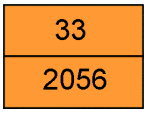
Tetrahydrofuraani

Viimeksi päivitetty 15.05.2025







Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetuksen) mukaiset varoitusmerkit







CAS-numero	109-99-9
Indeksinumero	603-025-00-0
EY-numero (EINECS-numero)	203-726-8
YK-numero	2056 (TETRAHYDROFURAANI)
Molekyylikaava	C_4H_8O

Synonyymit

englanti: tetrahydrofuran, hydrofuran, furanidine, 1,4-epoxybutane, 1,4-butylene oxide, butylene oxide, cyclotetramethylene oxide, diethylene oxide, diethene oxide, tetramethylene oxide, oxacyclopentane, oxolane

suomi: butyleenioksidi, 1,4-epoksibutaani, syklotetrametyleenioksidi, dietyleenioksidi, dietyleenimonoksidi, tetrametyleenioksidi, hydrofuraani, oksolaani

ruotsi: cyklotetrametylenoxid, dietenoxid, dietylenoxid, 1,4-epoxibutan, hydrofuran, oxacyklopentan, tetrahydrofuran, tetrametylenoxid

saksa: Tetrahydrofuran, Cyclotetramethylenoxid, Diäthylenmonoxid, Diethylenmonoxid, Diäthylenoxid, Tetramethylenoxid

lyhenteitä: THF

1. Aineen ominaisuudet, merkinnät ja käyttö

1.1 Aineen kuvaus

Tetrahydrofuraani on väritön, eetterin hajuinen neste. Peroksidien muodostumisen estämiseksi tetrahydrofuraaniin on usein lisätty stabilointiainetta, esimerkiksi *p*-kresolia tai hydrokinonia.

1.2 Yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia

Molekyylimassa	72,1 g/mol
Tiheys 20 °C:ssa (vesi = 1)	0,89
Sulamispiste	-108 °C
Kiehumispiste	66 °C
Höyrynpaine	17,3 kPa (20 °C:ssa)
Höyryn tiheys	2,5 (ilma = 1)
Tasapainotilakonsentraatio	17 % (170 000 ppm) 20 °C:ssa; erittäin helposti haihtuva
Liukoisuus	liukenee veteen ja kloroformiin; liukenee hyvin asetoniin, bentseeniin, etyylieetteriin ja etanoliin
Jakautumiskerroin P (n-oktanoli/vesi)	logPow = 0,54 ei rasvahakuinen
Henryn lain vakio	$7 \cdot 10^{-5}$ atm×m^3/mol (25 °C:ssa) haihtuu helposti vedestä
Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa	1 ppm = 3,0 mg/m^3 1 mg/m^3 = 0,33 ppm

Hajukynnys	2-60 ppm (6-180 mg/m^3); haju varoittaa terveysvaarasta

1.3 Reaktiivisuus

Tetrahydrofuraani reagoi kiivaasti voimakkaiden hapettimien, vahvojen emästen ja joidenkin metallihalidien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Myös reaktio tionyylikloridin ja bromin kanssa on kiivas ja lämpöä tuottava. Syttyvää vetykaasua muodostuu reaktioissa litium- ja natriumalumiinihydridin, litiumboorihydridin, boraanin ja lämpimän kalsiumhydridin kanssa.

Stabiloimaton tetrahydrofuraani voi muodostaa peroksideja, jos ainetta säilytetään pitkiä aikoja valossa tai kosketuksissa ilman kanssa. Peroksidit ovat räjähdysvaarallisia, jos ne väkevöityvät esimerkiksi tislauksessa. Tetrahydrofuraani syövyttää joitakin kumeja, muoveja ja pinnoitteita.

1.4 Palo- ja räjähdysvaara

Leimahduspiste:	-20 °C
Syttymisrajat:	1,5-12,4 %
Itsesyttymislämpötila:	230 °C

Tetrahydrofuraani on helposti syttyvä, palava neste. Se syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Tetrahydrofuraanihöyry voi muodostaa syttyvän seoksen ilman kanssa. Höyry voi kulkeutua maata pitkin ja syttyminen on mahdollista pitkähkön matkan päässä päästökohdasta. Aineen vuotaminen sisätiloihin ja viemäreihin aiheuttaa räjähdysvaaran. Suljettu tetrahydrofuraanisäiliö voi repeytyä tulipalon kuumentamana.

1.5 Merkinnät

CLP-asetuksen ((EY) N:o 1272/2008) mukaiset varoitusmerkinnät

Varoitusmerkit

Huomiosana Vaara





Vaaralausekkeet

H225
Helposti syttyvä neste ja höyry.

H351
Epäillään aiheuttavan syöpää (mainitaan altistumisreitti, jos on kiistatta osoitettu, että vaara ei voi aiheutua muiden altistumisreittien kautta).

H319
Ärsyttää voimakkaasti silmiä.

H335
Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä.

EUH019
Saattaa muodostua räjähtäviä peroksideja.

Turvalausekkeet

Ennaltaehkäisyyn, pelastustoimenpiteisiin, varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät turvalausekkeet valitaan aineen vaaraluokituksen ja käyttötapojen perusteella.

Erityiset pitoisuusrajat

Merkintä:	Pitoisuus (C):
Silmä-ärsytys (Eye Irrit. 2); H319: Ärsyttää voimakkaasti silmiä.	C > 25 %
Elinkohtainen myrkyllisyys - kerta-altistuminen (STOT SE 3); H335: Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä.	C > 25 %

Kuljetusluokitus ja -merkinnät

Kuljetusluokitus ja -merkinnät määräytyvät kansainvälisten ja kansallisten kuljetusmääräysten mukaan.

YK-numero:	2056 (TETRAHYDROFURAANI)



Kuljetusluokka:	maantiekuljetus 3 merikuljetus 3
Pakkausryhmä:	II
Varoituslipuke:	3 (palava neste)
Vaaran tunnusnumero:	33 (helposti palava neste (leimahduspiste alle 23 °C))

Syöpäsairauden vaaraa aiheuttava aine

Tetrahydrofuraani on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 aineluettelossa luokiteltu kategoriaan 2 kuuluvaksi syöpäsairauden vaaraa aiheuttavaksi aineeksi (Carc. 2). Kategoriaan 2 kuuluvat aineet ovat mahdollisesti ihmisessä syöpää aiheuttavia, mutta niistä ei ole riittävästi tietoa tyydyttävän arvion tekemiseksi.

1.6 Raja-arvoja

Akuutin altistumisen raja-arvot

ERPG-arvot **(Emergency response planning guidelines, USA)**	ERPG-1	100 ppm (300 mg/m^3) /60 min
	ERPG-2	500 ppm (1500 mg/m^3) /60 min
	ERPG-3	5000 ppm (15 000 mg/m^3) /60 min

Työhygieeniset raja-arvot

HTP (2025) **(työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus)**	50 ppm (150 mg/m^3) /8 h (iho) 100 ppm (300 mg/m^3) /15 min (iho) Huomautus (iho): imeytyy ihon kautta

Raja-arvojen määritelmät on esitetty käyttäjän oppaassa (kappale 1.6).

1.7 Käyttö

Tetrahydrofuraania käytetään yleisesti liuottimena ja kemiallisten synteesien välituotteena. Sitä käytetään mm. lääkeaineiden, PVC-sideaineiden ja -pinnoitteiden, painovärien, lakkojen, maalien, liimojen, hartsien ja kasettinauhojen valmistuksessa. Tetrahydrofuraanista valmistetaan polymeroimalla polytetrametyleenieetteriglykolia (PTMEG) muoviteollisuuden raaka-aineeksi.

2. Terveysvaara

2.1 Välittömät vaikutukset

Tetrahydrofuraanin höyry ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. Lieviä vaikutuksia voidaan havaita jo 100 ppm pitoisuudessa. Altistuminen suurille, HTP-arvon selvästi ylittäville pitoisuuksille aiheuttaa myös keskushermosto-oireita, kuten päänsärkyä, pahoinvointia ja huimausta. Yleisanestesia muodostuu noin 25 000 ppm pitoisuudessa. Myös maksan toimintahäiriöt ovat mahdollisia tetrahydrofuraanille altistuttaessa.

Ihokosketus nestemäisen tetrahydrofuraanin kanssa aiheuttaa ihon ärsytysoireita. Tetrahydrofuraani imeytyy nopeasti ihon kautta elimistöön, joten laajoissa ihoaltistumisissa voi esiintyä myös systeemisiä vaikutuksia. Silmiin kohdistunut roiske aiheuttaa ärsytysoireita silmissä.

Nieltynä tetrahydrofuraani aiheuttaa ruuansulatuskanavan ärsytystä sekä suurissa pitoisuuksissa myös keskushermosto-oireita. Myös maksan ja munuaisten toimintahäiriöitä voi esiintyä.

2.2 Toistuvan altistumisen vaikutukset

Toistuva tai pitkäaikainen ihokosketus nestemäisen tetrahydrofuraanin kanssa kuivattaa ihoa ja saattaa aiheuttaa ärsytysihottumaa.

Tetrahydrofuraani on eläinkokeissa aiheuttanut munuaiskasvaimia urosrotissa ja maksakasvaimia naarashiirissä, mutta näiden havaintojen merkitys ihmiselle on epäselvä. Tetrahydrofuraani ei ole osoittautunut genotoksiseksi.

3. Vaikutukset ympäristöön

Tetrahydrofuraani on erittäin haihtuvaa. Jouduttuaan ilmaan se hajoaa hydroksyyli- ja nitraattiradikaalien vaikutuksesta ja sen määrä puoliintuu vuorokaudesta kolmeen vuorokauteen. Ilmasta tetrahydrofuraani voi huuhtoutua sateen mukana maahan.

Maahan valunut tetrahydrofuraani voi haihtua kuivasta ja kosteasta pintamaasta. Se hajoaa maaperässä biologisesti aerobisissa olosuhteissa. Tetrahydrofuraani on erittäin kulkeutuvaa, joten sen joutuminen pohjaveteen on mahdollista.

Tetrahydrofuraani on erittäin vesiliukoista. Veteen joutuessaan se kuitenkin haihtuu nopeasti pintavedestä. Laskentamallien avulla on arvioitu, että tetrahydrofuraanin määrä puoliintuu matalassa joessa (syvyys yksi metri) noin kolmessatoista tunnissa. Biologisen hapenkulutuksen perusteella (BOD 100 % / 14 vrk) tetrahydrofuraani on biologisesti nopeasti hajoavaa aerobisissa olosuhteissa. Tetrahydrofuraani on hyvin lievästi myrkyllistä vesieliöille. Sen akuutti LC50-arvo kalalle on noin 2160 mg/l (96 h) ja akuutti EC50-arvo vesikirpulle on noin 5930 mg/l (24 h).

Tetrahydrofuraanin ei ole todettu kertyvän ravintoverkkoon.

4. Toiminta onnettomuustilanteissa

Pelastustoimi: TOKEVA Ohje T3b (Helposti syttyvät nesteet)

Varmista oma turvallisuutesi ennen kuin ryhdyt pelastustoimiin: käytä henkilönsuojaimia äläkä pelasta yksin.

4.1 Palo ja räjähdys

Tyhjennä vaara-alue ihmisistä ja estä alueelle pääsy. Pysyttele tuulen yläpuolella. Siirrä säiliöt vaara-alueelta. Säiliöitä, joita ei voi siirtää turvallisesti, jäähdytetään vedellä. Älä lähesty säiliöitä päätyjen suunnasta, sillä kuumentunut säiliö voi revetä.

Sammutukseen voidaan käyttää jauhetta, alkoholia kestävää vaahtoa, sumusuihkua tai hiilidioksidia. Vesi voi olla tehotonta.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua ja paineilmahengityslaitetta.

4.2 Vuoto ja valuma

Vaara-alueen arviointi

pieni vuoto (noin 100 l):	Välitön eristys 25 metriä kaikkiin suuntiin.
suuri vuoto (noin 10 m^3):	Välitön eristys 50 metriä kaikkiin suuntiin.

Vaaraetäisyydet on laskettu Tukesin suositusten mukaisesti. Eristysrajana on käytetty ERPG 3 ja varoitusrajana ERPG 2 60 minuutin arvoa. Ohimeneviä, esimerkiksi ärsytysoireita voi kuitenkin esiintyä myös näitä vaaraetäisyyksiä pidemmillä etäisyyksillä.

Torjunta ja suojautuminen

Tetrahydrofuraanivuoto aiheuttaa syttymisvaaran ja sisätiloissa myös räjähdysvaaran. Sulje vuoto, jos sen voi tehdä turvallisesti. Poista mahdolliset syttymislähteet. Rajoita vaara-alueelle pääsyä. Pidä lammikon koko pienenä patoamalla ja estä nesteen valuminen vesistöihin ja viemäriin. Sumusuihkulla voidaan sitoa ja laimentaa höyryjä, mutta se ei estä niiden syttymistä. Höyrystymisen ja syttymisvaaran vähentämiseksi lammikko voidaan peittää alkoholia kestävällä vaahdolla.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua ja paineilmahengityslaitetta.

Alueen puhdistaminen

Tuuleta sisätilat. Tuuleta ja huuhtele tarvittaessa myös viemärit. Kokoa vuotanut tetrahydrofuraani suljettaviin astioihin ja imeytä loppu neste hiekkaan, turpeeseen tai tehokkaampaan kaupalliseen imeytysaineeseen. Pese valuma-alue vedellä. Poista tarvittaessa saastunut maa-aines.

4.3 Ensiapu

Hengitysteitse tapahtunut altistuminen

Siirrä tetrahydrofuraanille altistunut raittiiseen ilmaan. Jos henkilöllä on hengitysvaikeuksia, anna hänelle happea. Jos hengitys on pysähtynyt, anna potilaalle tekohengitystä, joka on tehokkainta palkeella. Pidä altistunut levossa ja lämpimänä. Ota tarvittaessa yhteys lääkäriin.

Roiskeet silmään

Huuhtele silmää haalealla juoksevalla vedellä 15 minuuttia silmäluomia auki pitäen (poista piilolinssit, mikäli mahdollista). Estä huuhteluveden valuminen puhtaaseen silmään. Ota yhteys lääkäriin, jos ärsytysoireita esiintyy.

Ihokosketus

Riisu tetrahydrofuraanin likaama vaatetus. Pese iho vedellä ja saippualla. Ota yhteys lääkäriin, jos altistumisalue on laaja tai ärsytysoireita esiintyy.

Suun kautta tapahtunut altistuminen

Jos potilas on tajuton tai hänellä on kouristuksia, älä anna mitään suun kautta. Jos altistunut henkilö on tajuissaan, huuhdo hänen suunsa vedellä ja juota hänelle lasillinen vettä tetrahydrofuraanin laimentamiseksi. Älä oksennuta. Toimita potilas välittömästi ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

Lisäohjeita saa tarvittaessa yleisestä hätänumerosta puh. 112 ja Myrkytystietokeskuksesta puh. 0800 147 111.

4.4 Lääketieteellinen hoito

Hoito on oireenmukaista.

4.5 Altistumisen arviointi biologisista näytteistä

Biologisen näytteen ottamista suositellaan epäiltäessä merkittävää altistumista.

Tetrahydrofuraanillle altistumista voidaan tutkia mittaamalla sen pitoisuutta virtsassa. Virtsanäyte otetaan noin 8 tunnin kuluessa altistumisesta (20 ml virtsaa). Altistumattomien taso on alle analyysimenetelmän määritystason 10 µg/l tetrahydrofuraania. Lisätietoja Työterveyslaitokselta (p. 030 4741 arkisin kello 8.30–15.00).

Altistumisen arviointiin biologisista näytteistä liittyviä ohjeita on esitetty käyttäjän oppaassa (kappale 4.5).

4.6 Jätteiden käsittely

Tetrahydrofuraania sisältävä jäte luokitellaan pitoisuudesta riippuen joko vaaralliseksi jätteeksi tai jätteeksi.

5. Käsittely ja varastointi

Pyri suljettuun prosessiin tai käytä tehokasta kohdepoistoa. Estä höyryn pääsy työpaikan ilmaan ja huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta. Käytä suojakäsineitä, suojalaseja, suojavaatetusta ja tarvittaessa hengityksensuojainta (suodatin A). Erittäin hyviä materiaaleja henkilönsuojaimiin ovat erilaiset monikerrosmateriaalit: Barrier® (PE/PA/PE), Silver Shield/4H® (PE/EVAL/PE), Trellchem® HPS, Trellchem® VPS, Tychem® CPF 3, Tychem® F, Tychem® BR/LV, Tychem® Responder® ja Tychem® TK. Hyvä materiaalion mm. Tychem® F. Työskentelytilan läheisyydessä tulee olla hätäsuihku ja silmienhuuhtelupaikka.

Tetrahydrofuraania käsitellään ja varastoidaan erillään syttymis- ja lämmönlähteistä sekä voimakkaista hapettimista. Tupakointi on kielletty. Sähkölaitteiden ja valaistuksen tulee olla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksyttyjä. Estä staattisen sähkön muodostuminen maadoituksin.

Varastoi tetrahydrofuraani viileässä, kuivassa, hyvin ilmastoidussa, auringonvalolta suojatussa ja paloturvallisessa tilassa, tiiviisti suljetuissa säiliöissä. Aineen pakkausmateriaaliksi soveltuu ruostumaton teräs, alumiini, polyeteeni, polytetrafluorieteeni (Teflon®) tai polyamidi. Säilytä stabiloimaton tetrahydrofuraani typpikaasun alla peroksidien muodostumisen estämiseksi. Suuret tetrahydrofuraanimäärät tulee mieluiten varastoida ulkona. Tarkkaile mahdollisia vuotoja.

Tetrahydrofuraanin käsittelyä ja varastointia koskevat valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015) ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012) sekä valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003) (ATEX-säädökset). Räjähdysvaarallisten tilojen luokitus tulee tehdä joko käsikirjan SFS 59 tai standardin SFS-EN 60079-10-1 avulla.

6. Kuljetusmääräyksiä

Aineen pakkaus sekä kollien ja säiliöiden merkinnät on tehtävä kuljetusmääräyksissä annettujen yksityiskohtaisten ohjeiden mukaisesti.

Jokaiseen kolliin on merkittävä aineen YK-numero ja sen eteen kirjaimet "UN" (tetrahydrofuraani: UN 2056). Kolli on varustettava myös kyseisen aineen varoituslipukkeella (tetrahydrofuraani: varoituslipuke 3).

7. Kirjallisuus

Huom. Tähdellä (*) merkityt ovat maksullisia tietokantoja.

American Industrial Hygiene Association (AIHA). 2016 ERPG/WEEL Handbook. AIHA Guideline Foundation, 2016.

Biodegradation and Bioconcentration of the Existing Chemical Substances. National Institute of Technology and Evaluation, 2008.

Brandes E, Möller W. Safety Characteristic Data, Volume 1: Flammable Liquids and Gases. 2nd ed. Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig; 2008.

AQUIRE (Aquatic Information Retrieval). U.S. Environmental Protection Agency (EPA); 2008.

CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2007, (87th Edition), David R. Lide, ed., Taylor and Francis, Boca Raton, FL.

Documentation of Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, 7th ed., American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, Ohio; 2005.

EFDB (Environmental Fate Data Base). Syracuse Research Corporation (SRC), Syracuse (NY); 2008.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 (CLP-asetus).

Fire Protection Guide to Hazardous Materials, 13. painos, NFPA International; 2002.

Forsberg K & Mansdorf SZ. Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2007.

GESTIS (Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften). Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Deutschland; 2008.

Hazardous Substances Data Bank (HSDB). National Library of Medicine, 2008.

* H. Müller: "Tetrahydrofuran", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Electronic Release, 7th ed., Wiley-VCH, Weinheim 2007.

International chemical safety cards (ICSC). ICSC: 0578. Tetrahydrofuran. IPCS/European Commission; 1997.

International Maritime Organization (IMO). International maritime dangerous goods code, Amdt. 33-06, London: IMO, 2006.

IUCLID (International Uniform Chemicals Information Database). Brussels: European Commission, European Chemicals Bureau, 2000. Data sheet: Tetrahydrofuran.

Kemikaalien ympäristötietorekisteri/Data bank of environmental properties of chemicals. Suomen ympäristökeskus, Helsinki; 2008.

*Kemiska ämnen. Prevent, Stocholm; 2008.

* MEDITEXT® Medical Management. TOMES® System. MICROMEDEX, Greenwood Village (CO); 2008.

NIST Chemistry Webbook. NIST Standard Reference Database Number 69. National Institute of Standards and Technology (NIST); 2008.

NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Tetrahydrofuran (CAS NO. 109-99-9) in F344/N Rats and B6C3F$_1$ Mice (inhalation studies), TR 475, National Toxicology Program, Research Triangle Park; 1998.

Sosiaali- ja terveysministeriö. HTP-arvot 2025. Sosiaali- ja terveysministeriö; Helsinki, 2025.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Tetrahydrofuraanin HTP-arvojen perustelumuistio. Sosiaali- ja terveysministeriö; 2002.

The Merck Index, 13. painos, Merck & Co., Inc.; 2001.

The N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification. Version Web 6.2 Brussels: European Commission, European Chemicals Bureau, Copenhagen: Nordic Council of Ministers; 2008.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Tuotantolaitosten sijoittaminen - Opas; Tukes, 2015.

U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH chemical listing and documentation of revised IDLH values. NIOSH 1995.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. Lakikokoelma. Edita Publishing Oy, Helsinki, 2009.

Tämä turvallisuusohje on tehty Palosuojelurahaston tuella.