



Advies 16295A01 - Indicatieve drinkwaterrichtwaarde voor perchloraat

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 030 274 91 11
F 030 274 29 71
info@rivm.nl

Tabel 1. Rapportagegegevens

Projectnummer RIVM	M303003/24/FA
Dossiercode	16295
Rapportnummer	2025-1016
Datum aanvraag	Januari 2025
Datum rapportage	A00: 29-07-2026 A01: 16-09-2026
Auteur(s)	Liesbeth Geraets
Toetser, datum	Gerlienke Schuur, 20-07-2026
Goedkeuring, datum	Martine Bakker, 23-07-2026
Versie en status RIVM-advies	A00 - Getoetst volgens interne RIVM-procedure, nog niet besproken in <i>Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht</i> A01 - Dit advies vervangt versie A00 van 29-07-2026. Deze versie bevat enkele verduidelijkingen naar aanleiding van bespreking in de <i>Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht</i> , de conclusie is niet veranderd.

Inhoud

1	Inleiding.....	2
2	Werkwijze	2
3	Informatie over de stof.....	2
3.1	Toepassing van de stof.....	2
3.2	Kenmerken van de stof	2
4	Toxicologische informatie.....	7
4.1	Beschikbare drinkwaterrichtwaarden en gezondheidkundige grenswaarden.....	7
4.2	Evaluatie.....	19
5	Afleiding indicatieve drinkwaterrichtwaarde	19
6	Conclusies	20
7	Status van dit advies/disclaimer	20
	Referenties	21
	Bijlage 1. Afkortingen	26

1 Inleiding

Het RIVM heeft een aanvraag ontvangen voor een indicatieve drinkwaterrichtwaarde voor perchloraat (CAS 14797-73-0). Deze indicatieve drinkwaterrichtwaarde is afgeleid in opdracht van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) in verband met het aantreffen van deze stof in het drinkwater boven de voorzorgwaarde van 1 µg/l (signaleringsparameters).

De hier afgeleide indicatieve drinkwaterrichtwaarde is een advieswaarde en heeft geen formele status. In Nederland is het ministerie van IenW verantwoordelijk voor het vaststellen van normen (zie ook Hoofdstuk 7).

2 Werkwijze

De indicatieve drinkwaterrichtwaarde is een gezondheidkundig onderbouwde veilige risicogrens voor een stof in drinkwater. Deel 5 van de online handleiding voor het afleiden van indicatieve milieurisicogrenzen op de website Risico's van Stoffen beschrijft de methodiek van afleiding van deze indicatieve risicogrenzen (RIVM, 2025). De indicatieve drinkwaterrichtwaarde is gebaseerd op de indicatieve gezondheidkundige grenswaarde voor orale inname ($i\text{-MTR}_{\text{oraal}}$). Deel 3 van de online handleiding Indicatieve risicogrenzen op de website Risico's van stoffen beschrijft de methodiek voor het afleiden van MTR's, zoals het $i\text{-MTR}_{\text{oraal}}$ (RIVM, 2024). Voor uitleg van de methode en verdere details wordt verwezen naar bovengenoemde handleidingen.

3 Informatie over de stof

3.1 Toepassing van de stof

Perchloraat wordt vaak als zout gebruikt in diverse industriële en militaire toepassingen, waaronder meststoffen, herbiciden, raketbrandstoffen, munitie, explosieven, vuurwerk, waarschuwingsfakkels en airbags (EFSA, 2025; ATSDR, 2008; WHO, 2016).

Van oudsher wordt perchloraat op grote schaal in de klinische geneeskunde toegepast voor de behandeling van aandoeningen zoals hyperthyreoïdie en als hulpmiddel bij de diagnose van stoornissen in het jodiummetabolisme. Het gebruik ervan is grotendeels stopgezet sinds er alternatieve behandelingen beschikbaar zijn (EFSA, 2025).

3.2 Kenmerken van de stof

Perchloraat is een anorganisch anion en komt veelal voor als zout (natrium, kalium, ammonium).

In de tabellen 2 en 3 staan de kenmerken van de stof samengevat. De stofeigenschappen zijn overgenomen uit ECHA CHEM, de chemicaliën database op de ECHA website met onder andere informatie uit de

REACH registratiedossiers en over de classificatie van stoffen. De informatie over fysisch-chemische eigenschappen en milieugedrag is aangevuld met schattingen van het model EPI Suite (US EPA, 2000-2012).

Tabel 2. Identiteit en status

Stofnaam	Perchloraat (-ion)	Ammoniumperchloraat	Kaliumperchloraat	Natriumperchloraat
IUPAC-naam	Perchloraat	Ammoniumperchloraat	Kaliumperchloraat	Natriumperchloraat
Synoniemen		Perchloorzuur, ammoniumzout	Perchloorzuur, kaliumzout	Perchloorzuur, natriumzout
CAS-nummer	14797-73-0	7790-98-9	7778-74-7	7601-89-0
Geharmoniseerde classificatie ¹	-	-	Acute Tox. 4 (H302)	Acute Tox. 4 (H302)
Zelfclassificatie industrie ²	Acute Tox. 4 (H302)	Acute Tox. 4 (H302) Eye Irrit. 2 (H319) STOT RE 2 (H373)	Eye Irrit. 2 (H319) Skin Irrit. 2 (H315) STOT SE 3 (H335) STOT RE 2 (H373)	Eye Irrit. 2 (H319) STOT RE 2 (H373)

¹ Relevante classificatie voor gezondheidseffecten

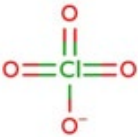
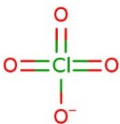
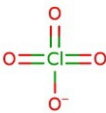
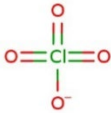
² Relevante classificatie voor gezondheidseffecten, anders dan de geharmoniseerde classificatie.

Stofnaam	Perchloraat (-ion)	Ammoniumperchloraat	Kaliumperchloraat	Natriumperchloraat
Zeer Zorgwekkende Stof/opname Signaleringslijst ³	⁻⁴	Opgenomen op de Signaleringslijst vanwege: - Stof is opgenomen op de REACH CoRAP-lijst waarvoor een stofevaluatie (SEv) is uitgevoerd vanwege een mogelijke ZZS-zorg. - Stof is door ECHA ED-expertgroep beoordeeld en geconcludeerd als hormoonverstorend in het milieu.	⁻⁴	Opgenomen op de Signaleringslijst vanwege: - Stof is opgenomen op de REACH CoRAP-lijst waarvoor een stofevaluatie (SEv) is uitgevoerd vanwege een mogelijke ZZS-zorg. - Stof is door ECHA ED-expertgroep beoordeeld en geconcludeerd als hormoonverstorend in het milieu.
SZW-lijst ⁵	-	-	-	-
Molecuulformule	ClO ₄ ⁻	ClH ₄ NO ₄	KClO ₄	NaClO ₄
SMILES	[O-]Cl(=O)(=O)=O	[NH4+].[O-][Cl](=O)(=O)=O	[K+].[O-][Cl](=O)(=O)=O	[Na+].[O-][Cl](=O)(=O)=O

³ De lijst van ZZS en de Signaleringslijst worden twee keer per jaar bijgewerkt. De status van een stof kan veranderd zijn sinds de publicatie van dit advies. De actuele status is te vinden via <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/>

⁴ Zowel perchloraat (-ion) als kaliumperchloraat zijn beiden op dit moment niet door de ED-expertgroep beoordeeld. Wel heeft ECHA (2025) een ARN (assessment of regulatory needs) opgesteld voor een groep van perchloraatzouten (waaronder ammonium, kalium en natrium) met conclusie: geharmoniseerde classificatie voor onder andere het eindpunt ED (hormoonverstoring, endocrine disruption).

⁵ Voluit: SZW-lijst met kankerverwekkende stoffen en processen, mutagene of voor de voortplanting giftige stoffen

Stofnaam	Perchloraat (-ion)	Ammoniumperchloraat	Kaliumperchloraat	Natriumperchloraat
Structuurformule		NH_4^+ 	K^+ 	Na^+ 

Tabel 3. Relevante fysisch-chemische eigenschappen en informatie over gedrag in het milieu. Gegevens zijn afkomstig uit ECHA CHEM, aangevuld met EPI Suite (US EPA, 2000-2012)

Eigenschap	Waarde	Opmerking	Referentie
Molecuulgewicht [g/mol]	99,45 117,49 138,55 122,44	Perchloraat Ammoniumperchloraat Kaliumperchloraat Natriumperchloraat	Pubchem (2026a,b,c,d)
Oplosbaarheid in water [g/L]	- 249 20,8 2096	Perchloraat Ammoniumperchloraat Kaliumperchloraat Natriumperchloraat	ECHA (2022, 2026a, 2026b)
Dampspanning [Pa]	n.v.t.* zeer laag zeer laag zeer laag	Perchloraat Ammoniumperchloraat Kaliumperchloraat Natriumperchloraat	ECHA (2022, 2026a, 2026b), Health Canada 2020
Henry-coëfficiënt [Pa m ³ /mol]	n.v.t.* geen info geen info geen info	Perchloraat Ammoniumperchloraat Kaliumperchloraat Natriumperchloraat	ECHA (2022, 2026a, 2026b)
octanol/water partitiecoëfficiënt [log Kow]	n.v.t.* -5,84 -7,18 -7,18	Perchloraat Ammoniumperchloraat Kaliumperchloraat Natriumperchloraat	ECHA (2022, 2026a, 2026b)

* betreft anorganisch ion

4 Toxicologische informatie

4.1 Beschikbare drinkwaterrichtwaarden en gezondheidkundige grenswaarden

In tabel 4 staan de beschikbare drinkwaterrichtwaarden en gezondheidkundige grenswaarden van deze stof samengevat. Dit zijn evaluaties van erkende (inter)nationale instanties. Onder de tabel staat een korte samenvatting van de beschikbare evaluaties.

Tabel 4 Beschikbare drinkwaterrichtwaarden en gezondheidkundige grenswaarden van de stof

Referentie beschikbare beoordeling	Waarde	Opmerking
NRC (2005)	Reference Dose (RfD): 0,7 µg/kg lg per dag	NOEL: 7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 10 (intraspecies)

US EPA (2005)	RfD: 0,7 µg/kg lg per dag	Gebaseerd op de RfD zoals aanbevolen door NRC (2005)
ATSDR (2008)	Chronic-duration Minimum Risk Level (MRL): 0,7 µg/kg lg per dag	Gebaseerd op de RfD zoals aanbevolen door NRC (2005)
WHO (2011)	Provisional maximum tolerable daily intake (PMTDI): 10 µg/kg lg per dag	BMDL ₅₀ : 110 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 10 (intraspecies)
OEHHA (2015)	Acceptable Daily Dose (ADD): 0,37 µg/kg lg per dag	BMDL ₀₅ : 3,7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 10 (intraspecies)
	Drinkwaterrichtwaarde ('Public Health Goal (PHG) in drinking water'): 1 µg/L	Gebaseerd op de ADD van 0,37 µg/kg lg per dag en een allocatiefactor van 73% en een drinkwaterconsumptie van 0,237 L/kg lg per dag voor zuigelingen (0-6 mnd)
WHO (2016)	Drinkwaterrichtwaarde ('guideline value'): 70 µg/L	Gebaseerd op de niet-afgeronde PMTDI-waarde van 11 µg/kg lg per dag (WHO, 2011) en een allocatiefactor van 20%, lichaamsgewicht van 60 kg en drinkwaterconsumptie van 2L/dag
US EPA (2019abcd)	RfD: 2,23 µg/kg lg per dag	Gebaseerd op een point of departure (PoD) van 6,7 µg/kg lg per dag voor een 2%-daling van het populatie-gemiddelde IQ AF: 3 (intraspecies)

	Drinkwaterrichtwaarde ('Maximum Contaminant Level Goal (MCLG)': 56 µg/L	Gebaseerd op de RfD van 2,23 µg/kg lg per dag en een allocatiefactor van 80% en een drinkwaterconsumptie van 0,032 L/kg/dag voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd
Health Canada (2020)	Tolerable daily intake (TDI): 1,09 µg/kg lg per dag	BMDL _{2SD} ⁶ : 10,9 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 10 (intraspecies)
	Drinkwaterrichtwaarde ('screening value'): 4 µg/L	Gebaseerd op de TDI van 1,09 µg/kg lg per dag en een allocatiefactor van 50%, lichaamsgewicht van 6,3 kg en drinkwaterconsumptie van 0,82 L/dag (zuigelingen 0-5 mnd)
ANSES (2022)	Toxicity Reference Value (TRV): 1,5 µg/kg lg per dag	BMDL ₁₀ : 15,2 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 10 (intraspecies)
EFSA (2025)	Tolerable daily intake (TDI): 1,4 µg/kg lg per dag	BMDL ₀₅ : 7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname bij de mens AF: 5 (intraspecies)

4.1.1

Samenvatting van beschikbare drinkwaterrichtwaarden en gezondheidkundige grenswaarden

NRC (2005) heeft, in het kader van een review van een concept US EPA evaluatie, aanbevolen om de afleiding van de RfD te baseren op een NOEL van 7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Geadviseerd werd om een AF van 10 voor intraspeciesverschillen toe te passen. Dit resulteerde in een RfD van 0,7 µg/kg lg per dag.

⁶ Ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de benchmarkdosis met een BMR van 2 standaarddeviaties (SD). Deze BMR van 2SD representeert een 20% afname in jodiumopname.

US EPA (2005) heeft een RfD van 0,7 µg/kg lg per dag afgeleid, gebaseerd op de NOEL en AF zoals aanbevolen door NRC (2005).

ATSDR (2008) heeft een chronic-duration MRL van 0,7 µg/kg lg per dag afgeleid, gebaseerd op de NOEL en AF zoals aanbevolen door NRC (2005).

WHO (2011) heeft een PMTDI afgeleid van 10 µg/kg lg per dag (afgerond vanuit berekende waarde van 11 µg/kg lg per dag). Deze PMTDI is gebaseerd op een BMDL₅₀ van 110 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Hierop werd een AF van 10 voor intraspeciesverschillen toegepast.

OEHHA (2015) heeft een ADD van 0,37 µg/kg lg per dag afgeleid. Deze is gebaseerd op een BMDL₀₅ van 3,7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Hierop werd een AF van 10 voor intraspeciesverschillen toegepast.

Uitgaande van deze ADD, een allocatiefactor van 73% voor drinkwater en een drinkwaterconsumptie van 0,237 L/kg lg per dag voor zuigelingen (0-6 mnd) is een drinkwaterrichtwaarde afgeleid van 1 µg/L.

WHO (2016) heeft een drinkwaterrichtwaarde van 70 µg/L afgeleid. Deze is gebaseerd op de niet-afgeronde PMTDI-waarde van 11 µg/kg lg per dag van WHO (2011), een allocatiefactor voor drinkwater van 20%, een drinkwaterinname van 2 L/dag en een gemiddeld lichaamsgewicht van 60 kg.

US EPA (2019abcd) heeft een RfD van 2,23 µg/kg lg per dag geselecteerd. Deze is gebaseerd op een PoD van 6,7 µg/kg lg per dag voor een 2%-daling van het populatie-gemiddelde IQ. Hierbij is gebruik gemaakt van een 'biologically based dose response' (BBDR) model dat veranderingen in schildklierhormoon voorspelt die het gevolg kunnen zijn van blootstelling aan perchloraat bij zwangere vrouwen (in dit geval vrouwen in het eerste trimester van de zwangerschap, met een laag gehalte vrij thyroxine (T4, tetraiodothyronine), een lage dagelijkse jodiuminname en een zwakke TSH-feedback). Deze modelering is aangevuld met een analyse van epidemiologische studies waarbij gekeken is naar een verband tussen veranderingen in schildklierhormoon bij zwangere vrouwen – zoals voorspeld door het BBDR-model – en effecten op de neurologische ontwikkeling van het nageslacht.

US EPA stelt dat op basis van de beschikbare data inzicht ontbreekt in welke IQ-daling als een nadelig effect beschouwd wordt. In het kader van de afleiding van de drinkwaterrichtwaarde voor perchloraat heeft US EPA een beleidsmatige keuze gemaakt om te onderzoeken wat het betekent om een IQ-daling van 1, 2 en 3% te voorkomen bij het nageslacht van vrouwen in de vruchtbare leeftijd die lijden aan

hypothyroxinemie⁷ en een lage jodiuminname hebben. Het primaire PoD (6,7 µg/kg lg per dag) is gebaseerd op een 2%-daling van het IQ, de alternatieve PoD's zijn gebaseerd op 1%- en 3%-daling van het IQ (respectievelijk 3,1 en 10,8 µg/kg lg per dag).

Op deze PoD's werd een AF van 3 (intraspecies) toegepast. US EPA koos voor een AF van 3 in plaats van de volledige 10, omdat bij de modelering rekening gehouden is met gevoelige groepen binnen de populatie (i.e. foetus van een zwangere vrouw met jodiumtekort) en omdat modelparameters zijn geselecteerd die rekening houden met de meest gevoelige individuen binnen die groep (i.e. verminderde TSH-feedback, lage vrije T4-waarden, lage jodiuminname).

Dit resulteerde in een primaire RfD van 2,23 µg/kg lg per dag voor een 2%-daling van het populatie-gemiddelde IQ. Afleidingen met de alternatieve PoD's voor een 1%- en 3%-daling van het populatie-gemiddelde IQ resulteerden in RfD's van respectievelijk 1,03 µg/kg lg per dag en 3,6 µg/kg lg per dag.

Uitgaande van de geselecteerde primaire RfD van 2,23 µg/kg lg per dag, een allocatiefactor van 80% en een drinkwaterconsumptie van 0,032 L/kg/dag voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd (d.w.z. niet zwanger, niet lacterend, 15-44 jaar oud) is een drinkwaterrichtwaarde afgeleid van 56 µg/L.⁸

Health Canada (2020) heeft een TDI van 1,09 µg/kg lg per dag afgeleid. Deze is gebaseerd op een BMDL_{2SD} van 10,9 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Hierop werd een AF van 10 voor intraspeciesverschillen toegepast.

Uitgaande van deze TDI, een allocatiefactor van 50%, een lichaamsgewicht van 6,3 kg en drinkwaterconsumptie van 0,82L/dag voor zuigelingen (0-5 mnd) is een drinkwaterrichtwaarde afgeleid van 4 µg/L.

ANSES (2022) heeft een TRV van 1,5 µg/kg lg per dag afgeleid. Deze is gebaseerd op een BMDL₁₀ van 15,2 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Hierop werd een AF van 10 voor intraspeciesverschillen toegepast.

Deze ANSES-evaluatie betreft een actualisatie. Bij voorgaande evaluaties werd door ANSES uitgegaan van een NOAEL- (No Observed Adverse Effect Level) in plaats van een BMD-aanpak.

EFSA (2025) heeft een TDI van 1,4 µg/kg lg per dag afgeleid. Deze is gebaseerd op een BMDL₀₅ van 7 µg/kg lg per dag voor remming van schildklierjodiumopname in een humane studie waarin perchloraat via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend. Hierop werd een AF van 5 (intraspecies, toxicodynamiek) toegepast. Aangezien perchloraat grotendeels onveranderd wordt uitgescheiden, met minimale variabiliteit

⁷ Een waarde voor vrij T4 in het serum aan de ondergrens van het normaalbereik, gepaard met normale TSH-waarden in het serum; dit in tegenstelling tot hypothyreoïdie, waarbij sprake is van lage vrij T4-waarden en hoge TSH-waarden in het serum (US EPA 2019a).

⁸ Op dit moment ligt er een nieuw voorstel ter commentaar (2 januari - 9 maart 2026) voor een drinkwaterrichtwaarde van 20 µg/L gebaseerd op een RfD van 1 µg/kg lg per dag uitgaande van een 1%-daling van het populatie-gemiddelde IQ (US EPA, 2026ab).

in de absorptie, distributie en excretie en gezien de korte halfwaardetijd, werd een AF voor variabiliteit in toxicokinetiek niet nodig geacht. Een intraspecies AF voor toxicodynamiek werd wel nodig geacht vanwege mogelijke variaties in de respons tussen individuen en populaties. De gebruikte studie was gebaseerd op een beperkt aantal proefpersonen, allemaal gezonde volwassen vrijwilligers, waardoor dit mogelijk niet de interindividuele variabiliteit in toxicodynamiek binnen de bredere bevolking weerspiegelt.

Deze EFSA-evaluatie betreft een actualisatie van een evaluatie uit 2014. Bij voorgaande evaluatie werd door EFSA uitgegaan van dezelfde studie, hetzelfde kritisch effect, werd ook een BMD-aanpak toegepast met hetzelfde niveau van respons (i.e. Benchmark Response, BMR van 5%), maar werd een ander model gekozen en werd de modelering gebaseerd op deels verschillende tijdstippen uit de kritische studie. In 2014 werd geen factor voor toxicodynamiek toegepast (5% remming van jodiumopname zou in geen enkele subgroep leiden tot nadelige effecten), maar wel een factor (4) voor toxicokinetiek (gebaseerd op een verschil in remming van jodiumopname tussen verschillende subgroepen).

In aanvulling op deze evaluaties van internationaal erkende organisaties, zijn in de wetenschappelijke literatuur ook artikelen verschenen met beoordelingen van perchloraat gebaseerd op remming van schildklierjodiumopname (Weterings et al., 2016; Bruce et al., 2018; Haber et al., 2021). Deze beoordelingen bevatten net andere keuzes, voor een BMR van 20% (Weterings et al., 2016), BMR van 20% en een analyse op gepoolde data van vier studies (Bruce et al., 2018) of voor 10% extra risico bij een jodiumopname van 8% (Haber et al., 2021).

4.1.2 *Nieuwe, relevante studies*

De REACH registratiedossiers van de ammonium-, kalium- en natriumzouten van perchloraat bevatten geen nieuwe, relevante studies.

4.1.3 *Genotoxiciteit*

Er zijn geen aanwijzingen voor genotoxiciteit voor perchloraat (EFSA, 2025).

4.1.4 *Conclusie over de bruikbaarheid van bestaande gezondheidkundige grenswaarden*

Perchloraat is de afgelopen jaren door diverse erkende internationale organisaties geëvalueerd. In al deze evaluaties, uitgezonderd die van US EPA (2019abcd), is de gezondheidkundige grenswaarde en/of de drinkwaterrichtwaarde gebaseerd op een en dezelfde studie en hetzelfde kritisch effect (NRC, 2005; US EPA, 2005; ATSDR, 2008; WHO, 2011; OEHHA, 2015; WHO, 2016; Health Canada, 2020; ANSES, 2022; EFSA, 2025). Dit betrof de studie van Greer et al. (2002) waarin perchloraat (in de vorm van het kaliumzout) via drinkwater gedurende 14 dagen werd toegediend aan gezonde humane vrijwilligers (n=37, waarvan n=24 de studie completeerden). Het kritische effect is remming van de jodiumopname in de schildklier (RAIU: 'radioactive iodine uptake'). Bij de eerdere evaluaties werd nog gebruik gemaakt van de NOEL-aanpak (NRC, 2005; US EPA, 2005; ATSDR, 2008). Nadien is de voorkeur

gegeven aan de BMD-aanpak, weliswaar met onderling verschil in keuze voor de BMR, het gebruikte model en gemodelleerde tijdspunten (WHO, 2011; OEHHA, 2015; WHO, 2016; Health Canada, 2020; ANSES, 2022; EFSA, 2025).

Remming van schildklierjodiumopname is een vroegtijdig biologisch effect dat kan leiden tot het gezondheidsnadelige effect van verminderde schildklierfunctie. Perchloraat remt de opname van jodium via de natrium-jodide symporter⁹ (NIS) uit het bloed naar de schildklier. Jodium in de vorm van jodide-ionen is nodig voor de aanmaak van schildklierhormonen en daarmee de normale werking van de schildklier. Het lichaam heeft fysiologische mechanismen om tijdelijke verstoringen van de jodiumopname te compenseren. Immers is ook de jodiuminname vanuit voedsel niet elke dag/periode constant. Dit vindt plaats door verhoogde afgifte van het thyroïd stimulerend hormoon (TSH) om de schildklier te stimuleren. Ook heeft het lichaam een voorraad van opgeslagen jodium.

Ondanks de verscheidenheid aan epidemiologische gegevens die een verband tussen blootstelling aan perchloraat en een daaropvolgende verstoorde schildklierfunctie (en daarbij horende vervolgeffecten) onderzoeken, stelt ANSES dat het door de kwaliteit van deze studies of de uiteenlopende resultaten niet mogelijk is om deze verstoring te selecteren als kritisch effect dat optreedt na de remming van de jodiumopname (ANSES, 2022).

Remming van de jodiumopname is een belangrijke 'molecular event' in een door de OECD aanbevolen 'adverse outcome pathway' (AOP), die een aannemelijk verband houdt met schildklierhormoonverstoring en daaruit voortvloeiende effecten op de neurologische ontwikkeling die kunnen leiden tot leer- en geheugenstoornissen. De resulterende schadelijke effecten zijn ook duidelijk aangetoond in studies met knaagdieren (EFSA, 2025).

US EPA (2019abcd) heeft de afleiding van de gezondheidkundige grenswaarde gebaseerd op een daling van het populatie-gemiddelde IQ. Zoals hierboven in paragraaf 4.1.1 benoemd, wordt hierbij gebruikt gemaakt van een BBDR model dat veranderingen in schildklierhormoon voorspelt die het gevolg kunnen zijn van blootstelling aan perchloraat bij zwangere vrouwen (in dit geval vrouwen in het eerste trimester van de zwangerschap, met een laag vrij T4-gehalte, een lage dagelijkse jodiuminname en een zwakke TSH-feedback). Deze modelering is aangevuld met een analyse van epidemiologische studies waarbij gekeken werd naar een verband tussen veranderingen in schildklierhormoon bij zwangere vrouwen – zoals voorspeld door het BBDR-model – en effecten op de neurologische ontwikkeling van het nageslacht. Deze aanpak, die afwijkt van die van andere erkende internationale organisaties, is in lijn met eerdere aanbevelingen van US EPA's wetenschappelijk adviesraad (SAB, 2013). Zij stelde namelijk het volgende:

⁹ Een symporter is een membraaneiwit dat betrokken is bij het transport van twee verschillende moleculen door het celmembraan heen in dezelfde richting

- Het werkingsmechanisme voor de toxiciteit van perchloraat is goed onderzocht. Perchloraat kan de schildklierhormoon-homeostase verstoren doordat de opname van jodium door de schildklier beperkt wordt. Dit kan vervolgens leiden tot een verminderde productie van schildklierhormoon.
- Het is bekend dat verstoring van de schildklierfunctie en beschikbare schildklierhormonen nadelige gevolgen heeft voor de neurologische ontwikkeling bij de mens. Hierbij zijn foetussen en zuigelingen het kwetsbaarst.
- Hoewel in de literatuur geen melding is gemaakt van nadelige effecten van perchloraat op de neurologische ontwikkeling bij zuigelingen en kinderen, kan het risico op dergelijke effecten redelijkerwijs worden afgeleid uit het werkingsmechanisme van perchloraat en de bekende rol van schildklierhormoon bij de ontwikkeling van de hersenen bij de mens.
- Gesteld werd dat hypothyroxinemie een geschiktere indicator is voor de mogelijke gezondheidsnadelige effecten dan de sterkere dalingen van het schildklierhormoon die gepaard gaan met hypothyreoïdie.
- De kwetsbare groepen wat betreft blootstelling aan perchloraat zijn derhalve de foetussen van zwangere vrouwen met hypothyroxinemie en zuigelingen die aan perchloraat worden blootgesteld via flesvoeding op basis van water of via de moedermelk van zogende vrouwen.

In de evaluaties die nadien beschikbaar zijn gekomen (Health Canada, 2020; ANSES, 2021; EFSA, 2025) besteden alleen ANSES en EFSA aandacht aan de US EPA evaluatie uit 2019. ANSES (2021) en EFSA (2025) stellen na review van het BBDR-model het volgende:

- Het toxicokinetisch deel van het BBDR model:
 - Het kinetische model voor perchloraat reproduceert de verschillende in de literatuur beschikbare gegevens (namelijk de veranderingen in plasmaconcentratie en cumulatieve uitscheiding via de urine bij volwassenen) effectief.
 - Bepaalde keuzes zijn echter niet onderbouwd of gebaseerd op datasets die afkomstig zijn van een klein aantal personen, die niet representatief zijn voor de doelgroep (i.e. zwangere vrouwen in het eerste trimester).
- Het toxicodynamisch deel van het BBDR model:
 - Het BBDR-model is gevalideerd met één enkele studie gericht op de doelgroep. Een vergelijking van de veranderingen in vrij T4-concentraties zoals voorspeld door deze enkele studie en door het BBDR-model, laat zien dat het model deze aanzienlijk onderschat en dat de voorspellende waarde van het model slecht is.

Aanvullend stelt ANSES (2021) het volgende ten aanzien van US EPA (2019abcd):

- Het epidemiologisch deel van het model:
 - De keuze voor de sleutelstudie voor het beschrijven van het verband tussen vrij T4 bij de moeder en de neurologische ontwikkeling van het ongeboren kind wordt onderschreven.
 - Wel zijn er onzekerheden bij de extrapolatie van de relatie tussen vrij T4 bij de moeder en het IQ van het kind op 6- tot 8-jarige

leeftijd – zoals vastgesteld bij zwangere vrouwen uit het cohort van de sleutelstudie – naar de doelgroep waarop US EPA zich richt.

- Keuze van het kritisch effect en de effectgrootte
 - De keuze voor IQ-afname als kritisch effect wordt onderschreven. Hoewel een IQ-afname op zichzelf staand geen ziekte is, duidt een IQ lager dan 70 op een verstandelijke beperking, een aandoening die specifieke medische en sociale zorg behoeft.
 - De keuze voor het effectniveau, in dit geval een 2% IQ-afname, wordt niet onderschreven. Gezondheidseffecten kunnen al gemeten worden vanaf een 1-punts IQ-afname op populatieniveau.
- Assessmentfactoren
 - De keuze voor een AF van 3 (in plaats van 10) voor intraspecies variatie wordt onderschreven.

Op basis hiervan wordt door ANSES en EFSA geoordeeld dat het BBDR-model niet toepasbaar is om de effecten van perchloraat op schildklierhormonen te voorspellen, en gezien alle onzekerheden niet gebruikt kan worden voor afleiding van gezondheidkundige grenswaarden en uitvoering van risicobeoordelingen (ANSES, 2021; EFSA, 2024). Opgemerkt wordt dat de invloed van deze onzekerheden op de toepasbaarheid van het BBDR-model er ook toe heeft geleid dat Clewell et al. (2019) aan US EPA adviseerden gebruik te blijven maken van de in 2005 vastgestelde RfD, die gebaseerd was op de remming van schildklierjodiumopname. Wel wees ANSES (2022) op de relevantie van deze benadering, waarbij een nadelig effect in plaats van een vroegtijdig biologisch effect in overweging wordt genomen om de gezondheidkundige risicobeoordeling van perchloraat te verfijnen.

Alhoewel RIVM voor perchloraat nog niet eerder een i-MTR_{oraal} en/of indicatieve drinkwaterrichtwaarde heeft afgeleid, is dat wel het geval voor chloraat (Hartmann et al., 2025). Deze is, in lijn met een beoordeling van een advieswaarde voor chloraat in zwemwater (De Wit, 2023), gebaseerd op de door EFSA (2015) vastgestelde TDI voor chloraat. Deze TDI voor chloraat is gebaseerd op die van perchloraat (met als kritisch effect remming van schildklierjodiumopname; op basis van de voorgaande evaluatie van perchloraat van EFSA (2014)) en een potentiefactor van 10. RIVM stelde dat deze TDI voor perchloraat van EFSA (2014) als conservatief kan worden beschouwd. De basis is een BMDL₀₅ en deze gekozen BMR van 5% is, gezien de normale dagelijkse variatie in jodiumopname, aan de lage kant. Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat in Nederland langdurige jodiumdeficiëntie kan voorkomen (De Wit, 2023). EFSA (2025) past in haar huidige beoordeling van perchloraat wederom een BMR van 5% toe, waarbij zij stelt dat dit gebaseerd is op een referentiewaarde die de normale variatie in remming van schildklierjodiumopname op populatieniveau weerspiegelt.

Zoals hierboven benoemd is de studie van Greer et al. (2002) met als kritisch effect remming van schildklierjodiumopname gebruikt door diverse erkende internationale organisaties, uitgezonderd US EPA (2019abcd). De informatie in tabel 5 (zoals overgenomen van EFSA (2025)) laat specifiek zien waarin deze beoordelingen onderling

verschillen. Desondanks zijn de recent afgeleide gezondheidskundige grenswaarden door erkende internationale organisaties (Health Canada, 2020; ANSES, 2022; EFSA, 2025) van dezelfde orde grootte (i.e. 1,09 – 1,5 µg/kg lg per dag).

Tabel 5. Overzicht van dosis-respons analyses op basis van de data van Greer et al. (2002) en van gezondheidkundige grenswaarden die sinds 2011 door (inter)nationale organisaties en onderzoekers zijn afgeleid.

Tabel is één-op-één overgenomen van EFSA (2025). *

Reference	Endpoint	Time point(s) modelled	Individual/ summary data	Model	Web-tool	BMR (%)	BMDL (µg/kg bw/day)	Uncertainty factor	Toxicity reference value (µg/kg bw per day)
JECFA (2011)	RAIU inhibition	8-and 24-h ¹²³ I thyroid uptakes at days 2 and 14	Summary	Exponential model	PROAST (v. 23.2)	50	114	10	10
EFSA CONTAM Panel (2014)	RAIU inhibition	8-and 24-h ¹²³ I thyroid uptakes at days 2 and 14 (time as a covariate)	Summary	Hill model	PROAST (v. 38.9)	5	1.2	4	0.3
CalEPA (OEHHA) (2015)	RAIU inhibition	24-h ¹²³ I thyroid uptake at day 14	Summary	Hill model	BMDS (v. 2.0.0.33)	5	3.7	10	0.37
Weterings et al. (2016)	RAIU inhibition	8-and 24-h ¹²³ I thyroid uptakes at days 2 and 14	Summary	Exponential 5 model	PROAST (v. 38.9)	20	16.6	4	4
Bruce et al. (2018) ^a	RAIU inhibition	24-h ¹²³ I thyroid uptake at day 14	Individual	Linear	BMDS (v. 2.6.0.1)	20	21	N.A.	N.A.
Health Canada (2020)	RAIU inhibition	N.R.	Summary	N.R.	BMDS (v. 2.7.0.4)	20	10.9	10	1.09
Haber et al. (2021)	RAIU inhibition: Subjects	8-and 24-h ¹²³ I thyroid uptakes at days 2 and 14	Individual	Hill/ Exponential 5 model	ad hoc	Hybrid BMR: 10% excess risk	30	4 10	7.5 3

Reference	Endpoint	Time point(s) modelled	Individual/summary data	Model	Web-tool	BMR (%)	BMDL (µg/kg bw/day)	Uncertainty factor	Toxicity reference value (µg/kg bw per day)
	with an RAIU below 8%					of iodine uptake below 8%			
ANSES (2022)	RAIU inhibition: Subjects with an RAIU below 9.1%	24-h ¹²³ I thyroid uptake at day 14	Individual ^b	Log-probit model	PROAST (v. 70.1)	Hybrid BMR: 10% excess risk of iodine uptake below 9.1%	15.2	10	1.5
Current assessment	RAIU inhibition	24-h ¹²³ I thyroid uptake at day 14	Individual	Model averaged	Bayesian BMD (v. 1.0.5)	5	7	5	1.4

Abbreviations: ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (French Agency for Food, Environmental, and Occupational Health & Safety); BMDL, benchmark dose lower confidence limit; BMDS, benchmark dose modelling tool, developed by the U.S. Environmental Protection Agency, EPA; BMR, benchmark response; bw, body weight; CalEPA, California Environmental Protection Agency; I, iodine; JECFA, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; N.A., not applicable; N.R., not reported; OEHHHA, Office of Environmental Health Hazard Assessment (a division of CalEPA); PROAST, benchmark dose modelling tool, developed by the Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM); RAIU, radioactive iodine uptake; v., version.

^a Pooled data from the clinical studies of Greer et al. (2002), Lawrence et al. (2000) and Lawrence et al., 2001) and Braverman et al. (2006).

^b For each dose, the RAIU data were fitted to a normal distribution. The percentage of this distribution with an RAIU below the 9.1% threshold was then calculated.

* 'Current assessment' betreft de EFSA (2025) beoordeling

Alles tezamen nemende, daarbij ook meenemend de slecht voorspellende waarde van US EPA's BBDR model wat betreft vrij T4 gehaltes en de eerdere RIVM-beoordelingen van chloraat (De Wit, 2023; Hartmann et al., 2025), zal bij de huidige beoordeling van perchloraat uitgegaan worden van remming van schildklierjodiumopname als kritisch effect. Hierbij zal primair uitgegaan worden van het PoD en de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA (2025), omdat dit de meest recente, wetenschappelijk getoetste evaluatie van een (inter)nationaal erkende organisatie is.¹⁰ Verder wordt opgemerkt dat de evaluaties met net andere keuzes wat betreft BMR en/of assessmentfactor niet leiden tot grote verschillen in de uiteindelijke gezondheidkundige grenswaarde.

4.2 Evaluatie

Het RIVM heeft niet eerder een i-drinkwaterrichtwaarde of i-MTR voor perchloraat afgeleid. Volgens de handleiding (RIVM, 2024) moet bij het afleiden van een nieuw i-MTR_{humanaan}, altijd aandacht gegeven worden aan genotoxiciteit. Uit de beschikbare toxiciteitsstudies blijkt dat de stof niet genotoxisch is en daarom zal worden uitgegaan van een drempelbenadering.

Bij de huidige beoordeling wordt uitgegaan van de evaluatie van EFSA (2025) met remming van schildklierjodiumopname als kritisch effect. De door EFSA (2025) afgeleide TDI van 1,4 µg/kg lg per dag, gebaseerd op een BMDL₀₅ van 7 µg/kg lg per dag en een AF van 5 (intraspecies, TD), kan conform de handleiding direct overgenomen worden als i-MTR_{oraal}. Hierbij wordt opgemerkt dat deze TDI als conservatief beschouwd wordt en beschermend is gedurende het hele leven van de meest gevoelige populaties, namelijk populaties met milde tot gemiddelde tekorten aan jodium (e.g. foetus, neonaat, individuen met lage jodiumconsumptie).

5 Afleiding indicatieve drinkwaterrichtwaarde

De indicatieve drinkwaterrichtwaarde wordt afgeleid op basis van de i-MTR_{oraal} van 1,4 µg/kg lg per dag voor een persoon van 70 kg die dagelijks 2 L water drinkt. Drinkwater mag voor 20% bijdragen aan toelaatbare inname:

$$\text{i-drinkwaterrichtwaarde} = \frac{\text{i-MTR}_{\text{oraal}} \times 70 \times 0,2}{2} = 9,8 \text{ µg/L}$$

¹⁰ Op 2 juni 2023 heeft het RIVM de procedure van artikel 30, lid 4, van Verordening (EG) nr. 178/2002 in gang gezet vanwege uiteenlopende opvattingen ten opzichte van EFSA over het geactualiseerde richtsnoer voor de BMD-methode. Het RIVM heeft enkele ernstige bedenkingen geuit bij deze nieuwe methode die in dit richtsnoer wordt voorgesteld (EFSA, 2022; EFSA, 2024; RIVM, 2026). Deze bedenkingen zijn ook geadresseerd bij de concept EFSA-opinie over perchloraat (zie Annex D behorend bij EFSA (2025)). Herberekening van de BMD cf. RIVM's voorkeursaanpak laat zien dat de resulterende BMDL voor perchloraat qua getalswaarde vergelijkbaar is met die van EFSA (persoonlijke communicatie RIVM BMD-team, juli 2026). Bij huidige beoordeling wordt daarom EFSA's BMDL van perchloraat overgenomen.

6 Conclusies

In onderstaande tabel is de geadviseerde indicatieve drinkwaterrichtwaarde weergegeven.

Tabel 6. Geadviseerde indicatieve drinkwaterrichtwaarde

Stof (Cas nr.)	indicatieve drinkwaterrichtwaarde
Perchloraat (14797-73-0)	9,8 µg/L

7 Status van dit advies/disclaimer

Dit advies is opgesteld naar aanleiding van een overschrijding van de voorzorgwaarde voor perchloraat van 1 µg/l (signaleringsparameters) in drinkwater. Het advies is getoetst volgens de interne RIVM-kwaliteitsprocedures en getoetst door de Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht (WK normstelling water en lucht). De indicatieve drinkwaterrichtwaarde geldt als een advieswaarde voor het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, dat verantwoordelijk is voor het vaststellen van normen. Deze vaststelling heeft nog niet plaatsgevonden.

Referenties

ANSES (2021). Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the "relevance of reassessing the health risks associated with the presence of perchlorate in drinking water, in light of the work by the US EPA published on 23 May 2019". Request No 2019-SA-0116.

<https://www.anses.fr/system/files/VSR2019SA0116EN.pdf>

ANSES (2022). Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the "relevance of reassessing the chronic oral TRV for perchlorate". Request No 2019-SA-0116.

<https://www.anses.fr/en/system/files/VSR2019SA0116EN-1.pdf>

ATSDR (2008). Toxicological profile for perchlorates. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. September 2008.

<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp162.pdf>

Bruce G.M., Corey L.M., Pearce E.N., Braverman, L.E., Pleus R.C.

(2018). Determination of thresholds of radioactive iodine uptake response with clinical exposure to perchlorate: A pooled analysis.

Journal of Occupational and Environmental Medicine, 60(4), e199–e206

Clewell H.J., Gentry P.R., Hack C.E., Greene T., Clewell R.A. (2019).

An evaluation of the USEPA Proposed Approaches for applying a biologically based dose-response model in a risk assessment for perchlorate in drinking water. Regul Toxicol Pharmacol 103: 237-252.

De Wit L. (2023). Advieswaarde voor de zwemwaternorm voor chlooraat.

Addendum d.d. 27-09-2023 bij RIVM rapport 2014-0121 Normen en methoden voor kwaliteitsparameters in het te wijzigen Besluit hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden. Bilthoven, Nederland. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0121.pdf>

ECHA (2022). REACH registration dossier potassium perchlorate (Lead registrant of full dossier, registration data 12 April 2018, last updated 29 September 2022). https://chem.echa.europa.eu/100.029.011/dossier-view/ee969a00-82b1-4430-8a75-ed83f456cd37/e70ab266-514a-470a-9683-64358cffbad6_e70ab266-514a-470a-9683-64358cffbad6?searchText=7778-74-7

ECHA (2025). Assessment of regulatory needs. Salts of chloride and oxides with counterions of low hazard.

<https://echa.europa.eu/documents/10162/fa1932eb-9e3f-28b1-5bfd-818096c4209b>

ECHA (2026a). REACH registration dossier ammonium perchlorate (Lead registrant of full dossier, registration data 30 September 2010, last updated 9 January 2026).

<https://chem.echa.europa.eu/100.029.305/dossier-view/ca9cf909-984b-49b6-b596-4f3af1e102dd/d006b82c-ff75-4069-9de1->

bf2a5541c682_d006b82c-ff75-4069-9de1-
bf2a5541c682?searchText=7790-98-9

ECHA (2026b). REACH registration dossier sodium perchlorate (Lead registrant of full dossier, registration data 16 November 2010, last updated 9 January 2026).

https://chem.echa.europa.eu/100.028.647/dossier-view/041a5653-3753-4e05-ab4b-bd40ffceb0d6/3ffb6855-bc4e-49ab-85ae-ca08db25fcd7_3ffb6855-bc4e-49ab-85ae-ca08db25fcd7?searchText=7601-89-0

ECHA CHEM. ECHA chemicals database, <https://chem.echa.europa.eu/>. Geraadpleegd juli 2026

EFSA (2014). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of perchlorate in food, in particular fruits and vegetables. EFSA Journal 12(10): 3869, 117 pp. Beschikbaar via:
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2014.3869>

EFSA (2015). Scientific Opinion on risks for public health related to the presence of chlorate in food. EFSA Journal 13(6):4135, 103 pp. Beschikbaar via:
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2015.4135>

EFSA (2022). Public consultation on the Draft Guidance on the use of the Benchmark Dose approach in risk assessment.
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7585>

EFSA (2024). Minutes: EFSA-RIVM Meeting on divergent opinion (Art. 30 Regulation (EC) No 178/2002) on the Guidance on the use of the benchmark dose approach in risk assessment (doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7584).
<https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2024-06/minutes-efsa-rivm-art-30.pdf>. Gepubliceerd juni 2024.

EFSA (2025). Update of the Scientific Opinion on the risks for human health related to the presence of perchlorate in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal. 2025;23:e9393. DOI: 10.2903/j.efsa.2025.9393.
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2025.9393>

Greer M.A., Goodman G., Pleus R.C., Greer S.E. (2002). Health effects assessment for environmental perchlorate contamination: the dose response for inhibition of thyroidal radioiodine uptake in humans. Environmental Health Perspectives, 110, 927–937. Erratum in: Environmental Health Perspectives, 2005, 113, A732.

Haber L., Schoeny R., Allen B. (2021). Impact of updated BMD Modeling methods on perchlorate and chlorate assessments of human health Hazard. Toxicology Letters, 340, 89–100.

Hartmann J., Affourtit F., Zijlstra R.H., Janson T.J.E., Hofman-Caris C.H.M. (2025). Risicobeoordeling van opkomende stoffen in

oppervlaktewater voor drinkwater (2017-2020). Probleemstoffen volgens KRW-protocol. RIVM-briefrapport 2025-0143. Bilthoven, Nederland. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2025-0143.pdf>

Health Canada (2020). Drinking water screening value for perchlorate – Technical summary. <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/health/publications/healthy-living/perchlorate-technical-summary-and-screening-value/perchlorate-technical-summary-and-screening-value-eng.pdf>

NRC (2005). Health Implications of Perchlorate Ingestion. Committee to Assess the Health Implications of Perchlorate Ingestion, National Research Council of the National Academies, Washington, DC. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11202#toc

OEHHA (2015). Public Health Goal for Perchlorate in Drinking Water. Office of Environmental Health Hazard Assessment. <https://oehha.ca.gov/water/public-health-goal-fact-sheet/final-technical-support-document-public-health-goal-perchlorate-drinking-water>

Pubchem (2026a). Perchlorate. Beschikbaar via: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/123351>. Geraadpleegd juli 2026.

Pubchem (2026b). Ammonium perchlorate. Beschikbaar via: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24639>. Geraadpleegd juli 2026.

Pubchem (2026c). Potassium perchlorate. Beschikbaar via: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/516900>. Geraadpleegd juli 2026.

Pubchem (2026d). Sodium perchlorate. Beschikbaar via: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/522606>. Geraadpleegd juli 2026.

RIVM (2024). Handleiding voor de afleiding van indicatieve milieurisicogrenzen Deel 3. Humane toxiciteit – Toelichting <https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen/milieu/handleiding-normafleiding>

RIVM (2025). Handleiding voor de afleiding van indicatieve milieurisicogrenzen Deel 5. Afleiding van risicogrenzen per compartiment <https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen/milieu/handleiding-normafleiding>

RIVM (2026). Proast. <https://www.rivm.nl/en/proast>. Geraadpleegd juli 2026.

SAB (2013). SAB advice on approaches to derive a maximum contaminant level goal for perchlorate. Science Advisory Board. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-SAB-13-004, Washington, D.C.

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100J7WK.PDF?Dockey=P100J7WK.PDF>

US EPA (2000-2012). EPI Suite (computer programma). Versie 4.11. Washington, DC, US Environmental Protection Agency (EPA) Office of Pollution Prevention Toxics and Syracuse Research Company (SRC).

US EPA (2005). Perchlorate (ClO_4^-) and Perchlorate Salts. Integrated Risk Information System (IRIS). U.S. Environmental Protection Agency. https://iris.epa.gov/static/pdfs/1007_summary.pdf

US EPA (2019a). Technical Support Document: Deriving a Maximum Contaminant Level Goal for Perchlorate in Drinking Water. May 2019. Washington, DC: U.S. Environmental protection agency. <https://downloads.regulations.gov/EPA-HQ-OW-2018-0780-0123/content.pdf>

US EPA (2019b). Proposed Approaches to Inform the Derivation of a Maximum Contaminant Level Goal for Perchlorate in Drinking Water. Volume I, May 2019. Washington, DC: U.S. Environmental protection agency. <https://downloads.regulations.gov/EPA-HQ-OW-2018-0780-0129/content.pdf>

US EPA (2019c). Proposed Approaches to Inform the Derivation of a Maximum Contaminant Level Goal for Perchlorate in Drinking Water. Volume II, May 2019. Washington, DC: U.S. Environmental protection agency.

US EPA (2019d). National Primary Drinking Water Regulations: Perchlorate. A Proposed Rule by the Environmental Protection Agency on 06/26/2019. Beschikbaar via: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/06/26/2019-12773/national-primary-drinking-water-regulations-perchlorate>. Geraadpleegd juli 2026.

US EPA (2026a). Perchlorate in Drinking Water. Beschikbaar via: <https://www.epa.gov/sdwa/perchlorate-drinking-water>. Geraadpleegd juli 2026.

US EPA (2026b). National Primary Drinking Water Regulation for Perchlorate. A Proposed Rule by the Environmental Protection Agency on 01/06/2026. Beschikbaar via: <https://www.federalregister.gov/documents/2026/01/06/2026-00021/national-primary-drinking-water-regulation-for-perchlorate>. Geraadpleegd juli 2026.

Weterings P.J., Loftus C., Lewandowski T. A. (2016). Derivation of the critical effect size/benchmark response for the dose-response analysis of the uptake of radioactive iodine in the human thyroid. Toxicology Letters, 257, 38–43.

WHO (2011). Evaluation of certain contaminants in food. Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food

Additives. WHO Technical Report Series 959.

<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/cf852bd0-d911-4d9d-a3d1-3b022827a7ec/content>

WHO (2016). Perchlorate in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.

WHO/SDE/FWC/16.46. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/perchlorate-background-jan17.pdf?sfvrsn=161d2a30_4

Bijlage 1. Afkortingen

ADD	Acceptable Daily Dose
AF	Assessment Factor
AOP	Adverse Outcome Pathway
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BBDR	biologically based dose response
BMD	Benchmark Dose
BMDL	Ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval van de Benchmark Dose
BMR	Benchmark Response
CoRAP	Community rolling action plan
ECHA	European Chemicals Agency
ED	Endocrine Disruption
EFSA	European Food Safety Authority
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
MRL	Minimal Risk Level
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
NIS	natrium-jodide symporter
NO(A)EL	No Observed (Adverse) Effect Level
PHG	Public Health Goal
PMTDI	provisional maximum tolerable daily intake
PoD	Point of Departure
RAIU	radioactive iodine uptake
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Verordening EU 1907/2006)
RfD	Reference Dose
SD	standaarddeviatie
SEv	Stofevaluatie
T4	Thyroxine, tetraiodothyronine
TRV	Toxicity Reference Value
TSH	thyroïd stimulerend hormoon
US EPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organisation
WK-nwl	Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stof