

Gate Terminal B.V.

T.a.v. [REDACTED]

Maasvlakteweg 991

3199 LZ Maasvlakte-Rotterdam

| | |
|------------------------|--|
| Omschrijving | Risico-inventarisatie en -evaluatie voor de stralingsdosis van werknemers van Gate Terminal B.V. ten gevolge van handelingen met bronnen van ioniserende straling. |
| Rapportnummer | 9610-151077-001-01-2021 |
| Revisie | 2 |
| Locatie | Gate Terminal B.V. Maasvlakteweg 991 3199 LZ Maasvlakte-Rotterdam |
| Klantreferentie | Akkoord op 01.00033255-1 d.d. 05-11-2021 door Dhr. [REDACTED]. |
| Conclusie | De maximale effectieve dosis die werknemers van Gate Terminal B.V. kunnen ontvangen als gevolg van handelingen met ioniserende straling, bedraagt 220 µSv per jaar. De werknemers hoeven niet ingedeeld te worden als blootgestelde werknemers. Deze risicoanalyse is, onder voorbehoud van wijzigingen van bronnen, geldig tot en met 23-06-2027. |

| | | | |
|----------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Opgesteld d.d. | 23 juni 2022 | Gecontroleerd d.d. | 24 juni 2022 |
| Ondertekening | [REDACTED] | Ondertekening | [REDACTED] |
| | Stralingsbeschermingsdeskundige (CD) | | Stralingsbeschermingsdeskundige (ACD) |

Dit rapport mag niet zonder de toestemming van zowel Applus+ RTD als de opdrachtgever geheel of gedeeltelijk worden vermenigvuldigd.

Samenvatting

Bij Gate Terminal B.V. worden handelingen verricht met bronnen van ioniserende straling. Het gaat hierbij om het voorhanden hebben van een installatie waarin zich natuurlijke radioactieve stoffen (Natural Occuring Radioactive Materials, NORM) bevinden en het uitvoeren handelingen ten behoeve van reparatie- en onderhoudswerkzaamheden aan met NORM besmette installatiedelen.

De handelingen met bronnen van ioniserende straling bij Gate Terminal B.V. zijn generiek- en specifiek gerechtvaardigd.

Om aantoonbaar te maken dat de dosislimieten voor de werknemers van Gate Terminal B.V., als gevolg van de handelingen met bronnen van ioniserende straling niet overschreden worden, is een integrale analyse gemaakt voor de reguliere - en potentiële jaardosis en vindt een toetsing plaats of voldoende invulling is gegeven aan het ALARA-principe.

In de onderstaande tabel is per werknemer de reguliere - en potentiële jaardosis weergegeven waarbij, indien van toepassing, een onderscheid is gemaakt in de effectieve- en equivalente dosis.

| Werknemer | Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | Equivalente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | |
|---------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| | Lichaam | Oog | Extremiteten |
| Medewerkers Gate Terminal B.V. | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| Contractor | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| TMS | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |

Op grond van de berekeningen kan worden geconcludeerd dat het niet noodzakelijk is om werknemers in te delen als blootgestelde werknemer categorie A of categorie B.

Op grond van de berekeningen kan worden geconcludeerd dat het niet noodzakelijk is om ruimten in te delen als bewaakte- of gecontroleerde zone.

Inhoudsopgave

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Algemeen | 4 |
| 1.1 | Inleiding | 4 |
| 1.2 | Revisie | 4 |
| 1.3 | Literatuur | 4 |
| 2 | Rechtvaardiging | 5 |
| 2.1 | Open bronnen | 5 |
| 3 | Risico-identificatie | 6 |
| 3.1 | Eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling | 6 |
| 3.2 | Handelingen met de bronnen van ioniserende straling | 8 |
| 3.3 | Locaties van de handelingen | 9 |
| 3.4 | Blootstellingspaden van ioniserende straling | 9 |
| 3.5 | Voorziene onbedoelde gebeurtenissen | 10 |
| 4 | Omschrijving maatregelen tot beperking van de blootstelling | 11 |
| 4.1 | Maatregelen aan de bron | 11 |
| 4.2 | Maatregelen aan de werkplek | 11 |
| 4.3 | Organisatorische maatregelen | 11 |
| 5 | Bepaling van de blootstelling | 12 |
| 5.1 | Dosisberekeningen | 12 |
| 5.2 | Dosis ten gevolge van de reguliere blootstelling | 14 |
| 5.3 | Dosis ten gevolge van de potentiële blootstelling | 15 |
| 6 | Risico-evaluatie | 16 |
| 6.1 | Jaardosis voor de individuele werknemer | 16 |
| 6.2 | Identificatie en indeling van de individuele werknemer | 16 |
| 6.3 | Identificatie en indeling van ruimtes | 16 |
| 7 | Toetsing aan ALARA | 17 |
| 7.1 | Rechtvaardiging | 17 |
| 7.2 | Optimalisatie | 17 |
| 7.3 | Limitering | 17 |
| 7.4 | Dosisbeperking | 17 |
| Bijlage 1: | Uitwerkingen berekeningen potentiële blootstelling | 18 |
| Bijlage 2: | Wettelijke limieten | 19 |

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Gate Terminal B.V. is een op-/overslag- en distributie terminal voor Liquefied Natural Gas (LNG) dat wordt aangevoerd door schepen. Het aangevoerde LNG wordt opgeslagen in opslagtanks of direct overgeslagen in schepen of tankwagens als lading of brandstof. Daarnaast kan het LNG verdampt worden tot aardgas en aan het landelijke aardgastransportnet van Gasunie Transport Services (GTS) geleverd worden.

Bij Gate Terminal B.V. worden handelingen verricht met bronnen van ioniserende straling. Het gaat hierbij om het voorhanden hebben van een installatie waarin zich natuurlijke radioactieve stoffen (Natural Occuring Radioactive Materials, NORM) bevinden en het uitvoeren handelingen ten behoeve van reparatie- en onderhoudswerkzaamheden aan met NORM besmette installatiedelen.

Om aantoonbaar te maken dat de dosislimieten voor de werknemers van Gate Terminal B.V., als gevolg van de handelingen met bronnen van ioniserende straling niet overschreden worden, is een integrale analyse gemaakt voor de reguliere - en potentiële jaardosis en vindt een toetsing plaats of voldoende invulling is gegeven aan het ALARA-principe.

De identificatie van het risico op blootstelling aan ioniserende straling, de bepaling van die blootstelling en de evaluatie van dat risico zijn in overeenstemming met Bijlage A van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 vastgelegd in deze risico-inventarisatie en –evaluatie zoals bedoeld in artikel 7.6 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming en artikel 5 van de Arbeidsomstandighedenwet.

Deze risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E) is tot 5 jaar na 23-06-2022 geldig of eerder dan de genoemde datum, indien er sprake is van gewijzigde werkmethoden of -omstandigheden of stand van de wetenschap, of dat de professionele dienstverlening daartoe aanleiding geeft.

1.2 Revisie

- Revisie 1: Diverse wijzigingen naar aanleiding van verzoek tot aanvullende informatie op MER-aanmeldnotitie vanuit ANVS met kenmerk ANVS-PP-2022/0087296-03.
- Revisie 2: Aanpassing in concentratie radioactieve stoffen n.a.v. monsternamen bij revisie HP-pompen in mei 2022.

1.3 Literatuur

- 1 Kernenergiewet (Kew)
- 2 Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)
- 3 Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Rbs)
- 4 ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Vbs)
- 5 Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 (Rsbb)
- 6 Arbeidsomstandighedenwet
- 7 Handboek radionucliden, A.S. Keveling Buisman ISBN 90-75441-02-3
- 8 Inleiding tot de stralingshygiëne, A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, W.J.C. Okx ISBN 978 90 12 11 905 4
- 9 Applus RTD rapport 9610-1500061-001-01-2021
- 10 Applus RTD LSA metingen 2021 Gate Terminal B.V.

2 Rechtvaardiging

2.1 Open bronnen

Het gaat hierbij om het voorhanden hebben van een installatie met NORM en het uitvoeren handelingen ten behoeve van reparatie- en onderhoudswerkzaamheden aan NORM-besmette installatiedelen. Gate Terminal B.V. is een op-/overslag- en distributie terminal. Voor deze handelingen is een generieke rechtvaardiging vastgelegd in bijlage 2.1 van de Rbs:

| Categorie | Omschrijving |
|-----------|---|
| I.B.2 | Energieopwekking (voorbeeld: olie- en gastransport) |

Voor deze handelingen is een specifieke rechtvaardiging vastgelegd:

De grondstof LNG bevat van nature zeer kleine hoeveelheden radioactieve stoffen, die zich uiteindelijk ophopen en neerslaan in de installatie van Gate Terminal B.V. Omdat de volledige installatie van Gate Terminal B.V. fungeert als op-/overslag en distributie-terminal voor LNG kan niet van grondstof veranderd worden en is derhalve geen alternatief voorhanden.

3 Risico-identificatie

3.1 Eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling

In dit hoofdstuk staan de aanwezige bronnen van ioniserende straling en de specifieke eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling omschreven.

3.1.1 Concentratie radioactieve stoffen

Gammaspectrometrie analyse [6] heeft als resultaat gegeven dat NORM in de installatie aanwezig is in de vorm van Lood-210+ (Pb-210+) met een concentratie van circa 725 Bq/g. Dit monster is genomen uit een geopend deel van de installatie op de locatie van Gate Terminal B.V. Gezien de minimale massa van het telmonster (0,26 gram) en de mogelijke variatie in de mogelijk aanwezige concentratie wordt voor de berekeningen een concentratie van 1.500 Bq/g gehanteerd.

Op basis van een andere monstername blijkt dat een hogere concentratie Pb-210+ van ca. 5 kBq/g aangetroffen kan worden in andere delen van de installatie. Deze concentratie Pb-210+ is vastgesteld op basis van een analyse van een monster met een massa van 0,682 gram. De plek in de installatie waar dit monster is genomen betreft het inwendige deel van een zogenaamde HP-pomp die zich tijdens normale bedrijfscondities volledig ondergedompeld in LNG in een gesloten vat bevindt. De monstername hiervan heeft plaatsgevonden tijdens revisiewerkzaamheden op een de locatie van Bakker Repair Service in Sliedrecht waarbij monstername pas mogelijk was na demontagewerkzaamheden. De kans dat een dergelijke hoeveelheid en concentratie materiaal betrokken kan zijn voor de gevolgen op de mens en het milieu in de omgeving van Gate Terminal B.V. is nihil.

De waarde van 1.500 Bq/g geeft hierdoor nog steeds een realistisch conservatieve schatting van de mogelijke risico's voor mens- en milieu echter zal met deze nieuwe informatie zal wel vergunning aangevraagd gaan worden voor 10 kBq/g.

3.1.2 Oppervlaktebesmetting

De oppervlaktebesmetting die mogelijk in de installatie aanwezig is, is gebaseerd op diverse inventarisatiemetingen [7]. Hierbij is de maximale meetwaarde met een besmettingsmonitor omgerekend naar een oppervlaktebesmetting in Bq/cm². In tabel 2 staan de resultaten van deze inschatting.

| Tabel 2: Bepaling oppervlaktebesmetting in installatiedelen | | |
|--|---------------|--------------------|
| Omschrijving | Waarde | Eenheid |
| Meetwaarde apparatuur | 200 | cps |
| Kalibratiefactor Pb-210+ | 2,67 | Bq/cps |
| Oppervlakte detector | 100 | cm ² |
| Oppervlaktebesmetting | 5,34 | Bq/cm ² |

Tijdens de inventarisatiemetingen [7] is gebleken dat de aanwezige afwrijfbare oppervlaktebesmetting lager is dan 0,4 Bq/cm².

3.1.3 Brongegevens

De meest relevante uitgezonden straling, met de maximale energie voor alfa- en gammastraling en gemiddelde energie voor bètastraling, per desintegratie (becquerel):

| | |
|-----------------------------------|--|
| Pb-210+ | |
| Alpha | 5297 keV (100%, via Polonium-210 (Po-210)) 103 keV (100%, via Po-210) |
| Bèta | 4 keV (80%) 16 keV (20%) 389 keV (100%, via Bismut-210 (Bi-210)) |
| Gamma | 46 keV (4%) |
| Halfwaardetijd Pb-210 | 22,3 jaar |
| Halfwaardetijd Po-210 | 138,38 dagen |
| Bronconstante Pb-210+ | 0,003 $\mu\text{Sv.m}^2.\text{MBq}^{-1}.\text{h}^{-1}$ |
| $e_{50,\text{inh},\text{Pb-210}}$ | $1,1 \cdot 10^{-6}$ Sv/Bq |
| $e_{50,\text{inh},\text{Po-210}}$ | $6,0 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq |
| $e_{50,\text{ing},\text{Pb-210}}$ | $6,8 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq |
| $e_{50,\text{ing},\text{Po-210}}$ | $2,4 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq |
| $H_{\text{huid}, \text{Pb-210}}$ | $1 \cdot 10^{-12}$ Sv/s per Bq/cm ² |
| $H_{\text{huid}, \text{Po-210}}$ | $1 \cdot 10^{-14}$ Sv/s per Bq/cm ² |

3.1.4 Bergplaats

Omdat de aanwezigheid van NORM in de installatie recentelijk is aangetoond is op de locatie van Gate Terminal B.V. nog geen bergplaats aanwezig voor een tijdelijke opslag van NORM-besmette materialen. Gezien de bronconstante van Pb-210+ gelijk is aan $0,003 \mu\text{Sv.m}^2.\text{MBq}^{-1}.\text{h}^{-1}$ is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling van een tijdelijke opslag, waar deze ook gerealiseerd zal worden, verwaarloosbaar.

3.2 Handelingen met de bronnen van ioniserende straling

De gegevens betreffende de handelingen zijn afkomstig van Gate Terminal B.V. en geordend door de stralingsbeschermingsdeskundige. Tenzij anders vermeld wordt voor de dosisberekeningen uitgegaan van 2000 werkbare uren per kalenderjaar of 50 werkweken van 5 dagen per week en 8 uur per dag en wordt aangenomen dat eenzelfde werknemer gedurende het gehele kalenderjaar alle handelingen uitvoert.

3.2.1 H1: Handelingen rondom gesloten systemen

Medewerkers van Gate Terminal B.V. en diverse contractors voeren diverse werkzaamheden uit in de omgeving van gesloten systemen. Gezien de zeer lage bronconstante van Pb-210+ en de geringe activiteit aanwezig in de directe omgeving van medewerkers is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling tijdens deze werkzaamheden verwaarloosbaar.

Omdat het gesloten systemen betreft is een verspreiding van radioactieve stoffen niet aan de orde en is een dosisbijdrage als gevolg van inhalatie, ingestie en/of huidbesmetting niet aan de orde.

3.2.2 H2: Openen van systemen

Medewerkers van Gate Terminal B.V. en diverse contractors openen diverse keren per jaar diverse installatiedelen. Gezien de zeer lage bronconstante van Pb-210+ en de geringe activiteit aanwezig in de directe omgeving van medewerkers is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling tijdens deze werkzaamheden verwaarloosbaar. Onder normale omstandigheden bevat de installatie weinig tot geen vaste stoffen waardoor een verspreiding van radioactieve stoffen uitgesloten is. Omdat een verspreiding van radioactieve stoffen niet aan de orde is, zal een dosisbijdrage als gevolg van inhalatie, ingestie en/of huidbesmetting niet aan de orde zijn.

3.2.3 H3: Controle op besmetting

De toezichthoudend medewerker stralingsbescherming (TMS) van Gate Terminal B.V. controleert de installatiedelen na het openen hiervan op de mogelijke aanwezigheid van besmetting. Gezien de zeer lage bronconstante van Pb-210+ en de geringe activiteit aanwezig in de directe omgeving van medewerkers is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling tijdens deze werkzaamheden verwaarloosbaar. Onder normale omstandigheden bevat de installatie weinig tot geen vaste stoffen waardoor een verspreiding van radioactieve stoffen uitgesloten is. Omdat een verspreiding van radioactieve stoffen niet aan de orde is, zal een dosisbijdrage als gevolg van inhalatie, ingestie en/of huidbesmetting niet aan de orde zijn.

3.2.4 H4: Onderhouds- en reparatiewerkzaamheden

Medewerkers van Gate Terminal B.V. en diverse contractors voeren onderhouds- en reparatiewerkzaamheden uit aan (geopende) installatiedelen. Gezien de zeer lage bronconstante van Pb-210+ en de geringe activiteit aanwezig in de directe omgeving van medewerkers is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling tijdens deze werkzaamheden verwaarloosbaar. Onder normale omstandigheden bevat de installatie weinig tot geen vaste stoffen waardoor een verspreiding van radioactieve stoffen uitgesloten is. Omdat een verspreiding van radioactieve stoffen niet aan de orde is, zal een dosisbijdrage als gevolg van inhalatie, ingestie en/of huidbesmetting niet aan de orde zijn.

3.2.5 Overzicht van de handelingen

In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van alle handelingen bij Gate Terminal B.V.

| Handeling | Werknemer | Omschrijving |
|-----------|---|---------------------------------------|
| H1 | Medewerker Gate Terminal B.V. of contractor | Handelingen rondom gesloten systemen |
| H2 | Medewerker Gate Terminal B.V. of contractor | Openen van systemen |
| H3 | TMS | Controle op besmetting |
| H4 | Medewerker Gate Terminal B.V. of contractor | Onderhouds- en reparatiewerkzaamheden |

3.3 Locaties van de handelingen

De handelingen vinden plaats binnen de locatie van Gate Terminal B.V. gelegen aan Maasvlakteweg 991 te Maasvlakte-Rotterdam.

3.4 Blootstellingspaden van ioniserende straling

De handelingen worden verricht met NORM-besmette installatiedelen en materialen. Wanneer de getroffen maatregelen worden opgevolgd zullen de blootstellingspaden externe bestraling, ingestie, inhalatie en huidbesmetting niet aan de orde zijn.

In het kader van de identificatie van de blootgestelde werknemers en de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B wordt de afschermdende werking van persoonlijke beschermingsmiddelen (getroffen maatregelen) echter niet meegenomen bij de bepaling van de reguliere en potentiële blootstelling van de werknemer.

Hierdoor zijn de blootstellingspaden voor de reguliere handelingen zijn ingestie, inhalatie en huidbesmetting. Het blootstellingspad externe straling blijft, vanwege de lage bronconstante van Pb-210+, niet aan de orde.

3.5 Voorziene onbedoelde gebeurtenissen

Omdat het ondanks de getroffen maatregelen mogelijk is om een dosis op te lopen zijn de onderstaande voorziene onbedoelde gebeurtenissen vastgelegd met een frequentie van eenmaal per jaar.

Gebeurtenis G1: Inhalatie

Bij dit scenario moet worden gedacht dat er onverhoopt radioactieve stoffen in verspreidbare vorm aanwezig zijn bij het openen van installatiedelen of tijdens het werken aan open installatiedelen en dat dit niet wordt opgemerkt. Voor dit scenario wordt uitgegaan van een 8 uur werken zonder PBM onder normale werkomstandigheden bij een stofconcentratie van 1 mg/m³.

Gebeurtenis G2: Huidbesmetting én ingestie

Bij dit scenario moet worden gedacht dat zonder PBM gewerkt wordt, en de kans op een besmetting van de huid aanwezig is wanneer deze in contact is geweest met de NORM besmette installatiedelen. Hierbij worden de volgende aannames gedaan:

Er wordt ervan uitgegaan dat de installatie een afwrijfbaar besmetting heeft van 10 kBq Pb-210+. Deze activiteit wordt als een besmetting op de handen en kleding van de werknemer overgebracht. De huiddosis wordt bepaald over een periode van 24 uren en een oppervlak van 1 cm² en dat circa 1% van de besmetting rechtstreeks op de huid terecht komt (G2a). Verder wordt ervan uitgegaan dat de besmetting tijdens het douchen eenvoudig wordt verwijderd. Er wordt aangenomen dat circa 1 % van de activiteit via ingestie in het lichaam wordt opgenomen (G2b).

3.5.1 Overzicht voorziene onbedoelde gebeurtenissen

In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de voorziende onbedoelde gebeurtenissen bij Gate Terminal B.V.

| Gebeurtenis | Werknemer | Omschrijving |
|-------------|--|----------------|
| G1 | Medewerkers Gate Terminal B.V. of contractor | Inhalatie |
| G2a | Medewerkers Gate Terminal B.V. of contractor | Huidbesmetting |
| G2b | Medewerkers Gate Terminal B.V. of contractor | Ingestie |

3.5.2 Stralingsincident, ongeval of radiologische noodsituatie

Blootstellingssituaties die niet onder de reguliere handelingen en/of voorziende onbedoelde gebeurtenissen vallen worden gezien als een incident.

Bij een stralingsincident worden direct zodanige maatregelen getroffen, dat (verdergaande) besmetting en/of blootstelling van personen wordt tegengegaan.

Een stralingsincident, ongeval of radiologische noodsituatie wordt direct gemeld bij: het Meld- en informatiecentrum (088-4890500), dat 24 uur per bereikbaar is. Meldingen kunnen ook via de volgende website worden gedaan: <http://www.autoriteitnvs.nl/aanvragen-en-melden/melden-van-incident>

Een overmatige bestraling of een besmetting wordt binnen 24 uur gemeld aan Inspectie-SZW (0800-5151).

4 Omschrijving maatregelen tot beperking van de blootstelling

Om de reguliere- en potentiële blootstelling zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te beperken zijn bij Gate Terminal B.V. de volgende maatregelen getroffen.

4.1 Maatregelen aan de bron

De grondstof LNG bevat van nature zeer kleine hoeveelheden radioactieve stoffen, die zich uiteindelijk ophopen en neerslaan in de installatie van Gate Terminal B.V. (bron). Omdat de volledige installatie van Gate Terminal B.V. fungeert als op-/overslag en distributie-terminal voor LNG kan niet van grondstof veranderd worden en zijn maatregelen aan de bron niet mogelijk.

4.2 Maatregelen aan de werkplek

Door het uitvoeren van besmettingsmetingen voorafgaand aan het werken aan potentieel NORM besmette installatiedelen zal een besmetting snel worden opgemerkt. Afhankelijk van de resultaten van de metingen die zijn verricht wordt bepaald of het voorschrijven van aanvullende PBM's noodzakelijk zijn.

Wanneer wordt gewerkt aan/met geopende NORM besmette installatiedelen zal een NORM-werkgebied worden ingericht.

4.3 Organisatorische maatregelen

Er zijn meerdere medewerkers die de opleiding toezichthoudend medewerker stralingsbescherming NORM met succes afgerond hebben.

Eén persoon is aangewezen als hoofdverantwoordelijke toezichthoudend medewerker stralingsbescherming NORM.

Er wordt gebruik gemaakt van een externe stralingsbeschermingsdeskundige middels een overeenkomst met Applus+ RTD.

5 Bepaling van de blootstelling

5.1 Dosisberekeningen

De dosis als gevolg van de reguliere- en potentiële blootstelling worden bepaald aan de hand van de formules in dit hoofdstuk. De blootstellingspaden worden per bron bepaald en wanneer nodig gesommeerd.

5.1.1 Externe bestraling

Gezien de zeer lage bronconstante van Pb-210+ en de geringe activiteit aanwezig in de directe omgeving van medewerkers is een eventuele dosisbijdrage als gevolg van externe bestraling tijdens deze werkzaamheden verwaarloosbaar.

Als extra onderbouwing hiervoor is een volgend fictief scenario opgesteld:

Een medewerker werkt 400 uur per jaar aan een geopend systeem waarbij geen rekening wordt gehouden met PMB's of de afschermdende werking van installatiedelen. De activiteit is gelijk aan de hoogste activiteit gemeten (1500 Bq/g) waarbij 100 gram materiaal aanwezig is. De afstand tot dit materiaal is 0,5 meter.

De dosis als gevolg van externe bestraling wordt berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$E_{extern} = H_{(10)}^* \cdot A \cdot t_x \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

Waarbij:

| | |
|--------------|--|
| $H_{(10)}^*$ | Omgevingsdosis-equivalenttempo op punt r_1 in μSv per uur |
| A | totale activiteit in MBq |
| t_x | Tijdsduur in uur |
| r_1 | afstand tot de bron in meter |
| r_2 | afstand van de bron tot aan de werknemer |

De fictieve dosis als gevolg van externe bestraling zou dan uitkomen op:

$$E_{extern} = 0,003 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 0,15 \text{ MBq} \cdot 400 \text{ uur/jaar} \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{0,5 \text{ m}}\right)^2 = 0,72 \mu\text{Sv/jaar}$$

5.1.2 Huidbesmetting

De effectieve dosis ten gevolge van de besmetting van de huid wordt berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$E_{huid} = \sum_i H_{huid,i} \cdot t \cdot A_i$$

Waarbij:

| | |
|--------------------|--|
| $\dot{H}_{huid,i}$ | Dosisconversiecoëfficiënt voor huidbesmetting in Sv/s per Bq/cm ² |
| t | Blootstellingsduur van de huidbesmetting in seconde |
| A_i | Oppervlaktebesmetting in Bq/cm ² van nuclide i |

5.1.3 Ingestie

De effectieve volgdozis ten gevolge van ingestie wordt berekend aan de hand van de gegevens en de onderstaande formule:

$$E_{ingestie} = \sum_i e_{(50)(w),ingestie,i} \cdot A_{ingestie,i}$$

Waarbij:

| | |
|------------------------|--|
| $e_{(50)(w),ingestie}$ | Effectieve volgdozis over 50 jaar voor werknemers als gevolg van ingestie in Sv/Bq van nuclide i |
| $A_{ingestie}$ | Activiteit die door middel van ingestie is opgenomen in het lichaam van nuclide i |

5.1.4 Inhalatie

Om de totale activiteit die door middel van inhalatie is opgenomen in het lichaam te bepalen is gebruik gemaakt van onderstaande formule:

$$A_{inhalatie,i} = C_{lucht} \cdot A_{c,i} \cdot A_{long} \cdot t$$

Waarbij

| | |
|-------------|--|
| C_{lucht} | Stofconcentratie in de lucht in g/m ³ |
| $A_{c,i}$ | Activiteitsconcentratie van nuclide i in Bq/g |
| A_{long} | Ademvolumetempo in m ³ /uur |
| t | Blootstellingsduur in uur |

De effectieve volgdozis ten gevolge van inhalatie wordt berekend aan de hand van de gegevens en de onderstaande formule:

$$E_{inhalatie} = \sum_i e_{(50)(w),inhalatie,i} \cdot A_{inhalatie,i}$$

Waarbij:

| | |
|---------------------------|---|
| $e_{(50)(w),inhalatie,i}$ | Effectieve volgdozis over 50 jaar voor werknemers als gevolg van inhalatie in Sv/Bq van nuclide i |
| $A_{inhalatie,i}$ | Activiteit die door middel van inhalatie is opgenomen in het lichaam van nuclide i |

5.1.5 Afschermingsfactoren

In het kader van de identificatie van de blootgestelde werknemers en in de indeling van de blootgestelde werknemers in categorie A of B wordt de afschermende werking van persoonlijke beschermingsmiddelen niet meegenomen bij de bepaling van de reguliere en potentiële blootstelling van de werknemer. De werkelijke effectieve dosis bij inhalatie zal maximaal 10% zijn van de berekende dosis als gevolg van inhalatie wanneer op een juiste wijze gebruik wordt gemaakt van de FFP3 stofmasker.

Om de totale activiteit die door middel van inhalatie met gebruik van een FFP3 stofmasker is opgenomen in het lichaam te bepalen is gebruik gemaakt van onderstaande formule:

$$A_{inhalatie,i} = C_{lucht} \cdot A_{c,i} \cdot A_{long} \cdot \frac{100 - E_{PBM}}{100} \cdot t$$

Waarbij

| | |
|-------------|---|
| C_{lucht} | Stofconcentratie in de lucht in g/m ³ |
| $A_{c,i}$ | Activiteitsconcentratie van nuclide i in Bq/g |
| A_{long} | Ademvolumetempo in m ³ /uur |
| E_{PBM} | Effect van de persoonlijke beschermingsmiddelen (FFFP3: 90) |
| t | Blootstellingsduur in uur |

5.2 Dosis ten gevolge van de reguliere blootstelling

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekeningen voor de reguliere blootstelling samengevat.

| Medewerker Gate Terminal B.V. / Contractor | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Handeling | Effectieve dosis [μSv/jaar] | Equivalente dosis [μSv/jaar] | |
| | Lichaam | Oog | Extremiteten |
| H1 | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ |
| H2 | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ |
| H4 | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ |
| Totaal | 0,0*10⁰ | 0,0*10⁰ | 0,0*10⁰ |

| Toezichhoudend medewerker stralingsbescherming | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Handeling | Effectieve dosis [μSv/jaar] | Equivalente dosis [μSv/jaar] | |
| | Lichaam | Oog | Extremiteten |
| H1 | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ |
| H3 | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ | 0,0*10 ⁰ |
| Totaal | 0,0*10⁰ | 0,0*10⁰ | 0,0*10⁰ |

5.3 Dosis ten gevolge van de potentiële blootstelling

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekeningen voor de potentiële blootstelling samengevat.

| Medewerker Gate Terminal B.V. / Contractor | | | |
|---|--|--|------------------------------------|
| Handeling | Effectieve volg dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | Equivalente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | |
| | Lichaam | Oog | Extremititeiten |
| G1 | $2,4 \cdot 10^1$ | - | - |
| G2a | $8,7 \cdot 10^0$ | - | - |
| G2b | $9,2 \cdot 10^1$ | - | - |
| Totaal | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |

| Toezichthoudend medewerker stralingsbescherming | | | |
|--|--|--|------------------------------------|
| Handeling | Effectieve volg dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | Equivalente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | |
| | Lichaam | Oog | Extremititeiten |
| G1 | $2,4 \cdot 10^1$ | - | - |
| G2a | $8,7 \cdot 10^0$ | - | - |
| G2b | $9,2 \cdot 10^1$ | - | - |
| Totaal | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |

Wanneer blijkt dat de voorziene onbedoelde gebeurtenis meer dan eens per jaar kan voorkomen en een effectieve dosis kan veroorzaken die groter is dan fractie 0,1 van de jaarlimiet voor niet blootgestelde werknemers dan moeten, vanuit het ALARA principe, de beschermende maatregelen worden geactualiseerd.

De volledige uitwerking van de berekeningen als gevolg van de potentiële blootstelling staan in bijlage 1.

6 Risico-evaluatie

6.1 Jaardosis voor de individuele werknemer

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekeningen voor de reguliere- en potentiële blootstelling samengevat en gesommeerd.

| Medewerker Gate Terminal B.V. / Contractor | | | |
|---|--|--|------------------------------------|
| Handeling | Effectieve (volg)dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | |
| | Lichaam | Oog | Extremititeiten |
| H1 | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| H2 | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| H4 | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| G1 | $2,4 \cdot 10^1$ | - | - |
| G2a | $8,7 \cdot 10^0$ | - | - |
| G2b | $9,2 \cdot 10^1$ | - | - |
| Totaal | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |

| Toezichthoudend medewerker stralingsbescherming | | | |
|--|--|--|------------------------------------|
| Handeling | Effectieve (volg)dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$] | |
| | Lichaam | Oog | Extremititeiten |
| H1 | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| H3 | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |
| G1 | $2,4 \cdot 10^1$ | - | - |
| G2a | $8,7 \cdot 10^0$ | - | - |
| G2b | $9,2 \cdot 10^1$ | - | - |
| Totaal | $1,2 \cdot 10^2$ | $0,0 \cdot 10^0$ | $0,0 \cdot 10^0$ |

6.2 Identificatie en indeling van de individuele werknemer

Omdat de dosislimiet van 1 mSv/jaar voor werknemers niet wordt overschreden is het niet noodzakelijk werknemers in te delen als blootgestelde werknemer categorie A of B.

6.3 Identificatie en indeling van ruimtes

Op basis van de resultaten is het niet noodzakelijk ruimtes in te delen als bewaakte- of gecontroleerde zone.

7 Toetsing aan ALARA

7.1 Rechtvaardiging

De handelingen met bronnen van ioniserende straling bij Gate Terminal B.V. zijn zowel generiek- als specifiek gerechtvaardigd.

7.2 Optimalisatie

Gezien de lage dosiswaarden, de genomen maatregelen en veiligheidsprocedures is voldoende invulling gegeven aan de optimalisatie van de handelingen met de bronnen van ioniserende straling. Er is geen noodzaak om de getroffen maatregelen verder aan te passen.

7.3 Limitering

Op basis van de resultaten is het niet te verwachten dat de wettelijke limieten voor niet blootgesteld werknemers worden overschreden.

Op basis van de resultaten is het niet noodzakelijk om werknemers in te delen als blootgesteld werknemer categorie A of B.

7.4 Dosisbeperking

Maatregelen m.b.t. dosisbeperking zijn vastgelegd in diverse werkinstructies. Om de kans van een VOG tot een minimum te beperken wordt altijd voorafgaand aan de werkzaamheden een startwerk bespreking gehouden waarin de risico's van het werken met besmette installatiedelen wordt benoemd en zal voorafgaand aan de werkzaamheden aan open installatiedelen zal altijd een besmettingsmeting worden uitgevoerd door een TMS.

Wanneer op basis van metingen blijkt dat de aanwezige activiteit in de installatie hoger is dan voorzien in deze RIE zal de situatie bij Gate Terminal B.V. worden beoordeeld door de stralingsbeschermingsdeskundige die de RIE, waar nodig, aan zal passen.

Bijlage 1: Uitwerkingen berekeningen potentiële blootstelling

Gebeurtenis G1 : Inhalatie

| Omschrijving bron | | : NORM | | Pb-210+ | Po-210 |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------|--|----------------|----------------|
| Stofconcentratie in de lucht | Clucht | g/m ³ | | 1,00E-03 | 1,00E-03 |
| Activiteitsconcentratie | A,c,i | Bq/g | | 1500 | 1500 |
| Ademvolumetempo | Along | m ³ /uur | | 1,2 | 1,2 |
| Blootstellingsduur | t | uur | | 8 | 8 |
| Geinhaleerde activiteit | A _{inhalatie} | Bq | | 1,44E+01 | 1,44E+01 |
| Effectieve volgdozis | e(50)(w),inhalatie | Sv/Bq | | 1,10E-06 | 6,00E-07 |
| E_{inhalatie} | Sv | | | 1,6E-05 | 8,6E-06 |
| E_{inhalatie} | μSv | | | 1,6E+01 | 8,6E+00 |
| E_{inhalatie,totaal} | μSv | | | 2,4E+01 | |

Gebeurtenis G2a : Huidbesmetting

| Omschrijving bron | | : NORM | | Pb-210 | Po-210 |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|--|----------------|----------------|
| Dosisconversiecoëfficiënt | H _{huid} | Sv/s per Bq/cm ² | | 1,0E-12 | 1,0E-14 |
| Tijdsduur | t | seconde | | 86400 | 86400 |
| Besmet huidoppervlak | A | Bq/cm ² | | 100 | 100 |
| E_{huid} | Sv | | | 8,6E-06 | 8,6E-08 |
| E_{huid} | μSv | | | 8,6E+00 | 8,6E-02 |
| E_{huid} | μSv | | | 8,7E+00 | |

Gebeurtenis G2b : Ingestie

| Omschrijving bron | | : | | Pb-210+ | Po-210 |
|-----------------------------|-----------------------|-------|--|----------------|----------------|
| Effectieve volgdozis | e(50)(w),ingestie | Sv/Bq | | 6,80E-07 | 2,40E-07 |
| Geingesteerde activiteit | A _{ingestie} | Bq | | 100 | 100 |
| E_{ingestie} | Sv | | | 6,8E-05 | 2,4E-05 |
| E_{ingestie} | μSv | | | 6,8E+01 | 2,4E+01 |
| E_{ingestie} | μSv | | | 9,2E+01 | |

Bijlage 2: Wettelijke limieten

Bewaakte zone

Een ruimte wordt aangemerkt als bewaakte zone, indien:

- 1°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen effectieve dosis groter is dan 1 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm², groter is dan 50 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 150 millisievert in een kalenderjaar; of
- 3°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de extremiteiten groter is dan 50 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 150 millisievert in een kalenderjaar.

Gecontroleerde zone

Een ruimte wordt aangemerkt als gecontroleerde zone, indien:

- 1°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen effectieve dosis groter is dan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de ooglensdosis groter is dan 15 millisievert in een kalenderjaar;
- 3°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm², groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar;
- 4°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de extremiteiten groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar; of
- 5°. er een mogelijkheid is van verspreiding van radioactieve stoffen vanuit de ruimte zodanig dat personen een dosis hoger dan de effectieve of equivalente dosis, genoemd in artikel 7.3, eerste lid, kunnen ontvangen.

Blootgestelde werknemer

Een A-werknemer is een blootgestelde werknemer, die:

- 1°. een effectieve dosis kan ontvangen die groter is dan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 15 millisievert in een kalenderjaar voor de ooglens;
- 3°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm²; of
- 4°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar voor de extremiteiten.

Een B-werknemer is een blootgestelde werknemer die niet als A-werknemer wordt ingedeeld.