



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

POLYCHLOROIDUT DIBENZO-p- DIOKSINIT JA POLYKLOOROIDUT DIBENZOFURAANIT (PCDD / PCDF)

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transilvania University of Braşov

i.manciulea@unitbv.ro, lucia.d@unitbv.ro

Käännös Merja Mäkelä



Erasmus+

This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license



JOHDANTO

PolyklooratUT dibentso-p-dioksiiniT ja polyklooratUT dibentsofuraaniT (PCDD/PCDF) ovat ryhmä vaarallisia orgaanisia yhdisteitä, jotka ovat pääosin antropogeenisistä lähteistä peräisin ja joilla on kielteisiä vaikutuksia ihmisten terveyteen. PCDD/PCDF-yhdisteitä (dioksiini- ja furaani-) ei tuoteta kaupallisesti, ne ovat sivutuotteita, jotka johtuvat muiden kemikaalien tuotannosta ja joilla ei ole tunnettua käyttöä. Niitä ei ole koskaan tuotettu tarkoituksellisesti (lukuun ottamatta puhtaita aineita, joita käytettiin vertailuissa analyttisissä ja toksikologisissa tutkimuksissa, eikä niillä ole koskaan ollut mitään hyödyllistä tarkoitusta. Dioksiineja ja furaaneja muodostuu ei-toivotuiksi sivutuotteiksi monissa teollisuus- ja palamisprosesseissa. Niitä myös luonnostaan muodostuu ympäristöön, metsäpaloissa ja tulivuorenpurkauksissa ja myös entsyymaattisesti katalysoiduissa prosesseissa. Luonnonmuodostus on yleensä vähemmän merkittävää verrattuna ihmisen muodostumaan. Dioksiinit ja furaanit voivat päästä ympäristöön tuottamalla torjunta-aineita ja muita kloorattuja orgaanisia yhdisteitä. Dioksiinit / furaanit liittyvät polttamisreaktioihin sekä erilaisten kemiallisten tuotteiden synteesiin ja käyttöön. Furaanit ovat tärkeitä PCB-yhdisteitä. Sekä dioksiineja ja furaaneja on havaittu hiiltä, turvetta, PCP:llä käsitellyllä puuta, sairaalajätettä, yhdyskuntajätettä, torjunta-aineita, vaarallisia jätteitä jne. poltettaessa. Tupakansavu, eräät kodinlämmitysjärjestelmät ja pakokaasujen päästöt, joissa on lyijyllistä tai lyijytöntä bensiiniä sekä dieselpolttoaineita, tuottavat myös pieniä määriä dioksiineja ja furaaneja. (EPA, 2013, Dopico et ai., 2015). Aikaisempien dioksiinien ja furaanien aiheuttaman ympäristön saastumisen lähteet olivat klooria sisältävien orgaanisten kemikaalien tuotanto ja käyttö korkeissa lämpötiloissa, kuten metallurgisesta teollisuudesta, jätteenpoltosta, kodin lämmityksestä ja muista energiantuotantoprosesseista. Dioksiinien ja furaanien muodostumiselle suotuisat tekijät ovat korkeat lämpötilat, emäksiset väliaineet,

sekä ultraviolettivalon että radikaalien esiintyminen kemiallisessa prosessissa (Fiedler, 2007). Dioksiinien ja furaanien tärkeä lähde oli pentakloorifenolin ja valkaisuprosessin tuotanto sellu- ja paperiteollisuudessa. Nykyään teollisissa prosesseissa tapahtuneet muutokset ovat johtaneet dioksiini- ja furaanipitoisuuksien pienenemiseen tuotteissa. Aikaisemmin kemianteollisuus sekä sellu- ja paperiteollisuus olivat dioksiinien ja furaanien muodostumisen ja monien saastuneiden alueiden tärkeimmät lähteet, nykyiset dioksiinien ja furaanien pilaantuminen korreloivat termisten prosessien kanssa (Booth et al., 2013). Dioksiineja ja furaaneja esiintyy myös kiinteissä jäämissä mistä tahansa palamisprosessista, kuten pohjatuhka, kuona ja lentotuhka. Kehittyneen tekniikan ja tuhkan ja kuonan palamisen myötä dioksiinien ja furaanien pitoisuudet ympäristössä ovat vähentyneet. Koska dioksiinien ja furaanien muodostuminen riippuu antropogeenisistä lähteistä, kemianteollisuuden kehitys vuosina 1920-1970 määritteli dioksiinien ja furaanien päästöt, ja pitoisuudet ilman, maaperän ja veden osalta korreloivat näiden yhdisteiden negatiivisten vaikutusten kanssa elävissä organismeissa (Hites, 2010). Aikaisempien teollisuuslaitosten valvonnan ja hätätilanteiden puutteen takia liittyi onnettomuuksia eri puolilla maailmaa ja katastrofaaliset ympäristövaikutukset (Seveso, Italia), dioksiinit ja furaanit ovat myös aseellisissa konflikteissa (Agent Orange -kaasu Vietnamissa). 1970-luvun jälkeen on kirjattu tiukennetun lainsäädännön ja tehokkaampien vihreiden teollisuustekniikoiden käyttöönoton jälkeen teollisuuslähteistä peräisin olevien dioksiinien ja furaanien päästöjen ja saastumisen vähenemistä (Kulkarni et al., 2008). Nykyisin dioksiinien ja furaanien muodostumisessa on pääasiallisena mekanismina "de novo-synteesi", joka koostuu polymeerien tai makromolekyylisten hiilen rakenteiden hapettuminen ja muuntaminen aromaattisiksi yhdisteiksi. Saadut de novo-synteesin dioksiinit ja furaanit jäävät osittain kiinteään faasiin ja toinen osa desorboituu kaasufaasiksi ja kulkeutuu kaasun ulkopuoliseen virtaukseen. Nykyään ei-teollisista lähteistä peräisin olevat päästöt (kuten asuin- lämmitys- ja kotitalousjätteen polttaminen) ovat pysyneet enemmän tai vähemmän vakaina, ne ovat dioksiinien ja furaanin leviämisen tärkein lähde (Booth et al., 2013,

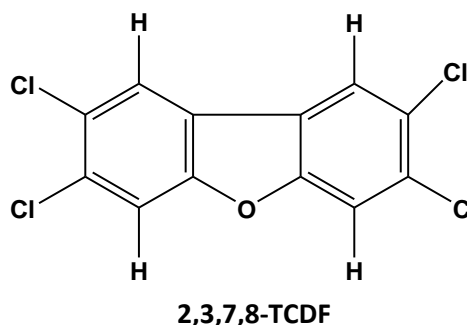
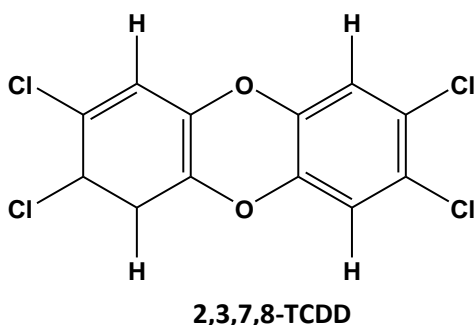
Dopico et al., 2015). Vuosittain maailmanlaajuinen dioksiini- ja furaanituotanto on 17,226 kg. Ilmassa on vain 9 kg (3%), loput (57%) laskeutuvat maa-alueille (163 kg) ja loput (40%), (354 kg / vuosi) imeytyvät valtamerien vesiin (Morales et al., 2014). Euroopan mantereella on yksi maailman suurimmista dioksiinivalmistajista. Päästöt etenevät sekä teollisuustoiminnasta että ei-teollisista polttoprosesseista ja ympäristön pitoisuus vaihtelee riippuen ilmastosta, asuinrakennustoiminnasta ja kehitysasteesta ja sosiaalisesta tietoisuudesta kyseisten maiden asukkaista (Dopico et al., 2015). Dioksiinit ja furaanit ja niihin liittyvät yhdisteet vapautuvat yleensä suhteellisen alhaisissa pitoisuuksissa (esim. osia biljoonaa tai osia kvadriljoonia kohti), mutta koska ne ovat erittäin pysyviä, ne jäävät ympäristöön ja voivat kerääntyä eläinten kudoksiin (EPA, 2013).

DIOKSINIEN JA FURANIN KEMIKAALINEN RAKENNE

Dioksiinit ja furaanit ovat ryhmä aromaattisia hiilivetyjä, joilla on samanlaiset kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet, jotka muodostuvat kahden bentseenirenkaan kolminkertaisen rengasrakenteen muodostamasta kolmannella hapetusta renkaasta. Riippuen niiden rakenteellisesta rakenteesta, erityisesti asemista, joissa klooriatomeja voidaan kiinnittää, voidaan muodostaa erilaisia dioksiinien ja furaanien muotoja ja yhdisteitä. Teoreettisesti 75 dioksiinia ja 135 furaanien yhdistettä ovat mahdollisia, joiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määräytyvät klooriatomien määrän ja niiden asemien perusteella molekyylin ytimessä. Dioksiinien ja furaanien toksikologiaa hallitsee klooriatomien läsnäolo erilaisten kantoaineiden 2, 3, 7 ja 8 asemissa. On olemassa 7 dioksiinia ja 10 furaania, joissa on 2,3,7,8-tetraklooridibentso-p-dioksin (TCDD), joka on dioksiinin kaltaisen luokan kaikkein myrkyllisin ja tärkein yhdiste, ja jolla on toksinen vastaavuuskerroin (TEF) 1,0 (WHO, 2010), ja joka luokitellaan ryhmään 1 karsinogeeniksi IARC:n (International Cancer Research Agency) mukaan. Kaikki 2,3,7,8-substituoituvat PCDD-yhdisteet (ilman kloorisubstituutioita ortoasemissa) osoittavat samanlaista biologista ja myrkyllistä aktiivisuutta. Mekaanisia ekvivalentteja (TEQ) käytetään kuvaamaan

16 muun muodon toksisuutta suhteessa 2,3,7,8-TCDD: hen. Yhteiskäyttäjien toksisen aktiivisuuden väliset erot eivät ole korkeampia kuin 28%. (EPA-Dioxine, 2013).

Dioksiinit ja furaanit



DIOKSINIEN JA FURAANIEN OMINAISUUDET

Dioksiinit ja furaanit ovat veteen liukenemattomia, lipofiilisiä ja erittäin hitaasti hajoavia. Koska kunkin isomeerin kemiallisia ominaisuuksia ei ole selvitetty, niiden ominaisuuksien keskustelussa on otettava huomioon korrelaatio molekyyllissä olevien klooriatomien lukumäärän kanssa. Taulukossa 1 on esitetty valikoitujen dioksiinien ja furaanien ominaisuudet.

Taulukko 1. Fysikaaliskemialliset ominaisuudet valituille dioksiineille ja furaaneille.

	TEF	P_L (Pa)	S mg/m ³ (ng/L)	log Kow	H (Pam ³ / mol)	log Koa
1-CDD	0	0.075	417	4.75	6.288	7.34
2,3,7,8-TCDD	1	1.18×10^{-4}	0.0193	6.80	3.337	9.67
OCDD	0.001	9.53×10^{-7}	0.000074	8.20	0.684	11.8
2,8-CDF	0	1.46×10^{-2}	14.5	5.44	6.377	8.03
2,3,4,7,8-PCDF	0.5	1.72×10^{-5}	0.236	6.5	0.505	10.2
OCDF	0.001	1.01×10^{-7}	0.00116	8.00	0.191	12.1

Jäähdytysnesteen nesteen höyrynpaine (PL), vesiliukoisuus (S), oktanoli- ja vesijakaantumiskerroin (Kow), Henryn vakio (H), oktanoli / ilmojen jakaantumiskerroin (Koa, Mackay et ai.)

Dioksiineille ja furaaneille on tunnusomaista niiden lipofiilisyyden, puolihiukkasuuden ja resistenssin kemialliselle ja biokemialliselle hajoamiselle. Hiukkasiin sidottujen dioksiinien ja furaanien fotohajoamisen ilmassa todettiin olevan vähäpäästä ja heikentävän niitä pitkäaikaiseen pysymiseen ympäristössä ja pitkän kantaman liikenteeseen (LRT). Ne kykenevät myös biokonsentraatioon ja biomagnifioimaan tyypillisissä ympäristöolosuhteissa ja mahdollisesti saavuttamaan toksikologisia pitoisuuksia (WHO, 2010). Tetra-okta PCDD:llä on pienempi höyrynpaine kuin PCB-yhdisteillä, joten niiden ei oleteta läpäisevän LRT:ää samassa määrin, mutta arktisten maaperiin ja sedimentteihin kertymisestä on todisteita (AMAP, 2014). Dioksiinien ja furaanien myrkyllisyys voidaan ilmaista eri muodoissa (N-TEQ, I-TEQ ja WHO-TEQ) riippuen niiden arvioinnissa käytetyistä toksisuusekvivalenssikateista (EFA, 2013). Verrattaessa dioksiinien ja furaanien seosten myrkyllisyyttä kansainvälisesti myrkyllisyyteen liittyviin tekijöihin (TEF) on osoitettu olevan yksittäisiä dioksiineja ja furaaneja, jotka perustuvat toksisuuden vertailemiseen 2,3,7,8-tetraklooridibentsodioksidin kanssa (2,3,7,8-TCDD), ja joiden on osoitettu olevan vain kymmenesosan verran myrkyllisiä verrattuna 2,3,7,8-TCDD:hen eläinkokeissa. TEF 0,1.TEF:t katsotaan riskinhallintatyökaluiksi ja niillä on taipumus yliarvioida seosten myrkyllisyyttä. Dioksiineja ja furaaneja vapautuu yleensä suhteellisen alhaisina pitoisuuksina (esim. osia biljoonasta tai osia kvadriljoonasta), mutta koska ne ovat erittäin pysyviä, ne jäävät ympäristöön ja voivat kerääntyä eläinten kudoksiin (Dopico ym. 2015).

DIOKSIINIEN JA FURAANIN PYSYVYYS ILMASSA, VEDESSÄ, MAAPERÄSSÄ JA SEDIMENTISSÄ

Dioksiinien ja furaanien pitoisuudet juomavedessä ja pintavedessä ovat hyvin alhaiset, koska ne ovat huonosti liukoisia veteen. Alhainen höyrynpaine, alhainen vesiliukoisuus ja voimakas kyky tarttua hiukkasiin varmistavat dioksiinien ja furaanien liikkumattomuuden maaperässä ja sedimentissä ja

kertymisen rasvapitoiseen kudokseen (EPA, 2013). Primaarisista lähteistä peräisin olevat dioksiinit ja furaanit (jotka muodostuvat teollisissa tai polttoprosesseissa) siirtyvät ja tulevat ympäristöön. Sekä toissijaisista lähteistä peräisin olevat dioksiinit ja furaanit (ympäristön säiliöt) ja jo olemassa olevat ympäristössä tai kemiallisina tuotteina jätemailla, kaatopaikoilla, saastuneissa maissa ja sedimenteissä (Fiedler, 2007, Dopico et al., 2015). Koska dioksiinit ja furaanit tulevat ympäristöön ja eläviin organismeihin pysyvän luonteensa ja lipofiilisyyden vuoksi, ne pysyvät pitkään, kuten monet muut halogenoituidet aromaattiset yhdisteet (Booth et al., 2013). Dioksiinien ja furaanien adsorptio orgaaniselle hiillelle maaperässä ja sedimenttihiukkasissa määrää niiden liikkumisen liukenemisen syvemmälle maaperän ja pohjavesikerrokseen tai päästöttilasta ympäristöön. Valokemiallisen hajoamisen aikana dioksiinien ja furaanien puoliintumisaika maaperässä on 10-12 vuotta. Erittäin klooratut dioksiinit ja furaanit ovat kestävämpiä hajoamisessa verrattaessa niihin, joilla on vain vähän klooriatomia. Ilma on merkittävä kohde dioksiinien ja furaanien ympäristäjakaumalle, se voi sitoutua hiukkasiin, kun taas osa pysyy kaasumaisessa vaiheessa ja siten olla alttiina LRT:lle jopa tuhansien kilometrien matkoja. Ilman pitoisuuksien seuranta on tärkeä tietolähde epäpuhtauksien kehityksestä, sijaintipaikasta, meteorologiamuuttujista, kuljetusmekanismista, laskeumasta, dispersioista (EPA, 2013, Gunes, 2014). Ympäröivät dioksiinien ja furaanien pitoisuudet ovat korkeammat talvikuukausina (AMAP, 2014). Hiukkasfaasissa näillä prosesseilla on vähäinen merkitys ja hiukkasfaasin kuljetusalue riippuu ensisijaisesti partikkelikoosta. Dioksiinit ja furaanit ovat erittäin vastustuskykyisiä kemialliselle hapettumiselle ja hydrolyysille, ja nämä prosessit eivät ole merkittäviä vesiympäristössä. Fotohajoaminen ja mikrobien transformaatio ovat pintaveden ja sedimentin tärkeimmät hajoamisreitit (Onofrio et al., 2011). Maaperään ja vesistöihin kerääntyneistä tai imeytyneistä dioksiinien ja furaanien alin konsentraatiotasoa löytyy Etelämantereelta ja Oseaniasta, kun taas Euroopassa esiintyy korkeimpia pitoisuuksia maaperässä. Toisaalta Tyynenmeren pohjoispuolella ja Välimerellä on korkeimmat dioksiinipitoisuudet vedessä (Booth et al., 2013).

DIOKSIINIEN JA FURAANIEN BIOAKKUMULAATIO

Dioksiinien ja furaanien päästöt ilmaan riittämättömistä polttamisesta ja jätteistä, saastuneesta maaperästä ja vedessä olevista sedimenteistä määrää niiden biokertyvyyden ja biokonsentraation elintarvikkeetuissa. Korkeammat klooratut dioksiinit ja furaanit ja niiden yhdistelmät, joilla on erityiset kloorausasemat, pysyvät kauemmin ympäristössä ja osoittavat suurempaa bioakkumulaatiota (Booth et al., 2013). Dioksiineilla ja furaaneilla on alhainen vesiliukoisuus ja korkea rasvaliukoisuus, mikä voi johtaa korkeampiin pitoisuuksiin rasvaisissa elintarvikkeissa, kuten maitotuotteissa, eräissä kaloissa, lihassa ja äyriäisissä. Suurin osa ihmisen altistumisesta on saastuneiden elintarvikkeiden nauttimista ja nämä yhdisteet pysyvät rasvakudoksessa, puoliintumisaika ihmisillä on yli 7 vuotta (WHO, 2010, EPA, 2013). Dioksiinien ja furaanien ja niiden metaboliittien fysikaaliskemialliset ominaisuudet mahdollistavat näiden yhdisteiden imeytymisen helposti elävissä organismeissa. Elävien organismien kertymisnopeudet vaihtelevat lajin, altistuksen keston, dioksiinien ja furaanien pitoisuuden ja ympäristön olosuhteiden mukaan. Dioksiinien ja furaanien ja niiden aineenvaihduntatuotteiden korkea säilyminen edellyttää, että organismit voivat esiintyä spatiaalisesti ja ajallisesti kaukana alkuperäisestä vapautumispaikasta (Ding et al., 2013), puoliintumisaika eläimissä on noin 1 vuosi apinoilla ja 7-10 vuotta ihmisillä. Linnunmunien dioksiinipitoisuudet TEQ:na ilmaistuna laskivat 3,3 ng/g:sta lipideissa noin 1 ng/g:aan vuosien 1969 ja 1990 välillä samaa suuntausta noudattaen.

ALTISTUMINEN DIOKSIINEILLE JA FURAANEILLE

Tällä hetkellä suurin dioksiini- ja furaanialtistumisen lähde ympäristössä näyttää olevan aikaisemmin tuotujen yhdisteiden uudelleenjakaantuminen. Dioksiineja ja furaaneja löytyy nykyään lähes kaikista maailmanlaajuisen ekosysteemin osista, ainakin jossakin määrin. Ne ovat läsnä maaperässä, sedimentissä ja ilmassa. Paitsi ammattitaudista tai satunnaista altistumista useimpien ihmisten altistuminen dioksiineille ja furaaneille tapahtuu ruokavaliosta, sillä eläinperäiset

elintarvikkeet ovat tärkein lähde, koska ne ovat pysyviä ympäristössä ja kertyvät eläinrasvoihin (Dopico ym. 2015). Aikaisempi ja nykyinen ihmisen altistus dioksiineille ja furaaneille johtuu pääasiassa niiden siirtymisestä reitin varrella: ilmakehän päästöt → ilma → laskeuma → maapallon tai veden ravintoketju → ihmisen ravitsemus. Teollistuneissa maissa tehdystä elintarvikevalvonnasta saadut tiedot osoittavat, että päivittäinen dioksiinien ja furaanien annos on 50-200 pg I-TEQ / hlö / päivä tai 1-3 pg I-TEQ / kg paino / päivä 60 kg aikuiselle (WHO, 2010). Viimeaikaiset tutkimukset maista, jotka ovat ryhtyneet toteuttamaan toimenpiteitä dioksiinien ja furaanien päästöjen vähentämiseksi, osoittavat elintarvikkeiden vähäisiä dioksiini- ja furaanipitoisuuksia ja siten näiden yhdisteiden vähäisempää ruokavaliosta altistumista viimeisten 10 vuoden aikana. Ihmisen rasvakudokseen kertyneet pitoiset dioksiinit ja furaanit heijastavat saannin historiaa (Srogi, 2006). Rintamaito on hyödyllisin tarkastelukohde dioksiinien ja furaanien ja muiden POP-yhdisteiden ajallisen kehityksen arvioimiseksi. Ihmisen rintamaidon dioksiinin ja furaaniin vaikuttavat tekijät ovat äidin ikä, imetyksen kesto ja maidon rasvapitoisuus. Tutkimukset 21 maasta osoittivat, että väestö altistuu pääasiassa dioksiineille ja furaaneille rasvaisen eläinperäisen elintarvikkeen, lihan, tietyistä kaloista ja karjatuotteista sekä äyriäisistä. Kehossa dioksiinit ja furaanit kerääntyvät rasvakudokseen ja vapautuvat hitaasti. Imetys tai laihtuminen lisää aineiden vapautumista verenkiertoon. Dioksiinit ja furaanit voivat ylittää istukan äidistä sikiöön ja erittyvät rintamaitoon nostamalla pitoisuudet ihmisen maidossa yleensä korkeammiksi kuin lehmän maidossa tai muissa äidinmaidonkorvikkeissa. Tämän seurauksena imeväisillä on korkeampi ruokavalioaltistuminen kuin niillä, joita ei imetetä, erityisesti naisilla, joiden ruokavalio perustuu erittäin saastuneiden jokien ja järvien (kuten Suurten järvien ja Itämeren) kalaan. Dioksiini- ja furaanipitoisuudet ihmisen maidossa ovat vähentyneet merkittävästi maissa, jotka ovat mitanneet näitä aineita (EPA, 2013, WHO, 2010).

IHMISEN TERVEYSVAIKUTUKSET

Dioksiinien ja furaanien suurin riski ihmisten terveydelle on se, että ne voivat muuttaa monien solujen kehittymistä ja aiheuttaa esimerkiksi syöpää, endokriinisen järjestelmän hajoamista tai lisääntymis- ja kehitysongelmia (Srogi, 2008; Booth et al. , 2013).

Lyhytaikainen altistuminen suurille dioksiini- ja furaanipitoisuuksille työperäisissä olosuhteissa tai työtapaturmien jälkeen voi aiheuttaa ihosairauksia, jotka tunnetaan klorriakneina, joka on pysyvä.

Pitkäaikainen altistuminen aiheuttaa immunotoksisuutta, kehityshäiriöitä ja hermoston kehittymistä ja vaikutuksia kilpirauhaseen ja steroidihormoneihin sekä lisääntymistoimintaan. Herkimässä elämänvaiheessa katsotaan olevan sikiön tai vastasyntyneen. Epidemiologiset tutkimukset eläimillä ja työympäristöissä osoittavat ihmisen karsinogeenisyyttä useilla alueilla. Kansainvälinen syöpätautien tutkimusvirasto (IARC) luokitellut ryhmän 1 (ihmisille karsinogeeniset) dioksiinit ja furaanit ja jotkut muut dioksiinit ryhmään 3. IARC luokitellut äskettäin 2,3,4,7, 8-pentaklooridibentsofuraanin ja 3,3', 4,4', 5-pentaklooribifenyylin ryhmään 1. Monet maat ja hallitustenväliset järjestöt ovat ryhtyneet toimiin dioksiinien ja furaanien muodostumisen ja vapauttamisen estämiseksi, ovat myös estäneet ja rajoittaneet dioksiinien ja furaanien tuotantoa, käyttöä, käsittelyä, kuljetusta ja hävittämistä. Tuloksena dioksiinien ja furaanien vapautuminen ympäristöön on vähentynyt monissa kehittyneissä maissa. Ruoan ja rintamaidon analyysit osoittavat kuitenkin, että näitä yhdisteitä on edelleen, mutta vähemmän kuin 1960- ja 1970-luvuilla (EPA, 2013, WHO, 2010).

LÄHTEET

1. [AMAP Technical Report No.7 Trends in Stockholm Convention on POPs in Arctic Air, Human media and Biota.](#) (AMAP 2014).
2. [Booth, S., J. Hui, Z. Alojado, V. Lam, W. Cheung, D. Zeller, D. Steyn, and D. Global deposition of airborne dioxin.](#) [Mar Pollut Bull.](#) 2013.



3. [Ding, L., Y. Li, P. Wang, X. Li, Z. Zhao, T. Ruan, and Q. Zhang. 2013.](#) Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of dioxins/furans and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. *Chinese Sci. Bull.* (2013).
4. [Dopico Miguel & Gómez Alberto \(2015\)](#) Review of the current state and main sources of dioxins around the world, *Journal of the Air & Waste Management Association*, (2015).
5. [EPA, 2013.](#) Use of Dioxin TEFs in Calculating Dioxin TEQs at CERCLA and RCRA Sites.
6. [Fiedler, H., 2007.](#) National dioxins/furans release inventories under Stockholm Convention on POPs. *Chemosphere*, 67(9), (2007).
7. [Gunes, G., and Saral. A., 2014.](#) Seasonal variation of PCDD/Fs in the metropolis of Istanbul, Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (21), 2014.
8. [Hites, R.A. 2010.](#) Dioxins: An overview and history†. *Environ. Sci. Technol.* 45(1). (2010).
9. [Kulkarni, P.S., J.G. Crespo, and C.A. Afonso. 2008.](#) Dioxins sources and current remediation technologies a review. *Environ. Int.* 34(1). 2008.
10. [Morales, L., J. Dachs, B. Gonzalez-Gaya, G. Hernan, M. Abalos, and E. Abad. 2014.](#) Background concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, furans and biphenyls in the global oceanic atmosphere. *Environ.Sci. Technol*, (2004).
11. [Onofrio, M., R. Spataro, and S. Botta. 2011.](#) The role of a steel plant in northwest Italy to the local air concentrations of PCDD/Fs. *Chemosphere*, (82)
12. [Srogi, K. 2008.](#) Levels and congener distributions of dioxins/furans and PCBs in environmental and human samples: A review. *Environ. Chem. Lett.* 6(1), 2008.
13. [WHO, 2010](#) Preventing disease through healthy environments. Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern.



VNiVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



UNIVERZITA
KARLOVA



Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665