Research and Development Journal
Volume 25 Issue 2 April-June 2014

Received 24 December 2013 Accepted 25 March 2014

RISK ASSESSMENT FOR HAZARDOUS SUBSTANCES TRANSPORT ON ROAD

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

The Engineering Institute of Thailand
under H.M. The King's Patronage

การประเมินความเสี่ยงสำหรับการขนส่งวัตถุอันตรายทางถนน
RISK ASSESSMENT FOR HAZARDOUS SUBSTANCES TRANSPORT ON ROAD

ธนัธิดา แก้วหวังสกูล และ จิตรา รู้กิจการพานิช
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กทม. 10330
โทรศัพท์ 02-2186814-6 โทรสาร 02-2186813
E-mail: fieckp@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงเมื่อเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตรายจากถังในการขนส่งทางถนน ขั้นตอนวิจัยมีดังนี้ (1) คัดเลือกวัตถุอันตรายประเภทที่เป็นไอปกคลุมมีผลต่อสุขภาพที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงได้แก่ วัตถุกัดกร่อนและของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงจำนวน 3 และ 4 รายการ ตามลำดับ (2) คัดเลือกเส้นทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูง 12 เส้นทาง (3) ประเมินความเสี่ยงโดยใช้แบบจำลองทำนายรัศมีการแพร่กระจาย ผลวิจัยพบว่า (1) เมื่อเกิดการรั่วไหลของแอมโมเนียเหลว กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และไซลีนเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้บนทุกเส้นทาง (2) บิวทิลอะซิเตทและเอทิลอะซิเตทเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้เฉพาะบนเส้นทางที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ครั้งต่อปี (3)เอทานอลเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้บนทุกเส้นทาง

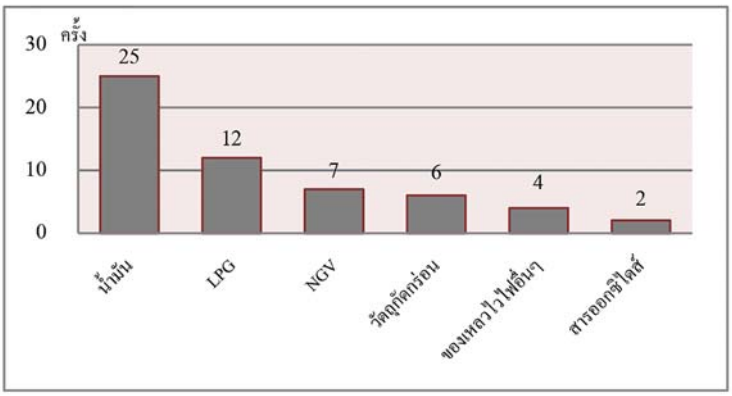
ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the risk of leaked hazardous substances in the transport on road. The research procedure had three steps, (1) hazardous substances that had high accidents on roads were selected for this research. These substances were toxicity. They could change to vapor cloud type when they leaked and could impact to health. Three corrosive substances and four flammable liquid substances (not include fuel) were selected. (2) twelve highways that had high accidents were selected. (3) the dispersion models of vapor cloud were predicted. The risk assessment was done. The results of this research showed that (1) for every highway, the risks of leaked liquefied ammonia, nitric acid, hydrochloric acid, and xylene were unacceptable level. (2) for only highways with 100 times of accidents per year and more over, the risks of leaked butyl acetate and ethyl acetate were unacceptable level. (3) the risk of leaked ethanol was acceptable level for every highway.

Tanattida Kaewwangsakool and Jittra Rukijkanpanich
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Phaya Thai Road, Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok, Thailand 10330

1. บทนำ

การขนส่งวัตถุอันตรายทางถนนเป็นเรื่องที่สำคัญควรได้รับความสนใจ เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุแล้วมีการรั่วไหลของวัตถุอันตรายอาจส่งผลร้ายแรงต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาสถิติอุบัติเหตุในการขนส่งวัตถุอันตรายทางถนน จากหน่วยงานต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2556 [7] สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งอธิบายได้ว่าการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งวัตถุอันตรายที่ผ่านมาแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (1) วัตถุอันตรายกลุ่มเคมีภัณฑ์ได้แก่ วัตถุกัดกร่อน ของเหลวไวไฟอื่น ๆ และสารออกซิไดส์ (2) วัตถุอันตรายกลุ่มเชื้อเพลิง ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาเฉพาะวัตถุอันตรายกลุ่มเคมีภัณฑ์ภายใต้การกำกับดูแลโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมและมีคุณลักษณะเปลี่ยนสถานะเป็นไอปกคลุมที่มีผลต่อสุขภาพ เมื่อเกิดการรั่วไหลซึ่งได้แก่ วัตถุกัดกร่อนและของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง ทั้งนี้ขนาดและความรุนแรงที่เกิดขึ้นอาจมีอิทธิพลจากสภาพถนนและอิทธิพลลมมรสุมเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการประเมินความเสี่ยงเมื่อเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตรายบนเส้นทางหลวงแผ่นดิน ภายใต้อิทธิพลลมมรสุมของประเทศไทย ผลการประเมินนี้จะทำให้สามารถกำหนดมาตรการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุรุนแรงต่อสาธารณะต่อไป



รูปที่ 1 สถิติวัตถุอันตรายจากการเกิดอุบัติเหตุในการขนส่ง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแพร่กระจายของไอเมื่อเกิดการรั่วไหล

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้หมายถึง รูปแบบของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของวัตถุอันตรายประเภทที่สามารถเปลี่ยนสถานะเป็นไอปกคลุมได้ โดยรูปแบบดังกล่าวจะแสดงถึงรัศมีของการรั่วไหลที่มีปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วและทิศทางลม เข้ามาเกี่ยวข้อง แบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือและนิยมนำมาใช้ทั่วไปคือ โปรแกรม ALOHA ซึ่งย่อมาจาก Areal Locations of Hazardous Atmospheres [2] พบว่ามีงานวิจัยของ Hung-Ming Sung and John G. Wheeler และ Shuxia Li, Xinyan Sun and Liping Liu ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายในการรั่วไหลของแอมโมเนียเหลวดังนี้ ลักษณะแหล่งกำเนิดการรั่วไหลรูปแบบที่แตกต่างกัน จากสถานที่เก็บรักษาและในกระบวนการต่าง ๆ พบว่าลักษณะการแพร่กระจายที่ได้แตกต่างกัน [5] ในทำนองเดียวกัน ลักษณะข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกัน ลักษณะการแพร่กระจายที่ได้แตกต่างเช่นกัน [6]

2.2 การวิเคราะห์อันตรายและความเสี่ยง

ในการวิเคราะห์อันตรายและความเสี่ยงในโรงงานโดยทั่วไป ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักดังนี้ [1]

(1) การชี้บ่งอันตราย เป็นการระบุสถานการณ์ที่จะมีแนวโน้มก่อให้เกิดอันตรายและความเสี่ยงซึ่งอาจใช้ข้อมูลสนับสนุนจากสถิติอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นหรือพิจารณาความเป็นไปได้ที่อาจจะเกิดอันตราย

(2) การวิเคราะห์ผลกระทบ เป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นหรือมีความเสียหายต่อทั้งชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม

เมื่อเกิดสถานการณ์ที่เป็นอันตราย

(3) การประเมินความเสี่ยง เป็นการหาผลลัพธ์ของระดับความเสี่ยงเพื่อใช้ในการพิจารณาถึงการหามาตรการ ที่เหมาะสมในการควบคุมหรือลดความเสี่ยงต่อไป

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

(1)ในการชี้บ่งอันตรายได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ 1 ศึกษาสถิติอุบัติเหตุและความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุของวัตถุอันตรายประเภทที่เป็นไอปกคลุมเพื่อคัดเลือกวัตถุอันตราย ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ วัตถุกัดกร่อน (UN Class 8) จำนวน 3 รายการ และของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง (UN Class 3) จำนวน 4 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วัตถุอันตรายในการศึกษา

สารเคมี	UN Class	UN number	UN Guide
วัตถุกัดกร่อน			
แอมโมเนียเหลว	8	1005	154
กรดไนตริก	8	2031	157
กรดไฮโดรคลอริก	8	1789	157
ของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง			
ไซลีน	3	1307	130
บิวทิลอะซิเตท	3	1123	129
เอทิลอะซิเตท	3	1173	129
เอทานอล	3	1170	127

ส่วนที่ 2 ศึกษาสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนเส้นทางหลวงแผ่นดิน เลือกศึกษาเส้นทางหลวงแผ่นดินที่เชื่อมต่อจากกทม.ไปยังภูมิภาคและมีจำนวนสถิติอุบัติเหตุสูง จำนวน 12 เส้นทาง ในที่นี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเส้นทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ครั้งต่อปีและกลุ่มเส้นทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่า 100 ครั้งต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 2 (2) ใช้โปรแกรม ALOHA ในการทำนายรัศมีการแพร่กระจายโดยการจำลองสถานการณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลทั้งนี้มีการศึกษาข้อมูลอุตุนิยมวิทยาซึ่งได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วและทิศทางลมของแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2 อุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดินปี 2554 [3]

ทางหลวงแผ่นดิน (ตอนควบคุม)	ชื่อสายทาง	อุบัติเหตุ(ครั้ง/ปี)
338 (0201)	บางบำหรุ - กม.17+830(ต่อเขตแขวงฯ สมุทรสาคร)	439
35 (0101)	แยกทางหลวงหมายเลข 303 - กม.14+660	250
1 (0201)	สนามกีฬาธูปเตมีย์ – ประตูน้ำพระอินทร์	204
4 (0101)	สามพราน – นครชัยศรี	125
35 (0102)	กม.14+660- สะพานข้ามแม่น้ำท่าจีนฝั่งตะวันตก	122
35 (0201)	สะพานข้ามแม่น้ำท่าจีนฝั่งตะวันตก-กม.53+875	100
305 (0101)	แยกทางหลวงหมายเลข 1 (รังสิต) - กม.15+145	85
338 (0202)	กม.17+830(ต่อเขตสน.บท.ธนบุรี)-บรรจบทางหลวงหมายเลข 4(นครชัยศรี)	57
7 (0101)	ถนนศรีนครินทร์ - กม.22+000 (ต่อเขตแขวงฯ สมุทรปราการ)	48
34 (0102)	แยกทางหลวงหมายเลข 3(บางนา)-กม.35+600 (ต่อเขตแขวงฯ ฉะเชิงเทรา)	40
4 (0102)	นครชัยศรี – สระกระเทียม	37
340 (0100)	บางบัวทอง กม.25+659 - กม.54+100 (ต่อเขตแขวงฯ กาญจนบุรี-สุพรรณบุรีที่ 2)	32

ในการจำลองสถานการณ์ได้ตั้งสมมติฐานสภาวะของบรรจุภัณฑ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดการรั่วไหลดังนี้

- ปริมาตรของภาชนะบรรจุคือ 16 ลูกบาศก์เมตร
- ขนาดรูที่รั่วไหลคือ 2.5 เซนติเมตรหรือที่บริเวณเจิ่งนองของวัตถุอันตรายในรัศมี 20 เมตร
- น้ำหนักของวัตถุอันตรายคือ ร้อยละ80 ของปริมาตรที่กำหนด

(3) รูปแบบการประเมินความเสี่ยงได้ดำเนินการตามแนวทาง Mil-Std 882 [4] ซึ่งมาจาก 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนที่ 1 ค่าความถี่ในการเกิดอันตราย แบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ

ระดับ A : สภาพถนนและความหนาแน่นของการจราจรก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ครั้งต่อปี

ระดับ B : สภาพถนนและความหนาแน่นของการจราจรก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนน้อยกว่า 100 ครั้งต่อปี

ส่วนที่ 2 ประเภทความรุนแรงจากความเป็นอันตรายแบ่งเป็น 4 ระดับคือ

ระดับ I : มีผู้เสียชีวิตหรือทุพลภาพจากเหตุการณ์ ชุมชนได้รับผลกระทบรุนแรงต้องทำการอพยพทันที สิ่งแวดล้อมเสียหาย มีผลต่อระบบนิเวศน์ต้องมีการฟื้นฟู ทรัพย์สินได้รับความเสียหายไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

ระดับ II : มีผู้ได้รับบาดเจ็บรุนแรงจากเหตุการณ์ ชุมชนได้รับผลกระทบต้องมีการกันพื้นที่ทำการอพยพชั่วคราว สิ่งแวดล้อมเสียหายแต่ไม่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

ระดับ III : มีผู้ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อยอาจต้องได้รับการรักษาพยาบาล ชุมชนไม่ได้รับผลกระทบ

ระดับ IV : ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บหรือได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย ชุมชนไม่ได้รับผลกระทบและสิ่งแวดล้อมไม่มีความเสียหาย ไม่มีทรัพย์สินเสียหายจากที่กล่าวมาสามารถแสดงรูปแบบการประเมินความเสี่ยงจัดเหตุการณ์วิเคราะห์ความเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบการประเมินความเสี่ยง

ค่าความถี่ในการเกิดอันตราย	ประเภทความรุนแรง			
	I	II	III	IV
A	1A	2A	3A	4A
B	1B	2B	3B	4B

จากตารางที่ 3 เมื่อเทียบกับแนวทาง Mil–Std 882 จะสามารถแบ่งระดับความเสี่ยงได้ 3 ระดับคือ

ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ คือเหตุการณ์ 1A, 1B, 2A, 2B, 3A

ระดับความเสี่ยงสูง คือเหตุการณ์ 3B

ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ คือเหตุการณ์ 4A, 4B

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

(1) จากการประเมินความเสี่ยงในการขนส่งวัตถุอันตรายทางถนน ประกอบด้วย วัตถุกัดกร่อนจำนวน 3 รายการ ของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงจำนวน 4 รายการ รวมทั้งสิ้น 7 รายการ บนทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูง 12 เส้นทาง สามารถสรุปผล ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยมีเหตุการณ์ทั้งสิ้น 84 เหตุการณ์แบ่งเป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ 60 เหตุการณ์ ระดับความเสี่ยงสูง 12 เหตุการณ์ ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ 12 เหตุการณ์ เช่น เมื่อมีการรั่วไหลของแอมโมเนียเหลวบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 338 ตอนควบคุม 201 เป็นเหตุการณ์ 1A ซึ่งเป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (2) จากการศึกษาข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจะสามารถแสดงพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของวัตถุอันตรายในที่นี้กำหนดเป็นฝั่งขาเข้ากทม.และฝั่งขาออกกทม. ตามลักษณะของอิทธิพลลมมรสุม ดังแสดงในตารางที่ 5 เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของวัตถุอันตรายใด ๆ บนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 338 ตอนควบคุม 201 ด้วยอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้พื้นที่ฝั่งขาเข้ากทม. ได้รับผลกระทบจากอุบัติเหตุมากกว่า ในขณะที่อิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้พื้นที่ฝั่งขาออกกทม. ได้รับผลกระทบจากอุบัติเหตุมากกว่า

ตารางที่ 4 เหตุการณ์ระดับความเป็นอันตราย

ทางหลวงแผ่นดิน (ตอนควบคุม)	Ammonia	Nitric	HCL	Xylene	Butyl Acetate	Ethyl Acetate	Ethanol
338 (0201)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
35 (0101)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
1 (0201)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
4 (0101)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
35 (0102)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
35 (0201)	1A	1A	1A	2A	3A	3A	4A
305 (0101)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B
338 (0202)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B
7 (0101)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B
34 (0102)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B
4 (0102)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B
340 (0100)	1B	1B	1B	2B	3B	3B	4B

ตารางที่ 5 พื้นที่ได้รับผลกระทบตามทิศทางลม

ทางหลวงแผ่นดิน (ตอนควบคุม)	อิทธิพลลมมรสุม	
	ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ
338 (0201)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
35 (0101)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
1 (0201)	ฝั่งขาออก กทม.	ฝั่งขาเข้ากทม.
4 (0101)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
35 (0102)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
35 (0201)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
305 (0101)	ฝั่งขาออก กทม.	ฝั่งขาเข้ากทม.
338 (0202)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
7 (0101)	ฝั่งขาออกกทม.	ฝั่งขาเข้ากทม.
34 (0102)	ฝั่งขาออก กทม.	ฝั่งขาเข้ากทม.
4 (0102)	ฝั่งขาเข้า กทม.	ฝั่งขาออกกทม.
340 (0100)	ฝั่งขาเข้าก ทม.	ฝั่งขาออกกทม.

5. สรุปและอภิปรายผล

จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุในการขนส่งวัตถุอันตรายพบว่าวัตถุกัดกร่อนและของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง มีนัยสำคัญที่จะเกิดอุบัติเหตุในการขนส่งวัตถุอันตรายทางถนน ทั้งนี้ขนาดและความรุนแรงในพื้นที่ที่ได้รับกระทบเมื่อเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลมีอิทธิพลจากสภาพถนนและอิทธิพลลมมรสุมเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการประเมินความเสี่ยงเมื่อเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตราย โดยขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงจะต้องมีการชี้บ่งอันตราย ทำให้สามารถคัดเลือกวัตถุอันตรายที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดความเสี่ยงซึ่งมักอยู่ใน UN Class 3 และ UN Class 8 เป็นหลัก และคัดเลือกเส้นทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูง อาจเนื่องมาจากสภาพถนนที่ไม่เหมาะสม แล้วทำนายการแพร่กระจายด้วยโปรแกรม ALOHA เมื่อมีการเกิดอุบัติเหตุพลิกคว่ำของรถบรรทุก 10 ล้อแล้วเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตราย โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุตุนิยมวิทยาได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วและทิศทางลมบนเส้นทางหลวงแผ่นดินในเส้นต่าง ๆ จึงสามารถทำการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์ตามลักษณะข้างต้นได้ พบ

ว่า เมื่อเกิดการรั่วไหลของวัตถุกัดกร่อนซึ่งเป็นค่าความรุนแรงระดับ I คือ แอมโมเนียเหลว กรดไนตริก และกรดไฮโดรคลอริก เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้บนทางหลวงแผ่นดินทุกเส้นทาง รัศมีการแพร่กระจายของ แอมโมเนีย 909 เมตร กรดไนตริก 226 เมตร และกรดไฮโดรคลอริก 116 เมตร เมื่อเกิดการรั่วไหลของของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงซึ่งเป็นค่าความรุนแรงระดับ II คือ ไซลีน เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้บนทางหลวงแผ่นดินทุกเส้นทาง รัศมีการแพร่กระจายของ ไซลีน ไม่เกิน 17 เมตร เมื่อเกิดการรั่วไหลของของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงซึ่งเป็นค่าความรุนแรงระดับ III คือ บิวทิลอะซิเตทและเอทิลอะซิเตทเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้เฉพาะบนทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ครั้งต่อปี เป็นความเสี่ยงสูงบนทางหลวงแผ่นดินที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่า 100 ครั้งต่อปี รัศมีการแพร่กระจายของบิวทิลอะซิเตทและเอทิลอะซิเตทไม่เกิน 10 เมตร เมื่อเกิดการรั่วไหลของของเหลวไวไฟที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงซึ่งเป็นค่าความรุนแรงระดับ IV คือ เอทานอล เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้บนทางหลวงแผ่นดินทุกเส้นทาง รัศมีการแพร่กระจายของเอทานอลไม่อยู่ในช่วงที่ร้ายแรง ทั้งนี้รัศมีการแพร่กระจายของวัตถุอันตรายขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเช่น น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด ความหนืด ความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น ทำให้ได้รัศมีการแพร่กระจายที่ต่างกัน

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินความเสี่ยงในการขนส่งวัตถุอันตรายทางถนนในกรณีที่มีการรั่วไหล ดังนั้นสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาถึงลักษณะการเกิดอุบัติเหตุอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[[1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม, “ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง”, สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2543.

[2] นพภาพร พานิชและแสงสันต์ พานิช, “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544.

[3] กรมทางหลวง, “รายงานอุบัติเหตุบนทางหลวง 2554”, สำนักอำนวยความปลอดภัย, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม 2554.

[4] Jeffrey W.Vincoli, “Basic Guid to System Safety”, 2nd ed, United State of Amarica:John Wiley&Sons, 2006.

[5] Hung-Ming Sung and John G. Wheeler, “Source characterization of ammonia accidental releases for various storage and process conditions”, For Presentation at the Air & Waste Management Association’s 90th Annual Meeting & Exhibition, June 8-13, 1997 .

[6] Shuxia Li, Xinyan Sun and Liping Liu, “The ALOHA-based consequence analysis of liquefied ammonia leakage accident”, Asia Pacific Conference on Environmental Science and Technology Advances in Biomedical Engineering, Vol.6, pp. 522-526, 2012.

[7] สถิติอุบัติภัยวัตถุเคมี, 1 ก.ค. 2556, ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี, http://www.chemtrack.org/stat-accident.asp.