

# Litteraturstudie om dioxin og brændefyring

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 29. april 2022 | 04



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Litteraturstudie om dioxin og brændefyring  
Forfattere: Rossana Bossi, Thomas Ellermann  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab (ENVS)

Faglig kommentering: Ole-Kenneth Nielsen, ENVS  
Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen, DCE

Ekstern kommentering: Miljøministeriet. Kommentarerne findes her:  
[http://dce2.au.dk/pub/komm/N2022\\_04\\_komm.pdf](http://dce2.au.dk/pub/komm/N2022_04_komm.pdf)

Rekvirent: Miljøministeriet

Bedes citeret: Bossi, R., Ellermann, T. 2022. Litteraturstudie om dioxin og brændefyring. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 12 s. – Notat nr. 2022 | 4  
[https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2022/N2022\\_04.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_04.pdf)

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Thomas Ellermann

Sideantal: 12

# Indhold

<b>Sammenfatning</b>	<b>4</b>
<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>Resultater fra litteraturstudie</b>	<b>6</b>
1.1    Luftmålinger af dioxiner (PCDD/F) i atmosfæren	6
1.2    Udledning af dioxin fra brændefyring	8
1.3    Sammenligning med andre kilder	8
<b>Referencer</b>	<b>10</b>

## Sammenfatning

Dette notat er udarbejdet af DCE på bestilling fra Miljøstyrelsen, som har ønsket en opdateret viden om udledning af dioxin i forbindelse med husholdningsopvarmning ved hjælp af brændefyring. Notatet er baseret på en litteraturgennemgang af den nuværende viden om udledning af dioxin til luften fra brændefyring, sammenholdt med andre kilder til menneskers dioxin-indtag (primært fra fødevarer).

Indsatsen i forhold til at nedbringe dioxin i luften fra industri og affaldsforbrændingsanlæg har markant reduceret den samlede danske udledning fra 1990-2019 (55 %). Ifølge den danske implementering af Stockholmkonventionen er udslip fra forbrændingsanlæg og industri i Danmark faldet til under 5% af niveauet i 1990'erne (MST, 2018). Modelberegninger udført af EMEP viser, at emissioner af dioxin fra antropogene kilder i Danmark er faldet med 69% fra 1990 til 2017 (Gusev et al., 2019). Atmosfærisk deposition af dioxin til de danske indre farvande (Kattegat, Øresund og Østersøen) er også faldet med 72% ifølge modelberegninger fra EMEP (Gusev et al., 2019). Fyring med biomasse i private husholdninger er nu den største nationale kilde til udledning af dioxin til luften og står for ca. 60 % af den samlede danske udledning (Nielsen et al., 2021).

I projektet "In situ målinger af udledninger af PCDD/F fra brændeovne i private boliger" (Miljøstyrelsen, 2018) er der udført målinger fra otte skorstene. Målingerne viste en stor variation i udledningerne fra de enkelte skorstene, hvilket vurderes at skyldes forskel i det anvendte træ. I projektet er det også fundet, at nyere brændeovne med en bedre forbrænding tilsyneladende ikke giver en reduktion i udledningerne af dioxin. Det konkluderes, at den reelle store forskel i dannelse og udledninger af dioxiner er mere påvirket af brændets kvalitet og indehold af klorid end brændeovnens forbrændingseffektivitet. Derfor anvendes der den samme emissionsfaktor for alle brændeovne uanset alder i beregningen af emissionen fra brændeovne i den nationale emissionsopgørelse (Nielsen et al., 2021).

Eksposering for dioxin i luften fra brændefyring vurderes generelt af WHO til at være lav og vurderes ikke at udgøre en direkte sundhedsbelastning. WHO angiver, at over 90 % af den mængde dioxin, som kroppen optager, stammer fra fødevarer, og generelt er eksposeringen for dioxin fra luften lav. Tilsvarende lavt bidrag fra udledninger til luften er også fundet i den undersøgte litteratur. Til gengæld bidrager enhver udledning af dioxin indirekte til optagelsen via fødevarer, fordi det spredes i miljøet, og noget af det optages derfra i fødekæden.

## Indledning

Dette notat er et ønske fra Miljøstyrelsen om en opdatering af den tilgængelige viden om luftforurening fra brændefyring og udledning af dioxin til luften.

Notatet er baseret på en litteraturgennemgang af den nuværende viden om udledning af dioxin til luften fra brændefyring, sammenholdt med andre kilder til menneskers dioxin-indtag (primært fra fødevarer).

# Resultater fra litteraturstudie

## 1.1 Luftmålinger af dioxiner (PCDD/F) i atmosfæren

Der er foretaget en litteraturundersøgelse med fokus på målinger af dioxinkoncentrationer i luften i industriområder, byområder, boligområder og landlige områder. Den generelle betegnelse dioxiner inkluderer polyklorerede dioxiner (PCDD) og polyklorerede furaner (PCDF).

Da luftkoncentrationer af dioxiner generelt er lave, skal man opsamle høje luftvolumener, og dette gør man med aktiv opsamling ved brug af High Volume Samplers, som opsamler luftprøver i ca. 1 uge. Som alternativ bruges passive samplers, som eksponeres over længere tid (1-2 måneder).

På grund af de høje omkostninger til både opsamling og analyse af dioxiner, så dækker de studier, som undersøger dioxinkoncentrationer i luften typisk kortere perioder (max. 1-2 år) end måleprogrammer i luften for andre miljøfremmede stoffer, hvor der i mange tilfælde foreligger væsentligt længere tidsserier. Formålet med etablering af måleprogrammer for dioxiner er at opspore kilderne til dioxiner i luften, således at målestationer placeres i nærheden af kendte kilder (forbrændingsanlæg, metalindustri) og andre mulige kilder (trafik, beboede område med brændeovne eller andre former af forbrænding af træ).

Resultaterne fra forskellige studier er opsummeret i tabel 2.1. TEQ står for toksiske ækvivalenter, som er et system, der sætter giftigheden (toksiciteten) af hvert enkeltstof (congener) i forhold til det giftigste enkeltstof, som er 2,3,7,8-TCDD. TEQ er baseret på et relativt rangordningssystem med toksicitetsækvivalensfaktorer (TEF), hvor 2,3,7,8-TCDD (tetraklorodibenzodioxin) har fået faktoren 1. I-TEQ (Internationale toksiske ækvivalenter) systemet medtager ikke bidraget fra PCB (PolyChlorerede Biphenyler) og det er generelt brugt til abiotiske matricer (f.eks. luft og emissioner). WHO-TEQ, som i modsætning til I-TEQ også omfatter en række dioxinlignende PCB'er, er blevet anvendt i forbindelse med EU's forslag til grænseværdier for fodervarer og dette system er derfor direkte knyttet til toksicitet for mennesker og dyr. WHO-TEQ har nogle få men væsentlige ændringer i forhold til I-TEQ system. TEF værdien for 1,2,3,7,8-PeCDD (pentaklorodibenzodioxin) er fordoblet, så den svarer til værdien for TCDD, og OCDD (oktaklorodibenzodioxin) og OCDF (oktaklorodibenzofuran) har nu 10 gange lavere faktorer. Prøver med det samme indhold, vil derfor give forskellige resultater alt efter om det er opgjort efter I-TEQ eller WHO-TEQ.

**Tabel 2.1.** Oversigt over resultater for målinger af dioxiner i luft.

Beliggenhed	Periode	Opsamlingsmetode	Lokalitetstype	TEQ <sup>a</sup> (fg I-TEQ m <sup>-3</sup> )	Reference
Shanghai, Kina <sup>b</sup>	2013	Passiv	By	10.8-259	Tian et al., 2015
Shanghai, Kina	2006	Aktiv	By	143-497	Li et al., 2008a
Beijing, Kina	2006	Aktiv	By	18-644	Li et al., 2008b
Beijing, Kina <sup>b</sup>	2011-2012	Passiv	By/land	8.4-179	Hao et al., 2018
Jiangsu, Kina <sup>b</sup>	2018	Aktiv	By/land	136-597	Liu et al., 2020
Korea	2008	Aktiv	By/industri	ND-617	Shin et al., 2011
Istanbul, Tyrkiet	2011-2012	Aktiv	By/land	98-15297	Gunes et al., 2014
Tyskland (NW)	1988 2011	Aktiv	By	130-608 17-24	Bruckmann et al., 2013
Rom, Italien	2000	Aktiv	By	65	Menichini et al., 2007
Catalonia, Spanien <sup>b</sup>	2010-2011	Passiv	By	7.3-42.2	Vilavert et al., 2014
Barcelona, Spanien <sup>b</sup>	2005	Aktiv Passiv	By	10.9-38.7 11.1-20	Mari et al., 2008
Houston, USA	2002-2003	Aktiv	By	15	Raun et al., 2005
Chicago, USA	2004-2007	Aktiv	By/land	2.3-35	Venier et al., 2009
Manizales, Colombia <sup>b</sup>	2012-2013	Aktiv Passiv	By	4.4-72.1 3.5-13.1	Cortes et al., 2014
Nord Algeriet	2008-2009	Passiv	By/industri	249-923	Moussaoui et al., 2012
Buenos Aires Province, Argentina <sup>a</sup>	2012	Passiv	By/land	3-296	Cappelletti et al., 2016
Polen	2002	Aktiv	By/industri/land	37-2900	Umlauf et al., 2010
Gundsømagle, Danmark	2004-2005	Aktiv	Land	10-180	Vikelsøe et al., 2005
København, Danmark	2003-2004	Aktiv	By	8-34	Vikelsøe et al., 2005
Frederiksborg, Danmark	2002-2005	Aktiv	Land	8-31	Vikelsøe et al., 2005

a) TEQ= toksiske ækvivalenter, der er et system, som sætter giftigheden (toksiciteten) af hvert enkeltstof (congener) i forhold til det giftigste enkeltstof, 2,3,7,8-TCDD. I-TEQ er generelt brugt til abiotiske matricer (f.eks. luft).

b) Angivet som WHO-TEQ (TEQ beregnet som WHO-TEFs giver ca. 10 % højere koncentrationer end I-TEFs). WHO-TEQ, som i modsætning til I-TEQ også omfatter en række dioxinlignende PCB'er (PolyChlorerede Biphenyler).

I de publicerede undersøgelser er der generelt fundet relativt højere koncentrationer af dioxiner i nærheden af industriområder, efterfulgt af byområder, boligområder og landlige områder. I industriområder er det metalindustri, energiproduktion og affaldsforbrænding, der er identificeret som de største kilder til udledning af dioxin. I byområder er trafik identificeret som den største kilde, men også med bidrag fra husholdningsforbrænding (væsentligst opvarmning baseret på brændefyring) især når man bruger kul eller brunkul. Dioxinkoncentrationer er generelt lavere i boligområder og endnu lavere i landlige områder. Alligevel er der i nogle studier observeret betydeligt forhøjede koncentrationer af dioxiner i nogle enkelte tilfælde i boligområder og landlige områder (Cappelletti et al., 2016; Hao et al., 2018). Cappelletti et al. (2016) fandt for eksempel op til 296 fg TEQ m<sup>-3</sup> i en enkelt landligt lokalitet, hvor gennemsnitkoncentrationer var 3.0 ± 2.7 fg TEQ m<sup>-3</sup> i landlige områder. Cappelletti et al. peger på affaldsforbrænding som en lokal kilde til disse høje emissioner på basis af kongenerprofilen af dioxiner og furaner. Hao et al. (2018) finder også den højeste koncentration i en enkelt landlig lokalitet og de peger på åben affaldsforbrænding som mulig kilde. Lokale høje emissioner kan også stamme fra forbrænding af kontamineret træ i brændeovne; i Kina har man observeret at forbrænding af kul i husholdninger kan også være en medvirkende årsag til høje dioxinmissioner.

Luftkoncentrationerne af dioxin er i boligområder højere om vinteren end om sommeren, hvor husholdningsforbrænding er den største kilde. I industriområder er koncentrationer om sommeren og vinteren sammenlignelige.

## 1.2 Udledning af dioxin fra brændefyring

Indsatsen i forhold til at nedbringe dioxin i luften fra industri og affaldsforbrændingsanlæg har markant reduceret den samlede danske udledning fra 1990-2019 med 55 %. Fyring med biomasse i private husholdninger er nu den største nationale kilde til udledning af dioxin til luften og står for ca. 60 % af det samlede danske udslip til luften (Nielsen et al., 2021).

De fleste studier af udledninger af dioxiner fra brændefyring er foretaget med standardinstallationer i laboratoriet. Her kan man kontrollere de forskellige betingelser under forbrænding, og der anvendes generelt standardiseret brænde af god kvalitet og i mange tilfælde afbarket brænde, hvor hovedparten af klorindholdet vil være i barken. Dette medfører langt lavere udledninger af dioxin end studier udført i private boliger, hvor der anvendes brænde af varierende kvalitet. Brug af træ fra f.eks. rester af bygningsmateriale og træpiller lavet af rester fra oparbejdning af træmateriale indeholder generelt set stoffer, som kan føre til forhøjede emissioner af dioxiner (Chen et al., 2011). Dette kan undgås ved en bevist kvalitetssikring af oprindelse af produktet hos leverandører, som det fremgår af en dansk undersøgelse (Miljøstyrelsen, 2018). Dette medfører, at al handel med træ udelukkende sker på lovlig vis og med dokumenterbar sporbarhed fra oprindelsessted til slutlevering hos kunden, og at handel med ukurant træ vanskeliggøres.

I projektet "In situ målinger af udledninger af PCDD/F fra brændeovne i private boliger" (Miljøstyrelsen, 2018) er der udført målinger fra otte skorstene. Målingerne viste en stor variation i emissioner med værdier fra 0,1 til 146 ng I-TEQ/kg træ og en middelværdi på 27 ng I-TEQ/kg træ, som er sammenlignelig med middelværdien fra det tidligere projekt udført i Gundsømagle i 2003/4 og 2004/5 (23 ng I-TEQ/kg træ) (Vikelsø et al., 2005). Der er i projektet målt væsentligt højere udledninger i enkelte af husene, og konklusionerne peger på, at træ fældet i Danmark er årsagen til disse høje udledninger. Træer fældet i visse lokalområder antages at indeholde flere klorforbindelser, som stammer fra salt fra havgus, vintersaltning m.m. I projektet er det også fundet, at nyere brændeovne med en bedre forbrænding tilsyneladende ikke giver en reduktion i udledningerne af dioxin. Det konkluderes, at den reelle store forskel i dannelse og udledninger af dioxiner er mere påvirket af brændets kvalitet og indhold af klorid end brændeovnens forbrændingseffektivitet.

Katalysatorer i metal (f.eks. platin, palladium eller kobber) kan bruges i brændeovne for at fjerne kulmonoxid, sod og organiske stoffer som f.eks. PAH. Der er forskellige studier om nedbrydning af dioxiner med katalysatorer, men resultater viser i nogle tilfælde en nedsættelse af dioxin koncentrationer og i andre tilfælde en forhøjning af koncentrationerne. Til et eksempel fandt Kaivosoja et al. (2012) en nedsat udledning af partikler og PAH og en forhøjet udledning af dioxiner i et forsøg med en brændeovn med platin/palladium katalysator. Der kræves derfor flere undersøgelser for at kunne vurdere effektivitet af metalkatalysators evne til at nedsætte dioxinemissioner fra brændeovne på kommerciel skala.

## 1.3 Sammenligning med andre kilder

Dioxiner optages i kroppen ved inhalering, optagelse igennem huden eller indtagelse af fødevarer. WHO har i 2018 justeret den tolerable daglige dosis (TDI) til 2 picogram TEQ per kilo kropsvægt per uge, hvilket er syv gange lavere end den hidtidige grænse fra 2001. Danskere bliver især udsat for dioxiner fra kosten gennem indtag af fedt fra fisk og kød samt mejeriprodukter.



Ifølge beregninger fra DTU Fødevareinstitut (2018) er den gennemsnitlige ugentlige danske eksponering for dioxin og dioxinlignende PCB vurderet til 3,9 picogram per kilo kropsvægt, som er næsten to gange højere end anbefalet fra WHO.

Beregning af eksponering til dioxiner ved inhalering baseret på luftmålinger af dioxiner i industriområder, byområder og landområder (Lopez et al., 2021) viser, at den estimerede eksponering er ca. 3 % af eksponering ved indtagelse af fødevarer. Eksponering er baseret på luftkoncentrationer af dioxiner og dioxin-lignede PCB mellem 2,90 og 317,98 fg TEQ/m<sup>3</sup> (femtogram TEQ per kubikmeter).

Tilsvarende angiver WHO, at over 90 % af den mængde dioxin, som kroppen optager, stammer fra fødevarer, og generelt er eksponeringen for dioxin fra luften meget lav.

Det kan dermed konkluderes, at eksponering til dioxiner fra luft under danske forhold stadigvæk er forsvindende lille i forhold til eksponering fra indtagelse af fødevarer. Indtagelse af fisk er en af de vigtige kilder for human eksponering af dioxiner. Til gengæld bidrager enhver udledning af dioxin indirekte til optagelsen via fødevarer, fordi det spredes i miljøet, og noget af det optages derfra i fødekæden. Ifølge Miljø- og Fødevareministeriets rapport om Danmarks havstrategi (2019) vurderes at dioxin i fødevarerne stammer fra tidligere udslip, som har ophobet sig i fødekæden. Atmosfærisk nedfald af dioxin vurderes til at den stamme fra kilder udenfor landets grænser.

## Referencer

Bruckmann, P., Hiester, E., Klees, M., Zetzsch, C. 2013. Trends of PCDD/F and PCB concentrations and depositions in ambient air in Northwestern Germany. *Chemosphere* 93:1471–1478.

Cappelletti, N., Astoviza, M., Migoya, M.C., Colombo, J.C. 2016. Airborne PCDD/F profiles in rural and urban areas of Buenos Aires Province, Argentina. *Sci. Total Environ.* 573: 1406-1412.

Chen, W., Shen, Y., Hsieh, T., Lin, C., Wang, L., Chang-Chien, G. 2011. Fate and distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in woodchip-fuelled boiler. *Aerosol and Air Qual. Res.* 11: 282-289.

Cortés, J., González, C.M., Morales, L., Abalos, M., Abad, E., Aristizábal, B.H. 2014. PCDD/PCDF and dl-PCB in the ambient air of a tropical Andean city: passive and active sampling measurements near industrial and vehicular pollution sources. *Sci. Total Environ.* 491–492:67–74.

DTU Fødevareinstitut 2018. Ny markant lavere grænse for indtag af dioxiner. <https://www.food.dtu.dk/nyheder/2018/11/ny-markant-lavere-graense-for-indtag-af-dioxiner>.

Gunes, G., Saral, A., Celikten, H., Kuzu, S.L., Demir, S., Uygur, N. 2014. Investigation of temporal and spatial variations in atmospheric concentrations of PCDDs and PCDFs in Istanbul. *Sci. Total Environ.* 488–489:469–474.

Gusev, A. 2019. Atmospheric deposition of dioxins and furans (PCDD/Fs) on the Baltic Sea. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet (BSEFS). [https://emep.int/publ/helcom/2019/F\\_BSEFS\\_PCDDF\\_dep\\_v3.pdf](https://emep.int/publ/helcom/2019/F_BSEFS_PCDDF_dep_v3.pdf)

Gusev, A. 2019. Atmospheric emissions of PCDD/Fs in the Baltic Sea region. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/07/AIR-Emission-PCDF-1990-2015.pdf>

Hao, Y., Li, Y., Wang, T., Hu, Y., Sun, H., Matsiko, J., Zheng, S., Wang, P., Zhang, Q. 2018. Distribution, seasonal variation and inhalation risks of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in the atmosphere of Beijing, China. *Environ, Geochem. Health.* 40:1907-1918.

Kaivosoja, T., Viren, A., Tissari, J., Ruuskanen, J., Tarhanen, J., Sippula, O., Jokiniemi, J. 2012. Effects of catalytic converter on PCDD/F, chlorophenol and PAH emissions in residential wood combustion. *Chemosphere* 88: 278-285.

Li, H., Feng, J., Sheng, G., Lu, S., Fu, J., Peng, P., Man, R. 2008 a. The PCDD/F and PBDD/F pollution in the ambient atmosphere of Shanghai, China. *Chemosphere*, 70: 576-783.

Li, Y., Jiang, G., Wang, Y., Cai, Z., Zhang, Q. 2008 b. Concentrations, profiles and gas-particle partitioning of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Beijing, China. *Atmos. Environ.* 42:2037-2047.

- Lòpez, A., Coscollà, C., Hernández, C.S., Pardo, O., Yusà, V. 2021. Dioxins and dioxin-like PCBs in the ambient air of the Valencian Region (Spain): levels, human exposure and risk assessment. *Chemosphere* 267: 128902.
- Mari, M., Schuhmacher, M., Feliubadaló, J., Domingo, J.L. 2008. Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. *Chemosphere* 70:1637-1643.
- Moussaoui, Y., Tuduri, L., Kerchich, Y., Meklati, B.Y., Eppe, G. 2012. Atmospheric concentrations of PCDD/Fs, dl-PCBs and some pesticides in northern Algeria using passive air sampling. *Chemosphere* 88:270-277.
- Menichini, E., Lacovella, N., Monfredini, F., Baldassarri, L. 2007. Atmospheric pollution by PAHs, PCDD/Fs and PCBs simultaneously collected at a regional background site in central Italy and at an urban site in Rome. *Chemosphere* 69:422-434.
- Miljø- og Fødevareministeriet 2019. Danmarks havstrategi II. [https://mfvm.dk/fileadmin/user\\_upload/MFVM/Natur/Havstrategi/HSII\\_foerste\\_del\\_-\\_endelig\\_udgave.pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Natur/Havstrategi/HSII_foerste_del_-_endelig_udgave.pdf)
- Miljøstyrelsen 2018. Updated National Implementation Plan for the Stockholm Convention. [https://mim.dk/media/216697/19\\_nip\\_dk\\_2018.pdf](https://mim.dk/media/216697/19_nip_dk_2018.pdf)
- Miljøstyrelsen 2018. In-situ malinger af emissioner fra brændeovne i private boliger. Miljøprojekt nr. 2045. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/09/978-87-93710-87-0.pdf>
- Miljøstyrelsen 2018. Værktøj til identifikation af træpiller indeholdende affaldstræ. MUDP Rapport. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/09/978-87-93710-83-2.pdf>
- Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. 2021. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2019. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 580 pp. Scientific Report No. 435. <http://dce2.au.dk/pub/SR435.pdf>
- Raun, L.H., Correa, O., Rifai, H., Suarez, M., Koenig, L. 2005. Statistical investigation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Houston, Texas. *Chemosphere* 60:973-989.
- Shin S.K., Jin, G.Z., Kim, W.I., Kim, B.H., Hwang, S.M., Hong, J.P., Park, J.S. 2011. Nationwide monitoring of atmospheric PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in South Korea. *Chemosphere* 83:1339-1344.
- Tian, Y., Nie, Z., Tian, S., Liu, L., He, J., Yang, Y., Wang, X., Die, Q., Fang, Y., Huang, Q. 2015. Passive air sampling for determining the levels of ambient PCDD/Fs and their seasonal and spatial variations and inhalation risk in Shanghai, China. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22:13243-13250.
- Umlauf, G., Christoph, E.H., Eisenreich, S.J., Mariani, G., Paradiz, B., Vives, I. 2010. Seasonality of PCDD/Fs in ambient air of Malopolska Region, south Poland. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 17:462-469.

Venier, M., Ferrario, J., Hites, R.A. 2009. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the atmosphere around the Great Lakes. *Environ. Sci.Technol.* 43:1036-1041.

Vilavert, L., Nadal, M., Schuhmacher, M., José Luis Domingo, J.L. 2014. Seasonal surveillance of airborne PCDD/Fs, PCBs and PCNs using passive samplers to assess human health risks. *Sci. Total Environ.* 466-467: 733-740.

Vikelsøe, J., Andersen, H.V., Bossi, R., Johansen, E., Chrillesen, M. 2005. Dioxin in the atmosphere of Denmark. NERI Technical Report No. 565.