



คู่มือการประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ  
สำหรับอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันในประเทศไทย  
(ฉบับปรับปรุงล่าสุด)

ตุลาคม 2558

คณะทำงานพัฒนาคู่มือการประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ  
จากโรงกลั่นน้ำมัน



## สารบัญ

	หน้า
<b>1. บทนำ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)) คืออะไร.....	1
1.2 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ PRTR ในประเทศไทย.....	1
1.3 ประโยชน์จากการจัดทำระบบ PRTR.....	3
1.4 ขอบเขตของคู่มือ.....	4
<b>2. ขั้นตอนของการรายงาน PRTR</b> .....	<b>5</b>
2.1 การบ่งชี้สารเคมีเป้าหมาย.....	5
2.2 การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ถือครอง.....	7
2.3 การบ่งชี้จุดปลดปล่อยมลพิษและของเสียที่นำออกนอกโรงงาน.....	9
2.4 การประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ.....	10
2.5 การจัดทำรายงาน PRTR.....	10
<b>3. หลักการพื้นฐานของวิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ</b> .....	<b>11</b>
3.1 การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement).....	12
3.2 การจัดทำสมดุลมวล (Mass Balance).....	13
3.3 การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor).....	16
3.4 การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation).....	18
<b>4. วิธีการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน</b> .....	<b>20</b>
4.1 กระบวนการของอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน.....	20
4.2 รายละเอียดของตำแหน่งที่ระบายมลพิษและวิธีการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ.....	20
4.2.1 การเผาไหม้.....	21
4.2.2 กระบวนการกลั่นน้ำมัน.....	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 กระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย.....	35
4.2.4 ดัชนีเก็บสารเคมี.....	41
4.2.5 การบรรจุ/การขนถ่าย.....	47
4.2.6 การบำบัดน้ำเสีย.....	50
4.2.7 การรั่วไหลของสารเคมี.....	57
4.2.8 กรณีศึกษา-อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย.....	70
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของเชื้อเพลิงและองค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายในประเทศไทย.....	76
ภาคผนวก ค คำนิยามแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องทำการรายงานข้อมูล PRTR (Point Source).....	77
ภาคผนวก ง แบบฟอร์มการรายงานข้อมูล PRTR.....	78
ภาคผนวก จ วิธีการติดตามตรวจวัดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย USEPA.....	80
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสำหรับ TANKS model.....	82
ภาคผนวก ช คู่มือฉบับย่อสำหรับการใช้ WATER9 Model.....	85
ภาคผนวก ซ แผนผังกระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม.....	86

## รายการคำย่อ

DM	(Direct Measurement)	การตรวจวัดโดยตรง
EC	(Engineering Calculation)	การคำนวณทางวิศวกรรม
EF	(Emission Factor)	ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษหรือ สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ
MB	(Mass Balance)	สมดุลมวล
NPI	(National Pollution Inventory)	บัญชีรายการสารมลพิษแห่งชาติ (Australian PRTR)
OECD	(Organization for Economic Co-operation and Development)	องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา
PRTR	(Pollutant Release and Transfer Register)	ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ
RET	(Release Estimation Techniques)	วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ
TRI	(Toxics Release Inventory)	บัญชีรายการการปลดปล่อยสารพิษ (U.S. PRTR)
USEPA	(United States Environmental Protection Agency)	องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา
VOCs	(Volatile Organic Compounds)	สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 สารเคมีเป้าหมายในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน.....	6
ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างเงื่อนไขในการรายงานข้อมูล PRTR ภายใต้ नियามของแหล่งกำเนิด ประเภท Point Source .....	9
ตารางที่ 2-3 กระบวนการที่คาดว่าจะมีการปลดปล่อยสารเคมีเป้าหมายจากอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน.....	9
ตารางที่ 3-1 สรุปวิธีการในการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ (RET).....	11
ตารางที่ 4-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหย จากการเผาไหม้ น้ำมัน/ก๊าซ.....	28
ตารางที่ 4-2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของโลหะจากการเผาไหม้ น้ำมัน/ก๊าซ.....	29
ตารางที่ 4-3 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด ที่เกิดจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน.....	32
ตารางที่ 4-4 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน.....	33
ตารางที่ 4-5 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของอนุภาคทั้งหมดของกระบวนการกลั่นน้ำมัน.....	34
ตารางที่ 4-6 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายในอนุภาคทั้งหมดจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน.....	34
ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสำหรับกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย.....	36
ตารางที่ 4-8 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากการฟุ้งกระจายจากอุปกรณ์.....	37
ตารางที่ 4-9 สมการความสัมพันธ์ของกระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย.....	39
ตารางที่ 4-10 ค่าสัมประสิทธิ์การอิ่มตัว (Saturation Factor) สำหรับการคำนวณ การสูญเสียที่เกิดจากการบรรจุปิโตรเลียมเหลว.....	48
ตารางที่ 4-11 Default Speciation Factors สำหรับสารอินทรีย์ที่ได้จากการกลั่น.....	56
ตารางที่ 4-12 Default Emission Factors สำหรับธาตุที่มีอยู่น้อยๆในส่วนที่ได้จากการกลั่น.....	57

## สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
รูปที่ 1-1 แนวทางการพัฒนาระบบ PRTR.....	2
รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการรายงาน PRTR.....	5
รูปที่ 3-1 การกำหนดขอบเขตเพื่อพิจารณาจัดทำสมุดมวล.....	14
รูปที่ 4-1 กระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง.....	20





## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)) คืออะไร

องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)) ได้ให้คำจำกัดความของคำดังกล่าวคือ ทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)) เป็นระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ หรือสารเคมีจากแหล่งกำเนิดสู่สิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศ น้ำ และดิน รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายของเสียออกจากแหล่งกำเนิดเพื่อนำไปบำบัดหรือกำจัด ระบบ PRTR เป็นระบบข้อมูลซึ่งเผยแพร่สู่สาธารณชน ประกอบไปด้วยข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษ/สารเคมี ซึ่งมีการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่รู้จักจุดปล่อยแน่นอน (Point Source) เช่น โรงงานอุตสาหกรรม และ แหล่งกำเนิดที่ไม่มีจุดปล่อยที่แน่นอน (Non-Point Source) เช่น การเกษตรกรรม การขนส่ง อุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก และกิจกรรมของชุมชน สู่สิ่งแวดล้อม ทั้งทางอากาศ น้ำ ดิน รวมทั้งข้อมูลการเคลื่อนย้ายของเสียและน้ำเสียจากโรงงานหรือสถานประกอบการเพื่อบำบัด/กำจัด

ภายใต้ระบบ PRTR โรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบการที่เข้าข่ายเกณฑ์ที่กำหนด (แหล่งกำเนิดประเภท Point Source) จะต้องรายงานปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อม (อากาศ น้ำ ดิน) รวมทั้งการเคลื่อนย้ายออกนอกพื้นที่สำหรับการจัดการของเสีย หรือการบำบัดน้ำเสีย เป็นปริมาณต่อระยะเวลา (Loading) เช่น กิโลกรัมต่อปี หรือ ตันต่อปี ไม่ใช่ค่าความเข้มข้น (Concentration) สำหรับแหล่งกำเนิดที่ไม่เข้าข่ายตามเกณฑ์ที่กำหนด (แหล่งกำเนิดประเภท Non-Point Source) หน่วยงานราชการจะเป็นผู้จัดทำข้อมูลการประเมินการปลดปล่อย จากนั้นจะดำเนินการตรวจสอบข้อมูล PRTR และเผยแพร่สู่สาธารณชนต่อไปในรูปแบบที่เป็นเอกสารเผยแพร่ รายงานประจำปี และอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูล PRTR อาจจะนำเสนอเป็นกลุ่มอุตสาหกรรม จำแนกแต่ละโรงงาน สารมลพิษชนิดหรือกลุ่มของสารเคมี ทั้งประเภท Point Source และ Non-Point Source

ทั้งนี้ การพัฒนาระบบ PRTR สามารถปรับเปลี่ยนรายละเอียดต่างๆ เช่น ชนิดของสารเคมีหรือสารมลพิษ และประเภทของอุตสาหกรรมที่ต้องรายงานได้ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อม

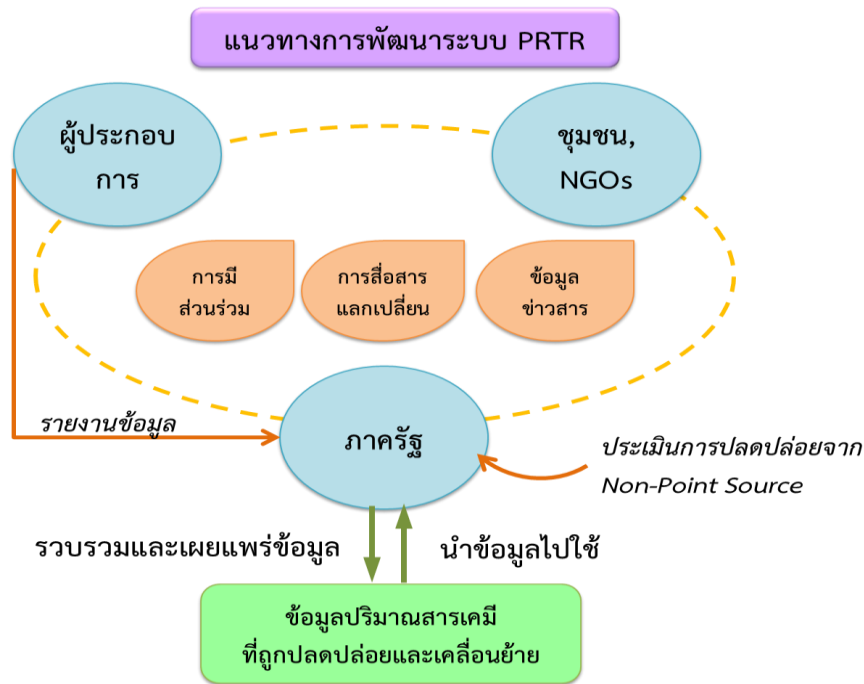
#### 1.2 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ PRTR ในประเทศไทย

##### 1) ความเป็นมา

การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเขตพื้นที่อุตสาหกรรมและเขตเมืองในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ในจังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ซึ่งรัฐบาลได้กำหนดให้เป็นศูนย์กลางการขนส่งสินค้า โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและ

อุตสาหกรรมหนัก แม้ว่าอุตสาหกรรมจะเป็นกิจกรรมที่สร้างรายได้มหาศาลให้กับประเทศ และสร้างงานให้แก่ประชาชนในพื้นที่ แต่ขณะเดียวกันการพัฒนาดังกล่าวก่อให้เกิดมลพิษรูปแบบต่างๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ความเป็นอยู่ และสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรวม

เพื่อรับมือกับปัญหาดังกล่าว ได้มีการวางแนวทางและมาตรการต่างๆ อาทิ การจัดทำมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับสารมลพิษทางอากาศ การกำหนดค่ามาตรฐานการระบายและค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมของสาร VOCs การกำหนดเขตควบคุมมลพิษ เป็นต้น และระบบ PRTR เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ถูกนำมาใช้ ซึ่งภายใต้ระบบ PRTR ข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษจะถูกรวบรวมจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภท Point Source (เช่น โรงงานอุตสาหกรรม/สถานประกอบการที่เข้าข่าย) ที่ต้องจัดทำรายงานข้อมูล PRTR และการประเมินการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภท Non-Point Source (เช่น ภาคการเกษตร ชุมชน ภาคการขนส่ง) ซึ่งดำเนินการโดยหน่วยงานรัฐ จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกเผยแพร่สู่สาธารณะ ทำให้หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไปได้เข้าถึงและรับทราบข้อมูลสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในพื้นที่ตรงกัน อันนำไปสู่การวางแผนการจัดการสารเคมีและมลพิษที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 1-1 แนวทางการพัฒนาระบบ PRTR

ในการนี้ กรมควบคุมมลพิษ กรมโรงงานอุตสาหกรรม และการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ร่วมกับองค์การร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency (JICA)) ได้ดำเนินงาน “โครงการความร่วมมือการวิชาการกับประเทศญี่ปุ่นในการพัฒนาระบบทำเนียบการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ”\* (The Development of Basic Schemes for PRTR System in the Kingdom of Thailand) หรือที่เรียกว่า “โครงการ JICA-PRTR” เพื่อพัฒนาระบบ PRTR ขึ้นในประเทศไทย โดยมีระยะเวลาการดำเนินโครงการทั้งสิ้น 4 ปี ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2554 – กุมภาพันธ์ 2558

และมีกำหนดการดำเนินโครงการนำร่องระบบ PRTR ณ จังหวัดระยอง ในปี 2556 – 2557

## 2) วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ PRTR ในประเทศไทย

1. เพื่อเผยแพร่ข้อมูลการจัดการมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ สู่สาธารณชน
2. เพื่อลดและแก้ไขปัญหาการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม
3. เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงานตามแผนการจัดการสารเคมีทั้งในและระหว่างประเทศ
4. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหรือกลไกในการติดตามตรวจสอบมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ รวมทั้งการกำหนดนโยบายการจัดการสารเคมีและมลพิษของหน่วยงานราชการ

## 1.3 ประโยชน์จากการจัดทำระบบ PRTR

### ภาครัฐ

- ทราบสถานภาพ/แนวโน้มการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการเคลื่อนย้าย/การจัดการสารมลพิษเฉพาะประเภท และ/หรือเฉพาะพื้นที่
- เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม การกำหนดแนวทางเพื่อวางแผนป้องกันหรือแก้ไขปัญหามลพิษจากสารอันตราย
- เป็นการติดตามตรวจสอบการบังคับใช้กฎหมาย/ความก้าวหน้าของการดำเนินนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม
- เป็นไปตามข้อกำหนด/ข้อตกลงภายใต้พิธีสาร/อนุสัญญาระหว่างประเทศต่างๆ
- การวางแผนรองรับเหตุฉุกเฉิน

### ภาคเอกชน

- เป็นการปรับปรุงระบบการจัดการสารเคมีภายในโรงงาน ส่งเสริมให้มีการใช้สารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ลดการปลดปล่อยสารมลพิษ
- เสริมสร้างความรู้/ความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้/การจัดการสารเคมีให้แก่ผู้ประกอบการและคนงาน
- ส่งเสริมให้มีการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่
- สร้างภาพลักษณ์ที่ดีกับชุมชน

### ภาคประชาชน

- ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหามลพิษกับหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน

\* ลงนามในบันทึกการประชุมเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2553 และลงนามในบันทึกข้อตกลง เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2553

- เป็นเครื่องมือในการเข้าถึงและรับรู้ข้อมูลด้านการจัดการมลพิษ สารเคมี และสิ่งแวดล้อมของโรงงาน
- เป็นเครื่องมือในการป้องกันตนเองจากมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งกำเนิดอื่นๆ
- เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับพนักงานดับเพลิง โรงพยาบาล ตำรวจ หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินกรณีเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับสารเคมีในโรงงาน
- เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ

#### 1.4 ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือนี้ได้รับพัฒนาขึ้นโดยคณะทำงานพัฒนาคู่มือการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ จากโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ประกอบด้วย กรมโรงงานอุตสาหกรรม ร่วมกับกรมควบคุมมลพิษ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และผู้แทนจากบริษัทที่ประกอบกิจการโรงกลั่นน้ำมันต่างๆ

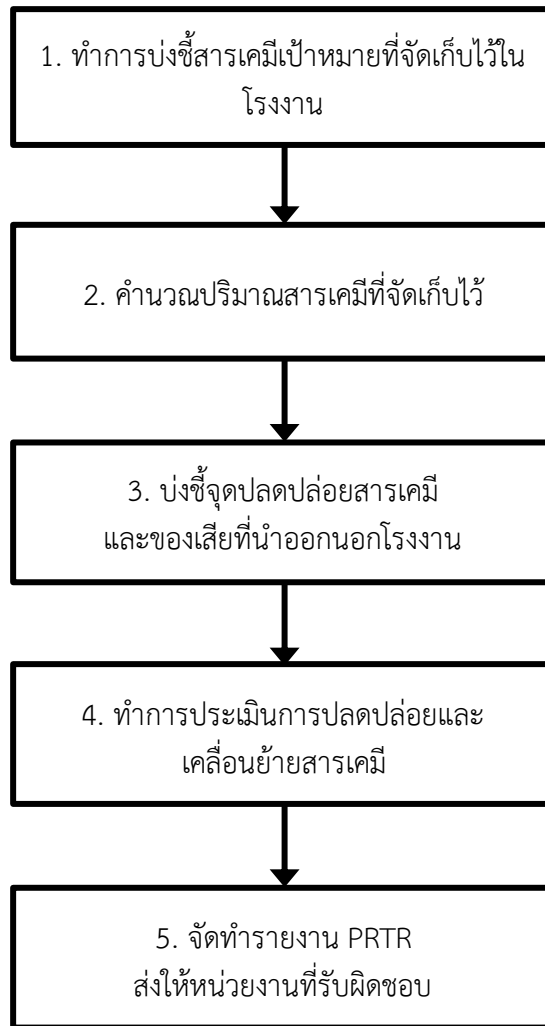
คู่มือนี้ใช้เป็นแนวทางในการประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษของสารเคมีเป้าหมายสำหรับโรงงานประเภท 49 โรงกลั่นปิโตรเลียม สำหรับการดำเนินโครงการนำร่องระบบ PRTR ในปี 2556 - 2557 และนำผลการดำเนินโครงการนำร่องมาใช้ประกอบการปรับปรุงคู่มือให้มีความเหมาะสมต่อไป

เนื่องจากคู่มือฯ นี้เป็นการนำเสนอแนวทางการประเมิน หากทางโรงงานเห็นว่ามีความเหมาะสม นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ในคู่มือฯ มีความเหมาะสมต่อสภาพภายในโรงงานและการรายงานข้อมูล PRTR ก็สามารณนำมาปรับใช้ในการประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษได้

## บทที่ 2

### ขั้นตอนการรายงาน PRTR

การรายงาน PRTR มีกรอบการดำเนินการดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการรายงาน PRTR

#### 2.1 การบ่งชี้สารเคมีเป้าหมาย

พิจารณาสารเคมีเป้าหมาย ตามบัญชีรายชื่อซึ่งประกอบด้วยสารเคมี 107 สาร ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน สารเคมีเป้าหมายจะพบอยู่ในเชื้อเพลิง ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ หรือ ผลพลอยได้จากการเผาไหม้และการให้ความร้อน

สารเคมีเป้าหมายในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โลหะ สารประกอบของโลหะ และสารเคมีเป้าหมายอื่นๆ ที่เป็น ผลพลอยได้จากการกระบวนการเผาไหม้และการให้ความร้อน หรือกระบวนการอื่นๆ ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติ ของเชื้อเพลิงและองค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายในเชื้อเพลิงแสดงในภาคผนวก ข

สารเคมีเป้าหมายที่แสดงตามตารางด้านล่างนี้ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบจุดปลดปล่อย ต่างๆ ทั้งนี้ หากโรงงานมีการถือครองสารเคมีเป้าหมายชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ในตารางที่ 2-1 ปริมาณเกินกว่า 1 ตันต่อปีจะต้องทำการรายงานการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายสารเคมีเหล่านั้นด้วย

ตารางที่ 2-1 สารเคมีเป้าหมายในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน

ลำดับ ที่	ชื่อสารเคมี	CAS No.	การใช้งาน			
			การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	ตัวเร่งปฏิกิริยา	ผลพลอยได้จากการเผา ไหม้และการให้ความร้อน	อื่นๆ
1	Acetaldehyde	75-07-0			/	
2	Acetone	67-64-1			/	
3	Antimony and its compounds	-		/	/	
4	Arsenic and its compounds	-		/	/	
5	Benzene	71-43-2	/		/	
6	Cadmium and its compounds	-		/	/	
7	Copper soluble salts	-		/	/	
8	1,2-Dichloroethane	107-06-2	/			Chlorine adjuster (Consumed in the process)
9	Formaldehyde	50-00-0			/	

ลำดับ ที่	ชื่อสารเคมี	CAS No.	การใช้งาน			
			การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	ตัวเร่งปฏิกิริยา	ผลพลอยได้จากการเผา ไหม้และการใช้ความร้อน	อื่นๆ
10	Hexane, N-	100-54-3	/		/	
11	Lead and its compounds	-		/	/	
12	Manganese and its compounds	-		/	/	
13	Naphthalene	91-20-3	/			
14	Nickel and its compounds	-		/	/	
15	Pentane	109-66-0	/			
16	Phenol	108-95-2			/	
17	Toluene	108-88-3	/		/	antioxidizing agent for JET fuel
18	1,2,4- Trimethylbenzene	95-63-6	/			
19	1,3,5- Trimethylbenzene	108-67-8	/			Liquidity improvement agent for kerosene
20	Xylenes		/		/	coloring agent for gasoline
21	Zinc and its compounds	-		/	/	anticorrosive

## 2.2 การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ถือครอง

จากนิยามของแหล่งกำเนิดมลพิษประเภท Point Source และการพิจารณาสารเคมีที่ต้องมีการรายงานตามระบบ PRTR (ภาคผนวก ค) จำเป็นต้องรู้ถึงปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถือครองซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$A_{\text{handle},i} = A_{\text{produce},i} + A_{\text{use},i}$$

เมื่อ

$A_{\text{handle},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมาย  $i$  ที่ถือครอง (ต้นต่อปี)

$A_{\text{produce},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ผลิตขึ้น (ต้นต่อปี)

$A_{\text{use},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ใช้ (ต้นต่อปี)

และปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ใช้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$A_{\text{use},i} = A_{\text{beginning},i} + A_{\text{purchase},i} - A_{\text{end},i}$$

เมื่อ

$A_{\text{beginning},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่คงเหลือตามบัญชีของปีที่ผ่านมา (ต้น)  
(เช่นวันที่ 1 มกราคม)

$A_{\text{purchase},i}$  = ปริมาณที่ซื้อในปีปัจจุบัน (ต้น/ปี)

$A_{\text{end},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่คงเหลือตามบัญชีเมื่อสิ้นสุดปีปัจจุบัน (ต้น)  
(เช่นวันที่ 31 ธันวาคม)

หากสารเคมีที่ใช้มีส่วนผสมของสารเคมีเป้าหมายถูกนำมาใช้ด้วย ปริมาณของสารเคมีเป้าหมายที่ใช้สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$A_{\text{use},i} = [A_{\text{beginning},m} + A_{\text{purchase},m} - A_{\text{end},m}] \times W_i \div 100$$

เมื่อ

$A_{\text{beginning},m}$  = ปริมาณของของผสม  $m$  ที่คงเหลือตามบัญชีของปีที่ผ่านมา (ต้น)  
(เช่น วันที่ 1 มกราคม)

$A_{\text{purchase},m}$  = ปริมาณของของผสมที่ซื้อในปีปัจจุบัน (ต้นต่อปี)

$A_{\text{end},m}$  = ปริมาณของของผสมที่คงเหลือตามบัญชีเมื่อสิ้นสุดปีปัจจุบัน (ต้น)  
(เช่น วันที่ 31 ธันวาคม)

$W_i$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายที่อยู่ในของผสม

ถ้าโรงงานมีการถือครอง (ผลิต ใช้ จัดเก็บ) สารเคมีเป้าหมายจำนวน 1 สารขึ้นไป และมีปริมาณการถือครองสารเคมีเป้าหมายแต่ละชนิดเกินกว่า 1 ต้นต่อปี จะต้องทำการรายงานข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายสารเคมีนั้นๆ โดยเงื่อนไขการรายงานข้อมูลดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 2-1



ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างเงื่อนไขในการรายงานข้อมูล PRTR ภายใต้ नियามของแหล่งกำเนิดประเภท Point Source

ปริมาณสารเคมีที่ถือครอง	ความจำเป็นในการรายงานข้อมูล PRTR
สารเคมี “A”: 0.7 ตัน/ปี	ไม่ต้องรายงานสารเคมี “A”
สารเคมี “A”: 1.0 ตัน/ปี	ต้องรายงานสารเคมี “A”
สารเคมี “A”: 5 ตัน/ปี สารเคมี “B”: 1.2 ตัน/ปี	ต้องรายงานทั้งสารเคมี “A” และ “B”
สารเคมี “A”: 5 ตัน/ปี สารเคมี “B”: 0.5 ตัน/ปี	ต้องรายงานสารเคมี “A”, แต่ไม่ต้องรายงานสารเคมี “B”
สารเคมี “A”: 0.7 ตัน/ปี สารเคมี “B”: 0.5 ตัน/ปี	ไม่ต้องรายงานทั้งสารเคมี “A” และ “B”

### 2.3 การบ่งชี้จุดปลดปล่อยมลพิษและของเสียที่นำออกนอกโรงงาน

แหล่งกำเนิดมลพิษของสารเคมีเป้าหมายจากอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 กระบวนการที่คาดว่าจะมีการปลดปล่อยสารเคมีเป้าหมายจากอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน<sup>[1]</sup>

ลำดับที่	กระบวนการที่มีการระบายมลพิษ	การปลดปล่อย การเคลื่อนย้าย	ชนิดของสารเคมี	
			สารประกอบอินทรีย์ระเหย	โลหะ
1	Combustion/Flare	อากาศ	/	/
2	Refining process	อากาศ	/	/
3	Process fugitive	อากาศ	/	
4	Storage tank	อากาศ	/	
5	Loading/unloading	อากาศ	/	
6	Wastewater treatment	อากาศ/น้ำ	/	/
7	Spills	อากาศ/น้ำ/ของเสีย	/	

ถ้าแหล่งกำเนิดใดที่แสดงในตารางที่ 2-3 มีอยู่ในโรงงาน โดยปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่จัดเก็บไว้เกิน 1 ตันต่อปีจะต้องทำการคำนวณปริมาณการเคลื่อนย้ายและการปลดปล่อยสารเคมีนั้น

<sup>[1]</sup> Environment Australia; Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

## 2.4 การประเมินการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ

ข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษสามารถประเมินได้โดยเลือกใช้วิธีการประเมินที่เหมาะสม ได้แก่ การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement) การจัดทำสมดุลมวล (Mass Balance) การใช้ตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษหรือสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) หรือการคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) รายละเอียดเพิ่มเติมดังแสดงในบทที่ 3

## 2.5 การจัดทำรายงาน PRTR

การคำนวณปริมาณการถือครองสารเคมีต้องทำเป็นขั้นตอน และมีการบันทึกวิธีการคำนวณ สมมติฐานการประเมิน จัดเก็บไว้ที่โรงงานเพื่อตรวจสอบ

สำหรับการรายงานข้อมูล PRTR ให้แก่ภาครัฐ ให้ทำตามแบบรายงานข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษซึ่งปรากฏอยู่ใน ภาคผนวก ง

### บทที่ 3

## หลักการพื้นฐานของวิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ<sup>[2]</sup>

วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษโดยทั่วไปมี 4 วิธีคือ การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement) การจัดทำสมดุลมวล (Mass Balance) การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) และการคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation)

เนื่องจากเป็นครั้งแรกในการจัดทำระบบ PRTR สำหรับประเทศไทย การเลือกใช้วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษเพื่อให้ได้ข้อมูล PRTR ที่เหมาะสมนั้น ควรพิจารณาจากข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการประเมิน ข้อดี และข้อพิจารณาของแต่ละวิธีการ

วิธีการในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ข้อคำนึงในการเลือกใช้วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ (Release Estimation Technique)

#### การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)

- การตรวจวัดโดยตรงมีเป้าหมายเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของการตรวจวัดมากที่สุด มีความถูกต้องและเชื่อถือได้
- วิธีการที่ใช้จะต้องเหมาะสมกับกระบวนการ แหล่งกำเนิด และการเก็บตัวอย่างหรือจุดที่ทำการตรวจวัด
- ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของตัวอย่างตลอดจนขนาดและความผันแปรของปริมาตรที่ระบายจะต้องนำมาพิจารณาด้วย

#### การจัดทำสมดุลมวล (Mass Balance)

- ใช้การจัดทำสมดุลมวลในการตรวจสอบกระบวนการเพื่อตรวจสอบแหล่งระบายมลพิษ
- การจัดทำสมดุลมวลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีความสลับซับซ้อน ค่าใช้จ่ายสูง หรือเกิดความไม่แน่นอนจากการตรวจวัดโดยตรง

#### การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor)

- การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษเหมาะที่จะนำมาใช้ในกรณีข้อมูลที่มีการคำนวณและค่าการปลดปล่อยมลพิษมีความสัมพันธ์กันโดยตรง
- ข้อจำกัดของการใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษคือ อาจไม่สามารถใช้ได้กับทุกแหล่งกำเนิด เนื่องจากการใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนั้นจะต้องเป็นค่าที่เฉพาะเจาะจงของแต่ละสารและแต่ละหน้าที่ของสารนั้นๆ

<sup>[2]</sup> อ้างอิงจาก “Manual for PRTR Release Estimation Method (Japan, 2004).” และ OECD materials (OECD, 2002 และ 2005) .

- การปลดปล่อยมลพิษที่คำนวณได้จากการใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษอาจจะแตกต่างจากการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจริงจากโรงงานในกรณีที่โรงงานมีคุณลักษณะจำเพาะบางประการ
- โรงงานสามารถจัดทำสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของโรงงานได้เอง

#### การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation)

- การระบายแบบฟุ้งกระจายในอากาศของสารเคมีระเหยง่าย การระบายลงสู่แหล่งน้ำ ดิน และการเปลี่ยนแปลงเป็นของเสียอาจจะประเมินได้โดยใช้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารนั้นๆ

### 3.1 การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)

ดำเนินการโดยนำผลการวัดความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายที่อยู่ในไอเสีย น้ำเสีย หรือของเสียที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตรวจวัดได้ คูณกับอัตราการปล่อยของไอเสีย น้ำเสียหรือของเสีย โดยสมการพื้นฐานของการตรวจวัดโดยตรงในการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษไปสู่อากาศคือ

$$R_{\text{air}} = C_g \times V_g \times 10^{-6}$$

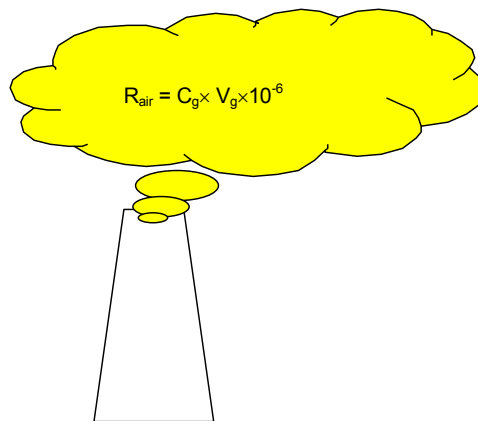
เมื่อ

- $R_{\text{air}}$  = ปริมาณของสารเคมีเป้าหมายที่ถูกปลดปล่อยไปสู่อากาศ (กิโลกรัมต่อปี)
- $C_g$  = ความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายที่อยู่ในไอเสีย (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- $V_g$  = อัตราการปล่อยของไอเสีย (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)
- $10^{-6}$  = ค่าการแปลงหน่วยจากมิลลิกรัมเป็นกิโลกรัม

การตรวจวัดโดยตรงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีที่สุด ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลดังกล่าวขึ้นอยู่กับเทคนิควิธีการในการตรวจวัดที่ใช้เป็นหลัก ซึ่งความถี่ของการเก็บตัวอย่างนั้นจะกำหนดขึ้นเป็นรายกรณี โดยคำนึงถึงความผันแปรของการระบายมลพิษและข้อจำกัดของวิธีการตรวจวัด เช่น วิธีการตรวจวัดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย USEPA สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีนี้ได้ดังแสดงใน ภาคผนวก ง

ข้อควรปฏิบัติ

ในกรณีที่เลือกใช้วิธีการตรวจวัดโดยตรง วิธีการในการตรวจวัดจะต้องเหมาะสมกับกระบวนการ แหล่งกำเนิด และการเก็บตัวอย่างหรือจุดที่ทำการตรวจวัด รวมถึงมีความเหมาะสมกับขนาดและองค์ประกอบของการปลดปล่อยมลพิษด้วย นอกจากนี้จะต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของตัวอย่าง ตลอดจนขนาดและความแปรปรวนของปริมาณที่ปลดปล่อยออกมา



ข้อดีและข้อควรพิจารณาของวิธีการนี้คือ

**ข้อดี**

- ✓ สามารถนำค่าความเข้มข้นของไอเสียหรือน้ำเสียที่ตรวจวัดตามข้อกำหนดของกฎหมายและตามระเบียบข้อบังคับอื่นๆ มาใช้ในการประเมินได้

**ข้อควรพิจารณา**

- ความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการดำเนินงาน
- ต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำมาใช้

### 3.2 การจัดทำสมดุลมวล (Mass Balance)

การจัดทำสมดุลมวล ต้องกำหนดขอบเขตการพิจารณา (Boundary) รวมถึงปริมาณสารเคมีขาเข้า(Input) และขาออก (Output) ให้ชัดเจนก่อนทำการคำนวณ ดังรูปที่ 3-1 โดยสมการพื้นฐานของการจัดทำสมดุลมวลมีดังนี้

$$\text{Input} = \text{Output}$$

$$\text{Input} = \text{Product} + \text{Loss}$$

$$\text{Input} = \text{Product} + \text{Release} + \text{Transfer}$$

เมื่อ

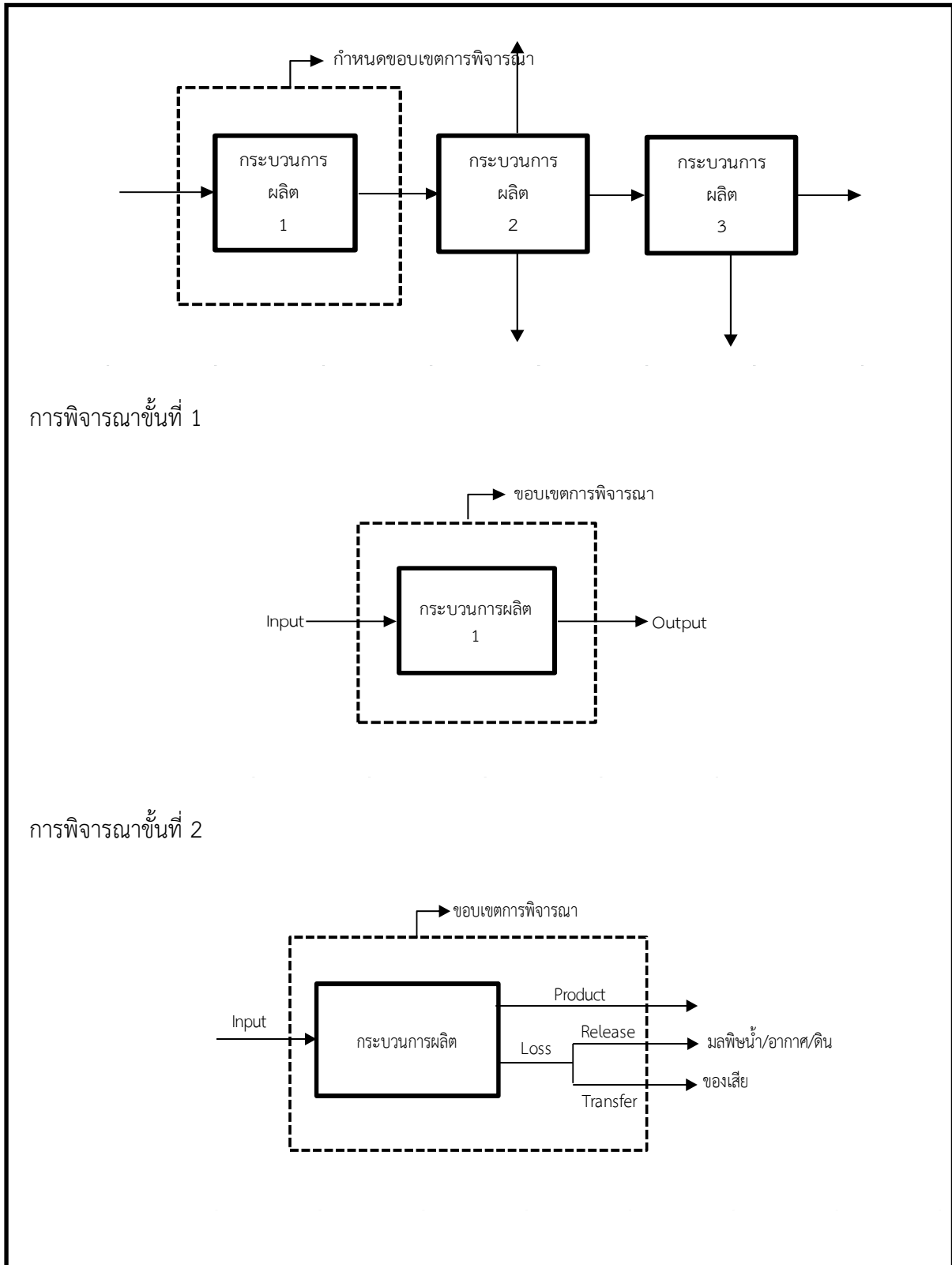
$\text{Input}_{,i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถือครอง

$\text{Output}_{,i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายในผลิตภัณฑ์

$\text{Release}_{,i, w}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งหมด (อากาศ น้ำ ดิน)

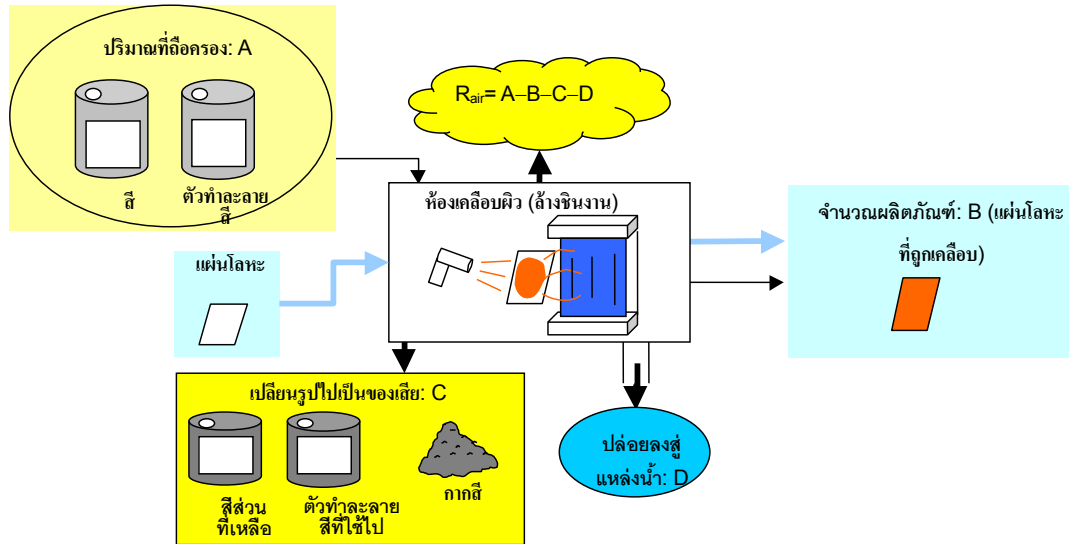
$\text{Transfer}_{,i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่เปลี่ยนไปเป็นของเสีย หรือน้ำเสีย

Process Diagram



รูปที่ 3-1 การกำหนดขอบเขตเพื่อพิจารณาจัดทำสมดุลมวล

การปลดปล่อยหรือการเคลื่อนย้ายมลพิษไปสู่ตัวกลางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ สามารถคำนวณได้โดยใช้การตรวจวัดโดยตรง การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การระบายหรือการประเมินการปลดปล่อยมลพิษวิธีอื่นๆจากปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถือครอง (ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถือครองต่อปี)



ทั้งนี้ การจัดทำสมดุลมวลสามารถทำการประเมินได้โดยอยู่บนพื้นฐานความรู้ของข้อมูลกระบวนการผลิต องค์ประกอบของวัตถุดิบ วัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ และข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างที่สามารถหาได้ ซึ่งการจัดทำสมดุลมวลสารจะใช้ได้ดี ในกรณีที่สารเคมีไม่เปลี่ยนรูป หากมีการเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่น จำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นที่เหมาะสมประกอบการประเมินด้วย หรือกำหนดกรอบการพิจารณาที่สามารถประเมินปริมาณสารได้ดีที่สุด

#### ข้อควรปฏิบัติ

การใช้เทคนิคการจัดทำสมดุลมวล เกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบเพื่อที่จะประเมินการปลดปล่อยมลพิษบนพื้นฐานความรู้ในส่วนของกระบวนการผลิต องค์ประกอบของวัสดุ วัสดุที่ใช้ทั้งหมด และข้อมูลการเก็บตัวอย่างที่มีอยู่

การจัดทำสมดุลมวลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบระเหยได้ และแหล่งกำเนิดที่มีการตรวจวัดที่ระดับค่อนข้างต่ำ ไอเสียที่ฟุ้งกระจายหรือไม่มีความสม่ำเสมอในการระบายซึ่งมีความยุ่งยาก เสียค่าใช้จ่ายและเกิดความไม่แน่นอนในการตรวจวัดรวมถึงการประเมินการระบายจากกระบวนการต่างๆ เช่น การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยตัวทำละลาย การเคลือบผิวชิ้นงาน เป็นต้น

ข้อดีและข้อควรพิจารณาของวิธีการนี้คือ

<p><b>ข้อดี</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ การจัดทำสมุดมวลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพหากทราบทิศทางแหล่งของสารเคมีในโรงงาน รวมถึงกระบวนการผลิตทั้งหมด</li> <li>✓ การคำนวณสามารถทำได้โดยมีต้นทุนต่ำ เพราะการจัดทำสมุดมวลขึ้นอยู่กับหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์</li> <li>✓ ปริมาณสารเคมีที่ถือครองไว้สามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบของสารผสมจาก MSDS เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์</li> </ul>
<p><b>ข้อที่ควรพิจารณา</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดทำสมุดมวล ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีที่จัดเก็บไว้และการระบายมลพิษอื่นๆ</li> <li>➢ ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์จะเพิ่มขึ้น หากนำการจัดทำสมุดมวลมาใช้เพื่อคำนวณการระบายมลพิษที่มีปริมาณระดับปานกลางและปริมาณระดับสูง</li> </ul>

### 3.3 การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor)

ปริมาณการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายสารเคมีสามารถคำนวณได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ ตัวอย่างสมการพื้นฐานของการคำนวณการระบายมลพิษในกรณีของการระบายสู่อากาศเป็นดังนี้

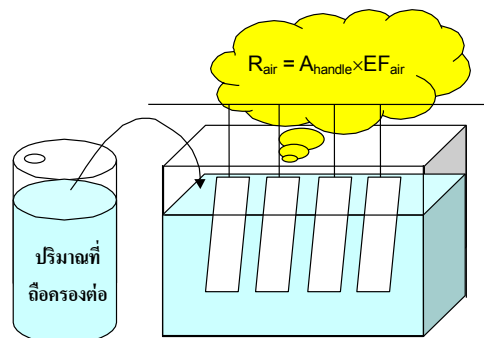
$$R_{air} = A_{handle} \times EF_{air}$$

เมื่อ

$R_{air,l}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถูกปลดปล่อยสู่อากาศ (กิโลกรัมต่อปี)

$A_{handle,l}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถือครอง (กิโลกรัมต่อปี)

$EF_{air,l}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารเคมีเป้าหมายสู่อากาศ (กิโลกรัมที่ปลดปล่อยต่อกิโลกรัมที่ถือครอง)





การคำนวณโดยใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจะทำได้ดี เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล กระบวนการผลิต และการระบายมลพิษมีความถูกต้องและไม่ซับซ้อน ดังตัวอย่างการประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษแสดงใน ภาคผนวก ง

#### ข้อควรปฏิบัติ

ข้อจำกัดของการใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษคือ ไม่สามารถใช้ได้กับทุกแหล่งกำเนิดมลพิษ ในกรณีที่โรงงานมีความประสงค์ที่จะใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดใหม่หรือที่ได้เสนอไว้ โรงงานจะต้องพิจารณาถึงค่าสัมประสิทธิ์ฯ ตามตัวอย่างเอกสารอ้างอิง ที่เป็นแหล่งข้อมูลสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย เช่น

- AP-42 ที่จัดทำขึ้นโดย USEPA
- Emission Estimation Technique จัดทำขึ้นโดย Environment Australia
- PRTR Release Estimation Techniques (OECD)

นอกจากนี้ยังสามารถหาจากเอกสารที่ใช้อ้างอิงอื่นๆ ซึ่งแสดงอยู่ในรายชื่อเอกสารอ้างอิงของ คู่มือเล่มนี้โดยจัดทำขึ้นจากประเทศอื่นๆ ซึ่งการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษอาจจะแตกต่างจากการปลดปล่อยจริงที่ออกมาจากโรงงาน เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยโดยทั่วไปจะเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลในช่วงกว้างและมีระดับความถูกต้องที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่าที่ได้จากการประเมินอาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

#### ข้อดีและข้อควรพิจารณาของวิธีการนี้คือ

##### ข้อดี

- ✓ การระบายมลพิษสามารถคำนวณได้โดยใช้ปริมาณสารเคมีที่ถือครอง
- ✓ การคำนวณสามารถทำได้โดยมีค่าใช้จ่ายน้อย

##### ข้อควรพิจารณา

- การใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษที่กำหนดไว้โดยหน่วยงานราชการ สมาคมอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานของประเทศอื่น โรงงานควรตรวจสอบอย่างรอบคอบว่าการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษมีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมนั้นหรือไม่
- โรงงานสามารถจัดทำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษเองได้โดยการประเมินจากผลของการตรวจวัดในอดีต
- ค่าการระบายมลพิษที่คำนวณโดยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีที่ถือครอง ซึ่งผลของการคำนวณอาจไม่แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการลดการระบายมลพิษ

### 3.4 การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation)

ความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายในไอเสียหรือน้ำเสียสามารถประเมินได้โดยใช้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ เช่นความดันไออิ่มตัว ความสามารถในการละลายน้ำ เป็นต้น โดยสมการพื้นฐานของการใช้หลักเกณฑ์การคำนวณทางวิศวกรรมในการคำนวณการระบายมลพิษลงสู่น้ำคือ

$$R_{\text{water}} = WS \times V_w \times 10^{-6}$$

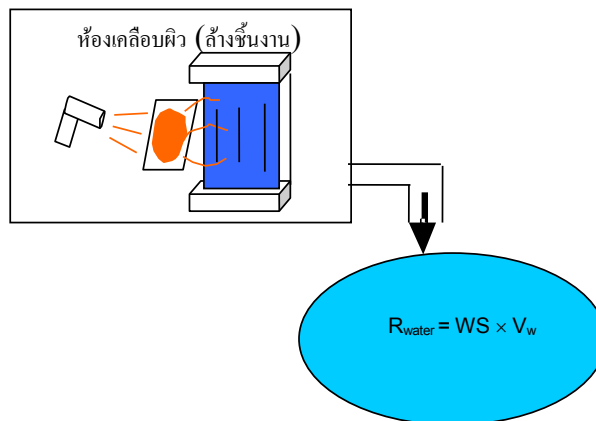
เมื่อ

$R_{\text{water}}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ถูกปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำ (กิโลกรัมต่อปี)

$WS$  = ความสามารถในการละลายน้ำของสารเคมีเป้าหมาย (ไมโครกรัมต่อลิตร)<sup>[3]</sup>

$V_w$  = ปริมาตรของน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

$10^{-6}$  = ค่าการแปลงหน่วยจากมิลลิกรัมเป็นกิโลกรัม



ข้อควรปฏิบัติ

การระบายมลพิษอากาศแบบฟุ้งกระจายของสาร VOCs อาจประเมินได้โดยใช้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารเคมีเท่านั้น ซึ่งคล้ายกับการใช้หลักเกณฑ์การคำนวณทางวิศวกรรมในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำ ดิน หรือการเปลี่ยนรูปไปเป็นของเสีย อย่างไรก็ตามอาจจะไม่มีข้อมูลของสารเคมีที่ต้องการคำนวณ

ในการคำนวณอาจมีการกำหนดสมมติฐานเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการประเมินโดยใช้ความสัมพันธ์ทางเคมีและทางกายภาพ แต่อาจทำให้ค่าความผิดพลาด (Error) ของผลลัพธ์เพิ่มมากขึ้น

<sup>[3]</sup> ความสามารถในการละลายน้ำจะใช้ได้เมื่อสารเคมีเป้าหมายทั้งหมดนั้นสัมผัสกับน้ำ เช่นผ่าน scrubber อุปกรณ์ที่ล้างและอื่นๆ (หน่วยไมโครกรัมต่อลิตร = มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ข้อดีและข้อควรพิจารณาสำหรับวิธีการนี้คือ

**ข้อดี**

- ข้อมูลสำหรับการคำนวณสามารถหาได้จากหลายแหล่งอ้างอิง
- ✓ การคำนวณโดยใช้หลักเกณฑ์การคำนวณทางวิศวกรรมมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการตรวจวัดโดยตรง

**ข้อควรพิจารณา**

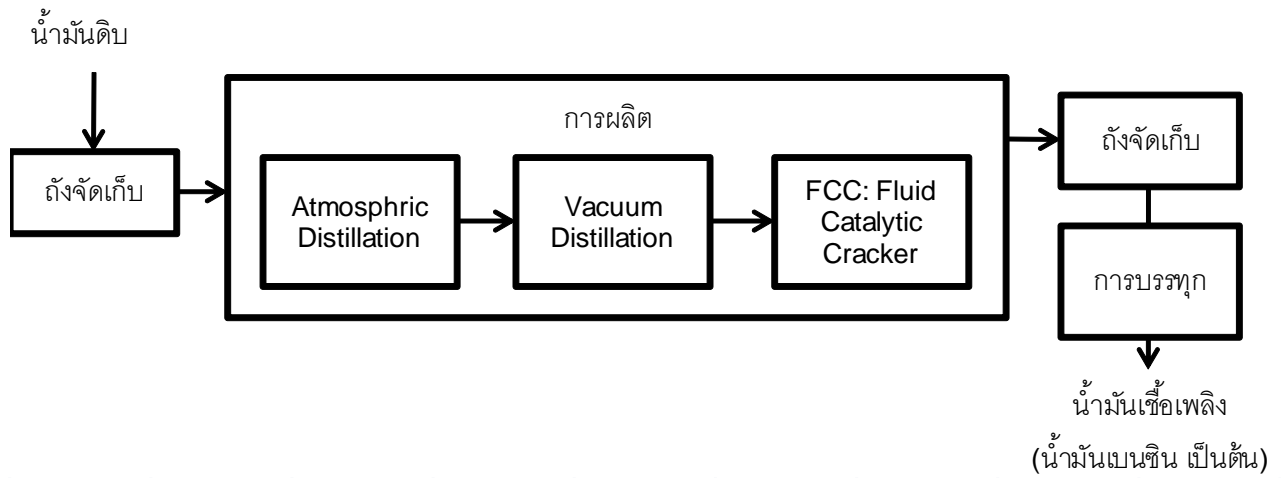
- เนื่องจากการระบายมลพิษในสภาวะที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรทางทฤษฎี ผลจากการคำนวณอาจจะแตกต่างจากสภาพการทำงานจริงซึ่งมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น ความดัน อุณหภูมิ และอื่นๆ เป็นต้น
- ผู้ประเมินควรมีความรู้ด้านวิศวกรรมเคมีในการประเมิน

## บทที่ 4

### วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน

#### 4.1 กระบวนการของอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน

แผนผังของกระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันเบนซิน) แสดงดังในรูปที่ 4.1 หรือแผนผังในภาคผนวก ซ



รูปที่ 4-1 กระบวนการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันดิบที่นำเข้ามาและถูกจัดเก็บไว้ในถัง Atmospheric distillation unit เป็นกระบวนการแรกในการกลั่นปิโตรเลียม น้ำมันดิบที่เข้ามาสู่หน่วยของการกลั่นจะมีความแตกต่างของจุดเดือดที่ต่างกัน ซึ่งในแต่ละช่วงก็จะผ่านหน่วยของการกลั่นที่ต่างกัน หลังจากนั้น vacuum distillation unit และ FCC (Fluid Catalytic Cracker) จะทำการแยกสกัดส่วนจากการกลั่นและได้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายต่อไป

สารเคมีเป้าหมายที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต จากถังจัดเก็บและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเช่นจากการเผาไหม้ ระบบบำบัดน้ำเสีย และอื่นๆ รายละเอียดดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2

#### 4.2 รายละเอียดของตำแหน่งที่ระบายมลพิษและวิธีการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ

ตารางที่ 2-3 แสดงถึง 6 หน่วยการผลิตรวมถึงเหตุการณ์ที่อาจเป็นแหล่งระบายมลพิษจากโรงกลั่นน้ำมัน

- 1) การเผาไหม้/หอบเผา
- 2) กระบวนการกลั่น
- 3) กระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย
- 4) ถังเก็บสารเคมี

- 5) การบรรจุ/การขนถ่าย
- 6) การบำบัดน้ำเสีย และ
- 7) การรั่วไหล

#### 4.2.1 การเผาไหม้

##### 4.2.1.1 การปลดปล่อยมลพิษ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยและโลหะที่เป็นองค์ประกอบหรือผลพลอยได้ของเชื้อเพลิงจะถูกระบายออกสู่อากาศจากกระบวนการเผาไหม้หรือห่อเผา

##### 4.2.1.2 การคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ

###### (1) การตรวจวัดความเข้มข้นในไอเสียโดยตรง

สารประกอบอินทรีย์ระเหยและโลหะจะถูกระบายออกสู่อากาศจากแหล่งกำเนิดของการเผาไหม้ เช่นเตาเผา หม้อต้มไอน้ำ หรือห่อเผา โดยปริมาณของการระบายนี้สามารถคำนวณได้โดยใช้การตรวจวัดความเข้มข้นในไอเสียโดยตรง

$$R_{air,i} = C_{g,i} \times V_g \times 10^{-6}$$

เมื่อ

$R_{air,i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ปลดปล่อยสู่อากาศ (กิโลกรัมต่อปี)

$C_{g,i}$  = ความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายในไอเสีย (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$V_g$  = ปริมาตรของไอเสียต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

$10^{-6}$  = ค่าการแปลงหน่วย จากมิลลิกรัมเป็นกิโลกรัม

ปริมาตรของไอเสียต่อปี ( $V_g$ ) คำนวณได้ดังนี้

$$V_g = R_g \times O_{hr}$$

เมื่อ

$R_g$  = ปริมาตรไอเสียรายชั่วโมง (ลูกบาศก์เมตรปกติต่อชั่วโมง)

$O_{hr}$  = ชั่วโมงทำงานของกระบวนการเผาไหม้ใน 1 ปี (ชั่วโมงต่อปี)

#### ตัวอย่าง 4.2.1(1)

ข้อมูลการตรวจวัดมลสารจากปล่องของหม้อไอน้ำเป็นดังนี้  
 ความเข้มข้นของสาร Benzene ในไอเสียคือ 3.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร  
 (ณ สภาวะที่ 25 องศาเซลเซียส 1 atm)  
 ปริมาตรไอเสียรายชั่วโมงคือ 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง  
 (ณ สภาวะที่ 0 องศาเซลเซียส 1 atm)  
 ชั่วโมงการทำงานของหม้อไอน้ำคือ 6,000 ชั่วโมงต่อปี  
 กำหนดหาปริมาณการปลดปล่อยสาร Benzene สู่อากาศ กิโลกรัมต่อปี

#### วิธีการคำนวณ

ปริมาตรของไอเสียต่อปีคือ  

$$4,000 \text{ Nm}^3/\text{hr} \times 6,000 \text{ hr/yr}$$

$$= 24,000,000 \text{ Nm}^3/\text{yr} \text{ (ณ สภาวะที่ 0 องศาเซลเซียส 1 atm)}$$

ปรับความเข้มข้นของมลสารเป็นสภาวะมาตรฐาน จากสูตรการคำนวณพื้นฐาน

$$PV = nRT$$

$$n_1 T_1 = n_2 T_2 \text{ --- } \rightarrow n_1 = n_2 (T_2 / T_1)$$

จึงได้

$$3 \text{ mg/m}^3 \times (298/273) = 3.27 \text{ mg/Nm}^3 \text{ (ณ สภาวะที่ 0 องศาเซลเซียส 1 atm)}$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร Benzene สู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$3.27 \text{ mg/Nm}^3 \times 24,000,000 \text{ Nm}^3/\text{yr} \times 10^{-6} = 78.6 \text{ kg/yr}$$

#### ตัวอย่าง 4.2.1(2)

ข้อมูลการตรวจวัดมลสารจากปล่องของหม้อไอน้ำเป็นดังนี้  
 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 1 ส่วนในล้านส่วน (Part Per Million)  
 เมื่อเทียบที่สภาวะ 25°C 1 บรรยากาศ อัตราการปล่อยไอเสีย 4,000 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง

ที่ 80 °C 1 บรรยากาศ ใช้งานหม้อน้ำ 6,000 ชั่วโมงต่อปี

น้ำหนักโมเลกุล (Mw) ของ SO<sub>2</sub> = 64 g/mol

Std. gas volume = 24.465 L/mol @ 25 °C

คำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหน่วยน้ำหนัก

คำนวณหาปริมาณไอเสียต่อปี

คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่อากาศ (กก./ปี)

### วิธีการคำนวณ

แปลงหน่วยจากส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็นมิลลิกรัม/ลบ.ม. (ในการตรวจวัดต้องปรับหน่วยให้อยู่ในมาตรฐานการตรวจวัดตามกฎหมาย) ดังนี้

$$\begin{aligned}C \text{ (mg/m}^3\text{)} &= C(\text{ppm.}) \times \frac{\text{Mw(g/mol)}}{24.465(\text{L/mol})} \\&= 1(\text{ppm.}) \times \frac{64(\text{g/mol})}{24.465(\text{L/mol})} \\&= 2.616 \text{ mg/m}^3\end{aligned}$$

ปริมาตรของไอเสียต่อปี ที่ 80 °C มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}&= 4,000 \text{ (m}^3\text{/hr)} \times 6,000(\text{hr/yr}) \\&= 24,000,000 \text{ (m}^3\text{/yr)}\end{aligned}$$

ปรับหน่วยความเข้มข้นและปริมาณไอเสียอยู่ในสถานะเดียวกัน (ณ สภาวะมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน 1 บรรยากาศ)

$$PV = nRT$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V = \frac{V_2 T_1}{T_2}$$

$$V_{25^\circ} = \frac{(24,000,000) \times (273 + 25)}{(273 + 80)}$$

$$= 20,260,623 \text{ m}^3\text{/yr}$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$R = C \times Q$$

หรือ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการปลดปล่อย} &= \text{ความเข้มข้น} \times \text{อัตราการระบาย} \\ &= 2.616 \text{ (mg/m}^3\text{)} \times 20,260,623 \text{ (m}^3\text{/yr)} \\ &= 53,001,790 \text{ (mg/yr)} \end{aligned}$$

กรณีไม่ได้ปรับให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน จะได้ค่า 62,784,000 mg/yr มากกว่าที่ควรจะเป็นถึง 9,782,210 mg/yr (9.78 กิโลกรัมต่อปี) หรือคิดเห็นร้อยละ 18

#### ตัวอย่างที่ 4.2.1(3)

ข้อมูลการตรวจวัดมลสารจากปล่องของเตาหลอมเป็นดังนี้

	MW	%O <sub>2</sub> measured (7.29)	%O <sub>2</sub> (7)	อุณหภูมิ (25°C)	ความดัน (760)	ความชื้น (6.33)
TSP (mg/m <sup>3</sup> )		40.478	41.340	67.560	68.520	73.152
SO <sub>x</sub> (ppm)	64	33	33.703			
NO <sub>x</sub> (ppm)	46	5	5.107			
CO (ppm)	28	5	5.107			

flow rate @ actual (m<sup>3</sup>/s) = 11.5150

อุณหภูมิ @ actual (°C) = 214

ความดัน @ actual = 749.35

คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ (กก./ปี)

#### วิธีการคำนวณ

ปรับอัตราการไหลของแก๊สให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน (ณ สภาวะที่อุณหภูมิ 25 °C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{gas flow rate}_{(25^\circ\text{C})} &= \text{gas flow rate}_{(\text{actual})} \times \frac{(273 + T_{\text{std.}})}{(273 + T_{\text{stack}})} \\ &= 11.5150 \text{ (m}^3\text{/s)} \times \frac{(273 + 25)}{(273 + 214)} \\ &= 7.046 \text{ (Nm}^3\text{/s)} \end{aligned}$$

หาอัตราการไหลของแก๊สเทียบกับสภาวะแห้ง ดังนี้

$$\text{gas flow rate}_{(\text{dry})} = \text{gas flow rate}_{(\text{wet})} \times \left| 1 - \frac{\% \text{moisture}}{100\%} \right|$$



$$= 7.046(\text{Nm}^3/\text{s}) \times \left| 1 - \frac{6.33\%}{100\%} \right|$$

$$= 6.6(\text{Nm}^3/\text{s})$$

แปลงหน่วยความเข้มข้นของสาร (ppm) เป็นมิลลิกรัม/ลบ.ม. (ในการตรวจวัดต้องปรับหน่วยให้อยู่ในมาตรฐานการตรวจวัดตามกฎหมาย) โดยสมการ

$$C (\text{mg}/\text{m}^3) = C(\text{ppm.}) \times \frac{Mw(\text{g}/\text{mol})}{24.465(\text{L}/\text{mol})}$$

ดังนั้นจะคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศดังสมการ

$$R = C \times Q$$

หรือ

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อย} = \text{ความเข้มข้น} \times \text{อัตราการระบาย}$$

หาปริมาณการปลดปล่อย TSP สู่อากาศต่อวัน ในสภาวะการตรวจวัดจริง เท่ากับ

$$= 40.478(\text{mg}/\text{m}^3) \times 11.5150(\text{m}^3/\text{s}) \times 24(\text{hr}/\text{day}) \times 60(\text{min}/\text{hr}) \times 60(\text{s}/\text{min}) \times 10^{-6}(\text{kg})$$

$$= 40.271(\text{kg}/\text{day})$$

หาปริมาณการปลดปล่อย SO<sub>x</sub> สู่อากาศต่อวัน เท่ากับ

$$= 33(\text{ppm}) \times \frac{64(\text{g}/\text{mol})}{24.465(\text{L}/\text{mol})} \times 6.6(\text{Nm}^3/\text{s}) \times 24(\text{hr}/\text{day}) \times 60(\text{min}/\text{hr}) \times 60(\text{s}/\text{min}) \times 10^{-6}(\text{kg})$$

$$= 49.227(\text{kg}/\text{day})$$

ปริมาณการปลดปล่อย NO<sub>x</sub> สู่อากาศต่อวันเท่ากับ

$$= 5(\text{ppm}) \times \frac{64(\text{g}/\text{mol})}{24.465(\text{L}/\text{mol})} \times 6.6(\text{Nm}^3/\text{s}) \times 24(\text{hr}/\text{day}) \times 60(\text{min}/\text{hr}) \times 60(\text{s}/\text{min}) \times 10^{-6}(\text{kg})$$

$$= 5.361(\text{kg}/\text{day})$$

ปริมาณการปลดปล่อย CO สู่อากาศต่อวันเท่ากับ

$$= 5(\text{ppm}) \times \frac{64(\text{g}/\text{mol})}{24.465(\text{L}/\text{mol})} \times 6.6(\text{Nm}^3/\text{s}) \times 24(\text{hr}/\text{day}) \times 60(\text{min}/\text{hr}) \times 60(\text{s}/\text{min}) \times 10^{-6}(\text{kg})$$

$$= 3.263(\text{kg}/\text{day})$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร TSP สู่อากาศต่อปี มีค่าเท่ากับ

$$= 40.271(\text{kg/day}) \times 365 (\text{day/yr})$$

$$= 14,699.07(\text{kg/yr})$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร SO<sub>x</sub> สู่อากาศต่อปี มีค่าเท่ากับ

$$= 40.271(\text{kg/day}) \times 365 (\text{day/yr})$$

$$= 17,967.98(\text{kg/yr})$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร NO<sub>x</sub> สู่อากาศต่อปี มีค่าเท่ากับ

$$= 5.361(\text{kg/day}) \times 365 (\text{day/yr})$$

$$= 1,956.74(\text{kg/yr})$$

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยสาร CO สู่อากาศต่อปี มีค่าเท่ากับ

$$= 3.263(\text{kg/day}) \times 365 (\text{day/yr})$$

$$= 1,19.06(\text{kg/yr})$$

(2) การประเมินจากค่าความเข้มข้นของโลหะในเชื้อเพลิงหรือก๊าซเสีย

ในกรณีของโลหะ ถ้าไม่มีข้อมูลการตรวจวัดไอเสียโดยตรง การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศสามารถประเมินได้โดยใช้ค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซได้ดังนี้

$$R_{\text{air},i} = C_{\text{metal},i} \times V_o$$

เมื่อ

$R_{\text{air},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$C_{\text{metal},i}$  = ความเข้มข้นของโลหะในน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซ  
(มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรน้ำมันเชื้อเพลิง หรือมิลลิกรัมต่อตันเชื้อเพลิง)

$V_o$  = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

#### ตัวอย่าง 4.2.1(2)

ข้อมูลความเข้มข้นของสาร Nickel ในน้ำมันเชื้อเพลิงมีดังนี้

ความเข้มข้นของสาร Nickel ในน้ำมันเชื้อเพลิงคือ 5ppm (Part Per Million หรือ จำนวน1ต่อ 1 ล้าน) โดยน้ำหนัก (หมายเหตุ: ตามมาตรฐาน กำหนดให้ Nickel มีปริมาณรวมไม่เกิน 200 ppm ต่อน้ำหนัก)

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงคือ 7,400 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง 0.832 กิโลกรัมต่อลิตร

คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยสาร Nickel สู่อากาศ (กิโลกรัมต่อปี)

### วิธีการคำนวณ

ปริมาณ Nickel ในน้ำมันเชื้อเพลิง

$$5 \text{ kg}_{\text{nickel}} / 10^6 \text{ kg}_{\text{น้ำมันเชื้อเพลิง}} \times 0.832 \text{ kg/l} \times 10^3 \text{ l/m}^3 \\ = 0.00416 \text{ kg}_{\text{nickel}} / \text{m}^3$$

การปลดปล่อยสาร Nickel สู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$0.00416 \text{ kg/m}^3 \times 7,400 \text{ m}^3/\text{yr} = 30.784 \text{ kg/yr}$$

โดยมีสมมติฐานว่า Nickel ในเชื้อเพลิงทั้งหมดถูกปลดปล่อยในรูปก๊าซและฝุ่น ไปกับไอเสียหรือเผาไหม้ โดยไม่มีการบำบัดก๊าซ

(3) สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

ถ้าข้อมูลการตรวจวัดโดยตรงที่ได้กล่าวไว้ในส่วนที่ (1) และ (2) ไม่สามารถหาได้ หรือการตรวจวัดโดยตรงไม่สามารถทำได้ อาจทำการประเมินโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

สารประกอบอินทรีย์ระเหย

$$R_{\text{air},i} = EF_{\text{voc},i} \times V_o$$

เมื่อ

$R_{\text{air},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$EF_{\text{voc},i}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิด (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้) อ้างอิงตารางที่ 4-1

$V_o$  = ปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

ตารางที่ 4-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากการเผาไหม้น้ำมัน/ก๊าซ<sup>[4]</sup>

สารเคมีเป้าหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้น้ำมัน (กก./ลบ.ม. ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้)	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ก๊าซ (กก./10 <sup>6</sup> ลบ.ม. ของก๊าซที่เผาไหม้)
Benzene	$2.57 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-2}$
Toluene	$7.44 \times 10^{-4}$	$5.4 \times 10^{-2}$
Xylenes	$9.01 \times 10^{-4}$	-
Acetaldehyde	-	0.13
Formaldehyde	$3.96 \times 10^{-3}$	1.2
Phenol	-	0.062
Acetone	$1.01 \times 10^{-2}$	-
n-Hexane	$1.80 \times 10^{-3}$	29

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

### โลหะ

$$R_{air,i} = EF_{metal,i} \times V_o \text{ or } V_g$$

เมื่อ

$R_{air,i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$EF_{metal,i}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของโลหะ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ หรือ กิโลกรัมต่อ 10<sup>6</sup> ลูกบาศก์เมตรของก๊าซที่เผาไหม้) อ้างอิงตารางที่ 4-2

$V_o$  = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

$V_g$  = ปริมาตรของก๊าซเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปต่อปี (10<sup>6</sup> ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

<sup>[4]</sup> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการเผาไหม้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติโดย USEPA ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลที่เหมาะสม ค่าสัมประสิทธิ์นี้อาจประยุกต์ใช้กับกระบวนการเผาไหม้ได้

ตารางที่ 4-2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของโลหะจากการเผาไหม้น้ำมัน/ก๊าซ<sup>[5]</sup>

สารเคมีเป้าหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้น้ำมัน (กก./ลบ.ม. ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้)		ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของก๊าซ (กก./10 <sup>6</sup> ลบ.ม. ก๊าซที่เผาไหม้)
	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเตา	
Antimony	ND	$6.3 \times 10^{-4}$	$3.2 \times 10^{-3}$
Arsenic	$7.06 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$	-
Cadmium	$5.03 \times 10^{-5}$	$4.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-2}$
Chromium	ND	$3.0 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-3}$
Copper	ND	$2.1 \times 10^{-4}$	$1.4 \times 10^{-2}$
Lead	$1.49 \times 10^{-4}$	$1.8 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-3}$
Manganese	$2.35 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-4}$	$6.1 \times 10^{-3}$
Nickel	$3.02 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-2}$
Zinc	ND	$3.5 \times 10^{-3}$	$4.6 \times 10^{-1}$

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

#### ตัวอย่าง 4.2.1(3)

ข้อมูลปริมาณของน้ำมันดีเซลที่ถูกใช้ไปต่อปีคือ 7,400 ลูกบาศก์เมตรต่อปี  
 จำนวนหาการปลดปล่อยสาร Benzene และ Nickel สู่อากาศกิโลกรัมต่อปี

#### วิธีการคำนวณ

อ้างอิงตารางที่ 4-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสาร Benzene จากการเผาไหม้น้ำมันคือ  $2.57 \times 10^{-5}$  กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณสาร Benzene ที่ถูกปลดปล่อยสู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$2.57 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3 \times 7,400 \text{ m}^3 = 0.19 \text{ kg/yr}$$

อ้างอิงตารางที่ 4-2 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสาร Nickel จากการเผาไหม้น้ำมันคือ (น้ำมันดีเซล) คือ  $3.02 \times 10^{-4}$  กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณสาร Nickel ที่ถูกปลดปล่อยสู่อากาศมีค่าเท่ากับ

<sup>[5]</sup> USEPA, Compilation of Air Pollutants and Emission Factors, Stationary Point and Area Sources, Volume 1, fifth edition, AP-42 (1995)

$$3.02 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3 \times 7,400\text{m}^3 = 2.2 \text{ kg/yr}$$

หมายเหตุ: โดยสมมติฐานว่าการเผาไหม้น้ำมันดังกล่าวไม่มีข้อมูลที่เหมาะสม ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์นี้จากตารางที่ 4-2 อาจประยุกต์ใช้กับกระบวนการเผาไหม้ได้ ตามแหล่งอ้างอิงที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการเผาไหม้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติโดย USEPA

#### 4.2.2 กระบวนการกลั่นน้ำมัน

##### 4.2.2.1 การปลดปล่อยมลพิษ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยเป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ถูกปลดปล่อยสู่อากาศในระหว่างกระบวนการกลั่น เช่น Catalytic Cracker Unit, Vacuum Distillation Unit, Sulfur Recovery Unit เป็นต้น ถ้ามีการรวบรวมไอเสียส่งไปยังหอเผา ดำเนินการประเมินตามหัวข้อ a) การตรวจวัดโดยตรงซึ่งสามารถนำมาใช้

##### 4.2.2.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

การประเมินโดยการตรวจวัดโดยตรง

ถ้ามีข้อมูลการตรวจติดตามสารเคมีเป้าหมายในไอเสียจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน การปลดปล่อยมลพิษสามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลเหล่านั้น

$$R_{\text{air},i} = C_{\text{g},i} \times V_{\text{g}} \times 10^{-6}$$

เมื่อ

$R_{\text{air},i}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่ปลดปล่อยสู่อากาศ (กิโลกรัมต่อปี)

$C_{\text{gas},i}$  = ความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายในไอเสีย (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$V_{\text{gas}}$  = ปริมาตรของไอเสียต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

$10^{-6}$  = ค่าการแปลงหน่วย จากมิลลิกรัมเป็นกิโลกรัม

ปริมาตรของไอเสียต่อปี ( $V_{\text{g}}$ ) คำนวณได้ดังนี้

$$V_{\text{g}} = R_{\text{g}} \times O_{\text{hr}}$$

เมื่อ

$R_{\text{g}}$  = ปริมาตรไอเสียรายชั่วโมง (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

$O_{\text{hr}}$  = ชั่วโมงทำงานของกระบวนการเผาไหม้ (ชั่วโมง)

#### ตัวอย่าง 4.2.2(1)

ข้อมูลการตรวจวัดโดยตรงจากปล่องหรือปลายท่อของกระบวนการกลั่นน้ำมันมีดังนี้

ความเข้มข้นของสาร Benzene ในไอเสียมีค่าเท่ากับ 0.023 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร  
 ความเข้มข้นของสาร Nickel ในไอเสียมีค่าเท่ากับ 0.31 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร  
 ปริมาตรไอเสียรายชั่วโมงคือ 1,200 ลูกบาศก์เมตรมาตรฐานต่อชั่วโมง  
 ชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 ชั่วโมง  
 คำนวณหาการปลดปล่อยสาร Benzene และ Nickel สู่อากาศ กิโลกรัมต่อปี

### วิธีการคำนวณ

ปริมาตรของไอเสียต่อปีคือ

$$1,200 \text{ Nm}^3/\text{hr} \times 6,000 \text{ hr/yr} = 7,200,000 \text{ Nm}^3/\text{yr}$$

ดังนั้นการปลดปล่อยสาร Benzene สู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$0.023 \text{ mg/Nm}^3 \times 7,200,000 \text{ Nm}^3/\text{yr} \times 10^{-6} = 0.17 \text{ kg/yr}$$

และการปลดปล่อยสาร Nickel สู่อากาศมีค่าเท่ากับ

$$0.31 \text{ mg/Nm}^3 \times 7,200,000 \text{ Nm}^3/\text{yr} \times 10^{-6} = 2.2 \text{ kg/yr}$$

การประเมินโดยใช้สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

ถ้าข้อมูลการตรวจวัดโดยตรงดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วนที่ (1) ไม่สามารถหาได้ หรือการตรวจวัดโดยตรงไม่สามารถทำได้ก็สามารถนำสัมประสิทธิ์การระบายมลพิษของประเทศอื่นมาใช้ได้ดังนี้

สารประกอบอินทรีย์ระเหย

$$R_{\text{air},i} = EF_{\text{voc},\text{total}} \times W_{t,i}\% \times V_{\text{rm}} \div 100$$

เมื่อ

$R_{\text{air},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$EF_{\text{voc},t}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ป้อนเข้าหน่วยผลิต หรือข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง) อ้างอิงตารางที่ 4-3

$V_{\text{rm}}$  = ปริมาตรของวัตถุดิบต่อปี (ลูกบาศก์เมตรที่ป้อนเข้าหน่วยผลิตหรือข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องต่อปี)

$W_{t,i}\%$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายในสารประกอบอินทรีย์ระเหย อ้างอิงตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน<sup>[6]</sup>

กระบวนการกลั่นน้ำมัน	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด
<u>หน่วยแตกโมเลกุลด้วยสารเร่งปฏิกิริยา (FCCU)</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit) - ESP & CO boiler (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit)	0.63 neg.
<u>หน่วยแตกโมเลกุลด้วยสารเร่งปฏิกิริยาชนิด Moving-Bed (MBCCU) (kg/m<sup>3</sup> feed to the unit)</u>	0.25
<u>หน่วย Fluid Coking</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit) - ESP & CO boiler (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit)	0.046 neg.
<u>เครื่องอัดแรงดัน</u> - reciprocating engines (kg/1000m <sup>3</sup> gas burned) - gas turbines (kg/1000m <sup>3</sup> gas burned)	21.8 0.28
<u>ระบบควบคุมการระเหยน้ำ</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> refinery feed)	1662
<u>หน่วยกลั่นสูญญากาศ (VDU) เครื่องควบแน่น</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> vacuum feed) - controlled (flare or heater) (kg/m <sup>3</sup> vacuum feed)	0.14 neg.
<u>หน่วยกำจัดกำมะถัน (SRU)</u> - 1, uncontrolled (93.5%) (กก.ต่อตันของกำมะถันที่ผลิตได้) - 3, uncontrolled (95.5%) (กก.ต่อตันของกำมะถันที่ผลิตได้) - 2, uncontrolled (96.5%) (กก.ต่อตันของกำมะถันที่ผลิตได้) - 2, controlled (98.6%) (กก.ต่อตันของกำมะถันที่ผลิตได้) - 3, controlled (96.8%) (กก.ต่อตันของกำมะถันที่ผลิตได้) - unspecified (uncontrolled) (kg/dscm process gas)	ND (No data available) ND ND ND ND 0.015
<u>ท่อเผา (kg/GJ of flare gas burned)</u>	0.06

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

<sup>[6]</sup> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันโดย USEPA และอื่นๆ สัมประสิทธิ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งระบายมลพิษที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้



ตารางที่ 4-4 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน<sup>6</sup>

สารเคมี เป้าหมาย	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาจาก แต่ละขั้นตอนของกระบวนการกลั่นน้ำมัน					
	CCU (FCCU หรือ MBCCU)	Fluid Coking	Blowdown Systems	VDU Condensers	SRU	Flare
n-Hexane	NA	3.86	3.86	3.86	NA	NA
Formaldehyde	51	8.88	8.88	8.88	4.12	0.817
Acetaldehyde	NA	NA	NA	NA	0.67	0.082
Xylenes	NA	0.19	0.19	0.19	NA	0.041
Benzene	NA	0.38	0.38	0.38	NA	0.083
Toluene	NA	0.44	0.44	0.44	NA	0.041

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

หมายเหตุ: Blowdown system คือ ระบบที่ใช้แยกของเหลวออกจากก๊าซที่จะถูกส่งไปเผาที่ Flare ซึ่งของเหลวที่ Blow Down Drum แยกออกมาได้ จะถูกส่งกลับไป Reprocess อีกครั้ง

### โลหะ

$$R_{air,i} = EF_{tp} \times W_{t,i} \% \div 100 \times V_{rm}$$

เมื่อ

$R_{air,i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$EF_{tp}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของอนุภาคทั้งหมด  
(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่ป้อนเข้าหน่วยผลิต) อ้างอิงตารางที่ 4-5

$V_{rm}$  = ปริมาตรของวัตถุดิบต่อปี (ลูกบาศก์เมตรที่ป้อนเข้าหน่วยผลิตต่อปี)

$W_{t,i} \%$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายในอนุภาคทั้งหมด อ้างอิงตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-5 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของอนุภาคทั้งหมดของกระบวนการกลั่นน้ำมัน<sup>6</sup>

กระบวนการกลั่นน้ำมัน	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของอนุภาคทั้งหมด (กก.ต่อลบ.ม.ที่ป้อนเข้าหน่วยผลิต)
<u>FCCU</u>	
- uncontrolled	0.695
- ESP & CO boiler	0.128
<u>MBCCU</u>	0.049
<u>Fluid Coking Units</u>	
- uncontrolled	1.5
- ESP & CO boiler	0.0196

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

ตารางที่ 4-6 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายในอนุภาคทั้งหมดจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน<sup>[6]</sup>

สารเคมี เป้าหมาย	CCU (FCCU or MBCCU) (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทั้งหมด)		Fluid Coking (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาคทั้งหมด)
	uncontrolled	Controlled (ESP)	uncontrolled
Manganese	0.022	ND	0.004
Nickel	0.088	0.031	0.038
Copper	0.02	0.003	0.001
Zinc	0.017	0.006	0.003
Arsenic	0.002	ND	0.144
Antimony	0.035	0.002	0.005
Lead	0.046	0.01	0.003
Cadmium	0.009	0.002	ND

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

#### ตัวอย่าง 4.2.2(2)

ข้อมูลกระบวนการกลั่นน้ำมันเป็นดังนี้

กระบวนการกลั่นน้ำมันคือ Moving-Bed Catalytic Cracker Unit (MBCCU) & Fluid Coking Unit with ESP & boiler

ปริมาณที่ป้อนเข้าหน่วยผลิตคือ 300,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

คำนวณหาการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene และ Nickel กิโลกรัมต่อปี

## วิธีการคำนวณ

อ้างอิงตารางที่ 4-3 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหย MBCCU คือ 0.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อปี และจาก Fluid Coking Unit กับ ESP & boiler ไม่นำมาพิจารณา และจากตารางที่ 4-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสาร Benzene ในสารประกอบอินทรีย์ระเหยจาก MBCCU ไม่สามารถหาได้ และ Fluid Coking Unit คือ 0.38เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene คือ

$$(0.25 \text{ kg/m}^3 \times \text{NA} + \text{neg. kg/m}^3 \times 0.38\%/100) \times 300,000 \text{ kg/year} \\ = 0 \text{ kg/year}$$

อ้างอิงตารางที่ 4-5 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของอนุภาคทั้งหมดจาก MBCCU คือ 0.049 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจาก Fluid Coking Unit กับ ESP & boiler คือ 0.0196 นอกจากนี้ จากตารางที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสาร Nickel ในอนุภาคทั้งหมดจาก MBCCU คือ 0.031 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและจาก Fluid Coking Unit คือ 0.038เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Nickel คือ

$$(0.049 \text{ kg/m}^3 \times 0.031 \text{ wt}\%/100 + 0.0196 \text{ kg/m}^3 \times 0.038 \text{ wt}\%/100) \times \\ 300,000 \text{ m}^3 = 6.8 \text{ kg/year}$$

### 4.2.3 กระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย

#### 4.2.3.1 การปลดปล่อยมลพิษ

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศโดยการฟุ้งกระจายจาก ข้อต่อ วาล์ว หรืออุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

#### 4.2.3.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

ในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ สามารถนำคู่มือบัญชีการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่จัดทำขึ้นโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้อ้างอิงได้ โดยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษและสมการความสัมพันธ์จะได้กล่าวไว้ในส่วนถัดไป

#### (1) สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

สำหรับกระบวนการการระบายมลพิษแบบฟุ้งกระจาย สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยสามารถใช้วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษได้ดังนี้

$$R_{\text{air},i} = EF_{\text{voc,total}} \times E_q \times O_{\text{hr}} \times (W_{t,i}\% \div 100)$$

เมื่อ

- $R_{air,i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)
- $EF_{voc,total}$  = สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อแหล่งกำเนิด); อ้างอิงตารางที่ 4-7
- $O_{hr}$  = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (ชั่วโมงต่อปี)
- $E_q$  = จำนวนอุปกรณ์ (แหล่งกำเนิด)
- $W_{t,i}\%$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายในสารประกอบอินทรีย์ระเหย อ้างอิงตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสำหรับกระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย<sup>[7]</sup>

ชนิดของอุปกรณ์	การทำงาน	สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (กก./ชม./แหล่งกำเนิด)
ข้อต่อ <sup>[a]</sup>	ก๊าซ	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวเบา	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวหนัก	$4.34 \times 10^{-5}$
หน้าแปลน	ก๊าซ	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวเบา	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวหนัก	$4.68 \times 10^{-5}$
กันซึมเครื่องอัดอากาศ	ก๊าซ	0.636
กันซึมปั๊ม <sup>[b]</sup>	ของเหลวเบา	0.114
	ของเหลวหนัก	$3.49 \times 10^{-3}$
วาล์ว	ก๊าซ	0.0268
	ของเหลวเบา	0.0109
	ของเหลวหนัก	$9.87 \times 10^{-5}$
ท่อส่งปลายเปิด	ทุกประเภท	$2.30 \times 10^{-3}$
วาล์วลดแรงดัน	ก๊าซ	0.16
จุดเก็บตัวอย่างสารเคมี	ทุกประเภท	0.015
ท่อระบาย	ทุกประเภท	0.032

<sup>[7]</sup> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการระบายมลพิษแบบฟุ้งกระจายโดย USEPA และอื่นๆ สัมประสิทธิ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งระบายมลพิษที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้

ชนิดของอุปกรณ์	การทำงาน	สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (กก./ชม./แหล่งกำเนิด)
อื่นๆ <sup>[c]</sup>	ของเหลวหนัก	$5.18 \times 10^{-5}$

<sup>[a]</sup> กำหนดให้เป็น non-flanged connectors

<sup>[b]</sup> สัมประสิทธิ์ของ light liquid pump seal สามารถคาดประมาณการรั่วไหลได้จาก agitator seals

<sup>[c]</sup> ชนิดของอุปกรณ์ในหัวข้อ “อื่นๆ” นั้น นำมาใช้คำนวณกับอุปกรณ์ทุกประเภทที่ก่อให้เกิดของเหลวหนักที่ไม่ได้ระบุไว้ในตาราง อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์บางชนิดอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ ทั้ง ก๊าซ ของเหลวเบา ของเหลวหนัก กรณีดังกล่าว จึงต้องระวังไม่นำไปคำนวณตามหัวข้อ “อื่นๆ”

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

ตารางที่ 4-8 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากการฟุ้งกระจายจากอุปกรณ์<sup>[7]</sup>

ชนิดของอุปกรณ์	สารเคมีเป้าหมาย	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ถูกปลดปล่อย
หน้าแปลน	n-Hexane	4.76
	Xylenes	0.28
	Benzene	0.14
	Toluene	0.70
กันซึมเครื่องอัดอากาศ	n-Hexane	5.30
กันซึมปั๊ม	n-Hexane	11.4
	Xylenes	1.34
	Benzene	0.52
	Toluene	3.10
วาล์ว	n-Hexane	4.76
	Xylenes	0.28
	Benzene	0.14
	Toluene	0.70
ท่อระบาย	n-Hexane	12.2
	Benzene	2.47

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

#### ตัวอย่าง 4.2.3(1)

ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายเป็นดังนี้  
 จำนวนของหน้าแปลนมีค่าเท่ากับ 2,000 สำหรับของเหลวเบาและ 500 สำหรับของเหลวหนัก  
 จำนวนของวาล์วมีค่าเท่ากับ 500 สำหรับของเหลวเบาและ 200 สำหรับของเหลวหนัก  
 ชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 ชั่วโมงต่อปี  
 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene

### วิธีการคำนวณ

จากตารางที่ 4-7 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของหน้าแปลนสำหรับของเหลวเบา  $2.50 \times 10^{-4}$  กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อแหล่งกำเนิด และของวาล์วคือ  $0.0109$  กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อแหล่งกำเนิด และจากตารางที่ 4-8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสาร Benzene ในสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมดจากหน้าแปลนและวาล์วคือ  $0.14\%$  ดังนั้นการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene มีค่าเท่ากับ

$$[(2,000 \times 2.50 \times 10^{-4}) + (500 \times 4.68 \times 10^{-5}) + (500 \times 0.0109) + (200 \times 9.87 \times 10^{-5})] \times 6,000 \times 0.14 \text{ wt\%/100} = 50.3 \text{ kg/year}$$

### (2) สมการความสัมพันธ์ (Correlation Equation)

ในกรณีที่มีข้อมูลการตรวจวัดการรั่วไหลโดยใช้อุปกรณ์ FID (Flame Ionization Detector) สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4-9 ในการประเมินได้โดย

ถ้าค่าข้อมูลการตรวจวัดมีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LDL) ให้ใช้ค่า Default Zero Emission Rate เว้นแต่ค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้มีค่ามากกว่า  $1 \text{ ppmv}$  ซึ่งในกรณีนี้ใช้ครั้งหนึ่งของค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้กับสมการความสัมพันธ์

ถ้าค่าข้อมูลการตรวจวัดมีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (UDL) ให้ใช้ค่า Pegged Emission Rate ถ้าค่าข้อมูลการตรวจวัดอยู่ระหว่าง LDL และ UDL ให้ใช้สมการความสัมพันธ์ในการประเมิน

### ตารางที่ 4-9 สมการความสัมพันธ์ของกระบวนการปลดปล่อยมลพิษที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย<sup>[8]</sup>

<sup>[8]</sup> สมการความสัมพันธ์นี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการระบายมลพิษแบบฟุ้งกระจายโดย USEPA และอื่นๆ

ชนิดของอุปกรณ์	Default Zero Emission Rate (kg-TOC <sup>[a]</sup> /hr)	Pegged Emission Rate (kg-TOC <sup>[a]</sup> /hr)		สมการความสัมพันธ์ <sup>[c]</sup> (unit of calculation result: kg-TOC <sup>[a]</sup> /hr)
		10,000 ppmv <sup>[b]</sup>	100,000 ppmv <sup>[b]</sup>	
ข้อต่อ <sup>[d]</sup>	$7.5 \times 10^{-6}$	0.028	0.03	Leak = $1.53 \times 10^{-6}$ (SV) <sup>0.735</sup>
หน้าแปลน <sup>[e]</sup>	$3.1 \times 10^{-7}$	0.085	0.084	Leak = $4.61 \times 10^{-6}$ (SV) <sup>0.703</sup>
วาล์ว	$7.8 \times 10^{-6}$	0.064	0.14	Leak = $2.29 \times 10^{-6}$ (SV) <sup>0.746</sup>
ท่อส่งปลายเปิด	$2.0 \times 10^{-6}$	0.03	0.079	Leak = $2.20 \times 10^{-6}$ (SV) <sup>0.704</sup>
กันซีมปีม	$2.4 \times 10^{-5}$	0.074	0.16	Leak = $5.03 \times 10^{-5}$ (SV) <sup>0.610</sup>
ท่อระบาย	$1.5 \times 10^{-3}$	ND <sup>g</sup>	ND <sup>g</sup>	Leak = $1.50 \times 10^{-4}$ (SV) <sup>1.02</sup>
อื่นๆ <sup>[f]</sup>	$4.0 \times 10^{-6}$	0.073	0.11	Leak = $1.36 \times 10^{-5}$ (SV) <sup>0.589</sup>

<sup>[a]</sup> สารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด

<sup>[b]</sup> ค่าสูงสุดที่สามารถตรวจวัดได้

<sup>[c]</sup> SV เป็นค่าย่อของ Screening Value มีหน่วยเป็น ppmv (parts per million by volume)

<sup>[d]</sup> ประเภทของ connector ที่เกี่ยวข้องกับ non-flanged connectors

<sup>[e]</sup> ประเภทของวาล์วที่ไม่รวม pressure relief valves เช่นอาจจะรวมอยู่ในประเภทของ “อื่นๆ”

<sup>[f]</sup> ประเภทของ “อื่นๆ” จะใช้ได้กับอุปกรณ์ทุกชนิดที่ไม่ได้กล่าวไว้ในตาราง ซึ่งรวมไปถึง loading arms, pressure relief valves, stuffing boxes, vents, compressors and dump lever arms

<sup>[g]</sup> ND = ไม่มีข้อมูล

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

จากการประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด (TOCs) ซึ่งจะต้องแปลงกลับไปเป็นของแต่ละสารประกอบโดยใช้เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแต่ละสารประกอบ ทั้งสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) และสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด (TOCs) คำนวณได้ดังนี้

$$ER_{air,i} = ER_{air,TOC} \times \left( \frac{W_{t,VOC}}{W_{t,TOC}} \right) \times W_{ti} \div 100$$

เมื่อ

$ER_{air,i}$  = ปริมาณการระบายมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$ER_{air,TOC}$  = ปริมาณการระบายมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด (TOC)  
(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$W_{t,VOC}$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOC)

$W_{t,TOC}$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด (TOC)

$W_{t,i}$  = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายในสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOC)

ดังนั้นปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมายต่อปีสามารถคาดประมาณได้ โดยการคูณปริมาณการระบายมลพิษด้วยชั่วโมงการทำงานดังนี้

$$R_{air,i} = ER_{air,i} \times O_{ph}$$

เมื่อ

$R_{air,i}$  = การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$O_{ph}$  = ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมงต่อปี)

#### ตัวอย่าง 4.2.3(2)

ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายเป็นดังนี้

สารเคมีเป้าหมายคือ สาร Benzene

จำนวนของหน้าแปลนท่อลำเลียงของเหลวเบามีจำนวน 2,000 ตัว

จำนวนของวาล์วสำหรับของเหลวเบามีจำนวน 500 ตัว

Screening level ของสารระเหยที่หน้าแปลนมีค่า 92,000 ppmv

Screening level ของสารระเหยที่วาล์วมีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดของระดับที่ทำการตรวจวัดได้

ของเหลวเบามีสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) 8.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ของเหลวเบามีสารประกอบระเหย (VOC) 8.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

สารประกอบอินทรีย์ระเหยมี Benzene 1.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ชั่วโมงการทำงานของโรงงาน 6,000 ชั่วโมงต่อปี

ประเมินปริมาณการปลดปล่อย Benzene สู่อากาศ ดังนี้

หมายเหตุ : สำหรับการรั่วซึมที่หน้าแปลน สามารถประเมินได้จากผลการวัด Screening Level

#### วิธีการคำนวณ

เนื่องจากการตรวจวัด Screening Level ที่วาล์วต่ำกว่าระดับที่วัดได้ จึงใช้ค่า Default zero



emission rate

จากตารางที่ 4-4 สมการความสัมพันธ์สำหรับหน้าแปลน “leak =  $4.61 \times 10^{-6} \times (SV)^{0.703}$ ”

$$(2,000 \times 4.61 \times 10^{-6}) \times (92,000 \text{ ppmv})^{0.703} = 28.4961 \text{ kg/hr}$$

และ default zero emission rate สำหรับวาล์วคือ  $7.8 \times 10^{-6}$  กก./ชม./แหล่งกำเนิด

$$(500 \times 7.8 \times 10^{-6}) = 0.0039 \text{ kg/hr}$$

ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ

$$[(2,000 \times 4.61 \times 10^{-6}) \times (92,000 \text{ ppmv})^{0.703} + (500 \times 7.8 \times 10^{-6})] \\ = 28.5 \text{ kg/hr}$$

ประเมินการปลดปล่อย Benzene ตามสัดส่วนองค์ประกอบในของเหลว ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene มีค่าเท่ากับ

$$28.5 \text{ kg/hr} \times (8.2 \text{ wt\%}/8.8 \text{ wt\%}) \times 1.2 \text{ wt\%} \div 100 = 0.318 \text{ kg/hr}$$

ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene ตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ

$$0.318 \text{ kg/hr} \times 6,000 \text{ hr/yr} = 1,910 \text{ kg/yr}$$

---

#### 4.2.4 ถังจัดเก็บสารเคมี

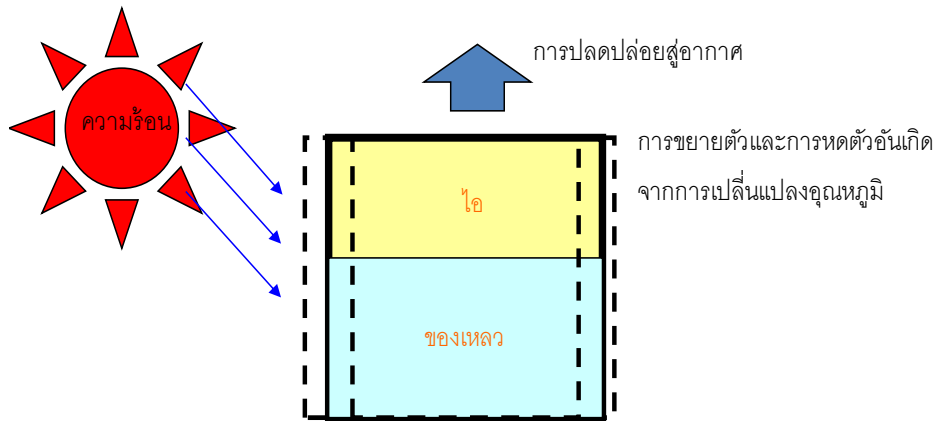
##### 4.2.4.1 การปลดปล่อยมลพิษ

ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ (Fixed roof tank) หรือ ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาปรับขึ้นลงได้ (Floating roof tank) ที่ใช้ในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

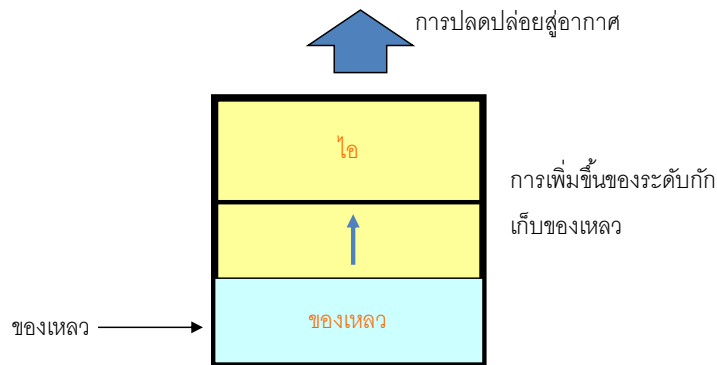
##### (1) ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่

สำหรับถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่ซึ่งมีไอระเหยประกอบไปด้วยสารเคมีเป้าหมาย สารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศที่เกิดจาก Breathing loss และ Filling loss

- Breathing loss คือ การระบายไอระเหยเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันภายในถังจัดเก็บ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืน จึงทำให้มีการหดและขยายตัวของก๊าซภายในถังจัดเก็บ



- Filling loss คือ การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ เนื่องจากของเหลวที่เติมเข้าสู่ถังเก็บไปผลักดันไอระเหยที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ระเหยในช่วงเวลาการเติมของไหลเข้าสู่ถังจัดเก็บ ออกสู่บรรยากาศ



#### (2) ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาปรับขึ้นลงได้

สำหรับถังเก็บของเหลวแบบหลังคาปรับขึ้นลงได้ สารประกอบอินทรีย์ระเหยจะถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศเนื่องจาก Discharge loss

- Discharge loss; การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่บริเวณผนังด้านในถังจัดเก็บ ในช่วงเวลาที่มีการปล่อยของเหลวออกจากถัง

#### 4.2.4.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

สำหรับถังจัดเก็บสารเคมีทั้งที่เป็นถังเก็บของเหลวแบบหลังคาคงที่และถังเก็บของเหลวแบบหลังคาปรับขึ้นลงได้ สามารถใช้ TANKS model ที่จัดทำขึ้นโดย USEPA การประเมินการปลดปล่อยมลพิษได้ โดยที่ TANKS model สามารถดาวน์โหลดได้ที่

<http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/> TANKS model ถูกออกแบบมาเพื่อประเมินการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศสำหรับของเหลวอินทรีย์ที่อยู่ในถังจัดเก็บสารเคมี โดยผู้ใช้งานสามารถใส่ข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของถังจัดเก็บสารเคมี (ขนาดถัง โครงสร้าง สี เป็นต้น) องค์กรประกอบ

ของของเหลว (องค์ประกอบทางเคมี และอุณหภูมิของของเหลว) รวมถึงลักษณะสถานที่ตั้งถัง (ใกล้เมือง อุณหภูมิ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น) และสามารถจัดทำรายงานการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศได้

**ตัวอย่าง 4.2.4(1)**

ข้อมูลเกี่ยวกับถังจัดเก็บสารเคมีเป็นดังนี้

ชนิดของถัง		ถังเก็บของเหลวแบบหลังคาทรงที่ในแนวตั้ง
สถานที่ตั้งถัง		จ. ระยอง
ผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บ		น้ำมันเบนซิน 91
Net throughput		35,000,000 L/yr (= 9,246,051 gal/yr)
ขนาดของถัง	Shell Height	32.15 ft
	Diameter	19.7 ft
	Liquid Height	27.23 ft
	Avg. Liquid Height	13.62 ft
	Tank Heated	No
ลักษณะของถัง	Shell Color/Shade	White/White
	Shell Condition	Good
	Roof Color/Shade	White/White
	Roof Condition	Good
ลักษณะของหลังคา	Type	Dome
	Height	0 ft
	Radius	19.7 ft
Breather Vent Settings	Vacuum Settings	0 psig
	Pressure Settings	0 psig

Ref: สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนหน่วยจาก US unit ไปเป็น SI unit

1 ft = 0.3048 m	1 gal = 3.7854 L
1 lbs = 0.456 kg	1 psig = 108.2197kPa

คำนวณการปลดปล่อย Benzene สู่อากาศ โดยใช้ TANKS model

## วิธีการคำนวณ

การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene สามารถคำนวณได้โดยใช้ TANKS model ดังนี้

(ก) การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหย

### 1. ป้อนข้อมูลสถานที่ (ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา)

เนื่องจากข้อมูลจำเพาะของพื้นที่ระยองไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ US EPA ดังนั้นจึงต้องสร้างฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ระยองก่อน โดย

1.1 เลือก “Edit Database” บนแท็บ “Data”

1.2 เลือก “Add New”

1.3 ใส่ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดระยอง โดยอ้างอิงภาคผนวก ข แล้วบันทึกข้อมูล (save)

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft²*day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	89.2	71.9	1649.4853	3.1
FEB	90.1	76.9	1701.0399	4.6
MAR	91.0	78.7	1760.2672	4.7
APR	93.4	80.8	1803.3080	4.3
MAY	91.5	80.8	1570.3804	5.5
JUN	90.1	80.6	1463.8620	7.2
JUL	89.5	80.3	1237.1360	7.2
AUG	88.8	80.0	1052.9574	6.9
SEP	88.8	78.5	1343.2668	4.9
OCT	90.1	76.7	1468.5484	3.0
NOV	90.8	74.5	1570.3452	3.4
DEC	89.9	71.7	1641.6981	3.7
ANN	90.3	77.6	1521.8579	4.9

เมื่อมีข้อมูลของที่ระยองในฐานข้อมูล ดำเนินการขั้นตอนต่อไปโดย

1.4 เลือก “Rayong” บนแท็บ “Site Selection”

### 2. ป้อนข้อมูลคุณลักษณะของถัง

2.1 โดยเลือกแท็บ “Physical characteristics”

The screenshot shows the 'Vertical Fixed Roof Tank' software interface. It has five tabs: Identification, Physical Characteristics, Site Selection, Tank Contents, and Monthly Calculations. The 'Physical Characteristics' tab is active. It contains several sections: 'Dimensions' with fields for Shell Height (32.15), Shell Diameter (19.7), Maximum Liquid Height (27.23), Average Liquid Height (13.62), Working Volume (62,087.356796), Turnovers per Year (148.920029), Net Throughput (9,246,051.00), and Is Tank Heated? (No). 'Roof Characteristics' includes Color/Shade (White/White (D)), Condition (Good (D)), Type (Dome), Height (0), and Radius (19.7). 'Shell Characteristics' shows Shell Color/Shade (White/White (D)) and Shell Condition (Good (D)). 'Breather Vent Settings' has Vacuum Setting (0) and Pressure Setting (0). At the bottom are buttons for Copy, Run Report, Save, Close, and Help.

### 3. ป้อนข้อมูลคุณลักษณะของเชื้อเพลิง

3.1 เลือก Gasoline (RVP 8.3) ใน Chemical Name ของแท็บ tank content ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับ Gasoline 91 (ดูภาคผนวก ข)

The screenshot shows the 'Vertical Fixed Roof Tank' software interface with the 'Tank Contents' tab active. It includes fields for Chemical Category of Liquid (Petroleum Distillates), Single or Multi-Component Liquid (Multiple), and Speciation Option (None). The 'Mixture Name' is set to 'Gasoline (RVP 8.3)'. Below this are several temperature and pressure fields: Average Liquid Surface Temperature (85.655055), Minimum Liquid Surface Temperature (81.558044), Maximum Liquid Surface Temperature (89.752066), Bulk Liquid Temperature (83.62), Vapor Pressure (6.8539), Minimum Vapor Pressure (6.3611), Maximum Vapor Pressure (7.3766), and Vapor Molecular Weight (68). On the right side, there are buttons for Calculate Mixture Properties, Delete Mixture, Next Mixture >, < Previous Mixture, and Add Mixture. At the bottom, it indicates 'Mixture 1 of 1' and has buttons for Copy, Run Report, Save, Close, and Help.

3.2 เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่ทำการกรอกในโปรแกรม จากนั้นจึงเลือกกดแท็บด้านล่างของหน้าจอแสดงผลดังภาพด้านบนที่ Run Report

### 4. ผลของการ Run TANKS model

4.1 เมื่อทำตามวิธีดังกล่าวข้างต้น จอแสดงจะแสดงข้อมูลผลการประมวลผลภาพ

**TANKS 4.0.9d**  
**Emissions Report - Summary Format**  
**Individual Tank Emission Totals**

**Emissions Report for: Annual**  
**gasoline91 - Vertical Fixed Roof Tank**

Components	Losses(lbs)		Total Emissions
	Working Loss	Breathing Loss	
Gasoline (RVP 8.3)	37,769.25	3,452.65	41,221.90

4.2 ปริมาณการระบายมลพิษสู่อากาศจะคำนวณในหน่วยปอนด์ (lbs)c] แล้วยังสามารถคำนวณกลับไปเป็นหน่วยกิโลกรัมได้ ด้วยการคูณด้วย 0.456 ดังนี้

Components	Losses (ปอนด์)		
	Working loss	Breathing loss	Total emissions
Gasoline (RVP 8.3)	37,769.25	3,452.65	41,221.90
Components	Losses (กิโลกรัม)		
	Working loss	Breathing loss	Total emissions
Gasoline (RVP 8.3)	17,222.78	1,574.41	18,797.19

(ข) การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย

การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมายสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_{air,i} = R_{air,voc} \times \left( \frac{P_{p,i}}{RVP} \right)$$

เมื่อ

$R_{air,i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย

$R_{air,voc}$  = การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้ TANKS model

RVP = Reid Vapor Pressure ของเชื้อเพลิงที่เก็บในถัง

$P_{p,i}$  = Partial Pressure ของสารเคมีเป้าหมาย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P_{p,i} = P_i \times \left( \frac{W_{t,i}}{MW_i} \right) / \left( \frac{100\%}{MW_{fuel}} \right)$$

เมื่อ

$P_i$  = ความดันไอของสารเคมีเป้าหมาย

$W_{t,i}$  = เเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเคมีเป้าหมายในเชื้อเพลิง

$MW_i$  = น้ำหนักโมเลกุลของสารเคมีเป้าหมาย

$MW_{fuel}$  = น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของเชื้อเพลิง

คำนวณการระบายมลพิษของสาร Benzene

$$R_{air,benzene} = R_{air,voc} \times \left( \frac{P_{p,benzene}}{RVP} \right) = 18,797.19 \text{ kg} \times \frac{0.1155 \text{ kPa}}{57.2} = 38 \text{ kg/year}$$

เมื่อ

RVP = Reid Vapor Pressure ของน้ำมันเบนซิน 91 ดูภาคผนวก ข

$P_{p,Benzene}$  = Partial Pressure ของสาร Benzene ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P_{p,benzene} = P_{benzene} \times \left( \frac{W_{t,benzene}}{MW_{benzene}} \right) / \left( \frac{100\%}{MW_{fuel}} \right) = 12.7 \text{ kPa} \times \left( \frac{0.79\%}{78} \right) / \left( \frac{100\%}{89.8} \right) = 0.1155 \text{ kPa}$$

เมื่อ

$P_{benzene}$  = ความดันไอของสาร Benzene คือ 12.7 kPa

$MW_{benzene}$  = น้ำหนักโมเลกุลของสาร Benzene คือ 78

(คุณสมบัติทางเคมีกายภาพสามารถค้นหาได้จากฐานข้อมูลของ CHRIP)

(<http://www.safe.nite.go.jp/english/db.html>) หรือจาก WATER9 model ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ f) ของบทนี้)

$W_{t,benzene}$  = เเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสาร Benzene ในน้ำมันเบนซิน 91 ดูภาคผนวก 2

$MW_{fuel}$  = น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเบนซิน 91 ดูภาคผนวก ข

## 4.2.5 การบรรจุ/การขนถ่าย

### 4.2.5.1 การปลดปล่อยมลพิษ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยที่อยู่ในถังที่เป็นรถบรรทุก รถไฟ รถยนต์ หรือในเรือ ในระหว่างการ

บรรจุหรือขนถ่ายจะมีการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศด้วย

#### 4.2.5.2 การคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ

การระบายมลพิษจากการบรรจุปิโตรเลียมเหลว สามารถทำการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษได้โดยใช้สมการนี้<sup>[9]</sup>

$$R_{air,voc} = 0.12 \times SPM/T \times V_{liq}$$

เมื่อ

$R_{air,voc}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (กิโลกรัมต่อปี)

S = สัมประสิทธิ์การอิ่มตัว (saturation factor) อ้างอิงตารางที่ 4-10

P = ความดันไอที่เกิดขึ้นจริงของของไหลที่บรรจุ (kPa)

M = น้ำหนักโมเลกุลของไอระเหย (kg/kg-mol)

T = อุณหภูมิของของไหลที่บรรจุ (K) :  $K=273+^{\circ}C$

$V_{liq}$  = ปริมาตรของของไหลที่บรรจุต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

ตารางที่ 4-10 ค่าสัมประสิทธิ์การอิ่มตัว (Saturation Factor) สำหรับการคำนวณการสูญเสียที่เกิดจากการบรรจุปิโตรเลียมเหลว

การส่งสินค้า	รูปแบบการทำงาน	S Factor
รถบรรทุกถัง รถไฟ	Submerged loading of a clean cargo tank	0.50
รถยนต์บรรทุกถัง/ รถแท็งก์ (Tank cars)	Submerged loading: dedicated normal service	0.60
	Submerged loading: dedicated vapour balance service	1.00
	Splash loading of a clean cargo tank	1.45
	Splash loading: dedicated normal service	1.45
	Splash loading: dedicated vapour balance service	1.00
เรือสินค้าทางทะเล	Submerged loading: ships	0.2
	Submerged loading: barges	0.5

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

<sup>[9]</sup> USEPA; Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Sources Fifth edition (AirChief CD-ROM, version 5.0) (1997)



#### ตัวอย่าง 4.2.5(1)

ข้อมูลการบรรจุเป็นดังนี้

ประเภทการขนส่งสินค้าคือ เป็นรถบรรทุกถัง

รูปแบบการทำงานคือ Submerged loading of a clean cargo tank (หัวถ่ายแบบจุ่ม; บรรจุลงในแท็งก์เปล่า สะอาด)

เชื้อเพลิงที่บรรจุคือ น้ำมันเบนซิน 91

ปริมาตรของน้ำมันเบนซิน 91 ที่บรรจุคือ 35,000,000 ลิตรต่อปี (35,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

อุณหภูมิของน้ำมันเบนซิน 91 มีค่าเท่ากับ 20 °C

คำนวณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene

#### วิธีการคำนวณ

ขั้นตอนแรก การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยหาได้โดยการคำนวณและการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมายสามารถคำนวณได้โดยใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรมซึ่งใช้เพื่อคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากถังจัดเก็บสารเคมีดังนี้

(ก) การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหย

การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_{\text{air,voc}} = 0.12 \times \text{SPM/T} \times V_{\text{liq}} = 0.12 \times 0.50 \times 57.2 \text{ kPa} \times 89.8 / (20 \text{ }^{\circ}\text{C} + 273.15) \times 35,000 \text{ m}^3/\text{year} = 36,796.10 \text{ kg/yr}$$

เมื่อ

S = สัมประสิทธิ์การอิมตัว อ้างอิงตารางที่ 4-10

P = Reid vapour pressure ของน้ำมันเบนซิน 91 คูภาคผนวก ข

M = น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเบนซิน 91 คูภาคผนวก ข

(ข) การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมาย

การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมายสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_{\text{air,benzene}} = R_{\text{air,voc}} \times \left( \frac{P_{\text{p,benzene}}}{\text{RVP}} \right) = 36,796.10 \text{ kg} \times \frac{0.1155 \text{ kPa}}{57.2} = 74 \text{ kg/year}$$

นอกจากนี้ ถ้ามีการใช้อุปกรณ์ควบคุมเช่น vapour return unit การระบายมลพิษที่ถูกควบคุมสามารถทำการคาดประมาณได้ดังนี้

$$\text{Controlled emission (kg/yr)} = \text{uncontrolled emission} \times (1 - \text{Efficiency}/100)$$

โดยที่ประสิทธิภาพของ vapour return unit มีค่าเท่ากับ 85 %<sup>[10]</sup>

#### 4.2.6 การบำบัดน้ำเสีย

##### 4.2.6.1 การปลดปล่อยมลพิษ

สารประกอบอินทรีย์ระเหยหรือโลหะที่ถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำหลังจากการบำบัดน้ำเสียโดยสารประกอบอินทรีย์ระเหยจะถูกปลดปล่อยสู่อากาศในระหว่างกระบวนการเติมอากาศ

##### 4.2.6.2 การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษ

ถ้าในโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย อ่างอิงหัวข้อที่ (1) หรือ (3) สำหรับการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ และหัวข้อที่ (2) สำหรับการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ ถ้าไม่มีหรือมีการส่งไปบำบัดที่โรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางให้อ่างอิงหัวข้อที่ (1) หรือ (3)

##### (1) การตรวจวัดความเข้มข้นในน้ำเสียโดยตรง

จากระบบบำบัดน้ำเสียสารประกอบอินทรีย์ระเหยและโลหะที่ถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ และปริมาณของการปลดปล่อยนี้สามารถคำนวณได้โดยใช้การตรวจวัดความเข้มข้นในน้ำเสียโดยตรงดังนี้

$$R_{\text{water},i} = C_{\text{water},i} \times V_w \times 10^{-3}$$

เมื่อ

$R_{\text{water},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของสารเคมีเป้าหมาย (กิโลกรัมต่อปี)

$C_{\text{water},i}$  = ความเข้มข้นของสารเคมีเป้าหมายในน้ำเสีย  
(มิลลิกรัมต่อลิตร = กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$V_w$  = ปริมาตรน้ำเสียต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

$10^{-3}$  = ค่าการแปลงหน่วย จากกรัมเป็นกิโลกรัม

<sup>[10]</sup> Environment Agency, Japan; Hydrocarbon Emission Estimate Method Manual (1985)

#### ตัวอย่าง 4.2.6(1)

ข้อมูลน้ำเสียจากการตรวจวัดโดยตรงเป็นดังนี้

ความเข้มข้นของสาร Benzene ในน้ำเสียคือ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นของสาร Nickel ในน้ำเสียคือ 0.041 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณน้ำเสียต่อปีคือ 38,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

คำนวณหาการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของสาร Benzene และ Nickel

#### วิธีการคำนวณ

ใช้ข้อมูลการตรวจวัดโดยตรง การปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของ Benzene มีค่าเท่ากับ

$$0.24 \text{ mg/L} \times 38,000 \text{ m}^3/\text{yr} \times 10^{-3} = 9.1 \text{ kg/yr}$$

ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของ Nickel มีค่าเท่ากับ

$$0.041 \text{ mg/L} \times 38,000 \text{ m}^3/\text{yr} \times 10^{-3} = 1.6 \text{ kg/yr}$$

#### (2) การใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม (โดยใช้ WATER 9 Model)

สารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ระคายออกมาจากน้ำเสียสามารถคาดประมาณได้โดยใช้โปรแกรม “Water 9” ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ที่

[http://www.epa.gov/ttnchie1/software/water/water9\\_3/index.html](http://www.epa.gov/ttnchie1/software/water/water9_3/index.html) รายละเอียดของ WATER 9 model สามารถอ้างอิงได้จากเอกสารที่จัดทำโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ดูภาคผนวก ข)

#### ตัวอย่าง 4.2.6(2)

ข้อมูลโดยสรุปของระบบบำบัดน้ำเสียมี่ดังนี้

ลักษณะทางกายภาพของการบำบัดน้ำเสีย	การบำบัดทางชีวภาพแบบเติมอากาศ
ปริมาณของน้ำเสีย	38,000 m <sup>3</sup> /yr
ความเข้มข้นของสาร Benzene ในน้ำเสีย	0.24 mg/L
อัตราการไหล	2 L/s
Drop from pipe	
Area of opening at unit	40 cm <sup>2</sup>
Radius of drop pipe	5 cm
Drop length to conduit	20 cm

ลักษณะทางกายภาพของการบำบัดน้ำเสีย	การบำบัดทางชีวภาพแบบเติมอากาศ
ค่าจำเพาะของการบำบัดทางชีวภาพแบบเติมอากาศ(Aerated Biotreatment)	
อุณหภูมิของน้ำเสีย	25 °C
ความยาวของหน่วยเติมอากาศ	16 m
ความกว้างของหน่วยเติมอากาศ	8 m
ความลึกของหน่วยเติมอากาศ	5 m
พื้นที่ของตัวกวน (ของเครื่องเติมอากาศแต่ละเครื่อง)	8 m <sup>2</sup>
จำนวนตัวกวนทั้งหมดของเครื่องเติมอากาศ	4
กำลังของตัวกวน (ของเครื่องเติมอากาศแต่ละเครื่อง)	50 Horse Power
เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด	100 cm
รอบการหมุนของใบพัด	200 rpm

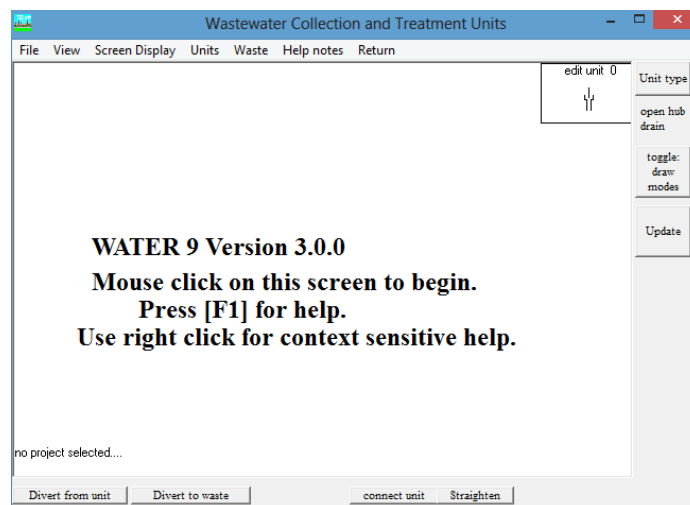
### วิธีการคำนวณ

การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene สามารถคำนวณได้โดยใช้ WATER9 model ดังนี้

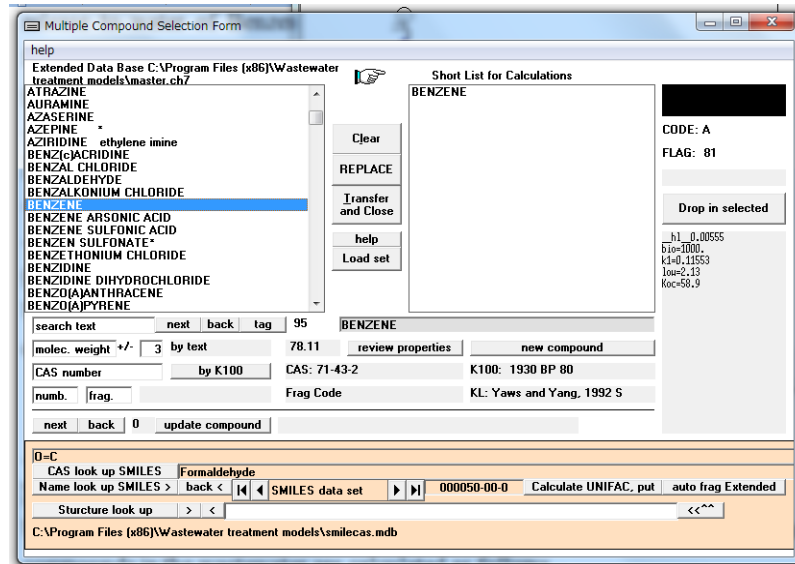
#### 1. ป้อนชนิดของสารประกอบเข้าไปในบัญชีรายการ

1.1 สร้างข้อมูลใหม่ จาก แท็บคำสั่งด้านบนของโปรแกรม ไปที่คำสั่ง File จากนั้นจึงเลือก

New Project

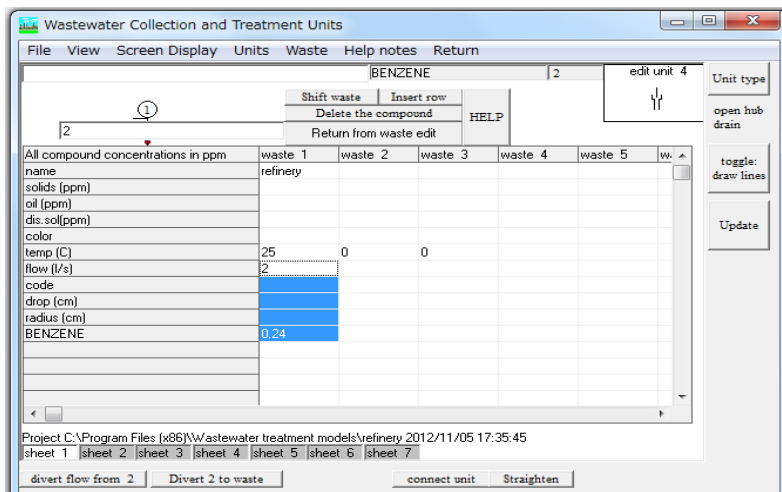


1.2 ทำการป้อนข้อมูลสารเคมีเข้าไปในคำสั่งการคำนวณ โดยไปที่คำสั่ง Waste จากนั้นเลือก Add compound to list ทำการเลือกสารเคมีในระบบที่ต้องการคำนวณ ซึ่งในตัวอย่างนี้ คือ Benzene จากนั้นเลือก Transfer and close



## 2. แก้ไขชุดข้อมูลคุณลักษณะของน้ำเสีย

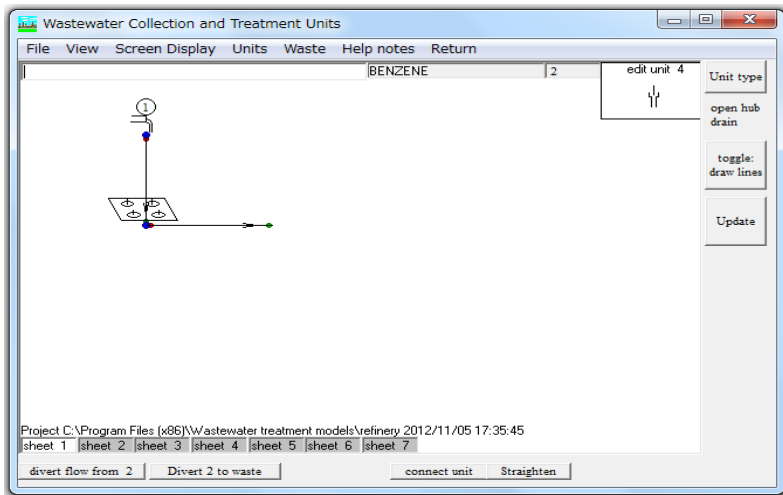
2.1 ทำการแก้ไขชุดข้อมูลของน้ำเสีย โดยคำสั่ง Waste เลือก Edit waste set จากนั้นใส่ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำเสีย ซึ่งในตัวอย่างนี้ ทำการใส่ ชื่อกระบวนการ อุณหภูมิ อัตราการไหล ความเข้มข้นของสารที่ต้องการคำนวณ จากนั้นเลือก Return from waste edit



## 3. วาดระบบบำบัดน้ำเสีย

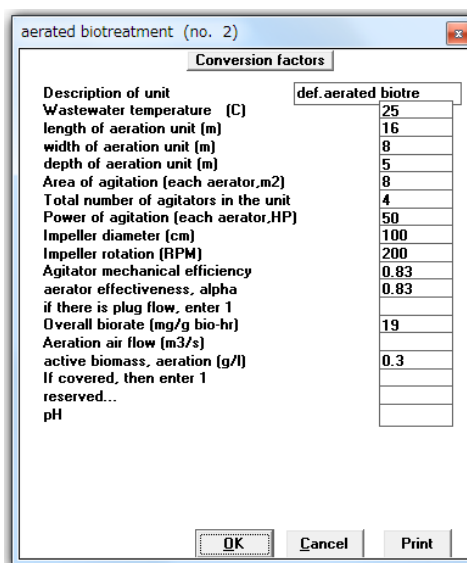
3.1 ทำการวาดระบบบำบัดน้ำเสียหรือโมเดลบำบัดน้ำเสียโดยเลือกคำสั่ง Units จากนั้นเลือก

Edit unit default จะมีแท็บขึ้นด้านขวามือเพื่อให้เลือกระบบที่ใช้ ซึ่งตัวอย่างนี้ให้เลือก Waste drop from pipe จากนั้นทำการวาดระบบดังกล่าว บนจอแสดงผลและทำการเลือกระบบที่ใช้ในการบำบัด ตัวอย่างนี้ใช้ Aeration biotreatment ทำการวาดระบบดังกล่าวต่อจากภาพเดิม

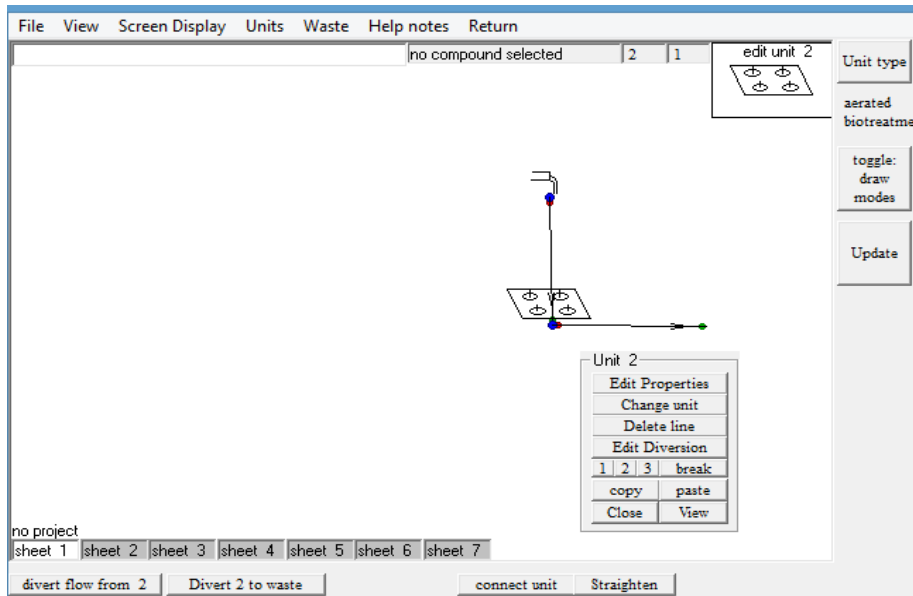


#### 4. ใส่ข้อมูลคุณลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสีย

4.1 ทำการเปลี่ยนคุณลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียโดย กดแท็บสีน้ำเงินบนภาพหน้าจอที่ทำการวาดระบบต่อเนื่องไว้จากขั้นตอนที่ 3.1 ซึ่งจะขึ้นแท็บให้เลือกรูปแบบที่ 2 โดยทำการเลือก Edit properties จากนั้นแท็บคำสั่งดังกล่าวด้านล่างจะแสดงผล ทำการใส่ข้อมูลที่ต้องการเปลี่ยนและกดเลือกแท็บ OK



4.2 ทำการเลือกระบบแหล่งน้ำเสีย โดยเลือก Edit Divertion ที่เลข 1 จากนั้นเลือก จำนวนของน้ำเสียที่ผ่านระบบ ซึ่งในตัวอย่างนี้ คือ Waste 1



## 5. ผลของการ Run WATER 9 Model

5.1 ทำการประมวลผลโดยเริ่ม เลือกแท็บ Update จากแท็บที่อยู่ด้านขวาของจอแสดงผล ต่อจากนั้นการเลือกคำสั่ง View จากแท็บคำสั่งด้านบนของจอแสดงผล เลือก Overall Summary

WASTEWATER TREATMENT SUMMARY I 2013-05-28 17:11:24								
Project C:\Program Files (x86)\Wastewater treatment models\refinery 2012/11/09 10:35:41								
COMPOUND	RATE	Fraction		Exit	Adsorb	error	emissions	
	(g/s)	Air	Removal					
BENZENE	4.61E-04	.96	.0381	.001	0.0000	0.0000	(1.45E-02 Mg/yr)	
TOTAL ALL COMPOUNDS	4.61E-04	g/s air emissions						
TOTAL ALL COMPOUNDS	1.46E-02	Mg/yr air emissions						

5.2 ตัวอย่างในข้อนี้ผลของการใช้ WATER 9 model ค่าการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene คือ 14.5 กิโลกรัมต่อปี

(3) สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ

ถ้าไม่มีข้อมูลน้ำเสียจากการตรวจวัดโดยตรง ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสามารถ

นำมาใช้เพื่อการคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยและโลหะ ดังนี้

สารประกอบอินทรีย์ระเหย

$$R_{\text{water},i} = 0.267 \times \text{COD} \times \text{WP}_{\text{voc},i} / 100 \times V_w$$

เมื่อ

$R_{\text{water},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ (กิโลกรัมต่อปี)

0.267 = อัตราส่วนของ DOC (dissolved organic carbon) /COD (chemical oxygen demand)

$\text{WP}_{\text{voc},i}$  = VOC Weight Percent of DOC; อ้างอิงตารางที่ 3-10

$V_w$  = ปริมาณน้ำเสียต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

ตารางที่ 4-11 Default Speciation Factors สำหรับสารอินทรีย์ที่ได้จากการกลั่น<sup>[11]</sup>

สารเคมีเป้าหมาย	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ DOC
Toluene	$9.2 \times 10^{-4}$
Benzene	$9.1 \times 10^{-4}$
Xylenes	$1.4 \times 10^{-3}$
1,2-dichloroethane	$2.7 \times 10^{-4}$

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

โลหะ

$$R_{\text{water},i} = \text{EF}_{\text{metal},i} \times V_w$$

เมื่อ

$R_{\text{water},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ (กิโลกรัมต่อปี)

$\text{EF}_{\text{metal},i}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของโลหะ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของการไหล) อ้างอิงตารางที่ 3-11

$V_w$  = ปริมาณน้ำเสียต่อปี (ลูกบาศก์เมตรต่อปี)

<sup>[11]</sup> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับน้ำทิ้งจากโรงกลั่นน้ำมันโดย Ontario Ministry of the Environment สัมประสิทธิ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งระบายมลพิษที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้



ตารางที่ 4-12 Default Emission Factors สำหรับสารในส่วนที่ได้จากการกลั่น<sup>[14]</sup>

สารเคมีเป้าหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (กก./ลบ.ม. ของการไหล)
Zinc	$4.4 \times 10^{-7}$
Arsenic	$6.7 \times 10^{-6}$
Chromium	$7.7 \times 10^{-6}$
Nickel	$3.6 \times 10^{-6}$
Copper	$2.9 \times 10^{-6}$
Antimony	$5.8 \times 10^{-7}$
Cadmium	$3.3 \times 10^{-7}$
Lead	$1.9 \times 10^{-6}$

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

#### ตัวอย่าง 4.2.6(3)

ข้อมูลคุณลักษณะของน้ำเสียเป็นดังนี้

ความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียคือ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาตรน้ำเสียต่อปีคือ 38,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

คำนวณหาการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของสาร Benzene และ Nickel

#### วิธีการคำนวณ

คำนวณหาการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของสาร Benzene มีค่าเท่ากับ

$$0.267 \times 60 \text{ mg/m}^3 \times 9.1 \times 10^{-4} \text{ wt\%/100} \times 38,400 \text{ m}^3/\text{yr} = 5.5 \text{ kg/yr}$$

คำนวณหาการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำของสาร Nickel มีค่าเท่ากับ

$$3.6 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3 \times 38,400 \text{ m}^3/\text{yr} = 0.0014 \text{ kg/yr}$$

#### 4.2.7 การรั่วไหลของสารเคมี

#### 4.2.7.1 ลักษณะการปลดปล่อยมลพิษ

การหกรั่วไหลของสารเคมีลงพื้นดิน การแพร่กระจายจากการกักเก็บในบ่อดินหรือใต้ดิน

#### 4.2.7.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

การหกรั่วไหลของสารเคมีก่อให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ การปลดปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำและดิน ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ระเหยบางส่วนเกิดการระเหยออกไปและส่วนที่เหลือถูกพัดพาไปลงสู่แหล่งน้ำหรือถูกปลดปล่อยไปสู่ดิน

##### (1) การปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศ

หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม<sup>[12]</sup> ถูกนำมาใช้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศโดยการระเหย โดยการประเมินการปลดปล่อยมลพิษคือ

$$R_{air,i} = ER_i \times t$$

$$ER_i = \frac{0.456 \times 1.2 \times 10^{-10} \times u^{0.78} \times MW_i^{2/3} \times (10.76 \times A) \times (7.50026 \times VP_i)}{(82.05 \times T)}$$

$R_{air,i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสารเคมีเป้าหมายที่รั่วไหล (กิโลกรัม)

$t$  = ช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดการเก็บกู้สารตั้งแต่รั่วไหลจนถึงการจัดเก็บเสร็จสิ้น (นาท)

$u$  = ความเร็วลมเหนือพื้นผิวของสารที่รั่วไหล (เมตรต่อวินาที)

$MW_i$  = น้ำหนักโมเลกุลของสารเคมีเป้าหมาย (g/mol)

$A$  = พื้นที่ของการรั่วไหลของสาร (ตารางเมตร)

$VP_i$  = ความดันไอของสารเคมีเป้าหมาย (kPa)

$T$  = อุณหภูมิ (K)

##### (2) การปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำและดิน

ใช้หลักเกณฑ์สมดุลมวลเพื่อการประเมินการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำและดิน ซึ่งสำหรับส่วนที่เหลือ ถ้าการรั่วไหลถูกพัดพาไป จะถือว่าการระบายมลพิษจะถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและในทางกลับกัน ถ้ายังคงมีการรั่วไหลอยู่และเกิดการแพร่กระจายต่อไป การระบายมลพิษจะถูกปลดปล่อยลงสู่ดิน

$$R_{water,i} \text{ or } R_{land,i} = Q_{spill} - R_{air,i}$$

<sup>[12]</sup> USEPA, Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis (2009)

เมื่อ

$R_{\text{water},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ (กิโลกรัม)

$R_{\text{land},i}$  = ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่ดิน (กิโลกรัม)

$Q_{\text{spill}}$  = ปริมาณสารเคมีเป้าหมายที่รั่วไหล (กิโลกรัม)

#### ตัวอย่าง 4.2.7(1)

เกิดการรั่วไหลของน้ำมันเบนซิน 91 แล้วถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ โดยสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นดังนี้

ปริมาณน้ำมันเบนซินที่รั่วไหลมีค่าเท่ากับ 50 กิโลกรัม

ช่วงเวลาที่สารรั่วไหลอยู่ในสถานะของเหลว และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดคือ 30 นาที

ความเร็วลมเหนือพื้นผิวของสารที่รั่วไหลมีค่าเท่ากับ 3.1 เมตรต่อวินาที

การรั่วไหลของสารเป็นพื้นที่ 0.24 ตารางเมตร

อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ  $25^{\circ}\text{C}$  หรือ 298 K

คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศและแหล่งน้ำของสาร Benzene

#### วิธีการคำนวณ

ขั้นแรกใช้สมการหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ในการคำนวณหาอัตราการระเหยของน้ำมันเบนซิน 91 จากนั้นคำนวณหาปริมาณสาร Benzene โดยใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม ซึ่งใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากถังจัดเก็บสารเคมีดังนี้

(ก) อัตราการระเหยสู่อากาศของน้ำมันเบนซิน 91

$$ER_{g91} = \frac{0.456 \times 1.2 \times 10^{-10} \times u^{0.78} \times MW_{g91}^{2/3} \times (10.76 \times A) \times (7.50026 \times VP_{g91})}{(82.05 \times T)}$$

$$\frac{0.456 \times 1.2 \times 10^{-10} \times 3.1 \text{ m/sec}^{0.78} \times 89.8^{2/3} \times (10.76 \times 0.24 \text{ m}^2) \times (7.50026 \times 57.2 \text{ kPa})}{(82.05 \times 298 \text{ K})}$$

$$= 0.284 \text{ kg/min}$$

เมื่อ

$ER_{g91}$  = อัตราการระเหยของน้ำมันเบนซิน 91

$MW_{g91}$  = น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเบนซิน 91 ดูภาคผนวก ข

$VP_{g91}$  = Reid vapour pressure ของน้ำมันเบนซิน 91 ดูภาคผนวก ข

(ข) อัตราการระเหยของสาร Benzene

อัตราการระเหยของสารเคมีเป้าหมาย Benzene สามารถคำนวณได้ดังนี้ ,

$$\begin{aligned} ER_{benzene} &= ER_{g91} \times \left( \frac{P_{p, benzene}}{RVP} \right) = 0.284 \text{ kg/min} \times \frac{0.1155 \text{ kPa}}{57.2} \\ &= 0.000574 \text{ kg/min} \end{aligned}$$

เมื่อ

$ER_{benzene}$  = อัตราการระเหยของสาร Benzene

$P_{p, benzene}$  = Partial pressure of Benzene

RVP = Reid vapour pressure ของน้ำมันเบนซิน 91

(ค) การปลดปล่อยลงสู่อากาศของสาร Benzene

ดังนั้นการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศของสาร Benzene มีค่าเท่ากับ

$$0.000575 \text{ kg/min} \times 30 \text{ min} = 0.017 \text{ kg}$$

(ง) การปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำของสาร Benzene

ปริมาณของสาร Benzene ในน้ำมันเบนซิน 91 ที่รั่วไหลมีค่าเท่ากับ

$$50 \text{ kg} \times 0.79 \text{ wt\%/100} = 0.395 \text{ kg}$$

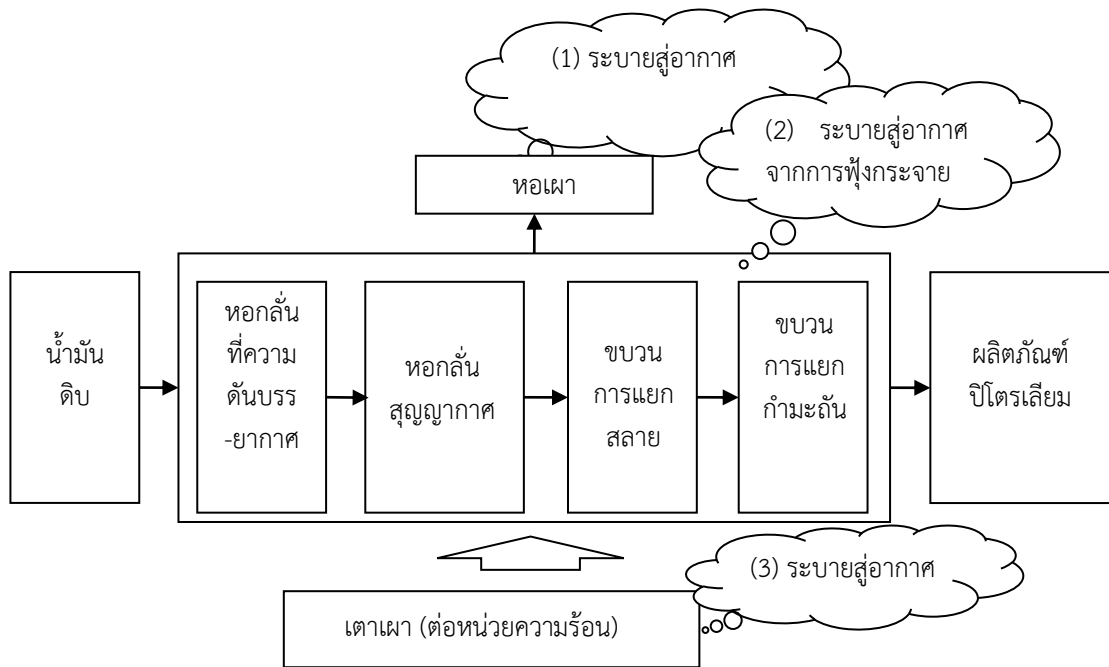
ใช้หลักเกณฑ์มวลสมดุล ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำของสาร Benzene มีค่าเท่ากับ

$$0.395 - 0.017 = 0.38 \text{ kg}$$

---

---

#### 4.2.8 กรณีศึกษา-อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมัน

#### ตารางที่ 1 สภาวะของโรงกลั่นน้ำมัน

(1) กระบวนการกลั่นน้ำมัน		
หน่วย		หน่วยหอกลับที่ความดันบรรยากาศ (ADU) หน่วยหอกลับสุญญากาศ (VDU) หน่วยแยกสลาย (HCU) หน่วยแยกกำมะถัน (SRU)
ปริมาณที่ป้อนเข้าหน่วยผลิต		7,200,000 ลบ.ม./ปี
(2) กระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย		
ชั่วโมงการทำงาน		8,000 ชั่วโมง
จำนวนวาล์ว	ก๊าซ	100
(3) เตาเผา		
ปริมาตรก๊าซที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อปี		$350 \times 10^6$ ลบ.ม./ปี

## การคำนวณการปลดปล่อยมลพิษสู่อากาศและน้ำของสาร Benzene

### วิธีการคำนวณ

#### (1) กระบวนการกลั่นน้ำมัน

หากไม่มีข้อมูลการตรวจวัดการระบายโดยตรง อาจจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษทั่วไปที่ระบุในตารางที่ ในคู่มือการประเมิน 4-4 และ 3-4PRTR สำหรับอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันในประเทศไทย คู่มือ" ต่อไปนี้จะเรียกว่า") มาใช้ในการคาดประมาณการระบาย

เนื่องจากหน่วยหอกลิ้นที่ความดันบรรยากาศ (ADU) และ Hydro Cracking Unit (HCU) ไม่มีการระบายโดยตรงจากท่อ<sup>[13]</sup> ในกรณีนี้หน่วยหอกลิ้นสุญญากาศ (VDU) และหน่วยแยกกำมะถัน (SRU) จึงเป็นแหล่งระบายจากท่อ

#### ตารางที่ 4-3 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน<sup>[14]</sup>

กระบวนการกลั่นน้ำมัน	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด
<u>หน่วยแตกโมเลกุลด้วยสารเร่งปฏิกิริยา (Fluid Catalytic Cracker Unit; FCCU)</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit) - ESP & CO boiler (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit)	0.63 neg.
<u>หน่วยแตกโมเลกุลด้วยสารเร่งปฏิกิริยาชนิด Moving-Bed Catalytic Cracker Unit (MBCCU) (kg/m<sup>3</sup> feed to the unit)</u>	0.25
<u>Fluid Coking Units</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit) - ESP & CO boiler (kg/m <sup>3</sup> feed to the unit)	0.046 neg.
<u>เครื่องอัดแรงดัน</u> - reciprocating engines (kg/1000m <sup>3</sup> gas burned) - gas turbines (kg/1000m <sup>3</sup> gas burned)	21.8 0.28
<u>ระบบควบคุมการระบายน้ำ</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> refinery feed)	1662
<u>หน่วยกลั่นสุญญากาศ (VDU) เครื่องควบแน่น</u> - uncontrolled (kg/m <sup>3</sup> vacuum feed) - controlled (flare or heater) (kg/m <sup>3</sup> vacuum feed)	0.14 neg.

<sup>[13]</sup> 5.1 Petroleum Refining, Chapter 5: Petroleum Industry, AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors.

<sup>[14]</sup> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน โดย USEPA และอื่นๆ สัมประสิทธิ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งระบายมลพิษที่ไม่สามารถหาข้อมูลได้

กระบวนการกลั่นน้ำมัน	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษของสารประกอบอินทรีย์ระเหยทั้งหมด
<b>หน่วยจำกัดกำมะถัน (SRU)</b>	
- 1, uncontrolled (93.5%) (กก./ตัน ของกำมะถันที่ผลิตได้)	ND (No data available) ND ND ND ND 0.015
- 3, uncontrolled (95.5%) (กก./ตัน ของกำมะถันที่ผลิตได้)	
- 2, uncontrolled (96.5%) (กก./ตัน ของกำมะถันที่ผลิตได้)	
- 2, controlled (98.6%) (กก./ตัน ของกำมะถันที่ผลิตได้)	
- 3, controlled (96.8%) (กก./ตัน ของกำมะถันที่ผลิตได้)	
- unspecified (uncontrolled) (kg/dscm process gas)	
<b>ห่อเผา (kg/GJ of flare gas burned)</b>	0.06

ที่มา; Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

**ตารางที่ 4-4** องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน

สารเคมีเป้าหมาย	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปลดปล่อยจากแต่ละขั้นตอนของกระบวนการกลั่นน้ำมัน					
	CCU (FCCU หรือ MBCCCU)	Fluid Coking	Blowdown Systems	VDU Condensers	SRU	Flare
n-Hexane	NA	3.86	3.86	3.86	NA	NA
Formaldehyde	51	8.88	8.88	8.88	4.12	0.817
Acetaldehyde	NA	NA	NA	NA	0.67	0.082
Xylenes	NA	0.19	0.19	0.19	NA	0.041
<b>Benzene</b>	NA	0.38	0.38	0.38	NA	0.083
Toluene	NA	0.44	0.44	0.44	NA	0.041

ที่มา; Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

ดังนั้น การปลดปล่อยสู่อากาศของสาร Benzene จากท่อ (ไม่ได้ควบคุม) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_{a,vent,Bz} = EF_{voc,t} \times Wt\%_{Bz} \times \frac{V_{rm}}{100}$$

$$= 0.14 \times \frac{0.38}{100} + ND \times \frac{NA}{100} \times 7,200,000 \text{ m}^3/\text{yr}$$

$$= 3,830.4 \text{ kg/yr}$$

เมื่อ

$R_{a,vent(uc), Bz}$  = ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศของสาร Benzene จากท่อ (ไม่ได้ควบคุม)  
(กก./ปี)

$EF_{voc,t}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากท่อของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด  
(กก./ลบ.ม. ที่ป้อนเข้าหน่วยผลิตหรือสัมพันธ์กับกิจกรรม); อ้างอิงตารางที่ 4-3

$V_{rm}$  = ปริมาตรของวัตถุดิบต่อปี (ลบ.ม. ที่ป้อนเข้าหน่วยผลิต/ปี)

$Wt\%_{Bz}$  = เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของสาร Benzene ในสารอินทรีย์ระเหยง่าย; อ้างอิงตาราง  
ที่ 4-4

ในโรงงานกลั่นน้ำมันห่อเผาจะช่วยลดก๊าซไอเสีย ดังนั้นอาจจะคำนวณการควบคุมการปลดปล่อยโดยใช้สมการที่กล่าวถึงในคู่มือ

$$\text{Controlled emission (kg/yr)} = \text{uncontrolled emission} \times (1 - \text{ประสิทธิภาพ}/100)$$

ถ้าไม่มีข้อมูลของประสิทธิภาพห่อเผา อาจจะใช้อัตราของประสิทธิภาพที่ 80%<sup>[15]</sup>, เมื่อห่อเผาทำงานเต็มกำลังการผลิต ถ้าห่อเผาทำงานเกินกำลังการผลิตความจุประสิทธิภาพอาจลดลงมากถึง 50%

$$R_{a,vent,Bz} = EF_{voc,t} \times Wt\%_{Bz} \times \frac{V_{rm}}{100}$$

$$= (0.14 \times \frac{0.38}{100+ND} \times \frac{ND}{100}) \times 7,200,000 \text{ m}^3/\text{yr}$$

$$= 3,830.4 \text{ kg/yr}$$

$$R_{a,vent,Bz}(\text{kg/yr}) = R_{a,vent(uc),Bz}(\text{kg/yr}) \times 1 - \frac{ER_{com}}{100}$$

$$= 3,830.4 \times (1 - \frac{98}{100})$$

$$= 76.6 \text{ kg/yr}$$

<sup>[15]</sup>13.5 Industrial Flares, Chapter 13: Miscellaneous Sources, AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors



เมื่อ

$R_{a, vent, Bz}$  = การควบคุมการปลดปล่อยสู่อากาศจากท่อ ของสาร Benzene (กก./ปี)

$ER_{com}$  = อัตราของประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของอุปกรณ์ (-)

## (2) การรั่วไหล (การฟุ้งกระจาย)

ในกรณีที่มีข้อมูลการตรวจวัดการรั่วไหลโดยใช้อุปกรณ์ FID (Flame Ionization Detector ( สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ในตารางที่ 4-9 ของคู่มือได้ แต่ถ้าไม่มีข้อมูลเฝ้าระวังโดยตรง อาจจะใช้ ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษและองค์ประกอบของข้อมูลในตารางที่ 4-7 และ 4-8 ในคู่มือมา ใช้คาดประมาณการปล่อยมลพิษ

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษสำหรับกระบวนการที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย<sup>[16]</sup>

ชนิดของอุปกรณ์	การทำงาน	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (กก./ชม./แหล่งกำเนิด)
ข้อต่อ <sup>[a]</sup>	ก๊าซ	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวเบา	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวหนัก	$4.34 \times 10^{-5}$
หน้าแปลน	ก๊าซ	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวเบา	$2.50 \times 10^{-4}$
	ของเหลวหนัก	$4.68 \times 10^{-5}$
กันซึมเครื่องอัดอากาศ	ก๊าซ	0.636
กันซึมปั๊ม <sup>[b]</sup>	ของเหลวเบา	0.114
	ของเหลวหนัก	$3.49 \times 10^{-3}$
วาล์ว	ก๊าซ	0.0268
	ของเหลวเบา	0.0109
	ของเหลวหนัก	$9.87 \times 10^{-5}$
ท่อส่งปลายเปิด	ทุกประเภท	$2.30 \times 10^{-3}$
วาล์วลดแรงดัน	ก๊าซ	0.16
จุดเก็บตัวอย่าง	ทุกประเภท	0.015
ท่อระบาย	ทุกประเภท	0.032
อื่นๆ <sup>[c]</sup>	ของเหลวหนัก	$5.18 \times 10^{-5}$

<sup>[a]</sup> กำหนดให้เป็น non-flanged connectors.

<sup>[b]</sup> สัมประสิทธิ์ของ light liquid pump seal สามารถคาดประมาณการรั่วไหลได้จาก agitator seals

<sup>[c]</sup> ชนิดของอุปกรณ์ในหัวข้อ “อื่นๆ” นั้น นำมาใช้คำนวณกับอุปกรณ์ทุกประเภทที่ก่อให้เกิดของเหลวหนักที่ไม่ได้ระบุไว้ในตาราง อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์บางชนิดอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ ทั้ง ก๊าซ ของเหลวเบา ของเหลวหนัก กรณีดังกล่าว จึงต้องระวังไม่นำไปคำนวณตามหัวข้อ “อื่นๆ”

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

<sup>[16]</sup> These emission factors are developed for fugitive emissions by USEPA and etc. These factors may apply to emission points where no other data is available.

ตารางที่ 4-8 องค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายจากการฟุ้งกระจายจากอุปกรณ์<sup>[17]</sup>

ชนิดของอุปกรณ์	สารเคมีเป้าหมาย	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ถูกปลดปล่อย	
หน้าแปลน	n-Hexane	4.76	
	Xylenes	0.28	
	Benzene	0.14	
	Toluene	0.70	
กันซึมเครื่องอัดอากาศ	n-Hexane	5.30	
	กันซึมปั๊ม	n-Hexane	11.4
		Xylenes	1.34
		Benzene	0.52
Toluene		3.10	
วาล์ว	n-Hexane	4.76	
	Xylenes	0.28	
	Benzene	0.14	
	Toluene	0.70	
ท่อระบาย	n-Hexane	12.2	
	Benzene	2.47	

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยของสาร Benzene จากแหล่งที่ฟุ้งกระจาย (รั่วไหล) สู่อากาศสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R_{a,leak,Bz} = EF_{voc,total} \times E_q \times O_{hr} \times \frac{Wt\%_{Bz}}{100}$$

$$= 0.0268 \times 100 \times 8,000 \times \frac{0.14}{100}$$

$$= 30.0 \text{ kg/yr}$$

เมื่อ

$R_{a, leak,Bz}$  = ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศจากแหล่งที่ฟุ้งกระจาย (รั่ว) ของสาร Benzene (กก./ปี)

<sup>[17]</sup> These emission factors are developed for fugitive emissions by USEPA and etc. These factors may apply to emission points where no other data is available.

- $EF_{\text{voc,total}}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งที่ฟุ้งกระจาย (รั่ว) ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (กก./ชม./แหล่งกำเนิด); อ้างอิงตารางที่ 4-7  
 $O_{\text{hr}}$  = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (ชม./ปี)  
 $E_q$  = จำนวนอุปกรณ์ (แหล่งกำเนิด)  
 $Wt\%_{\text{Bz}}$  = เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของสาร Benzene ในสารอินทรีย์ระเหยง่าย; อ้างอิงตารางที่ 4-8

### (3) เตาเผา

เนื่องจากแต่ละขั้นตอนในกระบวนการกลั่นน้ำมันจะให้ความร้อนเตาเผาโดยใช้ก๊าซในการเผาไหม้ อาจจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษที่ระบุในตารางที่ 1-4 ในคู่มือมาใช้คาดประมาณการระบายจากเตาเผา

**ตารางที่ 4-1** ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษในอากาศของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการเผาไหม้น้ำมัน/ การเผาไหม้ก๊าซในเตาเผา/ หม้อไอน้ำควบคุมน้ำ [18]

สารเคมีเป้าหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้น้ำมัน (กก./ลบ.ม. น้ำมันเชื้อเพลิง)	ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ก๊าซ (กก./ 10 <sup>6</sup> ลบ.ม. ก๊าซเชื้อเพลิง)
Benzene	$2.57 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-2}$
Toluene	$7.44 \times 10^{-4}$	$5.4 \times 10^{-2}$
Xylenes	$9.01 \times 10^{-4}$	-
Acetaldehyde	-	0.13
Formaldehyde	$3.96 \times 10^{-3}$	1.2
Phenol	-	0.062
Acetone	$1.01 \times 10^{-2}$	-
n-Hexane	$1.80 \times 10^{-3}$	29

ที่มา: Environment Australia, Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining (1999)

ดังนั้น ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศของสาร Benzene จากการเผาไหม้ สามารถคำนวณได้

ดังนี้

$$R_{a,\text{com,Bz}} = EF_{\text{com,Bz}} \times V_g$$

[18] สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการเผาไหม้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติโดย USEPA ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลที่เหมาะสม ค่าสัมประสิทธิ์นี้อาจประยุกต์ใช้กับกระบวนการเผาไหม้ได้

$$\begin{aligned} &= 3.4 \times 10^{-2} \text{kg}/10^{-6} \text{m}^3 \times 350 \times 10^6 \text{m}^3/\text{yr} \\ &= 11.9 \text{ kg/yr} \end{aligned}$$

เมื่อ

$R_{a, \text{com}, \text{Bz}}$  = ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศ จากการเผาไหม้ของสาร Benzene (กก./ปี)

$EF_{\text{com}, \text{Bz}}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ของสาร Benzene  
(กก./ $10^6$  ลบ.ม. ก๊าซเชื้อเพลิง); อ้างอิงตารางที่ 4-1

$V_g$  = ปริมาตรก๊าซเชื้อเพลิงต่อปี ( $10^6$  ลบ.ม./ปี)

## เอกสารอ้างอิง

1. Petroleum Association of Japan, Manual for Calculation of Release and Transfer Amounts from Refinery and Oil Tank Facilities (2011)
2. USEPA, TANKS model  
<http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/>
3. Environment Australia, Emission Estimation Technique for Petroleum Refining (1999)  
<http://www.npi.gov.au/publications/emission-estimation-technique/petroleum.html>
4. Ontario Ministry of the Environment, Background Document on the Development of the Draft Petroleum Refining Sector Effluent Limits Regulation (1992)
5. Hal Taback Company, Estimating VOC Emissions from Petroleum Industry Sources (1996)
6. USEPA, Estimating Air Toxic Emissions from Coal and Oil Combustion Sources (1989)
7. USEPA, Air Emissions Species Manual – Volume 1 Volatile Organic Species Profiles Second Edition (1990)
8. USEPA, VOC/PM Speciation DBMS (1993)
9. USEPA, Protocol for Equipment Leak Emission Estimates (1995)
10. USEPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Sources, Fifth Edition (1997)
11. USEPA, Factor Information Retrieval System (FIRE) (1997)
12. Ministry of Economy, Trade and Industry and Ministry of the Environment, Japan, Manual for PRTR Release Estimation Methods (2004)  
<http://www.env.go.jp/en/chemi/prtr/manual/index.html>
13. OECD, Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 1: Summary of Point Source Techniques (2002)  
[http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/jm/mono\(2002\)20](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/jm/mono(2002)20)
14. OECD, Pollutant Release and Transfer Registers: Framework for Selecting and Applying PRTR Release Estimation Techniques (2005)  
[http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2005\)18&doclanguage=en](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2005)18&doclanguage=en)

ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
1	Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> CHO	75-07-0
2	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	67-64-1
3	Acrylamide	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	79-06-1
4	Acrylic Acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	79-10-7
5	Acrylonitrile	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N	107-13-1
6	Ametryn	C <sub>9</sub> H <sub>17</sub> N <sub>5</sub> S	834-12-8
7	Antimony and its compounds		
	Antimony (metallic)	Sb	7440-36-0
8	Arsenic and its compounds		
	Arsenic	As	7440-38-2
9	Atrazine	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> ClN <sub>5</sub>	1912-24-9
10	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	71-43-2
11	Benzyl Chloride	C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> Cl	100-44-7
12	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	117-81-7
13	Bisphenol A	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	80-05-7
14	Boron and its compounds		
	Orthoboric Acid	BH <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	10043-35-3
	Sodium Tetraborate	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	1330-43-4
	Borax Pentahydrate	BH <sub>13</sub> NaO <sub>8</sub> +	11130-12-4
15	Bromo-2-chloroethane, 1-	CH <sub>2</sub> BrCl	107-04-0
16	Butachlor	C <sub>17</sub> H <sub>26</sub> ClNO <sub>2</sub>	23184-66-9
17	Butadiene,1,3-	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	106-99-0
18	Cadmium and its compounds		7440-43-9

ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย (ต่อ)

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
19	Captan	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>2</sub> S	133-06-2
20	Carbon Disulfide	CS <sub>2</sub>	75-15-0
21	Chloroacetaldehyde, 2-	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ClO	107-20-0
22	Chloroacetic Acid	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ClO <sub>2</sub>	79-11-8
23	Chloroform (trichloromethane)	CHCl <sub>3</sub>	67-66-3
24	Chlorothalonil	C <sub>8</sub> Cl <sub>4</sub> N <sub>2</sub>	1897-45-6
25	Chlorpyrifos	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS	2921-88-2
26	Chromium and its compounds		
	Chromium acid	CrO <sub>3</sub>	1333-82-0
	Chromium(VI)	Cr+6	18540-29-9
	Chromium, Total	Cr	7440-47-3
27	Copper and soluble salts		
	Copper Sulfate	CuSO <sub>4</sub>	7758-98-7
28	Cyclohexanone	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	108-94-1
29	D-Butotyl,2,4-	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1929-73-3
30	D-Butyl,2,4-	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	94-80-4
31	D-Dimmethylammonium,2, 4-	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	2008-39-1
32	Dialifos(Dialifor)	C <sub>14</sub> H <sub>17</sub> ClNO <sub>4</sub> PS <sub>2</sub>	10311-84-9
33	Dichlorobenzene, 1,4-	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	106-46-7
34	Dichloroethane, 1,2-	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	107-06-2
35	Dichlorophenoxy Acetic Acid, 2,4-	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	94-75-7
36	Dichlorvos	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P	62-73-7
37	Diethylene Glycol Monobutyl Ether	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	112-34-5

ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย (ต่อ)

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
38	Dithiopyr	$C_{15}H_{16}F_5NO_2S_2$	97886-45-8
39	Epichlorohydrin	$C_3H_5ClO$	106-89-8
40	Ethyl Acetate	$C_4H_8O_2$	141-78-6
41	Ethyl Acrylate	$C_5H_8O_2$	140-88-5
42	Ethylene Glycol	$C_2H_6O_2$	107-21-1
43	Ethylene Glycol Monobutyl Ether	$C_6H_{14}O_2$	111-76-2
44	Ethylene Oxide	$C_2H_4O$	75-21-8
45	Formaldehyde	$CH_2O$	50-00-0
46	Formic Acid	$CH_2O_2$	64-18-6
47	Furfural	$C_5H_4O_2$	98-01-1
48	Glyphosate-Isopropylammonium	$C_6H_{17}N_2O_5P$	38641-94-0
49	Hexachlorocyclohexane	$C_6H_6Cl_6$	319-86-8
50	Hexane, N-	$C_6H_{14}$	110-54-3
51	Hexanedioic Acid	$C_6H_{10}O_4$	124-04-9
52	Hydrogen Fluoride	HF	7664-39-3
53	Hydroquinone	$C_6H_6O_2$	123-31-9
54	Imazaquin-Ammonium	$C_{17}H_{20}N_4O_3$	81335-47-9
55	Isobutyl Alcohol	$C_4H_{10}O$	78-83-1
56	Isophorone	-	78-59-1
57	Isopropyl Alcohol	$C_3H_8O$	67-63-0
58	Lead and compounds	Pb	7439-92-1
59	Maleic Anhydride	$C_4H_2O_3$	108-31-6



ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย (ต่อ)

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
60	Managenses and its compounds		
	Manganese dioxide	MnO <sub>2</sub>	1313-13-9
61	Methanol	CH <sub>4</sub> O	67-56-1
62	(p-Methoxyphenyl)-2-Methyl-1,3-Propanediol-Methylene Ether,1-	-	5689-72-5
63	Methyl Acetate	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	79-20-9
64	Methyl Acrylate	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	96-33-3
65	Methyl Ethyl Ketone (2-Butanone)	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	78-93-3
66	Methyl Isobutyl Ketone (4-methyl-2-pentanone)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	108-10-1
67	Methyl Methacrylate	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	80-62-6
68	Methyl tert-Butyl Ether (MTBE)	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	1634-04-4
69	Methylene Chloride	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	75-09-2
70	Methylenediphenyl Diisocyanate	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	101-68-8
71	Molybdenum and its compounds		
	Molybdenum	Mo	7439-98-7
72	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	91-20-3
73	Nickel and its compounds		
	Nickel Soluble Compound	Ni	7440-02-0
	Nickel Chloride	NiCl <sub>2</sub>	7718-54-9
74	Paraquat Dichloride	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	1910-42-5
75	Pentane, n-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	109-66-0
76	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	108-95-2
77	Phosphoric Acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7664-38-2

ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย (ต่อ)

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
78	Phosphorus pentoxide and other	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1314-56-3
79	Phthalic Anhydride	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	85-44-9
80	Polyethylene glycol nonylphenyl ether	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub>	9016-45-9
81	Potassium Chlorate	ClKO <sub>3</sub>	3811-04-9
82	Propanil	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>2</sub> NO	709-98-8
83	Propionicacid	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	79-09-4
84	Propylene	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	115-07-1
85	Propylene Glycol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	57-55-6
86	Propylene Oxide	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	75-56-9
87	Prothiocarb	C <sub>8</sub> H <sub>19</sub> ClN <sub>2</sub> OS	19622-08-3
88	Pyrene	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	129-00-0
89	Ryania	C <sub>25</sub> H <sub>35</sub> NO <sub>9</sub>	15662-33-6
90	Sodium Chlorate	ClNaO <sub>3</sub>	7775-09-9
91	Sodium Cyanide	NaCN	143-33-9
92	Styrene	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	100-42-5
93	Tebuthiuron	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> N <sub>4</sub> OS	34014-18-1
94	Tetrachloroethylene	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	127-18-4
95	Tin and its compounds		
	Tin	Sn	7440-31-5
96	Toluene	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	108-88-3
97	Trichloroethylene	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	79-01-6
98	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	95-63-6
99	Trimethylbenzene, 1,3,5-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	108-67-8

ภาคผนวก ก บัญชีรายการสารเคมีเป้าหมาย (ต่อ)

No.	Name of Chemical substance	Molecula Formula	CAS Registry Number (CAS No.)
100	Trinitrotoluene, 2,4,6-	$C_7H_5N_3O_6$	118-96-7
101	Vinyl Acetate	$C_4H_6O_2$	108-05-4
102	Vinyl Chloride	$C_2H_3Cl$	75-01-4
103	Xylenes	$C_8H_{10}$	
	Xylene, Mixture	$C_8H_{10}$	1330-20-7
	Xylene, P-	$C_8H_{10}$	106-42-3
104	Zinc and its compounds		
	Zinc (Metallic)	Zn	7440-66-6
	Zinc oxide	ZnO	1314-13-2
105	SO <sub>x</sub>		
106	NO <sub>x</sub>		
107	Dioxin and Furan		

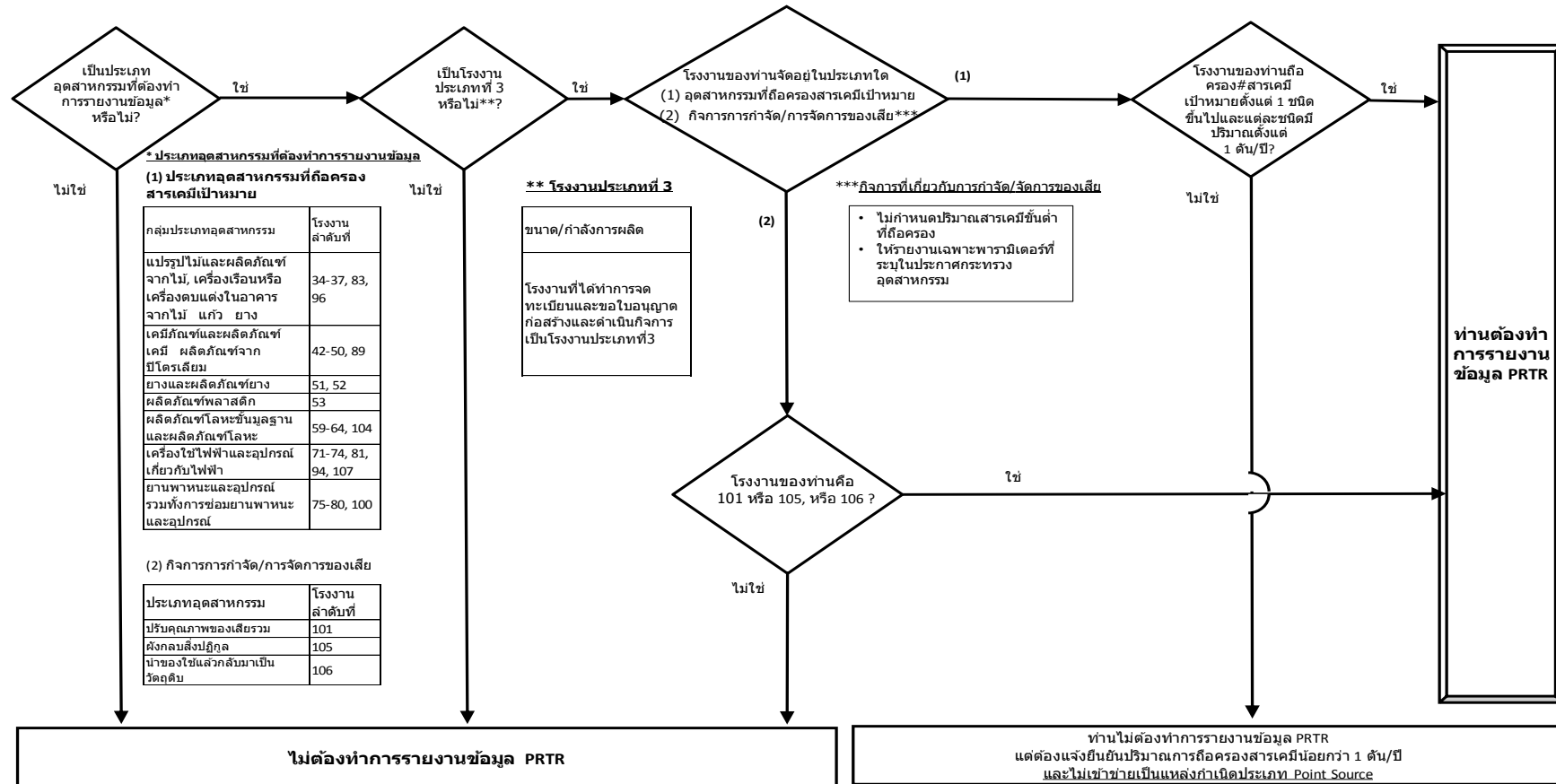
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของเชื้อเพลิงและองค์ประกอบของสารเคมีเป้าหมายในประเทศไทย

ประเภทเชื้อเพลิง	Reid Vapor Pressure (psia)	Reid Vapor Pressure (kPa)	Liquid Molecular Weight	Liquid Density (lb/ga @ 60F) (g/ml) at 15 C	สารเคมีเป้าหมายในเชื้อเพลิง (wt%)							
					Benzene	Toluene	Xylene	Naphtalene	Pentane	Hexane	1,2,4-Trimethylbenzene	1,3,5-Trimethylbenzene
Gasoline 91	8.59	57.2	89.8	0.74	0.79	11.8	7.0	0.14	8.1	3.3	3.7	0.92
Gasoline 95	8.64	N/A	N/A	0.76	0.68	19.0	4.4	0.10	3.5	2.6	4.5	1.1
Gasohol 91	8.64	59.7	N/A	0.74	0.70	10.4	5.5	0.13	8.0	3.2	4.2	1.0
Gasohol 95	8.77	58.9	N/A	0.75	0.84	16.2	6.1	0.13	7.2	2.6	4.8	1.2

ที่มา: Data from Refining Companies in Thailand

## ภาคผนวก ค คำนิยามแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องทำการรายงานข้อมูล PRTR (แหล่งกำเนิดประเภท Point Source) จะอยู่ในคู่มือฉบับสมบูรณ์

ผังขั้นตอนการตรวจสอบเพื่อรายงานข้อมูล PRTR สำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทโรงงานอุตสาหกรรม



# ปริมาณสารเคมีที่ครอง (chemical handle) หมายถึง ปริมาณการผลิต ผลพลอยได้ การใช้ การเก็บรักษา

## ภาคผนวก ง แบบฟอร์มการรายงานข้อมูล PRTR

แบบ PRTR01หน้า 1

(ร่าง) แบบรายงานข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่มีการถือครองสารเคมีเป้าหมาย							
<b>ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป</b>							
ชื่อโรงงาน/สถานประกอบการ.....							
หมายเลขทะเบียนสถานประกอบการ (เลขทะเบียนโรงงาน).....ลักษณะการประกอบกิจการ.....							
ที่ตั้ง เลขที่.....หมู่ที่.....ตรอก/ซอย.....ถนน.....							
แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....							
เขตการปกครอง (เทศบาล/อบต).....							
พิกัดตำแหน่งที่ตั้งสถานประกอบการ ละติจูด..... N ลองจิจูด..... E							
หรือพิกัด UTM (WGS84) X..... Y.....โซน.....							
ผู้ประสานงาน.....ตำแหน่ง.....							
โทรศัพท์.....โทรสาร..... Email address.....							
ปี พ.ศ.ที่ประเมิน(ตามรอบปีปฏิทิน นับตั้งแต่ 1 ม.ค. - 31 ธ.ค.).....							
<b>ส่วนที่ 2 ตารางสรุปข้อมูลปริมาณการถือครอง การปลดปล่อยและการเคลื่อนย้ายมลพิษ</b>							
<b>ส่วนที่2/1 ตารางสรุปข้อมูลปริมาณการถือครอง การปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (ปริมาณสารเคมี ≥ 1 ตัน/ปี)</b>							
ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	CAS No.	PRTR No.	ปริมาณการถือครอง	ปริมาณสารเคมี (กก./ปี)		
					การปลดปล่อย	การเคลื่อนย้าย	ปริมาณรวม
หมายเหตุ * ปริมาณการถือครอง ก เท่ากับหรือมากกว่า 1 - 10 ตัน/ปีข. มากกว่า 10 - 100 ตัน/ปี ค.มากกว่า 100 - 500 ตัน/ปี ง.มากกว่า 500 - 1,000 ตัน/ปีจ.มากกว่า 1,000 ตัน/ปี							
<b>ส่วนที่2/2 ตารางสรุปข้อมูลปริมาณการถือครองสารเคมี (ปริมาณสารเคมี &lt; 1 ตัน/ปี)</b>							
ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	CAS No.	PRTR No.	ปริมาณการถือครอง (กก./ปี)			
<b>ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลข้างต้นเป็นจริงทุกประการ</b>							
ลงชื่อ..... (.....)				ลงชื่อ..... (.....)			
ตำแหน่ง..... ผู้รายงาน				ตำแหน่ง..... ผู้มีอำนาจลงนาม/ผู้ประกอบการ			
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....				วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....			

ส่วนที่ 3 แบบรายงานข้อมูลการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (แยกสายสารเคมี)		
ข้อมูลสารเคมีที่มีปริมาณถือครอง $\geq 1$ ตัน/ปี (1 สารเคมี/1 รายงาน)		
ชื่อโรงงาน/สถานประกอบการ.....		
หมายเลขทะเบียนสถานประกอบการ (เลขทะเบียนโรงงาน).....		
PRTR ลำดับที่.....ชื่อสารเคมี.....CAS Number.....		
ปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศ.....กิโลกรัม/ปี		<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
ปริมาณการปลดปล่อยสู่น้ำ.....กิโลกรัม/ปี ระบุแหล่งรองรับ <input type="checkbox"/> ท่อน้ำทิ้งสาธารณะ <input type="checkbox"/> แม่น้ำ/ลำคลอง <input type="checkbox"/> สระ/หนอง/บึง/ทะเลสาบ <input type="checkbox"/> ทะเล		<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
ปริมาณการปลดปล่อยสู่ดิน.....กิโลกรัม/ปี		<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
รวมปริมาณการปลดปล่อย.....กิโลกรัม/ปี		
ปริมาณการเคลื่อนย้ายของเสียออกนอกสถานประกอบการ <input type="checkbox"/> ฝังกลบ <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....	.....กิโลกรัม/ปี	<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
ปริมาณการเคลื่อนย้ายน้ำเสียออกนอกสถานประกอบการ	.....กิโลกรัม/ปี	<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
รวมปริมาณการเคลื่อนย้าย.....กิโลกรัม/ปี		
ปริมาณการบำบัด/กำจัดภายในสถานประกอบการ <input type="checkbox"/> ฝังกลบ (Landfill) <input type="checkbox"/> กองเก็บบนดิน (Surface Impoundment) <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ).....	.....กิโลกรัม/ปี	<input type="checkbox"/> สัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) <input type="checkbox"/> สมดุลมวล (Mass Balance) <input type="checkbox"/> การคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering Calculation) <input type="checkbox"/> การตรวจวัดโดยตรง (Direct Measurement)
รวมปริมาณการบำบัด/กำจัดภายในสถานประกอบการ.....กิโลกรัม/ปี		
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลข้างต้นเป็นจริงทุกประการ		
ลงชื่อ..... (.....) ตำแหน่ง..... ผู้รายงาน วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....	ลงชื่อ..... (.....) ตำแหน่ง..... ผู้มีอำนาจลงนาม/ผู้ประกอบการโรงงาน วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....	

## ภาคผนวก จ วิธีการติดตามตรวจวัดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย USEPA

### ไอเสีย

#### สารประกอบอินทรีย์ระเหย

1. Method 18 (Determination of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography)

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-18.pdf>

### โลหะ

2. Method 29 Method 29 (Determination of Metals Emissions from Stationary Sources)

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-29.pdf>

*For more information, please visit the USEPA website;*

<http://www.epa.gov/ttnemc01/promgate.html>

### น้ำเสีย

#### สารประกอบอินทรีย์ระเหย

3. Method 624 (GC/MS)

[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_organics\\_624.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007_07_10_methods_method_organics_624.pdf)

4. Method 601 (Trichloroethylene, Methylene Chloride, Vinyl Chloride, etc. by GC)

[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_organics\\_601.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007_07_10_methods_method_organics_601.pdf)

5. Method 602 (Benzene, Toluene, etc. by GC)

[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_organics\\_602.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007_07_10_methods_method_organics_602.pdf)



## โลหะ

6. Method 200.7 (Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry Revision 4.4)  
[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_200\\_7.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007_07_10_methods_method_200_7.pdf)
7. Method 200.8 (Determination of Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry Revision 5.4)  
[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_200\\_8.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007_07_10_methods_method_200_8.pdf)
8. Method 200.9 (Determination of Trace Elements by Stabilized Temperature Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Revision 2.2)  
[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007\\_07\\_10\\_methods\\_method\\_200\\_9.pdf](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007_07_10_methods_method_200_9.pdf)

*For more information, please visit the USEPA website;*

[http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/methods\\_index.cfm](http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/methods_index.cfm)

## ของเสีย

9. EPA Method SW-846  
<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/index.htm>

## ภาคผนวก ฉ ข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยาสำหรับ TANKS model

ข้อมูลสารประกอบอินทรีย์ระเหยดังกล่าวถัดไปนั้น จากเอกสารอ้างอิง: สารประกอบอินทรีย์ระเหย  
แนวทางการจัดทำบัญชีการปล่อยและควบคุม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

### จ. ระยอง

Month	City = Rayong		State = Rayong	
	Daily avg T =83.6 °F	atm pr =14.6 psia	Solar Radiation	Average wind
	Tmax	Tmin		
	°F	°F	Btu/ft <sup>2</sup> /day	mph
Jan	89.2	71.9	1649.4853	3.1
Feb	90.1	76.9	1701.0399	4.6
Mar	91.0	78.7	1760.2672	4.7
Apr	93.4	80.8	1803.3080	4.3
May	91.5	80.8	1570.3804	5.5
Jun	90.1	80.6	1463.8620	7.2
Jul	89.5	80.3	1237.1360	7.2
Aug	88.8	80.0	1052.9574	6.9
Sep	88.8	78.5	1343.2668	4.9
Oct	90.1	76.7	1468.5484	3.0
Nov	90.8	74.5	1570.3452	3.4
Dec	89.9	71.7	1641.6981	3.7
<b>Avg</b>	90.3	77.6	1521.8579	4.9

## กรุงเทพฯ

หมายเหตุ:

1. อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความกดอากาศ: ข้อมูลปี 2001-2011 (กรมอุตุนิยมวิทยาไทย)
2. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) : ข้อมูล 1983-2005 (NASA Database "Surface meteorology and Solar Energy", <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>)

Month	City = Bangkok Metropolis		State = Bangkok	
	Daily avg T =84.5 °F	atm pr =14.6 psia	Solar Radiation	Average wind
	Tmax	Tmin		
	°F	°F	Btu/ft <sup>2</sup> /day	mph
Jan	90.9	73.9	1607.8187	3.6
Feb	92.7	77.3	1782.2369	5.0
Mar	93.7	79.0	1899.5728	5.7
Apr	96.4	81.1	1975.6825	6.0
May	94.0	79.8	1702.9559	5.2
Jun	93.1	79.3	1563.4213	5.2
Jul	92.1	78.9	1528.5377	5.2
Aug	91.9	78.6	1522.1952	5.2
Sep	91.7	77.7	1499.9965	4.2
Oct	91.9	77.2	1423.8868	3.0
Nov	91.7	76.0	1503.1678	3.3
Dec	90.7	73.9	1541.2226	3.1
<b>Avg</b>	92.6	77.7	1629.2246	4.6

**จ. ชลบุรี**

หมายเหตุ:

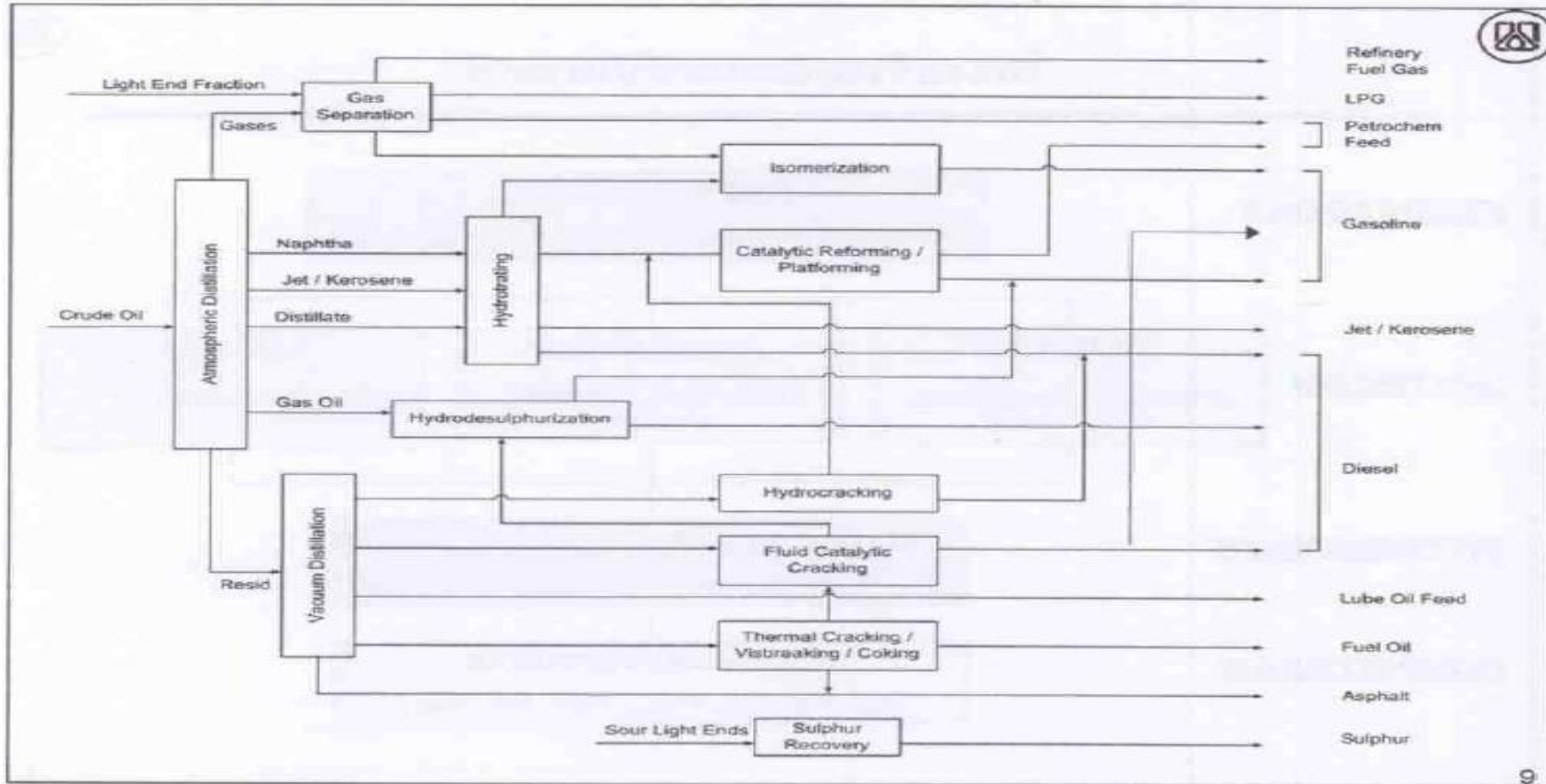
1. อุณหภูมิ, ความเร็วลม, ความกดอากาศ: ข้อมูลปี 2001-2011 (กรมอุตุนิยมวิทยาไทย)
2. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) : ข้อมูล1983-2005 (NASA Database “Surface meteorology and Solar Energy”, <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>)

Month	City = Chon Buri		State =Chon Buri	
	Daily avg T = 84.3°F	atm pr = 14.6 psia	Solar Radiation	Average wind
	Tmax	Tmin		
	°F	°F	Btu/ft <sup>2</sup> /day	mph
Jan	90.6	73.1	1614.1612	4.1
Feb	91.5	76.5	1696.6134	3.4
Mar	92.7	78.1	1763.2094	3.4
Apr	94.9	80.2	1788.5794	2.9
May	93.4	79.9	1566.5926	2.7
Jun	92.8	79.9	1474.6266	3.0
Jul	91.9	79.8	1427.0580	3.1
Aug	91.6	79.3	1436.5717	3.2
Sep	90.9	78.0	1468.2841	2.4
Oct	91.3	77.0	1480.9691	3.0
Nov	91.5	74.8	1557.0788	4.6
Dec	90.9	72.8	1553.9076	4.5
<b>Avg</b>	92.0	77.4	1568.9710	3.4

## ภาคผนวก ข คู่มือฉบับย่อสำหรับการใช้ WATER9 Model

จัดทำโดยกระทรวงอุตสาหกรรม

### ภาคผนวก ซ แผนผังกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม



ที่มา: สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย