



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. in 2024 met het **MONET-meetnet**

**Gammastralingsniveaumetingen aan de
terreingrens van COVRA N.V. in 2024
met het MONET-meetnet**

RIVM-briefrapport 2025-0168

Colofon

© RIVM 2026

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2025-0168

C.P. Tanzi (auteur), RIVM

Contact:

Cristina P. Tanzi

Milieu en Veiligheid/centrum Veiligheid/Stralingsincidenten, Monitoring & Analyse

cristina.tanzi@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in het kader van M/390220/24

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. in 2024 met het MONET-meetnet

Het RIVM meet elk jaar het niveau van gammastraling aan de terreingrens van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA N.V.) in Borsele. Dit niveau was in 2024 lager dan het maximum van 40 microsievert per jaar waarvoor de vergunning is verleend. De hoogste gemeten dosis blijkt 3,3 microsievert. Hiermee voldoet COVRA aan de eis uit de vergunning.

COVRA moet ervoor zorgen dat mensen buiten de terreingrens aan een zo laag als redelijkerwijs mogelijke dosis worden blootgesteld, onder het maximum van 40 microsievert. Dat is in de kernenergiewetvergunning vastgelegd.

In dit rapport staan de metingen, gemiddeld over tien minuten, van de twaalf MONET-monitoren aan de terreingrens van COVRA in 2024. Om de effectieve dosis te bepalen wordt het gammastralingsniveau op twaalf locaties langs de terreingrens gemeten. Het RIVM doet deze metingen met het zogenoemde MONET-meetnet. De metingen op een locatie zijn representatief voor de hoeveelheid gammastraling die van nature voorkomt (natuurlijke achtergrondwaarde). Van de metingen op de andere elf locaties wordt deze hoeveelheid gammastraling afgetrokken.

Ten slotte wordt de meetwaarde gecorrigeerd met de zogeheten Actuele Blootstellings Correctiefactor (ABC-factor). Een ABC-factor hangt samen met de bestemming van het gebied waar mensen kunnen blootstaan aan de stralingsdosis.

Het RIVM rapporteert en toetst de gammastraling aan de terreingrens elk jaar in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

Kernwoorden: gammastraling, omgevingsdosisequivalent, COVRA, radioactief afval, opslag

Synopsis

Gamma radiation dose measured at the site boundary of COVRA N.V. with the MONET network in 2024

Each year, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) measures the gamma radiation dose at the site boundary of the Central Organisation For Radioactive Waste (*Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval*, COVRA) in Borssele. In 2024, this dose was below the maximum of 40 microsievert per year ($\mu\text{Sv/y}$) permitted at the site boundary. The highest measured dose was 3.3 μSv . This means COVRA meets the relevant criterion in its operating licence.

COVRA has a duty to ensure that the exposure to radiation of people outside the site boundary is as low as reasonably possible, below the maximum of 40 microsievert per year ($\mu\text{Sv/a}$). This is pursuant to its operating licence under the Nuclear Energy Act.

This report provides the measurements, averaged over intervals of ten minutes, of the radiation dose recorded by the 12 MONET monitors at the boundary of the COVRA site in 2024. To determine the effective dose, the gamma radiation dose is measured in 12 locations along the site boundary. RIVM conducts these measurements through the MONET monitoring network. The measurements at one location are representative of the dose of gamma radiation that occurs naturally (natural background value). This quantity is subtracted from the measurements at the other eleven locations.

Lastly, the measurement value is corrected using the *Actuele Blootstelling Correctiefactor* (or ABC factor, meaning actual exposure correction factor). An ABC factor takes into account the specific use of the area where people may be exposed to the radiation dose.

RIVM is tasked by the Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (*Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming*, ANVS) to monitor the gamma radiation at the site boundary and report on this annually.

Keywords: external radiation, ambient dose equivalent, COVRA, radioactive waste, storage

Inhoudsopgave

1	Inleiding — 9
1.1	Aanleiding — 9
2	De gemeten grootte en de locaties van de meetposten — 11
2.1	Omgevingsdosistempo — 11
2.2	Overzicht terreinopstelling COVRA — 13
3	Metingen van de stralingsdosistempo met het MONET-meetnet aan het terrein van COVRA — 15
3.1	Operationaliteit — 15
3.2	Het 10-min omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis — 15
4	Bepaling van de door COVRA toegevoegde jaardosis in 2024 — 19
5	Conclusie — 23
	Literatuur — 25
	Bijlage 1 Berekeningen van de toegevoegde dosis op basis van de data in Figuur 4 — 27
	Bijlage 2 Bepaling van de toegevoegde stralingsdosis in 2023 volgens de methode gebruikt in dit rapport, en vergelijking met de resultaten in RIVM-briefrapport 2024-0122 — 28

1 Inleiding

Het centrum Veiligheid van RIVM voert continu metingen uit van het gammastralingsniveau aan de terreingrens van de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval N.V. (COVRA) aan de Spanjeweg 1, 4455 TW Nieuwdorp, met behulp van het MONET-meetnet¹.

De COVRA is als enige bedrijf in Nederland verantwoordelijk voor de centrale verzameling, verwerking en opslag van radioactief afval. Alle bedrijven in Nederland die een vergunning op grond van de kernenergiewet hebben om met radioactieve stoffen te werken, zijn verplicht hun radioactief afval aan COVRA aan te bieden. Het bedrijfsterrein van COVRA ligt in Nieuwdorp, een dorp in de gemeente Borsele in de provincie Zeeland. De COVRA beschikt over speciaal ontworpen opslagfaciliteiten voor de verwerking en opslag van radioactief afval. Het type radioactief afval dat wordt opgeslagen is laag-, middel- en hoograadioactief afval, waaronder ook bestraalde splijtstof. De COVRA is in 1982 opgericht en in 1989 is de eerste vergunning voor de huidige locatie verleend.

1.1 Aanleiding

De metingen in dit rapport zijn uitgevoerd in 2024 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS, Koningskade 4, Den Haag; www.anvs.nl) door RIVM, centrum Veiligheid, afdeling Stralingsincidenten, Monitoring en Analyse (adres: RIVM, Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, 3721 MA, Bilthoven).

Deze metingen dienen ter controle van de door COVRA aan de achtergrond toegevoegde stralingsniveaus, die zijn gelimiteerd in de Kernenergiewetvergunning van COVRA.

Volgens voorschrift F.1 van de op 7 januari 2015 met kenmerk DGETM-PDNIV/14210039 verleende revisievergunning, later gewijzigd op 23 september 2016² met kenmerk ANVS-2016/9507 [1]:

*"(...), dient COVRA ervoor te zorgen dat (...) voor personen buiten de inrichting de ontvangen effectieve dosis zo laag als redelijkerwijs mogelijk is, **maar in ieder geval lager dan 40 microsievert per jaar**. Als effectieve dosis geldt in het kader van dit voorschrift de Actuele Individuele Dosis (AID). Voor de bepaling van de AID gelden de regels als gegeven in de bijlage 1.5 (Rekenregels Analyse Gevolgen Ioniserende Straling) van de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ (Stcrt. 2013, 32478)³. De van toepassing zijnde ABC-factor volgt steeds uit tabel 6.2 van genoemde bijlage."* (Vet gedrukt door RIVM.)

¹ MOonitoring NEtwerk Terreinen

² op 1 juni 2023 is er een vergunning verleend, waarin géén wijzigingen op voorschrift F.1 opgenomen zijn (Kernenergiewet-vergunning aan COVRA N.V. in verband met de oprichting en het in werking brengen en houden van het Multifunctioneel Opslag Gebouw (MOG) en de ambtshalve actualisatie van voorschriften, met kenmerk ANVS-2023/2320)

³ vanaf 6 februari 2018 zijn deze regels opgenomen in bijlage 10 van de ANVS-verordening.

2 De gemeten grootheid en de locaties van de meetposten

2.1 Omgevingsdosistempo

In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de metingen van het MONET-meetnet om een schatting te maken van de gammadosis: de grootheid omgevingsdosisequivalent $H^*(10)$ wordt gebruikt in plaats van de limiterende grootheid effectieve dosis E_{ext} zoals voorgeschreven in de vergunning [1]. De reden hiervoor is dat de grootheid E_{ext} in het vrije veld niet te bepalen is, omdat het afhangt van de bestralingsgeometrie en van de energieverdeling van het gamma-energiespectrum. De grootheid $\dot{H}^*(10)$ die door de MONET-monitoren wordt gemeten is de tijdsafgeleide van het omgevingsdosisequivalent $H^*(10)$, zoals gedefinieerd in [2]. In de vergunning [1] zijn de vergunningslimieten opgesteld in een limiterende grootheid, de effectieve dosis E . De bijdrage van de externe straling aan de effectieve dosis wordt E_{ext} genoemd. Vandaar dat, conform de aanbevelingen van de ICRP [3] de operationele grootheid $H^*(10)$ wordt gebruikt als conservatieve schatting van de externe component van de effectieve dosis E_{ext} . Van belang hierbij is dat $H^*(10)$ een overschatting geeft van E_{ext} [3]. In het kader van de vergunningshandhaving wordt het verschil tussen de gemeten grootheid $H^*(10)$ en de limiterende grootheid E_{ext} vooral van belang op het moment dat $H^*(10)$ groter is dan de vergunningslimiet. De stralingsdosis als gevolg van neutronen is in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

Om de toegevoegde dosis te bepalen wordt een andere methode toegepast dan in eerdere verschenen rapporten zoals bijvoorbeeld wordt beschreven in paragraaf 4.1 van RIVM-briefrapport 2024-0122 [4]. De hier gekozen methode is in staat om een toegevoegde dosis te bepalen ten opzichte van een gekozen referentiewaarde. Deze toegevoegde dosis kan, waar mogelijk, vergeleken worden met de voorschriften in de vergunning. Met deze methode kan een toegevoegde dosis berekend worden die, in tegenstelling met de in eerdere rapporten gekozen methode, géén overschatting levert dat veroorzaakt wordt door verhogingen als gevolg van weersomstandigheden (zoals hevige regenval). Ook is de bepaling van de toegevoegde dosis door deze methode onafhankelijk van de aanwezigheid van een reeks van metingen in het verleden die als referentieniveau kunnen dienen. Ter vergelijking, de hier gekozen methode om de toegevoegde dosis te bepalen is op de metingen in RIVM-briefrapport 2024-0122 [4] van het jaar 2023 toegepast (zie Bijlage 2), en wordt met de daarin bepaalde toegevoegde dosis vergeleken. Binnen de experimentele onzekerheden zijn de resultaten van de in eerdere verschenen rapporten toegepaste methode en de hier gekozen methode vergelijkbaar.

De metingen van $\dot{H}^*(10)$ worden uitgevoerd met twee type monitoren: Bitt RS03/X proportionele telbuis en autonome GammaTRACER XL2 (Geiger-Müller telbuis [11]). De energierespons van beide type monitoren is zodanig dat de uitlezing overeenkomt met het omgevingsdosisequivalenttempo. De monitoren hebben elk een verschillende hoekafhankelijkheid en een verschillende gevoeligheid

voor kosmische straling. Voor de GammaTRACER XL2 is gebleken dat de energie respons met een Co-60 bron een factor 1,3 is⁴.

In het algemeen geeft de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 een wat hogere (enkele $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$) waarde van het stralingsniveau ten opzichte van de Bitt monitoren. Voor het hele Nationaal Meetnet Radioactiviteit (NMR) netwerk van 150 monitoren in Nederland, dus voor het achtergrondniveau, bedraagt het verschil gemiddeld⁵ $8 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, zie Figuur 4.4 van [5]).

In een studie van de Bitt RS02 wordt de systematische onderschatting van $H^*(10)$ door activiteit in de lucht geraamd op 3-7%, afhankelijk van de verdeling van de radionucliden in de lucht [6].

Andere studies zijn voor de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2⁶ en voor de Bitt RS03/485 of Bitt RS03/485L monitor uitgevoerd. Voor de Bitt RS03/485(L)-monitor kan worden aangenomen dat systematische fouten en de absolute onzekerheid hetzelfde zijn als van de Bitt RS02, gezien dezelfde opbouw van de proportionele telbuis.

Voor het uitvoeren van metingen van het omgevingsdosisequivalent met dosistempo-monitoren bestaat de norm NEN 5648 [7]. In deze norm wordt aangegeven hoe metingen moeten worden uitgevoerd en hoe onzekerheden in rekening kunnen worden gebracht. Deze norm is bij de MONET-metingen deels toegepast, dat wil zeggen dat de kalibratie van de monitoren afwijkt van de norm. In de norm wordt aangegeven hoe de hoek- en energieafhankelijkheid in rekening gebracht kan worden als onderdeel van de totale onzekerheid in de meetresultaten. Gegevens over de hoek- en energieafhankelijkheid van de Bitt RS02 zijn te vinden in referenties [6, 8] en voor de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 in [9]. Voor de Bitt RS02, dat vergelijkbaar is met de Bitt RS03, bedraagt de onzekerheid, op basis van deze gegevens, volgens de norm circa 15%, en voor de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 circa 19% (1σ), met name door de energieafhankelijkheid van de monitor, in combinatie met het feit dat het door COVRA aangeboden energiespectrum niet bekend is.

In het jaar 2021 zijn door RIVM tijdens enkele dagen aanvullende terreingrens-metingen bij de COVRA uitgevoerd in opdracht van de ANVS [8]. Daarin is er specifiek ingegaan op het monitoren van de terreingrensdosis op twee locaties aan het hek nabij VOG-1, met het doel om het door COVRA toegevoegde gamma- en neutronendosistempo te meten.

Bij het overschrijden van een afgesproken grenswaarde door een MONET-monitor (een gemeten dosistempo van $5 \mu\text{Sv}$ door een monitor

⁴ De energie respons voor Co-60 is tijdens een EURADOS campagne als $1,28 \pm 0,04$ vastgesteld (NMR Saphymo XL-2-3 Prestatiekenmerken, kalibratiemethode en vergelijking met Bitts, Interne notitie, versie 1.0, C.P. Tanzi, R.B. Tax, 10 juni 2018). Ook bij kalibraties is gebleken dat, voor $H^*(10) < 100 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, dat normaal het geval is, de energie respons met een Co-60 bron 1,3 is. Dit verschil wordt kleiner voor hogere dosistempi (Maarten Hakvoort, pers. comm., 12 juli 2024).

⁵ Gemiddeld is het verschil $8 \pm 4 \text{ nSv/h}$, waar de standaarddeviatie is als 1σ gegeven (zie par. 8.6 van [9]).

⁶ bijvoorbeeld H. Dombrowski, S. Neumaier, PTB intercomparisons of passive $H^*(10)$ area dosimeters for environmental monitoring, Radiation Protection Dosimetry, Volume 161, Issue 1-4, October 2014, Pages 53-57, <https://doi.org/10.1093/rpd/nct212>

gedurende een dag) of door verminderde operationaliteit van het netwerk, geldt de afspraak dat RIVM een waarschuwingsbericht aan de ANVS stuurt. In 2024 is er geen aanleiding geweest om een waarschuwingsbericht op te sturen.

2.2 Overzicht terreinopstelling COVRA

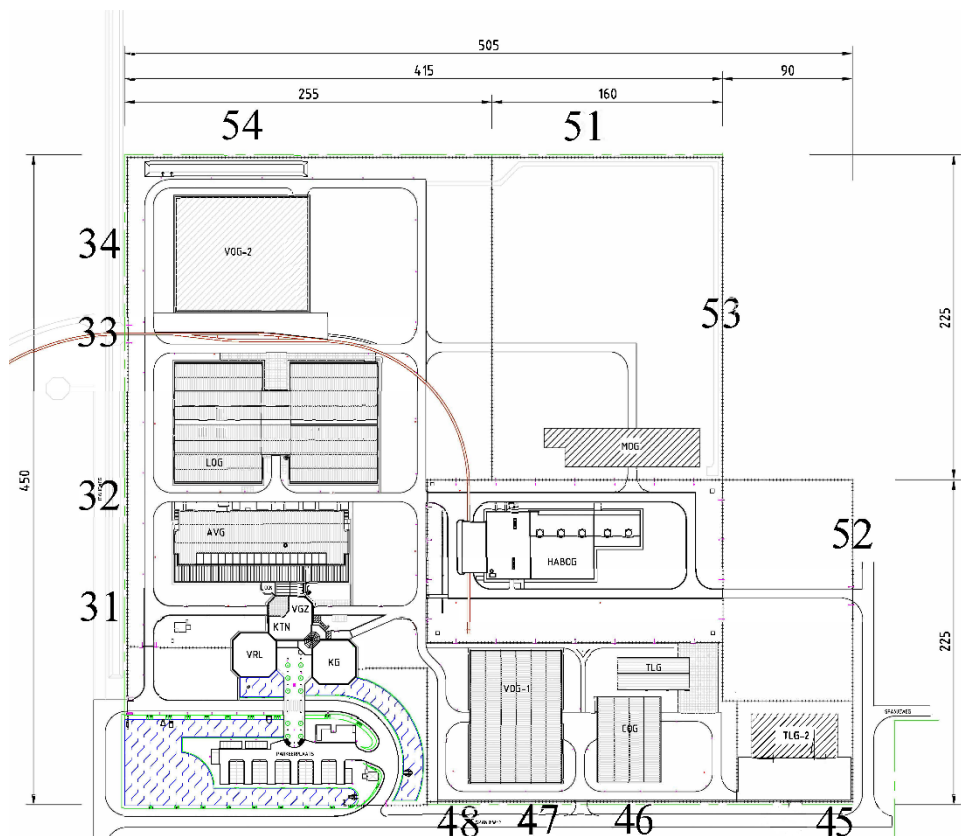
Op de terreingrens van COVRA beheert het RIVM een netwerk van twaalf gammastralingsmeetposten langs een omheining van het COVRA terrein. In Figuur 1 zijn de locaties van deze twaalf monitoren 31 t/m 34, 45 t/m 48 en 51 t/m 54 schematisch weergegeven op het plattegrond van de COVRA, door gebruik te maken van de bijbehorende getallen.

De keuze om deze locaties van de meetposten te kiezen is deels gebaseerd op pragmatische redenen. Waar mogelijk worden locaties gekozen waar er een reden is om de hoogste stralingsdosis te verwachten, bijvoorbeeld meetpost 33 ligt langs het spoor waar nucleaire transporten plaatsvinden, en meetposten 47 en 48 liggen langs de VOG waar verarmd uranium opgeslagen wordt. Meetpost 54 ligt langs de VOG-2 waar ook verarmd uranium opgeslagen wordt. Soms worden meetposten geplaatst op locaties die gebaseerd zijn op toekomstige plannen voor uitbreiding van de opslag van de COVRA. Andere aspecten spelen ook een rol als bijvoorbeeld de mogelijkheid om kabels neer te kunnen leggen voor de voeding van de batterijen van de monitoren en de data acquisitie, de beveiliging van het terrein en het beschikbare budget, zowel voor de plaatsing als voor het dagelijks beheer.

Vier van deze meetposten, 51 t/m 54, zijn mobiele monitoren van het type Gamma TRACER-XL2 [9] (Geiger-Müller telbuis). Deze monitoren hebben een zonnecel die een 12V accu bijlaadt en kunnen daarom zonder energievoorziening overal in Nederland autonoom functioneren. Deze vier meetposten (51, 52, 53 en 54) zijn op de huidige locatie in 2015 geplaatst vanwege de uitbreiding van het aantal gebouwen op het terrein.

De overige acht meetposten zijn voorzien van monitoren van het type Bitt (proportionele telbuis). De meeste monitoren van deze acht Bitt meetposten zijn van het type RS03/485-L, met de uitzondering van meetpost 46 en (vanaf 19 september 2023) van meetpost 47: deze zijn allebei van het type RS03/485. Deze acht meetposten zijn vanaf het jaar 2004 in gebruik met de uitzondering van meetpost 45, dat vanaf 9 februari 2022 op de huidige locatie in werking is, op ongeveer 50 m afstand van de oorspronkelijke locatie. In het jaar 2022 was voor meetpost 45 het type monitor Gamma TRACER-XL2 gebruikt, terwijl vanaf 2023 een Bitt (proportionele telbuis) wordt gebruikt.

Figuur 1 Plattegrond met een overzicht van de terreinopstelling van de COVRA met de locaties van de twaalf MONET meetposten (nummers 31 t/m 34, 45 t/m 48 en 51 t/m 54) langs de omheining van het COVRA terrein vanaf het jaar 2015.



3 Metingen van de stralingsdosistempo met het MONET-meetnet aan het terrein van COVRA

In dit hoofdstuk wordt een analyse van de metingen over 2024 gepresenteerd. Het verloop gedurende het jaar van het gemeten omgevingsdosisequivalenttempo van de metingen geïntegreerd over een tijdsperiode van 10 minuten (de 10-min waarden) en de gemeten totale jaardosis wordt getoond voor iedere monitor.

3.1 Operationaliteit

Er zijn in totaal 366 dagen in het jaar 2024 waarvoor metingen van het MONET-meetnet aan de terreingrens van COVRA beschikbaar zijn: in Tabel 1 is de operationaliteit weergegeven, als percentage van het totale aantal van 52704 beschikbare 10-min perioden in 2024. Alle tijdsaanduidingen met betrekking tot het jaar 2024 in dit rapport zijn in UTC; in eerdere rapporten is er altijd gebruik gemaakt van de lokale tijd (CET). De laagste operationaliteit is voor monitor 54 met 99,5% (er is een totaal van 243 ontbrekende 10-min data voor monitor 54).

Tabel 1 De operationaliteit van de MONET-monitors in 2024 en het aantal beschikbare 10-min metingen.

MONET-monitor	Operationaliteit (%)	Aantal 10-min metingen
31	99,98	52691
32	99,97	52687
33	99,95	52679
34	99,96	52682
45	99,98	52693
46	99,98	52691
47	99,89	52681
48	99,96	52688
51	99,99	52699
52	99,99	52697
53	99,98	52695
54	99,56	52471

3.2 Het 10-min omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis

In Tabel 2 wordt de gemeten jaardosis gegeven, berekend als de som van de 10-min metingen. Voor de bijbehorende onzekerheid is hier gebruikt gemaakt van de informatie over de 1 σ onzekerheid van het gebruikte type monitor zoals gegeven in paragraaf 3.2. Figuur 2 toont het 10-min omgevingsdosisequivalenttempo gedurende het jaar. De natuurlijke achtergrond is de som van de stralingsdosistempo afkomstig van een terrestrische component (door radionucliden aanwezig in de grond en in de lucht) en een component afkomstig uit kosmische straling. Ook kan hevige regenval een verhoogde depositie van vervalproducten van radon

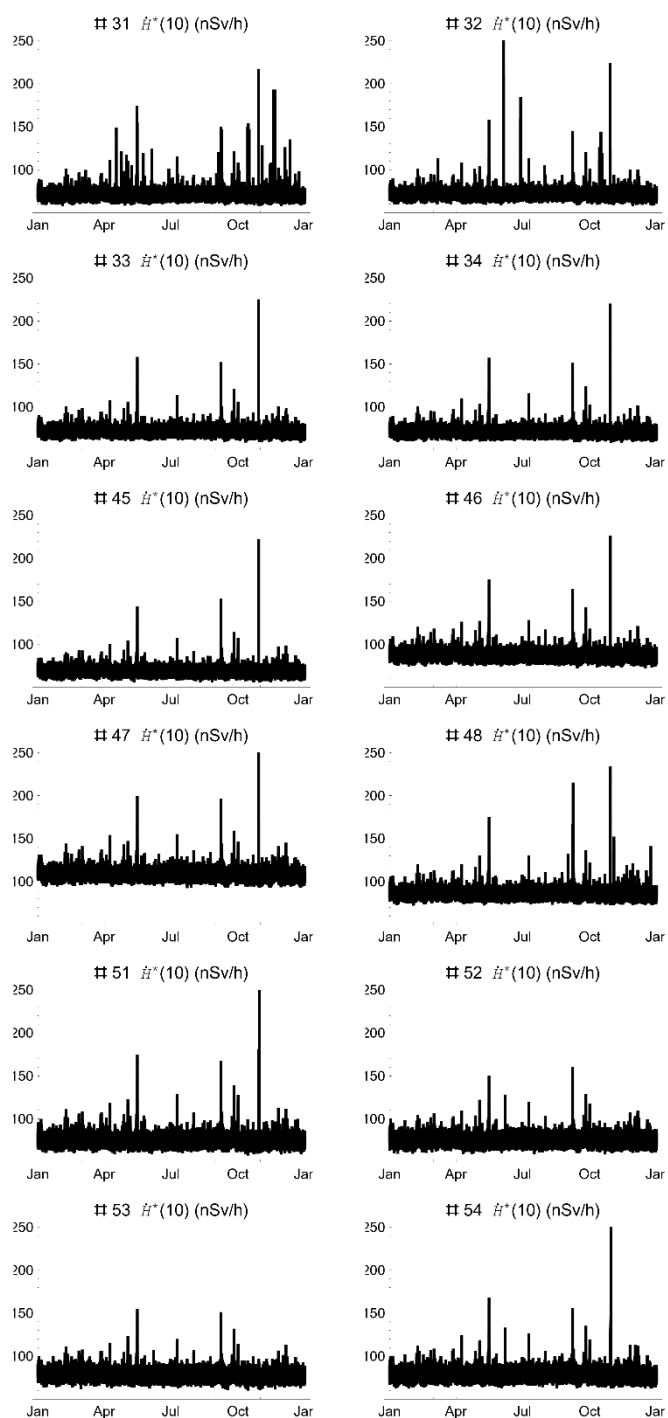
veroorzaken, dat met een kortdurende verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo als gevolg. Er zijn andere verhogingen zichtbaar in de metingen, bijvoorbeeld op 29 oktober toen metingen met een testbron beurtelings bij de monitoren 31 t/m 48 uitgevoerd zijn, en op 30 oktober voor de monitoren 51 en 54⁷. Monitor 31 toont relatief meer verhogingen ten opzichte van de naast gelegen monitor 32: een mogelijke oorzaak hiervan zijn transporten over de weg van nucleaire afval. In Tabel 3 worden het gemiddelde en de spreiding (de standaard deviatie van het gemiddelde) weergegeven.

Tabel 2 De jaardosis (μSv) door de MONET-monitoren bij COVRA in 2024, met de bijbehorende onzekerheden.

MONET-monitor	dosistempo (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j)	onzekerheid
31	626	94	15%
32	631	95	15%
33	637	96	15%
34	630	95	15%
45	608	91	15%
46	773	116	15%
47	957	144	15%
48	760	114	15%
51	666	126	19%
52	668	127	19%
53	690	131	19%
54	691	131	19%

⁷ De testbronnemetingen zijn ook voor de monitoren 52 en 53 op 29 oktober 2024 uitgevoerd: omdat deze meetdata met de code "in onderhoud" geregistreerd worden, zijn ze daardoor niet zichtbaar in de metingen in dit rapport.

Figuur 2 Het 10-min omgevingsdosisequivalenttempo $\dot{H}^(10)$ voor de MONET-monitoren aan de terreingrens van COVRA in 2024.*



Tabel 3 Het berekende gemiddelde en de berekende standaard deviatie van de metingen in Figuur 2.

MONET-monitor	$\dot{H}^{*(10)}$ (nSv/h)	1σ (nSv/h)
31	71,3	3,8
32	71,9	3,5
33	72,5	3,2
34	71,8	3,2
45	69,2	3,2
46	88,0	3,8
47	109,0	4,1
48	86,5	3,9
51	75,8	10,3
52	76,0	4,0
53	78,6	3,9
54	79,1	10,2

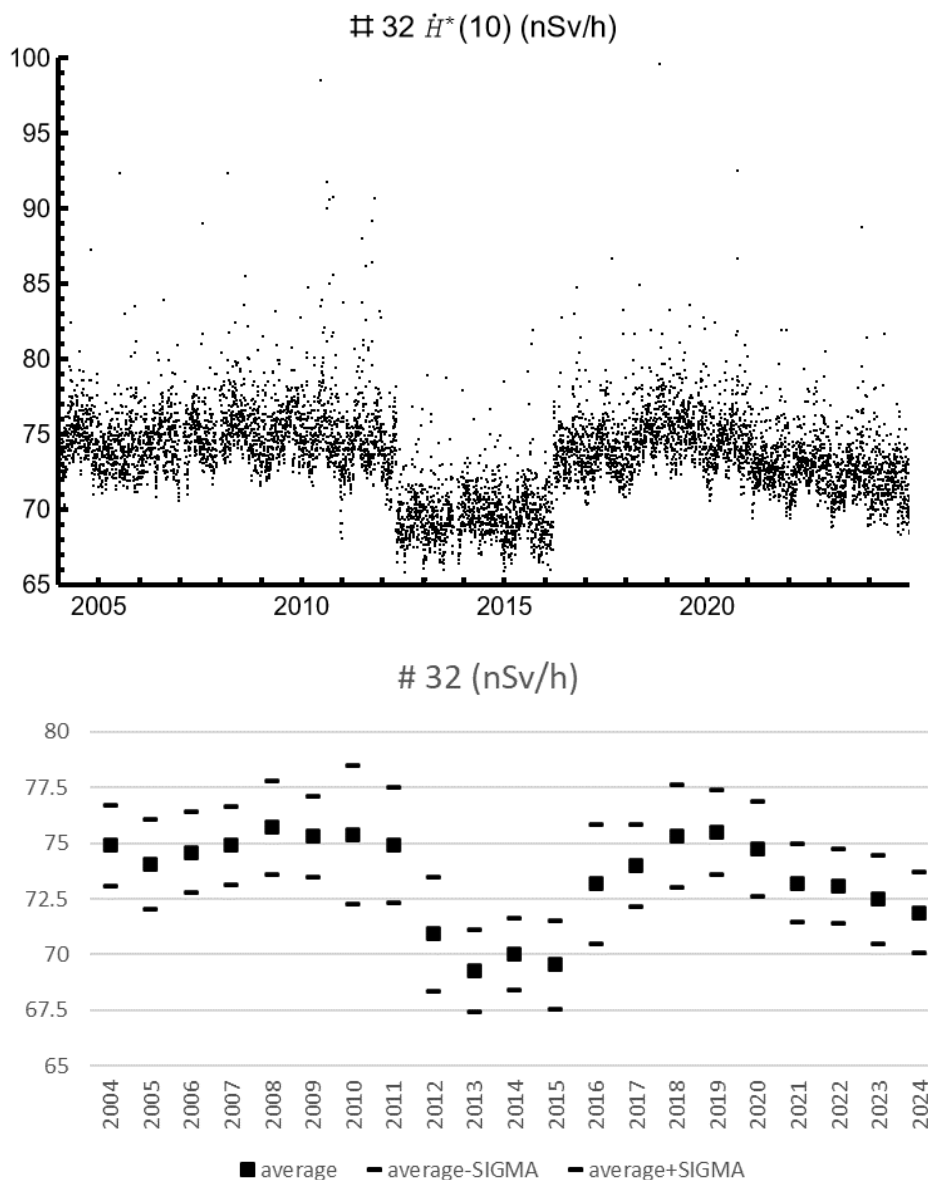
4 Bepaling van de door COVRA toegevoegde jaardosis in 2024

De metingen van monitor 32 zijn gekozen als achtergrondwaarde. De reden hiervoor is pragmatisch, namelijk ligt de locatie (zie Figuur 1) niet vlakbij gebouwen met een verhoogd stralingsniveau. De transporten van radioactief afval (over de weg, dus niet via het spoor) komen langs bij zowel monitor 32 als monitor 31. Deze transporten passeren echter snel waardoor ze weinig tot geen invloed hebben op een verhoging van het dosisequivalenttempo over een jaar. Om deze keuze voor een achtergrondwaarde ook in de toekomst te kunnen gebruiken, is uit praktische redenen monitor 31 niet als referentiewaarde gekozen, omdat deze is sinds september 2025 niet meer actief.

Er is geringe variatie gemeten in de dagelijkse gemiddelden van monitor 32, vanaf het begin van de MONET-metingen in 2004, zoals aangegeven in Figuur 3. Bij deze meetpost 32 is er zowel in mei 2012 als op 18 maart 2016 een nieuwe monitor geplaatst. De intrinsieke verschillen tussen de geplaatste monitoren zijn de reden van de afname van het gemeten omgevingsdosis-equivalenttempo tussen 2012 en 2016. Deze afname is dus enkel gegeven door het verwisselen van de monitoren en is dus niet aan een daadwerkelijke afname van het omgevingsdosisequivalenttempo in die periode toe te schrijven [10]. Figuur 3 toont ook het jaarlijks gemiddelde, samen met de berekende standard deviatie (1 sigma)⁸: deze variatie ligt ruim binnen de 15% onzekerheid van deze Bitt monitoren.

⁸ Twee meetdagen zijn buiten beschouwing gelaten bij het berekenen van de standard deviatie: namelijk 12 oktober 2005, wanneer testbornmetingen plaatsgevonden hebben, en 27 juli 2019, wanneer vijf achtereenvolgende extreem hoge 1-minuut metingen geregistreerd zijn, die als artefact beschouwd zijn (RIVM-briefrapport 2019-0107).

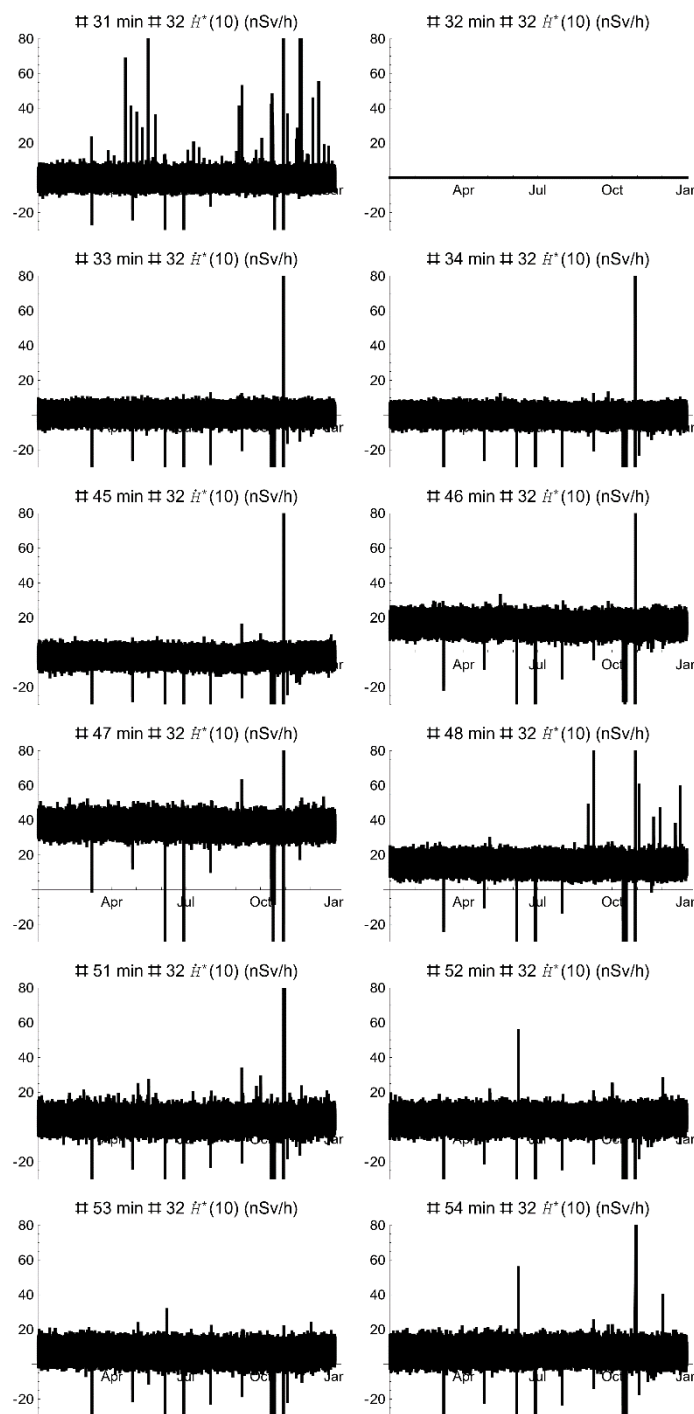
Figuur 3 Boven: de daggemiddelden van het dosisequivalenttempo van monitor 32 in de periode 2004 tot 2024. Onder: de jaarlijkse gemiddelden, met de bijbehorende berekende standard deviatie.



De toegevoegde dosis ten opzichte van de achtergrondwaarde wordt gegeven in Tabel 4, en is berekend uit Tabel 2.

Figuur 4 toont het verschil van de metingen van Figuur 2 met de metingen van monitor 32, dat als referentie dient, over het hele jaar. Op 29 oktober 2024 zijn door RIVM metingen met een testbronmeting gedaan, waarbij de bron beurtelings vlak bij de monitoren 31 t/m 48 geplaatst is: dit is de reden van de piek van toegevoegde dosis die in Figuur 4 voor 29 oktober voor deze monitoren zichtbaar is. Voor de monitoren 51 en 54 zijn deze metingen op 30 oktober uitgevoerd, wanneer ook pieken zichtbaar zijn. Deze Figuur 4 toont aan dat er geen zichtbare toename of afname is over het hele jaar.

Figuur 4 Het 10-min omgevingsdosisequivalenttempo $\dot{H}^(10)$ voor de MONET-monitoren aan de terreingrens van COVRA in 2024 met de metingen van monitor 32, dat als representatief voor de achtergrond gekozen is, afgetrokken.*



De toegevoegde dosistempo ten opzichte van deze achtergrondwaarde (meetpost MP 32) kan nu op basis van Tabel 2 berekend worden: dit is in Tabel 4 weergegeven. De onzekerheid is berekend onder de aanname dat de onzekerheden van 15% voor monitor 31 tm 48 en 19% voor monitors 51 tm 54 (uit paragraaf 2.1) random errors zijn. De absolute

onzekerheid wordt dus hier berekend als de wortel (sqrt) van de som van de kwadraten van de fouten: bijvoorbeeld

$$\text{sqrt}((\text{onzekerheid}_{32\text{ref}} * \text{jaardosis}_{32\text{ref}})^2 + (\text{onzekerheid}_{47} * \text{jaardosis}_{47})^2)$$

Omdat monitors 31 tm 48 van hetzelfde type (Bitt) zijn, ligt waarschijnlijk (voor deze monitors) de echte onzekerheid tussen 15% van de berekende toegevoegde jaardosis, en de (grotere) onzekerheid zoals berekend is in Tabel 4. Omdat monitoren 51 tm 54 een hogere onzekerheid (19%) hebben dan monitors 31 tm 48, is de onzekerheid voor deze monitoren, zoals weergegeven in Tabel 4, groter dan voor monitoren 31 tm 48.

Tabel 4 De toegevoegde jaardosis ten opzichte van monitor 32, die als achtergrond is gekozen, zoals berekend uit Tabel 2.

MONET-monitor	toegevoegde jaardosis (afgerond) (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j) (aannee van random error)	ABC factor	jaardosis na toepassing ABC-factor (μSv) in 2024
31	-5	133	0,01	-0,05 $\pm$ 1,3
32	0 (referentie)	0 (referentie)	0,01	0 (referentie)
33	5	134	0,01	0,05 $\pm$ 1,3
34	-1	134	0,01	0,01 $\pm$ 1,3
45	-23	131	0,01	-0,2 $\pm$ 1,3
46	141	150	0,01	1,4 $\pm$ 1,5
47	326	172	0,01	3,3 $\pm$ 1,7
48	128	148	0,01	1,3 $\pm$ 1,5
51	34	158	0,01	0,3 $\pm$ 1,6
52	36	158	0,2	7 $\pm$ 32
53	59	161	0,2	12 $\pm$ 32
54	60	162	0,01	0,6 $\pm$ 1,6

Aan de hand van de data in Figuur 4 kan ook, net als voor Tabel 4, de toegevoegde dosis ten opzichte van de achtergrondwaarde berekend worden. Dit levert verschillen, ten opzichte van Tabel 4, in de toegevoegde dosis voor enkele monitoren, die niet significant zijn, dat wil zeggen dat de verschillen binnen de gegeven 1 σ onzekerheid liggen. Dat komt doordat de operationaliteit groter dan 99,5% is, voor alle monitors. Dit wordt in Bijlage 1 weergegeven.

Bij het toetsen aan de vergunningslimiet per jaar (40 μ Sv) wordt de dosis vermenigvuldigd met de ABC-factor. Na toepassing van de ABC-factor is de hoogste bepaalde jaardosis 12 $\pm$ 32 μ Sv door monitor M53. Omdat deze niet significant van nul verschilt (d.w.z. dat de nul waarde binnen de 1 σ onzekerheid ligt) wordt de hoogste bepaalde jaardosis als 3,3 $\pm$ 1,7 μ Sv door monitor M47 beschouwd. De ABC-factor is een factor die met de gebruiksoptie van de omgeving samenhangt, zoals in de vergunning wordt voorgeschreven. Deze toename van de dosis van monitor 47 is veroorzaakt door de aanwezigheid van radioactief afval in het naastgelegen VOG gebouw.

5 Conclusie

In 2024 zijn metingen uitgevoerd van het gammastralingsniveau aan de terreingrenzen van COVRA N.V. te Borsele met het MONET-meetnet. Om de door COVRA toegevoegde jaardosis ten gevolge van gammastraling te kunnen bepalen is de keuze gemaakt om de metingen van monitor 32 te gebruiken als representatieve achtergrond.

Aan de met deze methode bepaalde toegevoegde jaardosis kunnen ook verhoogde stralingsniveaus bijdragen die veroorzaakt zijn door niet-destructief onderzoek dat plaatsvindt bij een bedrijf in de omgeving van de COVRA, en verhogingen door transport van radioactief materiaal naar de COVRA per spoor.

In 2024 is M47 de monitor met de significante (d.w.z. dat de nul waarde buiten de onzekerheid van 1σ ligt) hoogste jaardosis $326 \pm 172 \mu\text{Sv}$ (1σ onzekerheid). Dit is een netto dosisequivalent, dus met aftrek van de achtergrond. Na correctie met de ABC-factor om de gebruiksoptie van de omgeving in rekening te brengen is de effectieve jaardosis $3,3 \pm 1,7 \mu\text{Sv}$. Op geen van de meetpunten is de in dit rapport vastgestelde verhoging van de effectieve dosis hoger dan de voor de COVRA N.V. vergunde limiet van $40 \mu\text{Sv}$ per jaar.

Literatuur

- [1] KEW vergunning verleend op 7 januari 2015 met kenmerk DGETM-PDNIV/14210039, later gewijzigd op 23 september 2016 met kenmerk ANVS-2016/9507.
- [2] International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and units in radiation protection dosimetry, ICRU Report 51, Bethesda MD (1993).
- [3] ICRP publication 116, Conversion Coefficients for Radiological Protection for External Radiation Exposures, ISSN 0146-6453, Ann. ICRP 40(2-5), 2010.
- [4] Tanzi, C.P., Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. te Borsele in 2023 met het MONET- meetnet, RIVM-briefrapport 2024-0122, Bilthoven, 2024.
- [5] Tanzi CP (ed.), Environmental radioactivity in the Netherlands, Results in 2018, RIVM report 2019-0216 (2020).
- [6] Smetsers RCGM, Blaauboer RO, Variations in outdoor radiation levels in the Netherlands, proefschrift, Universiteit Groningen, april 1996, ISBN 90-367-0621-1.
- [7] Nederlands Normalisatie-instituut, NEN 5648:2007 nl, Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van het over de tijd gemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo met momentaan aanwijzende apparatuur, 2007.
- [8] Dijk van E, Aalbers AHL, De calibratie en de energieresponsie van de Bitt RM10/RS02 gammastralingsdetectoren, RIVM-rapport 243504003, Bilthoven, maart 1990.
- [9] R. Tax, Onzekerheid Bertin Gammatracers (Inventarisatie Onzekerheidsbudget), RIVM, intern RIVM document, 8 juli 2024 (zie ook R. Tax, P. den Outer, Meetonzekerheid Saphymo Gammatracers, RIVM, intern RIVM document (ref. itask 05146), 10 september 2018).
- [10] Kwakman, P.J.M., Bosch, P.P., Gammastralingsniveaumetingen en neutronendosistempometingen bij de terreingrens van COVRA-VOG in 2021, RIVM-briefrapport 2022-0044, 2021.
- [11] Manual GammaTRACER XL2, Saphymo, version 08/2012.
- [12] Tanzi, C.P., Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. te Borsele in 2018 met het MONET- meetnet, RIVM-briefrapport 2019-0107, Bilthoven, 2019.

Bijlage 1 Berekeningen van de toegevoegde dosis op basis van de data in Figuur 4

Een andere manier om de toegevoegde dosis te berekenen, dat in Tabel 4 is gegeven, is door de analyse van de data in Figuur 4, die het verschil in dosistempo met de achtergrondwaarde (meetpost MP 32) tonen: dat wordt in Tabel 1.1 weergegeven. Er zijn slechts niet significante verschillen, ten opzichte van Tabel 4, in de toegevoegde dosis voor enkele monitoren, d.w.z. dat de verschillen binnen de gegeven 1σ onzekerheid liggen. Dat komt doordat de operationaliteit heel hoog is (groter dan 99,5% voor alle monitors). De onzekerheid in Tabel 1.1 is berekend onder de aanname dat de onzekerheden van 15% voor monitor 31 tm 48 en 19% voor monitors 51 tm 54 (uit paragraaf 2.1) random errors zijn, zoals in Hoofdstuk 4 beschreven is. De absolute onzekerheid wordt dus hier berekend als de wortel (sqrt) van de som van de kwadraten van de fouten: bijvoorbeeld

$$\text{sqrt}((\text{onzekerheid}_{32\text{ref}} \cdot \text{jaardosis}_{32\text{ref}})^2 + (\text{onzekerheid}_{47} \cdot \text{jaardosis}_{47})^2)$$

Omdat monitors 31 tm 48 van hetzelfde type (Bitt) zijn, ligt waarschijnlijk (voor deze monitors) de echte onzekerheid tussen 15% van de berekende toegevoegde jaardosis, en de (grotere) onzekerheid zoals berekend is in Tabel 1.1. Omdat monitoren 51 tm 54 een hogere onzekerheid (19%) hebben dan monitors 31 tm 48, is de onzekerheid voor deze monitoren groter dan voor monitors 31 tm 48.

Tabel 1.1 De toegevoegde jaardosis ten opzichte van referentiemonitor 32, zoals berekend wordt uit de data in Figuur 4, dat het verschil van de metingen van Figuur 2 met de metingen van monitor 32 toont. Er zijn slechts niet significante (binnen de gegeven onzekerheid) verschillen, ten opzichte van Tabel 4.

MONET-monitor	toegevoegde jaardosis (afgerond) (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j) (aanname van random error)	ABC factor	jaardosis na toepassing ABC-factor (μSv) in 2024
31	-5	133	0,01	-0,05 ± 1,3
32	0 (referentie)	0 (referentie)	0,01	0 (referentie)
33	5	134	0,01	0,05 ± 1,3
34	-1	134	0,01	-0,01 ± 1,3
45	-24	131	0,01	-0,2 ± 1,3
46	141	150	0,01	1,4 ± 1,5
47	326	172	0,01	3,3 ± 1,7
48	128	148	0,01	1,3 ± 1,5
51	34	158	0,01	0,3 ± 1,6
52	36	158	0,2	7 ± 32
53	59	162	0,2	12 ± 32
54	63	162	0,01	0,6 ± 1,6

Bijlage 2 Bepaling van de toegevoegde stralingsdosis in 2023 volgens de methode gebruikt in dit rapport, en vergelijking met de resultaten in RIVM-briefrapport 2024-0122

In RIVM-briefrapport 2024-0122 is de toegevoegde stralingsdosis in 2023 berekend, gebruik maken van dagelijks gemiddelde metingen, en de daarin beschreven methode. De methode dat in dit rapport gebruikt wordt, kan ook toegepast worden op de 10-min metingen van 2023, om de resultaten van beiden methoden te kunnen vergelijken. Tabel 2.1 toont de operationaliteit van de monitors in 2023.

Tabel 2.1 De operationaliteit van de MONET-monitors in 2023 en het aantal beschikbare 10-min metingen.

MONET-monitor	Operationaliteit (%)	Aantal 10-min metingen
31	98,10	51563
32	98,12	51571
33	98,11	51565
34	98,10	51560
45	98,12	51570
46	98,11	51564
47	98,03	51522
48	98,11	51568
51	98,15	51588
52	98,12	51571
53	98,15	51588
54	98,15	51588

In Tabel 2.2 wordt de gemeten jaardosis gegeven, berekend als de som van de 10-min metingen. Voor de bijbehorende onzekerheid is hier gebruikt gemaakt van de informatie over de 1σ onzekerheid van het gebruikte type monitor zoals gegeven in paragraaf 3.2.

Tabel 2.2 De jaardosis (μSv) door de MONET-monitoren bij COVRA in 2023, berekend uit de 10-minuten metingen, met de bijbehorende onzekerheden.

MONET-monitor	dosistempo (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j)	onzekerheid
31	619	93	15%
32	623	93	15%
33	628	94	15%
34	622	93	15%
45	605	91	15%
46	761	114	15%

MONET-monitor	dosistempo (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j)	onzekerheid
47	944	142	15%
48	751	113	15%
51	657	125	19%
52	653	124	19%
53	682	130	19%
54	688	131	19%

De toegevoegde dosistempo ten opzichte van de gekozen achtergrondwaarde (meetpost MP 32) kan nu op basis van Tabel 2.2 berekend worden: dit is in Tabel 2.3 weergegeven.

Tabel 2.3 De toegevoegde jaardosis in 2023 ten opzichte van monitor 32, die als achtergrond is gekozen, zoals berekend uit Tabel 2.2.

MONET-monitor	toegevoegde jaardosis (afgerond) (microSv/j)	1σ onzekerheid (microSv/j) (aanname van random error)	ABC factor	jaardosis na toepassing ABC-factor (μSv) in 2023
31	-4	132	0,01	-0,04 $\pm$ 1,3
32	0 (referentie)	0 (referentie)	0,01	0 (referentie)
33	5	133	0,01	0,05 $\pm$ 1,3
34	-2	132	0,01	-0,02 $\pm$ 1,3
45	-18	130	0,01	-0,18 $\pm$ 1,3
46	138	148	0,01	1,4 $\pm$ 1,5
47	321	170	0,01	3,2 $\pm$ 1,7
48	127	146	0,01	1,3 $\pm$ 1,5
51	34	156	0,01	0,3 $\pm$ 1,6
52	30	155	0,2	6 $\pm$ 31
53	58	160	0,2	12 $\pm$ 32
54	64	161	0,01	0,6 $\pm$ 1,6

De jaardosis, zoals berekend in Tabel 2.3, kan nu vergeleken worden met de jaardosis zoals berekend in RIVM-briefrapport 2024-0122 (zie Tabel 2.4). Voor alle monitors zijn de resultaten van beide methoden, binnen de gegeven onzekerheden, vergelijkbaar.

Tabel 2.4 Vergelijking van de jaardosis berekend in Tabel 2.3 met de jaardosis zoals berekend in RIVM-briefrapport 2024-0122 (uit Tabel 5 daarin).

MONET-monitor	ABC factor	jaardosis na toepassing ABC-factor (μSv) in 2023 uit Tabel 2.3	jaardosis na toepassing ABC-factor (μSv) in 2023 uit Tabel 5 van RIVM-briefrapport 2024-0122
31	0,01	$-0,04 \pm 1,3$	$0,03 \pm 0,02$
32	0,01	0 (referentie)	$0,03 \pm 0,02$
33	0,01	$0,05 \pm 1,3$	$0,03 \pm 0,02$
34	0,01	$-0,02 \pm 1,3$	$0,3 \pm 0,2$
45	0,01	$-0,18 \pm 1,3$	$0,06 \pm 0,04$
46	0,01	$1,4 \pm 1,5$	$1,4 \pm 0,2$
47	0,01	$3,2 \pm 1,7$	$3,1 \pm 0,3$
48	0,01	$1,3 \pm 1,5$	$1,3 \pm 0,2$
51	0,01	$0,3 \pm 1,6$	$0,04 \pm 0,02$
52	0,2	6 ± 31	$0,9 \pm 0,5$
53	0,2	12 ± 32	$0,7 \pm 0,5$
54	0,01	$0,6 \pm 1,6$	$0,03 \pm 0,02$

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

februari 2026

De zorg voor morgen
begint vandaag