รายงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน
ประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ (สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน)

POPs

Unintentional POPs

Enabling Activities for Development of National Plan for Implementation of the Stockholm Convention on POPs: Project no. GF/2732-03-466

UNEP GEF

NIP/POPs Coordination Office
ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs
Pollution Control Department 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400, THAILAND Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ (662) 298 2457

กิตติกรรมประกาศ

รายงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติ ตามพันธกรณีของอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน สำเร็จได้โดยทุนสนับสนุนความช่วยเหลือจากองค์กรสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility; GEF) และโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม (The United Nations Environment Programme; UNEP) และสนับสนุนความช่วยเหลือด้านอื่นๆ จากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดิฉันใคร่ขอบคุณ ดร.จารุพงษ์ บุญ-หลง ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs เป็นพิเศษในความกรุณาของท่านที่ให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในระหว่างการจัดทำรายงานนี้

ดิฉันใคร่ขอบคุณ Dr. Heidelore Fiedler จาก UNEP และ Dr. Ulrich Quass จากบริษัท Muller-BBM GmbH จำกัด ประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน อย่างจริงใจ สำหรับคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูลทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ดิฉันขอขอบคุณคณะอนุกรรมการสตอกโฮลม์ว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานและคณะทำงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ ที่ให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และช่วยประสานงานในส่วนที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบคุณผู้บริหารของกรมควบคุมมลพิษเป็นอย่างสูง ได้แก่ นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์ อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ นายอดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์ ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย นางสาวพรพิมล เจริญส่ง ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในระหว่างทำการศึกษา ทั้งยังให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนบุคลากรของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ ได้แก่ นางสาวพรพิมล เจริญส่ง นายมานพ บุญแจ่ม นางสาวศศิวิมล แนวทอง นางสาวสุวลักษณ์ เยาว์นุ่น นายธนาพันธุ์ แพทย์พันธุ์ นางสาวพิมพักตร์ พงศ์พิสุทธิ์ ซึ่งได้ช่วยประสานงานในการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีศักยภาพ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

อนึ่ง การจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ไม่อาจดำเนินการได้จนสำเร็จ ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือในเรื่องข้อมูลจากหน่วยงานรัฐบาล รัฐวิสาหกิจ องค์กรอิสระ และอุตสาหกรรม ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 และ 3 ของรายงาน ดิฉันรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ผศ. ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล
ผู้เชี่ยวชาญระดับชาติ โครงการ NIP/POPs
ด้านสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ
31 สิงหาคม 2548

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
สารบัญตาราง		ช
สารบัญรูป		ฌ
บทที่ 1	อนุสัญญาสตอกโฮลม์และสารมลพิษชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจ	1-1
	1.1 คณะกรรมการดำเนินงาน	1-2
	1.1.1 คณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์	1-2
	1.1.2 คณะทำงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ	1-4
	1.1.3 คณะทำงานจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินและฟูแรน	1-5
	1.2 สถาบันและกฎหมายรองรับในการจัดการสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน	1-5
บทที่ 2	สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซไดอ๊อกซิน/โพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน (สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน)	2-1
	2.1 โครงสร้าง ค่าความเป็นพิษ (TEF) และการเกิดสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน	2-1
	2.2 แหล่งกำเนิดและการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม	2-3
	2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน	2-7
	2.3.1 ความเป็นพิษของสาร TCDD	2-7
	2.3.2 จลนพิษวิทยาและเมตะโบลิซึ่มของสาร TCDD	2-8
	2.3.3 ผลกระทบอันตรายต่อสุขภาพจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน	2-7
	2.3.3.1 สิวที่เกิดจากสารเคมี (Chloracne)	2-9
	2.3.3.2 ลักษณะความเป็นพิษ	2-10

หน้า

2.3.3.2.1 พิษเฉียบพลัน 2-10

2.3.3.2.2 พิษเรื้อรัง 2-10

2.3.3.3 ความเป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน 2-10

2.3.3.4 ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาตัวอ่อน 2-11

2.3.3.5 การรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ 2-11

2.3.3.6 การก่อโรคมะเร็ง 2-11

2.3.3.7 ผลกระทบอื่นๆ 2-12

2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน 2-13

2.4.1 ผลกระทบต่อพืช 2-13

2.4.2 ผลกระทบต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 2-13

2.4.3 ผลกระทบต่อปลา 2-13

2.4.4 ผลกระทบต่อนก 2-13

2.4.5 ผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม 2-14

2.5 การรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากอาหาร และผลกระทบต่อคน 2-14

2.6 การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในประเทศอื่นๆ 2-17

บทที่ 3 การพัฒนาทำเนียบแหล่งกำเนิดและการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน 3-1

3.1 บทนำ 3-1

3.2 วิธีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 3-3

3.3 ผลการศึกษา 3-4

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผามูลฝอย 3-5

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-Ferrous 3-7

หน้า

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผามูลฝอย 3-5

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-Ferrous 3-7

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน 3-9

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ 3-11

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง 3-12

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ 3-14

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค 3-15

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด 3-18

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ 3-20

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ 3-21

3.4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 3-21

ภาคผนวก ก ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิด ตามเกณฑ์มาตรฐานของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2546

ตารางที่ ก1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผามูลฝอย ก-1

ตารางที่ ก2 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous ก-2

ตารางที่ ก3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – พลังงานไฟฟ้าและความร้อน ก-3

ตารางที่ ก4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ ก-3

ตารางที่ ก5 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง ก-4

Page

ตารางที่ ก6 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – กระบวนการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้ ก-4

ตารางที่ ก7 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตสารเคมี สินค้าบริโภค ก-5

ตารางที่ ก8 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด ก-6

ตารางที่ ก9 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ ก-7

ตารางที่ ก10 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ ก-7

ภาคผนวก ข

Mission Report on PCDDs/PCDFs Inventory for the Stockholm Convention National Implementation Plan of Thailand by Dr. Ulrich Quass, Muller-BBM GmbH, Germany 1

Index 2

1 Background 3

2 Tasks 3

3 Execution 4

3.1 Preparation of background and training materials 4

3.2 Training workshop and further collaboration with PCD, Bangkok 5

3.2.1 Traning workshop 5

3.2.2 Plant visitation 6

3.2.2.1 Crematories 6

3.2.2.2 Pulp-and-paper Plant 7

Page

3.2.2.3 Power plant 7

3.2.2.4 Hospital waste incineration 7

3.2.2.5 PVC and chlorine production 8

3.2.3 Wrap-up meeting and recommendations for further work 8

4 Final comments and recommendations 10

4.1 Presentation of the inventory 10

4.2 Future updates of the inventory 10

4.3 Recommendations regarding measurement programmes 11

4.3.1 Emission measurements 11

4.3.2 Other measurements 12

4.4 Advice regarding institutional capacities 12

4.5 Advice regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs 13

4.6 Recommendations on a strategy to promote awareness 14

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	ค่า TEF สากล (I-TEF) และค่าขององค์การอนามัยโลก (WHO-TEF) ของสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ๊อกซิน จำนวน 7 ไอโซเมอร์ และสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน จำนวน 10 ไอโซเมอร์	2-3
ตารางที่ 2-2	การศึกษาค่า LD_{50} ของสาร 2,3,7,8-TCDD ในสัตว์ชนิดต่างๆ ของโครงการพิษวิทยาแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา	2-7
ตารางที่ 2-3	การประมาณการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน ในผู้ใหญ่จากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัสอาหารโดยการกินประจำวัน (พิโครกรัม/วัน) ของ U.S.EPA	2-15
ตารางที่ 2-4	การประมาณการความเข้มข้นของสารไดอ๊อกซินที่เป็นพิษ (Dioxin TEQs) ในอาหาร 10 ชนิดโดย U.S.EPA	2-16
ตารางที่ 2-5	การปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน ในประเทศต่างๆ	2-18
ตารางที่ 3-1	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผาขยะ	3-5
ตารางที่ 3-2	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะ ชนิด ferrous และ non-Ferrous	3-8
ตารางที่ 3-3	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – พลังงานไฟฟ้าและความร้อน	3-10
ตารางที่ 3-4	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ	3-11
ตารางที่ 3-5	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง	3-13
ตารางที่ 3-6	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้	3-15
ตารางที่ 3-7	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค	3-17

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3-8	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด	3-19
ตารางที่ 3-9	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ	3-20
ตารางที่ 3-10	ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ	3-21
ตารางที่ 3-11	ทำเนียบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ สู่สิ่งแวดล้อม	3-22
ตารางที่ 3-12	ทำเนียบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภทสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยคิดเป็นร้อยละของปริมาณการปลดปล่อยสาร	3-22

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 โครงสร้างของสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ๊อกซิน และสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน อะตอมของคลอรีน (Cl_x, Cl_y) มีการแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนที่ตำแหน่งต่างๆ ของอะตอมของคาร์บอน 2- 2

รูปที่ 2-2 กลไกการทำงานของสาร TCDD 2- 8

บทที่ 1

อนุสัญญาสตอกโฮลม์และสารมลพิษชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจ

สารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน (Persistent organic pollutants, POPs) เป็นสารเคมีซึ่งมีความเสถียรไม่สลายตัวโดยแสงแดด ขบวนการทางเคมีและชีวภาพ มีค่าครึ่งชีวิต (half-life) ยาวและตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากสารเหล่านี้มีคุณสมบัติการละลายน้ำต่ำและละลายในไขมันสูง จึงสะสมในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ผ่านห่วงโซ่อาหาร และก่อให้เกิดผลกระทบอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม นานาประเทศจึงให้ความสนใจในสารเหล่านี้มากและร่วมมือกันในการลดและกำจัดการปลดปล่อยของสารนี้

ในการประชุมครั้งที่ 9 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2538 นั้น คณะกรรมาธิการบริหารขององค์กรสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม (The United Nations Environment Programme; UNEP) ได้ลงมติรับหลักการ Decision 18/32 ว่าด้วยสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน โดยเชิญองค์กรร่วมในการบริหารจัดการสารเคมี (Inter-Organization Programme on the Sound Management of Chemicals; IOMC) ให้เป็นผู้ประสานการทำงานร่วมกับองค์กรนานาชาติด้านความปลอดภัยของสารเคมี (International Programme on Chemical Safety; IPCS) ซึ่งประกอบด้วยองค์กรสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม องค์กรแรงงานระหว่างประเทศ และองค์การอนามัยโลก และคณะกรรมการรัฐบาลว่าด้วยความปลอดภัยของสารเคมี (Intergovernmental Forum on Chemical Safety; IFCS) เพื่อพิจารณาประเมินสารมลพิษตกค้างที่ยาวนานซึ่งเกี่ยวข้องกับสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ได้ก่อร่างขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน 12 ชนิดได้แก่ อัลดริน, ดีลดริน, เอนดริน, ดีดีที, ท็อกซาฟีน, คลอร์เดน, เฮบตาคลอร์, ไมเร็กซ์, เฮกซาคลอโรเบนซิน, พีซีบี, ไดอ็อกซิน และฟูแรน โดยเปิดให้มีการลงนามครั้งแรก ที่กรุงสตอกโฮล์มราชอาณาจักรสวีเดน เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2544 อนุสัญญาได้เปิดให้มีการลงนามที่สำนักงานใหญ่สหประชาชาติ ณ นครนิวยอร์ค ประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่วันที่ 24 พฤษภาคม 2544 ถึง 22 พฤษภาคม 2545 โดยอนุสัญญาฯ มีผลบังคับใช้แล้ว ตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม 2547 ตามที่บัญญัติไว้ในอนุสัญญาฯ วรรค 1 ข้อ 26 ซึ่งได้กำหนดให้อนุสัญญาฯ มีผลบังคับใช้ในวันที่ 90 หลังจากวันที่มีการให้สัตยาบันของประเทศที่ 50 ปัจจุบันมีประเทศที่ลงนาม 151 ประเทศ และประเทศที่ให้สัตยาบัน 94 ประเทศ

ประเทศไทยได้ให้สัตยาบันอนุสัญญาสตอกโฮลม์เมื่อวันที่ 31 มกราคม 2548 โดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นศูนย์ประสานงาน

ในการอนุวัติอนุสัญญาสตอกโฮลม์นั้นรัฐบาลไทยจะนำมาตรการในการลดหรือกำจัดการปลดปล่อยสารมลพิษตกค้างที่ยาวนานสู่สิ่งแวดล้อม ตามที่บัญญัติไว้ในอนุสัญญาฯ วรรค 1 ข้อ 7 ซึ่งกำหนดให้แต่ละภาคีพัฒนาและพยายามเพื่อที่จะอนุวัติแผนสำหรับการอนุวัติการตามพันธกรณีของตนภายใต้อนุสัญญาฯ นี้ และจัดส่งแผนอนุวัติการไปยังที่ประชุมภาคีภายใน 2 ปีนับแต่วันที่อนุสัญญาฯ นี้มีผลบังคับใช้กับตน ประเทศที่ให้สัตยาบันจะได้รับความช่วยเหลือด้านการเงินจากองค์กรสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility; GEF) ในการจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่ออนุวัติอนุสัญญาสตอกโฮลม์

1.1 คณะกรรมการดำเนินงาน

1.1.1 คณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์

เพื่อให้การอนุวัติอนุสัญญาสตอกโฮลม์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย รัฐบาลได้แต่งตั้งคณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์เพื่อพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะในการจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติ คณะกรรมการฯ ประกอบด้วยอธิบดีหรือผู้แทนที่ได้รับมอบหมายจากกระทรวงต่างๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังมีรายนามดังนี้

ดร. วิเชียร กีรตินิจกาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธาน
นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์ อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	รองประธาน
นายสุดสาคร พุทโธ หรือ นางสาวศิรกาญจน์ ศรีเลขา กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม	กรรมการ
นางพรรณพิมล ชัญญานุวัตร หรือ นายธรัชชัย หงษ์ตระกูล กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	กรรมการ
ดร .จารุวรรณ ทับเที่ยง กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข	กรรมการ
นางวิราพรรณ ทรงสุจริตกุล / นางสาวสุดาภรณ์ ตั้งกิจวนิชกุล กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง	กรรมการ
นายสมศักดิ์ เตรียมแจ้งอรุณ / ดร .เก่งกาจ เหล่าวิโรจนกุล กรมองค์การระหว่างประเทศ กระทรวงการต่างประเทศ	กรรมการ

นางสาวอรชา ธนากร / นางสาวคคนางค์ อัมระนันทน์	กรรมการ
กรมสนธิสัญญาและกฎหมาย กระทรวงการต่างประเทศ	
นางสุชนา ชูเชิด / นายวรวิทย์ หมื่นทอง	กรรมการ
กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์	
นางสาวสุกัญญา บุญเฉลิมกิจ	กรรมการ
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	
นางอมรรัตน์ ลีนะนิธิกุล / นายปานศักดิ์ ปราโมกข์ชน / ดร .ออรัศ คงพานิช	กรรมการ
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข	
นายวิจารณ์ กุลชนะรัตน์ / นายชัยพัฒน์ ไชยสวัสดิ์ / นายสมยศ พลสว่าง	กรรมการ
กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย	
นายอรรคเดช หอมเศรษฐี / นางสาวทิพย์ญาณี สุวรรณวิจิตร	กรรมการ
กรุงเทพมหานคร	
นางชมพูนุท ช่วงโชติ / นายจำนง พวงพุก / นางสาวเบญจมาศ จันทร์เอี่ยม	กรรมการ
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	
สำนักนายกรัฐมนตรี	
นางสาวนวรัตน์ อโนมาสิริ หรือ นางสาวจรรยา ยั่งยืน	กรรมการ
สำนักงบประมาณ กระทรวงการคลัง	
นางสาวสมจินต์ พิลึก / นางทักษินา พนิชานันท์	กรรมการ
การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	
นางวิไลลักษณ์ สุรพฤกษ์	กรรมการ
สำนักความร่วมมือด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่าง	
ประเทศ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	
นายไพรัตน์ ตังคเศรณี / นายชเวง จาว	กรรมการ
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	
นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์	เลขานุการ
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	
นายจารุพงศ์ บุญ-หลง	เลขานุการร่วม
ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs	
นางสาวพรพิมล เจริญส่ง	ผู้ช่วยเลขานุการ
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	

1.1.2 คณะทำงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ

นอกจากนี้ คณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์ยังได้แต่งตั้งคณะทำงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ คณะทำงานฯ มีอำนาจและหน้าที่ในการพิจารณารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจ เช่น แผนการดำเนินงาน การจัดการ เกณฑ์มาตรฐาน คำแนะนำในการจัดทำทำเนียบสาร การควบคุม ตลอดจนกฎหมายที่บังคับใช้ คณะทำงานฯ นี้ประกอบด้วย อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ และผู้แทนจากกระทรวงและหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร กรมอนามัย กรมวิชาการเกษตร กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และดร.ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล ผู้เชี่ยวชาญระดับชาติด้านสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ โดยมีรายนามคณะทำงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจดังนี้

นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์	ประธานคณะทำงาน
อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ	
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	
นางสาวศิรกาณจน์ ศรีเลขา	คณะทำงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม	
นายอรรคเดช หอมเศรษฐี / นางสาววรนุช สวยค้าข้าว	คณะทำงาน
กรุงเทพมหานคร	
นายอนันต์ สุวรรณรัตน์ / นายธวัชชัย หงษ์ตระกูล	คณะทำงาน
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	
นางสาวสุกานดา พัดพาดี / นางสาวเบญจวรรณ ธวัชสุดา	คณะทำงาน
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข	
นางสาวสมจินต์ พิลึก / นางสาวมุทิตา ตรีวิทยภูมิ	คณะทำงาน
การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	
นายชเวง จาว / นายไพรัตน์ ตั้งศเรณี	คณะทำงาน
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	
ผศ. ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล	คณะทำงาน
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล	
นางสาวพรพิมล เจริญส่ง	เลขานุการ
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	

1.1.3 คณะทำงานจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินและฟูแรน

กรมควบคุมมลพิษได้จัดตั้งคณะทำงานจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินและฟูแรน เพื่อรวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินและฟูแรนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีศักยภาพ และจัดทำทำเนียบดังกล่าว โดยมี ดร.ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล ผู้เชี่ยวชาญระดับชาติด้านสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ เป็นหัวหน้าคณะทำงาน โดยทำงานประสานกับบุคลากรจากสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย ดังมีรายนามต่อไปนี้

นางสาวพรพิมล เจริญสง
นายมานพ บุญแจ่ม
นางสาวศศิวิมล แนวทอง
นางสาวสุวลักษณ์ เยาว์นุ่น
นายธนาพันธุ์ แพทย์พันธุ์
นางสาวพิมพักตร์ พงศ์พิสุทธิ์

เพื่อรวบรวมข้อมูลทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่มีศักยภาพ

1.2 สถาบันและกฎหมายรองรับในการจัดการสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน

รัฐบาลไทยตระหนักถึงปัญหาอันตรายอันเกิดจากสารเคมีและให้ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ในการจัดการสารเคมีภายใต้ บทที่ 19 ของแผนปฏิบัติเพื่อพิทักษ์สิ่งแวดล้อมโลกในศตวรรษที่ 21 ซึ่งให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และได้ออกกฎหมายควบคุมบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมา หน่วยงานรัฐบาลหลายแห่งมีบทบาทและหน้าที่ในการบริหารจัดการสารมลพิษชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจ กฎหมายหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสุขภาพและสิ่งแวดล้อมถูกบัญญัติขึ้นโดยพระมหากษัตริย์มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นโดยคำแนะนำและยินยอมของสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ทำหน้าที่รัฐสภา กฎหมายต่างๆ ที่บัญญัติขึ้นมีความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้คือ พระราชบัญญัติ พระราชกฤษฎีกา กฎกระทรวง และประกาศกระทรวง ทั้งนี้รัฐมนตรีเจ้าสังกัดของหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายมีอำนาจแต่งตั้งพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อปฏิบัติการและสั่งการให้มีการปฏิบัติการตามกฎหมายนั้นๆ อย่างไรก็ตามกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงจะมีผลบังคับใช้ เมื่อได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว นอกจากนี้ยังมีองค์กรอิสระซึ่งไม่ขึ้นกับรัฐบาล (non-governmental organizations, NGOs) ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ซึ่งให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย องค์กรเกน กรีนพีซ เป็นต้น

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดบทบาท นโยบาย และแผน เพื่อให้บรรลุผลในการควบคุมมลพิษและมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงฯ ประกอบด้วยกรมต่างๆ ได้แก่ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ สำนักนโยบาย และแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษเป็นศูนย์ประสานงานของอนุสัญญา สตอกโฮลม์และรับผิดชอบในการบริหารจัดการสารเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน นอกจากนี้กรมควบคุมมลพิษยังเป็นหน่วยงานผู้มีอำนาจของรัฐ ในการควบคุมสารเคมี ภายใต้อนุสัญญารอตเตอร์ดัมว่าด้วยกระบวนการแจ้งข้อมูลสารเคมีล่วงหน้าสำหรับสารเคมีอันตราย และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์บางชนิดในการค้าระหว่างประเทศ และเป็นศูนย์ ประสานงานของอนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการขนย้ายของเสียอันตรายข้ามแดนและการกำจัด

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ถูกบัญญัติขึ้นเพื่อปฏิรูป และปรับปรุงกฎหมายส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของชาติ และบังคับใช้โดยกระทรวง ทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และได้มีการออกประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ. 2546 เพื่อกำหนดให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อและเตาเผาศพเป็นแหล่งกำเนิด มลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศตลอดจนกำหนดมาตรฐานการ ปลดปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ ในปี พ.ศ. 2542 ได้กำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินสู่ บรรยากาศจากเตาเผามูลฝอยชุมชนที่มีขนาด 1 ตัน/วัน เป็น 30 ng total/Nm^3 (normalized cubic meter) หรือ 0.05 ng I-TEQ/Nm^3 นอกจากนี้พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ.2535 ถูกบัญญัติขึ้น เพื่อให้มีความปลอดภัยต่ออนามัยโดยมอบหมายให้กรมควบคุมมลพิษมีอำนาจหน้าที่และรับผิดชอบ ในการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม การกำจัดของเสียและของเสียอันตราย ตลอดจนข้อร้องเรียนต่างๆ รวมถึงกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน วัตถุอันตราย การสั่นสะเทือน ฝุ่นและเถ้าพิษซึ่งมีผลกระทบ อันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

กระทรวงอุตสาหกรรม มีหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการและควบคุมการผลิต นำเข้า ส่งออก และมีไว้ในครอบครองของสารเคมีในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีซึ่งก่อให้เกิดพิษหรือ อันตรายภายใต้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 พ.ศ.2540 และฉบับที่ 1 พ.ศ.2541 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งบัญญัติขึ้นภายใต้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เพื่อให้การบริหารจัดการ ของเสียอันตรายในโรงงานอุตสาหกรรมมีการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานอุตสาหกรรมต้อง จัดส่งบัญชีแสดงและใบอนุญาตในการขนส่งของเสียจากโรงงานไปยังผู้รับเหมาภายนอกเพื่อกำจัด หรือบำบัด เช่น บำบัดน้ำทิ้ง บำบัดกากตะกอนน้ำทิ้ง การฝังกลบและการเผา นอกจากนี้ประกาศ กระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง กำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาสิ่ง

ปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม พ.ศ.2545 ถูกบัญญัติขึ้นโดยกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นผู้บังคับใช้ โดยอนุญาตให้สารเจือปนสารไดอ๊อกซินจากเตาเผาที่ปล่อยสู่บรรยากาศได้ไม่เกิน 0.5 ng I-TEQ/Nm^3

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีหน้าที่รับผิดชอบในการส่งเสริมพัฒนาและผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ ข้าว พืชผล ปศุสัตว์ ประมง ตลอดจนเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษและควบคุมโรค กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกอบด้วยกรมต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน ได้แก่ กรมวิชาการเกษตรและกรมป่าไม้ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในแหล่งกำเนิดสารไดอ๊อกซินประเภทที่ 6 – ขบวนการเผาไม้ที่ควบคุมไม่ได้ และประเภทที่ 3 – การผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าชีวภาพและการใช้พลังงานความร้อนจากการหุงต้มในครัวเรือน จากเชื้อเพลิงชีวภาพและฟอสซิล กรมวิชาการเกษตร กรมประมง และกรมปศุสัตว์ มีอำนาจหน้าที่ในการควบคุมการผลิต นำเข้า ส่งออก และมีไว้ในครอบครองของสารเคมีอันตรายที่ใช้ในการเกษตรภายใต้พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535

กระทรวงสาธารณสุข มีหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการและควบคุมการผลิต ควบคุมการผลิต นำเข้า ส่งออก และมีไว้ในครอบครองของสารเคมีอันตรายในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการบริโภคหรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพคน กฎกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2545 ในการกำจัดมูลฝอยทางการแพทย์ถูกบัญญัติขึ้นภายใต้พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ.2535 เพื่อควบคุมและจัดการซากสัตว์ เนื้อเยื่อจากการผ่าตัด ของมีคมปนเปื้อน ขยะติดเชื้อ และเตาเผาขยะติดเชื้อ กฎกระทรวงนี้ยังควบคุมเรื่องเตาเผาขยะอันตรายให้ได้มาตรฐานที่กำหนดโดยมี 2 ห้องเผา ห้องเผาแรกเพื่อเผาขยะต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 760 องศาเซลเซียส และห้องเผาที่ 2 เพื่อเผาควัน ต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องกำหนดลักษณะของบริเวณที่พักภาชนะมูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งมีผลบังคับใช้ 90 วัน หลังจากประกาศในราชกิจจานุเบกษา ณ วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2548 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ให้อำนาจและหน้าที่แก่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ในการควบคุมการลงทะเบียนผลิตภัณฑ์ การนำเข้า การส่งออก การมีไว้ในครอบครอง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านเรือนและผลิตภัณฑ์บริโภคซึ่งมีสารอันตราย

กรมศุลกากร มีหน้าที่รับผิดชอบในการป้องกันและควบคุมการลักลอบขนสินค้าและของผิดกฎหมาย ตลอดจนการนำเข้า การส่งออก และการส่งออกไปใหม่ จำพวกวัตถุอันตราย ผลิตภัณฑ์เคมี และของเสียอันตราย เนื่องจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต ดังนั้นกรมศุลกากรจึงไม่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการควบคุมแต่จะมีการประสานงานร่วมกับหน่วยงานรัฐบาลอื่นๆ ได้แก่ กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงการคลัง และ

กระทรวงอุตสาหกรรม ในการควบคุมสารหรือสารเคมีซึ่งนำเข้าในรูปของวัตถุดิบ หรือตัวเร่งกระบวนการ เช่น เศษโลหะในการผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนในอุตสาหกรรมเคมีและการผลิตสินค้าบริโภค

สถานการณ์ปัจจุบันพบว่ายังไม่มีสถาบันใดในประเทศไทยซึ่งทำการวิเคราะห์สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน การวิเคราะห์สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ดำเนินการโดยบริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด หรือภาคเอกชนในการเก็บตัวอย่างและส่งไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการ ณ ต่างประเทศ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำลังดำเนินการของบประมาณจากรัฐบาลไทยในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

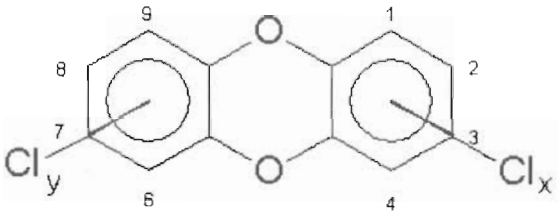
บทที่ 2

สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซไดอ๊อกซิน/โพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน (สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน)

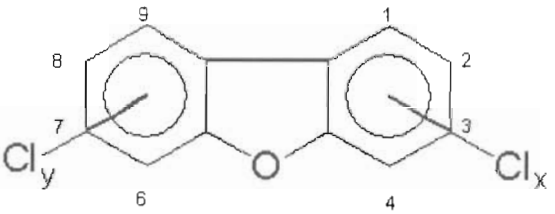
สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซไดอ๊อกซิน/โพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน จัดเป็นสารมลพิษชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจตามที่กำหนดไว้ในอนุสัญญาสตอกโฮลม์ว่าด้วยมลพิษตกค้างที่ยาวนาน สารกลุ่มนี้รู้จักกันในนามของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นสารที่ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าวิจัยมากมาย เนื่องจากสมบัติการละลายได้ในไขมัน ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมและมีผลอันตรายต่อสุขภาพ พิษภัยจากการปนเปื้อนของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นที่ตระหนักกันดีตั้งแต่อดีต เมื่อพบการปนเปื้อนครั้งใหญ่ของสารไดอ๊อกซินจากการใช้สารฝนเหลือง (Agent Orange) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ใบไม้ร่วงซึ่งพบการปนเปื้อนของสาร 2,3,7,8-เตตระคลอโรไดเบนโซ-พารา-ไดอ๊อกซิน (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin; TCDD) ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้พ่นฉีดสารนี้จำนวน 12 ล้านแกลลอนไปทั่วบริเวณภาคกลางและใต้ของประเทศเวียตนามเพื่อทำลายป่าไม้ในช่วงสงครามเวียตนามในระหว่างปี พ.ศ.2505 และ 2513 การปนเปื้อนของสารไดอ๊อกซินยังเกิดขึ้นได้จากอุบัติเหตุการรั่วไหลของ TCDD จากการระเบิดของโรงงานผลิตสารเคมี ณ เมือง Seveso ประเทศอิตาลี ในปี พ.ศ. 2519 ซึ่งมีผลต่อประชากร 37,000 คน สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาพบการปนเปื้อนในหลายบริเวณได้แก่ Love Canal ในบริเวณน้ำตก Niagara ในปี พ.ศ. 2521 และ Time Beach รัฐ Missouri ในปี พ.ศ. 2526 ซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมหรือมีการพ่นน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วที่มีการปนเปื้อนสารไดอ๊อกซินบนถนนที่มีฝุ่น เมื่อเร็วๆ นี้ก็มีข่าวการวางยาพิษด้วยสารไดอ๊อกซินซึ่งเกิดเหตุการณ์ขึ้นกับ นายวิคเตอร์ ยูซเชนโก ประธานาธิบดีประเทศยูเครน ก่อนที่จะมีการเลือกตั้งในปี พ.ศ. 2547 การปนเปื้อนดังกล่าวทำให้มีการตื่นตัวในเรื่องพิษภัยจากสารไดอ๊อกซินซึ่งมีผลอันตรายต่อสุขภาพ

2.1 โครงสร้าง ค่าความเป็นพิษ (TEF) และการเกิดสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน มีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน สารไดอ๊อกซินมี congeners (สารที่มีองค์ประกอบในสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกัน) 75 ชนิด ซึ่งสาร 7 ชนิดมีอะตอมของคลอรีนแทนที่ที่ตำแหน่ง 2,3,7,8 สำหรับสารฟูแรนมี congeners 135 ชนิด ซึ่งสาร 10 ชนิดมีอะตอมของคลอรีนแทนที่ที่ตำแหน่ง 2,3,7,8 อะตอมคลอรีนที่ตำแหน่งเหล่านี้จะแสดงความเป็นพิษ ความเสถียร และความคงทนในสิ่งแวดล้อม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2-1



สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ็อกซิน
Congeners ที่เป็นไปได้ 75 ชนิด
มีสาร 7 ชนิดซึ่งมีการแทนที่อะตอมของคลอรีนที่ตำแหน่ง 2,3,7,8



สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน
Congeners ที่เป็นไปได้ 135 ชนิด
มีสาร 10 ชนิดซึ่งมีการแทนที่อะตอมของคลอรีนที่ตำแหน่ง 2,3,7,8

รูปที่ 2-1 โครงสร้างของสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ็อกซิน และสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน อะตอมของคลอรีน (Cl_x, Cl_y) มีการแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนที่ตำแหน่งต่างๆ ของอะตอมของคาร์บอน

ความเป็นพิษของสารไดอ็อกซินและสารที่มีความคล้ายคลึงกับสารไดอ็อกซินวัดได้จากค่าความเป็นพิษ (toxic equivalency *factors*; TEFs) เปรียบเทียบกับสารเตตะคลอโรไดเบนโซ-พารา-ไดอ็อกซิน (TCDD) ซึ่งเป็นไอโซเมอร์ที่มีพิษสูงที่สุด โดยคำนวณจากปริมาณของไอโซเมอร์ต่างๆ ซึ่งแสดงความเป็นพิษขนาดเดียวกับสาร TCDD ความเป็นพิษของสารผสมเหล่านี้สามารถวัดจากค่า toxic equivalent (TEQ) ซึ่งได้จากการคำนวณความเข้มข้นของแต่ละ congener คูณกับค่า TEF ของไอโซเมอร์นั้นๆ ตามสูตรดังนี้

$$TEQ = \sum(Conc._{PCDD(1..7)} \times TEF_{(PCDD(1...7)} + Conc._{PCDF(1...10)} \times TEF_{PCDF(1...10)} + Conc._{PCB\ (1...12)} \times TEF_{PCB\ (1...12)})$$

เมื่อ PCDD คือ สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ็อกซิน จำนวน 7 ไอโซเมอร์

PCDF คือ สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน จำนวน 10 ไอโซเมอร์

PCB คือ สารโพลีคลอริเนตไบเฟนิล จำนวน 12 ไอโซเมอร์

ค่า TEF จะแสดงเป็นหน่วยสากลคือ I-TEF และหน่วยโดยองค์การอนามัยโลกคือ WHO-TEF ตารางที่ 2-1 แสดงค่า I-TEF และ WHO-TEF ซึ่งทำการศึกษาความเป็นพิษของสารไดอ็อกซินฟูแรน ในมนุษย์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ปลา และนก

ตารางที่ 2-1 ค่า TEF สากล (I-TEF) และค่าขององค์การอนามัยโลก (WHO-TEF) ของสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ้อกซิน จำนวน 7 ไอโซเมอร์ และสารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน จำนวน 10 ไอโซเมอร์

สารประกอบ	I - TEF	WHO - TEF		
		คน / สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	ปลา	นก
สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ้อกซิน				
2,3,7,8-Cl_4DD	1.0	1.0	1.0	1.0
1,2,3,7,8-Cl_5DD	0.5	1.0	1.0	1.0
1,2,3,4,7,8-Cl_6DD	0.1	0.1	0.5	0.05
1,2,3,6,7,8-Cl_6DD	0.1	0.1	0.01	0.01
1,2,3,7,8,9-Cl_6DD	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-Cl_7DD	0.01	0.01	0.01	<0.001
Cl_8DD	0.001	0.0001	-	-
สารโพลีคลอริเนตไดเบนโซฟูแรน				
2,3,7,8-Cl_4DF	0.1	0.1	0.05	1.0
1,2,3,7,8-Cl_5DF	0.05	0.05	0.05	0.1
2,3,4,7,8-Cl_5DF	0.5	0.5	0.5	1.0
1,2,3,4,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-Cl_7DF	0.01	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-Cl_7DF	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl_8DF	0.001	0.0001	0.0001	0.0001

2.2 แหล่งกำเนิดและการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

สารไดอ้อกซิน/ฟูแรน เป็นสารซึ่งไม่ได้มีการผลิตทางการค้า แต่เป็นสารซึ่งเป็นผลผลิตอันไม่พึงประสงค์ซึ่งเกิดจากขบวนการผลิตสารเคมี อุตสาหกรรม และการเผาไหม้ โดยเป็นสารปนเปื้อนซึ่งเกิดขึ้นในขบวนการเคมี เช่น การสังเคราะห์สารคลอริเนตฟีนอล ตัวอย่างเช่น 2,3,7,8-TCDD ซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์ 2,4,5-ไตรคลอโรฟีนอล ซึ่งเป็นสาร intermediate ของการผลิตสาร 2,4,5-ไตรคลอโรฟีนอกซีอะเซติกแอซิด และเฮกซาคลอโรฟีน

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้ของสารประกอบซึ่งมีคลอรีนและไฮโดรคาร์บอน เช่น สายเคเบิลพีวีซีซึ่งหุ้มลวดทองแดง ภาชนะบรรจุ ขวด ที่รัดหีบห่อ สิ่งทอ รองเท้า หรือของเล่น ซึ่งทำด้วยสารพีวีซี จากกระบวนการในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โลหะ กระดาษและเยื่อกระดาษ การผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) ไม้ที่มีการถนอมรักษาด้วยสารคลอโรฟีนอล การเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน บุหรี่ และการเตาเผา

โครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อมได้พัฒนาเกณฑ์มาตรฐานในการบ่งชี้และคำนวณปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ซึ่งใช้เป็นแนวทางการจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนจากแหล่งกำเนิดที่มีศักยภาพ 10 แห่ง ดังนี้

แหล่งกำเนิดที่ 1 : การเผาของเสีย ได้แก่

- เตาเผามูลฝอยชุมชน
- เตาเผาของเสียอันตราย
- เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ
- เตาเผาของเสียซึ่งเป็นเศษชิ้นส่วน
- เตาเผากากตะกอนน้ำทิ้ง
- เตาเผาซึ่งมีการใช้ของเสียจำพวกไม้และวัสดุชีวภาพ
- การเผาซากสัตว์

แหล่งกำเนิดที่ 2 : การผลิตเหล็กและโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

- การหลอมสินแร่เหล็ก
- การผลิตถ่านโค๊ก
- การผลิตเหล็กและเหล็กกล้าและการหลอม
- การผลิตทองแดง
- การผลิตอลูมิเนียม
- การผลิตตะกั่ว
- การผลิตสังกะสี
- การผลิตทองเหลือง
- การผลิตแมกนีเซียม
- การผลิตโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก
- การแยกชิ้นส่วนโลหะ
- การหลอมลวดไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดที่ 3 : การผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

- โรงไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
- ถ่านหินลิกไนต์
- น้ำมันดีเซล
- ก๊าซธรรมชาติ
- โรงไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ
- การเผาไหม้ในบริเวณหลุมฝังกลบและก๊าซชีวภาพ
- การใช้ความร้อนและการหุงต้มในครัวเรือน โดยใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ
- การใช้ความร้อนและการหุงต้มในครัวเรือน โดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
  - เตาถ่าน
  - เตาซึ่งใช้น้ำมัน
  - เตาซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดที่ 4 : การผลิตแร่ธาตุ

- การผลิตปูนซีเมนต์
- การผลิตปูนขาว
- การผลิตอิฐ
- การผลิตแก้ว
- การผลิตเซรามิก
- การผลิตแอสฟัลต์

แหล่งกำเนิดที่ 5 : การคมนาคมขนส่ง

- เครื่องยนต์ 4 จังหวะ
  - น้ำมันไร้สารตะกั่ว โดยไม่มีแคตตะลิสท์
  - น้ำมันไร้สารตะกั่ว โดยมีแคตตะลิสท์
- เครื่องยนต์ 2 จังหวะ
- เครื่องยนต์ดีเซล
- เครื่องยนต์ซึ่งใช้น้ำมันเตา
- รถไฟ เรือต่างๆ

แหล่งกำเนิดที่ 6 : ขบวนการเผาไหม้ซึ่งควบคุมไม่ได้

- การเผาวัสดุชีวภาพทางการเกษตร
- การเผาของเสียและอุบัติเหตุไฟไหม้
- ไฟไหม้บริเวณหลุมฝังกลบ
- การเผาไหม้มูลฝอยจากครัวเรือน
- อุบัติเหตุไฟไหม้รถยนต์และพาหนะยานยนต์ต่างๆ
- การเผาไม้ในที่โล่งแจ้ง

แหล่งกำเนิดที่ 7 : การผลิตและการใช้สารเคมีและผลิตภัณฑ์บริโภค

- กระดาษและเยื่อกระดาษ
  - กากตะกอนน้ำทิ้งจากขบวนการที่ใช้คลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ หรือมีการนำกลับมาใช้ใหม่
  - น้ำเสียจากขบวนการคราฟต์แบบเก่า ใหม่ หรือนำกลับมาใช้ใหม่
  - ผลิตภัณฑ์จากกระดาษและเยื่อการะดาษ
- อุตสาหกรรมเคมี
  - การผลิต EDC/VCM/PVC โดยใช้เทคโนโลยีแบบเก่า
  - การผลิต EDC/VCM และ/หรือ EDC/VCM/PVCหรือ PVC โดยใช้เทคโนโลยีแบบใหม่
- อุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- อุตสาหกรรมสิ่งทอ
- อุตสาหกรรมเครื่องหนัง

แหล่งกำเนิดที่ 8 : เบ็ดเตล็ด

- การอบแห้งวัสดุชีวภาพ
- เตาเผาศพ
- การรมควัน
- การสูบบุหรี่

แหล่งกำเนิดที่ 9 : การกำจัด / การฝังกลบ

- การฝังกลบและการทิ้งกากของเสีย
- น้ำทิ้งและการบำบัดน้ำทิ้ง

- การปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ
- การกำจัดน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว โดยไม่ใช้ความร้อน

แหล่งกำเนิดที่ 10 : การบ่งชี้กิจกรรมที่น่าสนใจ

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สามารถปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมไปถึงอากาศ น้ำ ดิน และขี้เถ้าปนเปื้อน ได้จากแหล่งกำเนิดที่มีศักยภาพทั้งหมดที่ได้กล่าวมา นอกจากนี้การปนเปื้อนของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ยังพบในพืช สัตว์ และมนุษย์ โดยผ่านห่วงโซ่อาหาร

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

2.3.1 ความเป็นพิษของสาร TCDD

มีการศึกษาความเป็นพิษของสาร TCDD ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงที่สุดของสารไดอ๊อกซิน ค่า LD_{50} (ความเข้มข้นมัธยฐานที่ทำให้ตาย) โดยการกินสาร TCDD ในหนูขาว มีค่า 20-50 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โครงการพิษวิทยาแห่งชาติ (National Toxicology Programme; NTP) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทำการศึกษาค่า LD_{50} โดยการกินและผ่านทางผิวหนังในสัตว์หลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การศึกษาค่า LD_{50} ของสาร 2,3,7,8-TCDD ในสัตว์ชนิดต่างๆ ของโครงการพิษวิทยาแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา

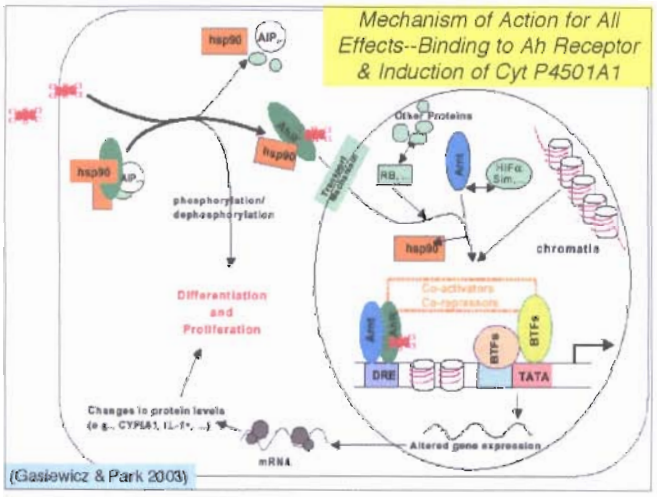
การศึกษา	ทางผ่านการรับสัมผัส	ชนิดของสัตว์	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)
LD_{50}	ผิวหนัง	กระต่าย	275
LD_{50}	การกิน	สุนัข	1
LD_{50}	การกิน	ลิง	2
LD_{50}	การกิน	หนูแฮมสเตอร์	1,157
LD_{50}	การกิน	หนูตะเภา	600
LD_{50}	การกิน	หนูเล็ก	114
LD_{50}	การกิน	หนูขาว	20

ค่า LD_{50} โดยการกินสาร 2,3,7,8-TCDD มีค่าความเป็นพิษระหว่าง 1 – 1,157 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในสัตว์ชนิดต่างๆ TCDD จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษอันตรายยวดยิ่ง (super toxic) เป็นสารก่อลูกวิรูป (ทำให้เกิดความผิดปกติของทารกแรกคลอด) และเป็นพิษต่อตับสูงกว่าสารที่ก่อให้เกิดพิษต่อตับสูง 100 – 10,000 เท่า

2.3.2 จลนพิษวิทยาและเมตะโบลิซึ่มของสาร TCDD

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน หายใจ และผิวหนัง อย่างไรก็ตามการรับสัมผัสสารสามารถรับได้หลายทางและจากหลายแหล่งกำเนิด โดยทั่วไปแล้วพบว่า 98% ของการรับสัมผัสในคนนั้นได้รับจากอาหาร

เมื่อสาร TCDD เข้าสู่ร่างกาย จะมีการเหนี่ยวนำเอ็นไซม์ในไมโครโซม คือ เอ็นไซม์ไซโตโครม P_{450}1A1 (CYP1A1) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นเมตะโบลิซึ่มและการกำจัดพิษผ่าน aryl hydrocarbon hydroxylase receptor (AhR) สาร TCDD จะจับกับ AhR และสร้างสารประกอบร่วมกับ heat shock protein (hsp90) ซึ่งมีขนาดโมเลกุล 90 กิโลดาลตัน (kDa) ภายในไซโตปลาสซึ่ม แล้วจึงเคลื่อนย้ายเข้าสู่นิวเคลียสโดยทำปฏิกิริยากับ AhR nuclear translocator protein (Arnt) จากนั้นจะ



รูปที่ 2-2 กลไกการทำงานของสาร TCDD

จับกับสายพันธุกรรมดีเอ็นเอเฉพาะคือ Dioxin Responsive Elements (DREs) ในบริเวณ promoter ซึ่งอยู่ติดกับ CYP1A1 และกระตุ้นให้เกิดการแปลรหัสพันธุกรรม (transcription) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในยีนส์ ดังแสดงในรูปที่ 2-2 เมตะโบลิซึ่มอันดับแรกจะเกิดจากการกำจัดพิษโดยตับ ได้เมตะโบไลต์ซึ่งเป็นอนุพันธุ์ hydroxylated หรือ methoxylated ของสาร TCDD ซึ่งจะกำจัดออกจากร่างกายในรูปสารประกอบของ glucuronide และ sulfate conjugates โดยปกติแล้ว congeners ของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่มีจำนวนอะตอมของคลอรีนน้อย มักจะถูกเมตะโบไลต์ได้เร็วและถูกกำจัดออกจากร่างกายได้เร็วกว่าสารที่มีจำนวนอะตอมของคลอรีนมากๆ

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ดีในไขมัน ดังนั้นคุณสมบัติการละลายในไขมันได้สูงและมีอัตราการสลายตัวโดยเมตะโบลิซึ่มได้ต่ำ จึงเป็นองค์ประกอบช่วยให้สารนี้จับกับ

เนื้อเยื่อไขมันและมีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน ผิวหนัง ตับ น้ำนม ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์ต่างๆ และปลา เนื่องจากธรรมชาติของน้ำนมเป็นไขมัน ดังนั้นมารดาที่ให้น้ำนมแก่บุตรจะมีการลดระดับความเข้มข้นของสาร TCDD ในร่างกายและส่งผ่านไปยังน้ำนม จากการศึกษาของมารดาชาวสวีเดนที่ให้น้ำนมบุตรพบว่าปริมาณสารไดอ๊อกซินในรูปสมดุลย์ของ TCDD ในน้ำนมมีค่าสูงกว่าปริมาณการรับสารเข้าสู่ร่างกายรายวัน (tolerated daily intake) ซึ่งปกติมีความเข้มข้น 5 พิโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ถึง 20-30 เท่า ค่าครึ่งชีวิต (half-life) ของสาร TCDD จะมีช่วงกว้าง เช่น หลายชั่วโมงบนพื้นผิวของพืช ไปจนถึง 7.1 ปี (ช่วงระหว่าง 5 – 8 ปี) ในซีรั่มของคนและเนื้อเยื่อไขมัน สารนี้จะมีการกำจัดออกจากร่างกายโดยทางอุจจาระ

2.3.3 ผลกระทบอันตรายต่อสุขภาพจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน มีผลกระทบต่อสัตว์และเนื้อเยื่อต่างกัน ก่อให้เกิดทั้งโรคมะเร็งและพิษภัยต่อสัตว์และคน พิษภัยของสารนี้รวมไปถึง ความเป็นพิษต่อตับ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ ระบบผิวหนัง ความผิดปกติของตัวอ่อนในครรภ์ ยับยั้งการทำงานของต่อมไร้ท่อ และทำให้ตาย ในขณะที่โรคมะเร็งที่พบได้แก่ มะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งชนิด fibrosarcomas มะเร็งชนิด squamous cell carcinoma และเนื้องอกของช่องปาก โพรงจมูก ผิวหนัง ปอด ต่อมหมวกไต และต่อมธัยรอยด์

2.3.3.1 สิวที่เกิดจากสารเคมี (Chloracne)

พบว่าสารไดอ๊อกซินเป็นสาเหตุของการเกิดสิวชนิด Chloracne (สิวที่เกิดจากสารเคมี) ในปี พ.ศ. 2503 โดยพบว่ามีการปนเปื้อนในสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์และโพลีคลอริเนตไบเฟนิล สารนี้มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาอาชีวอนามัยในหมู่คนงานซึ่งทำงานในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคมีคลอรีนอินทรีย์ได้แก่ คลอริเนตแน็ปธาลีน ไดเฟนิลออกไซด์ อะซ็อกซีเบนซิน และไดเบนโซฟูแรน คลอโรฟีนอล เพ็นตะคลอโรฟีนอล 2,4-D และ 2,4,5-T การระเบิดของโรงงานเคมี ณ เมือง Seveso ประเทศอิตาลีในปี พ.ศ. 2519 พบว่าทำให้เกิดสิวชนิด chloracne ในวัยรุ่นหญิง

Chloracne เป็นอาการแสดงแรกพบและเด่นชัดของภาวะอาการแสดงพิษแบบเฉียบพลันจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน Chloracne เป็นสิวซึ่งมีลักษณะคล้ายสิวทั่วไป แต่มีลักษณะจำเพาะคือมีถุงน้ำที่มีส่วนประกอบอยู่ข้างใน (inclusion cysts) สิวหัวดำ (comedones) และ ตุ่มหนอง (pustules) โดยจะทิ้งรอยแผลเป็น (scarring) ที่ผิวหนัง มักจะพบที่หน้าคล้ายๆ กับสิวชนิดรุนแรงในวัยรุ่น แต่มีความแตกต่างกันโดย Chloracne อาจเป็นบริเวณหน้าและทั่วตัวได้ และในรายที่เป็นรุนแรงอาจเป็นอยู่หลายปี ลักษณะของแผลที่ผิวหนังจะมีลักษณะเป็นเนื้อหนา (hyperplasia) และแข็ง (hyperkeratosis) ที่บริเวณระหว่างต่อมใต้ชั้นผิวหนังกำพร้า ต่อมไขมันเป็นตุ่มแข็ง มีการเปลี่ยนแปลงของต่อมไขมัน (sebaceous gland) ทำให้เกิดเป็นถุงซีสท์ (cysts) และตุ่มแข็งของสิวหัวดำ (keratinaceous comedones) อาจมีอาการผิวหนังแดงและบวมซึ่งเป็นอาการก่อนเกิดสิว

Chloracne ระยะเวลาระหว่างการรับสัมผัสสารและพบอาการแสดงของสิว Chloracne อาจกินเวลา 2 - 3 อาทิตย์ จนถึงหลายเดือน นอกจากนี้อาจพบอาการเปลือกตาและเยื่อตาขาวอักเสบ (Blephara conjunctivitis) และอาการระคายเคืองของเยื่อบุ (mucous membrance) ได้

2.3.3.2 ลักษณะความเป็นพิษ

2.3.3.2.1 พิษเฉียบพลัน

ผู้ป่วยที่ได้รับพิษแบบเฉียบพลันจากการรับสัมผัสสาร TCDD มักจะได้รับพิษจากอุบัติเหตุการรั่วไหลของสาร หรือจากการระเบิด สามารถวินิจฉัยได้อาการระคายเคืองตา และระบบทางเดินหายใจ มีผื่นที่ผิวหนัง สิว Chloracne ปวดศีรษะ มึนศีรษะ และคลื่นไส้ อาการเหล่านี้จะหายไปในเวลา 1-2 สัปดาห์ และตามด้วยมีการแตกของสิว ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อแขน ขา หน้าอก และไหล่ อ่อนเพลีย กระสับกระส่าย เครียด ความต้องการทางเพศลดลง และรู้สึกหนาวง่าย คนงานที่ได้รับพิษมักจะมีอาการแสดง สิว Chloracne อย่างรุนแรง ตับโต ประสาทส่วนปลายอักเสบ การแข็งตัวของเลือดช้าลง และระดับไขมันในเลือดสูงขึ้น จากการศึกษาติดตามเป็นเวลา 30 ปีในการศึกษา Seveso พบว่า 55% ของคนงานยังมีสิว Chloracne มาจนถึงปัจจุบัน

2.3.3.2.2 พิษเรื้อรัง

การวินิจฉัยอาการแสดงความเป็นพิษเรื้อรังจากการรับสัมผัสสาร TCDD ประกอบด้วยอาการแสดงดังนี้คือ สิว Chloracne มะเร็งชนิด sarcoma บริเวณเนื้อเยื่ออ่อน มะเร็งชนิด non-Hodgkin's lymphoma และโรค Hodgkin Chloracne เกิดขึ้นหลังจากรับสัมผัสสาร TCDD หลายอาทิตย์และมีอาการยาวนานเป็นสิบปี โดยความรุนแรงของ Chloracne ขึ้นกับขนาดของการรับสัมผัสสาร ในสถานประกอบการบางแห่งพบว่าคนงานที่รับสัมผัสสารจะมีสิว Chloracne แต่ไม่มีอาการเจ็บป่วยอย่างอื่น ในขณะที่คนอื่นๆ อาจมีอาการอ่อนเพลีย น้ำหนักลด ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ นอนไม่หลับ เครียด และความต้องการทางเพศลดลง ตับโตและนุ่ม และการรับรู้ทางประสาทเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะบริเวณปลายแขนและขา

2.3.3.3 ความเป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน

การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าสาร TCDD จะลดการตอบสนองของภูมิคุ้มกันและติดเชื้อโรคได้ง่าย โดยเฉพาะเชื้อโรคที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มกันซึ่งถูกกระตุ้นผ่านเซลล์ การศึกษาในคนพบว่าสาร TCDD มีส่วนทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกกด และมีการเปลี่ยนแปลงภูมิคุ้มกันซึ่งทำให้ติดเชื้อได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการรับสัมผัสสาร TCDD จะทำให้เกิดภูมิแพ้ชนิด delayed-type hypersensitivity

2.3.3.4 ความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาตัวอ่อน

ผลกระทบด้านการก่อลูกวิรูปในคน คือ มีโอกาสพบความผิดปกติของท่อประสาท (neural tube) อย่างไรก็ตามพบว่าสาร TCDD ก่อให้เกิดการก่อลูกวิรูปในหนูและหนูเล็กโดยพบเยื่อพังผืดในมดลูก อัตราการตั้งครรภ์ลดน้อยลง แท้งลูกก่อนครบกำหนดการตั้งท้อง มีระดับฮอร์โมน testosterone ลดลง จำนวนเชื้ออสุจิลดลง พบความพิการแต่กำเนิด และการพัฒนาการเรียนรู้ต่ำลง การศึกษาในอาสาสมัครชาวเวียดนามซึ่งรับสัมผัสสารฝนเหลือง (Agent Orange) พบว่ามีระดับฮอร์โมน testosterone ลดลง ขนาดของอัณฑะลดลง และพบว่ามีลูกที่พิการแต่กำเนิด

สารไดอ๊อกซินและสารโพลิโบรมิเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ๊อกซิน ก่อให้เกิดความผิดปกติแก่ตัวอ่อนในท้องของสัตว์ทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่งหนูเล็ก การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ทั่วๆ ไป ได้แก่ เพดานปากโหว่ ไตบวม และต่อมธัยมัสมีขนาดเล็กลง การฝ่อตัวของต่อมธัยมัสและการยับยั้งภูมิคุ้มกันจากการกระตุ้นของเซลล์ อาจเกิดขึ้นในระยะแรกๆ ของการสร้างทีลิมโฟไซต์ (T-lymphocyte) หนูเล็กจะมีอาการแสดงไวต่อความผิดปกติดังกล่าวแต่ไม่เหมาะที่จะเป็นตัวทำนายอาการแสดงโรคที่เกิดขึ้นในคน ใน สัตว์อื่นๆ พบว่าสารไดอ๊อกซินและสารโพลิโบรมิเนตไดเบนโซ-พารา-ไดอ๊อกซิน ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อแม่และลูกได้ แต่ไม่พบความผิดปกติในโครงสร้างแม้ว่าจะได้รับสารในความเข้มข้นที่เป็นพิษ

เมื่อได้รับสัมผัสสาร TCDD ร่วมกับยา Hydrocortisone จะมีอาการแสดงพิษเสริมและก่อให้เกิดเพดานปากโหว่ ยา Hydrocortisone จะยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อน มีการสร้างชั้นของเพดานปาก ในขณะที่สาร TCDD จะทำให้เกิดเพดานปากโหว่โดยเปลี่ยนแปลงเซลล์ชั้นหนังกำพร้า ทำให้ชั้นของเพดานปากไม่สามารถหลอมรวมกันได้

2.3.3.5 การรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ

TCDD จะรบกวนหน้าที่การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ – การส่งสัญญาณสารเคมีในการเจริญเติบโตและควบคุมการทำงานของร่างกาย โดยรบกวนระดับของธัยรอยด์ในเด็กทารกและผู้ใหญ่ ทำให้ระดับเปลี่ยนแปลงและมีส่วนเกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน อนึ่ง กองอากาศยานแห่งอเมริกัน (American Air Force) ได้ทำการศึกษาและพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างโรคเบาหวานและความเข้มข้นของสาร TCDD ในระดับเลือดของประชาชนซึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับสารฝนเหลือง

2.3.3.6 การก่อโรคมะเร็ง

องค์กรนานาชาติในการวิจัยโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer; IARC) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์การอนามัยโลก ได้ประกาศเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 ให้สาร 2,3,7,8 - TCDD ซึ่งเป็นสารไดอ๊อกซินที่มีความเป็นพิษร้ายแรงที่สุดเป็นสารก่อมะเร็ง Class 1 ซึ่งเป็นสารที่

ก่อให้เกิดมะเร็งในคน การศึกษาของ U.S. Department of Health and Human Services และโครงการพิษวิทยาแห่งชาติ พบว่าได้ผลสรุปการศึกษาเช่นเดียวกัน

หนูขาว หนูเล็ก หนูแฮมสเตอร์ ซึ่งได้รับสัมผัสสาร TCDD เข้มข้น 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดเซลล์มะเร็งชนิด histiocytic lymphomas, fibrosarcomas และเกิดเนื้องอกที่ตับ ผิวหนัง ปอด ต่อมหมวกไต ต่อมธัยรอยด์ ลิ้น เพดานปาก โพรงจมูก thymic lymphomas และ squamous cell carcinomas ของผิวหนังบริเวณหน้า ส่วนผสมของ 1,2,3,6,7,8- และ 1,2,3,7,8,9-เฮกซะไอโซเมอร์ของสารไดอ๊อกซิน พบว่าเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งในตับ

จากการศึกษาชนิด cohort พบอัตราเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งที่อวัยวะต่างๆ ในประชากรที่รับสัมผัสสาร TCDD ในเมือง Seveso ประเทศอิตาลี สูงขึ้น การเกิดเนื้องอกชนิด lymphomas และ sarcoma ที่บริเวณเนื้อเยื่ออ่อน (Soft-tissue Sarcoma; STS) ก็พบจำนวนเพิ่มขึ้นในผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดินที่มีการปนเปื้อนสาร TCDD

ในการศึกษาโดยชาวสวีเดนพบ STS และ lymphoma ชนิดร้ายแรง (malignant lymphoma) ในผู้ที่รับสัมผัสสารฟีน็อกซี่แอซิด หรือคลอโรฟีนอลที่มีการปนเปื้อนไดอ๊อกซิน พบอัตราการตายในประชากรที่มี STS เพิ่มขึ้นในอาสาสมัครชาวเวียตนาม นอกจากนี้ยังพบว่าคนงานชายซึ่งมีหน้าที่แยกสลัดจ์จากกระบวนการฟอกด้วยคลอรีนในโรงงานเยื่อกระดาษ มีโรคมะเร็งชนิด STS

สาร TCDD เป็นสารช่วยเสริม (promoter) ในการก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ตารางที่ 2-2 พบว่า receptor ของสารไดอ๊อกซินซึ่งจับกับ DREs จะมีบทบาทหน้าที่ในการควบคุมโดยเพิ่มการแสดงออกของ oncogenes และ/หรือ ลดการแสดงออกของ tumor suppressor genes สาร TCDD ยังมีผลต่อการควบคุม growth factor และ steroid hormone receptors

2.3.3.7 ผลอื่นๆ

ถ้าเด็กได้รับสัมผัสสาร TCDD จะมีผลให้การพัฒนาการทางสติปัญญา (IQ) ลดลง การตอบสนองเชื่องช้า การพัฒนาการทางประสาทลดลง และทำให้เด็กมีพฤติกรรมก้าวร้าว

พบความผิดปกติของโครโมโซม (Chromosome aberrations) ในเลือดของคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการผลิตสารกำจัดวัชพืช ชนิด 2,4,5-ไตรคลอโรฟีน็อกซี่-เอ็ทธานอล (TCPE) และบิวิวินอล (Buvinol) ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชซึ่งมีส่วนผสมของ TCPE และ 2-คลอโร-6-เอ็ทธิลอะมิโน-4-ไอโซโพรพิลอะมิโน-1,3,5-ไตรอาซีน (atrazine) สาร TCDD ยังพบการปนเปื้อนในปริมาณ 0.05 – 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเซลล์ของมารดาที่มีการแท้งลูกจำนวน 25 คน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการรับสัมผัสสาร 2,3,7,8-TCDD ในเมือง Seveso กลับไม่พบความผิดปกติของโครโมโซมแต่อย่างไร

2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นสารที่คงทน ย่อยสลายยาก และค่อนข้างเสถียรในสิ่งแวดล้อมสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศจะมีการสะสมอยู่บนดิน น้ำ และพื้นผิวของพืช ในดินพบว่าสาร TCDD จะมีเวลาครึ่งชีวิตที่ยาวนานมากกว่า 10 ปี และมีการสะสมในพืช สัตว์ และคน โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร พบว่าประมาณ 96% ของการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในคนมาจากการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนสารดังกล่าว และพบการศึกษาหลากหลายในการเนื้อสัตว์ ปลา ผลิตภัณฑ์นม และไข่

2.4.1 ผลกระทบต่อพืช

ไม่พบการรายงานความเป็นพิษของสาร TCDD ต่อพืช ได้มีการศึกษาการสะสมสารไดอ๊อกซินจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ในพืชน้ำหลายพันธุ์ แต่ก็ไม่พบว่ามีความเป็นพิษต่อพืชแต่อย่างไร

2.4.2 ผลกระทบต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

การศึกษาความเป็นพิษของสาร TCDD ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ไม่พบว่าสัตว์ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากการรับสัมผัสสาร TCDD มีการศึกษาจำนวนน้อยที่พบความเป็นพิษต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น มีผลในการลดการสืบพันธุ์ของหนอน หอยทาก และหอยกาบ ในการศึกษาหนึ่งพบความเป็นพิษเฉียบพลันในกุ้งน้ำจืดที่รับสัมผัสสาร TCDD โดยกระตุ้นเอ็นไซม์ cytochrome P450 ซึ่งมีกลไกการทำงานคล้ายคลึงกับที่พบในสัตว์มีกระดูกสันหลัง อย่างไรก็ตามการศึกษาอื่นๆ กลับไม่พบว่ามี receptor ชนิด AhR ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด invertebrate species.

2.4.3 ผลกระทบต่อปลา

พบอาการแสดงความเป็นพิษในปลาที่ได้รับสัมผัสสาร TCDD ซึ่งปนเปื้อนในแม่น้ำและทะเล โดยทำลายการพัฒนาการตัวอ่อนในช่วงตั้งท้อง และมีผลต่อพฤติกรรมของปลาเมื่อโตขึ้น คือ กินอาหารได้น้อย เชื่องช้า ไม่มีอาการตอบสนอง และว่ายน้ำโดยผงกหัวขึ้น โดยทั่วไปสาร TCDD มีความเป็นพิษร้ายแรงที่สุดต่อปลาในช่วงชีวิตต้นๆ และมีผลลดน้อยลงในช่วงโตเต็มวัย โดยพบว่าไข่ปลาจะมีความไวในการรับผลกระทบจากสาร TCDD ความเป็นพิษในปลามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อได้รับสารไดอ๊อกซิน ที่มีอะตอมคลอรีน ณ ตำแหน่งที่ 4, 5 หรือ 6 แต่ไม่มีความเป็นพิษในกรณีที่ได้รับสารที่มีอะตอมคลอรีน ณ ตำแหน่งที่ 8

2.4.4 ผลกระทบต่อนก

พบการทำลายประชากรของนกที่อาศัยอยู่รอบบริเวณอ่าว Great Lakes ในประเทศแคนาดาและสหรัฐอเมริกา มีความพิการเพิ่มขึ้นในไก่ นกกาน้ำ (cormorants) นกนางนวล และนกที่กินปลาเป็นอาหาร ทั้งในกลุ่มของนกที่รอดชีวิตและตัวอ่อนที่ไม่ยังไม่ได้ฟักเป็นตัว ความพิการที่เกิดขึ้นมีลักษณะ

คล้ายคลึงกับที่เกิดขึ้นในลูกของแม่ไก่ซึ่งได้รับสาร TCDD ในอาหาร และพบว่ามีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน และพีซีบี จากอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการฟอกเยื่อกระดาษ การศึกษาต่อมาพบความสัมพันธ์ของ TCDD-TEQs และผลกระทบต่างๆ เช่น จำนวนไข่ที่ฟักตัวเป็นตัวอ่อนลดลง เป็นพิษต่อตัวอ่อน มีความพิการ และมีการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมของนกที่โตเต็มวัย อย่างไรก็ตามพบว่า ส่วนใหญ่แล้ว TEQ ที่มีผลต่อไข่ของนกกาน้ำและนกนางนวลในบริเวณอ่าว Great Lakes มาจากสารพีซีบีมากกว่า 90% และมาจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนเพียง 2 - 9% การศึกษาในห้องปฏิบัติการและภาคสนามพบว่านกสายพันธุ์อื่นๆ ก็ได้รับผลกระทบจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน โดยมีการผลิตไข่น้อยลง มีพิษต่อตัวอ่อน และมีความผิดปกติของระบบหัวใจและสมอง การศึกษาพบว่าไก่เป็นสัตว์ที่ไวต่อการแสดงผลกระทบจากการรับสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนและพีซีบี มากกว่านกป่า ดังนั้นการกำหนดค่ามาตรฐานความเป็นพิษของสารต่อนกป่า ควรจะมีการกำหนดค่าโดยพิจารณาความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในนกพันธุ์พื้นบ้าน เนื่องจากมีความไวต่อการรับพิษมากกว่านกป่า

2.4.5 ผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ผลกระทบส่วนใหญ่มักมีการทำวิจัยในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหนูขาวและหนูเล็ก ตลอดจนการทดลองในภาคสนามในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อยู่ตามธรรมชาติ ตัวมิงค์ (mink) ซึ่งกินปลาที่ปนเปื้อนสาร TCDD จะมีอาการแสดงพิษเกี่ยวข้องกับอาการแสดงพิษของสาร TCDD กล่าวคือ มีอาการเซื่องซึม เบื่ออาหาร จำนวนเม็ดเลือดแดงลดน้อยลง ม้ามโต ตับโต และปอดโต สาร นอกจากนี้การศึกษายังพบว่าสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน มีความเป็นพิษค่อนข้างน้อย ต่อหมีขาวและแมวน้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณขั้วโลกเหนือ

2.5 การรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากอาหาร และผลกระทบต่อคน

จากการศึกษาของ U.S.EPA พบว่าการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในคนนั้น มากกว่า 96 % มาจากอาหารที่มาจากสัตว์ โดยได้ทำการประมาณการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากอาหารโดยทบทวนข้อมูลต่างๆ ได้แก่

(1) สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่พบในอาหาร 10 ชนิดซึ่งมีปริมาณไขมันสูง

(2) ความเป็นพิษของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน แต่ละชนิดที่พบในอาหารทั้ง 10 ชนิดดังกล่าว และ

(3) ปริมาณการบริโภคอาหารของประชากรสหรัฐอเมริกา

อาหารที่ศึกษา 10 ชนิดได้แก่ เนื้อวัว, เนื้อหมู, เนื้อสัตว์ปีก, เนื้ออื่นๆ เช่น แกะ baloney, ไข่, น้ำนม ผลิตภัณฑ์นม เช่น เนยแข็ง โยเกิรต์, ปลา กุ้ง หอย และปูน้ำจืด, ปลา กุ้ง หอย และปูทะเล, ไขมันจากพืช เช่นน้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก และมาร์การีน โดยอาหารเหล่านี้เชื่อว่ามีสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการรับสัมผัสในคน ถึงแม้ว่าไขมันจากพืชจะมีความเข้มข้นของสาร

ไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในระดับที่ต่ำ แต่ U.S.EPA ก็รวมอาหารชนิดนี้เข้าในการศึกษานี้ เนื่องจากอาหารนี้มีไขมันสูงและพบในอาหารอเมริกันทั่วไป การศึกษานี้ไม่ได้รวมผักและผลไม้เพราะมีปริมาณไขมันต่ำมากหรือไม่มีเลย

ตารางที่ 2-3 แสดงการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากอาหารโดยพบว่าเนื้อวัวมีปริมาณสารสูงที่สูดคือ 9.0 พิโครกรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ การรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จาก ผลิตภัณฑ์นม (เนยแข็ง โยเกิรต์ ฯลฯ), ปลา กุ้ง หอย และปูน้ำจืด, เนื้ออื่นๆ (แกะ baloney ฯลฯ) และเนื้อหมู พบในปริมาณ 6.5, 5.9, 4.5 และ 4.2 พิโครกรัม/วัน ตามลำดับ ในขณะที่ ปลา กุ้ง หอย และปูทะเล และเนื้อสัตว์ปีก พบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ 2.5 และ 2.4 พิโครกรัม/วัน ปริมาณสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่พบในไขมันจากพืชเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดคือ 1.0 พิโครกรัม/วัน

ตารางที่ 2-3 การประมาณการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน ในผู้ใหญ่จากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัสอาหารโดยการกินประจำวัน (พิโครกรัม/วัน) ของ U.S.EPA

ชนิดของอาหาร	การรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากการกินอาหาร (พิโครกรัม/วัน)	การรับสัมผัสสารพีซีบี จากการกินอาหาร (พิโครกรัม/วัน)	การรับสัมผัสสารไดอ๊อกซินทั้งหมด จากการกินอาหาร (พิโครกรัม/วัน)
เนื้อวัว	9.0	4.2	13.2
ปลา กุ้ง หอย และปูน้ำจืด	5.9	7.1	13.0
ผลิตภัณฑ์นม (เนยแข็ง โยเกิรต์ ฯลฯ)	6.6	9.2	9.8
เนื้อสัตว์อื่นๆ (แกะ baloney ฯลฯ)	4.5	1.0	5.5
ปลา กุ้ง หอย และปูทะเล	2.5	2.4	4.9
น้ำนม	3.2	1.5	4.7
เนื้อหมู	4.2	0.2	4.4
เนื้อเปิด ไก่	2.4	0.9	3.3
ไข่	1.4	1.7	3.1
ไขมันจากพืช (น้ำมัน มาร์การีน ฯลฯ)	1.0	0.6	1.6
ปริมาณทั้งหมด	40.7	22.8	63.5

หมายเหตุ : ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวผู้ใหญ่ 70 กิโลกรัม (154 ปอนด์)

แหล่งที่มา : U.S.EPA - Draft dioxin reassessment report. October 2001

ตารางที่ 2-4 ได้สรุปค่าความเป็นพิษสมดุลย์ (toxic equivalence value; TEQs) สำหรับสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอาหารทั้ง 10 ชนิดดังกล่าว โดยปลา กุ้ง หอย และปูน้ำจืด มีความเข้มข้นข้นของสารไดอ๊อกซินที่เป็นพิษสูงที่สุดคือ 1.0 พิโครกรัม/กรัม ไข่, เนื้อสัตว์ปีก, ไขมันจากพืช และน้ำนม พบว่ามีความเข้มข้นที่เป็นพิษต่ำที่สุดคือ 0.06-0.08 พิโครกรัม/กรัม อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงปริมาณการบริโภคอาหารแต่ละชนิดในชีวิตประจำวัน เพื่อนำไปประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อไป

ตารางที่ 2-4 การประมาณการความเข้มข้นของสารไดอ๊อกซินที่เป็นพิษ (Dioxin TEQs) ในอาหาร 10 ชนิดโดย U.S.EPA

ชนิดของอาหาร	Dioxin TEQs สำหรับสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน (พิโครกรัม/วัน)	Dioxin TEQs สำหรับสารพีซีบี (พิโครกรัม/วัน)	Dioxin TEQs ทั้งหมด (พิโครกรัม/วัน)
ปลา กุ้ง หอย และปูน้ำจืด	1.00	1.20	2.20
ปลา กุ้ง หอย และปูทะเล	0.26	0.25	0.51
เนื้อหมู	0.28	0.01	0.29
เนื้อวัว	0.18	0.08	0.26
เนื้ออื่นๆ (แกะ baloney ฯลฯ)	0.18	0.04	0.22
ไข่	0.08	0.10	0.18
ผลิตภัณฑ์นม (เนยแข็ง โยเกิรต์ ฯลฯ)	0.12	0.06	0.18
เนื้อสัตว์ปีก : เป็ด ไก่	0.07	0.03	0.10
ไขมันจากพืช (น้ำมัน มาร์การีน ฯลฯ)	0.07	0.04	0.10
น้ำนม	0.06	0.01	0.03

หมายเหตุ : ค่า TEQs คิดโดยประมาณจากน้ำหนักเปียก ไม่ใช่น้ำหนักแห้ง

แหล่งที่มา : U.S.EPA - Draft dioxin reassessment report. October 2001

องค์การอนามัยโลกได้ให้คำแนะนำในการบริโภคอาหารที่มีสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนปนเปื้อน น้อยกว่า 1-4 พิโครกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค ในขณะที่ U.S. EPA ไม่เห็นด้วยและได้แนะนำให้มีการบริโภคโดยมีสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนปนเปื้อน น้อยกว่า 0.006 พิโครกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว

2.6 การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในประเทศอื่น ๆ

การศึกษาการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน พบมีรายงานในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรป จากการศึกษาทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เมื่อปี พ.ศ. 2543 ซึ่งจัดทำใน 16 ประเทศได้แก่ ประเทศออสเตรีย เบลเยียม ฟินแลนด์ ฝรั่งเศส สหพันธรัฐเยอรมัน กรีซ ไอร์แลนด์ อิตาลี ลักเซมเบอร์ก เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ ปอร์ตุเกส สเปน สวีเดน สวิทเซอร์แลนด์ และสหราชอาณาจักร ตารางที่ 2-5 แสดงการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศจากแหล่งกำเนิดที่มีศักยภาพ เช่น โรงไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล, การเผาไหม้ในครัวเรือน รวมถึงหม้อไอน้ำ เตา และเตาผิงไฟจากท่อนไม้ ถ่านหิน และลิกไนต์, การเผาไหม้ในอุตสาหกรรมจากหม้อไอน้ำ ก๊าซ กังหันไอน้ำ เป็นต้น, เตาหลอมไฟฟ้าในโรงเหล็ก, โรงหลอมสินแร่, โรงหลอมสารและขี้แร่, การแยกโลหะจากสายเคเบิ้ล, โรงหล่อโลหะชนิด non-ferrous, การผลิตสังกะสี ทองแดง และอลูมิเนียมทุติยภูมิ, การผลิตปูนซิเมนต์, การขนส่ง, การรักษาเนื้อไม้, เตาเผาขยะชุมชน รวมถึงการเผาที่ถูกและผิดกฎหมาย, เตาเผาขยะติดเชื้อ, เตาเผาของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม, การเผาศพ และไฟไหม้ แต่ละประเทศต้องรายงานปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศในหน่วยของ g I-TEQ/a โดยแยกปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่มาจากอุตสาหกรรมและไม่ได้มาจากอุตสาหกรรม การศึกษานี้ยังได้เปรียบเทียบทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศของประเทศอื่นๆ นอกเหนือจากประเทศในทวีปยุโรปด้วย ตารางที่ 2-5 แสดงการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ ในประเทศสหรัฐอเมริกา (ปี พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2547) ประเทศญี่ปุ่น (ปี พ.ศ. 2541) และประเทศแคนาดา (ปี พ.ศ. 2540) อย่างไรก็ตามการศึกษาในประเทศทั้ง 3 ดังกล่าวมีข้อมูลไม่สมบูรณ์เท่ากับข้อมูลของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป U.S.EPA ได้รายงานการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในปี พ.ศ. 2541 เปรียบเทียบกับในปี พ.ศ. 2547 และพบว่าการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในเตาเผาขยะชุมชน เตาเผาขยะติดเชื้อ และเตาเผาของเสียอันตราย ตลอดจนการผลิตทองแดงทุติยภูมิ มีปริมาณการปลดปล่อยสารลดน้อยลงไปเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 2-5 การปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน ในประเทศต่างๆ

แหล่งกำเนิดของการปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน	พ.ศ.2543 ออสเตรีย	พ.ศ.2543 เบลเยี่ยม	พ.ศ.2543 ฟินแลนด์	พ.ศ.2543 ฝรั่งเศส	พ.ศ.2543 สหพันธสาธารณรัฐเยอรมัน
โรงไฟฟ้า - เชื้อเพลิงจากฟอสซิล	0.2	2.3	1.0 - 2.1	2.0	5.0
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ เตา ที่ผิงไฟ - เชื้อเพลิงจากไม้	15.0	10.0 - 90.0	18.1 - 28.1	323.0	15.0
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ - เชื้อเพลิงจากถ่านหิน/ลิกไนต์	2.7 - 12.4	2.6 - 11.8	0.7 - 3.1	9.0 - 41.3	25.4 - 117.0
การเผาไหม้ในโรงงาน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ	1.5	1.5	0.6 - 7.0	1.0	3.2
Sinter plants	17.4	35.4	29.8	133.5	100.0
การผลิตสังกะสีทุติยภูมิ	0.1	1.0		10.0	10.0
การผลิตทองแดงทุติยภูมิ	0.3	5.0	1.3	2.0	1.0
การผลิตอลูมิเนียมทุติยภูมิ	1.2	0.1 - 20.0	0.6	11.5	10.0
ซีเมนต์	0.1	1.0 - 20.0	0.2	3.1	0.5
การหลอมโลหะอื่นๆ จากสายเคเบิล	ne	ne		40.0	
โรงเหล็กที่ใช้เตาเผาไฟฟ้า	0.5	11.4	1.0	21.0	4.1
อื่นๆ : การหลอมโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กกล้า	0.2	0.2		0.3	5.0
อื่นๆ : Other: sintering of special materials and drossing facilities	ne	ne	ne		
การถนอมรักษาเนื้อไม้	0.1 - 7.2	0.1 - 8.9	4.6	5.4 - 51.8	0.1 - 72.7
การคมนาคมขนส่งบนถนน	0.4	2.0	0.3	15.0	4.0
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างถูกต้องตามกฎหมาย	0.1	65.0	1.0	200.0	4.0
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างผิดกฎหมาย	2.0	2.0 - 20.0	3.1	20.0	0.1 - 30.0
เตาเผาของเสียอุตสาหกรรม – ของเสียอันตราย	0.1	18.0	0.9	2.0	1.0
เตาเผามูลฝอยจากโรงพยาบาล	0.0	6.0	0.0	10.0	0.0
เตาเผาศพ	0.1	0.3	0.2	2.5	0.5
ไฟไหม้	0.1 - 8.0	0.1 - 8.0	0.5 - 5.0	6.0 - 57.1	0.1 - 81.0
รวมปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั้งหมด (g I-TEQ/year)	42 - 67	163 - 332	64 - 82	804 - 949	197 - 472
แหล่งกำเนิดที่มาจากภาคอุตสาหกรรม	24 - 24	148 - 212	40 - 41	461 - 461	152 - 182
แหล่งกำเนิดที่ไม่ได้มาจากภาคอุตสาหกรรม	18 - 43	15 - 121	24 - 41	343 - 488	45 - 290

ne หมายถึง ไม่ว่าจะมีในขบวนการนั้นๆ
nd หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 2-5 (ต่อ) การปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน ในประเทศต่างๆ

แหล่งกำเนิดของการปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน	พ.ศ.2543 กรีซ	พ.ศ.2543 ไอร์แลนด์	พ.ศ.2543 อิตาลี	พ.ศ.2543 ลักเซมเบอร์ก	พ.ศ.2543 เนเธอร์แลนด์
โรงไฟฟ้า - เชื้อเพลิงจากฟอสซิล	6.8	0.7	23.0	0.0	0.0
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ เตา ที่ผิงไฟ - เชื้อเพลิงจากไม้	8.2 - 51.6	7.1 - 17.6	26.4 - 198.8	0.0	4.1
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ - เชื้อเพลิงจากถ่านหิน/ลิกไนต์	0.5 - 2.1	7.2	1.1 - 5.2	0.1 - 0.6	0.2 - 1.1
การเผาไหม้ในโรงงาน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ	0.6	0.6	1.5	0.2 - 1.6	3.1 - 10.8
Sinter plants	0.0	ne	77.1 - 163.1	0.0	19.4 - 30.4
การผลิตสังกะสีทุติยภูมิ	0.0	nd	0.4	0.0	0.0
การผลิตทองแดงทุติยภูมิ	0.0	nd	2.0 - 3.8	0.0	ne
การผลิตอลูมิเนียมทุติยภูมิ	0.2	nd	0.8 - 7.9	0.0 - 2.7	0.0
ซีเมนต์	1.9	0.2	0.0 - 5.1	0.0 - 0.1	0.0
การหลอมโลหะอื่นๆ จากสายเคเบิล	0.0	nd	nd	0.0	0.0
โรงเหล็กที่ใช้เตาเผาไฟฟ้า	5.0	0.3 - 0.8		6.5	0.0 - 0.4
อื่นๆ : การหลอมโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กกล้า	0.1	nd	23.5 - 25.7	0.0	0.0
อื่นๆ : Other: sintering of special materials and drossing facilities	0.0	0.0	ne	ne	0.0
การถนอมรักษาเนื้อไม้	10.3	3.1	50.9	0.4	20.2
การคมนาคมขนส่งบนถนน	4.5	1.2	5.1 - 25.0	0.2 - 0.4	2.0
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างถูกต้องตามกฎหมาย	0.0	ne	2.2 - 36.8	0.1	2.8
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างผิดกฎหมาย	3.9	1.4	21.6	0.2	5.0
เตาเผาของเสียอุตสาหกรรม – ของเสียอันตราย	0.0	ne	97.4	0.0	1.0
เตาเผามูลฝอยจากโรงพยาบาล	37.5	0.0 - 2.0	27.5 - 250.0	0.0	1.0
เตาเผาศพ	0.4	0.1	2.5	0.0	0.2
ไฟไหม้	10.2	3.5	5.0 - 56.5	0.4	7.0
รวมปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั้งหมด (g I-TEQ/year)	90 - 135	25 - 39	370 - 985	8 - 12	66 - 82
แหล่งกำเนิดที่มาจากภาคอุตสาหกรรม	56 - 56	3 - 7	281 - 648	7 - 10	32 - 48
แหล่งกำเนิดที่ไม่ได้มาจากภาคอุตสาหกรรม	34 - 79	22 - 33	89 - 336	1 - 2	34 - 34

ne หมายถึง ไม่น่าจะมีในขบวนการนั้นๆ

nd หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 2-5 (ต่อ) การปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน ในประเทศต่างๆ

แหล่งกำเนิดของการปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน	พ.ศ.2543 นอร์เวย์	พ.ศ.2543 ปอร์ตูเกส	พ.ศ.2543 สเปน	พ.ศ.2543 สวีเดน	พ.ศ.2543 สวิตเซอร์แลนด์
โรงไฟฟ้า - เชื้อเพลิงจากฟอสซิล	0.1	2.4	4.0	0.6 - 1.0	0.1
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ เตา ที่ผิงไฟ - เชื้อเพลิงจากไม้	14.2 - 23.9	59.2	25.4 - 70.3	2.1 - 48.4	0.1
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ - เชื้อเพลิงจากถ่านหิน/ลิกไนต์	0.7 - 3.1	0.1 - 0.4	8.3 - 38.3	1.4 - 6.2	1.8 - 8.4
การเผาไหม้ในโรงงาน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ	2.9	2.9	0.2 - 3.8	1.5	1.5
Sinter plants	0.0	3.8	2.0 - 5.0	0.1 - 1.0	ne
การผลิตสังกะสีทุติยภูมิ	0.0		0.8	0.0 - 3.0	nd
การผลิตทองแดงทุติยภูมิ	0.0	0.0 - 1.0	2.1	1.0	ne
การผลิตอลูมิเนียมทุติยภูมิ	0.0 - 0.1	0.0 - 2.0	2.2 - 11.6	0.5	0.0
ซีเมนต์	0.2	1.1	3.6	0.3	0.7
การหลอมโลหะอื่นๆ จากสายเคเบิล	0.0		0.0	nd	0.0
โรงเหล็กที่ใช้เตาเผาไฟฟ้า	0.9	1.0	24.5	2.8	8.4
อื่นๆ : การหลอมโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กกล้า	2.0	0.1 - 4.6	0.2	nd	1.9
อื่นๆ : Other: sintering of special materials and drossing facilities	0.0	0.0	0.0	ne	ne
การถนอมรักษาเนื้อไม้	4.3	8.9	3.5 - 35.5	7.8	6.3
การควบคุมขนส่งบนถนน	1.3	3.0	11.3	0.2 - 1.4	0.3
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างถูกต้องตามกฎหมาย	3.4 - 7.4	0.0	1.0	3.0	9.9
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างผิดกฎหมาย	2.5	3.3	16.4	4.0	0.1 - 26.9
เตาเผาของเสียอุตสาหกรรม – ของเสียอันตราย	0.1	4.0 - 30.0	0.0	0.0	6.5
เตาเผามูลฝอยจากโรงพยาบาล	0.1	0.7 - 2.5	5.0 - 57.5	0.0	6.9
เตาเผาศพ	0.1 - 0.2	0.4		0.4 - 0.7	0.5
ไฟไหม้	4.3	0.5 - 9.8	4.0 - 39.4	0.9 - 9.0	9.1
รวมปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั้งหมด (g I-TEQ/year)	34 - 54	88 - 133	117 - 327	26 - 98	54 - 87
แหล่งกำเนิดที่มาจากกลุ่มอุตสาหกรรม	10 - 17	17 - 52	64 - 132	13 - 25	36 - 63
แหล่งกำเนิดที่ไม่ได้มาจากกลุ่มอุตสาหกรรม	25 - 37	72 - 81	53 - 195	12 - 73	18 - 24

ne หมายถึง ไม่น่าจะมีในขบวนการนั้นๆ

nd หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 2-5 (ต่อ) การปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน ในประเทศต่างๆ

แหล่งกำเนิดของการปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟูแรน	พ.ศ.2543 สหราชอาณาจักร	พ.ศ.2540 แคนาดา	พ.ศ.2541 ญี่ปุ่น	พ.ศ.2541 สหรัฐอเมริกา	พ.ศ.2547 สหรัฐอเมริกา
โรงไฟฟ้า - เชื้อเพลิงจากฟอสซิล	5.0 - 20.0				
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ เตา ที่ผิงไฟ - เชื้อเพลิงจากไม้	3.0 - 23.0	35.7		62.8	62.8
การเผาไหม้ในบ้านเรือน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ - เชื้อเพลิงจากถ่านหิน/ลิกไนต์	23.6 - 108.7			60.1	60.1
การเผาไหม้ในโรงงาน : หม้อไอน้ำ ก๊าซ เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ อื่นๆ	1.1	1.1		30.3	30.3
Sinter plants	28.8 - 34.5	42.9		28.0	28.0
การผลิตสังกะสีทุติยภูมิ			16.4		
การผลิตทองแดงทุติยภูมิ				271.0	5.0
การผลิตอลูมิเนียมทุติยภูมิ			14.3	29.1	29.1
ซีเมนต์	0.3 - 10.4	2.8			
การหลอมโลหะอื่นๆ จากสายเคเบิล		0.1			
โรงเหล็กที่ใช้เตาเผาไฟฟ้า	2.3 - 32.0	10.7	214.9		
อื่นๆ : การหลอมโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กกล้า	30.0 - 60.0			1.7	1.7
อื่นๆ : Other: sintering of special materials and drossing facilities					
การถนอมรักษาเนื้อไม้	0.8 - 52.0	1.8			
การคมนาคมขนส่งบนถนน	1.0 - 10.0	8.7	2.1	45.6	45.6
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างถูกต้องตามกฎหมาย	100.0 - 150.0	152.6	1,340.0	1,267.8	29.8
เตาเผามูลฝอยชุมชนหรือบ้านเรือน อย่างผิดกฎหมาย	37.0		325 - 345	628.0	628.0
เตาเผาของเสียอุตสาหกรรม - ของเสียอันตราย	0.0 - 8.7	1.6	960.0	159.4	23.0
เตาเผามูลฝอยจากโรงพยาบาล	1.0 - 18.0	2.5		488.0	7.0
เตาเผาศพ	1.0 - 10.0		1.8 - 3.8	9.1	9.1
ไฟไหม้	2.9 - 57.8				
รวมปริมาณการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั้งหมด (g I-TEQ/year)	243 - 649				
แหล่งกำเนิดที่มาจากภาคอุตสาหกรรม	212 - 398				
แหล่งกำเนิดที่ไม่ได้มาจากภาคอุตสาหกรรม	31 - 252				

ne หมายถึง ไม่น่าจะมีในขบวนการนั้นๆ

nd หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

บทที่ 3

การพัฒนาทำเนียบแหล่งกำเนิดและการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

3.1 บทนำ

ประเทศไทยได้ลงนามในอนุสัญญาสตอกโฮลม์ว่าด้วยสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2545 และมีพันธกรณีในการพัฒนาแผนปฏิบัติการระดับชาติในการลดหรือกำจัดสารมลพิษตกค้างที่ยาวนาน โดยกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Fund; GEF) และโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม (United Nations Environment Program; UNEP) ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเงินทุนแก่ประเทศที่ได้ลงนามอนุสัญญาสตอกโฮลม์เพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติ รวมทั้งจัดทำทำเนียบแหล่งกำเนิดการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานในการบ่งชี้และหาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้จัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2546 (UNEP's Toolkit, 2003)

ในการนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่ถูกต้องตรงตามข้อเท็จจริง รัฐบาลไทยได้แต่งตั้งคณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการแห่งชาติในการกำหนดระเบียบวาระและการดำเนินงานตามพันธกรณีของอนุสัญญาสตอกโฮลม์ ซึ่งประกอบด้วยอธิบดีหรือผู้แทนจากกระทรวงและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
  - กรมควบคุมมลพิษ
  - กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
  - สำนักความร่วมมือด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
  - กรมวิชาการเกษตร
- กระทรวงอุตสาหกรรม
  - กรมโรงงานอุตสาหกรรม
  - การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- กระทรวงสาธารณสุข
  - กรมอนามัย
  - สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

- กระทรวงการต่างประเทศ
  - กรมการค้าต่างประเทศ
- กระทรวงการต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
  - กระทรวงการต่างประเทศ
  - กรมองค์การระหว่างประเทศ
- กระทรวงการคลัง
  - สำนักงบประมาณ
- กระทรวงมหาดไทย
  - กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
- กระทรวงคมนาคม
  - กรมการขนส่งทางบก
  - กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี
  - องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ
  - การรถไฟแห่งประเทศไทย
- สำนักนายกรัฐมนตรี
  - สำนักงบประมาณ
  - สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
- กรุงเทพมหานคร
- สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

นอกจากนี้คณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮลม์ได้แต่งตั้งคณะทำงานด้านสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจเพื่อรับมอบหมายงานในการจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ็อกซิน/ฟูแรน คณะทำงานด้านสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจประกอบด้วย ประธานคณะทำงานฯ - นายอภิชัย ชวเจริญพันธ์ อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ และผู้แทนจากกรมควบคุมมลพิษ กรุงเทพมหานคร กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมอนามัย กรมวิชาการเกษตร กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และ ดร.ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญระดับชาติด้านสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจ คณะทำงานฯ มีอำนาจและหน้าที่ในการพิจารณารายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสารมลพิษปลดปล่อยโดยไม่จงใจ เช่น แผนการดำเนินงาน การจัดการ เกณฑ์มาตรฐาน คำแนะนำในการจัดทำทำเนียบสาร การควบคุม ตลอดจนกฎหมายที่บังคับใช้ กรมควบคุมมลพิษได้จัดตั้งคณะทำงานเพื่อจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ็อกซินและฟูแรนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ประกอบด้วย ดร.ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล หัวหน้า

คณะทำงานโดยประสานงานกับบุคลากรจากสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย ในการจัดหาข้อมูลเพื่อจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซินและฟูแรนจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

3.2 วิธีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดทำทำเนียบสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนได้จัดทำก่อนหน้านี้ในปี พ.ศ. 2542 โดย ดร.ไฮเดลลอร์ ฟีดเลอร์ (Dr. Heidelore Fiedler) โครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม โดยการสนับสนุนเงินทุนจาก GTZ ที่ให้กรมควบคุมมลพิษเพื่อบ่งชี้แหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในประเทศไทย การเตรียมการจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติสำหรับอนุสัญญาสตอกโฮลม์ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากองค์กรสิ่งแวดล้อมโลก/โครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนบุคลากรและสถานที่โดยกรมควบคุมมลพิษภายใต้การกำกับดูแลของ ดร.จารุพงศ์ บุญ-หลง ซึ่งเป็นผู้จัดการโครงการ โดย ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล เป็นผู้จัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและตรงตามสภาพปัจจุบัน

การศึกษาทำโดยการส่งแบบสอบถามไปยังอุตสาหกรรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานในการบ่งชี้และหาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ. 2546 นอกจากนั้นยังได้ศึกษาภาคสนามร่วมกับ ดร. อูลริกช์ ควอซซ์ (Dr. Ulrich Quass) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญนานาชาติจากบริษัท Muller-BBM GmbH จำกัด ประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน และบุคลากรของกรมควบคุมมลพิษจำนวน 5 ท่าน ในการเยี่ยมชมแหล่งกำเนิดซึ่งมีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ได้แก่ เตาเผาขยะติดเชื้อ การผลิตเหล็ก โรงไฟฟ้าและพลังงานความร้อน อุตสาหกรรมปูนซิเมนต์ การผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ พีวีซี คลอรีน และเตาเผาศพ เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิดการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในระหว่างกระบวนการผลิต ระบบควบคุมมลพิษอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลล่าสุดจากปี พ.ศ. 2547 ซึ่งได้ข้อมูลจากรายงานประจำปีของสำนักสถิติแห่งชาติ รายงานประจำปีของหน่วยงานรัฐบาลและรัฐวิสาหกิจ บริษัทเอกชน และสมาคมต่างๆ และกรมควบคุมมลพิษได้ขออนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานทั้งภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน ได้แก่

- กรุงเทพมหานคร
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กระทรวงพาณิชย์
- กระทรวงวัฒนธรรม
- กระทรวงการคลัง
- กระทรวงพลังงาน
- กระทรวงอุตสาหกรรม

- กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- กระทรวงมหาดไทย
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- กระทรวงสาธารณสุข
- กระทรวงคมนาคม
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อกำหนดประเภทของแหล่งกำเนิดหลัก แหล่งกำเนิดรอง และชนิดของแหล่งกำเนิดตามเกณฑ์มาตรฐานของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2546 และคำนวณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ต่อปีโดยนำปริมาณการผลิต (ตัน/ปี) คูณกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารฯ จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ตามรายละเอียดใน "ภาคผนวก ก" ของเกณฑ์มาตรฐานขององค์กรสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2546 เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในหน่วย "g I-TEQ/a" สู่อากาศ น้ำ ดิน ผลิตภัณฑ์ และกากตะกอนหรือขี้เถ้าในแต่ละแหล่งกำเนิด

3.3 ผลการศึกษา

การจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ได้ทำการศึกษาในแหล่งกำเนิด 9 ประเภท ได้แก่ 1) เตาเผามูลฝอย 2) การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous 3) การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน 4) การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ 5) การขนส่ง 6) กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ 7) การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค 8) เบ็ดเตล็ด และ 9) การกำจัด/ฝังกลบ เพื่อแสดงปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สู่อากาศ น้ำ ดิน ผลิตภัณฑ์ และกากตะกอนหรือขี้เถ้า อย่างไรก็ตามการบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษในแหล่งกำเนิดที่ 10 นั้นไม่สามารถจะกำหนดได้จากการศึกษานี้ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลในแหล่งกำเนิดบางประเภทซึ่งอาจทำให้เข้าใจผิดว่ามีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน มากเป็นพิเศษ ผลการศึกษาแสดงปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ต่อปีจากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท และเรียงลำดับการแสดงผลของแต่ละแหล่งกำเนิดตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานของในการบ่งชี้และหาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผามูลฝอย

แหล่งกำเนิดประเภทนี้จะรวมไปถึงการเผามูลฝอยชุมชน ของเสียอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ สลัดจ์จากการบำบัดน้ำทิ้ง และซากสัตว์ จากการศึกษานี้พบว่าประเทศไทยไม่มีเตาเผาของเสียที่เป็นเศษชิ้นส่วนเบา (light shredder waste incineration) สำหรับเตาเผาเศษไม้ที่มีการปนเปื้อน และเตาเผาวัสดุชีวภาพนั้นพบว่าไม่มีข้อมูลหรือมีข้อมูลค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงไม่สามารถติดตามข้อมูลดังกล่าวได้ ปริมาณสารไดอ็อกซิน/ฟูแรน ต่อปี ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 – เตาเผาขยะ

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a)					
					Air	Water	Land	Product	Residues	
									Fly ash	Bottom ash
1			Waste incineration							
	a		Municipal solid waste incineration	122,438	4.073	0.000	NA	NA	24.863	0.867
		1	Low tech. comb., no APCS							
		2	Controlled comb., min. APCS	1,250	0.438	0.000	NA	NA	0.625	0.019
		3	Controlled comb., good APCS	121,188	3.636	0.000	NA	NA	24.238	0.848
		4	High tech. comb., sophis. APCS							
	b		Hazardous waste incineration							
		1	Low tech comb., no APCS							
		2	Controlled comb., min. APCS							
		3	Contolled comb., good APCS							
		4	High tech. comb., sophis. APCS							
	c		Medical/hospital waste incineration	18,581	38.289	0.000	NA	NA	6.488	0.231
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS							
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	11,529	34.587	0.000	NA	NA	0.000	0.231
		3	Controlled, batch comb., good APCS	7,052	3.702	0.000	NA	NA	6.488	0.000
		4	High tech, cont., sophis.APCS							
	d		Light fraction shredder waste incineratio							
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some APCS							
		3	State-of-the-art, full APCS							
	e		Sewage sludge incineration							
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS							
		2	Controlled, batch, no or min. APCS							
		3	High tech, cont., sophis.APCS							
	f		Waste wood & waste biomass inc.							
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some APCS							
		3	State-of-the-art, full APCS							
	g		Animal carcasses burning	98	0.005	0.000	NA	NA	0.000	ND
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some APCS	98	0.005	0.000	NA	NA	0.000	ND
		3	State-of-the-art, full APCS							
Total for Category 1I					42.37	0.00	0.00	0.00	31.35	1.10
									Total ash 32.45 g I-TEQ/a	

หมายเหตุ : APCS หมายถึง ระบบควบคุมมลพิษอากาศ

NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ็อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ็อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเป็นแหล่งกำเนิดที่ควรดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากมีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สู่อากาศในปริมาณที่สูงที่สุด (38.289 g I-TEQ/a) คิดเป็นสัดส่วน 90.38% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนทั้งหมดจากเตาเผามูลฝอย ในเขตกรุงเทพมหานครมีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ 2 เตา ตั้งอยู่บริเวณอ่อนนุช ดำเนินการโดยกรุงเทพมหานคร เตาเผาแต่ละเตามีขนาด 625 กก./ชม. (15 ตัน/วัน) และมีการเผาทั้ง 2 เตา โดยเผาวันละ 12 ชั่วโมง มูลฝอยติดเชื้อจะถูกเก็บรวบรวมมาจากโรงพยาบาล และคลินิกต่างๆ ในกรุงเทพฯ นอกจากนี้ยังมีเตาเผาของกระทรวงสาธารณสุข จำนวน 745 เตา โดยเตาเผาเหล่านี้มีขนาด 25-250 กก./ชม. อย่างไรก็ตามพบว่าเตาเผาส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้งานเต็มประสิทธิภาพ โดยมีการเผาสัปดาห์ละ 1 – 2 ครั้งๆ ละ 5 – 6 ชั่วโมง เนื่องจากไม่มีปริมาณขยะเพียงพอหรือต้องการประหยัดการใช้พลังงาน โดยส่วนใหญ่แล้วมีการรวบรวมขยะ และส่งไปเผายังเตาเผาที่อยู่ในบริเวณข้างเคียง แม้ว่าโรงพยาบาลนั้นๆ จะมีเตาเผาในโรงพยาบาล เมื่อเร็วๆ นี้ รัฐบาลไทยได้กำหนดนโยบายสำหรับกรมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทยให้จัดตั้งศูนย์เขตเทศบาลจำนวน 11 แห่ง ได้แก่ เขตกรุงเทพมหานครจังหวัดนนทบุรี สมุทรสาคร สุพรรณบุรี เชียงใหม่ ขอนแก่น อุดรธานี ชลบุรี ภูเก็ต เขตพัทยาและหาดใหญ่ สำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงและมีระบบควบคุมมลพิษอย่างสมบูรณ์

เตาเผามูลฝอยชุมชน เป็นแหล่งกำเนิดที่ต้องให้ความสนใจเป็นลำดับที่ 2 โดยพบว่ามีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในอากาศ ปริมาณ 4.073 g I-TEQ/a ซึ่งเป็นสัดส่วน 9.61% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ทั้งหมดจากเตาเผามูลฝอยชุมชน เตาเผามูลฝอยชุมชนในเขตปกครองส่วนท้องถิ่นมี 4 เตา โดยเป็นเตาเผาชนิดที่ 2 จำนวน 1 เตา ขนาด 10 ตัน/วัน ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัด กระบี่ และเตาเผาชนิดที่

3 จำนวน 3 เตา ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดภูเก็ต เกาะสมุย และจังหวัดลำพูน โดยมีขนาด 250, 140 และ 20 ตัน/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีเตาเผามูลฝอยชุมชนซึ่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรม จำนวน 28 เตา โดยมีขนาดตั้งแต่ 2 - 40 ตัน/วัน โดยปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนจากเตาเผาในนิคมอุตสาหกรรม คิดเป็นสัดส่วน 10% ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมดจากเตาเผามูลฝอยชุมชน

ประเทศไทยนั้นไม่มีเตาเผาซากสัตว์ โดยซากสัตว์และมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลสัตวแพทย์และคลีนิกในเขตกรุงเทพมหานคร จะมีการเก็บรวบรวมและส่งไปกำจัดโดยการเผาโดยเตาเผามูลฝอยติดเชื้อของกรุงเทพมหานคร การเผาซากสัตว์คิดเป็นสัดส่วน 0.1% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ทั้งหมดจากเตาเผาขยะ โดยพบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ ในปริมาณ 0.005 g I-TEQ/a

เตาเผาของเสียอันตรายมีเพียงแห่งเดียวโดยเตาเผาดังกล่าวมีระบบควบคุมมลพิษอย่างสมบูรณ์ และมีระบบกำจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ด้วย เตาเผาตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัดสมุทรปราการ เตาเผามีขนาด 2,000 กก./ชม. (48 ตัน/วัน) และอยู่ในระหว่างดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา โดยคาดว่าสามารถเปิดให้บริการในไตรมาสที่ 3 ของปี พ.ศ. 2548 ดังนั้นการศึกษานี้จึงไม่มีข้อมูลนำเสนอสำหรับเตาเผาของเสียอันตราย

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-Ferrous

การศึกษานี้ได้ส่งแบบสอบถามไปยังโรงงานผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous อย่างไรก็ตามพบว่าข้อมูลที่ได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถกำหนดชนิดของแหล่งกำเนิดได้ แบบสอบถามที่ได้รับตอบกลับมาประมาณ 15 - 20% ของจำนวนโรงงานทั้งหมดในประเทศไทย โดยข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากโรงงานเหล็กและเหล็กกล้า และโรงงานหลอมตะกั่ว สำหรับโรงงานผลิตอลูมิเนียม ทองแดง และทองเหลืองนั้นมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของภาพรวมทั้งหมดสำหรับแหล่งกำเนิดนี้ อนึ่งการศึกษาข้อมูลนี้ในอนาคตใคร่เสนอแนะให้มีการเยี่ยมสำรวจโรงงานเพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตารางที่ 3-2 แสดงข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากการผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous โดยปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและกากขี้เถ้า จากการผลิตโลหะ 20.20 และ 99.64 g I-TEQ/a ตามลำดับ โดยพบว่าเศษโลหะจากเตาหลอมไฟฟ้าซึ่งมีตัวกรองชนิดเส้นใยในโรงงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า มีปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ใน

ตารางที่ 3-2 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (TJ/a)	Annual release (g I-TEQ/a)				
					Air	Water	Land	Product	Residue
2			Ferrous and Non-ferrous Production						
	a		Iron ore sintering						
		1	High waste recycling, include oil contam.						
		2	Low waste use, well control plant						
		3	High technology, emission reduction						
	b		Coke production						
		1	No gas cleaning						
		2	Afterburner/dust removal						
	c		Iron and steel production & foundries	6,587,301	19.938	ND	ND	ND	98.777
			Iron & steel	*6,583,739*	*19.936*	*ND*	*ND*	*ND*	*98.756*
		1	Dirty scrap, scrap preheating, limited control	26,370	0.264	ND	ND	ND	0.396
		2	Clean scrap/virgin iron, after burner, FF						
			EAFs, all with fabric filter (FF)	6,503,129	19.509	ND	ND	ND	97.547
			EIFs with FF, wet scrubber	39,840	0.120	ND	ND	ND	0.598
			Unknown	14,400	0.043	ND	ND	ND	0.216
		3	Clean scrap/virgin iron, designed for low	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		4	Blast furnaces with APC	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
			Foundries	*3,562*	*0.0025*	*ND*	*ND*	*ND*	*0.021*
		1	Cold air cupola or rotary drum, no APCS	0	0.000	ND	ND	ND	ND
		2	Rotary drum - FF	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		3	Cold air cupola, FF	2,512	0.0025	ND	ND	ND	0.020
		4	Hot air cupola or induction furnaces, FF	1,050	0.0000	ND	ND	ND	0.001
	d		Copper production	1,200	0.060	ND	ND	ND	0.756
		1	Sec. Cu-Basic technology	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		2	Sec. Cu-Well controlled	1,200	0.060	ND	ND	ND	0.756
		3	Sec. Cu-Optimized for PCDD/PCDF control	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		4	Smelting and casting of Cu/Cu alloys	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		5	Prim. Cu-including thermal steps	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
	e		Aluminum production	258	0.009	ND	ND	ND	0.103
		1	Process scrap Al, *min.* treat, dust removal	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		2	Scrap treatment, well control, good APCS	258	0.009	ND	ND	ND	0.103
		3	Shaving/turning drying	0	0.000	ND	ND	ND	NA
		4	Scrap treat, well control, fabric filter, lime inc.	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		5	Optimized process, optimized APCS	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
	f		Lead production	24,072	0.193	ND	ND	ND	ND
		1	Sec. Pb from scrap, PVC battery seperators	0	0.000	ND	ND	ND	ND
		2	Sec. Pb from PVC/Cl2 free scrap, filters	24,072	0.193	ND	ND	ND	ND
		3	Sec. Pb, PVC, Cl2 free scrap w furnace scrubber	0	0.000	ND	ND	ND	ND
	g		Zinc production						
	h		Brass and bronze production	500	0.0005	ND	ND	ND	ND
		1	Simple melting furnaces	500	0.0005	ND	ND	ND	ND
		2	Sophis. Equipment with APCS	0	0.000	ND	ND	ND	ND
	i		Magnesium production						
	j		Other non-ferrous metal production						
	l		Shredders						
	m		Thermal wire reclamation						
Total for Category 2					20.20	0.00	0.00	0.00	99.64

หมายเหตุ : APCS หมายถึง ระบบควบคุมมลพิษอากาศ

NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

อากาศสูงที่สุด 19.51 g I-TEQ/a เมื่อเทียบกับปริมาณปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ทั้งหมดในอากาศ 20.20 g I-TEQ/a

จากข้อมูลที่ไม่เปิดเผยพบว่ามีร้านขายของเก่าซึ่งขายทองแดงทุติยภูมิให้แก่โรงงานผลิตทองแดง ซึ่งยังไม่มีข้อมูลชัดเจน ข้อมูลการผลิตทองแดงจากทองแดงทุติยภูมิ 1,200 ตัน/ปี คิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 0.06 g I-TEQ/a และขี้เถ้า 0.756 g I-TEQ/a ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยสูงกว่าปริมาณการปลดปล่อยในอากาศ 12.6 เท่า กรุงเทพมหานครกำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการจัดตั้งศูนย์หมุนเวียนนำทองแดงกลับมาใช้ใหม่ โดยคาดว่าจะมีการจัดตั้งศูนย์ดังกล่าวภายใน 1 - 2 ปี โดยรับซื้อลวดไฟฟ้าซึ่งทำจากพีวีซีหุ้มลวดทองแดง จากนั้นจึงนำลวดไฟฟ้าไปปอกเปลือกพีวีซีที่หุ้มลวดทองแดงอยู่ แล้วจึงนำลวดทองแดงที่แยกออกมาไปใช้ในการผลิตทองแดงทุติยภูมิ ส่วนเปลือกพีวีซีก็นำไปกำจัดโดยการเผาในเตาเผาต่อไป

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน

โรงไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานจากวัสดุชีวภาพจัดเป็นแหล่งกำเนิดหลักในการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและขี้เถ้า ตารางที่ 3-3 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศทั้งหมด 33.33 g I-TEQ/a ปัจจุบันมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงไฟฟ้าซึ่งสร้างขึ้นใหม่ เช่น โรงไฟฟ้าราชบุรี นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มในการใช้ก๊าซธรรมชาติมีเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนลดน้อยลง โรงไฟฟ้าแบบเก่ามีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ จากข้อมูลของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีการใช้ลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในปริมาณ 413,417 TJ/a คิดเป็นสัดส่วน 12.4% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ หม้อต้มไอน้ำซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากไม้จะมีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศสูงที่สุด 27.9 g I-TEQ/a และคิดเป็นสัดส่วน 83.7% จากปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในอากาศทั้งหมด (ดังแสดงในตารางที่ 3-3) และพบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าสูงที่สุด 8.37 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 58.6% ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในขี้เถ้า หม้อต้มไอน้ำซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหินจัดเป็นแหล่งกำเนิดที่ 2 ซึ่งมีการปลดปล่อยสารในอากาศและขี้เถ้าในปริมาณสูงรองลงมา โดยมีสัดส่วน 12.4% และ 40.5% ตามลำดับ เป็นที่

น่าสังเกตว่าโรงไฟฟ้าซึ่งใช้พลังงานจากฟอสซิลหลายแห่งมีการใช้เชื้อเพลิงจากการเผาของเสียในหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีปัญหาข้อมูลขาดแคลนและไม่สมบูรณ์

ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากการหุงต้มในครัวเรือนโดยใช้เตาซึ่งเผาวัสดุชีวภาพมีปริมาณการใช้ค่อนข้างต่ำที่ 4,775 TJ/a ซึ่งเทียบเท่า 0.48 g I-TEQ/a ข้อมูลสถิติของสำนักงานสถิติแห่งชาติในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นส่วนใหญ่ในการหุงต้มในครัวเรือน อย่างไรก็ตามปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากการหุงต้มในครัวเรือนมีปริมาณลดลง เนื่องจากสภาพชีวิตประจำวันเปลี่ยนไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ คนทำงานจะเสียเวลาในการเดินทางและเหนื่อยเกินกว่าที่จะหุงต้มอาหารที่บ้าน และมีพฤติกรรมการกินอาหารสำเร็จรูปจากร้านขายอาหารข้างถนน โรงอาหาร ศูนย์สรรพสินค้า เป็นต้น มากกว่าที่จะหุงต้มเอง

ตารางที่ 3-3 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – พลังงานไฟฟ้าและความร้อน

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (TJ/a)	Annual release (g I-TEQ/a)				
					Air	Water	Land	Product	Residue
3			Power Generation and Heating						
	a		Fossil fuel power plants	1,198,109	4.537	NA	NA	NA	5.790
		1	Fossil fuel/waste co-fired power boilers	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Coal fired power boilers	413,417	4.134	NA	NA	NA	5.790
		3	Heavy fuel fired power boilers	5,042	0.013	NA	NA	NA	ND
		4	Light fuel oil/natural gas fired power boilers	779,650	0.390	NA	NA	NA	ND
	b		Biomass power plants	558,000	27.900	NA	NA	NA	8.370
		1	Other biomass fired power boilers	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Wood fired power boilers	558,000	27.900	NA	NA	NA	8.370
	c		Landfill, biogas combustion						
		1	Biogas-fired boilers, motors/turbines &						
	d		Household heating and cooking (biomass)	4,775	0.480	NA	NA	NA	0.096
		1	Contaminated wood/biomass fired stoves	0	0.000	NA	NA	NA	0.000
		2	Virgin wood/biomass fired stoves	4,775	0.480	NA	NA	NA	0.096
	e		Household heating and cooking (fossil fuels)	23,787	0.417	NA	NA	NA	0.028
		1	Coal fired stoves	5,560	0.389	NA	NA	NA	0.028
		2	Oil fired stoves	82	0.001	NA	NA	NA	ND
		3	Natural gas fired stoves	18,145	0.027	NA	NA	NA	ND
Total for Category 3					33.33	0.00	0.00	0.00	14.28

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

เตาถ่านมีการใช้ตามร้านขายอาหารปิ้งหรือย่างเนื้อข้างถนน สำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้รายงานปริมาณการใช้ถ่านไม้ 5,560 TJ/a ในปี พ.ศ. 2547 ซึ่งเป็นปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 0.389 g I-TEQ/a และคิดเป็นสัดส่วน 1.2% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ทั้งหมดในอากาศ ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้า 0.028 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 0.07% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าทั้งหมด

การศึกษานี้ไม่สามารถจะหาข้อมูลการฝังกลบและการเผาไหม้ซึ่งใช้ก๊าซชีวภาพ เนื่องจากข้อมูลหาได้ยาก ไม่มีการจดบันทึก และเวลาในการศึกษาวิจัยมีน้อย ไม่เพียงพอในการเก็บข้อมูลดังกล่าว ตารางที่ 3-3 แสดงปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและขี้เถ้าทั้งหมดในปริมาณ 33.33 และ 14.28 g I-TEQ/a ตามลำดับ

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ

ในแหล่งกำเนิดนี้พบว่า การผลิตปูนซิเมนต์จัดเป็นแหล่งกำเนิดปฐมภูมิที่มีการการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ อุตสาหกรรมปูนซิเมนต์ในประเทศไทยได้รับการจัดอันดับจากกลุ่มธุรกิจปูนซิเมนต์เป็น 1 ใน 10 ของโลกซึ่งมีระบบควบคุมมลพิษซึ่งสมบูรณ์ในการลดฝุ่นซึ่งอาจปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาข้อมูลโรงงานปูนซิเมนต์ พบว่ามีการผลิตปูนซิเมนต์ 55,187,000 ตัน/ปี ซึ่งมีการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ ในปริมาณ 8.278 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน

ตารางที่ 3-4 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ

Sector	Sub-cat	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
4			Production of mineral products						
	a		Cement kilns	55,187,000	8.278	NA	ND	ND	0.166
		1	Wet kilns, ESP temperature >300°C	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
		2	Wet kilns, ESP/FF temperature 200 to 300°C	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
		3	Wet kilns, ESP/FF temperature <200°C, all types kilns	55,187,000	8.278	NA	ND	ND	0.166
	b		Lime	841,099	1.731	ND	ND	ND	ND
		1	Cyclone/no dust control	168,360	1.684	ND	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	672,739	0.047	ND	ND	ND	ND
	c		Brick	4,500,000	0.900	NA	ND	ND	ND
		1	Cyclone/no dust control	4,500,000	0.900	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0	0.000	NA	ND	ND	ND
	d		Glass	775,825	0.012	NA	ND	ND	ND
		1	Cyclone/no dust control	0	0.000	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	775,825	0.012	NA	ND	ND	ND
	e		Ceramics	850,000	0.170	NA	ND	ND	ND
		1	Cyclone/no dust control	850,000	0.170	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0	0.000	NA	ND	ND	ND
	f		Asphalt mixing	655,737	0.046	NA	ND	ND	ND
		1	Mixing plant with no gas cleaning	655,737	0.046	NA	ND	ND	ND
		2	Mixing plant with fabric filter, wet scrubber	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
Total for Category 4					11.14	0.00	0.00	0.00	0.17

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

74.33% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศจากแหล่งกำเนิดการผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ ตารางที่ 3-4 แสดงให้เห็นว่าการผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุประเภทปูนขาว อิฐ แก้ว เซรามิก และการผสมแอสฟัลท์ มีการการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ เพียง 2.86 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 17.2% ของปริมาณการปลดปล่อยสารในอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้ จากการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ตามเกณฑ์มาตรฐานของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม พบปริมาณการปลดปล่อยสารในขี้เถ้า 0.166 g I-TEQ/a ซึ่งได้รับคำชี้แจงจากบริษัท ปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด เกี่ยวกับกระบวนการผลิตปูนซิเมนต์นั้นจะไม่มีขี้เถ้าหลงเหลืออยู่ในกระบวนการผลิต เพราะผลผลิตที่หลงเหลือจะอยู่ในรูปปูนเม็ดซึ่งนำไปบดต่อเป็นปูนผง ดังนั้นจึงต้องนำประเด็นข้อเท็จจริงนี้นำเสนอโครงการสหประชาชาติ ด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อพิจารณาแก้ไขในค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ซึ่งกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานในการบ่งชี้และหาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแหล่งกำเนิดนี้เป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2547 โดยข้อมูลจำนวนพาหนะยานยนต์ได้จากกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม และข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงได้จากกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน เนื่องจากพาหนะยานยนต์ทุกคันต้องจดทะเบียนที่กรมการขนส่งทางบก ซึ่งกรมฯ จะออกป้ายทะเบียนของราชการ การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลจดทะเบียนพาหนะยานยนต์ 10 ปีย้อนหลัง พบว่ามีจำนวนพาหนะทั้งสิ้น 15,230,686 คัน โดยเป็นรถที่มีผู้โดยสารน้อยกว่า 7 ที่นั่ง จำนวน 1,588,630 คัน ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว 80% และน้ำมันดีเซล 20% รถที่มีผู้โดยสารมากกว่า 7 ที่นั่ง จำนวน 142,511 คัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซล รถโดยสารรับจ้าง (รถแท็กซี่) จำนวน 50,117 คันมีการใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว 83.68% นอกนั้นมีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ รถรับจ้างประจำทางจำนวน 44,704 คัน มีการใช้น้ำมันดีเซล 99.8% ที่เหลือ 0.2% มีการใช้ก๊าซธรรมชาติ รถบรรทุกจำนวน 379,429 คัน มีการใช้น้ำมันดีเซล รถจักรยานยนต์จำนวน 10,913,816 คัน มีการใช้น้ำมันเบนซิน

ตารางที่ 3-5 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
5			Transport						
	a		4-Stroke engines	4,570,240	0.229	NA	NA	NA	ND
		1	Leaded fuel	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	2,285,120	0.229	NA	NA	NA	ND
		3	Unleaded fuel with catalyst	2,285,120	0.000	NA	NA	NA	ND
	b		2-Stroke engines	1,054,500	2.636	NA	NA	NA	ND
		1	Leaded fuel	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel withou: catalyst	1,054,500	2.636	NA	NA	NA	ND
	c		Diesel engines	16,558,000	8.279	NA	NA	NA	ND
		1	Diesel engines - cars/road transportation	16,558,000	8.279	NA	NA	NA	ND
	d		Heavy oil fired engines	136,050	0.544	NA	NA	NA	ND
		1	Trains	118,200	0.473	NA	NA	NA	ND
		1	Ships	17,850	0.071	NA	NA	NA	ND
Total for Category 5					11.69	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ไร้สารตะกั่ว โดย 49% เป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ 51% เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ รถโดยสารสามล้อหรือรถตุ๊กตุ๊กมีเครื่องยนต์เป็นชนิด 2 จังหวะ และใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว การศึกษานี้ใช้จำนวนพาหนะยานยนต์มาคำนวณหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งได้ข้อมูลจากกรมธุรกิจพลังงาน ตารางที่ 3-5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วทั้งหมดโดยรวมถึงชนิดอ๊อกเทน 91 อ๊อกเทน 95 และก๊าซโซฮอลล์ ในพาหนะยานยนต์ 4 จังหวะ มีปริมาณทั้งสิ้น 6,176,000,000 ลิตร ซึ่งเทียบหน่วยเป็น 4,570,240 ตัน/ปี (โดยคำนวณจากค่า conversion 0.74 กก./ลิตร) สำหรับพาหนะยานยนต์ 2 จังหวะ มีปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว 1,054,500 ตัน/ปี ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ทั้งหมด 19,480,000,000 ลิตรซึ่งเทียบหน่วยเป็น 16,558,000 ตัน/ปี (โดยคำนวณจากค่า conversion 0.85 กก./ลิตร) รถไฟมีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณ 121,856,000 ลิตร ซึ่งเทียบหน่วยเป็น 118,200 ตัน/ปี (โดยคำนวณจาก ค่า conversion 0.97 กก./ลิตร) สำหรับเรือยนต์มีการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า 21,000,000 ลิตร ซึ่งเทียบหน่วยเป็น 17,850 ตัน/ปี (โดยคำนวณจากค่า conversion 0.85 กก./ลิตร) ในตารางที่ 3-5 สรุปปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในอากาศสูงที่สุดจากน้ำมันดีเซลในปริมาณ 8.279 g I-TEQ/a รองลงมามาจากการใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วในพาหนะยานยนต์ 2 จังหวะในปริมาณ 2.636 g I-TEQ/a และการใช้น้ำมันเตาในรถไฟและน้ำมันดีเซลหมุนช้าในเรือยนต์ รวมเป็นปริมาณ ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศที่ต่ำที่สุดมาจากการใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วในพาหนะยานยนต์ 4 จังหวะในปริมาณ 0.229 g I-TEQ/a

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้

ข้อมูลจากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ได้มาจากหลายแหล่ง ได้แก่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย จากข้อมูลของกรมป่าไม้ ในระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2545 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ 102,967.36 เฮกแทร์ (643,546 ไร่) ถูกไฟป่าทำลาย ตารางที่ 3-6 แสดงกระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้จากไฟป่าปริมาณ 2,395 ตัน/ปี และมีปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 0.012 g I-TEQ/a การเผาฟางข้าวในนาข้าวพบว่ามีปริมาณสูงสุดจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ เช่น ซางข้าวโพด เปลือกข้าว ชานอ้อย เป็นต้น มีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและสอดคล้องกับการรณรงค์การใช้พลังงานในประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้รายงานการผลิตข้าวจำนวน 26,523,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2545 โดยประมาณการจากปริมาณฟางข้าวที่เผา 250 กก./ตัน จากข้าวที่ ผ่านการสีข้าว อย่างไรก็ตามปัจจุบันฟางข้าวได้นำไปใช้ประโยชน์หลากหลาย เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ อาหารสัตว์ เพาะเห็ด เป็นต้น โดยพบว่ามีการเผาฟางข้าวเพียง 663,075 ตัน/ปี หรือ 10 % ของฟางข้าวทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 19.892 g I-TEQ/a คิดเป็นสัดส่วน 13.79% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศทั้งหมด จากแหล่งกำเนิดนี้ ข้อมูลของกรมป่าไม้ในปี พ.ศ. 2541 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ 7,150 ลบ.ม. ถูกนำไปใช้ในการเผาถ่าน 167 กก./ลบ.ม. ได้ผลผลิต 1,194 ตัน/ปี ซึ่งคำนวณเป็นปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 0.072 g I-TEQ/a ในอดีตนั้นพื้นที่ป่าไม้โกงกางประมาณ 10% ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการเผาถ่านได้ แต่ปัจจุบันได้มีการอนุรักษ์ป่าไม้โกงกางและห้ามมิให้เผาถ่านจากไม้โกงกางตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ในช่วง 2 – 3 ปีที่ผ่านมา การเผาถ่านในประเทศไทยมีปริมาณลดน้อยลงไปมากและถ่านส่วนใหญ่เป็นถ่านนำเข้าจากประเทศอื่นๆ

การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศพบปริมาณสูงที่สุดจากการเผาในครัวเรือน ในปริมาณ 117.95 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 81.78% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศทั้งหมด รองลงมาเป็นการเผาวัสดุทางการเกษตรซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/

ฟูแรน ในอากาศ 19.892 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 13.79% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศทั้งหมด

ตารางที่ 3-6 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
6			Uncontrolled combustion processes						
	a		Fires/burnings - biomass	665,470	19.904	ND	6.640	NA	ND
		1	1. Forest fires	2,395	0.012	ND	0.010	NA	ND
		2	2. Grassland and moor fires	0	0.000	ND	0.000	NA	ND
		3	3. Agricultural residue burning (in field)	663,075	19.892	ND	6.631	NA	ND
	b		Fires, waste burning, landfill fires, industrial fires, accidental fires	401,024	124.332	ND	0.000	0.000	236.097
		1	Landfill fires	6,122	6.122	ND	NA	NA	ND
		2	Accidental fires in houses, factories (per event)	441	0.176	ND	see	NA	0.176
		3	Uncontrolled domestic waste burning	393,178	117.953	ND	see	NA	235.907
		4	Accidental fires in vehicles (per event)	89	0.008	ND	see	NA	0.002
		5	Open burning of wood (construction/demolition)	1,194	0.072	ND	ND	NA	0.012
Total for Category 6					144.24	0.00	6.64	0.00	236.10

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

เนื่องจากไม่มีข้อมูลไฟไหม้ในพื้นที่ฝังกลบ ดังนั้นจึงประมาณการว่าไฟไหม้ในพื้นที่ฝังกลบคิดเป็น 5% ของปริมาณขยะชุมชน 122,438 ตัน/ปี และปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 6.122 g I-TEQ/a ตารางที่ 3-6 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและขี้เถ้า จากไฟป่า อัคคีภัยในบ้าน โรงงาน ยานยนต์ และการเผาไม้ในที่โล่งแจ้ง พบในปริมาณที่น้อยมากคิดเป็น 0.19% และ 0.08% ของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและขี้เถ้าทั้งหมดตามลำดับ

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค

การศึกษาดำเนินการโดยส่งแบบสอบถามไปยังอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการใช้คลอรีนในกระบวนการผลิต โดยพบว่าแบบสอบถาม 85% มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถจัดชนิดของแหล่งกำเนิดได้ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของภาพรวมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด อย่างไรก็ตาม สามารถนำไปใช้ศึกษาอย่างคร่าวๆ ในการประมาณการการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ น้ำ ผลิตภัณฑ์ และกากตะกอนหรือขี้เถ้า

จากข้อมูลที่พอจะหาได้ จึงได้ทำการศึกษาเฉพาะการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ และการผลิต เอ็ทธิลินไดคลอไรด์/ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์/โพลีไวนิลคลอไรด์ (EDC/VCM/PVC) พบว่าปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าจากหม้อต้มไอน้ำในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ อยู่ในปริมาณที่สูงมาก คิดเป็นสัดส่วน 99.17% ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าทั้งหมด (381.00 g I-TEQ/a เปรียบเทียบกับ 384.16 g I-TEQ/a) สลัดจ์จากระบวนการคราฟท์ซึ่งใช้คลอรีน และจากเยื่อที่นำมาหมุนเวียนใช้ใหม่เป็นแหล่งกำเนิดที่มีปริมาณการปลดปล่อยสูงรองลงมา คิดเป็นสัดส่วน 2.91% และ 2.28% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในสลัดจ์นั้นพบว่ามีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับขี้เถ้าจากหม้อต้มไอน้ำ ประเทศไทยมีโรงงานผลิต EDC/VCM/PVC 2 แห่ง และ PVC 1 แห่ง ซึ่งมีการผลิตทั้งสิ้น 1,668,000 ตัน คิดเป็นสัดส่วน 94.0% มาจากการผลิต EDC/VCM/PVC และ 6.0% มาจากการผลิต PVC ตารางที่ 3-7 แสดงปริมาณการ ปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศมาจากการผลิต EDC/ VCM/PVC เป็นแหล่งใหญ่ คือ 1.509 g I-TEQ/a รองลงมามาจากหม้อต้มไอน้ำของอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ ปริมาณ 0.027 g I-TEQ/a การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าจากการผลิต EDC/VCM/PVC มีปริมาณต่ำมากเมื่อเทียบกับขี้เถ้าจากการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ (3.156 g I-TEQ/a v.s. 381.000 g I-TEQ/a) ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในน้ำจากการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ พบปริมาณสูงสุดมาจากการผลิตเยื่อหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (0.894 g I-TEQ/a) รองลงมามาจากกระบวนการคราฟต์ซึ่งมีการใช้คลอรีน (0.434 g I-TEQ/a) ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในผลิตภัณฑ์จากการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ พบปริมาณทั้งหมด 8.248 g I-TEQ/a โดย 5.200 g I-TEQ/a มาจากเยื่อกระดาษที่นำกลับมาใช้ใหม่ และ 3.048 g I-TEQ/a มาจากเยื่อหรือกระดาษคราฟท์จากเส้นใยปฐมภูมิซึ่งมีการใช้คลอรีน

การศึกษาพบว่าการผลิต EDC/VCM/PVC โดยบริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) และ บริษัท วินิไทย จำกัด (มหาชน) นั้น ทั้ง 2 บริษัทให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยมีระบบควบคุมมลพิษอากาศที่สมบูรณ์เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อย

ตารางที่ 3-7 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
7			Production of chemicals, consumer goods						
	a		Pulp and paper mills						
			Boilers (per ton of pulp)	381,000	0.027				381.000
		1	Black liquor boilers, burning of sludges, wood	381,000	0.027				381.000
		2	Bark boilers only	0	0.000				0.000
			Sludges	199,456					19.944
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	111,838					11.184
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	18					0.0002
		3	TMP pulp	0					0.000
		4	Recycling pulp	87,600					8.760
			Water (in L)	19,005,075,0		1.328			
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	6,200,000,00		0.434			
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	30,075,000		0.000			
		3	TMP pulp	0		0.000			
		4	Recycling pulp	12,775,000,0		0.894			
			Pulp and paper	901,236				8.248	
		1	Kraft pulps/papers from primary fibers, Cl2	381,000				3.048	
		2	Sulfite papers, old technology (Cl2)	0				0.000	
		3	Kraft papers, new technology (ClO2, TCF), unbleached	236				0.0001	
		4	Sulfite papers, new technology (ClO2, TCF)	0				0.000	
		5	Recycling paper	520,000				5.200	
	b		Chemical industry						
			PCP						
		1	European, American prodn (chlorinated phenol-Cl2)						
		2	Chinese production (thermolysis of HCH)						
		3	PCP-Na						
			PCB						
		1	Low chlorinated, e.g., Clophen A30, Aroclor 1242						
		2	Medium chlorinated, e.g., Clophen A40, Aroclor 1248						
		3	Medium chlorinated, e.g., Clophen A50, Aroclor 1254						
		4	High chlorinated, e.g., Clophen A60, Aroclor 1260						
			Chlorinated Pesticides						
		1	Pure 2,4,5-Trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T)						
		2	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-PCPh)						
		3	Dichlorprop						
		4	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D)						
			2,4,6-Trichlorophenyl-4'-nitrophenyl ether ((CNP =						
		5	(CNP = Chloronitrofen)						
			Old technology						
			New technology						
		6	Chlordecones						
		7	Chlorine production with graphite anodes						
			Chloranil						
		1	*p*-chloranil via chlorination of phenol						
		2	*p*-chloranil via hydroquinone						
		3	Dyestuffs on chloranil basis (old process; Class 1)						
		4	*o*-chloranil via chlorination of phenol						

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
			ECD/VCM/PVC	*1,668,000*	1.490	0.027	0.000	0.057	3.156
		1	Old technology, EDC/VCM, PVC	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	Modern plants	*1,668,000*	*1,4896*	*0.027*	*0.000*	*0.057*	*3.156*
			EDC/VCM and/or EDC/VCM/PVC	1,568,000	1,4896	0.024	0.000	0.047	3.136
			PVC only	100,000	0.0000	0.003	0.000	0.010	0.020
	c		Petroleum refineries						
		1	All types						
	d		Textile plants						
		1	Upper limit						
		2	Lower limit						
	e		Leather plants						
		1	Upper limit						
		2	Lower limit						
Total for Category 7					1.52	1.33	0.00	8.31	384.16

สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ โดยบริษัท เอ็สจีเอ็ส (เบลเยี่ยม) จำกัด พบว่าปริมาณการปลดปล่อยสารใน 2 โรงงาน ดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก กล่าวคือมีความเข้มข้นของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน 0.0674, 0.0391 และ 0.1780 ng TEQ/Nm^3) เมื่อเทียบกับมาตรฐานการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน 0.5 ng TEQ/Nm^3 จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การผลิต EDC/VCM/PVC ในประเทศไทยมีการควบคุมการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศเป็นอย่างดี การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศซึ่งกำหนดโดยเกณฑ์มาตรฐานของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม จะได้ค่าซึ่งสูงกว่าความเป็นจริงสำหรับการผลิต EDC/VCM/PVC ดังนั้นอาจไม่มีความเหมาะสมในการใช้กับกระบวนการผลิตสารดังกล่าว

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด

การศึกษาในแหล่งกำเนิดนี้จะศึกษาเฉพาะเตาเผาศพและการสูบบุหรี่ เนื่องจากไม่มีข้อมูลในกิจกรรมอื่นๆ จากข้อมูลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษซึ่งทำการ ศึกษาวัดที่มีเตาเผาศพจำนวน 309 แห่ง จากจำนวนวัดทั้งหมด 405 แห่งในกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ยังส่งแบบสอบถามไปยังเทศบาล

ในความดูแลของการปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 75 จังหวัด ข้อมูลสถิติการตายได้มาจากกรมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย และรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2546 โดยวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องศาสนา ซึ่งกรมการปกครองส่วนท้องถิ่นได้จัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2543 เพื่อศึกษาข้อมูลการเผาศพที่เกี่ยวข้องกับการนับถือศาสนา พบว่า สัดส่วนการนับถือศาสนาพุทธ อิสลาม คริสต์ และอื่นๆ คิดเป็น 94.57%, 4.65%, 0.72% and 0.06% ตามลำดับ โดยศาสนาพุทธ อิสลาม และคริสต์ มีการเผาศพ 75%, 0% และ 5% ในแต่ละศาสนาตามลำดับ

ตารางที่ 3-8 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
8			Miscellaneous						
	a		Drying of biomass						
		1	Clean wood						
		2	Green fodder						
		3	PCP- or otherwise treated biomass						
	b		Crematories	253,788	21.614	NA	ND	0.000	6.477
		1	No control	238.455	21.461	NA	ND	0.000	6.438
		2	Medium control	15.333	0.153	NA	ND	0.000	0.038
		3	Optimal control	0	0.000	NA	ND	NA	0.000
	c		Smoke houses						
		1	Treated wood, waste fuels used as fuel						
		2	Clean fuel, no afterburner						
		3	Clean fuel, afterburner						
	d		Dry cleaning residues						
		1	Heavy textiles, PCP-treated, etc.						
		2	Normal textiles						
	e		Tobacco smoking	1,937,500	0.194	NA	NA	NA	NA
		1	Cigar (per item)	0	0.000	NA	NA	NA	NA
		2	Cigarette (per item)	1.937.500	0.194	NA	NA	NA	NA
Total for Category 8					21.81	0.00	0.00	0.00	6.48

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ในการประเมินจำนวนศพที่จะเผานั้นจะใช้ค่า 0.7582 ในการคูณกับจำนวนประชากรที่ตายซึ่งได้จากสถิติการตายของประชากร จากรายงานสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2546 พบจำนวนประชากรที่ตายทั้งประเทศ 334,725 คน เมื่อนำค่านี้มาคิด จะได้จำนวนศพที่เผา 253,788 ศพ

ประเทศไทยมีเตาเผาศพชนิดที่ 1 และ 2 ในสัดส่วน 93.96% และ 6.04% จากการศึกษานี้ไม่พบเตาเผาศพชนิดที่ 3 ตารางที่ 3-8 ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศและขี้เถ้าจากเตาเผาศพคือ 21.614 และ 6.477 g I-TEQ/a ตามลำดับ จากการสืบค้นข้อมูลการเสียภาษีบุหรี่ของกรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง พบว่ามีการบริโภคบุหรี่ 1,937,500 ซอง ในปี พ.ศ. 2547 ซึ่งคิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศ 0.194 g I-TEQ/a.

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ

การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากกิจกรรมกำจัดหรือฝังกลบนั้นไม่สามารถทำการศึกษาได้ เนื่องจากมีปัญหาเรื่องข้อมูลกล่าวคือข้อมูลไม่สมบูรณ์และขาดแคลนข้อมูล ในหลายๆ กรณีพบว่าไม่มีการจดบันทึกข้อมูลหรือปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน พระราชบัญญัติโรงงานกำหนดให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมต้องจัดทำรายงานบัญชีแสดงรายการของเสียและส่งไปยังกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือการนิคมแห่งอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ทั้งนี้ขึ้นกับว่ามีการจดทะเบียนกับหน่วยงานใด อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่ได้แยกรายการของเสียหรือมีการจดบันทึกอย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะติดตามข้อมูล ควรจะมีการประสานกับผู้ประกอบการให้มีความใส่ใจในการจดรายละเอียดและบันทึกข้อมูลอย่างถูกต้องเพื่อที่จะได้ข้อมูลบัญชีแสดงรายการของเสียที่สมบูรณ์ ตารางที่ 3-9 แสดงปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้

ตารางที่ 3-9 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ

Sector	Sub-cat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
9			Disposal/Landfill						
	a		Landfill leachate						
		1	Hazardous waste						
		2	Non-hazardous waste						
	b		Sewage/sewage treatment						
		1	Industrial, mixed domestic with Cl_2 relevance						
			No sludge removal						
			With sludge removal						
		2	Urban environments						
			No sludge removal						
			With sludge removal						
		3	Remote and residential or modern treatment plant						
	c		Open water dumping						
		1	Contaminated waste waters						
		2	Uncontaminated wastewaters						
	d		Composting						
		1	All organic fraction						
		2	Garden, kitchen wastes						
		3	Green materials,not impacted environments						
	e		Waste oil disposal						
		1	All fractions						
Total for Category 9									

แหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ

เนื่องจากข้อมูลหาได้ค่อนข้างยาก หรือได้ข้อมูลไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีข้อมูล ดังนั้นจึงไม่สามารถบ่งชี้ปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในกิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ ตารางที่ 3-10 แสดงปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดซึ่งต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ

ตารางที่ 3-10 ปริมาณการปลดปล่อยสารต่อปีจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ

Sector	Sub-cat.	Categories and Subcategories	Production (t/a)	Annual release (g TEQ/a				
				Air	Water	Land	Product	Residue
10		Identification of Potential Hot-Spots						
	a	Production sites of chlorinated organics						
	b	Production sites of chlorine						
	c	Formulation sites of chlorinated phenols						
	d	Application sites of chlorinated phenols						
	e	Timber manufacture and treatment sites						
	f	PCB-filled transformers and capacitors						
	g	Dumps of wastes/residues from categories 1-9						
	h	Sites of relevant accidents						
	i	Dredging of sediments						
	j	Kaolinitic or ball clay sites						

3.4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 3-11 แสดงผลสรุปปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 - 10 และตารางที่ 3-12 แสดงสัดส่วนร้อยละของปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ จากแต่ละแหล่งกำเนิด การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าพบว่ามีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการปลดปล่อยสารในอากาศ ผลิตภัณฑ์ ดิน และน้ำ ตามลำดับ โดยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในขี้เถ้าพบปริมาณสูงสุด 384.16 g I-TEQ/a (49.68%) จากการผลิตสารเคมีและสินค้าบริโภค (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 7) รองลงมาตามลำดับได้แก่ 235.10 g I-TEQ/a (30.53%) จากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งควบคุมไม่ได้ (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 6) 99.64 g I-TEQ/a (12.89%) จากการผลิตโลหะ ferrous และ non-ferrous (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 2) 32.45 g I-TEQ/a (4.20%) จากเตาเผามูลฝอย (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 1) และ 14.28 g I-TEQ/a (1.85%) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนการศึกษานี้พบว่าการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศมีปริมาณสูงเป็นอันดับ 2 อย่างไรก็ตามหลังจากปลดปล่อยสารแล้วมีการตกค้างสะสมในสิ่งแวดล้อม และในที่สุดสะสมในห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นวิถีการปลดปล่อยสารในอากาศน่าจะมีความสำคัญสูงที่สุด จากตารางที่ 3-6 พบว่าการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนในอากาศจากกระบวนการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้ (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 6) มีปริมาณสูงที่สุดเมื่อ

ตารางที่ 3-11 ทำเนียบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ สู่สิ่งแวดล้อม

ประเภท	แหล่งกำเนิด	ปริมาณการปลดปล่อยต่อปี (g TEQ/a)				
		อากาศ	น้ำ	ดิน	ผลิตภัณฑ์	กากขี้เถ้า
1	เตาเผามูลฝอย	42.37	0.000	0.000	0.000	32.45
2	การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous	20.20	0.000	0.000	0.000	99.64
3	การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน	33.33	0.000	0.000	0.000	14.28
4	การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ	11.14	0.000	0.000	0.000	0.17
5	การขนส่ง	11.69	0.000	0.000	0.000	0.00
6	กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้	144.24	0.000	6.64	0.000	236.10
7	การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค	1.52	1.33	0.000	8.31	384.16
8	เบ็ดเตล็ด	21.81	0.000	0.000	0.000	6.48
9	การกำจัด/ฝังกลบ					
10	การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ					
1-9	รวมทั้งหมด	286.30	1.33	6.64	8.31	773.30

ตารางที่ 3-12 ทำเนียบปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภทสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยคิดเป็นร้อยละของปริมาณการปลดปล่อยสาร

ประเภท	แหล่งกำเนิด	ร้อยละของการปลดปล่อยสารสู่สิ่งแวดล้อม				
		อากาศ	น้ำ	ดิน	ผลิตภัณฑ์	กากขี้เถ้า
1	เตาเผามูลฝอย	14.80	0.00	0.00	0.00	4.20
2	การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous	7.06	0.00	0.00	0.00	12.89
3	การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน	11.64	0.00	0.00	0.00	1.85
4	การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ	3.89	0.00	0.00	0.00	0.02
5	การขนส่ง	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00
6	กระบวนการเผาไหม้ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้	50.38	0.00	100.00	0.00	30.53
7	การผลิตและการใช้สารเคมีและสินค้าบริโภค	0.53	100.00	0.00	100.00	49.68
8	เบ็ดเตล็ด	7.62	0.00	0.00	0.00	0.84
9	การกำจัด/ฝังกลบ	-	-	-	-	-
10	การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ	-	-	-	-	-
1-9	รวมทั้งหมด	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

เปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดประเภทอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการเผาในครัวเรือนที่ควบคุมไม่ได้ (117.95 g I-TEQ/a) และจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (19.892 g I-TEQ/a) โดยมีสัดส่วน 81.78% และ 13.70% ตามลำดับ ตารางที่ 3-11 และ 3-12 แสดงปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศสูงสุดมาจากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งควบคุมไม่ได้ 144.24 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 50.38% ของปริมาณการปลดปล่อยสารในอากาศทั้งหมด อันดับ 2 เป็นกาปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เป็นการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากเตาเผามูลฝอย (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 - เตาเผามูลฝอย ติดเชื้อ) ปริมาณ 38.289 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 90.38% ของปริมาณการปลดปล่อยในอากาศทั้งหมดจากแหล่งกำเนิดที่ 1 อันดับ 2 เป็นการปลดปล่อยสารจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 3) จากการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อต้มไอน้ำ ปริมาณ 27.900 g I-TEQ/a ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 83.70% ของปริมาณการปลดปล่อยในอากาศทั้งหมดจากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในอากาศจากส่วนเบ็ดเตล็ด (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 8) การผลิตโลหะชนิด ferrous และ non-ferrous (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 2) การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 4) คิดเป็นสัดส่วน 7.62%, 7.06 % และ 3.89% ตามลำดับ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากการผลิตสารเคมีและสินค้าบริโภค (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 7) มีปริมาณการปลดปล่อยสารน้อยที่สุด และไม่น่าจะเป็นปัญหาแต่อย่างไร อย่างไรก็ตามการจัดทำทำเนียบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน นั้นควรจะต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และเป็นข้อมูลปัจจุบันมากที่สุด

การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในดินนั้นพบว่ามาจากกระบวนการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้ (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 6) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการเผาวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้ ซึ่งมีการปลดปล่อยสารในปริมาณ 6.631 g I-TEQ/a การปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในผลิตภัณฑ์และน้ำพบว่ามาจากการผลิตสารเคมีและสินค้าบริโภค (แหล่งกำเนิดประเภทที่ 7) เท่านั้นและพบในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับการปลดปล่อยสารในขี้เถ้า อากาศ และดิน อย่างไรก็ตามควรจะตระหนักถึงการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ในผลิตภัณฑ์และน้ำ อันอาจเกิดจากเยื่อที่ใช้หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่และกระบวนคราฟต์ซึ่งมีการใช้คลอรีนในอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษ

การศึกษานี้ไม่ได้ทำการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัดและฝังกลบ เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลได้และเวลาในการศึกษาไม่เพียงพอ และใคร่เสนอให้โรงงานทั้งหมดควรจะมีการจัดทำรายละเอียดบัญชีแสดงรายการของเสีย การกำจัดตลอดจนการบำบัดของเสีย เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณของเสียที่ต้องบำบัดต่อไป ตลอดจนวิธีการกำจัด/ฝังกลบ เช่น การเผาขยะ การบำบัดน้ำทิ้งและสลัดจ์ การฝังกลบ และการกำจัด

การศึกษานี้พบว่าแบบสอบถามไม่น่าจะเป็นเครื่องมือที่ดีในการเข้าถึงข้อมูล เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่ขาดความรู้ ความเข้าใจ ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีความรู้สึกว่าถ้าเขารายงานข้อเท็จจริงในเรื่องปริมาณวัตถุดิบ วิธีการบำบัด และอื่นๆ อาจจะมีผลต่อการเสียภาษีหรือถูกลงโทษที่ตนก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรจะจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ประกอบการในการตอบแบบสอบถามในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและรายละเอียด เช่น อุณหภูมิเตาเผา ห้องเผา ระบบควบคุมมลพิษ เป็นต้น ต้องมีการสื่อสารประสานก้นเพื่อให้เกิดมิตรภาพที่ดีและสร้างความไว้วางใจระหว่างหน่วยงานภาครัฐและผู้ประกอบการ เพื่อให้บรรลุผลในความร่วมมือดังกล่าว

ประเทศไทยและประเทศอื่นๆ นั้นมีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนข้อมูล เนื่องจากไม่มีการจดบันทึกหรือสถิติแต่อย่างไร ดังนั้นปัญหาเหล่านี้ควรนำเสนอรัฐบาลไทยให้มีการออกเกณฑ์มาตรฐานเพื่อให้ผู้ประกอบการ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง นำไปปฏิบัติโดยมีการจดบันทึกรายการต่างๆ อย่างละเอียด กรมโรงงานอุตสาหกรรมและการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้จัดทำระบบเพื่อให้ผู้ประกอบการรายงานบัญชีแสดงรายการของเสีย ซึ่งคงต้องใช้เวลาในการที่จะได้ข้อมูลบันทึกที่ดีจากภาคอุตสาหกรรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลต่างๆ ที่ได้มา ได้แก่ การจดทะเบียนพาหนะยานยนต์จากกระทรวงคมนาคม การใช้พลังงานจากกระทรวงพลังงาน ประชากรจากกระทรวงมหาดไทยและสำนักงานสถิติแห่งชาติ รายการชำระภาษีจากกรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง ขยะติดเชื้อจากกรุงเทพมหานคร การผลิตปูนซิเมนต์ การผลิตพีวีซี และการผลิต EDC/VCM/PVC เป็นข้อมูลที่ค่อนข้างสมบูรณ์และเป็นข้อมูลล่าสุดจากปี พ.ศ. 2547 อย่างไรก็ตามข้อมูลไฟป่าและปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และข้อมูลอัคคีภัยต่างๆ จากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทยนั้น พบว่าเป็นข้อมูลที่ค่อนข้างเก่า และควรต้องมีการปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ในส่วนของอัคคีภัยของบ้าน โรงงาน และยานพาหนะ ควรมีการบันทึกโดยมีรายละเอียดเรื่องพื้นที่หรือปริมาตรที่สูญเสียไปต่อเหตุการณ์อัคคีภัยในแต่ละครั้ง เพิ่มเติมจากมูลค่าความเสียหายทางทรัพย์สิน ข้อมูลเตาเผามูลฝอยติดเชื้อจากกระทรวงสาธารณสุขควรมีการทบทวนและปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ตลอดจนการจัดทำบันทึกรายละเอียดปริมาณมูลฝอย ติดเชื้อที่เผา อุณหภูมิห้องเผาในแต่ละห้อง ระยะเวลาที่เผา เช่น กี่ชั่วโมงต่อวัน หรือสัปดาห์ เพื่อสามารถประมวลข้อมูลเป็นปริมาณขยะต่อปี ระบบควบคุมมลพิษของเตาเผา เป็นต้น ในสภาพปัจจุบันพบว่าหน่วยงานหลายแห่งที่มีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อตั้งอยู่แต่ไม่มีการใช้เตาเผาเนื่องจากมีปริมาณขยะน้อยและค่าใช้จ่ายในการเผาสูงมาก ไม่มีงบประมาณรองรับ โดยจะมีการเก็บรวบรวมมูลฝอยติดเชื้อและส่งไปเผายังหน่วยงานอื่นๆ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้หน่วยงานหลายแห่งไม่มีระบบควบคุมมลพิษในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ดังนั้นจึงไม่มีการใช้เตาเผาเพราะอาจถูกร้องเรียนจากชุมชนในเรื่องมลพิษอากาศซึ่งเกิดจากกระบวนการเผา

จากอดีตถึงปัจจุบันพบว่าไม่มีการบันทึกข้อมูลปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในสมัยก่อนมีการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว แต่ปัจจุบันมีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อให้สอดคล้องกับการรณรงค์ของรัฐบาลในการประหยัดและใช้พลังงาน และพบว่าการเผาไม้ในที่โล่งแจ้งได้ลดลงไปมาก ดังนั้นข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ควรจะต้องมีการทบทวนโดยกระทรวงที่เกี่ยวข้อง การเผาในที่โล่งแจ้งและบริเวณหลังบ้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณชุมชนและชนบท ตลอดจนบริเวณที่หน่วยงานสาธารณสุขเข้าไปไม่ถึงนั้นมักจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ และยากต่อการควบคุม ดังนั้นควรจะต้องรณรงค์ในด้านการศึกษาให้ความรู้แก่ชุมชนและอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิต และ/หรือ การก่อให้เกิดสารมลพิษชนิดปลดปล่อยโดยไม่จงใจรวมทั้งอันตรายที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงพิษภัย และการลดปัญหาจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน รัฐบาลควรให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงินและเทคนิคในด้านเทคโนโลยีที่ดีที่สุด (Best Available Technology; BAT) และแนวปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด (Best Environmental Practices; BEP) แก่หน่วยงานและอุตสาหกรรมที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการรับผลกระทบจากสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เพื่อลดหรือกำจัดปัญหาจากการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน

การประมาณค่าการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สู่สิ่งแวดล้อมซึ่งได้จากการคำนวณผลผลิตต่อปี นำไปคูณด้วยค่าปัจจัยการปลดปล่อยซึ่งขึ้นกับแหล่งกำเนิดและชนิดย่อยของแหล่งกำเนิดตามที่กำหนดไว้โดยเกณฑ์มาตรฐานของโครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่งค่าปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่ได้นั้น อาจสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ที่แท้จริงหรือไม่ก็ได้ อย่างไรก็ตามการประมาณการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรนอาจใช้เป็นการประเมินอย่างหยาบๆ ในการบ่งชี้แหล่งกำเนิดซึ่งอาจมีศักยภาพในการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สู่สิ่งแวดล้อม เพราะค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ค่อนข้างแพงมากและอาจเป็นปัญหาต่ออุตสาหกรรมขนาดเล็กและกลางได้ ถึงกระนั้นก็ตามต้องมีการเก็บตัวอย่างและนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน เพื่อสามารถประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการรับสัมผัสสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ได้ดีที่สุด นอกจากนี้ความช่วยเหลือด้านการเงินและเทคนิคควรได้รับอนุเคราะห์จากหน่วยงานระดับชาติและนานาชาติเพื่อลดหรือเลิกการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน สู่สิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ก

ค่าปัจจัยการปลดปล่อย
สารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน จากแหล่งกำเนิด

ตามเกณฑ์มาตรฐานของ
โครงการสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม
ปี พ.ศ. 2546

ตารางที่ ก1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 1 - เตาเผาขยะ

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)					
				Air	Water	Land	Product	Residues	
								Fly ash	Bottom ash
1			**Waste incineration**						
	a		**Municipal solid waste inc.**						
		1	Low tech. comb., no APCS	3,500		NA	NA	0	75
		2	Controlled comb., min. APCS	350		NA	NA	500	15
		3	Controlled comb., good APCS	30		NA	NA	200	7
		4	High tech. comb., sophis. APCS	0.5		NA	NA	15	1.5
	b		**Hazardous waste inc.**						
		1	Low tech comb., no APCS	35,000		NA	NA	9,000	
		2	Controlled comb., min. APCS	350		NA	NA	900	
		3	Contolled comb., good APCS	10		NA	NA	450	
		4	High tech. comb., sophis. APCS	0.75		NA	NA	30	
	c		**Medical/hospital waste inc.**						
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS	40,000		NA	NA		200
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	3,000		NA	NA		20
		3	Controlled, batch comb., good	525		NA	NA	920	ND
		4	High tech, cont., sophis.APCS	1		NA	NA	150	
	d		**Light fraction shredder waste inc.**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	100		NA	NA	ND	ND
		2	Updated, continuously, some	50		NA	NA	ND	ND
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA	150	
	e		**Sewage sludge inc.**						
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS	50		NA	NA	23	
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	4		NA	NA	0.5	
		3	High tech, cont., sophis.APCS	0.4		NA	NA	0.5	
	f		**Waste wood & waste biomass inc.**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	100		NA	NA	1,000	
		2	Updated, continuously, some	10		NA	NA	10	
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA	0.2	
	g		**Animal carcasses burning**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	500		NA	NA		ND
		2	Updated, continuously, some	50		NA	NA		ND
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA		ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก2 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 2 – การผลิตโลหะชนิด ferrous และ Non-ferrous

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
2			**Ferrous and non-ferrous metal**					
	a		**Iron ore sintering**					
		1	High waste recycling, include oil contam.	20	ND	ND	ND	0.003
		2	Low waste use, well control plant	5	ND	ND	ND	0.003
		3	High technology, emission reduction	0.3	ND	ND	ND	0.003
	b		**Coke production**					
		1	No gas cleaning	3	0.06	ND	ND	ND
		2	Afterburner/dust removal	0.3	0.06	ND	ND	ND
	c		**Iron and steel production & foundries**					
			Iron & steel					
		1	Dirty scrap, scrap preheating, limited control	10	ND	ND	ND	15
		2	Clean scrap/virgin iron, after burner, FF	*10*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
			EAFs, all with fabric filter (FF)	3	ND	ND	ND	15
			EIFs with FF, wet scrubber	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
			Unknown	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
		3	Clean scrap/virgin iron, designed for low	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
		4	Blast furnaces with APC	0.1	ND	ND	ND	2
			Foundries					
		1	Cold air cupola or rotary drum, no APCS	10	ND	ND	ND	ND
		2	Rotary drum – FF	4.3	ND	ND	ND	0
		3	Cold air cupola, FF	1	ND	ND	ND	8
		4	Hot air cupola or induction furnaces, FF	0.03	ND	ND	ND	1
	d		**Copper production**					
		1	Sec. Cu - Basic technology	800	ND	ND	ND	630
		2	Sec. Cu - Well controlled	50	ND	ND	ND	630
		3	Sec. Cu - Optimized for PCDD/PCDF control	5	ND	ND	ND	630
		4	Prim. Cu – all types	0.01	ND	ND	ND	ND
	e		**Aluminum production**					
		1	Processing scrap Al, minimal treatment of	150	ND	ND	ND	400
		2	Scrap treatment, well controlled, good APCS	35	ND	ND	ND	400
		3	Shavings/turning drying	10	ND	ND	ND	NA
		4	Optimized process, optimized APCS	0.5	ND	ND	ND	400
	f		**Lead production**					
		1	Sec. lead from scrap, PVC battery	80	ND	ND	ND	ND
		2	Sec. from PVC/Cl2 free scrap, blast	8	ND	ND	ND	ND
		3	Sec. Lead, PVC/Cl2 free scrap in furnaces	0.5	ND	ND	ND	ND
	g		**Zinc production**					
		1	Kiln with no dust control	1,000	ND	ND	ND	ND
		2	Hot briquetting/rotarry furnaces, basic	100	ND	ND	ND	ND
		3	Comprehensive control	5	ND	ND	ND	ND
		4	Melting (only)	0.3	ND	ND	ND	ND
	h		**Brass and bronze production**					
		1	Simple melting furnaces	1	ND	ND	ND	ND
		2	Sophisticated equipment, e.g. induction	0.1	ND	ND	ND	ND
	i		**Magnesium production**					
		1	Using MgO/C thermal treatment in Cl2, no	250	9,000	NA	ND	0
		2	Using MgO/C thermal treatment in Cl2,	50	24	NA	ND	9,000
	j		**Thermal Non-ferrous metal**					
		1	Contaminated scrap, simple or no dust	100	ND	ND	ND	ND
		2	Clean scrap, good APCS	2.0	ND	ND	ND	ND
	l		**Shredders**					
		1	Metal shredding plants	0.2	NA	NA	ND	ND
	m		**Thermal wire reclamation**					
		1	Open burning of cable	5,000	ND	ND	ND	ND
		2	Basic furnace with after burner, wet	40	ND	NA	ND	ND
		3	Burning electric motors, brake shoes, etc.,	3.3	ND	NA	ND	ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 3 – พลังงานไฟฟ้าและความร้อน

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/TJ)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
3			**Power Generation and Heating**					
	a		**Fossil fuel power plants**	35	NA	NA	NA	ND
		1	Fossil fuel/waste co-fired power boilers	10	NA	NA	NA	14
		2	Coal fired power boilers	2.5	NA	NA	NA	ND
		3	Heavy fuel fired power boilers	0.5	NA	NA	NA	ND
		4	Light fuel oil/natural gas fired power boilers					
	b		**Biomass power plants**	500	NA	NA	NA	ND
		1	Other biomass fired power boilers	50	NA	NA	NA	15
		2	Wood fired power boilers	35	NA	NA	NA	ND
	c		**Landfill, biogas combustion**					
		1	Biogas-fired boilers, motors/turbines & flaring	8	NA	NA	NA	NA
	d		**Household heating and cooking**					
		1	Contaminated wood/biomass fired stoves	1,500	NA	NA	NA	2,000
		2	Virgin wood/biomass fired stoves	100	NA	NA	NA	20
	e		**Household heating and cooking**					
		1	Coal fired stoves	70	NA	NA	NA	5
		2	Oil fired stoves	10	NA	NA	NA	ND
		3	Natural gas fired stoves	1.5	NA	NA	NA	ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 4 – การผลิตผลิตภัณฑ์แร่ธาตุ

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
4			**Production of mineral products**					
	a		**Cement kilns**					
		1	Wet kilns, ESP temperature >300°C	5.0	NA	ND	ND	1.0
		2	Wet kilns, ESP/FF temperature 200 to 300°C	0.6	NA	ND	ND	0.1
		3	Wet kilns, ESP/FF temperature <200°C, all types	0.15	NA	ND	ND	0.003
	b		**Lime**					
		1	Cyclone/no dust control	10	ND	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.07	ND	ND	ND	ND
	c		**Brick**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.02	NA	ND	ND	ND
	d		**Glass**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.015	NA	ND	ND	ND
	e		**Ceramics**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.02	NA	ND	ND	ND
	f		**Asphalt mixing**					
		1	Mixing plant with no gas cleaning	0.07	NA	ND	ND	ND
		2	Mixing plant with fabric filter, wet scrubber	0.01	NA	ND	ND	0.06

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก5 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 5 – การขนส่ง

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
5			**Transport**					
	a		**4-Stroke engines**					
		1	Leaded fuel	2	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	0.1	NA	NA	NA	ND
		3	Unleaded fuel with catalyst	0.0000	NA	NA	NA	NA
	b		**2-Stroke engines**					
		1	Leaded fuel	4	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	3	NA	NA	NA	ND
	c		**Diesel engines**					
		1	Diesel engines - cars/road transportation	0.5	NA	NA	NA	ND
	d		**Heavy oil fired engines**					
		1	Trains	4	NA	NA	NA	ND
		1	Ships	4	NA	NA	NA	ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก6 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 6 – ขบวนการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
6			**Uncontrolled combustion processes**					
	a		Fires/burnings - biomass					
		1	1. Forest fires	5	ND	4	NA	ND
		2	2. Grassland and moor fires	5	ND	4	NA	ND
		3	3. Agricultural residue burning (in field)	30	ND	10	NA	ND
	b		Fires, waste burning, landfill fires, industrial fires, accidental fires					
		1	Landfill fires	1,000	ND	NA	NA	ND
		2	Accidental fires in houses, factories (per	400	ND	See	NA	400
		3	Uncontrolled domestic waste burning	300	ND	See	NA	600
		4	Accidental fires in vehicles (per event)	94	ND	See	NA	18
		5	Open burning of wood	60	ND	ND	NA	10

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก7 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตสารเคมี สินค้าบริโภค

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
7			**Production of chemicals, consumer**					
	a		**Pulp and paper mills**					
			Boilers (per ton of pulp)					
		1	Black liquor boilers, burning of sludges,	0.07				1,000
		2	Bark boilers only	0.40				1,000
			Sludges					
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	4.50	70	4.50	100	4.50
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	0.06	2	0.20	10	0.06
		3	TMP pulp					
		4	Recycling pulp				100	
			Water (in L)		pgTEQ/L			
		1	Kraft process, old technology (Cl2)		70			
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)		2			
		3	TMP pulp		70			
		4	Recycling pulp		0.894			
			Pulp and paper					
		1	Kraft pulps/papers from primary fibers,				8	
		2	Sulfite papers, old technology (Cl2)				1	
		3	Kraft papers, new technology (ClO2,				0.5	
		4	Sulfite papers, new technology (ClO2,				0.1	
		5	Recycling paper				10	
	b		**Chemical industry**					
			PCP					
		1	European, American prodn (chlorinated phenol-				2,000,000	
		2	Chinese production (thermolysis of HCH)				800,000	
		3	PCP-Na				500	
			PCB					
		1	Low chlorinated, e.g., Clophen A30, Aroclor 1242				15,000	
		2	Medium chlorinated, e.g., Clophen A40, Aroclor				70,000	
		3	Medium chlorinated, e.g., Clophen A50, Aroclor				300,000	
		4	High chlorinated, e.g., Clophen A60, Aroclor				1,500,00	
			Chlorinated Pesticides					
		1	Pure 2,4,5-Trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T)				7,000	
		2	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-PCPh)				700	
		3	Dichlorprop				1,000	
		4	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D)				700	
			2,4,6-Trichlorophenyl-4'-nitrophenyl ether (CNP =					
		5	(CNP = Chloronitrofen)				300,000	
			Old technology				400	
			New technology				ND	ND
		6	Chlorobenzens				NA	ND
		7	Chlorine production with graphite anodes				7,000	
			Chloranil					
		1	*p*-chloranil *via* chlorination of phenol				400,000	
		2	*p*-chloranil *via* hydrochinone				100	
		3	Dyestuffs on chloranil basis (old process, Class				1,200	
		4	*o*-chloranil *via* chlorination of phenol				60,000	
			ECD/VCM/PVC					
		1	Old technology, EDC/VCM, PVC		1			
		2	Modern plants					
			EDC/VCM and/or EDC/VCM/PVC		0.015		0.03	2
			PVC only		0.030		0.10	0.2

ตารางที่ ก7 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 7 – การผลิตสารเคมี สินค้าบริโภค (ต่อ)

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Annual release (g I-TEQ/a				
				Air	Water	Land	Product	Residue
7			**Production of chemicals, consumer**					
	c		**Petroleum refineries**					
		1	All types	ND	NA	NA	NA	ND
	d		**Textile plants**					
		1	Upper limit	NA	ND	NA	100	ND
		2	Lower limit	NA	ND	NA	0.1	ND
	e		**Leather plants**					
		1	Upper limit	NA	ND	NA	1,000	ND
		2	Lower limit	NA	ND	NA	10	ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก8 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 8 – เบ็ดเตล็ด

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
8			**Miscellaneous**					
	a		**Drying of biomass**					
		1	Clean wood	0	NA	ND	0	ND
		2	Green fodder	0	NA	ND	0	ND
		3	PCP- or otherwise treated biomass	10	NA	ND	1	ND
	b		**Crematories**					
		1	No control	90	NA	ND	NA	27
		2	Medium control	10	NA	ND	NA	3
		3	Optimal control	0.4	NA	ND	NA	3
	c		**Smoke houses**					
		1	Treated wood, waste fuels used as fuel	50	NA	ND	ND	see
		2	Clean fuel, no afterburner	6	NA	ND	ND	com-
		3	Clean fuel, afterburner	1	NA	ND	ND	bustion
	d		**Dry cleaning residues**					
		1	Heavy textiles, PCP-treated, etc.	NA	NA	NA	NA	3,000
		2	Normal textiles	NA	NA	NA	NA	50
	e		**Tobacco smoking**					
		1	Cigar (per item)	0.3	NA	NA	NA	NA
		2	Cigarette (per item)	0.1	Na	NA	NA	NA

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก9 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 9 – การกำจัด/ฝังกลบ

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
9			**Disposal/Landfill**					
	a		**Landfill leachate**					
		1	Hazardous waste	NA	200	NA	NA	
		2	Non-hazardous waste	NA	30	NA	NA	
	b		**Sewage/sewage treatment**					
		1	Industrial, mixed domestic with Cl_2					
			No sludge removal		5	NA	NA	1,000
			With sludge removal		1	NA	NA	1,000
		2	Urban environments					
			No sludge removal		2	NA	NA	100
			With sludge removal		1	NA	NA	100
		3	Remote and residential or modern		1	NA	NA	10
	c		**Open water dumping**					
		1	Contaminated waste waters	NA	50	NA	NA	NA
		2	Uncontaminated wastewaters	NA	5	NA	NA	NA
	d		**Composting**					
		1	All organic fraction	NA	ND	NA	100	NA
		2	Garden, kitchen wastes	NA	ND	NA	15	NA
		3	Green materials,not impacted	NA	ND	NA	5	NA
	e		**Waste oil disposal**					
		1	All fractions	4	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ : NA หมายถึง ไม่น่าจะพบการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน
ND หมายถึง ยังไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารไดอ๊อกซิน/ฟูแรน ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ ก10 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสำหรับแหล่งกำเนิดประเภทที่ 10 – การบ่งชี้กิจกรรมที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษ

Sector	Subcat.	Categories and Subcategories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
			Air	Water	Land	Product	Residue
10		**Identification of Potential Hot-Spots**	x indicates need for site-specific evaluation				
	a	Production sites of chlorinated organics		x	x		
	b	Production sites of chlorine*			x		
	c	Formulation sites of chlorinated phenols					
	d	Application sites of chlorinated phenols		x	x		
	e	Timber manufacture and treatment sites		x	x		
	f	PCB-filled transformers and capacitors		x	x		
	g	Dumps of wastes/residues from categories			x		
	h	Sites of relevant accidents					
	i	Dredging of sediments		x	x		
	j	Kaolinitic or ball clay sites		x	x		

ภาคผนวก ข

Mission Report on PCDDs/PCDFs Inventory for the Stockholm Convention National Implementation Plan of Thailand

by

Dr. Ulrich Quass
Muller-BBM GmbH, Germany

MÜLLER-BBM

Branch Office Gelsenkirchen
Am Bugapark 1
45899 Gelsenkirchen
Germany
Tel. +49 (0)209 98308 - 0
Fax +49 (0)209 98308 - 11
www.MuellerBBM.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quaß
Tel. +49 (0)209 98308 - 12
Quass@MuellerBBM.de

M60 870/1 qa
2005-06-16

Mission Report

Report on the consultancy of Dr. Ulrich Quass, Müller-BBM GmbH, Germany, regarding "Preparatory work for the Stockholm Convention national implementation plan of Thailand"

Report No. M60 870/1

Client:	Pollution Control Department, Bangkok, Thailand
Order No.:	PCD/UNEP/23; project GF 2732-03-4669
Consultant:	Dr. rer. nat. Ulrich Quaß
Total number of pages:	15 pages

Index

1	**Background**	**3**
2	**Tasks**	**3**
3	**Execution**	**4**
3.1	Preparation of background and training materials	4
3.2	Training workshop and further collaboration with PCD, Bangkok	5
3.2.1	Training workshop	5
3.2.2	Plant visitations	6
3.2.2.1	Crematories	6
3.2.2.2	Pulp-and-paper plant	7
3.2.2.3	Power Plant	7
3.2.2.4	Hospital waste incineration	7
3.2.2.5	PVC and chlorine production	8
3.2.3	Wrap-up meeting and recommendations for further work	8
4	**Final comments and recommendations**	**10**
4.1	Presentation of the inventory	10
4.2	Future updates of the inventory	10
4.3	Recommendations regarding measurement programmes	11
4.3.1	Emission measurements	11
4.3.2	Other measurements	12
4.4	Advise regarding institutional capacities	12
4.5	Advise regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs	13
4.6	Recommendations on a strategy to promote awareness	14

1 Background

The Kingdom of Thailand has signed the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) and is therefore obliged to develop a National Implementation Plan (NIP) on POPs reduction. One element of this NIP will be an inventory of sources of unintentional released POPs, i.e. polychlorinated dibenzodioxins and -furans (PCDD/Fs). To facilitate the construction of such inventories under the POPs Convention UNEP Chemicals, Geneva, has developed a so-called "Standardised Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases" which provides a default source structure and related emission factors.

Thailand has already applied this Toolkit to draft a first preliminary inventory; a final version of the inventory is due by March 2005. Since in this preliminary inventory the emissions of several source groups have not been evaluated and the calculations made partly are not really transparent, the Thai Pollution Control Department (PCD) requested for assistance by an international consultant with considerable experience in such issues. This assistance was provided by Dr. Ulrich Quass from Müller-BBM GmbH, Germany, who established the so-called "European Dioxin Inventory" on behalf of the European Commission.

2 Tasks

According to the terms of references which had been agreed on between PCD and Dr. Quass the assistance should comprise following elements:

- Preparation of training materials for a training of PCD staff during a visit of the consultant in Bangkok
- Provision of material and methodologies for best-practice development and execution of inventories
- Participation in field survey of potential dioxin emission sources
- Assistance in the assessment of national institutional capacities for unintentional POPs management.
- Provision of advise on identifying barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs.
- Provision of recommendations on the outline of a plan or strategy for promoting awareness, training and education with respect to measures to achieve reduction and releases of unintentional POPs.

3 Execution

The consultancy work took place in three phases:

1. Home-based preparation of background and training material
2. Bangkok-based training and collaboration with PCD staff
3. Home-based preparation of mission reports and further revision of documents delivered by PCD

3.1 Preparation of background and training materials

For a best-practice development of a dioxin emission inventory a broad range of background information is necessary. This is especially true for countries which have no means of carrying out comprehensive national emission measurement programs. Therefore a compilation of reports and documents providing such information was prepared and delivered to PCD on CD-ROM during the training. These documents comprised

a) Documents focusing general aspects of dioxin policy and strategies to reduce their releases

b) Dioxin emission inventories from various countries, partly made with UNEP Toolkit

c) Documents advising to best available technologies (BAT), e.g. BREF-documents prepared by the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission

d) Various process-related information

e) Information related to application of the UNEP Toolkit

f) Information on available dioxin abatement techniques

The information provided by these documents may help to identify the relevant parameters and conditions of dioxin formation and releases from various industrial sources. They further can be used as reference for the classification of sources according to the UNEP Toolkit structure.

It was decided to use the preliminary inventory as a basis for the training. From the present state in the preliminary inventory it was apparent that the activity rate calculations done so far were difficult to trace-up which leads to lack of transparency of the methodology used. To overcome this obstacle, a new EXCEL-based form was developed. With this form, a transparent presentation and Toolkit-compatible calculation of activity rates can be achieved. It was used to train PCD staff in activity rate evaluation.

3.2 Training workshop and further collaboration with PCD, Bangkok

3.2.1 Training workshop

The training workshop was held on two days. On the first day two lectures were given by Dr. Quass to an audience comprising PCD staff and representatives from Thai industrial companies. The lectures started with an introduction to general knowledge on dioxins and furans and to methodologies of source inventories. This was followed by a detailed presentation of the UNEP Toolkit approach that comprises a manual giving background information to identify and classify existing sources as well as an Excel worksheet to calculate PCDD/F emissions using default emission factors. Related to this, an additional tool ("AR-tool") was presented developed for a standardised evaluation and transparent presentation of the activity rates needed for the Toolkit calculations. On the second day PCD staff was trained in the use of this activity tool using exemplary data provided in the Thai preliminary dioxin inventory. This training aimed to enable PCD staff to

- Identify the source types and source classification which are available in the Toolkit and to get insights in their proper application
- Trace-up the calculations made in the preliminary Thai inventory and to identify wrong assignments and other errors leading to a lack of transparency
- Re-evaluate the activity rates and present this evaluation in a traceable and transparent way by using a standardised form
- Realise the importance of proper use of physical dimensions as well as the need to quote reference documents and other sources of information

Exercises were done that aimed at a re-evaluation of the activity rate calculations in sector 1-3 of the preliminary inventory.

From the exercises done so far some obvious lacks of information in the preliminary inventory became obvious:

- The emission factors for hospital waste incineration provided by the UNEP Toolkit need revision. The description of class 1 installations (uncontrolled batch combustion, no APCS) fits well with many Thai installations. However, the emission factor of 40,000 µg I-TEQ/Mg(waste) for this class has not been derived by real measurement data. Instead, default values for flue gas volume and concentrations are used that both seem unreasonably high. Applying this emission factor would yield annual emissions from these installations solely that almost equal the entire PCDD/F emissions in the Western European countries. Hence in the preliminary Thai inventory the installations that technically should belong to class1 already have been assessed using the class 2 emission factor of 3,000 µg I-TEQ/Mg(waste). This emission factor corresponds to the highest factor ever reported in Western Europe for similar installations and therefore still might reveal an upper level estimate.
  It is therefore proposed, either to more precisely describe the technology of class 1 installations (meaning of "uncontrolled batch combustion", maybe termed "barrel drum burning or stackless stove combustion") or to erase class 1 from this source group entirely.

- Regarding hazardous waste incineration no information is provided by the Toolkit on so-called co-combustion facilities using hazardous waste as supplemental fuel input. Such co-combustion is practised particularly in cement plants; however, neither sector 1 "waste incineration" nor sector 4 "Production of mineral products" takes this up. It is proposed here to insert an additional class (or classes) to sector 4, source group "Cement kilns", since the main intention of these facilities still remains to be cement production and not waste incineration.
- In the preliminary Thai inventory, sector 3 covering metallurgic processes, several inconsistencies between activity data presented in the text and the corresponding tables as well as wrong assignment of activity and classification were found. Further, as already mentioned in the preliminary Thai inventory, activity data on some non-ferrous metals, particularly copper, is lacking.

Based on this training PCD staff should now be able to extend the work started with sectors 1 to 3 to the other sectors. This is not only seen as a useful exercise but lays the fundament for a thorough update and a most efficient completion of the Thai inventory.

Field survey of potential dioxin emission sources

3.2.2 Plant visitations

PCD organised a three day visitation of installations that could be relevant for the national dioxin emission inventory. The installations covered

- Crematories
- Pulp-and-paper plant
- Power plant
- Hospital waste incineration
- PVC production
- Chlorine production

The visitations were finished by a short visit of the Rayong industrial estate.

Following, a brief description of the installations and an assessment of the information gained with respect to the inventory is given.

3.2.2.1 Crematories

As already outlined in the preliminary dioxin inventory, the Thai crematories may contribute considerably to the overall emissions in Thailand. This is predominantly due to the fact that cremation is the traditional way Thais are burying their dead. Therefore, the cremation rate was estimated to be 95%. The temple visited has two cremation installations which both must be considered as relatively low emitting since they have a dual furnace (primary chamber/afterburner) construction. Besides the furnace regularly used with a capacity of ca. 6 cremations/day a new developed, smaller installation was shown. This unique small crematory was constructed with particular attention to energy saving. According to information supplied by an officer

from the municipality both installations belong to a group of approx. 20 crematories in Bangkok equipped with afterburner. All other crematories are simpler single chamber installations.

Regarding potential dioxin emissions not only the construction of furnace but also the materials allowed to b e burned may be important. At the visited site all materials like decoration plastics as well as the coffin roof is withdrawn before cremation. This can be seen as a good practice for lowering potential emissions.

3.2.2.2 Pulp-and-paper plant

One of the largest pulp-and-paper plants of Thailand was visited to assess the role of chlorine as bleaching agent. It was confirmed by the company that still chlorine is used but to a reduced extent since additionally hydrogen peroxide is added. For the inventory this means that the worst emission factor (related to product contamination) listed in the UNEP Toolkit should be applied. Whether this might lead to an exaggeration of actual product contamination could be checked by doing some exemplary analyses.

3.2.2.3 Power Plant

The 1.5 GW Ratchaburi power plant visited uses natural gas as main fuel which is occasionally – depending on market conditions - replaced by heavy oil or diesel oil. According to operator information the frequency of oil based operation is almost negligible. For natural gas combustion a very low emission factor applies and the emissions from this plant can therefore be assessed as irrelevant.

3.2.2.4 Hospital waste incineration

The most relevant installation visited was a small waste incinerator located at the medium-size hospital at Sam Pran Hospital, Nakorn Pathom Province. This installation is a prototype of a Thai build new system developed in order to achieve lower emissions than experienced with the standard mono-furnace installations. The prototype is a two chamber furnace with sub-stoichiometric combustion in the first chamber and a subsequent afterburner. Afterburner temperature is in the range of 900 to 1000 °C, a temperature that must be seen as somewhat low to be on a safe side with regard to dioxin destruction. The flue gas is rapidly quenched and further treated in a wet scrubber, thus releasing water emissions. According to the developer it is planned to replace the wet scrubber by fabric filters. If so, the best choice would be a catalytically active filter with dioxin destruction characteristic. A dioxin emission measurement has already been carried out at this installation. The measurements revealed flue gas concentrations about 0.7 ng I-TEQ/m³.

This development can be seen as a significant step towards an improvement of the current Thai situation which is characterised by several hundred simple furnace installations operated at the hospitals.

3.2.2.5 PVC and chlorine production

Located in the Rayong industrial estate, a chemical complex including a PVC production and an electrolytic chlorine production plant was visited. With respect to PVC production, dioxin emissions are to be expected if the residual materials from EDC reactor are released to the environment without proper treatment. At the visited plant, however, all waste materials (gases and solids) are treated in an on-site hazardous waste incinerator. The construction of the incinerator with a combustion temperature of 1300°C, rapid quenching and wet flue gas cleaning assures low dioxin emissions. Here, too, a dioxin emission measurement had been conducted on operator's behalf and revealed concentrations below 0.1 ng I-TEQ/m³. Nevertheless, this facility is of considerable importance for the Thai dioxin inventory since up to now no hazardous waste incinerators are mentioned in the preliminary inventory report. It may be anticipated that similar incinerators exist at other locations which should be identified. Finally, the chlorine production plant was told to be quite new and therefore the only relevant indication for dioxin emissions – use of graphite electrodes – does not apply. According to the operator the same is the case for all similar installations in Thailand.

3.2.3 Wrap-up meeting and recommendations for further work

On the last day of the consultant's stay at Bangkok the insights gained during the visitations and remaining questions with regard to the inventory report were discussed. In view of the limited time remaining for finalising the inventory it was highly recommended to use the preliminary inventory as condensation nucleus for the final report. Using the new activity rate tool a rapid revision of the calculations done so far and corrections of apparent errors should be made. Some effort appears meaningful to better estimate the activities of certain sources; however, it should be taken into account that such effort only would be efficient if significant changes in the inventory are expected. For example, a better knowledge on the real waste throughput in the hospital waste incinerators might reduce the emission estimate that is based on a capacity evaluation so far.

To facilitate the further work the consultant finally provided a table (see below) listing all source categories in the preliminary inventory which demand some further activity. These activities are distinguished into "must do" and "may do" to indicate priorities to be taken. Source categories not mentioned in this list can be taken as sufficiently considered and should be included in the final draft as given in the preliminary inventory report.

Table 1. Recommended to-do-list for revision of Thai dioxin emission inventory

Missing data	Must do	May do
Hazardous waste incineration	Check for more facilities in chemical (PVC) industry; if exist, check technology and activity rate	
Hospital waste incineration	Correct figures given in Inventory (see exercises)	Check for class1 facilities (barrel burning, open burning); if exist, assume on share of total waste being burned in class1 facilities
Secondary copper production.	Check to whom questionnaires had been sent and who did/did not answer. If reported number of plants appears not reliable, check for better information (Estate, metal and. Clubs, Thai production statistics)	
Secondary aluminium production	Same as for copper	
Secondary lead production	Check statistical data and questionnaire results on production (latter were 6 times higher than statistics);	
Biomass power plants		Check for other fuel consumption than wood; if exist, increase activity rate accordingly
Cement prod	Check calculation (appear to be wrong)	
Lime production	Make calculation more transparent (AR-tool)	
Brick combustion		Check for better production data (yet only assumption)
Ceramics prod.		Same as for bricks
Transportation	Check for 2-stroke engines activity	
Uncontrolled combustion	Check for assumptions made regarding landfill fires and open burning of waste	Check for forest fires and comparable virgin materials burned
Pulp&paper	Refinement needed; check basic data of questionnaires for missing information	
Cremation	Check for installations with afterburners and assigned number of cremation (→ class 2);	
Landfills	Take data given in waste inc. sector for waste being landfilled; emission factor to land will be available in next version of Toolkit	
Sewage sludge		Check for activity data
Open water dumping		Check for activity data
Waste oil treatment –non thermal		Check for activity data

Besides the list given above there is a number of sources which might exist in Thailand but are not covered by the Toolkit structure:

- Co-combustion of hazardous waste (tyres, chemicals) in cement plants; if such activity exists insert new subcategory/class in cement production
- Industrial combustion plants to generate heat or electricity (not public power plants)
- Waste oil combustion (e.g. originating from automotive workshops); if exists, new subcategory either in "open burning" (if oil is combusted on site in barrels) or in industrial combustion or to be considered in co-combustion in cement plants

PCD is recommended to use the list above as a work plan to complete and finalise the inventory. The consultant agreed to revise any chapter delivered by PCD and to further assist in case of up-coming questions.

4 Final comments and recommendations

4.1 Presentation of the inventory

It is obvious already from the preliminary inventory report that the national dioxin emission freight of Thailand might be dominated by sources of uncontrolled combustion, in particular landfill fires and open on-field burning of agricultural residues. However, for these source categories very large uncertainties exist with respect to both, activity rate and emission factor. It appears to be more or less a guess how much mass of the landfilled waste is combusted annually by unintentional and uncontrolled fires. Therefore, in order to make use of the inventory for directing abatement measures it might be wise to separate these highly uncertain source categories and to put the focus on those with better certainty. Hence, besides the usual inventory table according to the UNEP Toolkit template further sub-inventories should be drafted that provide a better view on those sources that may be subjected to specific action in future.

Moreover, since activity rates in certain cases may be estimated only based on assumptions an indication on the uncertainty resulting from this procedure should be given. This can be done in producing two inventories with minimum and maximum emission estimates. Another option is to introduce a qualitative uncertainty classification /e.g. "very high", "high", "medium", "low", "very low").

4.2 Future updates of the inventory

By use of the methodology of UNEP Toolkit in combination with the Activity Rate tool introduced in the training any future update can be realised with convenience. The need for updating may rise from one of these events:

1. Toolkit emission factors are revised and change
2. New information is provided on certain activities which cause the need for revision of an existing inventory
3. New source categories are introduced into the Toolkit.
4. The inventory shall be adjusted to a new reference year/period with different activity rates

In order to keep transparency any update should be made using copies of the files that have been produced so far. It is highly recommended not just to overwrite data in files that are the basis of an already made (and maybe published) inventory. Best practice is to have all files and reports of a given inventory kept together in a dedicated directory also including a "readme" file that contains information on

- the names of staff being involved and the work each has done
- the reference year/period of the inventory
- the date of finalisation
- the version of inventory
- the reason for updating and a list of changes made compared to the previous version

4.3 Recommendations regarding measurement programmes

4.3.1 Emission measurements

Within the Thai activities concerning the Stockholm Convention NIP a dioxin emission measurement program was carried out in the late 90s and the results were published in 2001. This program included a number of potential emission sources and revealed that particularly hospital waste incineration and secondary steel production must be considered major contributors to the national emissions. Regarding the hospital waste incinerator it must be noted that the measured installation belonged to the few large-capacity facilities. This implies that the combustion technology to a certain degree limits dioxin generation and the measured values --still high compared to European standard – may be not transferred without deeper insight to the more common small facilities. For these, a number of several hundred has been evaluated to be in operation in the preliminary inventory. Looking at numbers and associated capacities, more than 60% of the hospital waste throughput in Thailand might be incinerated in these small facilities. However, this could be an exaggeration if capacities are not used up in reality.

Nevertheless, additional emission measurements at small capacity incinerators would highly contribute to a more certain view on the impact of these facilities on the national dioxin emissions. Without some real-life data the emissions calculated for this source category will remain uncertain, also because the correct assignment of Toolkit emission factors has been shown to be problematic (see discussion in the preliminary inventory report).

From the impressions and information gathered during the consultancy stay in Thailand no further urgent need for emission measurements was revealed. However, there are some sources which have been evaluated insufficiently so far, particularly those in the non-ferrous metal industry (copper production). In case the further inventory work will show considerable relevance of these source categories additional demand for emission measurements may rise.

4.3.2 Other measurements

In order to assess the local impact of emissions from dioxin sources monitoring of deposition and/or ambient air concentration has frequently been applied in Germany and other European countries. Such measurements may be an option in Thailand with respect to sources which are evaluated in the inventory to emit at least one gram I-TEQ per year. Such measurements, usually carried out for a longer period collecting monthly samples may provide additional verification of the relevance of a source.

Further, a survey of food contamination could be useful to better assess the impact of dioxin air emissions to the public health. Even with high air emissions the associated risk might be less than in other countries since Thai daily food comprises large fractions of sea food gathered off shore. Thus the terrestrial transfer chain usually considered in Europe as the dominant pathway from emissions to human exposure may be of less importance in Thailand.

Regular analyses of mother's milk may serve as an indication of the actual state of human health protection.

4.4 Advise regarding institutional capacities

According to information provided by the Pollution Control Department PCD there is high awareness of the problem of environmental contamination by dioxins and furans in various political instances (ministries). The awareness finds its expression in the fact that some regulations on dioxins and furans have already come into force. For municipal and hazardous waste incineration, respectively, emission limits already have been imposed. These are set at 30 ng/m³ (total PCDD/F) or 0.05 ng I-TEQ/m³ in case of municipal waste and 0.5 ng I-TEQ/m³ in case of hazardous waste incineration. These values are comparable to European regulation (0.1 ng I-TEQ for all types of waste incinerators) and will be sufficient to maintain a good state of the environment if they are complied with.

However, compliance to emission limits set by the authorities must be controlled to assure the effectiveness of the regulation. In case of dioxins and furans such control can only be realised by carrying out emission measurements. As far as there is information available no governmental institution is able to do so; and there is only one private company which already could provide such service in Thailand (SGS) by taking emission samples which in turn are analysed in the European laboratories. At the time being this measurement capacity might still suffice to control the small number of waste incinerators being operated. But, sampling team availability could become a limiting factor in case more incinerators would be build or other industrial facilities are subjected to mandatory emission measurements.

Such development appears quite probable in the coming years taking into account that hospital waste incineration constitutes the major "industrial" source for dioxins and furans in Thailand (as revealed by the recently finished Thai dioxin emission inventory). As it happened with this sector in Europe during the recent decade, a decline of the small, decentralised installations operated at the hospital sites is likely to occur. Instead, larger incinerators which can be operated at better controlled conditions and which allow to apply dioxin-specific abatement systems would be installed. Of course, a functioning waste collection system would be an important precondition for the feasibility of this option.

Further need for emission measurement capacity might be generated if other industrial sources, e.g. in the metal industry, were to be investigated for their stack releases of dioxin and furans.

Therefore, capacity for taking samples from flue gases, soil, water, and deposition should be build up in the near future. This could be done within governmental institutions or using the service of private companies. In the latter case some system of accreditation by governmental authorities should be implemented to assure sufficient expertise of the sampling teams. Further, standard methods to be applied (e.g. the European standard EN1948 or US EPA method 23) should be defined. Thus in any case expertise on taking environmental sampling must be available at the authorities – either to carry out the work by themselves or to check the competence of private services. It is further advisable to establish a close relation of such "sampling expert group" to experts having knowledge of the peculiarities of the various industries existing in Thailand, e.g. as they are employed at the Industrial Estates.

On the other hand there is no a priori need for having laboratories for analysing PCCD/Fs in Thailand. Samples may be shipped to foreign countries (Japan, the US, Europe) for analysis. Due to high competition in Europe the prices for dioxin analyses have fallen considerably in the recent years and can be estimated to be about 500 € (470 US$) per sample.

4.5 Advise regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs

From principle considerations there is a ranking list of actions which should be followed as

prevention of PCDD/F formation

collection of formed PCDD/F to prevent release into the environment

destruction of collected PCDD/F

safe disposal if destruction is not feasible

Prevention of formation of course is the best way to protect the environment from unintentional POPs. However, measures to reach this goal are quite limited in many cases. In industry, control of input materials in order to minimise dioxin precursor input (e.g. PCBs, PVC coatings) and operation conditions minimising the probability of de-novo formation (e.g. rapid cooling of flue gases below the "formation temperature window") belong to these possibilities. However, in many cases such measures may

decrease the dioxin formation to a level still being unsatisfactory. Then specific dioxin abatement measures have to be implemented. Since such systems, like carbon injection or catalytic fabric filters, are rather expensive the major barrier to follow this route might be the limited funds available.

Regarding non-industrial sources the prevention of dioxin formation does not need expensive technical investments but still is difficult to realise . Some improvement may be achieved by banning certain fuels used for domestic cooking and heating provided these fuels can be replaced easily by others with similar availability and prices. Such options should be carefully checked before a dedicated regulation is made, because large investments in the infrastructure (e.g. distribution network of pipelines for natural gas supply) might be necessary.

It is even more difficult to convince people to change adverse behaviour which results in dioxin formation, like e.g. backyard burning of waste or agricultural residue burning. Both customs are likely to be related with poverty and thus only may be overcome if the general income situation of the population is improved. As far as backyard waste burning is concerned it could possibly be reduced to a certain degree by establishing an effective waste collection system.

If PCDD/F formation cannot be prevented, the formed dioxins and furans should be retained to avoid their release to the environment. This is an option almost exclusively applicable to industrial sources where emissions occur as stack flue gases. More complicated are fugitive emissions from working halls or from open-air operations.

As mentioned above, extraction and collection of dioxins and furans from flue gases generally needs specialised and expensive equipment. In case the installation of such abatement systems is considered this should be done in an integrative way taking into account the consequent steps of handling the collected dioxins. As far as possible, a system that collects and destructs PCDD/Fs in one step (like catalytic filters) is favourable. Active carbon injection will yield a solid waste stream that has to be subjected to high-temperature destruction afterwards. This may be done in waste incinerators or cement kilns, provided they are operated at appropriate conditions and their emissions can be monitored.

4.6 Recommendations on a strategy to promote awareness

Reducing dioxin emissions is not an easy task due to the large variety of sources involved and the high costs for measurements and end-of-pipe technologies for effluent cleaning. Therefore efforts should be directed at first to find possibilities for improving the situation by primary measures (e.g. better control of input materials, change of adverse behaviour). Examples could be checks of scrap composition at electric arc furnaces, awareness rising directed at crematoria operators concerning materials to be withdrawn before cremation. However, quite frequently such primary measures are limited in effect and/or can be realised best on sources that are of less relevance.

In case abatement is only possible by severe intervention to economic or technical procedures all effort should be concentrated to those sources which promise the largest reduction effect. This may of course generate considerable resistance of the concerned stakeholders which may claim apparent injustice. Therefore, it is essential

to install a highly transparent communication to the public and all stakeholders concerned. The emission inventory, its basis, limitations and uncertainties should be clearly introduced and the reasoning for the selected actions must be made transparent. Cost/effectiveness studies on different options – if such exist – may help in this phase. A forum for permanent monitoring of the process may be installed, such as a round table involving all stakeholders, delegates from environmental groups and communication companies (TV, newspapers, broadcasting).

It might be a good idea to found such forum before the inventory is completed and published and to keep the members informed on the progress of the ongoing work. Otherwise there could be the danger of surprise when the inventory is released (in many cases data from such studies is spread around before the official release date and before a press communication could take place!). Surprise on an environmental issue associated with high awareness of danger as is the case of dioxins could lead to "panic" reactions in the public perception and thus could make the starting position for future activities difficult.

It should be made clear that all actions on dioxins are addressing the long-term effects of these compounds from the viewpoint of precaution. Except for accidental releases or certain occupational exposures there is no danger of suffering from acute toxic effects. Therefore, measures that have to be taken do not need to be scheduled on very short-term schedules. Nevertheless, it is always helpful to have clear visions of the goals to be reached. And these goals should be as realistic as possible. Very clearly, due to the multitude of possibilities for dioxin formation, a complete phase-out of emissions will not be feasible. Under optimal conditions, industrial emissions may attract a level well below non-industrial emissions, which to a large part cannot be controlled.

In order to monitor the progress of emission reduction and also to identify the time when any additional efforts will have only negligible impact a long-term monitoring activity of an appropriate indicator, like human milk, could be helpful. Such indicator data, published regularly and illustrating the achieved state of human health protection can be powerful instruments to rise awareness on the one hand and to avoid exaggerated reactions on the other.

Dr. rer. nat. Ulrich Quass

คณะผู้จัดทำ

รายงานทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ประเภทปลดปล่อยโดยไม่จงใจ

ดำเนินการศึกษาและจัดทำรายงานโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล ผู้เชี่ยวชาญระดับชาติ โครงการ NIP/POPs

ที่ปรึกษา

1.	นายอภิชัย	ขวเจริญพันธ์	อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ
2.	นายอดิศักดิ์	ทองไข่มุกต์	รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ
3.	นายจารุพงศ์	บุญ-หลง	ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs
4.	นางสุณี	ปิยะพันธุ์พงศ์	ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
5.	นางสาวพรพิมล	เจริญส่ง	ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย

ผู้ประสานงาน

1.	นางสาวพรพิมล	เจริญส่ง	ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย
2.	นายมานพ	บุญแจ่ม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 6ว
3.	นางสาวศศิวิมล	แนวทอง	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 6ว
4.	นางสาวสุวลักษณ์	เยาว์นุ่น	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
5.	นายธนาพันธุ์	แพทย์พันธุ์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
6.	นางสาวพิมพักตร์	พงศ์พิสุทธิ์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม

คณะอนุกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

1.	รองศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร กีรตินิจกาล	ประธานอนุกรรมการฯ
2.	อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ	รองประธาน
3.	ผู้แทนกรมโรงงานอุตสาหกรรม	คณะกรรมการ
4.	ผู้แทนกรมวิชาการเกษตร	คณะกรรมการ
5.	ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา	คณะกรรมการ
6.	ผู้แทนกรมอนามัย	คณะกรรมการ
7.	ผู้แทนกรมศุลกากร	คณะกรรมการ
8.	ผู้แทนสำนักงบประมาณ	คณะกรรมการ
9.	ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	คณะกรรมการ
10.	ผู้แทนกรมองค์การระหว่างประเทศ	คณะกรรมการ
11.	ผู้แทนกรมสนธิสัญญาและกฎหมาย	คณะกรรมการ
12.	ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ	คณะกรรมการ
13.	ผู้แทนกรุงเทพมหานคร	คณะกรรมการ
14.	ผู้แทนกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น	คณะกรรมการ
15.	ผู้แทนกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	คณะกรรมการ
16.	ผู้แทนสำนักความร่วมมือด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ	คณะกรรมการ
17.	ผู้แทนการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	คณะกรรมการ
18.	ผู้แทนสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	คณะกรรมการ
19.	ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ	เลขานุการ
20.	ดร. จารุพงศ์ บุญ-หลง ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs	เลขานุการร่วม
21.	ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ	ผู้ช่วยเลขานุการ

UNEP GEF

NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457

กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457

Inventory Report on Unintentional Persistent Organic Pollutants (Dioxins/Furans)

POPs

Unintentional POPs

Enabling Activities for Development of National Plan for Implementation of the Stockholm Convention on POPs: Project no. GF/2732-03-466

UNEP GEF

NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400, THAILAND Tel: (662) 298 2457

กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ (662) 298 2457

Acknowledgments

Inventory report on Unintentional Persistent Organic Pollutants (POPs), which is a part of national implementation plan (NIP) that is obliged under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, is achieved through financial supports from the Global Environment Facility (GEF) and the United Nations Environment Programme (UNEP) and in kind support from Pollution Control Department (PCD), Ministry of Natural Resource and Environment. I would like to express my special thanks to Dr. Jarupong Boon-Long, NIP/POPs Project Manager for his kindly consult, advice and help during the preparation of this report.

My sincere thanks is also extended to Dr. Heidelore Fiedler from UNEP and Dr. Ulrich Quass from Muller-BBM GmbH, Germany for their valuable advices on the preparation and analysis of the inventory data for dioxins/furans emission.

My gratefulness is extended to National Coordination Committee on the Stockholm Convention and Task Force Committee on Unintentional POPs Inventory for their valuable advices, supports and co-ordination on relevant activities.

Special thanks are also expressed to PCD administrative staffs including Mr. Apichai Chvajarernpun - Director General, Mr. Adisak Thongkaimook - Deputy Director General, Mrs. Sunee Piyapanpong - Director of Waste and Hazardous Substance Management Bureau, Ms. Pornpimon Chareonsong – Director of Hazardous Substance Division for their kindly facilitation and invaluable advices on data collection and analysis as well as PCD staffs in Waste and Hazardous Substance Management Bureau including Ms. Pornpimon Chareonsong, Mr. Manop Boonjam, Ms. Sasivimon Naewthong, Ms. Suwalak Yaonoon, Mr. Thanaphan Phaetphan and Ms. Pimpax Pongpisut for their help on gathering inventory data for dioxins/furans emission from potential source categories.

The inventory for dioxins/furans will not be accomplished without collaborations from many relevant governmental organizations, state enterprises, non-governmental organizations and industries as mentioned in chapter 1 and 3 of the report. All collaborations are highly appreciated with thankfulness.

Chalongkwan Tangbanluekal, Ph.D.
NIP/POPs National Expert on Unintentional POPs
31 August 2005

Contents

		Page
Acknowledgments		i
List of Tables		vi
List of Figures		viii
Chapter 1	Stockholm Convention and Unintentional Persistent Organic Pollutants	1-1
	1.1 Organizing Committee	1-2
	1.1.1 National Coordination Committee on the Stockholm Convention	1-2
	1.1.2 Task Force Committee on Unintentional POPs Inventory	1-3
	1.1.3 Task Force Team for PCDDs/PCDFs Inventory	1-4
	1.2 Institutional Capacity and Legislation for Managing Unintentional POPs	1-5
Chapter 2	PCDDs/PCDFs	2-1
	2.1 Structure, TEF and Occurrence	2-1
	2.2 Sources and Emission to Environment	2-3
	2.3 Health Impact from PCDDs/PCDFs Exposure	2-6
	2.3.1 Toxicity of TCDD	2-6
	2.3.2 Toxicokinetics and Metabolism of TCDD	2-6
	2.3.3 Adverse Health Effect of PCDDs/PCDFs	2-8
	2.3.3.1 Chloracne	2-8
	2.3.3.2 Characteristic of Toxicity	2-8
	2.3.3.2.1 Acute Toxicity	2-8
	2.3.3.2.2 Chronic Toxicity	2-8
	2.3.3.3 Immunotoxicity	2-9
	2.3.3.4 Reproductive and Developmental Effects	2-9
	2.3.3.5 Endocrine Disruption	2-10

Page

2.3.3.6 Carcinogenesis 2-10

2.3.3.7 Other Effects 2-11

2.4 Environmental Impact from PCDDs/PCDFs Exposure 2-11

2.4.1 Impact on Plants 2-11

2.4.2 Impact on Invertebrates 2-11

2.4.3 Impact on Fishes 2-12

2.4.4 Impact on Birds 2-12

2.4.5 Impact on Mammals 2-12

2.5 Dietary Exposure to PCDDs/PCDFs and Impact on Human Health 2-13

2.6 PCDDs/PCDFs Emission in Other Countries 2-15

Chapter 3 Inventory Development for Sources and Releases of PCDDs/PCDFs Production and Estimation 3-1

3.1 Introduction 3-1

3.2 Methods for Data Compilation and Analysis 3-3

3.3 Results 3-4

Category 1 – Waste Incineration 3-4

Category 2 – Ferrous and Non-Ferrous Metal Production 3-7

Category 3 – Power Generation and Heating 3-9

Category 3 – Power Generation and Heating 3-9

Category 4 – Production of Mineral Products 3-10

Category 5 – Transport 3-12

Category 6 – Uncontrolled Combustion Processes 3-13

Category 7 – Production of Chemicals, Consumer Goods 3-15

Category 8 – Miscellaneous 3-17

Category 9 – Disposal / Landfills 3-19

Page

Category 10 – Hot-spots 3-20

3.4 Conclusion and Recommendations 3-20

Appendix 1 : UNEP's Toolkit's Emission Factors

Table A1 Default emission factors for Category 1 – Waste incineration A-1

Table A2 Default emission factors for Category 2 – Ferrous and non-ferrous metal production A-2

Table A3 Default emission factors for Category 3 – Power generation and heating/cooking A-3

Table A4 Default emission factors for Category 4 – Production of mineral products A-3

Table A5 Default emission factors for Category 5 – Transport A-4

Table A6 Default emission factors for Category 6 – Uncontrolled combustion process A-4

Table A7 Default emission factors for Category 7 – Production and use of chemicals and consumer goods A-5

Table A8 Default emission factors for Category 8 – Miscellaneous A-6

Table A9 Default emission factors for Category 9 – Disposal / Landfill A-7

Table A10 Default emission factors for Category 10 – Hot-spots A-7

Appendix 2 :

Mission Report on PCDDs/PCDFs Inventory for the Stockholm Convention National Implementation Plan of Thailand by Dr. Ulrich Quass, Muller-BBM GmbH, Germany 1

Index 2

1 Background 3

Page

2 Tasks 3

3 Execution 4

3.1 Preparation of Background and Training Materials 4

3.2 Training Workshop and Further Collaboration with PCD, Bangkok 5

3.2.1 Traning workshop 5

3.2.2 Plant visitation 6

3.2.2.1 Crematories 6

3.2.2.2 Pulp-and-paper Plant 7

3.2.2.3 Power plant 7

3.2.2.4 Hospital waste incineration 7

3.2.2.5 PVC and chlorine production 8

3.2.3 Wrap-up meeting and recommendations for further work 8

4 Final comments and recommendations 10

4.1 Presentation of the inventory 10

4.2 Future updates of the inventory 10

4.3 Recommendations regarding measurement programmes 11

4.3.1 Emission measurements 11

4.3.2 Other measurements 12

4.4 Advice regarding institutional capacities 12

4.5 Advice regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs 13

4.6 Recommendations on a strategy to promote awareness 14

List of Tables

		Page
Table 2-1	International and WHO-TEF of 7 congeners of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin (PCDDs) and 10 congeners of polychlorinated dibenzofuran (PCDFs)	2-2
Table 2-2	NTP study on LD_{50} of 2,3,7,8-TCDD administered in various species	2-6
Table 2-3	U.S.EPA's estimation of the average adult daily exposure to dioxins dietary intake (pg/d)	2-13
Table 2-4	U.S.EPA's estimation of toxic concentrations (pg/g) of dioxins in 10 food categories	2-14
Table 2-5	PCDDs/PCDFs emission in different countries	2-16
Table 3-1	Annual releases from Category 1 – Waste incineration	3-5
Table 3-2	Annual releases from Category 2 – Ferrous and non-ferrous metal production	3-8
Table 3-3	Annual releases from Category 3 – Power generation and heating	3-10
Table 3-4	Annual releases from Category 4 – Production of Mineral Products	3-11
Table 3-5	Annual releases from Category 5 – Transport	3-12
Table 3-6	Annual releases from Category 6 – Uncontrolled combustion processes	3-14
Table 3-7	Annual releases from Category 7 – Production of chemicals, consumer goods	3-16
Table 3-8	Annual releases from Category 8 – Miscellaneous	3-18
Table 3-9	Annual releases from Category 9 – Disposal/Landfill	3-19
Table 3-10	Annual releases from Category 10 – Hot-spots	3-20
Table 3-11	Inventory matrix of PCDDs/PCDFs emission from source categories To environment media	3-21

Page

Table 3-12 Percent of PCDDs/PCDFs releases per media in source categories inventory 3-22

List of Figures

		Page
Figure 2-1	Structure of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs)	2-1
Figure 2-2	Mechanism of action of TCDD	2-7

Chapter 1

Stockholm Convention and Unintentional Persistent Organic Pollutants

Persistent organic pollutants (POPs) are chemical substances that resist photolytic, biological and chemical degradation, have long half-lives and persist in the environment for long periods. Due to their characteristics of low water solubility and high lipid solubility, they are bioaccumulated in fatty tissue of living organisms through the food web and cause adverse effects to human health and the environment. These urge the international community to call for urgent global actions to reduce and eliminate releases of these chemicals.

At its ninth meeting in May 1995, the UNEP Governing Council adopted Decision 18/32 concerning POPs. The decision invites the Inter-Organization Programme on the Sound Management of Chemicals (IOMC), working with the International Programme on Chemical Safety (IPCS) which is a joint venture of the United Nations Environment Programme (UNEP), the International Labour Organisation (ILO) and the World Health Organization (WHO), and the Intergovernmental Forum on Chemical Safety (IFCS) to undertake an assessment process addressing POPs in relation to human health and the environment.

The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants was adopted with the objective of protecting human health and the environment from POPs including 12 substances: aldrin, dieldrin, endrin, DDT, toxaphene, chlordane, heptachlor, mirex, hexachlorobenzene, PCBs, dioxins and furans. The Convention is open for signature at Stockholm on 23 May 2001 and at the United Nations Headquarters in New York from 24 May 2001 to 22 May 2002. The Convention entered into force on 17 May 2004 in accordance with paragraph 1 of Article 26 of the Convention after 90 days of the submission of the fiftieth instrument of ratification. Up to date, there are 151 signatured countries and 94 ratified countries. Thailand has ratified the Convention on 31 January 2005 which Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environments serves as the Focal Point for the Stockholm Convention.

In implementing the Stockholm Convention, Thai governments will take measures to eliminate or reduce the release of POPs into the environment in accordance with paragraph 1 of Article 7 of the Stockholm Convention which states that each Party shall

develop and endeavor to implement a plan for the implementation of its obligations under the Convention and to transmit its plan to the Conference of the Parties within two years of the date on which the Convention enters into force for it. Financial support for eligible countries to develop these plans is available through the Global Environment Facility.

1.1 Organizing Committee

1.1.1 National Coordination Committee on the Stockholm Convention

In order to achieve the National Implementation Plan (NIP) on the Stockholm Convention, National Coordination Committee (NCC) has been set up to consider and give advices on the National Profile.

The NCC consists of Director General or representative from many relevant ministries and stakeholdes listed as followings:

Dr. Vichien Keeratinijakal Kasetsart University	Chairman
Mr. Apichai Chvajarernpun Director General, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE)	Co-Chairman
Mr. Soodsakorn Putho / Ms. Sirakarn Srilekha Department of Industrial Works, Ministry of Industry	Committee
Mrs. Panpimon Chunyanuwat / Mr. Tawatchai Hongtrakul Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperative	Committee
Ms. Jaruwan Tabthiang Department of Health, Ministry of Public Health	Committee
Mrs.Virapun Songsujaritkul / Ms. Sudaporn Tungkijvanichkul The Customs Department, Ministry of Finance	Committee
Mr. Somsak Triamjangarun / Dr. Kengkarn Louvirojanakul Department of International Organizations, Ministry of Foreign Affairs	Committee
Ms. Oracha Tanakorn / Ms. Kakanang Amaranand Department of Treaties and Legal Affairs, Ministry of Foreign Affairs	Committee
Mrs. Suchana Choocherd / Mr. Vorawit Muenthong Department of foreign Trade, Ministry of Commerce	Committee
Ms. Amornrat Leenathikul / Mr. Pansak Pramokchon / Dr. Aurus Kongphanich The Food and Drug Administration, Ministry of Public Health	Committee

Ms. Sukanya Boonchalernkit Department of Environmental Quality Promotion, MONRE	Committee
Mr. Akkadej Homsethee / Ms. Thipyanee Suwanwijit Bangkok Metropolitan Administration	Committee
Mr. Wijarn Kulchanarat / Mr. Chaipat Chaisawat / Mr. Somyos Pholsawang Department of Local Administration, Ministry of Interior	Committee
Mrs. Chomphoonut Chuangchote / Mr. Chamnong Paungpook / Ms. Benjamas Junaiem Office of National Economic and Social Development Board, Office of the Prime Minister	Committee
Ms. Nawarat Anomasiri / Ms. Chanya Youngyuen The Bureau of the Budget, Office of the Prime Minister	Committee
Ms. Somchint Pilouk / Ms.Thucsina Panichnun The Industrial Estate Authority of Thailand	Committee
Mrs. Willailak Suraphruk Office of International Cooperation on Natural Recourses and Environment, MONRE	Committee
Mr. Pairat Tangkaseranee / Mr. Chaveng Chao The Federation of Thai Industry	Committee
Mrs. Sunee Piyapanpong Pollution Control Department, MONRE	Secretary
Dr. Jarupong Boon-Long NIP/POPs Project Manager	Co-Secretary
Ms. Pornpimon Chareonsong Pollution Control Department, MONRE	Assistant Secretary

1.1.2 Task Force Committee on Unintentional POPs Inventory

NCC has also set up the Task Force Committee on unintentional POPs inventory. The Task Force Committee has authority and duty to consider on unintentional POPs issues such as a mechanism and assessment detail, plan and management guideline, suggestion on inventory data, regulation and legislation enforcement.

This committee is chaired by Mr. Apichai Chvajarernpun, Director General, PCD in close collaboration with representatives from PCD, DIW, BMA, DOH, DOA, Department of Local Administration, IEAT, FTI and Dr. Chalongkwan Tangbanluekal, National Expert on Unintentional POPs as listed:

Mr. Apichai Chvajarernpun Director General, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE)	Chairman
Ms. Sirakarn Srilekha Department of Industrial Works, Ministry of Industry	Committee
Mr. Akkadej Homsethee / Ms. Voranuch Suay-kakao Bangkok Metropolitan Administration	Committee
Mr. Anan Suwanrat / Mr. Tawatchai Hongtrakul Department of Agriculture, Ministry of Agriculture	Committee
Ms. Sukarnda Padpadee Department of Health, Ministry of Public Health	Committee
Ms. Somchint Pilouk / Ms.Muthita Triwittayapum The Industrial Estate Authority of Thailand	Committee
Mr. Chaveng Chao / Mr. Pairat Tangkaseranee The Federation of Thai Industry	Committee
Dr. Chalongkwan Tangbanluekal Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University	Committee
Ms. Pornpimon Chareonsong Pollution Control Department, MONRE	Secretary

1.1.3 Task Force Team for PCDDs/PCDFs Inventory

PCD has assigned the Task Force Team for PCDDs/PCDFs inventory to gather data on PCDDs/PCDFs emission from potential source categories and establish the inventory data. The Task Force Team is leaded by Dr. Chalongkwan Tangbanluekal in collaboration with staffs from Bureau of Hazardous Substance and Waste Management as listed :

Ms. Pornpimon Chareonsong
Mr. Manop Boonjam
Ms. Sasivimon Naewthong
Ms. Suwalak Yaonoon
Mr. Thanaphan Phaetphan
Ms. Pimpax Pongpisut

to gather inventory data of PCDDs/PCDFs from potential source categories.

1.2 Institutional Capacity and Legislation for Managing Unintentional POPs

Thai government has recognized the problem of chemical hazards as a high priority in correspondence to the chemical management under the Chapter 19, Agenda 21 as it has been tackling health and environmental problems and enacted legislation at the national level since 1960. There are many governmental institutions that play role and responsibility in management of unintentional POPs. Several legislations concerning environmental and health problem are enacted by the King, by and with the advice and consent of the National Legislative Assembly, acting as the National Assembly. Legislation are established and listed according to its significance from more to less as Act, Royal decree, Ministerial Regulation and Notification and enforced by Minister which has authority to prescribe any activity for execution of the legislation and appointment of officials in charge. However, the Ministerial Regulations and Notification shall come into force upon their publication in the Government Gazette. In addition, there are non-governmental organizations at national and international level that also concern on environmental and health safety such as Thailand Environment Institute, GAIN, Green Peace, etc.

Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE) is responsible for developing strategy, policies and planning to achieve environmental quality standard and pollution control. The Ministry is composed of various Departments such as Department of Environmental Quality Promotion, Pollution Control Department (PCD) and Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. PCD is served as the Focal Point for the Stockholm Convention and responsible for chemical management in general and POPs in particular. Besides it is also served as the Designated National Authority for the Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Chemicals and Pesticides in Trade (PIC) as well as the focal point for the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. The Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, 1992 is enacted to reform and improve the law on enhancement and conservation of national environmental quality which is enforced by Minister of MONRE. Two Ministerial Notifications enacted in 2003 on issueing standard control of emission from medical waste incinerator and assigning crematoria as pollutant source that must control its emission to environment. The current allowance Thai standard enacted in 1999 for Dioxin emission from municipal solid waste incinerator of capacity greater than 1 t/d is 30 ng total/Nm^3 or 0.05 ng I-TEQ/Nm^3. In addition, the Public Act, 1992 is enacted for public health safety and authorizes PCD to

be responsible for measure control of environmental pollutants, waste and hazardous waste disposal and any nuisance including odor, light, radiation, noise, heat, hazardous substance, vibration, dust and toxic ash that have adverse effect to environment and health.

Ministry of Industry (MOI) is responsible for management and control of production, import, export and having in possession of chemicals in industries, particularly those generating hazard of toxic chemicals under the provision of the Factory Act, 1992 and the Hazardous Substance Act, 1992. Ministerial Notification No.6, 1997 and No.1, 1998 are enacted under the provision of the Factory Act, 1992 on disposal of wastes or unused materials for effective control of hazardous waste management in industry. All industries are required to submit their waste manifestation and permission to transport waste from industrial plant to outside by the contractor for further disposal or treatment such as wastewater treatment, sludge treatment, landfill and incineration. In addition, MOI has enacted the Ministerial Notification in 2002 on allowance quantity for industrial hazardous waste emission from waste incinerator – emission of PCDDs/PCDFs not exceeding 0.5 ng I-TEQ/Nm^3.

Ministry of Agriculture and Cooperatives (MOA) is responsible for promoting agricultural development and production of agricultural products including rice, field crops, livestocks, fisheries as well as surveillance for toxic residue and disease control. There are many departments under MOA that involve in PCDD/PCDF inventory such as Department of Agriculture and Royal Forest Department which involve in source category 6 – uncontrolled combustion processes and category 3 – power generation and heating/cooking in biomass power plant, household heating and cooking - biomass and domesting heating – fossil fuels. Department of Agriculture, Department of Fisheries and Department of Livestock Development have managed and controlled production, import, export, and having in possession of hazard chemicals in agriculture under the Hazardous Substance Act, 1992.

Ministry of Public Health (MOPH) has managed and controlled production, controls toxic substances used as import, export, and having in possession consumer products or some other human health purposes. Ministerial Rule on disposal of medical waste, 2002 is enacted under the provision of Public Health Act, 1992 for control and management of animal carcass, biopsy tissue, contaminated sharps, infectious wastes and medical waste incineration. This Ministerial Rule also regulates the medical waste incineration to meet the specification of two chamber composed of the first burning chamber and second chamber for flue gas burning, of which should have temperature

greater than 760°C and 1000°C, respectively. In addition, Ministerial Notification on assignation on characteristic for infectious waste containment area is recently enacted on May 16, 2005 and shall come into force 90 days upon their publication in the Government Gazette. The Hazardous Substance Act, 1992 is enacted and authorizes Food and Drug Administration, MOPH to control a registration for production, import, export or having in possession of household and consumer products containing hazardous substances.

The Customs Department is responsible for prevention and control of smuggling all goods and other illegal products including import, export and re-export of hazardous substances, chemical products and hazardous wastes. Since PCDDs/PCDFs are an unintentional product from process; therefore, the Customs Department is not directly responsible for such control but will work in collaboration with other government institutions including Ministry of Commerce, Ministry of Finance and Ministry of Industry may play role in controlling of substances or chemicals that are imported to be used as raw material or catalyst of the process such as metal scrap in ferrous and non-ferrous production, chlorine or chlorinated compounds in chemical industry and production of consumer goods.

Up to now, there is no facility established for PCDDs/PCDFs analysis in Thailand. All PCDDs/PCDFs analysis would be conducted by SGS (Thailand) or other private companies to collect samples and sent out to international laboratory for further analysis. Department of Environmental Quality Promotion, MONRE is in process of requesting budget from Thai Government to establish laboratory for PCDDs/PCDFs analysis with safety concerns on health and environment.

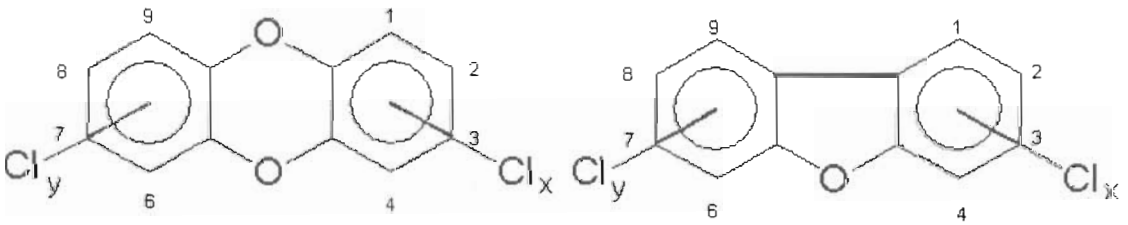
Chapter 2

PCDDs/PCDFs

PCDDs and PCDFs are classified as unintentional POPs as stated in the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. The class of compounds made up of PCDDs and PCDFs, known as dioxins and furans, have received widespread attention and attracted a great deal of research due to their lipophilicity and persistent in environment and hazardous health effect. The awareness of dangers from PCDDs/PCDFs contamination is addressed from past episode when the largest known dioxin contamination occurred when 12 million gallons of Agent Orange, a defoliant mixture contaminated with a form of the most toxic dioxins, 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD), were sprayed over southern and central Vietnam to clear forests in the Vietnam war between 1962 and 1970. Dioxins contamination also occurred from an accidental release of TCDD from chemical plant explosion at Seveso, Italy in 1976 that affected 37,000 people. Several U.S. area such as Love Canal in Niagara Falls, New York in 1978 and Times Beach, Missouri in 1983 were reported of dioxin contaminations as a result of industrial discharges or spraying of dirt roads with dioxin-contaminated waste oils. Recently, the news on dioxin poisoning afflicted Viktor Yushchenko, Ukrainian president before his election in 2004 seems to be alarmed of their hazard to health.

2.1 Structure, TEF and Occurrence

PCDDs/PCDFs have very similar chemical structures and properties. There are 75 and 135 possible congeners of PCDDs and PCDFs, respectively, of which 7 and 10



Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs)
75 possible congeners
7 have Cl substitution in position 2,3,7,8

Polychlorinated Dibenzofurans (PCDFs)
135 possible congeners
10 have Cl substitution in position 2,3,7,8

Figure 2-1 Structure of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs). Chlorine atoms (Cl_x and Cl_y) may be substituted for hydrogen atoms at any of the numbered carbon atoms.

congeners of PCDDs and PCDFs, respectively, have chlorine (Cl) substitution in position 2, 3, 7 and 8 which exhibit variety of potential toxicity, stability and persistence in the environment as shown in Figure 1-1.

The toxicity of all dioxins and dioxin-like substances are measured by Toxic Equivalency Factors (TEFs) against TCDD which is the most toxic isomer. Therefore, the toxic effect of different isomers is calculated in terms of the amount that would cause the same degree of toxicity as TCDD. The toxicity of complex mixtures are expressed as the toxic equivalent (TEQ) which can be calculated by summing the measured concentration of each congener and multiplying by its TEF:

$$TEQ = \Sigma(Conc._{PCDD\,(1...7)} \times TEF_{PCDD(1...7)} + Conc._{PCDF(1..\,10)} \times TEF_{PCDF(1...10)} + Conc._{PCB\,(1...12)} \times TEF_{PCB\,(1...12)})$$

TEF can be expressed by international TEF (I-TEF) and World Health Organization TEF (WHO-TEF). As shown in Table 2-1, WHO-TEF has been studied for PCDDs and PCDFs toxicity in humans, mammals, fish and birds.

Table 2-1 International and WHO-TEF of 7 congeners of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin (PCDDs) and 10 congeners of polychlorinated dibenzofuran (PCDFs).

Compounds	I - TEF	WHO - TEF		
		Human/Mammals	Fish	Birds
PCDDs				
2,3,7,8-Cl_4DD	1.0	1.0	1.0	1.0
1,2,3,7,8-Cl_5DD	0.5	1.0	1.0	1.0
1,2,3,4,7,8-Cl_6DD	0.1	0.1	0.5	0.05
1,2,3,6,7,8-Cl_6DD	0.1	0.1	0.01	0.01
1,2,3,7,8,9-Cl_6DD	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-Cl_7DD	0.01	0.01	0.01	<0.001
Cl_8DD	0.001	0.0001	-	-
PCDFs				
2,3,7,8-Cl_4DF	0.1	0.1	0.05	1.0
1,2,3,7,8-Cl_5DF	0.05	0.05	0.05	0.1
2,3,4,7,8-Cl_5DF	0.5	0.5	0.5	1.0
1,2,3,4,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-Cl_6DF	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-Cl_7DF	0.01	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-Cl_7DF	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl_8DF	0.001	0.0001	0.0001	0.0001

2.2 Sources and Emission to Environment

PCDDs/PCDFs are not produced for commercial purposes, but an unwanted by-product of many chemical, manufacturing, and combustion processes. They occur as trace contaminants in several chemical processes, primarily during the synthesis of chlorinated phenols; for example, 2,3,7,8-TCDD is a by-product in the synthesis of 2,4,5-trichlorophenol, an intermediate compound formed during the production of 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid and hexachlorophene.

They are formed by burning chlorine-based chemical compounds (such as PVC-coated copper cables, PVC packaging, bottles, wraps, coatings, textiles, footware, toys, etc) with hydrocarbons. They are also formed as an unintentional by-product of many industrial processes involving chlorine such as waste incineration, chemical and pesticide manufacturing, metallurgical process, pulp and paper bleaching, production of polyvinyl chloride (PVC) plastics, chlorophenol wood treatment, incomplete combustion in incineration of chlorine-containing waste materials, and the combustion of leaded gasoline and cigarette smoking.

The United Nations Environment Programme (UNEP) has developed Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases to be used as a guideline on PCDDs/PCDFs inventory from 10 potential source categories listed as followings :

Source Category 1 : Waste Incineration

- Municipal solid waste incineration
- Hazardous waste incineration
- Medical Waste incineration
- Light-fraction shredder waste incineration
- Sewage sludge incineration
- Waste wood and waste biomass incineration
- Combustion of animal carcasses

Source Category 2 : Ferrous and Non-Ferrous Metal Production

- Iron ore sintering
- Coke production
- I ron and steel production and foundries
- Copper production
- Aluminum production

- Lead production
- Zinc production
- Brass production
- Magnesium production
- Other non-ferrous metal production
- Shredders
- Thermal wire reclamation

Source Category 3 : Power Generation and Heating

- Fossil fuel power plants
- Lignite
- Disel, LPG
- Natural gas
- Biomass power plants
- Landfill , biogas combustion
- Household heating and cooking (biomass)
- Household heating and cooking (fossil fuels)
  - Charcoal stoves outside BKK
  - Charcoal fired stoves in BKK
  - Oil fired stoves
  - Natural gas fired stoves

Source Category 4 : Mineral Product

- Cement production
- Lime production
- Brick production
- Glass production
- Ceramics production
- Asphalt mixing

Source Category 5 : Transportation

- 4-Stroke engines
  - Unleaded without catalyst
  - Unleaded with catalyst
- 2-Stroke engines

- Diesel engines

- Heavy oil fired engines
- Trains : Ships

Source Category 6 : Uncontrolled Combustion processes

- Biomass burning
- Waste burning and accidental fires
  - Landfill fires
  - Accidental fires in houses
  - Uncontrolled domestic waste burning
  - Accidental fires of vehicles
  - Open burning of wood

Source Category 7 : Production and Use of Chemicals and Consumer Goods

- Pulp and paper mills
  - Sludges (Cl2) , (Cl2O) , (Recycling)
  - Water (Kraft old), (Kraft new), (Recycling)
  - Pulp and paper Products
- Chemicals Industry
  - Old technology , EDC / VCM, PVC
  - New technology, EDC / VCM and / or EDC / VCM / PVC , PVC only
- Petroleum Industry
- Textile plants
- Leather plants

Source Category 8 : Miscellaneous

- Drying of biomass
- Crematoria
- Smoke houses
- Dry cleaning
- Tobacco smoking

Source Category 9 : Disposal / Landfill

- Landfills and waste dumps
- Sewage and sewage treatment

- Open water dumping
- Waste oil disposal (non-thermal)

Source Category 10 : Identification of hot spots.

PCDDs/PCDFs are released from all these potential sources into all environmental compartments including air, water, soil and residue. Besides the PCDDs/PCDFs contaminations are also found in plant, animal and human through food chain consumption.

2.3 Health Impact from PCDDs/PCDFs Exposure

2.3.1 Toxicity of TCDD

There are many studies on TCDD, the most toxic form of PCDDs. The median lethal dose (LD_{50}) for oral administration of TCDD in rat is approximately 20 - 50 ug/kg. National Toxicology Programme (NTP), U.S.A. has studied oral and dermal LD_{50} in various species and administered routes.

Table 2-2 NTP study on LD_{50} of 2,3,7,8-TCDD administered in various species.

Study Type	Route	Species	Dose (ug/kg)
LD_{50}	Dermal	Rabbit	275
LD_{50}	Oral	Dog	1
LD_{50}	Oral	Monkey	2
LD_{50}	Oral	Hamster	1,157
LD_{50}	Oral	Guinea pig	600
LD_{50}	Oral	Mouse	114
LD_{50}	Oral	Rat	20

As shown in Table 2-2, TCDD toxicity from oral route range from 1 - 1,157 ug/kg in different species. TCDD is one of a few that can truly be classified as "super toxic" substance. It has teratogenic (causing birth malformations) and liver toxicity that is 100 to 10,000-times greater potency than most compounds considered highly toxic.

2.3.2 Toxicokinetics and Metabolism of TCDD

PCDDs/PCDFs enter the body by ingestion, inhalation, and dermal absorption. However, exposure for most individuals come from a variety of sources as well as a variety of

exposure routes. It is generally accepted that about 98% of human exposure comes from food.

Once enter the body, TCDD induces microsomal enzyme - cytochrome $P_{450}1A1$ (CYP1A1) which contributes to the metabolic activation and detoxification associated with aryl hydrocarbon hydroxylase receptor (AhR). TCDD binds specifically to AhR and form complex with heat shock protein of 90 kDa (hsp90) in cytosol, then transport to nucleus to interact with AhR nuclear translocator protein (Arnt) and bind to specific DNA sequences of Dioxin Responsive Elements (DREs) in promoter region adjacent to the CYP1A1 and activate transcription resulting in alteration of gene expression (Figure 2-2). Metabolism is primarily by hepatic detoxification, with the major metabolites consisting of hydroxylated or methoxylated TCDD derivatives which further excreted as glucuronide and sulfate conjugates. PCDDs/PCDFs congeners with fewer chlorine atoms tend to be more rapidly metabolised and eliminated, whilst more highly chlorinated forms have limited membrane permeability or bioavailability.

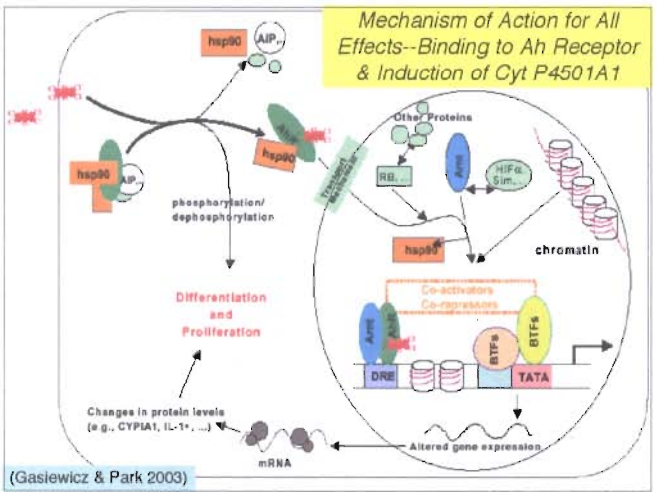


Figure 2-2 Mechanism of action of TCDD

PCDDs/PCDFs are insoluble in water but soluble in fats and other hydrophobic materials; therefore, their high lipid solubility and low rate of metabolic breakdown activities enhance an easily incorporated into the lipid-containing tissues and accumulate in adipose tissue, skin, liver, and breast milk in mammals, animals, and fish. Because of the lipophilic nature of milk, nursing females decrease their body burden of TCDD through lactation. The study in Swedish lactating women showed the amount of dioxins expressed as TCDD equivalents in breast milk exceeds the tolerated daily intake of 5 pg/kg body weight by a factor of 20 to 30. The half-life of TCDD

ranges from several hours on the surface of plants to 7.1 years (ranges of 5 to 8 years) in human serum and adipose tissue. The primary route of elimination was feces.

2.3.3 Adverse Health Effect of PCDDs/PCDFs

PCDDs/PCDFs produces a wide variety of species- and tissue-specific effects. They causes both non-carcinogenic and carcinogenic effects in animal and humans. The non-cancer effects include hepatotoxicity, immunotoxicity, reproductive toxicity, dermal toxicity, lethality, birth defects and endocrine disruption while the cancer effects appear to be lymphoma, fibrosarcomas, squamous cell carcinoma and tumors of oral and nasal cavity, skin, lung, adrenal and thyroid glands.

2.3.3.1 Chloracne

Dioxin was identified as the cause of chloracne in 1960 when it was found as unwanted contaminant of pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs). It appeared to be an occupational problem among these workers and those who work in manufacture of chlorinated organic chemicals such as chlorinated naphthalenes, diphenyl oxides, azoxybenzenes and dibenzofurans, chlorophenols, pentachlorophenol (PCP), 2,4-D and 2,4,5-T. A chemical plant explosion in Seveso, Italy, in 1976 showed a remarkable chloracne in the teenager girls.

Chloracne is the first common and prominent feature of acute toxicity associated with exposure to PCDDs. Chloracne is an acne-like condition characterized by inclusion cysts, comedones and pustules, with scarring of the skin, more often on the face - like a very bad case of teenage acne, except that the sores can occur all over the body and in serious cases can last for many years. Clinically, this skin lesion is characterized by hyperplasia and hyperkeratosis of the interfollicular epidermis, hyperkeratosis of the sebaceous follicles, and squamous metaplasia of the sebaceous glands that form cysts and keratinaceous comedones in a typical distribution. The chloracne may be preceded by erythematous and edematous skin. Latency between exposure and the appearance of signs of chloracne ranges from a few weeks to several months. Blepharaconjunctivitis and irritation of other mucous membranes have been noted.

2.3.3.2 Characteristic of Toxicity

2.3.3.2.1 Acute Toxicity

Acute toxicity from TCDD exposure is known from accidental release due to runaway reactions or explosions and is diagnosed with symptoms including eye and respiratory

irritation; skin rash; chloracne; headache; dizziness and nausea. These symptoms subside within 1-2 weeks and are followed by acneiform eruption; severe muscle pain in the extremities, thorax, and shoulders; fatigue; nervousness; irritability; complaints of decreased libido; and intolerance to cold. Workers also exhibited severe chloracne, hepatic enlargement; peripheral neuritis; delayed prothrombin time; and increased total serum lipid levels. A follow-up study 30 years of Seveso study found persistance of chloracne in 55% of the workers.

2.3.3.2.2 Chronic Toxicity

Essentials of diagnosis for chronic toxicity from TCDD exposure are chloracne; soft tissue sarcoma; non-Hodgkin's lymphoma; and Hodgkin's disease. Chloracne can result within several weeks after exposure to TCDD and can persist for decades, the severity of chloracne is related to the degree of exposure. In some workplaces, exposed persons had chloracne but no systemic illnesses. In others, workers experienced fatigue; weight loss; myalgias; insomnia; irritability; and decrease libido. The liver has become enlarged and tender; and sensory changes particularly in the lower extremities.

2.3.3.3 Immunotoxicity

Animal studies show that TCDD decrease immune response and increase susceptibility to infectious disease, particularly sensitive with significant alterations in cell-mediated immunity. In human studies, TCDD are associated with immune system depression and alterations in immune status leading to increased infections. The alteration in delayed-type hypersensitivity after exposure to TCDD is also observed.

2.3.3.4 Reproductive and Developmental Toxicity

The only teratogenic effect that has been suggested in humans is an increased prevalence of neural tube defects. However, TCDD has been shown to be teratogenic in rats and mice associated with endometriosis, decreased fertility, inability to carry pregnancies to term, lowered testosterone levels, decreased sperm counts, birth defects and learning disabilities. Studies in Vietnam servicemen possibly exposed to Agent Orange have found lowered testosterone levels, decreased testis size, and birth defects in offspring.

PCDDs and PBDDs (polybrominated dibenzo-*p*-dioxins) induce malformations in laboratory animals, particularly in mice. The principal changes seen in animals are cleft palate, hydronephrosis, and thymic hypoplasia. Thymic atrophy and cell-mediated immunosuppression may involve alterations in the early stages of T-lymphopoiesis.

The mouse is exquisitely sensitive to these malformations but probably does not represent a good model for the human. In other species, PCDDs and PBDDs produce maternal, embryo and fetus toxicity, but they do not significantly increase the incidence of structural abnormalities, even at toxic dosages.

TCDD appears to be a synergistic effect of hydrocortisone induction of cleft palate. Hydrocortisone retards embryonic growth, producing small palatal shelves, while TCDD induction of cleft palate involves altered differentiation of the medical epithelial cells, effectively blocking the fusion of normally sized shelves.

2.3.3.5 Endocrine Disruption

TCDD can also disrupt the normal function of hormones - chemical messengers that the body uses for growth and regulation. It interferes with thyroid levels in infants and adults, alters glucose tolerance and has been linked to diabetes as evident by the American Air Force study that found a significant and potentially relationship between diabetes and bloodstream levels of TCDD in people who worked with Agent Orange.

2.3.3.6 Carcinogenesis

The International Agency for Research on Cancer (IARC), part of the WHO, announced on February 14, 1997 that the most potent dioxin, 2,3,7,8-TCDD, is considered as Class 1 carcinogen, meaning a "known human carcinogen". The similar finding is also announced by the U.S. Department of Health and Human Services, National Toxicology Program.

Rats, mice, and hamsters chronically exposed to TCDD as low as 0.01 mg/kg/day have developed histiocytic lymphomas, fibrosarcomas, and tumors of liver, skin, lung, adrenal and thyroid glands, tongue, hard palate and nasal turbinates, thymic lymphomas and squamous cell carcinomas of the facial skin. A mixture of 1,2,3,6,7,8- and 1,2,3,7,8,9-hexaisomers (HxCDD) are found to be potent liver carcinogens.

An increased risk for all cancer sites has been shown in cohort studies on TCDD-exposed subjects in Seveso, Italy. Excess numbers of tumors have been found in area with TCDD soil contamination, including lymphomas and soft-tissue sarcoma (STS).

In the Swedish studies, STS and malignant lymphoma were found in subjects exposed to dioxin-contaminated phenoxy acids or chlorophenols. Increased mortality in STS was reported in Vietnam veterans. A case of STS in a man employed in a pulp mill where he had supervised the sludge from the chlorine bleaching process was also described.

TCDD is a potent promoter in carcinogenesis. As shown in Figure 2-2, the dioxin receptor with ligand complex binding to DREs may have a regulatory function which increases the expression of oncogenes and/or decreases the expression of tumor suppression genes. TCDD also affects the regulation of growth factor and other steroid hormone receptors.

2.3.3.7 Other Effects

In children, TCDD exposure has been associated with intelligence quotient (IQ) deficits, delays in psychomotor and neurodevelopment and altered behavior including hyperactivity.

Chromosome aberrations in the peripheral blood lymphocytes were observed in workers of herbicide manufacture of 2,4,5-trichlorophenoxy-ethanol (TCPE) and Buvinol, a combination herbicide containing TCPE and 2-chloro-6-ethylamino-4-isopropylamino-l,3,5-triazine (atrazine). The TCDD was found to be a contamination of the final product of these herbicides which is less than 0.1 mg/kg and generally not more than 0.05 mg/kg. However, the results of a cytogenic study on 25 induced abortions from women exposed to 2,3,7,8-TCDD in Seveso showed no evidence of chromosomal aberrations.

2.4 Environmental Impact from PCDDs/PCDFs Exposure

PCDDs/PCDFs are persistent, resistance to degradation and relatively immobile in the environment compartments. PCDDs/PCDFs in air settles onto soil, water, and plant surfaces. In soil, TCDD has an extremely long half-life time, greater than 10 years and is accumulated in plant, animal and humans by food chain. 96% of human exposure to PCDDs/PCDFs are from ingestion of food contamination. Various studies have been investigated in meat, fish, dairy products and eggs.

2.4.1 Impact on Plants

No reports of TCDD toxicity in plants have been identified. Some species of aquatic plant have been observed to concentrate dioxins from their surroundings, but not show any toxic effects.

2.4.2 Impact on Invertebrates

Few studies have investigated TCDD toxicity to invertebrates and indicate no susceptibility from exposure. A small number of studies have shown toxic effects of TCDD in invertebrates, including reduced reproductive success in worms, snails and

clams. One study on acute toxicity in crayfish exposed to TCDD induced cytochrome P450 which suggested the presence of AhR similar to those found in vertebrates. However, other studies have failed to find a functional AhR in several invertebrate species.

2.4.3 Impact on Fishes

A range of symptoms is shown by fish exposed to TCDD contamination in river and sea. The damage to developing embryo-larval stages and behavioural responses in later

stages including reduced feeding, lethargy, unresponsiveness and " head-up"swimming are observed. In general, TCDD is of greatest toxicity to early life stages of fish and less sensitivity to adult life stages. Fish eggs also show great sensitivity to TCDD. Toxicity in fish tends to be higher for congeners containing 4, 5 or 6 Cl atoms but has no apparent toxic effects in 8 Cl congeners.

2.4.4 Impact on Birds

Damage to wildlife populations around the Great Lakes in Canada and the U.S. were observed. Increasing numbers of chick deformities were noted amongst cormorants, terns and other fish-eating species, both in surviving chicks and embryos that did not hatch. The deformities were noted to be very similar to those induced in offspring of hens exposed to TCDD in their feed, and this observation was linked to concerns about the emissions of PCDDs/PCDFs and PCBs from industrial sources such as pulp bleaching processes. Subsequent studies showed correlation between TCDD-TEQs and effects such as reduced egg hatching, embryo toxicity, deformities, and impaired parental behaviour. However, it has been shown that most (>90%) of the TEQ found in the eggs of cormorants and terns in the Great Lakes is accounted for PCBs rather than PCDDs/PCDFs, which accounted for 2 - 9% of the TEQ. Laboratory and field studies have shown other bird species to be susceptible to PCDDs/PCDFs exposure, exhibiting decreased egg production, embryo toxicity and cardiovascular and brain malformations. The study has suggested that chickens may be more sensitive to PCDDs/PCDFs and PCBs exposure than wild birds, indicating that care should be taken if setting quality standards for wild birds based on the susceptibility of domestic species.

2.4.5 Impact on Mammals

Most of the effects were first researched in mammals, particularly in laboratory rats and mice, but have also been found in field experiments on wild mammals. For example, mink eating contaminated fish show signs associated with TCDD toxicity such as

listlessness, anorexia, lowered red blood cell counts, and enlarged spleen, liver and lung. PCDDs/PCDFs have been found to contribute only a small fraction of the total TEQs in polar bear and seal from the Arctic.

2.5 Dietary Exposure to PCDDs/PCDFs and Impact on Human

According to the U.S.EPA study, over 96 % of human exposure occurs through the diet, primarily foods derived from animals. An estimated dietary exposure to PCDDs/PCDFs was obtained by reviewing informations on

(1) PCDDs/PCDFs present in 10 types of foods with high fat content,

(2) the toxicity of individual PCDDs/PCDFs contained in these food types, and

(3) the amount of these foods' consumption in U.S. people.

Table 2-3 U.S.EPA's estimation of the average adult daily exposure to dioxins dietary intake (pg/d).

Food Type	Dietary Exposure to PCDDs/PCDFs (pg/d)	Dietary Exposure to PCBs (pg/d)	Total Dietary Exposure to Dioxins (pg/d)
Beef	9.0	4.2	13.2
Fresh water fish and shellfish	5.9	7.1	13.0
Dairy products (cheese, yogurt, etc.)	6.6	9.2	9.8
Other meats (lamb, baloney, etc.)	4.5	1.0	5.5
Marine fish and shellfish	2.5	2.4	4.9
Milk	3.2	1.5	4.7
Pork	4.2	0.2	4.4
Poultry	2.4	0.9	3.3
Eggs	1.4	1.7	3.1
Vegetable fat (oils, margarine, etc.)	1.0	0.6	1.6
Total	**40.7**	**22.8**	**63.5**

Notes: The average adult is assumed to weigh 70 kilograms (154 pounds).

Sources: U.S.EPA - Draft dioxin reassessment report. October 2001

These 10 types of foods include beef; pork; poultry; other meats, such as lamb and baloney; eggs; milk; dairy products, such as cheese and yogurt; freshwater fish and shellfish; marine fish and shellfish; and vegetable fat, such as corn and olive oils and

margarine. These foods, only one of which is not of animal origin, are believed to be the major contributors to dietary exposure to PCDDs/PCDFs. Even though vegetable fat products are estimated to contain low levels of PCDDs/PCDFs, EPA includes these foods in the analysis because they contain high fat and are common in the American diet. The study excluded fruits and vegetables because they contain little or no fat and also there is a limited data on PCDDs/PCDFs.

As shown in Table 2-3, the dietary exposure to PCDDs/PCDFs from beef is the highest (9.0 pg/d) when compared to other food types. The dietary exposure to PCDDs/PCDFs from dairy products (cheese, yogurt, etc.), fresh water fish and shellfish, other meats (lamb, baloney, etc.) and pork is 6.5, 5.9, 4.5 and 4.2 pg/d, respectively, where those from Marine fish and shellfish and poultry are almost the same (2.5 and 2.4 pg/d). The least amount of PCDD/PCDF is found in vegetable fat at level of 1.0 pg/d.

Table 2-4 U.S.EPA's estimation of toxic concentrations (pg/g) of dioxins in 10 food categories.

Food Category	Dioxin TEQs for PCDD/PCDF (pg/g)	Dioxin TEQs for PCBs (pg/g)	Total Dioxin TEQs (pg/g)
Fresh water fish and shellfish	1.00	1.20	2.20
Marine fish and shellfish	0.26	0.25	0.51
Pork	0.28	0.01	0.29
Beef	0.18	0.08	0.26
Other meats (lamb, baloney, etc.)	0.18	0.04	0.22
Eggs	0.08	0.10	0.18
Dairy products (cheese, yogurt, etc.)	0.12	0.06	0.18
Poultry	0.07	0.03	0.10
Vegetable fat (oils, margarine, etc.)	0.07	0.04	0.10
Milk	0.06	0.01	0.03

Notes: The TEQs values are estimated on a wet weight basis, as opposed to a dry weight basis.
Sources: U.S.EPA - Draft dioxin reassessment report. October 2001

The toxic equivalence value for PCDDs/PCDFs in these 10 food categories is also investigated as summarized in Table 2-4. Fresh water fish and shellfish has the most

toxic concentration of 1.0 pg/g. Egg, poultry, vegetable fat, and milk showed to have the least toxic concentration of 0.06-0.08 pg/g. However, the daily dietary intake of each food types must bring to concern so that health risk could be evaluated.

WHO has recommended that a daily intake of 2,3,7,8 TCDD less than 1-4 pg /kg body weight would give an acceptable level of protection for human health, whereas, the U.S. EPA advocated a daily intake of less than 0.006 pg/kg body weight.

2.6 PCDDs/PCDFs Emission in Other Countries

Studies of PCDDs/PCDFs emission have been reported in many countries, particularly those in Europe. The European dioxin emission inventory in 2000 has been investigated in 16 countries including Austria, Belgium, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Luxemberg, the Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, and the United Kingdom. As shown in Table 2-5, PCDDs/PCDFs emission to air from potential source categories such as power plants that use fossil fuels; residential combustion including boilers, stoves and fireplaces from wood, coal and lignite fuel; industrial combustion from boilers, gas, turbines, etc.; electric furnace steel plant; sinter plants; sintering of special materials and drossing facilities; metal reclaimation from cables; non-ferrous metal foundries; secondary zinc, copper and aluminium production; cement; road transportation; preservation of wood; incineration of domestic or municipal waste including both legal and illegal combustion; incineration of hospital waste; incineration of hazardous waste from industry; cremation; and fires. The amounts of PCDDs/PCDFs (g I-TEQ/a) emission to air were reported for their emissions from industrial and non-industrial sources in these European countries as summarized in Table 2-5. In addition, the compiled data for PCDDs/PCDFs emission to air from the United States (1998 vs 2004), Japan (1998) and Canada (1997) has also included in Table 2-5. However, the data in these countries are not as complete as those from European countries. The U.S.EPA reported an estimation of PCDDs/PCDFs emission in 1998 compared to the emission in 2004. It can be noticed that PCDDs/PCDFs emission in municipal, hospital and hazardous waste incineration as well as secondary copper production are tremendous reduced.

Table 2-5 PCDDs/PCDFs emission in various countries

Source of PCDDs/PCDFs Emission		2000 Austria	2000 Belgium	2000 Finland	2000 France	2000 Germany
Power plants	fossil fuels	0.2	2.3	1.0 - 2.1	2.0	5.0
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	wood	15.0	10.0 - 90.0	18.1 - 28.1	323.0	15.0
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	coal/lignite	2.7 - 12.4	2.6 - 11.8	0.7 - 3.1	9.0 - 41.3	25.4 - 117.0
Comb. in industry/boilers, gas, turbines, stationary engines		1.5	1.5	0.6 - 7.0	1.0	3.2
Sinter plants		17.4	35.4	29.8	133.5	100.0
Secondary zinc production		0.1	1.0		10.0	10.0
Secondary copper production		0.3	5.0	1.3	2.0	1.0
Secondary aluminium production		1.2	0.1 - 20.0	0.6	11.5	10.0
Cement		0.1	1.0 - 20.0	0.2	3.1	0.5
Other: metal reclamation from cables		ne	ne		40.0	
Electric furnace steel plant		0.5	11.4	1.0	21.0	4.1
Other: non-ferrous metal foundries		0.2	0.2		0.3	5.0
Other: sintering of special materials and drossing facilities		ne	ne	ne		
Preseration of wood		0.1 - 7.2	0.1 - 8.9	4.6	5.4 - 51.8	0.1 - 72.7
Road trasport		0.4	2.0	0.3	15.0	4.0
Incin of Domestic or municipal waste	legal comb.	0.1	65.0	1.0	200.0	4.0
Incin of Domestic or municipal waste	illegal (domestic) comb.	2.0	2.0 - 20.0	3.1	20.0	0.1 - 30.0
Incin of Industrial waste	hazardous waste	0.1	18.0	0.9	2.0	1.0
Incin of Hospital waste		0.0	6.0	0.0	10.0	0.0
Cremation: incin. of corpses		0.1	0.3	0.2	2.5	0.5
fires		0.1 - 8.0	0.1 - 8.0	0.5 - 5.0	6.0 - 57.1	0.1 - 81.0
Total of sources considered (g I-TEQ/a)		**42 - 67**	**163 - 332**	**64 - 82**	**804 - 949**	**197 - 472**
Industrial sources		**24 - 24**	**148 - 212**	**40 - 41**	**461 - 461**	**152 - 182**
Non-industrial sources		**18 - 43**	**15 - 121**	**24 - 41**	**343 - 488**	**45 - 290**

ne = presumably not existing process
nd = not detectable

Table 2-5 PCDDs/PCDFs emission in various countries (continued)

Source of PCDDs/PCDFs Emission		2000 Greece	2000 Ireland	2000 Italy	2000 Luxemberg	2000 Netherland
Power plants	fossil fuels	6.8	0.7	23.0	0.0	0.0
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	wood	8.2 - 51.6	7.1 - 17.6	26.4 - 198.8	0.0	4.1
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	coal/lignite	0.5 - 2.1	7.2	1.1 - 5.2	0.1 - 0.6	0.2 - 1.1
Comb. in industry/boilers, gas, turbines, stationary engines		0.6	0.6	1.5	0.2 - 1.6	3.1 - 10.8
Sinter plants		0.0	ne	77.1 - 163.1	0.0	19.4 - 30.4
Secondary zinc production		0.0	nd	0.4	0.0	0.0
Secondary copper production		0.0	nd	2.0 - 3.8	0.0	ne
Secondary aluminium production		0.2	nd	0.8 - 7.9	0.0 - 2.7	0.0
Cement		1.9	0.2	0.0 - 5.1	0.0 - 0.1	0.0
Other: metal reclamation from cables		0.0	nd	nd	0.0	0.0
Electric furnace steel plant		5.0	0.3 - 0.8		6.5	0.0 - 0.4
Other: non-ferrous metal foundries		0.1	nd	23.5 - 25.7	0.0	0.0
Other: sintering of special materials and drossing facilities		0.0	0.0	ne	ne	0.0
Preseration of wood		10.3	3.1	50.9	0.4	20.2
Road trasport		4.5	1.2	5.1 - 25.0	0.2 - 0.4	2.0
Incin of Domestic or municipal waste	legal comb.	0.0	ne	2.2 - 36.8	0.1	2.8
Incin of Domestic or municipal waste	illegal (domestic) comb.	3.9	1.4	21.6	0.2	5.0
Incin of Industrial waste	hazardous waste	0.0	ne	97.4	0.0	1.0
Incin of Hospital waste		37.5	0.0 - 2.0	27.5 - 250.0	0.0	1.0
Cremation: incin. of corpses		0.4	0.1	2.5	0.0	0.2
fires		10.2	3.5	5.0 - 56.5	0.4	7.0
Total of sources considered (g I-TEQ/a)		**90 - 135**	**25 - 39**	**370 - 985**	**8 - 12**	**66 - 82**
Industrial sources		**56 - 56**	**3 - 7**	**281 - 648**	**7 - 10**	**32 - 48**
Non-industrial sources		**34 - 79**	**22 - 33**	**89 - 336**	**1 - 2**	**34 - 34**

ne = presumably not existing process
nd = not detectable

Table 2-5 PCDDs/PCDFs emission in various countries (continued)

Source of PCDDs/PCDFs Emission		2000 Norway	2000 Portugal	2000 Spain	2000 Sweden	2000 Switzerland
Power plants	fossil fuels	0.1	2.4	4.0	0.6 - 1.0	0.1
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	wood	14.2 - 23.9	59.2	25.4 - 70.3	2.1 - 48.4	0.1
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	coal/lignite	0.7 - 3.1	0.1 - 0.4	8.3 - 38.3	1.4 - 6.2	1.8 - 8.4
Comb. in industry/boilers, gas, turbines, stationary engines		2.9	2.9	0.2 - 3.8	1.5	1.5
Sinter plants		0.0	3.8	2.0 - 5.0	0.1 - 1.0	ne
Secondary zinc production		0.0		0.8	0.0 - 3.0	nd
Secondary copper production		0.0	0.0 - 1.0	2.1	1.0	ne
Secondary aluminium production		0.0 - 0.1	0.0 - 2.0	2.2 - 11.6	0.5	0.0
Cement		0.2	1.1	3.6	0.3	0.7
Other: metal reclamation from cables		0.0		0.0	nd	0.0
Electric furnace steel plant		0.9	1.0	24.5	2.8	8.4
Other: non-ferrous metal foundries		2.0	0.1 - 4.6	0.2	nd	1.9
Other: sintering of special materials and drossing facilities		0.0	0.0	0.0	ne	ne
Preseration of wood		4.3	8.9	3.5 - 35.5	7.8	6.3
Road trasport		1.3	3.0	11.3	0.2 - 1.4	0.3
Incin of Domestic or municipal waste	legal comb.	3.4 - 7.4	0.0	1.0	3.0	9.9
Incin of Domestic or municipal waste	illegal (domestic) comb.	2.5	3.3	16.4	4.0	0.1 - 26.9
Incin of Industrial waste	hazardous waste	0.1	4.0 - 30.0	0.0	0.0	6.5
Incin of Hospital waste		0.1	0.7 - 2.5	5.0 - 57.5	0.0	6.9
Cremation: incin. of corpses		0.1 - 0.2	0.4		0.4 - 0.7	0.5
fires		4.3	0.5 - 9.8	4.0 - 39.4	0.9 - 9.0	9.1
Total of sources considered (g I-TEQ/year)		**34 - 54**	**88 - 133**	**117 - 327**	**26 - 98**	**54 - 87**
Industrial sources		**10 - 17**	**17 - 52**	**64 - 132**	**13 - 25**	**36 - 63**
Non-industrial sources		**25 - 37**	**72 - 81**	**53 - 195**	**12 - 73**	**18 - 24**

ne = presumably not existing process
nd = not detectable

Table 2-5 PCDDs/PCDFs emission in various countries (continued)

Source of PCDDs/PCDFs Emission		2000 United Kingdom	1997 Canada	1998 Japan	1998 USA	2004 USA
Power plants	fossil fuels	5.0 - 20.0				
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	wood	3.0 - 23.0	35.7		62.8	62.8
Res. Comb: boilers, stoves, fireplaces	coal/lignite	23.6 - 108.7			60.1	60.1
Comb. in industry/boilers, gas, turbines, stationary engines		1.1	1.1		30.3	30.3
Sinter plants		28.8 - 34.5	42.9		28.0	28.0
Secondary zinc production				16.4		
Secondary copper production					271.0	5.0
Secondary aluminium production				14.3	29.1	29.1
Cement		0.3 - 10.4	2.8			
Other: metal reclamation from cables			0.1			
Electric furnace steel plant		2.3 - 32.0	10.7	214.9		
Other: non-ferrous metal foundries		30.0 - 60.0			1.7	1.7
Other: sintering of special materials and drossing facilities						
Preseration of wood		0.8 - 52.0	1.8			
Road trasport		1.0 - 10.0	8.7	2.1	45.6	45.6
Incin of Domestic or municipal waste	legal comb.	100.0 - 150.0	152.6	1,340.0	1,267.8	29.8
Incin of Domestic or municipal waste	illegal (domestic) comb.	37.0		325 - 345	628.0	628.0
Incin of Industrial waste	hazardous waste	0.0 - 8.7	1.6	960.0	159.4	23.0
Incin of Hospital waste		1.0 - 18.0	2.5		488.0	7.0
Cremation: incin. of corpses		1.0 - 10.0		1.8 - 3.8	9.1	9.1
fires		2.9 - 57.8				
Total of sources considered (g I-TEQ/year)		**243 - 649**				
Industrial sources		**212 - 398**				
Non-industrial sources		**31 - 252**				

ne = presumably not existing process
nd = not detectable

Chapter 3

Inventory Development for Sources and Releases of PCDDs/PCDFs Production and Estimation

3.1 Introduction

Thailand has signed for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) on May 22, 2002 and is obliged to develop a National Implementation Plan (NIP) on POPs reduction or elimination. To facilitate the preparation of NIP, Global Environment Fund (GEF) and the United Nations Environment Program (UNEP) have allocated the funding supported to the signed country. An inventory on source categories of PCDDs/PCDFs emission corresponding to the "Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases" or so-called "UNEP's Toolkit" is required to be submitted along with the proposed NIP.

In order to achieve precise data on PCDDs/PCDFs emission, Thai government has appointed a national steering committee (NCC) on Stockholm Convention to set up agenda and implement procedure. The NCC consists of Director General or representative from many relevant ministries and stakeholders as followings:

- Ministry of Natural Resources and Environment
  - Pollution Control Department (PCD)
  - Department of Environmental Quality Promotion
  - Office of International Cooperation on Natural Recourses and Environment
- Ministry of Agriculture and Cooperative
  - Department of Agriculture (DOA)
- Ministry of Industry
  - Department of Industrial Works (DIW)
  - Industrial Estate Authority of Thailand (IEAT)
- Ministry of Public Health
  - Department of Health (DOH)
  - Food and Drug Administration (FDA)

- Ministry of Commerce
  - Department of foreign Trade
- Ministry of Foreign Affairs
  - Department of International Organizations
  - Department of Treaties and Legal Affairs
- Ministry of Interior
  - Department of Local Administration
- Ministry of Transport
  - Department of Land Transportation
  - Marine Department
  - Bangkok Mass Transit Authority
  - The State Railway of Thailand
- Office of the Prime Minister
  - Office of National Economic and Social Development Board
  - The Bureau of the Budget
- Bangkok Metropolitan Administration (BMA)
- Federation of Thai Industries (FTI)

In addition, NCC has also set up Task Force Committee on Unintentional Persistent Organic Pollutants (POPs) to carry on an inventory data for PCDDs/PCDFs emission. The Task Force Committee is chaired by Mr. Apichai Chvajarernpun, Director General of PCD in close collaboration with representatives from BMA, DIW, DOH, DOA, Department of Local Administration, IEAT, FTI and Dr. Chalongkwan Tangbanluekal, the national expert on unintentional POPs. The Task Force Committee has authority and duty to consider on unintentional POPs issues such as a mechanism and assessment detail, plan and management guideline, suggestion on inventory data, regulation and legislation enforcement. In addition, PCD has managed Task Force Team which is leaded by Dr. Chalongkwan Tangbanluekal in collaboration with staffs from Bureau of Hazardous Substance and Waste Management to procure inventory data of PCDDs/PCDFs from potential source categories.

3.2 Methods for Data Compilation and Analysis

Preliminary work for PCDDs/PCDFs inventory was carried out in December 1999 by Dr. Heidelore Fiedler, UNEP, through the GTZ funding for PCD to identify the relevant sources of PCDDs/PCDFs in Thailand. A preparation of National Implementation Plan for Stockholm Convention is currently supported by the GEF/UNEP funding and in-kind supported by PCD under direction of Dr. Jarupong Boon-Long, Project Manager. The inventory data of PCDDs/PCDFs emission is investigated by Dr. Chalongkwan Tangbanluekal to achieve precise and up-to-date data.

Questionnaires were sent out to industries and enterprises that have relevant sources of PCDDs/PCDFs emission as indicated in the Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxins and Furan Releases (UNEP, 2003). In addition, a field visit accompanied by Dr. Ulrich Quass, an international expert from Muller-BBM GmbH, Germany and 5 PCD staff members were scheduled to visit various sources of PCDDs/PCDFs emission including medical waste incineration, ferrous metal production, power generation and heating, cement kilns, pulp and paper mills, PVC production, chlorine production and crematories was arranged and conducted to investigate PCDDs/PCDFs emission sources during the manufacturing process, air pollution control system and waste water treatment. Most data were available for the year 2004 which mainly compiled from the national statistics yearbook, annual reports from government organizations and State Enterprises, companies and associations, etc. The request of data were facilitated by PCD in kind collaborations with governmental and non-governmental organizations and State Enterprises as followings:

- Bangkok Metropolitan Administration (BMA)
- Ministry of Agriculture and Cooperatives
- Ministry of Commerce
- Ministry of Culture
- Ministry of Finance
- Ministry of Energy
- Ministry of Industry
- Ministry of Information and Communication Technology
- Ministry of Interior
- Ministry of Natural Resource and Environment

- Ministry of Public Health
- Ministry of Transport
- Federation of Thai Industries (FTI)
- The Industrial Estate Authority of Thailand (IEAT)

Data were extracted from the questionnaires to identify source category, subcategory and class as guided by the UNEP's Toolkit, 2003, then the annual emission was calculated by multiplying annual production (t/a) with default emission factor from source categories proposed by UNEP's Toolkit 2003 (Appendix 1) for potential release route to air, water, land, products and residue in each category, subcategory and class to obtain the annual release of PCDDs/PCDFs in "g I-TEQ/a" to such media.

3.3 Results

The inventory was conducted on 9 source categories including 1) waste incineration, 2) ferrous and non-ferrous metal production, 3) power generating and heating, 4) production of mineral products, 5) transport, 6) uncontrolled combustion processes, 7) production and use of chemicals and consumer goods, 8) miscellaneous and 9) disposal/landfill to demonstrate the potential release of PCDDs/PCDFs to air, water, land, products and residue. However, identification of hot spots in category 10 was not addressed in the present study due to missing data on some source categories which may mislead the emphatically attention on PCDDs/PCDFs emission. The results show the annual releases of PCDDs/PCDFs emission from each source category in Thailand. and the sequence of each category is established by following UNEP's Toolkit, 2003.

Category 1 - Waste Incineration

This source category involved the incineration of municipal solid waste, hazardous waste, medical waste and animal carcasses burning. From this study, there are no light shredder wastes incineration in Thailand. Poor or no recorded data on waste wood and waste biomass incineration is available; therefore, it is impossible to keep track of data. The annual releases of PCDDs/PCDFs emission to potential media were summarized in Table 3-1.

Table 3-1 Annual releases from Category 1 – Waste incineration

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a)					
					Air	Water	Land	Product	Residues	
									Fly ash	Bottom ash
1			**Waste incineration**							
	a		**Municipal solid waste inc.**	122,438	4.073	0.000	NA	NA	24.863	0.867
		1	Low tech. comb., no APCS							
		2	Controlled comb., min. APCS	1,250	0.438	0.000	NA	NA	0.625	0.019
		3	Controlled comb., good APCS	121,188	3.636	0.000	NA	NA	24.238	0.848
		4	High tech. comb., sophis. APCS							
	b		**Hazardous waste inc.**							
		1	Low tech comb., no APCS							
		2	Controlled comb., min. APCS							
		3	Contolled comb., good APCS							
		4	High tech. comb., sophis. APCS							
	c		**Medical/hospital waste inc.**	18,581	38.289	0.000	NA	NA	6.488	0.231
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS							
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	11,529	34.587	0.000	NA	NA	0.000	0.231
		3	Controlled, batch comb., good	7,052	3.702	0.000	NA	NA	6.488	0.000
		4	High tech, cont., sophis.APCS							
	d		**Light fraction shredder waste inc.**							
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some							
		3	State-of-the-art, full APCS							
	e		**Sewage sludge inc.**							
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS							
		2	Controlled, batch, no or min. APCS							
		3	High tech, cont., sophis.APCS							
	f		**Waste wood & waste biomass inc.**							
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some							
		3	State-of-the-art, full APCS							
	g		**Animal carcasses burning**	98	0.005	0.000	NA	NA	0.000	ND
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS							
		2	Updated, continuously, some	98	0.005	0.000	NA	NA	0.000	ND
		3	State-of-the-art, full APCS							
Total for Category 1l					42.37	0.00	0.00	0.00	31.35	1.10
									Total ash 32.45 g I-TEQ/a	

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Medical waste incineration is the source of concern that releases the highest amount of PCDDs/PCDFs (38.289 g I-TEQ/a) to air which accounts for 90.38% of the total PCDDs/ PCDFs emission from waste incineration. There are 2 medical waste incinerations located at On-nuch area in Bangkok that are belonging to BMA. The incinerators have a capacity

of 625 kg/h (15 t/d) each and operate for 12 h/d. Medical wastes are collected from various hospitals and medical professional clinics in Bangkok. In addition, there are 745 incinerators that are belonging to Ministry of Public Health. These incinerators have a capacity of 25-250 kg/h; however, the incinerators frequently are not operated at their maximum capacity. Most of the facilities seem to operate once or twice a week for 5-6 h operation time due to insufficient waste or cost saving by reduced energy consumption. In many cases, the medical wastes are pooled and sent for incineration to other nearby area even though they have their own incinerators. Currently, Thai government sets up the policy for Department of Local Administration, Ministry of Interior to establish 11 municipality centers including BMA, Nonthaburi, Samutsakorn, Supanburi, Chiangmai, Khon Kaen, Chonburi, Pattaya, Phuket, Had Yai, and Udornthani for medical waste incinerations that are full equipped with air pollution control system.

Municipal solid waste incineration (MSWI) is the second source of concern that releases 4.073 g I-TEQ/a of PCDDs/PCDFs to air which accounts for 9.61% of the total PCDDs/PCDFs emission from waste incineration. There are 4 MSWIs in the local administration. Three facilities including Phuket, Kor Samui and Lampoon with a capacity of 250, 140 and 20 t/d, respectively, are classified as class 3 incinerator while one facility at Krabi with a capacity of 10 t/d is classified as class 2 incinerator. In addition, there are 28 MSWIs with a capacity of 2 - 40 t/d located in the industrial estate areas which account for approximately 10% of the total emission from MSWI activity.

Thailand doesn't have a facility for combustion of animal carcasses. However, the animal carcasses and infectious waste are collected from all veterinary hospitals and clinics in Bangkok and sent to the BMA medical waste incinerator for further management. The animal carcass burning is accounted for 0.1% of the total emission

from waste incineration activity which releases 0.005 g I-TEQ/a emission to air.

There is only one hazardous waste incineration which is full equipped with air pollution control system and nitrogen oxide (NOx) elimination. It is located at Bangpoo Industrial Estate, Samutprakarn. The incinerator has a capacity of 2,000 kg/h (48 t/d) and is testing for performance capability. The facility is expected for service at the third quarter of year 2005. Therefore, the present study is not able to demonstrate data for the hazardous waste incineration.

Category 2 - Ferrous and Non-Ferrous Metal Production

Questionnaires were sent out to retrieve data on relevant ferrous and non-ferrous metal production. However, incomplete data were received which made it impossible to classify for their classes of activity. In addition, the feed back questionnaires accounted for only 15 - 20% of the whole number of industries in Thailand. Most of the information has been obtained for the iron and steel category and for lead plants. Very limited data were found for single aluminum, copper, and brass plant. Therefore, these data do not represent the whole figure of activity in Thailand and may need an actual visit survey for the future study to obtain a complete data. The current available information on PCDDs/ PCDFs releases from the ferrous and non-ferrous metal production is summarized in Table 3-2. Total PCDDs/PCDFs emission released to air and residue for ferrous and non-ferrous metal production was 20.20 and 99.64 g I-TEQ/a, respectively. Of these, dirty scrap in electric arc furnace with fabric filter in iron and steel plants was found to release the highest emission to air when compared to the total emission to air (19.51 g I-TEQ/a v.s. 20.20 g I-TEQ/a). As an informal information, it is told that there are many small recycling shops that sell quite large amount of secondary copper to copper production industry. This might be a relevant source for PCDDs/PCDFs but the actual activity rate is not known. Data on copper production from secondary copper was 1,200 t/a which is calculated to release 0.06 g I-TEQ/a emission to air, however, the release to residues was 0.756 g I-TEQ/a which was 12.6 times greater than the emission released to air. BMA is proposed a center facility for copper recycling and will launch the program within 1-2 years. The facility is

Table 3-2 Annual releases from Category 2 – Ferrous and non-ferrous metal production

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
2			**Ferrous and non-ferrous metal**						
	a		**Iron ore sintering**						
		1	High waste recycling, include oil contam.						
		2	Low waste use, well control plant						
		3	High technology, emission reduction						
	b		**Coke production**						
		1	No gas cleaning						
		2	Afterburner/dust removal						
	c		**Iron and steel production & foundries**	**6,587,301**	**19.938**	**ND**	**ND**	**ND**	**98.777**
			Iron & steel	*6,583,739*	*19.936*	*ND*	*ND*	*ND*	*98.756*
		1	Dirty scrap, scrap preheating, limited control	26,370	0.264	ND	ND	ND	0.396
		2	Clean scrap/virgin iron, after burner, FF						
			EAFs, all with fabric filter (FF)	6,503,129	19.509	ND	ND	ND	97.547
			EIFs with FF, wet scrubber	39,840	0.120	ND	ND	ND	0.598
			Unknown	14,400	0.043	ND	ND	ND	0.216
		3	Clean scrap/virgin iron, designed for low	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		4	Blast furnaces with APC	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
			Foundries	*3,562*	*0.0025*	*ND*	*ND*	*ND*	*0.021*
		1	Cold air cupola or rotary drum, no APCS	0	0.000	ND	ND	ND	ND
		2	Rotary drum – FF	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		3	Cold air cupola, FF	2,512	0.0025	ND	ND	ND	0.020
		4	Hot air cupola or induction furnaces, FF	1,050	0.0000	ND	ND	ND	0.001
	d		**Copper production**	**1,200**	**0.060**	**ND**	**ND**	**ND**	**0.756**
		1	Sec. Cu-Basic technology	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		2	Sec. Cu-Well controlled	1,200	0.060	ND	ND	ND	0.756
		3	Sec. Cu-Optimized for PCDD/PCDF	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		4	Smelting and casting of Cu/Cu alloys	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		5	Prim. Cu-including thermal steps	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
	e		**Aluminum production**	**258**	**0.009**	**ND**	**ND**	**ND**	**0.103**
		1	Process scrap Al, min. treat, dust	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		2	Scrap treatment, well control, good APCS	258	0.009	ND	ND	ND	0.103
		3	Shaving/turning drying	0	0.000	ND	ND	ND	NA
		4	Scrap treat, well control, fabric filter, lime	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
		5	Optimized process, optimized APCS	0	0.000	ND	ND	ND	0.000
	f		**Lead production**	**24,072**	**0.193**	**ND**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Sec. Pb from scrap, PVC battery	0	0.000	ND	ND	ND	ND
		2	Sec. Pb from PVC/Cl2 free scrap, filters	24,072	0.193	ND	ND	ND	ND
		3	Sec. Pb, PVC, Cl2 free scrap w furnace	0	0.000	ND	ND	ND	ND
	g		**Zinc production**						
	h		**Brass and bronze production**	**500**	**0.0005**	**ND**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Simple melting furnaces	500	0.0005	ND	ND	ND	ND
		2	Sophis. Equipment with APCS	0	0.000	ND	ND	ND	ND
	i		**Magnesium production**						
	j		**Other non-ferrous metal production**						
	l		**Shredders**						
	m		**Thermal wire reclamation**						
Total for Category 2					**20.20**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**99.64**

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

planned for buying used PVC-coated copper wires and further segregating PVC-coated cable from copper wires. The copper wires will be recycling for secondary copper production while PVC cables will be further disposed by waste incineration.

Category 3 - Power Generation and Heating

Power plant generated from biomass is the main source of releasing PCDDs/PCDFs to air and residues within this category. which, as shown in Table 3-3, has a total PCDDs/PCDFs emission of 33.33 g I-TEQ/a. Recently, natural gas is used as a fuel for power generation especially those newly established power plants such as Rajburi power plant. Besides, the trend of using natural gas in the old power plants is increasing and leads to reduction of PCDDs/PCDFs emissions. Coal fired power boiler is commonly used in the old power plants. According to Department of Energy Business, Ministry of Energy and the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) in 2004, it was shown that lignite has been used as fuel in power plant at the amount of 413,417 TJ/a which contributes to a 12.4% PCDD/PCDF emission released to air. Wood fired power boilers were found to be the source that released the highest amount of PCDD/PCDF to air (27.9 g I-TEQ/a) and accounted for 83.7% from the whole emission to air (Table 3-3). It was also the highest source for emission released to residue. As shown in Table 3-3, the amount of 8.37 g I-TEQ/a was released to residue and accounted for 58.6% of the total emission to residues. Coal fired power boilers are the second highest source for emission to air and residues and accounted for 12.4% and 40.5%, respectively. It is noticed that there are many fossil fuel power plants that use waste co-fired power boilers. However, there is limitation of data available for the present study.

Emission from the household heating and cooking from biomass fired stoves is quite low at 4,775 TJ/a which accounts for 0.48 g I-TEQ/a. The National Statistics in 2004 showed that LPG was used more common in household and domestic cooking. However, this emission from household or domestic cooking seems to be decreasing due to life-style changing especially those whose residences are in big city. Working people seems to spend more time in traffic and are too exhausted to cook at home. Behavior of eating moves toward a ready cooked meal from street vendor, cafeteria,

department store, etc. rather than self-cooked food.

Charcoal fired stoves are used in many street vendors who sell grilled or deep fried meat. The amount of charcoal at 5,560 TJ/a was reported (National Statistics, 2004) and accounted for 0.389 g I-TEQ/a emission to air which was 1.2% of the whole emission to air. The emission released to residues from coal fired stove was 0.028 g I-TEQ/a which was 0.07% of the total emission to residues.

Table 3-3 Annual releases from Category 3 – Power generation and heating

Sector	Subcat	Class	Source Categories	Production (TJ/a)	Annual release (g I-TEQ/a)				
					Air	Water	Land	Produc	Residue
3			**Power Generation and Heating**						
	a		**Fossil fuel power plants**	**1,198,109**	**4.537**	**NA**	**NA**	**NA**	**5.790**
		1	Fossil fuel/waste co-fired power boilers	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Coal fired power boilers	413,417	4.134	NA	NA	NA	5.790
		3	Heavy fuel fired power boilers	5,042	0.013	NA	NA	NA	ND
		4	Light fuel oil/natural gas fired power boilers	779,650	0.390	NA	NA	NA	ND
	b		**Biomass power plants**	**558,000**	**27.900**	**NA**	**NA**	**NA**	**8.370**
		1	Other biomass fired power boilers	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Wood fired power boilers	558,000	27.900	NA	NA	NA	8.370
	c		**Landfill, biogas combustion**						
		1	Biogas-fired boilers, motors/turbines & flaring						
	d		**Household heating and cooking**	**4,775**	**0.480**	**NA**	**NA**	**NA**	**0.096**
		1	Contaminated wood/biomass fired stoves	0	0.000	NA	NA	NA	0.000
		2	Virgin wood/biomass fired stoves	4,775	0.480	NA	NA	NA	0.096
	e		**Household heating and cooking**	**23,787**	**0.417**	**NA**	**NA**	**NA**	**0.028**
		1	Coal fired stoves	5,560	0.389	NA	NA	NA	0.028
		2	Oil fired stoves	82	0.001	NA	NA	NA	ND
		3	Natural gas fired stoves	18,145	0.027	NA	NA	NA	ND
Total for Category 3					**33.33**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**14.28**

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

The present study is not able to track for the landfill and biogas combustion due to scarcity of data or no recorded data and time limitation for searching data. As shown in Table 3-3, the total PCDDs/PCDFs emission to air and residues for this source category is 33.33 g I-TEQ/a and 14.28 g I-TEQ/a, respectively.

Category 4 – Production of Mineral Products

Within the category of minerals production, cement kilns are considered to be the primary source of PCDDs/PCDFs emission to air. Cement industry in Thailand is ranked as top ten among the cement business in the world. All cement kilns are fullequipped with air pollution control system to minimize the particulates released to the

environment. According to the inventory on cement plants, it was shown that total production of cement is 55,187,000 t/a generating 8.278 g I-TEQ/a of emission to air which is accounted for 74.33% of total emission to air from the mineral production source category. As shown in Table 3-4, other mineral products including lime, brick, glass, ceramics and asphalt mixing are contributed to small releases to air at the amount of 2.86 g I-TEQ/a which is 17.2% of the total emission to air from this source category. The emission calculation from UNEP's Toolkit showed that emission to residue was 0.166 g I-TEQ/a. However, this is argued by Siam Cement Industries company that there is no residue left over since the products are clinker and subsequently ground to cement powder. Therefore, this needs to be addressed for revision for the default emission factor in UNEP's Toolkit.

Table 3-4 Annual releases from Category 4 – Production of mineral products

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Produc	Residue
4			**Production of mineral products**						
	a		**Cement kilns**	**55,187,000**	**8.278**	**NA**	**ND**	**ND**	**0.166**
		1	Wet kilns, ESP temperature >300°C	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
		2	Wet kilns, ESP/FF temperature 200 to 300°C	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
		3	Wet kilns, ESP/FF temperature <200°C, *all types*	55,187,000	8.278	NA	ND	ND	0.166
	b		**Lime**	**841,099**	**1.731**	**ND**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Cyclone/no dust control	168,360	1.684	ND	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	672,739	0.047	ND	ND	ND	ND
	c		**Brick**	**4,500,000**	**0.900**	**NA**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Cyclone/no dust control	4,500,000	0.900	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0	0.000	NA	ND	ND	ND
	d		**Glass**	**775,825**	**0.012**	**NA**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Cyclone/no dust control	0	0.000	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	775,825	0.012	NA	ND	ND	ND
	e		**Ceramics**	**850,000**	**0.170**	**NA**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Cyclone/no dust control	850,000	0.170	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0	0.000	NA	ND	ND	ND
	f		**Asphalt mixing**	**655,737**	**0.046**	**NA**	**ND**	**ND**	**ND**
		1	Mixing plant with no gas cleaning	655,737	0.046	NA	ND	ND	ND
		2	Mixing plant with fabric filter, wet scrubber	0	0.000	NA	ND	ND	0.000
Total for Category 4					**11.14**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.17**

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Category 5 – Transport

All data for this source category are updated for year 2004. Data on number of vehicles and fuel consumption were obtained from Department of Land Transport, Ministry of Transport and Department of Business Energy, Ministry of Energy, respectively.

All vehicles must register with Department of Land Transport to obtain an official license plate. The study has used a 10-year registered vehicle record that showed a total number of 15,230,686 vehicles that run on the street. Of these, there are 1,588,630 passenger cars (more than 7 seats) which 80% of them use unleaded gasoline while the other 20% use diesel. There are 142,511 passenger cars (less than 7 seats) which use diesel, 50,117 taxi which 83.68% use unleaded gasoline and the rest use natural gas, 44,704 public and private buses which 99.8% use diesel and the rest use natural gas, 379,429 loading trucks which

Table 3-5 Annual releases from Category 5 – Transport

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Produc	Residue
5			**Transport**						
	a		**4-Stroke engines**	4,570,240	0.229	NA	NA	NA	ND
		1	Leaded fuel	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	2,285,120	0.229	NA	NA	NA	ND
		3	Unleaded fuel with catalyst	2,285,120	0.000	NA	NA	NA	ND
	b		**2-Stroke engines**	1,054,500	2.636	NA	NA	NA	ND
		1	Leaded fuel	0	0.000	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	1,054,500	2.636	NA	NA	NA	ND
	c		**Diesel engines**	16,558,000	8.279	NA	NA	NA	ND
		1	Diesel engines - cars/road transportation	16,558,000	8.279	NA	NA	NA	ND
	d		**Heavy oil fired engines**	136,050	0.544	NA	NA	NA	ND
		1	Trains	118,200	0.473	NA	NA	NA	ND
		1	Ships	17,850	0.071	NA	NA	NA	ND
Total for Category 5					11.69	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

use diesel. There are 10,913,816 motorcycles that use unleaded gasoline, 49% of which are 2-stroke engine. All 2-stroke trimotorcycles known as "Tuk-tuk" use LPG. Number of vehicles are used to calculate the fuel consumption as reported by Department of Business Energy.

As shown in Table 3-5, the total consumption of unleaded gasoline including octane 91, octane 95 and gasohol used in 4-stroke engine vehicles is 6,176,000,000 L which is equivalent to 4,570,240 t/a (calculated by a conversion of 0.74 kg/L) while those fuel used in 2-stroke engine vehicle amount to 1,054,500 t/a. The diesel consumption is 19,480,000,000 L which is equivalent to 16,558,000 t/a (calculated by a conversion of 0.85 kg/L). 118,200 t/a of heavy oil (calculated by 0.97 kg/L conversion from 121,856,000 L consumption) were used in trains and 17,850 t/a of slow diesel (calculated by 0.85 kg/L conversion from 21,000,000 L consumption) were used in ship. As shown in Table 3-5, it can be concluded that PCDDs/PCDFs emission to air from diesel was 8.279 g I-TEQ/a which is the highest, followed by 2.636 g I-TEQ/a emission from unleaded fuel used in 2-stroke engines, 0.544 g I-TEQ/a emission from heavy oil and slow diesel used in trains and ships. The least emission of 0.229 g I-TEQ/a was from unleaded fuel used in 4-stroke engines.

Category 6 – Uncontrolled Combustion Processes

Data on uncontrolled combustion processes are accessed from many sources such as Office of Agricultural Economic and Royal Forest Department, Department of Forestry, Ministry of Agriculture and Cooperatives; Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior. According to data recorded by the Royal Forest Department during 2000-2002, an average of 102,967.36 Hectare (643,546 Rai) was damaged by the forest fire. As shown in Table 3-6, uncontrolled combustion caused by forest fire was 2,395 t/a releasing 0.012 g I-TEQ/a emission to air. The burning of rice straws in the field is the major agricultural residue burning. Other agricultural residue products such as corn, rice husk, bagasse, etc. were used predomintly as biomass fuel due to the energy saving and consumption campaign in Thailand. Office of

Agricultural Economics has reported a rice production of 26,523,000 t/a in year 2002. Of which, rice straws were estimated to be burned 250 kg per ton of polished rice. However, rice straws are made use as biomass fuel, animal feeds, mushroom cutivation, etc. and only 10 % of total rice straws are accounted for agricultural residue burning of 663,075 t/a; hence, releasing 19.892 g I-TEQ/a emission to air which is 13.79% from the total emission to air from this source category. The data from Department of Forestry in 1998 showed that a forest area of 7,150 m^3 were allocated for charcoal wood which produced charcoal of 167 kg/m^3, therefore, the annual production was 1,194 t/a which was calculated to emission released to air at 0.072 g I-TEQ/a. In the past, approximately 10% of Mangrove forest was allocated for charcoal production. However, the Mangrove forest has been conserved and charcoal made from Mangrove wood has been prohibited since year 2004. For the last 2-3 years, charcoal wood burning in Thailand seems to be greatly reduced and most of charcoal woods are imported from other countries.

Table 3-6 Annual releases from Category 6 – Uncontrolled combustion processes

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
6			**Uncontrolled combustion processes**						
	a		Fires/burnings - biomass	**665,470**	**19.904**	**ND**	**6.640**	**NA**	**ND**
		1	1. Forest fires	2,395	0.012	ND	0.010	NA	ND
		2	2. Grassland and moor fires	0	0.000	ND	0.000	NA	ND
		3	3. Agricultural residue burning (in field)	663,075	19.892	ND	6.631	NA	ND
	b		Fires, waste burning, landfill fires, industrial fires, accidental fires	**401,024**	**124.332**	**ND**	**0.000**	**0.000**	**236.097**
		1	Landfill fires	6,122	6.122	ND	NA	NA	ND
		2	Accidental fires in houses, factories (per	441	0.176	ND	see	NA	0.176
		3	Uncontrolled domestic waste burning	393,178	117.953	ND	see	NA	235.907
		4	Accidental fires in vehicles (per event)	89	0.008	ND	see	NA	0.002
		5	Open burning of wood	1,194	0.072	ND	ND	NA	0.012
Total for Category 6					**144.24**	**0.00**	**6.64**	**0.00**	**236.10**

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

The major PCDDs/PCDFs emission to air is from uncontrolled domestic waste. The emission to air is 117.95 g I-TEQ/a which is accounted for 81.78% of total emission to air. The agricultural residue burning is the next source of concerns which releases 19.892 g I-TEQ/a and is accounted for 13.79% of the total emission to air.

Due to limitation of recorded data, landfill fires were estimated from 5% of municipal solid waste of 122,438 t/a and calculated to the release of 6.122 g I-TEQ/a. As shown in Table 3-6, all forest fires, accidental fires in houses, factories, vehicle and open burning of wood showed an insignificant emission released to air and residue which were accounted for 0.19% and 0.08% of the total emission to air and residue, respectively.

Category 7 – Production of Chemicals, Consumer Goods

The study is conducted by sending questionnaires to relevant industries that use chlorine in the process. 85% of questionnaires did not have complete data and thus did not allow for source classification; therefore,

the data shown here do not represent the whole figure of relevant industries. However, it can be overviewed roughly to look for the PCDDs/PCDFs emission to air, water, products and residue. According to available data, pulp and paper and ethylene dichloride/vinyl chloride monomer/polyvinyl chloride (EDC/VCM/PVC) production are studied. Emission to residues from boiler in pulp and paper mills seems to be the major concern and is accounted for 99.17% of total emission to residue (381.00 g I-TEQ/a v.s. 384.16 g I-TEQ/a). Sludge from Kraft process that uses chlorine and recycling pulp is the next source of concern and are accounted for 2.91% and 2.28%, respectively. However, PCDDs/PCDFs emission in sludge is quite small when compared to boiler process. There are 2 EDC/VCM/ PVC plants and one PVC plant in Thailand which have a total production of 1,668,000 t/a, of which 94.0% and 6.0% are from EDC/VCM/ PVC and PVC production, respectively. As shown in Table 3-7, the major PCDDs/ PCDFs emission to air is from EDC/VCM/PVC plant (1.509 g I-TEQ/a), followed by pulp and paper mills' boiler (0.027 g I-TEQ/a). The emission to residue from EDC/VCM/PVC plant is not critical when compared to those from pulp and paper mill's boiler (3.156 g I-TEQ/a v.s. 381.000 g I-TEQ/a). The major

emission to water is from pulp and paper mill process in the recycling pulp (0.894 g I-TEQ/a), followed by kraft process that used chlorine (0.434 g I-TEQ/a). The major emission to products is from pulp and paper mill (8.248 g I-TEQ/a) which contributed to 5.200 g I-TEQ/a from recycling paper, 3.048 g I-TEQ/a from kraft pulps/paper from primary fibers that used chlorine.

Table 3-7 Annual releases from Category 7 – Production of chemicals, consumer goods

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
7			**Production of chemicals, consumer**						
	a		**Pulp and paper mills**						
			Boilers (per ton of pulp)	**381,000**	**0.027**				**381.000**
		1	Black liquor boilers, burning of sludges,	381,000	0.027				381.000
		2	Bark boilers only	0	0.000				0.000
			Sludges	**199,456**					**19.944**
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	111,838					11.184
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	18					0.0002
		3	TMP pulp	0					0.000
		4	Recycling pulp	87,600					8.760
			Water (in L)	19,005,075,000		**1.328**			
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	6,200,000,000		0.434			
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	30,075,000		0.000			
		3	TMP pulp	0		0.000			
		4	Recycling pulp	12,775,000,000		0.894			
			Pulp and paper	**901,236**				**8.248**	
		1	Kraft pulps/papers from primary fibers,	381,000				3.048	
		2	Sulfite papers, old technology (Cl2)	0				0.000	
		3	Kraft papers, new technology (ClO2,	236				0.000	
		4	Sulfite papers, new technology (ClO2,	0				0.000	
		5	Recycling paper	520,000				5.200	
	b		**Chemical industry**						
			PCP						
		1	European, American prodn (chlorinated phenol-						
		2	Chinese production (thermolysis of HCH)						
		3	PCP-Na						
			PCB						
		1	Low chlorinated, e.g., Clophen A30, Aroclor 1242						
		2	Medium chlorinated, e.g., Clophen A40, Aroclor						
		3	Medium chlorinated, e.g., Clophen A50, Aroclor						
		4	High chlorinated, e.g., Clophen A60, Aroclor						
			Chlorinated Pesticides						
		1	Pure 2,4,5-Trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T)						
		2	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-PCPh)						
		3	Dichlorprop						
		4	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D)						
			2,4,6-Trichlorophenyl-4'-nitrophenyl ether (CNP =						
		5	(CNP = Chloronitrofen)						
			Old technology						
			New technology						
		6	Chlorobenzens						
		7	Chlorine production with graphite anodes						

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Product	Residue
			Chloranil						
		1	*p*-chloranil *via* chlorination of phenol						
		2	*p*-chloranil *via* hydrochinone						
		3	Dyestuffs on chloranil basis (old process, Class						
		4	*o*-chloranil *via* chlorination of phenol						
			ECD/VCM/PVC	*1,668,000*	1.490	0.027	0.000	0.057	3.156
		1	Old technology, EDC/VCM, PVC	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	Modern plants	*1,668,000*	*1.4896*	*0.027*	*0.000*	*0.057*	*3.156*
			EDC/VCM and/or EDC/VCM/PVC	1,568,000	1.4896	0.024	0.000	0.047	3.136
			PVC only	100,000	0.0000	0.003	0.000	0.010	0.020
	c		**Petroleum refineries**						
		1	All types						
	d		**Textile plants**						
		1	Upper limit						
		2	Lower limit						
	e		**Leather plants**						
		1	Upper limit						
		2	Lower limit						
Total for Category 7					**1.52**	**1.33**	**0.00**	**8.31**	**384.16**

The study found that both EDC/VCM/PVC plants, Thai Plastics and Chemical Public Company (TPC) and VinyThai Public Company, have a priority concern on environmental health and safety. Their plants are full-equipped with air pollution control system to extremely reduce PCDDs/PCDFs emission to air. The measurement on PCDDs/PCDFs from emission to air by SGS, Belgium showed that both plants have significantly low concentration of PCDDs/PCDFs (0.0674, 0.0391 and 0.1780 ng TEQ/Nm^3) when compared to the standard allowance of PCDDs/PCDFs at 0.5 ng TEQ/Nm^3. The figures imply that EDC/VCM/PVC plants in Thailand have good control of PCDDs/PCDFs emission. The estimated calculation from UNEP's Toolkit generates the exaggerate number and may not be appropriated for this type of source activity.

Category 8 – Miscellaneous

Only emission from crematories and tobacco smoking would be evaluated in this study due to data availability. The survey study of 309 from 405 temples in Bangkok was done by PCD in 2000. The data were extracted from questionnaires on crematories that sent to local administrations in 75 provinces. The death record was obtained from Department of Provincial Administration, Ministry of Interior and National Statistics, 2003. The data were analysed based on religion record from Department of Provincial Administration in 2000 to estimate the approximity of data due to religious ceremony. Religion statistics showed a proportion of Buddhism, Islamism, Christianity and others

for 94.57%, 4.65%, 0.72% and 0.06%, respectively. Of which 75%, 0% and 5% are found for cremation among the Buddhism, Islamism and Christianity.

Table 3-8 Annual releases from Category 8 – Miscellaneous

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Produc	Residue
8			**Miscellaneous**						
	a		**Drying of biomass**						
		1	Clean wood						
		2	Green fodder						
		3	PCP- or otherwise treated biomass						
	b		**Crematories**	**253,788**	**21.614**	**NA**	**ND**	**0.000**	**6.477**
		1	No control	238,455	21.461	NA	ND	0.000	6.438
		2	Medium control	15,333	0.153	NA	ND	0.000	0.038
		3	Optimal control	0	0.000	NA	ND	NA	0.000
	c		**Smoke houses**						
		1	Treated wood, waste fuels used as fuel						
		2	Clean fuel, no afterburner						
		3	Clean fuel, afterburner						
	d		**Dry cleaning residues**						
		1	Heavy textiles, PCP-treated, etc.						
		2	Normal textiles						
	e		**Tobacco smoking**	**1,937,500**	**0.194**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
		1	Cigar (per item)	0	0.000	NA	NA	NA	NA
		2	Cigarette (per item)	1,937,500	0.194	NA	NA	NA	NA
Total for Category 8					**21.81**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**6.48**

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.

"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

The modified factor of 0.7582 is applied to death population to obtain cremated bodies. Based on National Statistics in 2003, the total death in Thailand was 334,725 persons and cremated bodies were 253,788 corpses. There are 93.96% class 1 and 6.04% class 2 crematories in Thailand; however, the class 3 crematories are not existed in the present study. As shown in Table 3-8, total PCDDs/PCDFs emission to air and residue residue from crematories were 21.614 and 6.477 g I-TEQ/a, respectively. The Excise

Department, Ministry of Finance showed that 1,937,500 items of cigarette has been taxed in 2004 for the whole country. This figure is well corresponding to the number of cigarette consumption in 2004. Therefore, the PCDDs/PCDFs emission to air was 0.194 g I-TEQ/a.

Category 9 – Disposal/Landfills

PCDDs/PCDFs emission from disposal or landfill activities is not evaluated in this study due to incomplete and scarcity of data. In many cases, there are no recorded or updated data. All industrial enterprises is required by the Factory Act to submit their waste manifestation report to Department of Industrial Works or Industrial Estate of Thailand depending on their registration. However, the study finds that most of enterprises do not itemize waste specifically or record properly. Therefore, it is very difficult to keep track of data. More attention on precise record as well as details should be communicated among enterprise to achieve complete waste manifestation data. The annual releases from this source category is shown in Table 3-9.

Table 3-9 Annual releases from Category 9 – Disposal/Landfill

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Production (t/a)	Annual release (g I-TEQ/a				
					Air	Water	Land	Produc	Residue
9			**Disposal/Landfill**						
	a		**Landfill leachate**						
		1	Hazardous waste						
		2	Non-hazardous waste						
	b		**Sewage/sewage treatment**						
		1	Industrial, mixed domestic with Cl_2						
			No sludge removal						
			With sludge removal						
		2	Urban environments						
			No sludge removal						
			With sludge removal						
		3	Remote and residential or modern						
	c		**Open water dumping**						
		1	Contaminated waste waters						
		2	Uncontaminated wastewaters						
	d		**Composting**						
		1	All organic fraction						
		2	Garden, kitchen wastes						
		3	Green materials,not impacted						
	e		**Waste oil disposal**						
		1	All fractions						
Total for Category 9									

Category 10 – Hot-Spots

Due to unavailable, incomplete or scarce data, PCDDs/PCDFs emission for potential hot-spots activities cannot be identified. Table 3-10 shows the annual release of emissions that are concerned to be potential hot-spots.

Table 3-10 Annual releases from Category 10 – Hot-spots

Sector	Subcat.	Categories and Subcategories	Production (t/a)	Annual release (g TEQ/a				
				Air	Water	Land	Product	Residue
10		Identification of Potential Hot-Spots						
	a	Production sites of chlorinated organics						
	b	Production sites of chlorine						
	c	Formulation sites of chlorinated phenols						
	d	Application sites of chlorinated phenols						
	e	Timber manufacture and treatment sites						
	f	PCB-filled transformers and capacitors						
	g	Dumps of wastes/residues from categories						
	h	Sites of relevant accidents						
	i	Dredging of sediments						
	j	Kaolinitic or ball clay sites						

3.4 Conclusion and Recommendations

The summary inventory matrix for PCDDs/PCDFs emission from source categories 1-10 is shown in Table 3-11 and percent of annual release to environmental media from each source category is shown in Table 3-12. Emission to residues is found to be the highest when compared to emission to air, product, land and water, consecutively. Emission to residue from production of chemicals and consumer goods (source category 7) at the amount of 384.16 g I-TEQ/a is the highest (49.68%), followed by uncontrolled combustion processes (source category 6) of 236.10 g I-TEQ/a (30.53%), ferrous and non-ferrous metal production (source category 2) of 99.64 g I-TEQ/a (12.89%), waste incineration (source category 1) of 32.45 g I-TEQ/a (4.20%) and power generation and heating (source category 3) of 14.28 g I-TEQ/a (1.85%).

From this study, PCDDs/PCDFs emission to air is ranked as the second highest source of emission. However, due to the uncontrolled deposition of these releases to environment and consequent entrance into the foodchain, this pathway potentially is of the most important of concern. As shown in Table 3-6, the emission to air from uncontrolled combustion processes (source category 6), especially on uncontrolled domestic waste burning (117.95 g I-TEQ/a) and agricultural residue burning (19.892 g I-TEQ/a) which are accounted for 81.78% and 13.70%, respectively, is found to be the highest when compared to other source categories. As shown in Table 3-11

Table 3-11 Inventory matrix of PCDDs/PCDFs emission from source categories to environment media

Sector	Source Categories	Annual PCDDs/PCDFs Releases (g TEQ/a)				
		Air	Water	Land	Product	Residue
1	Waste Incineration	42.37	0.000	0.000	0.000	32.45
2	Ferrous and Non-Ferrous Metal Production	20.20	0.000	0.000	0.000	99.64
3	Power Generation and Heating	33.33	0.000	0.000	0.000	14.28
4	Production of Mineral Products	11.14	0.000	0.000	0.000	0.17
5	Transportation	11.69	0.000	0.000	0.000	0.00
6	Uncontrolled Combustion Processes	144.24	0.000	6.64	0.000	236.10
7	Production of Chemicals and Consumer Goods	1.52	1.33	0.000	8.31	384.16
8	Miscellaneous	21.81	0.000	0.000	0.000	6.48
9	Disposal/Landfilling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Identification of Potential Hot-Spots					
1-9	Total	286.30	1.33	6.64	8.31	773.30

Table 3-12 Percent of PCDDs/PCDFs releases per media in source categories inventory

Sector	Source Categories	% PCDDs/PCDFs Releases per Media				
		Air	Water	Land	Product	Residue
1	Waste Incineration	14.80	0.00	0.00	0.00	4.20
2	Ferrous and Non-Ferrous Metal Production	7.06	0.00	0.00	0.00	12.89
3	Power Generation and Heating	11.64	0.00	0.00	0.00	1.85
4	Production of Mineral Products	3.89	0.00	0.00	0.00	0.02
5	Transportation	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Uncontrolled Combustion Processes	50.38	0.00	100.00	0.00	30.53
7	Production of Chemicals and Consumer Goods	0.53	100.00	0.00	100.00	49.68
8	Miscellaneous	7.62	0.00	0.00	0.00	0.84
9	Disposal/Landfilling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Identification of Potential Hot-Spots	-	-	-	-	-
1-9	Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

and 3-12, the highest PCDDs/PCDFs emission to air from uncontrolled combustion process is 144.24 g I-TEQ/a which is contributed to 50.38% of the whole emission to air. The second source of concern is the emission from the waste incineration (source category 1 - medical/hospital waste incineration) at the amount of 38.289 g I-TEQ/a which is accounted for 90.38% of the total emission to air from this source category. The third source is the emissions from power generation and heating (source category 3) from wood fired power boilers at the amount of 27.900 g I-TEQ/a which is contributed to 83.70% of the total emission to air. PCDDs/PCDFs emission to air from miscellaneous (source category 8), ferrous and non-ferrous metal production (source

category 2) and production of mineral products (source category 4) are 7.62%, 7.06 % and 3.89%, respectively. The present study indicates that the emission from production of chemicals and consumer goods (source category 7) seems to be the least and plays an insignificant role. However, the inventory for this source category needs to be further investigated and updates for the complete data.

The emissions released to land are dominated by the uncontrolled combustion processes (source category 6) particularly on agricultural residue burning which generates 6.631g I-TEQ/a. The emission released to product and water is found only from production of chemicals and consumer goods (source category 7) in the less manner of concern when compared to those emission to residue, air and land. However, one should be aware that recycling pulp and kraft process which uses chlorine in pulp and paper mills may contribute to PCDDs/PCDFs release to product and water.

From this study, PCDDs/PCDFs emission from source category 9 - landfill and disposal is left to be investigated due to time limitation and scarcity of data. It is recommended that waste manifestation should be applied to all industries with a complete details on amount left to be treated and method of disposal/landfill treatment, i.e. waste incineration, water and sludge treatment, landfill and disposal.

The study found that questionnaires may not be an appropriate tools to get data. Most of enterprises have poor understanding as well as misunderstanding of the industrial process. Most of them feel like to be threatened for tax or any unpleasant pollution report if they fill the exact amount of raw material, treatment process, etc. Therefore, training workshops should be held to instruct the enterprises to fill in the questionnaires regarding the process and details to look at i.e. furnace temperature, furnace chamber, air pollution control system, etc. The communication should be done in the manner of creating a good relationship and building up the trustworthiness among governmental offices and enterprises to achieve fruitful collaboration.

Thailand, like many other countries, is facing with lack of data due to no record or statistics available and this problem should be addressed to Thai government to issue a standard practice for all enterprises including governmental offices, state-enterprises and related enterprises to implement with a good detail record. DIW and IEAT have initiated the waste manifestation system and it may take a while to achieve good record from industries and relevant institutions.

Data obtained on registered vehicle from Ministry of Transportation, fuel consumption from Ministry of Energy, population statistics from Ministry of Interior and National Statistics, tax related item from the Excise Department, Ministry of Finance, medical waste from BMA, cement, PVC and EDC/VCM/PVC production from the industries are quite complete and update for year 2004.

However, few data obtained on forest fires and agricultural residue from Ministry of Agriculture and Cooperatives, and all fires events from Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior are quite old and need to be updated. The accidental fires in house, factory and vehicle should be recorded for more details on each fire event considering area or volume per fire event in addition to cost of property damage. Data on medical waste incineration from Ministry of Public Health need to be revised and updated to include details such as quantity of infectious waste, furnace temperature in each chamber, operation time i.e. hours/day or week so that the data could be evaluated as an annual mass production, air pollution control system, etc. The present finding notices that many facilities are not operated due to low amount of infectious waste as well as high cost of operation that are not getting supported from the fiscal budget. Collection of infectious waste is pooled and sent to other facility for incineration in order to save cost of operation. In addition, many facilities do not have air pollution control system in their medical waste incineration so they rather not operate the incinerator; otherwise, they would be annoyed by community's complaint on air pollution that comes from the incineration process.

From the past to present, the data on agricultural residues are unlikely to keep track of. In the past, the agricultural residues were burn after harvest but nowadays they are used as biomass fuel to achieve the governmental campaign on energy saving and consumption. Open burning of wood seems to be greatly reduced. Therefore, this data also needs to be revised by the relevant Ministries. Backyard and open burning especially in the rural and community area where sanitation is not provided or accessed seems to be a problem and is difficult to control. Educational campaigns on production and/or generation of unintentional persistent organic pollutants as well as their adverse effects to health and environment should be publicized to communities and industries to create an awareness and mitigation of PCDDs/PCDFs problems. Governmental support in terms of financial and technical advices on best available technology (BAT) and best environmental practices (BEP) should be applied to all related stake holder enterprises and industries to reduce or eliminate the PCDDs/PCDFs emission problems.

The estimated PCDDs/PCDFs release to environment which is obtained from the calculation of annual mass production with default emission factor characterized by source category and class according to UNEP's Toolkit may or may not reflect the real amount of PCDDs/PCDFs emission. However, this estimated emission could roughly indicate and identify potential source of PCDDs/PCDFs emission to environment since the cost of actual sampling analysis is considerably high and could be a burden for small and medium enterprises to conduct the measurement. Nevertheless, the the actual sampling analysis and monitoring of PCDDs/PCDFs emission should be conducted and this would be the best clue in assessing hazardous health effect and environmental impact from PCDDs/PCDFs exposure. In addition, technical and financial support should be allocated from national and international organizations to reduce or eliminate PCDDs/PCDFs emission to environment.

Appendix 1

Default Emission Factor

for

PCDDs/PCDFs

from Souce Categories

UNEP's Toolkit, 2003

Table A1 Default emission factor for Category 1 – Waste incineration

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)					
				Air	Water	Land	Product	Residues	
								Fly ash	Bottom ash
1			**Waste incineration**						
	a		**Municipal solid waste inc.**						
		1	Low tech. comb., no APCS	3,500		NA	NA	0	75
		2	Controlled comb., min. APCS	350		NA	NA	500	15
		3	Controlled comb., good APCS	30		NA	NA	200	7
		4	High tech. comb., sophis. APCS	0.5		NA	NA	15	1.5
	b		**Hazardous waste inc.**						
		1	Low tech comb., no APCS	35,000		NA	NA	9,000	
		2	Controlled comb., min. APCS	350		NA	NA	900	
		3	Contolled comb., good APCS	10		NA	NA	450	
		4	High tech. comb., sophis. APCS	0.75		NA	NA	30	
	c		**Medical/hospital waste inc.**						
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS	40,000		NA	NA		200
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	3,000		NA	NA		20
		3	Controlled, batch comb., good	525		NA	NA	920	ND
		4	High tech, cont., sophis.APCS	1		NA	NA	150	
	d		**Light fraction shredder waste inc.**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	100		NA	NA	ND	ND
		2	Updated, continuously, some	50		NA	NA	ND	ND
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA	150	
	e		**Sewage sludge inc.**						
		1	Uncontrolled batch comb., no APCS	50		NA	NA	23	
		2	Controlled, batch, no or min. APCS	4		NA	NA	0.5	
		3	High tech, cont., sophis.APCS	0.4		NA	NA	0.5	
	f		**Waste wood & waste biomass inc.**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	100		NA	NA	1,000	
		2	Updated, continuously, some	10		NA	NA	10	
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA	0.2	
	g		**Animal carcasses burning**						
		1	Old furnaces, batch, no/little APCS	500		NA	NA		ND
		2	Updated, continuously, some	50		NA	NA		ND
		3	State-of-the-art, full APCS	1		NA	NA		ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A2 Default emission factor for Category 2 – Ferrous and non-ferrous production

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
2			**Ferrous and non-ferrous metal**					
	a		**Iron ore sintering**					
		1	High waste recycling, include oil contam.	20	ND	ND	ND	0.003
		2	Low waste use, well control plant	5	ND	ND	ND	0.003
		3	High technology, emission reduction	0.3	ND	ND	ND	0.003
	b		**Coke production**					
		1	No gas cleaning	3	0.06	ND	ND	ND
		2	Afterburner/dust removal	0.3	0.06	ND	ND	ND
	c		**Iron and steel production & foundries**					
			Iron & steel					
		1	Dirty scrap, scrap preheating, limited control	10	ND	ND	ND	15
		2	Clean scrap/virgin iron, after burner, FF	*10*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
			EAFs, all with fabric filter (FF)	3	ND	ND	ND	15
			EIFs with FF, wet scrubber	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
			Unknown	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
		3	Clean scrap/virgin iron, designed for low	*3*	*ND*	*ND*	*ND*	*15*
		4	Blast furnaces with APC	0.1	ND	ND	ND	2
			Foundries					
		1	Cold air cupola or rotary drum, no APCS	10	ND	ND	ND	ND
		2	Rotary drum – FF	4.3	ND	ND	ND	0
		3	Cold air cupola, FF	1	ND	ND	ND	8
		4	Hot air cupola or induction furnaces, FF	0.03	ND	ND	ND	1
	d		**Copper production**					
		1	Sec. Cu - Basic technology	800	ND	ND	ND	630
		2	Sec. Cu - Well controlled	50	ND	ND	ND	630
		3	Sec. Cu - Optimized for PCDD/PCDF control	5	ND	ND	ND	630
		4	Prim. Cu – all types	0.01	ND	ND	ND	ND
	e		**Aluminum production**					
		1	Processing scrap Al, minimal treatment of	150	ND	ND	ND	400
		2	Scrap treatment, well controlled, good APCS	35	ND	ND	ND	400
		3	Shavings/turning drying	10	ND	ND	ND	NA
		4	Optimized process, optimized APCS	0.5	ND	ND	ND	400
	f		**Lead production**					
		1	Sec. lead from scrap, PVC battery	80	ND	ND	ND	ND
		2	Sec. from PVC/Cl2 free scrap, blast	8	ND	ND	ND	ND
		3	Sec. Lead, PVC/Cl2 free scrap in furnaces	0.5	ND	ND	ND	ND
	g		**Zinc production**					
		1	Kiln with no dust control	1,000	ND	ND	ND	ND
		2	Hot briquetting/rotarry furnaces, basic	100	ND	ND	ND	ND
		3	Comprehensive control	5	ND	ND	ND	ND
		4	Melting (only)	0.3	ND	ND	ND	ND
	h		**Brass and bronze production**					
		1	Simple melting furnaces	1	ND	ND	ND	ND
		2	Sophisticated equipment, e.g. induction	0.1	ND	ND	ND	ND
	i		**Magnesium production**					
		1	Using MgO/C thermal treatment in Cl2, no	250	9,000	NA	ND	0
		2	Using MgO/C thermal treatment in Cl2,	50	24	NA	ND	9,000
	j		**Thermal Non-ferrous metal**					
		1	Contaminated scrap, simple or no dust	100	ND	ND	ND	ND
		2	Clean scrap, good APCS	2.0	ND	ND	ND	ND
	l		**Shredders**					
		1	Metal shredding plants	0.2	NA	NA	ND	ND
	m		**Thermal wire reclamation**					
		1	Open burning of cable	5,000	ND	ND	ND	ND
		2	Basic furnace with after burner, wet	40	ND	NA	ND	ND
		3	Burning electric motors, brake shoes, etc.,	3.3	ND	NA	ND	ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A3 Default emission factor for Category 3 – Power generation and heating

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/TJ)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
3			**Power Generation and Heating**					
	a		**Fossil fuel power plants**	35	NA	NA	NA	ND
		1	Fossil fuel/waste co-fired power boilers	10	NA	NA	NA	14
		2	Coal fired power boilers	2.5	NA	NA	NA	ND
		3	Heavy fuel fired power boilers	0.5	NA	NA	NA	ND
		4	Light fuel oil/natural gas fired power boilers					
	b		**Biomass power plants**	500	NA	NA	NA	ND
		1	Other biomass fired power boilers	50	NA	NA	NA	15
		2	Wood fired power boilers	35	NA	NA	NA	ND
	c		**Landfill, biogas combustion**					
		1	Biogas-fired boilers, motors/turbines & flaring	8	NA	NA	NA	NA
	d		**Household heating and cooking**					
		1	Contaminated wood/biomass fired stoves	1,500	NA	NA	NA	2,000
		2	Virgin wood/biomass fired stoves	100	NA	NA	NA	20
	e		**Household heating and cooking**					
		1	Coal fired stoves	70	NA	NA	NA	5
		2	Oil fired stoves	10	NA	NA	NA	ND
		3	Natural gas fired stoves	1.5	NA	NA	NA	ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A4 Default emission factor for Category 4 – Production of mineral products

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
4			**Production of mineral products**					
	a		**Cement kilns**					
		1	Wet kilns, ESP temperature >300°C	5.0	NA	ND	ND	1.0
		2	Wet kilns, ESP/FF temperature 200 to 300°C	0.6	NA	ND	ND	0.1
		3	Wet kilns, ESP/FF temperature <200°C, all types	0.15	NA	ND	ND	0.003
	b		**Lime**					
		1	Cyclone/no dust control	10	ND	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.07	ND	ND	ND	ND
	c		**Brick**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.02	NA	ND	ND	ND
	d		**Glass**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.015	NA	ND	ND	ND
	e		**Ceramics**					
		1	Cyclone/no dust control	0.20	NA	ND	ND	ND
		2	Good dust abatement	0.02	NA	ND	ND	ND
	f		**Asphalt mixing**					
		1	Mixing plant with no gas cleaning	0.07	NA	ND	ND	ND
		2	Mixing plant with fabric filter, wet scrubber	0.01	NA	ND	ND	0.06

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A5 Default emission factor for Category 5 – Transport

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
5			Transport					
	a		4-Stroke engines					
		1	Leaded fuel	2	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	0.1	NA	NA	NA	ND
		3	Unleaded fuel with catalyst	0.0000	NA	NA	NA	NA
	b		2-Stroke engines					
		1	Leaded fuel	4	NA	NA	NA	ND
		2	Unleaded fuel without catalyst	3	NA	NA	NA	ND
	c		Diesel engines					
		1	Diesel engines - cars/road transportation	0.5	NA	NA	NA	ND
	d		Heavy oil fired engines					
		1	Trains	4	NA	NA	NA	ND
		1	Ships	4	NA	NA	NA	ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A6 Default emission factor for Category 6 – Uncontrolled combustion processes

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
6			Uncontrolled combustion processes					
	a		Fires/burnings - biomass					
		1	1. Forest fires	5	ND	4	NA	ND
		2	2. Grassland and moor fires	5	ND	4	NA	ND
		3	3. Agricultural residue burning (in field)	30	ND	10	NA	ND
	b		Fires, waste burning, landfill fires, industrial fires, accidental fires					
		1	Landfill fires	1,000	ND	NA	NA	ND
		2	Accidental fires in houses, factories (per	400	ND	See	NA	400
		3	Uncontrolled domestic waste burning	300	ND	See	NA	600
		4	Accidental fires in vehicles (per event)	94	ND	See	NA	18
		5	Open burning of wood	60	ND	ND	NA	10

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A7 Default emission factor for Category 7 – Production of chemicals, consumer goods

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Product	Residue
7			**Production of chemicals, consumer**					
	a		**Pulp and paper mills**					
			Boilers (per ton of pulp)					
		1	Black liquor boilers, burning of sludges,	0.07				1,000
		2	Bark boilers only	0.40				1,000
			Sludges					
		1	Kraft process, old technology (Cl2)	4.50	70	4.50	100	4.50
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)	0.06	2	0.20	10	0.06
		3	TMP pulp					
		4	Recycling pulp				100	
			Water (in L)		pgTEQ/L			
		1	Kraft process, old technology (Cl2)		70			
		2	Kraft process, modern technology (ClO2)		2			
		3	TMP pulp		70			
		4	Recycling pulp		0.894			
			Pulp and paper					
		1	Kraft pulps/papers from primary fibers,				8	
		2	Sulfite papers, old technology (Cl2)				1	
		3	Kraft papers, new technology (ClO2,				0.5	
		4	Sulfite papers, new technology (ClO2,				0.1	
		5	Recycling paper				10	
	b		**Chemical industry**					
			PCP					
		1	European, American prodn (chlorinated phenol-				2,000,000	
		2	Chinese production (thermolysis of HCH)				800,000	
		3	PCP-Na				500	
			PCB					
		1	Low chlorinated, e.g., Clophen A30, Aroclor 1242				15,000	
		2	Medium chlorinated, e.g., Clophen A40, Aroclor				70,000	
		3	Medium chlorinated, e.g., Clophen A50, Aroclor				300,000	
		4	High chlorinated, e.g., Clophen A60, Aroclor				1,500,00	
			Chlorinated Pesticides					
		1	Pure 2,4,5-Trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T)				7,000	
		2	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-PCPh)				700	
		3	Dichlorprop				1,000	
		4	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D)				700	
			2,4,6-Trichlorophenyl-4'-nitrophenyl ether (CNP =					
		5	(CNP = Chloronitrofen)				300,000	
			Old technology				400	
			New technology				ND	ND
		6	Chlorobenzens				NA	ND
		7	Chlorine production with graphite anodes				7,000	
			Chloranil					
		1	*p*-chloranil *via* chlorination of phenol				400,000	
		2	*p*-chloranil *via* hydrochinone				100	
		3	Dyestuffs on chloranil basis (old process, Class				1,200	
		4	*o*-chloranil *via* chlorination of phenol				60,000	
			ECD/VCM/PVC					
		1	Old technology, EDC/VCM, PVC		1			
		2	Modern plants					
			EDC/VCM and/or EDC/VCM/PVC		0.015		0.03	2
			PVC only		0.030		0.10	0.2

Table A7 Default emission factor for Category 7 – Production of chemicals, consumer goods (continued)

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Annual release (g I-TEQ/a				
				Air	Water	Land	Product	Residue
7			**Production of chemicals, consumer**					
	c		**Petroleum refineries**					
		1	All types	ND	NA	NA	NA	ND
	d		**Textile plants**					
		1	Upper limit	NA	ND	NA	100	ND
		2	Lower limit	NA	ND	NA	0.1	ND
	e		**Leather plants**					
		1	Upper limit	NA	ND	NA	1,000	ND
		2	Lower limit	NA	ND	NA	10	ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A8 Default emission factor for Category 8 – Miscellaneous

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
8			**Miscellaneous**					
	a		**Drying of biomass**					
		1	Clean wood	0	NA	ND	0	ND
		2	Green fodder	0	NA	ND	0	ND
		3	PCP- or otherwise treated biomass	10	NA	ND	1	ND
	b		**Crematories**					
		1	No control	90	NA	ND	NA	27
		2	Medium control	10	NA	ND	NA	3
		3	Optimal control	0.4	NA	ND	NA	3
	c		**Smoke houses**					
		1	Treated wood, waste fuels used as fuel	50	NA	ND	ND	see
		2	Clean fuel, no afterburner	6	NA	ND	ND	com-
		3	Clean fuel, afterburner	1	NA	ND	ND	bustion
	d		**Dry cleaning residues**					
		1	Heavy textiles, PCP-treated, etc.	NA	NA	NA	NA	3,000
		2	Normal textiles	NA	NA	NA	NA	50
	e		**Tobacco smoking**					
		1	Cigar (per item)	0.3	NA	NA	NA	NA
		2	Cigarette (per item)	0.1	Na	NA	NA	NA

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A9 Default emission factor for Category 9 – Disposal/Landfill

Sector	Subcat.	Class	Source Categories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
				Air	Water	Land	Produc	Residue
9			**Disposal/Landfill**					
	a		**Landfill leachate**					
		1	Hazardous waste	NA	200	NA	NA	
		2	Non-hazardous waste	NA	30	NA	NA	
	b		**Sewage/sewage treatment**					
		1	Industrial, mixed domestic with Cl_2					
			No sludge removal		5	NA	NA	1,000
			With sludge removal		1	NA	NA	1,000
		2	Urban environments					
			No sludge removal		2	NA	NA	100
			With sludge removal		1	NA	NA	100
		3	Remote and residential or modern		1	NA	NA	10
	c		**Open water dumping**					
		1	Contaminated waste waters	NA	50	NA	NA	NA
		2	Uncontaminated wastewaters	NA	5	NA	NA	NA
	d		**Composting**					
		1	All organic fraction	NA	ND	NA	100	NA
		2	Garden, kitchen wastes	NA	ND	NA	15	NA
		3	Green materials,not impacted	NA	ND	NA	5	NA
	e		**Waste oil disposal**					
		1	All fractions	4	ND	ND	ND	ND

Note: "NA" denotes that the vector is not expected.
"ND" denotes that presently there is no suitable emission factor available.

Table A10 Default emission factor for Category 10 – Hot-spots

Sector	Subcat.	Categories and Subcategories	Potential Release Route (ug I-TEQ/t)				
			Air	Water	Land	Product	Residue
10		**Identification of Potential Hot-Spots**	x indicates need for site-specific evaluation				
	a	Production sites of chlorinated organics		x	x		
	b	Production sites of chlorine			x		
	c	Formulation sites of chlorinated phenols					
	d	Application sites of chlorinated phenols		x	x		
	e	Timber manufacture and treatment sites		x	x		
	f	PCB-filled transformers and capacitors		x	x		
	g	Dumps of wastes/residues from categories			x		
	h	Sites of relevant accidents					
	i	Dredging of sediments		x	x		
	j	Kaolinitic or ball clay sites		x	x		

Appendix 2

Mission Report on PCDDs/PCDFs Inventory for the Stockholm Convention National Implementation Plan of Thailand

by

Dr. Ulrich Quass
Muller-BBM GmbH, Germany

MÜLLER-BBM

Branch Office Gelsenkirchen
Am Bugapark 1
45899 Gelsenkirchen
Germany
Tel. +49 (0)209 98308 - 0
Fax +49 (0)209 98308 - 11
www.MuellerBBM.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quaß
Tel. +49 (0)209 98308 - 12
Quass@MuellerBBM.de

M60 870/1 qa
2005-06-16

Mission Report

Report on the consultancy of Dr. Ulrich Quass, Müller-BBM GmbH, Germany, regarding "Preparatory work for the Stockholm Convention national implementation plan of Thailand"

Report No. M60 870/1

Client:	Pollution Control Department, Bangkok, Thailand
Order No.:	PCD/UNEP/23; project GF 2732-03-4669
Consultant:	Dr. rer. nat. Ulrich Quaß
Total number of pages:	15 pages

P:\qa\60\60870\01_Ber_1a_60870.doc : 20. 06. 2005

Index

1	**Background**	**3**
2	**Tasks**	**3**
3	**Execution**	**4**
3.1	Preparation of background and training materials	4
3.2	Training workshop and further collaboration with PCD, Bangkok	5
3.2.1	Training workshop	5
3.2.2	Plant visitations	6
3.2.2.1	Crematories	6
3.2.2.2	Pulp-and-paper plant	7
3.2.2.3	Power Plant	7
3.2.2.4	Hospital waste incineration	7
3.2.2.5	PVC and chlorine production	8
3.2.3	Wrap-up meeting and recommendations for further work	8
4	**Final comments and recommendations**	**10**
4.1	Presentation of the inventory	10
4.2	Future updates of the inventory	10
4.3	Recommendations regarding measurement programmes	11
4.3.1	Emission measurements	11
4.3.2	Other measurements	12
4.4	Advise regarding institutional capacities	12
4.5	Advise regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs	13
4.6	Recommendations on a strategy to promote awareness	14

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc:20. 06. 2005

1 Background

The Kingdom of Thailand has signed the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) and is therefore obliged to develop a National Implementation Plan (NIP) on POPs reduction. One element of this NIP will be an inventory of sources of unintentional released POPs, i.e. polychlorinated dibenzodioxins and -furans (PCDD/Fs). To facilitate the construction of such inventories under the POPs Convention UNEP Chemicals, Geneva, has developed a so-called "Standardised Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases" which provides a default source structure and related emission factors.

Thailand has already applied this Toolkit to draft a first preliminary inventory; a final version of the inventory is due by March 2005. Since in this preliminary inventory the emissions of several source groups have not been evaluated and the calculations made partly are not really transparent, the Thai Pollution Control Department (PCD) requested for assistance by an international consultant with considerable experience in such issues. This assistance was provided by Dr. Ulrich Quass from Müller-BBM GmbH, Germany, who established the so-called "European Dioxin Inventory" on behalf of the European Commission.

2 Tasks

According to the terms of references which had been agreed on between PCD and Dr. Quass the assistance should comprise following elements:

- Preparation of training materials for a training of PCD staff during a visit of the consultant in Bangkok
- Provision of material and methodologies for best-practice development and execution of inventories
- Participation in field survey of potential dioxin emission sources
- Assistance in the assessment of national institutional capacities for unintentional POPs management.
- Provision of advise on identifying: barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs.
- Provision of recommendations on the outline of a plan or strategy for promoting awareness, training and education with respect to measures to achieve reduction and releases of unintentional POPs.

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

3 Execution

The consultancy work took place in three phases:

1. Home-based preparation of background and training material
2. Bangkok-based training and collaboration with PCD staff
3. Home-based preparation of mission reports and further revision of documents delivered by PCD

3.1 Preparation of background and training materials

For a best-practice development of a dioxin emission inventory a broad range of background information is necessary. This is especially true for countries which have no means of carrying out comprehensive national emission measurement programs. Therefore a compilation of reports and documents providing such information was prepared and delivered to PCD on CD-ROM during the training. These documents comprised

a) Documents focusing general aspects of dioxin policy and strategies to reduce their releases

b) Dioxin emission inventories from various countries, partly made with UNEP Toolkit

c) Documents advising to best available technologies (BAT), e.g. BREF-documents prepared by the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission

d) Various process-related information

e) Information related to application of the UNEP Toolkit

f) Information on available dioxin abatement techniques

The information provided by these documents may help to identify the relevant parameters and conditions of dioxin formation and releases from various industrial sources. They further can be used as reference for the classification of sources according to the UNEP Toolkit structure.

It was decided to use the preliminary inventory as a basis for the training. From the present state in the preliminary inventory it was apparent that the activity rate calculations done so far were difficult to trace-up which leads to lack of transparency of the methodology used. To overcome this obstacle, a new EXCEL-based form was developed. With this form, a transparent presentation and Toolkit-compatible calculation of activity rates can be achieved. It was used to train PCD staff in activity rate evaluation.

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

3.2 Training workshop and further collaboration with PCD, Bangkok

3.2.1 Training workshop

The training workshop was held on two days. On the first day two lectures were given by Dr. Quass to an audience comprising PCD staff and representatives from Thai industrial companies. The lectures started with an introduction to general knowledge on dioxins and furans and to methodologies of source inventories. This was followed by a detailed presentation of the UNEP Toolkit approach that comprises a manual giving background information to identify and classify existing sources as well as an Excel worksheet to calculate PCDD/F emissions using default emission factors. Related to this, an additional tool ("AR-tool") was presented developed for a standardised evaluation and transparent presentation of the activity rates needed for the Toolkit calculations. On the second day PCD staff was trained in the use of this activity tool using exemplary data provided in the Thai preliminary dioxin inventory. This training aimed to enable PCD staff to

- Identify the source types and source classification which are available in the Toolkit and to get insights in their proper application
- Trace-up the calculations made in the preliminary Thai inventory and to identify wrong assignments and other errors leading to a lack of transparency
- Re-evaluate the activity rates and present this evaluation in a traceable and transparent way by using a standardised form
- Realise the importance of proper use of physical dimensions as well as the need to quote reference documents and other sources of information

Exercises were done that aimed at a re-evaluation of the activity rate calculations in sector 1-3 of the preliminary inventory.

From the exercises done so far some obvious lacks of information in the preliminary inventory became obvious:

- The emission factors for hospital waste incineration provided by the UNEP Toolkit need revision. The description of class 1 installations (uncontrolled batch combustion, no APCS) fits well with many Thai installations. However, the emission factor of 40,000 µg I-TEQ/Mg(waste) for this class has not been derived by real measurement data. Instead, default values for flue gas volume and concentrations are used that both seem unreasonably high. Applying this emission factor would yield annual emissions from these installations solely that almost equal the entire PCDD/F emissions in the Western European countries. Hence in the preliminary Thai inventory the installations that technically should belong to class1 already have been assessed using the class 2 emission factor of 3,000 µg I-TEQ/Mg(waste). This emission factor corresponds to the highest factor ever reported in Western Europe for similar installations and therefore still might reveal an upper level estimate.
  It is therefore proposed, either to more precisely describe the technology of class 1 installations (meaning of "uncontrolled batch combustion", maybe termed "barrel drum burning or stackless stove combustion") or to erase class 1 from this source group entirely.

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

- Regarding hazardous waste incineration no information is provided by the Toolkit on so-called co-combustion facilities using hazardous waste as supplemental fuel input. Such co-combustion is practised particularly in cement plants; however, neither sector 1 "waste incineration" nor sector 4 "Production of mineral products" takes this up. It is proposed here to insert an additional class (or classes) to sector 4, source group "Cement kilns", since the main intention of these facilities still remains to be cement production and not waste incineration.
- In the preliminary Thai inventory, sector 3 covering metallurgic processes, several inconsistencies between activity data presented in the text and the corresponding tables as well as wrong assignment of activity and classification were found. Further, as already mentioned in the preliminary Thai inventory, activity data on some non-ferrous metals, particularly copper, is lacking.

Based on this training PCD staff should now be able to extend the work started with sectors 1 to 3 to the other sectors. This is not only seen as a useful exercise but lays the fundament for a thorough update and a most efficient completion of the Thai inventory.

Field survey of potential dioxin emission sources

3.2.2 Plant visitations

PCD organised a three day visitation of installations that could be relevant for the national dioxin emission inventory. The installations covered

- Crematories
- Pulp-and-paper plant
- Power plant
- Hospital waste incineration
- PVC production
- Chlorine production

The visitations were finished by a short visit of the Rayong industrial estate.

Following, a brief description of the installations and an assessment of the information gained with respect to the inventory is given.

3.2.2.1 Crematories

As already outlined in the preliminary dioxin inventory, the Thai crematories may contribute considerably to the overall emissions in Thailand. This is predominantly due to the fact that cremation is the traditional way Thais are burying their dead. Therefore, the cremation rate was estimated to be 95%. The temple visited has two cremation installations which both must be considered as relatively low emitting since they have a dual furnace (primary chamber/afterburner) construction. Besides the furnace regularly used with a capacity of ca. 6 cremations/day a new developed, smaller installation was shown. This unique small crematory was constructed with particular attention to energy saving. According to information supplied by an officer

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

from the municipality both installations belong to a group of approx. 20 crematories in Bangkok equipped with afterburner. All other crematories are simpler single chamber installations.

Regarding potential dioxin emissions not only the construction of furnace but also the materials allowed to b e burned may be important. At the visited site all materials like decoration plastics as well as the coffin roof is withdrawn before cremation. This can be seen as a good practice for lowering potential emissions.

3.2.2.2 Pulp-and-paper plant

One of the largest pulp-and-paper plants of Thailand was visited to assess the role of chlorine as bleaching agent. It was confirmed by the company that still chlorine is used but to a reduced extent since additionally hydrogen peroxide is added. For the inventory this means that the worst emission factor (related to product contamination) listed in the UNEP Toolkit should be applied. Whether this might lead to an exaggeration of actual product contamination could be checked by doing some exemplary analyses.

3.2.2.3 Power Plant

The 1.5 GW Ratchaburi power plant visited uses natural gas as main fuel which is occasionally – depending on market conditions - replaced by heavy oil or diesel oil. According to operator information the frequency of oil based operation is almost negligible. For natural gas combustion a very low emission factor applies and the emissions from this plant can therefore be assessed as irrelevant.

3.2.2.4 Hospital waste incineration

The most relevant installation visited was a small waste incinerator located at the medium-size hospital at Sam Pran Hospital, Nakorn Pathom Province. This installation is a prototype of a Thai build new system developed in order to achieve lower emissions than experienced with the standard mono-furnace installations. The prototype is a two chamber furnace with sub-stoichiometric combustion in the first chamber and a subsequent afterburner. Afterburner temperature is in the range of 900 to 1000 °C, a temperature that must be seen as somewhat low to be on a safe side with regard to dioxin destruction. The flue gas is rapidly quenched and further treated in a wet scrubber, thus releasing water emissions. According to the developer it is planned to replace the wet scrubber by fabric filters. If so, the best choice would be a catalytically active filter with dioxin destruction characteristic. A dioxin emission measurement has already been carried out at this installation. The measurements revealed flue gas concentrations about 0.7 ng I-TEQ/m³.

This development can be seen as a significant step towards an improvement of the current Thai situation which is characterised by several hundred simple furnace installations operated at the hospitals.

P:\q4\60\870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

3.2.2.5 PVC and chlorine production

Located in the Rayong industrial estate, a chemical complex including a PVC production and an electrolytic chlorine production plant was visited. With respect to PVC production, dioxin emissions are to be expected if the residual materials from EDC reactor are released to the environment without proper treatment. At the visited plant, however, all waste materials (gases and solids) are treated in an on-site hazardous waste incinerator. The construction of the incinerator with a combustion temperature of 1300°C, rapid quenching and wet flue gas cleaning assures low dioxin emissions. Here, too, a dioxin emission measurement had been conducted on operator's behalf and revealed concentrations below 0.1 ng I-TEQ/m³. Nevertheless, this facility is of considerable importance for the Thai dioxin inventory since up to now no hazardous waste incinerators are mentioned in the preliminary inventory report. It may be anticipated that similar incinerators exist at other locations which should be identified. Finally, the chlorine production plant was told to be quite new and therefore the only relevant indication for dioxin emissions – use of graphite electrodes – does not apply. According to the operator the same is the case for all similar installations in Thailand.

3.2.3 Wrap-up meeting and recommendations for further work

On the last day of the consultant's stay at Bangkok the insights gained during the visitations and remaining questions with regard to the inventory report were discussed. In view of the limited time remaining for finalising the inventory it was highly recommended to use the preliminary inventory as condensation nucleus for the final report. Using the new activity rate tool a rapid revision of the calculations done so far and corrections of apparent errors should be made. Some effort appears meaningful to better estimate the activities of certain sources; however, it should be taken into account that such effort only would be efficient if significant changes in the inventory are expected. For example, a better knowledge on the real waste throughput in the hospital waste incinerators might reduce the emission estimate that is based on a capacity evaluation so far.

To facilitate the further work the consultant finally provided a table (see below) listing all source categories in the preliminary inventory which demand some further activity. These activities are distinguished into "must do" and "may do" to indicate priorities to be taken. Source categories not mentioned in this list can be taken as sufficiently considered and should be included in the final draft as given in the preliminary inventory report.

P:\M60\M60870\M60870w1_Bkk_1\a_60876.doc 20. 06. 2005

Table 1. Recommended to-do-list for revision of Thai dioxin emission inventory

Missing data	Must do	May do
Hazardous waste incineration	Check for more facilities in chemical (PVC) industry; if exist, check technology and activity rate	
Hospital waste incineration	Correct figures given in Inventory (see exercises)	Check for class1 facilities (barrel burning, open burning); if exist, assume on share of total waste being burned in class1 facilities
Secondary copper production.	Check to whom questionnaires had been sent and who did/did not answer. If reported number of plants appears not reliable, check for better information (Estate, metal and. Clubs, Thai production statistics...)	
Secondary aluminium production	Same as for copper	
Secondary lead production	Check statistical data and questionnaire results on production (latter were 6 times higher than statistics);	
Biomass power plants		Check for other fuel consumption than wood; if exist, increase activity rate accordingly
Cement prod	Check calculation (appear to be wrong)	
Lime production	Make calculation more transparent (AR-tool)	
Brick combustion		Check for better production data (yet only assumption)
Ceramics prod.		Same as for bricks
Transportation	Check for 2-stroke engines activity	
Uncontrolled combustion	Check for assumptions made regarding landfill fires and open burning of waste	Check for forest fires and comparable virgin materials burned
Pulp&paper	Refinement needed; check basic data of questionnaires for missing information	
Cremation	Check for installations with afterburners and assigned number of cremation (→ class 2);	
Landfills	Take data given in waste inc. sector for waste being landfilled; emission factor to land will be available in next version of Toolkit	
Sewage sludge		Check for activity data
Open water dumping		Check for activity data
Waste oil treatment –non thermal		Check for activity data

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

Besides the list given above there is a number of sources which might exist in Thailand but are not covered by the Toolkit structure:

- Co-combustion of hazardous waste (tyres, chemicals) in cement plants; if such activity exists insert new subcategory/class in cement production
- Industrial combustion plants to generate heat or electricity (not public power plants)
- Waste oil combustion (e.g. originating from automotive workshops); if exists, new subcategory either in "open burning" (if oil is combusted on site in barrels...) or in industrial combustion or to be considered in co-combustion in cement plants

PCD is recommended to use the list above as a work plan to complete and finalise the inventory. The consultant agreed to revise any chapter delivered by PCD and to further assist in case of up-coming questions.

4 Final comments and recommendations

4.1 Presentation of the inventory

It is obvious already from the preliminary inventory report that the national dioxin emission freight of Thailand might be dominated by sources of uncontrolled combustion, in particular landfill fires and open on-field burning of agricultural residues. However, for these source categories very large uncertainties exist with respect to both, activity rate and emission factor. It appears to be more or less a guess how much mass of the landfilled waste is combusted annually by unintentional and uncontrolled fires. Therefore, in order to make use of the inventory for directing abatement measures it might be wise to separate these highly uncertain source categories and to put the focus on those with better certainty. Hence, besides the usual inventory table according to the UNEP Toolkit template further sub-inventories should be drafted that provide a better view on those sources that may be subjected to specific action in future.

Moreover, since activity rates in certain cases may be estimated only based on assumptions an indication on the uncertainty resulting from this procedure should be given. This can be done in producing two inventories with minimum and maximum emission estimates. Another option is to introduce a qualitative uncertainty classification /e.g. "very high", "high", "medium", "low", "very low").

4.2 Future updates of the inventory

By use of the methodology of UNEP Toolkit in combination with the Activity Rate tool introduced in the training any future update can be realised with convenience. The need for updating may rise from one of these events:

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc;20. 06. 2005

1. Toolkit emission factors are revised and change
2. New information is provided on certain activities which cause the need for revision of an existing inventory
3. New source categories are introduced into the Toolkit.
4. The inventory shall be adjusted to a new reference year/period with different activity rates

In order to keep transparency any update should be made using copies of the files that have been produced so far. It is highly recommended not just to overwrite data in files that are the basis of an already made (and maybe published) inventory. Best practice is to have all files and reports of a given inventory kept together in a dedicated directory also including a "readme" file that contains information on

- the names of staff being involved and the work each has done
- the reference year/period of the inventory
- the date of finalisation
- the version of inventory
- the reason for updating and a list of changes made compared to the previous version

4.3 Recommendations regarding measurement programmes

4.3.1 Emission measurements

Within the Thai activities concerning the Stockholm Convention NIP a dioxin emission measurement program was carried out in the late 90s and the results were published in 2001. This program included a number of potential emission sources and revealed that particularly hospital waste incineration and secondary steel production must be considered major contributors to the national emissions. Regarding the hospital waste incinerator it must be noted that the measured installation belonged to the few large-capacity facilities. This implies that the combustion technology to a certain degree limits dioxin generation and the measured values –still high compared to European standard – may be not transferred without deeper insight to the more common small facilities. For these, a number of several hundred has been evaluated to be in operation in the preliminary inventory. Looking at numbers and associated capacities, more than 60% of the hospital waste throughput in Thailand might be incinerated in these small facilities. However, this could be an exaggeration if capacities are not used up in reality.

Nevertheless, additional emission measurements at small capacity incinerators would highly contribute to a more certain view on the impact of these facilities on the national dioxin emissions. Without some real-life data the emissions calculated for this source category will remain uncertain, also because the correct assignment of Toolkit emission factors has been shown to be problematic (see discussion in the preliminary inventory report).

P:\qa\60\6087001_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

From the impressions and information gathered during the consultancy stay in Thailand no further urgent need for emission measurements was revealed. However, there are some sources which have been evaluated insufficiently so far, particularly those in the non-ferrous metal industry (copper production). In case the further inventory work will show considerable relevance of these source categories additional demand for emission measurements may rise.

4.3.2 Other measurements

In order to assess the local impact of emissions from dioxin sources monitoring of deposition and/or ambient air concentration has frequently been applied in Germany and other European countries. Such measurements may be an option in Thailand with respect to sources which are evaluated in the inventory to emit at least one gram I-TEQ per year. Such measurements, usually carried out for a longer period collecting monthly samples may provide additional verification of the relevance of a source.

Further, a survey of food contamination could be useful to better assess the impact of dioxin air emissions to the public health. Even with high air emissions the associated risk might be less than in other countries since Thai daily food comprises large fractions of sea food gathered off shore. Thus the terrestrial transfer chain usually considered in Europe as the dominant pathway from emissions to human exposure may be of less importance in Thailand.

Regular analyses of mother's milk may serve as an indication of the actual state of human health protection.

4.4 Advise regarding institutional capacities

According to information provided by the Pollution Control Department PCD there is high awareness of the problem of environmental contamination by dioxins and furans in various political instances (ministries). The awareness finds its expression in the fact that some regulations on dioxins and furans have already come into force. For municipal and hazardous waste incineration, respectively, emission limits already have been imposed. These are set at 30 ng/m³ (total PCDD/F) or 0.05 ng I-TEQ/m³ in case of municipal waste and 0.5 ng I-TEQ/m³ in case of hazardous waste incineration. These values are comparable to European regulation (0.1 ng I-TEQ for all types of waste incinerators) and will be sufficient to maintain a good state of the environment if they are complied with.

However, compliance to emission limits set by the authorities must be controlled to assure the effectiveness of the regulation. In case of dioxins and furans such control can only be realised by carrying out emission measurements. As far as there is information available no governmental institution is able to do so; and there is only one private company which already could provide such service in Thailand (SGS) by taking emission samples which in turn are analysed in the European laboratories. At the time being this measurement capacity might still suffice to control the small number of waste incinerators being operated. But, sampling team availability could become a limiting factor in case more incinerators would be build or other industrial facilities are subjected to mandatory emission measurements.

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

Such development appears quite probable in the coming years taking into account that hospital waste incineration constitutes the major "industrial" source for dioxins and furans in Thailand (as revealed by the recently finished Thai dioxin emission inventory). As it happened with this sector in Europe during the recent decade, a decline of the small, decentralised installations operated at the hospital sites is likely to occur. Instead, larger incinerators which can be operated at better controlled conditions and which allow to apply dioxin-specific abatement systems would be installed. Of course, a functioning waste collection system would be an important precondition for the feasibility of this option.

Further need for emission measurement capacity might be generated if other industrial sources, e.g. in the metal industry, were to be investigated for their stack releases of dioxin and furans.

Therefore, capacity for taking samples from flue gases, soil, water, and deposition should be build up in the near future. This could be done within governmental institutions or using the service of private companies. In the latter case some system of accreditation by governmental authorities should be implemented to assure sufficient expertise of the sampling teams. Further, standard methods to be applied (e.g. the European standard EN1948 or US EPA method 23) should be defined. Thus in any case expertise on taking environmental sampling must be available at the authorities – either to carry out the work by themselves or to check the competence of private services. It is further advisable to establish a close relation of such "sampling expert group" to experts having knowledge of the peculiarities of the various industries existing in Thailand, e.g. as they are employed at the Industrial Estates.

On the other hand there is no a priori need for having laboratories for analysing PCDD/Fs in Thailand. Samples may be shipped to foreign countries (Japan, the US, Europe) for analysis. Due to high competition in Europe the prices for dioxin analyses have fallen considerably in the recent years and can be estimated to be about 500 € (470 US$) per sample.

4.5 Advise regarding the identification of barriers to phase out, reduction, remediation and disposal of unintentional POPs

From principle considerations there is a ranking list of actions which should be followed as

prevention of PCDD/F formation

collection of formed PCDD/F to prevent release into the environment

destruction of collected PCDD/F

safe disposal if destruction is not feasible

Prevention of formation of course is the best way to protect the environment from unintentional POPs. However, measures to reach this goal are quite limited in many cases. In industry, control of input materials in order to minimise dioxin precursor input (e.g. PCBs, PVC coatings) and operation conditions minimising the probability of de-novo formation (e.g. rapid cooling of flue gases below the "formation temperature window") belong to these possibilities. However, in many cases such measures may

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

decrease the dioxin formation to a level still being unsatisfactory. Then specific dioxin abatement measures have to be implemented. Since such systems, like carbon injection or catalytic fabric filters, are rather expensive the major barrier to follow this route might be the limited funds available.

Regarding non-industrial sources the prevention of dioxin formation does not need expensive technical investments but still is difficult to realise . Some improvement may be achieved by banning certain fuels used for domestic cooking and heating provided these fuels can be replaced easily by others with similar availability and prices. Such options should be carefully checked before a dedicated regulation is made, because large investments in the infrastructure (e.g. distribution network of pipelines for natural gas supply) might be necessary.

It is even more difficult to convince people to change adverse behaviour which results in dioxin formation, like e.g. backyard burning of waste or agricultural residue burning. Both customs are likely to be related with poverty and thus only may be overcome if the general income situation of the population is improved. As far as backyard waste burning is concerned it could possibly be reduced to a certain degree by establishing an effective waste collection system.

If PCDD/F formation cannot be prevented, the formed dioxins and furans should be retained to avoid their release to the environment. This is an option almost exclusively applicable to industrial sources where emissions occur as stack flue gases. More complicated are fugitive emissions from working halls or from open-air operations.

As mentioned above, extraction and collection of dioxins and furans from flue gases generally needs specialised and expensive equipment. In case the installation of such abatement systems is considered this should be done in an integrative way taking into account the consequent steps of handling the collected dioxins. As far as possible, a system that collects and destructs PCDD/Fs in one step (like catalytic filters) is favourable. Active carbon injection will yield a solid waste stream that has to be subjected to high-temperature destruction afterwards. This may be done in waste incinerators or cement kilns, provided they are operated at appropriate conditions and their emissions can be monitored.

4.6 Recommendations on a strategy to promote awareness

Reducing dioxin emissions is not an easy task due to the large variety of sources involved and the high costs for measurements and end-of-pipe technologies for effluent cleaning. Therefore efforts should be directed at first to find possibilities for improving the situation by primary measures (e.g. better control of input materials, change of adverse behaviour). Examples could be checks of scrap composition at electric arc furnaces, awareness rising directed at crematoria operators concerning materials to be withdrawn before cremation. However, quite frequently such primary measures are limited in effect and/or can be realised best on sources that are of less relevance.

In case abatement is only possible by severe intervention to economic or technical procedures all effort should be concentrated to those sources which promise the largest reduction effect. This may of course generate considerable resistance of the concerned stakeholders which may claim apparent injustice. Therefore, it is essential

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

to install a highly transparent communication to the public and all stakeholders concerned. The emission inventory, its basis, limitations and uncertainties should be clearly introduced and the reasoning for the selected actions must be made transparent. Cost/effectiveness studies on different options – if such exist – may help in this phase. A forum for permanent monitoring of the process may be installed, such as a round table involving all stakeholders, delegates from environmental groups and communication companies (TV, newspapers, broadcasting).

It might be a good idea to found such forum before the inventory is completed and published and to keep the members informed on the progress of the ongoing work. Otherwise there could be the danger of surprise when the inventory is released (in many cases data from such studies is spread around before the official release date and before a press communication could take place!). Surprise on an environmental issue associated with high awareness of danger as is the case of dioxins could lead to "panic" reactions in the public perception and thus could make the starting position for future activities difficult.

It should be made clear that all actions on dioxins are addressing the long-term effects of these compounds from the viewpoint of precaution. Except for accidental releases or certain occupational exposures there is no danger of suffering from acute toxic effects. Therefore, measures that have to be taken do not need to be scheduled on very short-term schedules. Nevertheless, it is always helpful to have clear visions of the goals to be reached. And these goals should be as realistic as possible. Very clearly, due to the multitude of possibilities for dioxin formation, a complete phase-out of emissions will not be feasible. Under optimal conditions, industrial emissions may attract a level well below non-industrial emissions, which to a large part cannot be controlled.

In order to monitor the progress of emission reduction and also to identify the time when any additional efforts will have only negligible impact a long-term monitoring activity of an appropriate indicator, like human milk, could be helpful. Such indicator data, published regularly and illustrating the achieved state of human health protection can be powerful instruments to rise awareness on the one hand and to avoid exaggerated reactions on the other.

Dr. rer. nat. Ulrich Quass

P:\qa\60\60870\01_Ber_1e_60870.doc 20. 06. 2005

Inventory Report on Unintentional Persistent Organic Pollutants (Dioxins/Furans)

Studied and Edited by

Dr. Chalongkwan Tangbanluekal NIP/POPs National Expert on Unintentional POPs

Consultation Teams

1.	Mr. Apichai Chvajarernpun	Director General, Pollution Control Department
2.	Mr. Adisak Thongkaimook	Deputy Director General, Pollution Control Department
3.	Dr. Jarupong Boon-Long	NIP/POPs Project Manager
4.	Mrs. Sunee Piyapanpong	Director of Waste and Hazardous Substance Management Bureau
5.	Ms. Pornpimon Chareonsong	Director of Hazardous Substance

Coordination Teams

1.	Ms. Pornpimon Chareonsong	Director of Hazardous Substance
2.	Mr. Manop Boonjam	Environmental Scientist
3.	Ms. Sasivimon Naewthong	Environmental Scientist
4.	Ms. Suwalak Yaonoon	Environmental Scientist
5.	Mr. Thanaphan Phaetphan	Environmental Scientist
6.	Ms. Pimpax Pongpisut	Environmental Scientist

National Coordination Committee on the Stockholm Convention

1.	Dr. Vichien Keeratinijakal	Chairman
2.	Director General, Pollution Control Department	Vice Chairman
3.	Department of Industrial Works	Committee
4.	Department of Agriculture	Committee
5.	Department of Health	Committee
6.	The Customs Department	Committee
7.	The Bureau of the Budget	Committee
8.	Office of National Economic and Social Development Board	Committee
9.	Department of International Organizations	Committee
10.	Department of Treaties and Legal Affairs	Committee
11.	Department of foreign Trade	Committee
12.	The Food and Drug Administration	Committee
13.	Bangkok Metropolitan Administration	Committee
14.	Department of Local Administration	Committee
15.	Department of Environmental Quality Promotion	Committee
16.	Office of International Cooperation on Natural Recourses and Environment	Committee
17.	The Industrial Estate Authority of Thailand	Committee
18.	The Federation of Thai Industry	Committee
19.	Pollution Control Department	Secretary
20.	Dr. Jarupong Boon-Long, NIP/POPs Project Manager	Co-Secretary
21.	Assistant Secretary	Assistant Secretary

UNEP GEF

NIP/POPs Coordination Office
ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs
Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457