 $\mu\text{Sv/h}$
Maximale activiteit (TBq)	24	30	1,1	2,6E ⁻⁰²
Transmissie door muur	6,0E ⁻⁴	8,7E ⁻⁵	8,5E ⁻³	1,8E ⁻³
Minimale afstand bron – binnenzijde muur	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,2 m
Minimale dikte muur	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Afstand vanaf buitenzijde muur	0,1 m	0,1 m	0,1 m	0,1 m
Totale afstand Bron tot 10 cm van buitenoppervlak	0,9 m	1,0 m	1,1 m	0,8 m
Maximaal omgevingsdosisequivalenttempo op 10 cm van buitenoppervlak per nuclide $\dot{H}^*_{(10, \text{totale afstand})}$	0,0 $\mu\text{Sv/h}$	0,0 $\mu\text{Sv/h}$	0,1 $\mu\text{Sv/h}$	0,0 $\mu\text{Sv/h}$

Het maximale omgevingsdosisequivalenttempo dat, ten gevolge van de opslag van ingekapselde radioactieve bronnen, op 10 cm van het buitenoppervlak van de bergplaats kan worden gemeten bedraagt: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$.