



การวิเคราะห์พื้นที่กั้นชนของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย ANALYSIS OF BUFFER AREAS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FACTORIES

ธีรวัฒน์ สุวรรณสิน และจิตรา รุจิการพานิช

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กทม. 10330

E-mail: fieckp@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หารัศมีและรูปแบบของพื้นที่กั้นชนสำหรับโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย โดยพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เกิดการรั่วไหลจากถังเก็บในสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยและกรณีที่ 2 เกิดการรั่วไหลจากถังเก็บในสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้เกิดสถานการณ์เลวร้าย ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม ALOHA ช่วยในการวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่าประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยที่ความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในช่วง 26–30 องศาเซลเซียส ปริมาณเมฆปกคลุม 0–8 ส่วนของท้องฟ้าส่งผลให้รัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต (AEGLs) ในกรณีของสารอะคริโลไนไตรท์ สารเบนซีน และสารบิวทาไดอีน เป็น 1.6 กิโลเมตร, 275 เมตร และ 936 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่สภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้เกิดสถานการณ์เลวร้ายที่ความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอยู่ในช่วง 36–40 องศาเซลเซียส ปริมาณเมฆปกคลุม 0–8 ส่วนของท้องฟ้า มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต ในกรณีสารอะคริโลไนไตรท์ สารเบนซีน และสารบิวทาไดอีน เป็น 1.9 กิโลเมตร, 331 เมตร และ 939 เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้มีรูปแบบของพื้นที่กั้นชนสัมพันธ์กับระยะการแพร่กระจายในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม

คำสำคัญ: การวิเคราะห์พื้นที่กั้นชน, พื้นที่กั้นชน, สารประกอบอินทรีย์ไอระเหย

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the radius and type of buffer areas for Volatile Organic Compounds (VOCs) factories. The leak of Volatile Organic Compounds from the storage tank was considered in common climate and the worst case of climatic conditions by using ALOHA. The results showed that Thailand's climate frequently occurred at wind speed 1 m/s, temperatures in range 26–30°C, and the proportion of cloud cover on the sky in range 0–8. The radius of dispersion of Volatile Organic Compounds from Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) in case of Acrylonitrile, Benzene and Butadiene were 1.6 kilometers, 275 meters and 936 meters respectively. While the worst case of climatic conditions were at wind speed of 1 m/s, temperatures in range of 36–40°C and the proportion of cloud cover on the sky in range 0–8. The radius of dispersion of Acrylonitrile, Benzene and Butadiene were 1.9 kilometers, 331 meters and 939 meters respectively. Moreover, Types of buffer areas were related to distance of dispersion in perpendicular with wind direction.

KEYWORD: Analysis of Buffer Areas, Buffer Areas, Volatile Organic Compounds (VOCs)

1. บทนำ

การตั้งโรงงานหรือขยายโรงงานที่มีการจัดเก็บสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) จำเป็นจะต้องประเมินความเสี่ยงและทำการศึกษาลผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Impact Assessment, EIA) เพื่อหาแนวทางป้องกันการรั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจากการเก็บในถังเก็บ ตามข้อต่อของอุปกรณ์ ปิ๊ม วาล์ว หน้าแปลน เป็นต้น รวมถึงขั้นตอนการขนถ่ายหรือการปรับปรุงกระบวนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักร [1]

ในการหาแนวทางป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นต้องมีการพิจารณาถึงการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยเพื่อใช้กำหนดพื้นที่กันชน ซึ่งประเทศในแถบสหรัฐอเมริกา ยุโรปและเอเชียได้ให้ความสนใจกับโปรแกรม ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ในการพิจารณาจัดวางผังของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมและพื้นที่กันชนให้มีความสอดคล้องกันกับความเป็นไปได้ของโรงงาน ชุมชนและสิ่งแวดล้อมให้สามารถอยู่ร่วมกันได้ [2] และเมื่อเกิดสถานการณ์รั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจากโรงงานก็จะสามารถเตรียมการป้องกันและอพยพพนักงานและประชาชนในบริเวณใกล้เคียงโรงงานไปยังพื้นที่ปลอดภัยได้ทันเวลา [3,4]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์พื้นที่กันชน (Analysis of Buffer Area)

โดยทั่วไปแล้วพื้นที่กันชนได้ถูกนำมาใช้ในการจำกัดขอบเขตระหว่างพื้นที่โรงงานกับชุมชนเพื่อช่วยลดผลกระทบและกรองมลพิษจากกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปลดปล่อยมลพิษสู่พื้นที่ชุมชน การวิเคราะห์พื้นที่กันชนจึงจำเป็นต้องศึกษาและกำหนดผังที่ตั้งของโรงงานรวมถึงขนาดและระยะห่างของพื้นที่กันชนให้สอดคล้องกับทิศทางการแพร่กระจายของสารเคมีจากโรงงานที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณนั้น [5] นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงระดับความเสี่ยงที่เป็นอันตรายและโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์รั่วไหลของสารเคมีขึ้นในโรงงานรวมถึงโอกาสในการเกิดสภาพภูมิอากาศและทิศทางลม [6] ซึ่งการกำหนดพื้นที่กันชนของแต่ละพื้นที่จะต้องพิจารณาเป็นกรณีๆ ไป ไม่สามารถกำหนดรูปแบบและกิจกรรมที่เป็นมาตรฐานได้ในทุกพื้นที่ [7]

ในต่างประเทศได้ให้ความสำคัญกับพื้นที่กันชนเขตอุตสาหกรรมกับชุมชนเป็นอย่างมาก โดยประเทศเยอรมันได้กำหนดมาตรฐานของพื้นที่กันชนไว้ตั้งแต่ 300–2,000 เมตร ประเทศอังกฤษได้กำหนดพื้นที่กันชนสำหรับอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลภาวะไม่มากจนถึงพื้นที่อุตสาหกรรมพิเศษที่ต้องแยกออกจากเขตชุมชนตั้งแต่ 200–2,000 เมตร และประเทศเนเธอร์แลนด์ได้กำหนดพื้นที่กันชนสำหรับโรงงานในกลุ่มประเภทปิโตรเคมีและน้ำมันที่ระยะมากกว่า 2 กิโลเมตร [8] นอกจากนี้ประเทศรัสเซีย โปแลนด์ และฮังการี ได้แบ่งระยะของพื้นที่กันชนเป็น 5 ระดับ คือ (1) 1,000 เมตร (2) 500 เมตร (3) 300 เมตร (4) 100 เมตร และ (5) 50 เมตร [9] ส่วนประเทศไทยได้ระบุไว้ว่าห้ามตั้งโรงงานจำพวกที่ 3 ภายในระยะ 100 เมตร จากเขตติดต่อสาธารณสถาน ได้แก่ โรงเรียนหรือสถาบันการศึกษา วัดหรือศาสนสถาน โรงพยาบาล โบราณสถาน และสถานที่ทำงานของหน่วยงานของรัฐ และให้หมายความรวมถึงแหล่งอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [10]

เมื่อมีการตั้งโรงงานหรือขยายตัวของโรงงานรอบชุมชนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ประชาชนที่อยู่รอบโรงงานได้รับผลกระทบเสี่ยงต่อการเจ็บปวดหรือเสียชีวิต การกำหนดพื้นที่กันชนระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมกับชุมชนต้องทำการรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ขอบเขตและระยะการแพร่กระจายตามปัจจัยทางภูมิศาสตร์เพื่อหาระยะของพื้นที่กันชนที่เป็นมาตรฐานความปลอดภัยที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม [11] อย่างไรก็ตามระยะของพื้นที่กันชนสามารถเพิ่มขึ้นได้ตามปัจจัยต่างๆ ทางด้านภูมิศาสตร์ซึ่งระยะห่างระหว่างเขตอุตสาหกรรมกับพื้นที่อยู่อาศัยควรจะห่างกันประมาณ 6–15 กิโลเมตร เพื่อลดและบรรเทาการแพร่กระจายมลพิษจากโรงงาน [12]

2.2 แบบจำลองการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของสารเคมีด้วยโปรแกรม ALOHA

โปรแกรม ALOHA มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับโดยได้รับการพัฒนาจากสถาบัน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ร่วมกับหน่วยงานปกป้องสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency, US.EPA) เป็นแบบจำลองทิศทางการแพร่กระจายจากอัตราการรั่วไหลและความเข้มข้นของสารเคมี

และสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยในสถานะก๊าซและของเหลวที่สามารถระเหยได้จากท่อหรือถังเก็บโดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเกาส์เซียน (Gaussian Dispersion) ที่สมมติฐานว่าอากาศเคลื่อนที่นำพาโมเลกุลของก๊าซแพร่กระจายตามอิทธิพลของทิศทางลมในทิศทางตั้งฉากทั้งในแนวราบและแนวตั้ง บริเวณตรงกลางจุดกำเนิดจะมีความเข้มข้นสูงและเมื่อห่างออกไปจะมีความเข้มข้นลดลงตามลำดับเหมือนระฆังคว่ำ ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ALOHA จะแสดงในรูปของพื้นที่และรัศมีการแพร่กระจายของสารเคมีโดยพิจารณาจากค่าระดับความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ทำให้เกิดอันตรายเมื่อได้รับการสัมผัสภายในระยะเวลา 60 นาที แบ่งเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ (1) พื้นที่ที่ทำให้เกิดการระคายเคือง (2) พื้นที่ที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือเกิดอาการผิดปกติ และ (3) พื้นที่ที่ทำให้เกิดการเสียชีวิต [13]

สำหรับข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรม ได้แก่ (1) ชนิดของสารเคมี (2) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (3) สภาพภูมิประเทศ (4) ลักษณะการรั่วไหล และ (5) ลักษณะการเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ALOHA สามารถทำนายความเข้มข้นและบริเวณพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมีจากท่อหรือถังเก็บ [14–16] นอกจากนี้ยังสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Google Earth สำหรับแสดงระยะทางที่ได้รับผลกระทบในพื้นที่เกิดเหตุจริงเพื่อนำไปใช้วางแผนหาพื้นที่กันชนหรือจุดรวมพลที่ปลอดภัยได้ [17]

Tseng J.M. (2012) ได้นำเอาโปรแกรม ALOHA มาใช้จำลองการแพร่กระจายการรั่วไหลของอีพิคลอโรไฮดริน (Epichlorohydrin), คลอรีน (Chlorine) และฟอสจีน (Phosgene) จากถังเก็บในโรงงานโดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับแล้วส่งผลต่อสุขภาพและค่าปริมาณของสารที่สามารถทำให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อชีวิตโดยเฉียบพลัน เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปจัดทำการศึกษาประเมินความเสี่ยงเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีในอนาคต [18] นอกจากนี้หากทำการจำลองการแพร่กระจายจากสภาพภูมิอากาศที่เลวร้ายอาจทำให้ข้อมูลมีค่าความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง จึงควรใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยเพื่อให้ได้ระยะการแพร่กระจายที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด [19]

3. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.1 คัดเลือกสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยเพื่อเป็นตัวแทนของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยสำหรับทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) สารอะคริโลไนไตรท์ (Acrylonitrile) เป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ทำเส้นใยอะคริลิกหรือเส้นใยสังเคราะห์ จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่อยู่ในความควบคุมของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าปริมาณการนำเข้าสูงมากที่สุดและมีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพสูงสุดสามารถทำให้เสียชีวิตได้ [20] (2) สารเบนซีน (Benzene) เป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมยาง เส้นใยสังเคราะห์ เม็ดพลาสติก และตัวทำละลาย (3) สารบิวทาไดอีน (Butadiene) เป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมยางสังเคราะห์ และใช้ผลิตพลาสติกทนความร้อน ซึ่งสารเบนซีนและสารบิวทาไดอีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่พบว่ามีค่าการตรวจวัดในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [21] รวมทั้งได้ทำการพิจารณาค่าครึ่งชีวิตและค่าระดับความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เกิดอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่ทำการคัดเลือก ตามตารางที่ 1

3.2 กำหนดสภาพเงื่อนไข (scenario) โดยพิจารณาจากโอกาสในการเกิดขึ้นข้อมูลทางด้านภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้าและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน จากสถิติข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทยปี พ.ศ. 2556 ในพื้นที่จังหวัดของแต่ละภาค ได้แก่ (1) ภาคเหนือ จังหวัดลำพูน (2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา (3) ภาคตะวันออก จังหวัดระยอง (4) ภาคกลาง จังหวัดปทุมธานี และ (5) ภาคใต้ จังหวัดสงขลา เพื่อทำการหาโอกาสที่จะเกิดสภาพภูมิอากาศบ่อยในประเทศไทยแล้วทำการพิจารณาเสถียรภาพบรรยากาศจากปัจจัยด้านความเร็วลมปริมาณเมฆบนท้องฟ้าและเวลาที่เกิดการรั่วไหล

ตารางที่ 1 ค่าระดับความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เกิดอันตราย

สารประกอบอินทรีย์ไอระเหย	มวลโมเลกุล (กรัมต่อโมล)	ค่าครึ่งชีวิต (วัน)	ความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย ขั้นต่ำที่ทำให้เกิดอันตราย (ppm)		
			เสียชีวิต	บาดเจ็บหรือเกิด อาการผิดปกติ	ระคายเคือง
1. สารอะคริโลไนไตรท์	53.06	0.56–7.88	100	57	4.6
2. สารเบนซีน	78.11	1–10	4,000	800	52
3. สารบิวทาไดอีน	54.09	0.24–1.9	22,000	5,300	670

3.3 กำหนดลักษณะความราบเรียบของพื้นที่ (Ground Roughness) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ (1) พื้นที่เปิดโล่งเป็นพื้นที่โล่งๆ มีเฉพาะต้นไม้เตี้ยๆ หรือเป็นทุ่งหญ้าหรือเป็นลานโล่งกว้างไม่มีอาคารหรือสิ่งกีดขวาง และ (2) พื้นที่ป่าหรือชุมชนเป็นพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่สูงเป็นป่าหรือเป็นพื้นที่ที่มีอาคารอยู่ทั่วไปหรือเป็นพื้นที่นครอุตสาหกรรม

3.4 จำลองสถานการณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจากถังเก็บ (Storage Tank) รูปทรงกระบอกแนวตั้งขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตรที่มีปริมาณสารเคมีในถังร้อยละ 80 ของความจุเพราะโดยทั่วไปจะต้องทำการควบคุมของเหลวภายในถังให้มีช่องว่างในถัง โดยเกิดขนาดรูรั่วขนาด 4 นิ้ว ซึ่งเป็นค่าขนาดรูรั่วขนาดใหญ่ตามข้อกำหนดของ American Petroleum Institute (API) [22]

3.5 วิเคราะห์หาค่าการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA จากโอกาสการเกิดสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เกิดขึ้นบ่อยและทำการหาสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลทำให้เกิดสถานการณ์เลวร้าย

4. ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาโอกาสเกิดสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556 ในเวลากลางวันและกลางคืน พบว่า (1) โอกาสเกิดอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26–30 องศาเซลเซียสมากที่สุดในทุกพื้นที่ (140–272 วัน) (2) โอกาสเกิดความเร็วลมที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาทีมากที่สุดในทุกพื้นที่ (224–287 วัน) (3) โอกาสเกิดปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า 0–8 ส่วนของท้องฟ้ามากที่สุดในทุกพื้นที่ (164–211 วัน) และ (4) โอกาสเกิดความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ในทุกพื้นที่ (271–340 วัน) ตามตารางที่ 2

จากข้อมูลปัจจัยด้านความเร็วลมและปัจจัยปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้าของประเทศไทยในทุกพื้นที่ตามตารางที่ 2 สามารถแบ่งสภาพเสถียรภาพบรรยากาศของประเทศไทยได้เป็น 5 คลาส ได้แก่ (1) คลาส B (2) คลาส C (3) คลาส D (4) คลาส E และ (5) คลาส F ตามตารางที่ 3 ซึ่งโอกาสที่จะเกิดเสถียรภาพบรรยากาศในประเทศไทยที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดคือคลาส B ที่สภาพความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที มีปริมาณเมฆปกคลุม 0–8 ส่วนในเวลากลางวันและคลาส F ที่สภาพความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที มีปริมาณเมฆปกคลุม 0–8 ส่วนในเวลากลางคืน จากนั้นนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศและเสถียรภาพบรรยากาศไปจำลองสถานการณ์หาระยะรัศมีการแพร่กระจาย

ตารางที่ 2 โอกาสในการเกิดสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556 เวลากลางวันและกลางคืน (365 วัน)

ปัจจัย	ค่าพารามิเตอร์	โอกาสในการเกิด หน่วยเป็นวัน				
		ลำพูน	นครราชสีมา	ระยอง	ปทุมธานี	สงขลา
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้อยกว่าเท่ากับ 20	32(8.77%)	16(4.38%)	6(1.68%)	4(1.10%)	0(0%)
	21–25	108(29.59%)	76(20.82%)	53(14.42%)	36(9.86%)	21(5.75%)
	26–30	140(38.36%)	175(47.95%)	232(63.46%)	199(56.52%)	272(74.52%)
	31–35	70(19.18%)	81(22.19%)	74(20.27%)	110(30.14%)	71(19.45%)
	36–40	15(4.11%)	17(4.66%)	0(0%)	16(4.38%)	1(0.27%)
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	1	276(75.62%)	160(43.84%)	216(59.18%)	133(36.44%)	120(32.88%)
	2	45(12.33%)	78(21.37%)	48(13.15%)	103(28.22%)	96(26.03%)
	3	24(6.58%)	54(14.79%)	33(9.04%)	68(18.63%)	69(18.90%)
	4	9(2.47%)	32(8.77%)	13(3.56%)	29(7.95%)	37(10.14%)
	5	5(1.37%)	17(4.66%)	20(5.48%)	17(4.66%)	19(5.21%)
	มากกว่า 5	6(1.64%)	24(6.58%)	35(9.59%)	15(4.11%)	24(6.58%)
ปริมาณเมฆ ปกคลุมบนท้องฟ้า	0 ส่วน–8 ส่วน ^a	287(78.63%)	230(63.01%)	246(67.40%)	224(61.37%)	258(70.68%)
	9 ส่วน–10 ส่วน ^b	78(21.37%)	135(36.99%)	119(32.60%)	141(38.63%)	107(29.32%)
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	น้อยกว่าเท่ากับ 60	94(25.75%)	84(23.01%)	22(6.03%)	74(20.27%)	25(6.84%)
	มากกว่า 60	271(74.25%)	281(76.99%)	339(93.97%)	291(79.73%)	340(93.16%)

^a 0 ส่วน = ท้องฟ้าแจ่มใส, 1–3 ส่วน = ท้องฟ้าโปร่ง, 4–5 ส่วน = มีเมฆบางส่วน และ 6–8 ส่วน = ท้องฟ้ามีเมฆเป็นส่วนมาก

^b 9 ส่วน = ท้องฟ้ามีเมฆมาก และ 10 ส่วน = ท้องฟ้ามีเมฆเต็มท้องฟ้า

ตารางที่ 3 สถิติสภาพบรรยากาศ

เวลา	ปริมาณเมฆ บนท้องฟ้า	ความเร็วลม (m/s)				
		1	2	3	4	5
กลางวัน	0 ส่วน–8 ส่วน	B	B	C	C	C
	9 ส่วน–10 ส่วน	D	D	D	D	D
กลางคืน	0 ส่วน–8 ส่วน	F	F	E	E	E
	9 ส่วน–10 ส่วน	D	D	D	D	D

เมื่อนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เกิดขึ้นบ่อยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ALOHA พบว่ารัศมีการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยด้วยโปรแกรม ALOHA พบว่าที่ความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิ ในช่วง 26–30 องศาเซลเซียส ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า 0–8 ส่วนของท้องฟ้า ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยชั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิตได้เป็น 4 กรณี ตามลักษณะความราบเรียบของพื้นที่และเวลาที่เกิดการรั่วไหล ดังตารางที่ 4 ซึ่งอ่านค่าได้ดังนี้

1) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ในเวลากลางวัน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นชั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.1 กิโลเมตร, 149 เมตร และ 551 เมตร ตามลำดับ

2) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าหรือชุมชน ในเวลากลางวัน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นชั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 854 เมตร, 104 เมตร และ 405 เมตร ตามลำดับ

3) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ในเวลากลางคืน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นชั้นต่ำที่ทำให้

เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.6 กิโลเมตร, 275 เมตร และ 936 เมตร ตามลำดับ

4) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าหรือชุมชน ในเวลากลางคืน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.2 กิโลเมตร, 197 เมตร และ 719 เมตร ตามลำดับ

นอกจากนี้ได้ทำการจำลองสภาพการรั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันออกไปตามตารางที่ 2 เพื่อหาสถานการณ์เลวร้ายที่สุดด้วยโปรแกรม ALOHA พบว่าเมื่อเกิดความเร็วลมเท่ากับ 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอยู่ในช่วง 36-40 องศาเซลเซียส ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า 0-8 ส่วนของท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้เกิดรัศมีการแพร่กระจายไปได้ไกลที่สุดของความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต แบ่งได้เป็น 4 กรณี ตามลักษณะความราบเรียบของพื้นที่และเวลาที่เกิดการรั่วไหล ดังตารางที่ 4 ซึ่งอ่านค่าได้ดังนี้

1) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ในเวลากลางวัน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.3 กิโลเมตร, 178 เมตร และ 585 เมตร ตามลำดับ

2) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าหรือชุมชนในเวลากลางวันมีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 985 เมตร, 122 เมตร และ 437 เมตร ตามลำดับ

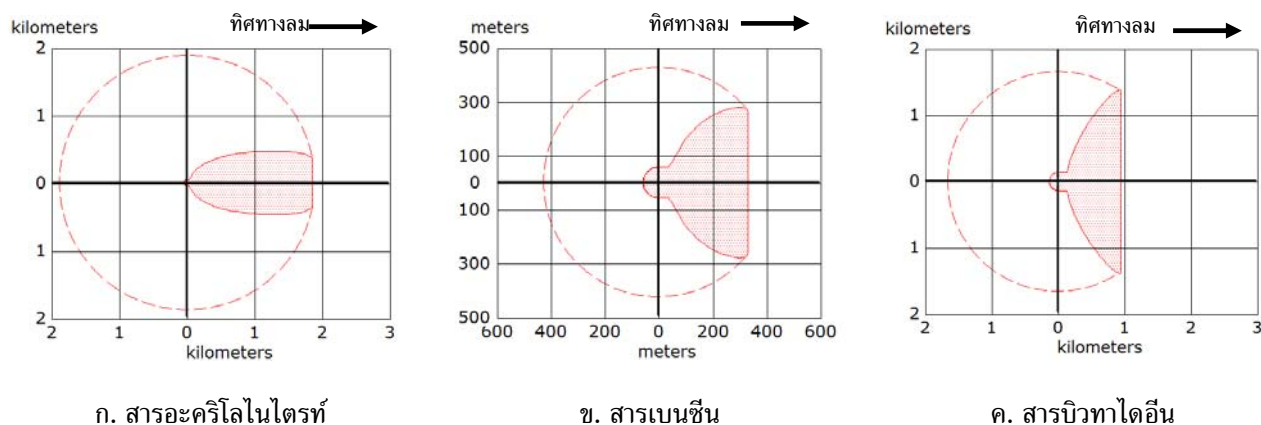
3) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ในเวลากลางคืน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.9 กิโลเมตร, 331 เมตร และ 939 เมตร ตามลำดับ

4) การรั่วไหลจากโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าหรือชุมชน ในเวลากลางคืน มีรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต กรณีสารอะคริโลไนไตรท์, สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.4 กิโลเมตร, 239 เมตร และ 735 เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ระยะรัศมีการแพร่กระจายของความเข้มข้นของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยขั้นต่ำที่ทำให้เสียชีวิต

สถานการณ์	ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเมฆ ปกคลุมบน ท้องฟ้า	%ความชื้นสัมพัทธ์	เวลา เกิดการ รั่วไหล	ลักษณะ ความราบเรียบ ของพื้นที่	ระยะรัศมีการแพร่กระจาย (กิโลเมตร)		
							อะคริโลไนไตรท์	เบนซีน	บิวทาไดอิน
เกิดขึ้นบ่อย ที่สุด	1	26-30	0-8	มากกว่า 60	กลางวัน	พื้นที่เปิดโล่ง	1.1	0.149	0.551
						พื้นที่ป่าหรือชุมชน	0.854	0.104	0.405
					กลางคืน	พื้นที่เปิดโล่ง	1.6	0.275	0.936
						พื้นที่ป่าหรือชุมชน	1.2	0.197	0.719
เลวร้าย	1	36-40	9-10	มากกว่า 60	กลางวัน	พื้นที่เปิดโล่ง	1.3	0.178	0.585
						พื้นที่ป่าหรือชุมชน	0.985	0.122	0.437
					กลางคืน	พื้นที่เปิดโล่ง	1.9	0.331	0.939
						พื้นที่ป่าหรือชุมชน	1.4	0.239	0.735

ผลการศึกษาจะเห็นว่าสารอะคริโลไนไตรท์เป็นสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยที่มีระยะของรัศมีการแพร่กระจายไปได้ไกลที่สุด รองลงมาคือสารบิวทาไดอินและสารเบนซีนตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงรัศมีการแพร่กระจายที่มากที่สุดในสถานการณ์เลวร้ายพบว่า สำหรับสารอะคริโลไนไตรท์ สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 1.9 กิโลเมตร, 331 เมตร และ 939 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบของการแพร่กระจายได้ดังรูปที่ 1 ก, ข และ ค ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาระยะการแพร่กระจายในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมของสารอะคริโลไนไตรท์ สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน เป็น 500 เมตร, 290 เมตร และ 1.4 กิโลเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 1 รูปแบบพื้นที่กันชนของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยกรณีสถานการณ์เลวร้าย

จะเห็นได้ว่ารูปแบบของพื้นที่กันชนของสารอะคริโลไนโตรท์ สารเบนซีนและสารบิวทาไดอิน มีรูปแบบที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของพื้นที่กันชนขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยนั้นๆ โดยรูปแบบของพื้นที่กันชนของแต่ละสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยในสภาพภูมิอากาศที่พบบ่อยและสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลให้เกิดสถานการณ์เลวร้ายของประเทศไทย มีรูปแบบของพื้นที่กันชนที่คล้ายกันแต่จะแตกต่างกันที่รัศมีการแพร่กระจายซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ลักษณะความราบเรียบของพื้นที่และเวลาในการเกิดการรั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย

5. สรุปผลการวิจัย

การกำหนดรัศมีและรูปแบบของพื้นที่กันชนของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยในพื้นที่บริเวณใดนั้นจำเป็นต้องทำการศึกษารัศมีการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย โดยจำเป็นต้องศึกษาสภาพภูมิอากาศที่มีโอกาสพบบ่อยและสภาพภูมิอากาศที่จะทำให้เกิดสถานการณ์เลวร้ายในพื้นที่บริเวณนั้นควบคู่กันไปกับลักษณะความราบเรียบของพื้นที่และเวลาในการเกิดการรั่วไหล สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจะพบว่าในประเทศไทย สภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในช่วง 26–30 องศาเซลเซียส ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า 0–8 ส่วนของท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดสถานการณ์เลวร้ายนั้นมีอุณหภูมิในช่วง 35–40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพภูมิอากาศที่พบบ่อย ส่วนปัจจัยอื่น ๆ นั้นมีความเหมือนกันที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า 0–8 ส่วนของท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ลักษณะความราบเรียบของพื้นที่ยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ไอระเหยจะพบว่าโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่งจะมีรัศมีการแพร่กระจายที่มากกว่าโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าและชุมชน ในขณะที่การรั่วไหลเกิดขึ้นในเวลากลางวันจะมีรัศมีการแพร่กระจายที่ไกลกว่าในเวลากลางคืน ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาระยะเวลาการแพร่กระจายในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมกลับพบว่าสารอะคริโลไนโตรท์และสารเบนซีนมีระยะเวลาการแพร่กระจายในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมน้อยกว่ารัศมีการแพร่กระจายในทิศตามลมประมาณ 4 เท่าและ 1 เท่าตามลำดับ ส่วนสารบิวทาไดอินมีรัศมีการแพร่กระจายในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมมากกว่ารัศมีการแพร่กระจายในทิศตามลมประมาณ 1.5 เท่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, กรมควบคุมมลพิษ, คู่มือการจัดทำบัญชีข้อมูลแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงงานปิโตรเคมี, กันยายน 2549.
- [2] ชื่นนิตดา จุฬามณี. พื้นที่แนวกันชน (Buffer Zone), วารสารอากาศและเสียง ปีที่ 2 ฉบับที่ 4, ตุลาคม–ธันวาคม 2552, หน้า 12–13.

- [3] Sanchez E.Y., Colman Lerner J.E., Emergencies planning and response; Coupling an exposure model with different atmospheric dispersion models, *Atmospheric Environment* 79 (2013), 486–494.
- [4] สุกิต ทัตยาสมบุรณ์, การประยุกต์ใช้โปรแกรมโอโลฮาทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลวเพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจายและสร้างแผนป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากการรั่วไหล, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548
- [5] วัฒนา แก้วกำเนิด, ทิพวรรณ ฉัตรชัยวัฒนา, เขตกั้นชนกับการคุ้มครองทรัพยากรในพื้นที่อนุรักษ์ใน, รายงานการประชุมเรื่อง “การจัดการเขตกั้นชนในประเทศไทย”, ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมหาวิทยาลัย, เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2536
- [6] SHAO Hui, DUAN Guoning, Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant, *Procedia Engineering* 45 (2012), 352–359.
- [7] Jayajit Chakraborty and Marc P. Armstrong, Exploring the Use of Buffer Analysis for the Identification of Impacted Areas in Environmental Equity Assessment, *Cartography and Geographic Information System*, Vol.24 No.3, (1997), 145–157.
- [8] Ebergt, A. and Greve, P.D. Buffer Zone and Their Management” Wateringen: JB&A Grafische Communiatie, 2000.
- [9] Maas, F.M. Town and Country Planning, see [http://whqlibdoc.who.int/euro/es/EURO_SERIES_1\(chp5\).pdf](http://whqlibdoc.who.int/euro/es/EURO_SERIES_1(chp5).pdf) Accessed 13/12/2014.
- [10] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (2535), ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535. ราชกิจจานุเบกษา, เล่มที่ 109 ตอนที่ 108, หน้า 3–11.
- [11] Heavy Impact Industrial (HII) District: Buffer Area, see <http://www.codepublishing.com/wa/whatcomcounty/html/Whatcont.html> Accessed 20/12/2014.
- [12] วัชรเทพ คลังนุช, การกำหนดพื้นที่กั้นชนระหว่างเขตอุตสาหกรรมกับชุมชน กรณีศึกษาเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2555
- [13] U.S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration, ALOHA User’s Manual, February 2007.
- [14] นภาพพร พานิชและแสงสันต์ ธานีช. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- [15] Thoman D.C., Comparison of ALOHA and EPI code for Safety Analysis Applications, *Journal of Chemical Health & Safety*, November–December 2006, 20–33.
- [16] Roberto Bubbico, Accidental release of toxic chemicals: Influence of the main input parameters on consequence calculation, *Journal of Hazardous Materials* 151 (2008), 394–406.
- [16] ดารารัตน์ พลอยทรัพย์, การประเมินการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว: กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551
- [17] Tseng J.M. Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA, *International Symposium on Safety Science and Technology* *Procedia Engineering* 45 (2012), 384–389.
- [18] Lynagn, F.M. and Urlich, P.B. A Critical Review of Buffer Zone Theory and Practice: A Philippine case study, Department of Geography University of Waikato, New Zealand, 2002.
- [19] รายงานสรุปสถิติการนำเข้าเคมีภัณฑ์อันตราย ปี พ.ศ.2548–2552, หน่วยข้อเสนอเขตอุตสาหกรรมและความปลอดภัยศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย
- [20] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. คู่มือวิชาการ เรื่อง สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (Volatile Organic Compound : VOCs), กันยายน, 2555.
- [21] American Petroleum Institute (API) Publication581 First Edition, May 2000.