

Risico-Inventarisatie en -Evaluatie

Datum: 29 maart 2024
Documentnaam: Bijlage 11 Risico-Inventarisatie en -Evaluatie (RIE)
Behorend bij: KEW-vergunningaanvraag Aardyn BV TUD
Versie: 01
Revisie: 00



AARDYN B.V.

LAAN VAN BARCELONA 900
3317 DORDRECHT

Versie	Revisie	Datum	Review	Naam + functie	Handtekening
00	00	04-12-2023	Concept bij vergunningaanvraag	[REDACTED] Stralingsbeschermingsdeskundige	[REDACTED]
01	00	29-03-2024	Definitief bij vergunningaanvraag	[REDACTED] Stralingsbeschermingsdeskundige	[REDACTED]

INHOUDSOPGAVE

1	Algemeen	2
1.1	<i>Inleiding</i>	2
1.2	<i>Opdracht</i>	2
1.3	<i>Literatuur</i>	2
2	Risico-inventarisatie	3
3	Bepaling van de blootstelling	5
4	Risico-evaluatie	6
	Rechtvaardiging en optimalisatie	6
	De dosislimieten	6
	Dosisbeperkingen	6
	De identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling	6
	De indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling	6
	De identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone en bewaakte zone	6
	De noodzaak tot het actualiseren van maatregelen	6
5	Berekeningen	7
5.1	<i>Risico-Berekening</i>	7
5.2	<i>Reguliere dosis</i>	7
	Externe straling t.g.v. filterwisseling	7
	Externe straling t.g.v. de filteropslag	7
	Externe straling t.g.v. K-40	10
	Totale externe blootstelling	7
5.3	<i>Potentiële blootstelling</i>	8
	Ingestie	8
	Inhalatie	8
	Wondbesmetting	8
5.4	<i>Totale potentiële blootstelling in mSv/jaar</i>	8

1 ALGEMEEN

1.1 INLEIDING

Aardyn B.V. (nader te noemen **de ondernemer**) is een bedrijf dat zich richt op het winnen van aardwarmte. Tijdens het winnen van aardwarmte kunnen kleine hoeveelheden natuurlijke radioactieve stoffen uit de reservoirformaties met de productiestroom meekomen en zich concentreren in (onderdelen van) de productie-installatie. NORM (naturally occurring radioactive materials) komt voor in de vorm van sludges, scale of gas.

Bij de aanvraag voor een Kernenergiewetvergunning moet een Risico-inventarisatie en -evaluatie worden opgesteld (Bbs, art. 3.6), waarin het risico en de potentiële dosis voor personen die binnen de onderneming bloot worden gesteld aan NORM in kaart wordt gebracht.

In bijlage A, behorende bij artikel 1.1., eerste en tweede lid van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 (Rsbb) zijn nadere eisen opgenomen voor het opstellen van deze risico-inventarisatie en evaluatie (RI&E). Hierin wordt aangegeven welke vragen gesteld moeten worden om het risico en de potentiële dosis voor personen welke werkzaam zijn bij de ondernemer bloot staan aan natuurlijke radioactieve stoffen (NORM) in kaart te brengen.

Om aantoonbaar te maken dat de wettelijke dosislimieten niet worden overschreden, is de stralingsbelasting van werknemers getoetst aan vigerende wet- en regelgeving.

1.2 OPDRACHT

Aan Stralingsupport B.V. is door Aardyn B.V. opdracht gegeven de Risico-Inventarisatie en -Evaluatie op te stellen. De berekeningen en rapportage zijn uitgevoerd door [REDACTED], geregistreerd stralingsbeschermingsdeskundige op het niveau van coördinerend deskundige. De berekeningen en rapportage zijn gecontroleerd en geaccordeerd door [REDACTED], geregistreerd stralingsbeschermingsdeskundige op het niveau van coördinerend deskundige en gemandateerd voor zijn rol als SBD.

1.3 LITERATUUR

- 1 ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Vbs)
- 2 Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)
- 3 Handboek radionucliden, A.S. Keverling Buisman ISBN 978908245661
- 4 ICRP Publication 33
- 5 Inleiding tot de stralingshygiëne, A.J.J. Bos et al. ISBN 978 90 12 11 905 4
- 5 Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Rbs)
- 6 Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 (Rsbb 2018)

2 RISICO-INVENTARISATIE

1. Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

Zie tabel 1 voor de nucliden die aanwezig kunnen zijn op de locatie van de ondernemer.

Nucliden	Activiteitsconcentratie [Bq/g]	Halfwaardetijd $T_{1/2}$ [Jaar]
^{228}Ra	15	5,7
^{228}Th	15	1,9
^{226}Ra	15	$1,6 \cdot 10^3$
^{210}Pb	6000	22,3
^{40}K	21	$1,3 \cdot 10^9$

Tabel 1 Overzicht nucliden en maximale activiteitsconcentratie

Bronnen zijn aanwezig in de vorm van oppervlakte besmette voorwerpen, sludge, vloeistof, scale en secundair afval (doeken, besmette PBM, filters etc.)

2. Welke handelingen vinden er plaats met deze bronnen? Zo nodig worden de handelingen opgesplitst in deelhandelingen om de verschillende blootstellingsrisico's te kunnen specificeren.

De worst-case medewerker 'TMS-NORM' wordt jaarlijks 211 uur potentieel blootgesteld aan radioactieve stoffen.

3. Hoeveel handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, vinden er op jaarbasis plaats en hoeveel en welke werknemers kunnen daarbij blootgesteld worden?

Alle personen die op de locatie van de ondernemer handelingen doen aan een open installatie kunnen blootgesteld worden. In deze analyse wordt enkel de blootstelling van de TMS-NORM nader uitgewerkt omdat deze persoon de meeste handelingen zal verrichten en daarmee het meest blootgesteld kan worden. De TMS-NORM voert handelingen uit t.b.v. onderhoud aan zowel de installatie als de put.

4. Waar vinden deze handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, plaats?

Handelingen vinden plaats op alle locaties van de ondernemer en toekomstige locaties.

5. Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

De volgende blootstellingswegen zijn van toepassing:

Blootstelling aan uitwendige straling

Blootstelling aan uitwendige straling is doorgaans alleen ten gevolge van de gammastraling die door de wand van het installatiedeel of de verpakking heen kan dringen.

Blootstelling door inwendige besmetting

- Blootstelling ten gevolge van wondbesmetting
Blootstelling ten gevolge van wondbesmetting komt niet vaak voor omdat werknemers altijd handschoenen dragen. Het is denkbaar dat bij handelingen zoals het hanteren van de platen van een warmtewisselaar de randen van de platen zo scherp zijn dat deze door een handschoen heen kunnen snijden. Voor deze risicoanalyse gaan we ervan uit dat dit **jaarlijks** gebeurt. **Dit is een te voorziene onbedoelde gebeurtenis**
- Blootstelling ten gevolge van ingestie
De kans op blootstelling door het inslikken van NORM is over het algemeen klein omdat tijdens de meeste handelingen in het kader van normale arbeidshygiënische maatregelen altijd beschermende kleding wordt gedragen zoals overall en handschoenen. Echter kan bij onvoldoende hygiëne de deeltjes bij het eten, drinken en roken in de mond worden gebracht. Voor deze risicoanalyse wordt een overschatting gedaan door ervan uit te gaan dat een medewerker de hygiëne regels niet in acht neemt en **de helft van de tijd** dat hij de werkzaamheden uitvoert de handen niet wast na werkzaamheden met NORM besmette equipment en hiermee 1 mg per uur binnenkrijgt. De hoeveelheid voor ingestie is hoog, 1 mg is zichtbaar als laagje op de huid. In de praktijk zal iemand zijn handen minimaal eerst afvegen voordat hij/zij zijn/haar boterham pakt. **Dit is een voorziene onbedoelde gebeurtenis.**
- Blootstelling ten gevolge van inhalatie
De kans op blootstelling ten gevolge van inhalatie is over het algemeen klein omdat het alleen gebeurt wanneer besmette equipment onder hoge druk gereinigd wordt. Binnengekomen equipment wordt te allen tijde ingemeten en wordt alleen onder hoge druk gereinigd wanneer er géén besmetting is gevonden. Echter kan de meting bij binnenkomst niet goed uitgevoerd worden en kan besmette equipment onbedoeld onder hoge druk gereinigd worden. Voor deze risicoanalyse wordt uitgegaan dat dit jaarlijks gebeurt. **Dit is een voorziene onbedoelde gebeurtenis.**

6. Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

Zie vraag 5.

7. Welke technische en organisatorische maatregelen zijn genomen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of, indien dat redelijkerwijs niet mogelijk is, zoveel als mogelijk te beperken?

Bij het openen van de installatie wordt altijd gemeten op aanwezigheid van NORM voordat handelingen worden uitgevoerd.

Indien de installatie wordt geopend wordt eerst een NORM werkplan opgesteld voor identificatie van het risico en bepalen van de juiste maatregelen om verspreiding van NORM in de omgeving en besmetting van personen te voorkomen. In veel situaties wordt het dragen van een overall, plastic handschoenen, veiligheidsschoenen, helm en bril voorgeschreven. Afhankelijk van de situatie kunnen andere Persoonlijke Beschermings-Middelen (PBM) worden voorgeschreven zoals een plastic pak, volgelaatscherm, en verschillende typen adembescherming. Voor bescherming van de omgeving wordt veelal gebruik gemaakt van plastic zeil, bakken, cementkuip, emmers en dergelijke om eventueel gemorst materiaal op te vangen. Ook het gebruik van pompen om besmet materiaal over te brengen in een containment of het filteren van vloeistof is mogelijk. Tijdens handelingen is er toezicht, wordt gemeten met een geschikte monitor en worden personen en omgeving gecontroleerd op besmetting.

De SBD keurt het werkplan goed en controleert steekproefsgewijs of de werkwijze in het plan van aanpak wordt uitgevoerd en of voldaan wordt aan wettelijke verplichtingen en vergunningvoorschriften.

3 BEPALING VAN DE BLOOTSTELLING

1. Wat is de reguliere blootstelling van de werknemers?

De worst case medewerker loopt een dosis op van **0,01 mSv per jaar** ten gevolge van externe straling.

2. Wat is de dosis voor werknemers ten gevolge van te voorziene onbedoelde gebeurtenissen (VOG)?

De worst case medewerker loopt een dosis van **0,7 mSv/jaar** op door externe straling en inwendige besmetting (alle te voorziene onbedoelde gebeurtenissen).

3. Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

Zie hoofdstuk 1, vraag 5.

4. Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

Persoonlijke beschermingsmiddelen en een voorgeschreven persoonlijke hygiëne en toezicht hierop zorgen ervoor dat de opname nihil is. De risicoberekening is daarom altijd een overschatting van het daadwerkelijke risico.

Bij handelingen met NORM is een dosis ten gevolge van inwendige besmetting volledig te voorkomen door het dragen van PBM.

Een dosis ten gevolge van externe bestraling is niet te beperken door het dragen van PBM maar wordt voorkomen door het vergroten van de afstand en het beperken van de duur van aanwezigheid. Deze maatregelen zullen genomen worden indien zich een verhoging van het dosistempo voordoet op plaatsen waar personen zich kunnen bevinden.

4 RISICO-EVALUATIE

Rechtvaardiging en optimalisatie

Rechtvaardiging en optimalisatie van de handelingen bij de ondernemer worden gewaarborgd door minimaal jaarlijkse controles door de SBD op locaties van de ondernemer, het uitreiken van procedures en werkinstructies, het geven van voorlichting aan alle medewerkers die potentieel blootgesteld kunnen worden en het toezicht op de werkzaamheden.

De dosislimieten

De potentiële dosis voor werknemers is minder dan 1 mSv/jaar (1000 μ Sv/jaar) (Bbs art. 7.3). De dosislimieten voor de ooglenzen (15 mSv/jaar), huid (50 mSv/jaar) (Bbs art. 9.1) en extremiteiten (50 mSv/jaar) (Bbs art. 7.3) zijn dusdanig hoger dan de potentiële dosis en zijn daarom niet nader uitgewerkt in de RI&E.

Dosisbeperkingen

De dosisbeperking is in principe gelegen in het voorkomen van inwendige besmetting en het beperken van dosis door externe straling (zie kopje effect PBM). In de praktijk is deze beperking alleen te beredeneren of te berekenen en niet te meten. De maatregelen beschreven in deze RI&E zorgen voor een voldoende invulling van ALARA en daarmee een dosisbeperking.

De identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling

De medewerkers zijn niet ingedeeld als blootgesteld werknemer. Zij lopen een potentiële dosis op van minder dan 1 mSv/jaar (Bbs art. 7.3).

De indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling

N.V.T.

De identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone en bewaakte zone

Er is geen sprake van een gecontroleerde of bewaakte zone waarbij de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen effectieve dosis groter is dan respectievelijk, 6 mSv/jaar en 1 mSv/jaar (Bbs art. 7.7).

De noodzaak tot het actualiseren van maatregelen

Aan de hand van de jaarlijkse controles door de SBD op het juist uitvoeren van de handelingen en bij voortschrijdend inzicht zullen maatregelen worden geactualiseerd. Indien het activiteitsconcentratie of dosistempo hoger zijn dan in deze analyse wordt aangenomen zal een herberekening plaatsvinden. De RI&E zal minimaal eens per 5 jaar worden geëvalueerd.

5 BEREKENINGEN

5.1 RISICO-BEREKENING

De medewerkers welke werkzaam zijn bij de ondernemer zullen werkzaamheden uitvoeren op locatie van de ondernemer. De berekening is gebaseerd op de werkzaamheden die gedaan moeten worden op locatie van de ondernemer. De TMS-NORM is degene die het meest in aanraking zal zijn met radioactieve stoffen deze zal in totaal per jaar 211 uren in contact staan met radioactieve stoffen. Een TMS-NORM heeft ook veel taken waarbij hij niet bloot staat aan radioactieve stoffen (kantoorwerk, controle van de gesloten installatie, toezicht houden op werkzaamheden waarbij geen radioactieve stoffen zijn betrokken). De blootstellingsduur is een overschatting van de contacttijd met radioactieve stoffen.

De berekening is een worst case benadering waarbij wordt uitgegaan van constante externe bestraling en drie VOG's (wondbesmetting en inhalatie welke jaarlijks voorkomen en ingestie welke 50% van de blootstellingstijd voorkomt). Persoonlijke beschermingsmiddelen en een voorgeschreven persoonlijke hygiëne en toezicht hierop zorgen ervoor dat de blootstelling nihil is. De risicoberekening is daarom een overschatting van het daadwerkelijke risico.

5.2 REGULIERE DOSIS

Externe straling t.g.v. filterwisseling

Bij de berekening van de dosis ten gevolge van externe straling is uitgegaan van een activiteitsconcentratie van 15 Bq/g voor ²²⁶Ra.

Voor de berekening van de dosis ten gevolge van externe straling wordt ervan uitgegaan dat de worstcase medewerker blootgesteld wordt aan externe straling bij het wisselen van filters.

Bij een filterwissel wordt minimaal 0,4 MBq gehanteerd. Er wordt van uitgegaan dat een medewerker op 1 meter afstand van de bron verblijft tijdens het wisselen van de filters en het verpakken van afval (en het opslaan van de verpakkingen in de container). De tijd van het wisselen van filters is voor de worst case medewerker 54 uur per jaar. De omgevingsdosis-equivalenttempoconstante (h) is 0,26 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

Dit geeft een totale jaarlijkse blootstelling van **0,01 mSv** per jaar.

Externe straling t.g.v. de filteropslag

Omdat de andere functies die ook handelingen uitvoeren op de locatie minder dan 265 uur per jaar aanwezig zijn en geen filters wisselen wordt voor hen aangenomen dat zij gedurende de gehele tijd dat zij in contact zijn met NORM bloot staan aan in opslag gelegen filters op een afstand van 10 meter. Er wordt hierbij gerekend met een jaaropslag aan filterafval van 0,475 GBq. De omgevingsdosis-equivalenttempoconstante van Ra-226 is 0,26 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Dit geeft een dosistempo van 0,05 $\mu\text{Sv}/\text{uur}$ op 10 meter afstand.

Totale externe blootstelling

Ten gevolge van externe blootstelling zal de worst case operator met een blootstellingsduur van 211 uur per jaar niet meer dosis oplopen dan 0,01 mSv/jaar.

5.3 POTENTIËLE BLOOTSTELLING

De potentiële blootstelling bestaat uit 3 te voorziene onbedoelde gebeurtenissen (VOG):

- Ingestie
- Inhalatie
- Wondbesmetting

In de volgende hoofdstukken wordt iedere VOG uitgewerkt.

Ingestie

Bij de berekening van de blootstelling t.g.v. ingestie is ervan uitgegaan dat een medewerker de helft van de tijd waarin hij in contact is met NORM de handen niet wast en dan 1 mg per uur binnenkrijgt via de mond. Als de arbeidshygiënische maatregelen in acht worden genomen (b.v. handen wassen voor het eten, drinken en roken) is de opname nihil. Een worst case operator krijgt een dosis ten gevolge van ingestie tijdens een blootstellingsduur van 106 uur per jaar niet meer dan 0,43 mSv/jaar.

Inhalatie

Bij de blootstelling t.g.v. inhalatie wordt uitgegaan van een incident dat 3 uur duurt. Verder wordt uitgegaan van een stofconcentratie van 2 mg/m³ en een ademdebiet van 3 m³/h. Het incident komt jaarlijks voor. De totale blootstelling t.g.v. ingestie is 0,245 mSv per gebeurtenis.

Wondbesmetting

Bij de berekening t.g.v. wondbesmetting wordt uitgegaan van een hoeveelheid stof van 0,25 mg per wondje. Dit geeft een totale blootstelling van 7 µSv per gebeurtenis.

5.4 TOTALE BLOOTSTELLING IN MSV/JAAR

In tabel 2 wordt de totale jaarlijkse blootstelling (reguliere blootstelling + blootstelling VOG) weergegeven.

Totalen					
Functie	Externe straling mSv/j	ingestie mSv/j	inh. Zonder filter mSv/j	wondbesmetting mSv/j	Totaal mSv/j
Operator Geo locatie/TMS-NORM	0,010	0,432	0,245	0,007	0,69

Tabel 2 Totale jaarlijkse blootstelling

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de maximale blootstelling als volgt is:

0,69 mSv/j reguliere dosis + VOG's

0,01 mSv/j Reguliere dosis