



การจำลองการรั่วไหลแอมโมเนียเพื่อจัดทำแผนและฝึกซ้อมอพยพ ให้กับพนักงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี

อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา

Simulation of Ammonia Leakage for Emergency Plan and Evacuation Practice among Workers at Rubber Holder Cooperative Natavee, Natavee District, Songkhla Province

ธนาวัฒน์ รักษกมล^{1*} ธิติมา ณ สงขลา¹ และ มณี ศรีชนะนันท์²

Tanawat Rakkamon^{1*} Thitima Na-songkhla¹ and Manee Srichanun²

¹สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและสุขภาพสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

²สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

¹Department of Industrial Hygiene and Environmental Health, Faculty of Health and Sports Science,
Thaksin University, Phatthalung, 93210 Thailand

²Department of Fishery, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya,
Nakhon Si Thammarat, 80110 Thailand

*Corresponding author: tanawat.r@hotmail.com, Telephone/Fax Number 07-460-9613

บทคัดย่อ

แอมโมเนียเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการรักษาสภาพน้ำยาง แต่หากขาดการควบคุมและป้องกันก็อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังเก็บของสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Area Location of Hazardous Atmospheres (ALOHA) พร้อมทั้งจัดทำแผนฉุกเฉิน ระบุและฝึกซ้อมการอพยพแก่พนักงาน ผลการศึกษาพบว่า ความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียมี 3 ระดับคือ ERPG-1 (ความเข้มข้น 25 ppm) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 2,000 เมตร ERPG-2 (ความเข้มข้น 150 ppm) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 921 เมตร และ ERPG-3 (ความเข้มข้น 750 ppm) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 381 เมตร ดังนั้นการจัดทำแผนฉุกเฉินที่ปลอดภัยต้องมากกว่า 381 เมตร และผลจากการฝึกซ้อมตามแผน พบว่าพนักงานมีความรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง ($\bar{x} = 0.91$, $SD = 0.07$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.03$) และฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 85.70 ฉะนั้นควรมีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินอย่างต่อเนื่อง อันจะนำมาซึ่งการลดความรุนแรงและความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นได้

ABSTRACT

Ammonia is a preservative chemical for natural rubber latex in rubber latex industry. However, it may cause an incident since the lacking of good guidance and defensive measure to workers. This study was therefore aimed to assess the leakage of ammonia liquid from the ammonia tank by simulation the incident using Application Program Area Location of Hazardous Atmospheres (ALOHA) together with providing the emergency plan and evacuation training to workers exposing ammonia from fresh natural latex purchasing process at Rubber Holder Cooperative Natavee, Natavee District, Songkhla Province. The results showed that the consequence of ammonia liquid leakage from the storage tank was found in 3 levels; ERPG-1 (The Emergency Response Planning Guidelines) (25 ppm of ammonia concentration for 2,000 meters distance), ERPG-2 (150 ppm of ammonia concentration for 921 meters distance) and ERPG-3 (750 ppm of ammonia concentration for 381 meters distance). Therefore, the safety zone for evacuation plan must be longer than 381 meters distance from ammonia tank. In addition, the level of worker's knowledge was improved after they was trained ($p=0.03$) following either the emergency plan or evacuation plan ($\bar{x} = 0.91$, $SD = 0.07$) and the correctly action accounted for 85.70 percent. Thus, the training of emergency plan or evacuation plan to workers should be done continuously in order to reduce the consequence will be occurred.

1. บทนำ

แอมโมเนียเป็นสารเคมีที่นำมาใช้ประโยชน์หลากหลายทั้งด้านอุตสาหกรรมที่มีการนำมาใช้สำหรับทำความสะอาดของโรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็น โรงน้ำแข็ง และรักษาสภาพน้ำยางให้สด เป็นต้น และด้านเกษตรกรรมส่วนใหญ่นำมาเป็นส่วนประกอบปุ๋ยแอมโมเนียในตรพ โดยสหกรณ์กองทุนสวนยาง (Rubber Holder Cooperative) ก็เป็นอีกหนึ่งแห่งที่มีการใช้แอมโมเนียในกระบวนการรับซื้อน้ำยางสด เพื่อรักษาคุณภาพน้ำยาง ที่มีการบรรจุอยู่ในภาชนะขนาดใหญ่ โดยการใช้และการกักเก็บแอมโมเนียที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ กล่าวคือ ก่อนการเก็บรักษาสารแอมโมเนียให้ผู้จัดเก็บศึกษาข้อมูลความปลอดภัยเบื้องต้นที่ปรากฏอยู่ในฉลาก เอกสารกำกับ การขนส่ง หรือข้อมูลความปลอดภัย เพื่อพิจารณาจำแนกประเภทวัตถุอันตรายสำหรับการจัดเก็บ จากนั้นพิจารณาชนิดของวัสดุที่ใช้สร้างถัง ซึ่งแอมโมเนียมีคุณสมบัติกัดกร่อนจึงควรใช้ถังที่เป็นฉนวน เช่น พลาสติก เป็นต้น ซึ่งถังพลาสติกต้องออกแบบ และสร้างตามมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ และมีเขื่อนกันโดยรอบถังเก็บที่สามารถรองรับการรั่วไหลของสารเคมีจากถังเก็บได้ทั้งหมด นอกจากนี้จะต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง แต่จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า การดำเนินการกักเก็บสารแอมโมเนียของสหกรณ์กองทุนสวนยางส่วนใหญ่ไม่ได้มาตรฐาน คือ

ขาดข้อมูลความปลอดภัยของสารแอมโมเนียและไม่มีเขื่อนกันโดยรอบถังกักเก็บ ประกอบกับขาดการบำรุงรักษา วัสดุอุปกรณ์และภาชนะกักเก็บ จึงอาจทำให้มีความเสี่ยงที่แอมโมเนียเกิดการรั่วไหลออกมาได้ และจากการรายงานพบว่า ร้อยละ 30 ของการรั่วไหลของสารเคมี มาจากการขาดการบำรุงดูแลรักษาภาชนะกักเก็บ [1] ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียมีฤทธิ์กัดกร่อนจึงมีโอกาสสูงที่จะทำให้เส้นท่อเกิดการผุกร่อนและการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ประกอบต่างๆ [2] แล้วส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงตามมา

อุบัติเหตุจากแอมโมเนียรั่วไหลเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาทิ พ.ศ. 2546 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกิดเหตุแอมโมเนียรั่วไหลจากแท็งก์บรรจุที่ใช้ในการเกษตร (Nurse Tank) แตกเสียหายทำให้มีผู้เสียชีวิต 1 คนและบาดเจ็บอีก 1 คน [3] ในปี พ.ศ. 2547 องค์การสะพานปลา เขตสมุทร กรุงเทพฯ เกิดการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียทำให้ประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงมีอาการแสบตาและหายใจติดขัด ในปี พ.ศ. 2552 ก๊าซแอมโมเนียรั่วไหลภายในโรงงานชำแหละไก่สดของบริษัทเกมเปียน ฟู้ดส์สยาม จำกัด จ.ปทุมธานี ทำให้คนงานกว่า 500 คนต้องอพยพออกนอกพื้นที่ 3 ราย [4] ในปี พ.ศ. 2555 โรงงานถาวรอุตสาหกรรมยาง จำกัด จ. สงขลา เกิดการระเบิดของถังปั่นน้ำยางเนื่องจากคนงานได้ใส่แอมโมเนียลงไปในถังปั่นน้ำยางสดมากเกินไประหว่างที่ทำการปั่น

น้ำยางสดจึงเกิดแรงดันภายในถึงทำให้เสียชีวิต 1 คน บาดเจ็บสาหัส 2 คน [4] และในปัจจุบัน พ.ศ. 2559 บริษัทที่หนีอาหารแช่แข็ง จำกัด จ.ระยอง เกิดก๊าซแอมโมเนียรั่วไหลส่งผลให้พนักงาน 16 คนสูดดมก๊าซพิษ เกิดอาการช็อค ตัวเกร็ง บางรายเสียบตาและมีน้ำตาไหล จนต้องนำส่งโรงพยาบาลอย่างเร่งด่วน [5]

จากเหตุการณ์ดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ทั้งทางสุขภาพ สิ่งแวดล้อม ทรัพย์สินและชุมชนมากมาย อาทิ ทางด้านสุขภาพ จากการวิเคราะห์สถิติการรั่วไหลของแอมโมเนียจำนวน 101 ครั้ง พบว่าคนทำงานผู้ช่วยเหลือและคนในชุมชนในอเมริกา มีการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจร้อยละ 54 ระคายเคืองตาร้อยละ 26 และเวียนศีรษะร้อยละ 24 [6] และหากสัมผัสแอมโมเนียมากกว่า 1,700 พีพีเอ็ม จะเกิดอาการชักและระคายเคืองตา จมูกและคออย่างรุนแรงอาจจะเสียชีวิต ถ้าได้รับเกิน 30 นาที และหากสัมผัสแอมโมเนียระหว่าง 5,000-10,000 พีพีเอ็ม ทำให้เกิดการชักกระตุกของกล้ามเนื้อและระบบหายใจทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 นาที [7] โดยค่ามาตรฐานตาม National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) แนะนำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานสัมผัสแอมโมเนียไม่เกิน 25 พีพีเอ็ม สำหรับการทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงานและ 35 พีพีเอ็ม สำหรับการทำงานระยะเวลาสั้นๆ [8] ส่วนผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากแอมโมเนียทำให้เกิดการเร่งปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ของระบบนิเวศในแหล่งน้ำ [9] โดยปรากฏการณ์ดังกล่าว ทำให้พืชจำพวกสาหร่ายและวัชพืชเจริญเติบโตมากกว่าปกติจากการที่แหล่งน้ำได้รับธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนและฟอสเฟตมากเกินไป พืชจะปกคลุมผิวน้ำทำให้น้ำขาดออกซิเจนและในที่สุดทำให้น้ำเน่าเสียสร้างความเสียหายให้กับระบบนิเวศ [4] นอกจากนี้แอมโมเนียสามารถระเบิดได้ในที่อับอากาศเมื่อมีการจุดติดไฟและเกิดการลุกติดไฟเมื่อสัมผัสกับสารบางตัวเช่น Platinum, Mercury, Chlorine และ Iodine เป็นต้น [10] ดังนั้นการระเบิดนอกจากจะเกิดผลกระทบกับ

คนทำงานแล้วยังส่งผลกระทบต่อทรัพย์สินและชุมชนตามมา

การประเมินความรุนแรง (Consequent Assessment) เนื่องจากอุบัติเหตุรั่วไหลครั้งนี้เป็นสิ่งจำเป็นที่หน่วยงานต่างๆ ต้องจัดทำเพื่อประกอบการวางแผนฉุกเฉิน เครื่องมือที่ใช้มีหลายชนิด เช่น โปรแกรม Area Location of Hazardous Atmospheres (ALOHA) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการความเสี่ยงและอุบัติเหตุฉุกเฉินที่อาจจะเกิดขึ้น การคำนวณต่างๆ ภายในโปรแกรมได้รับการทดสอบความถูกต้อง พบว่ามีความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ในการนำมาใช้วางแผนและตอบโต้เหตุฉุกเฉิน [11] โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาที่นำมาประยุกต์ใช้ เช่น การวิเคราะห์อุบัติเหตุในโรงงาน [12] ดังนั้นการศึกษานี้จึงประเมินความรุนแรงโดยใช้โปรแกรม ALOHA ซึ่งจะแสดงขอบเขตผลกระทบจากการรั่วไหลของแอมโมเนียพร้อมทั้งจัดทำแผนฉุกเฉินและฝึกซ้อมการระงับเหตุ อพยพเตรียมพร้อมในการจัดการรับมือกับอุบัติเหตุแอมโมเนียที่อาจจะเกิดขึ้น จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดความรุนแรงและความเสี่ยงของอุบัติเหตุได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรม ALOHA

เป็นโปรแกรมคำนวณการแพร่กระจายของสารการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้สมการคำนวณแบบ Gaussian Dispersion Model เป็นการแสดงวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณว่า ณ จุดระยะทางใด ๆ ที่ห่างจากแหล่งกำเนิด ณ จุดเวลาหนึ่ง จะมีความเข้มข้นของสารมลพิษมากน้อยเพียงใด ดังสมการที่ 1 แต่อยู่ในรูปของ Window พัฒนาขึ้นโดย National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Hazardous materials Response and Assessment Division และ Environmental Protection Agency's (EPA) Chemical Emergency Preparedness Office โดยค่า σz คือความสูงตามแนวแกนตั้งฉากจากจุดที่ปลดปล่อยสาร σy คือค่า

ความสัมพันธ์ (Primary Function) ตามแนวแกน
ระนาบ y จากจุดที่ปลดปล่อยสาร σ_x คือค่าความสัมพันธ์
(primary function) ตามแนวแกนระนาบ x จากจุดที่
ปลดปล่อยสาร และค่า $P(z)$ คือค่าความสัมพันธ์การ
กระจายตัวตามแนวแกน z [13]

$$P(z) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2} \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left\{ \frac{z-\bar{z}}{\sigma_z} \right\}^2 \right] \quad (1)$$

2.2 ลักษณะการรั่วไหลของแอมโมเนียจากการจำลอง

แอมโมเนียมีลักษณะของการรั่วไหลแบบต่อเนื่อง
เรียกว่า Continuous Released Plume Model ซึ่งใน
ช่วงแรกที่รั่วออกมาจากภาชนะกักเก็บจะเป็นการรั่ว
กระจายแบบ Neutrally Buoyant Gas Dispersion
ทั้งนี้เพราะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศก็จะมี
พฤติกรรมการกระจายตัวแบบลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน สมการ
พื้นฐานของ Gaussian สำหรับการกระจายตัวในรูปแบบ
นี้คือสมการที่ 2 และค่า g_0 คำนวณได้จากสมการที่ 3 โดย
ค่า g_0 เป็นค่าการลอยตัวของก๊าซ ณ จุดที่เริ่มต้น (m/sec^2)
ค่า g เป็นความถ่วงจำเพาะ (9.8 m/sec^2) ค่า ρ_c เป็นความ
หนาแน่นของก๊าซ (mass/length^3) และค่า ρ_a เป็นความ
หนาแน่นของอากาศ (mass/length^3) สำหรับค่า D_c คือ
ระยะทางของการกระจายตัวของกลุ่มก๊าซ (length) หาได้จาก
สมการ 4 ซึ่งค่า V_0 เป็นอัตราการรั่วไหล (length^3) u
เป็นความเร็วของการรั่วไหล (m/sec^2) [14]

$$\left(\frac{g_0 V_0}{u^3 D_c} \right)^{1/3} \geq 0.15 \quad (2)$$

$$g_0 = \frac{g (\rho_c - \rho_a)}{\rho_a} \quad (3)$$

$$D_c = \left(\frac{V_0}{u} \right)^{1/2} \quad (4)$$

อย่างไรก็ตามเมื่อความหนาแน่นของก๊าซเริ่มจางลง
เมื่อมีอากาศเข้ามาผสมการกระจายตัวของก๊าซแอมโมเนีย
จะลอยตัวลงด้านล่างผิวดินจะเปลี่ยนเป็นการกระจายแบบ
Dense Gas Dispersion โดยสามารถคำนวณได้จาก
สมการที่ 5 โดย ρ_c คือความหนาแน่นของก๊าซที่สนใจ ค่า
M เป็นมวลโมเลกุลของก๊าซ P เป็นความดัน ค่า T เป็น
อุณหภูมิ R_g เป็นค่าคงที่ของก๊าซ และ ρ_{acr} เป็นน้ำหนัก
ของก๊าซ ต่อ ปริมาตรละออง [13]

$$\rho_c = \frac{MP}{R_g T} + \rho_{acr} \quad (5)$$

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีการดำเนินการ 2 ส่วนหลัก ๆ คือ การ
ประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของสารแอมโมเนียโดย
การใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อหาระยะที่ปลอดภัยโดยที่
ไม่มีการเสียชีวิตเมื่อมีการรั่วไหลของสารแอมโมเนีย และ
การหาระยะที่ปลอดภัยข้างต้นมากำหนดแผนและการ
ฝึกซ้อมการอพยพจากการรั่วไหลของแอมโมเนียโดย
ประเมินจากความรู้และพฤติกรรมของพนักงานตาม
บทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายเกี่ยวกับแผนอพยพ

3.1 การประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของสาร แอมโมเนียโดยการใช้โปรแกรม ALOHA

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา คือ สหกรณ์กองทุนสวนยาง
ซึ่งเป็นแหล่งประกอบการรับซื้อน้ำยางที่อยู่ในทำเนียบ
สหกรณ์กองทุนสวนยางในพื้นที่จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2553
ส่วนกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive
Sampling) คือ เป็นกลุ่มที่รับซื้อน้ำยางสดและมีการใช้
แอมโมเนียในกระบวนการผลิต รวมทั้งเป็นกลุ่มที่อยู่
ภายใต้การควบคุมและดูแลจากสหกรณ์กองทุนสวนยางใน
จังหวัดสงขลา มีจำนวนทั้งสิ้น 5 แห่ง โดยเกณฑ์การคัดเข้า
(Inclusions Criteria) ดังกักเก็บแอมโมเนียเพื่อจำลอง

การรั่วไหล จากการสำรวจเบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดสงขลา พบว่า มีการใช้ถังกักเก็บแอมโมเนียขนาดเล็กจำนวนมาก และถังที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ 1,000 ลิตร ซึ่งหากเกิดการรั่วไหลก็จะเพิ่มความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ส่วนอายุการใช้งานของภาชนะการกักเก็บยิ่งอายุการใช้งานยาวนานมากความเสี่ยงที่จะเกิดการชำรุดของอุปกรณ์จะมีมากขึ้น ดังนั้น การศึกษานี้จึงกำหนดเกณฑ์คัดเข้า คือ ถังที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ลิตร มีอายุใช้งานมากกว่า 1 ปี และมีผู้ปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 10 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 แห่ง คือ สหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ซึ่งมีภาชนะกักเก็บแอมโมเนียจำนวน 1 ถัง และพนักงานผู้ปฏิบัติงานจำนวน 13 คน

3.1.2 ข้อมูลทั่วไปของถังเก็บก๊าซแอมโมเนีย

ลักษณะของระบบการใช้แอมโมเนียใน สหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวีจะมีการเก็บกักแอมโมเนียไว้ในภาชนะกักเก็บขนาด 1,000 ลิตร โดยเป็นถังพลาสติกทรงกระบอก รูปที่ 1 สำหรับการใช้แอมโมเนียจะมีการจ่ายผ่านภาชนะรองรับและจ่ายผ่านระบบท่อไปยังพื้นที่รับซื้อน้ำยาง



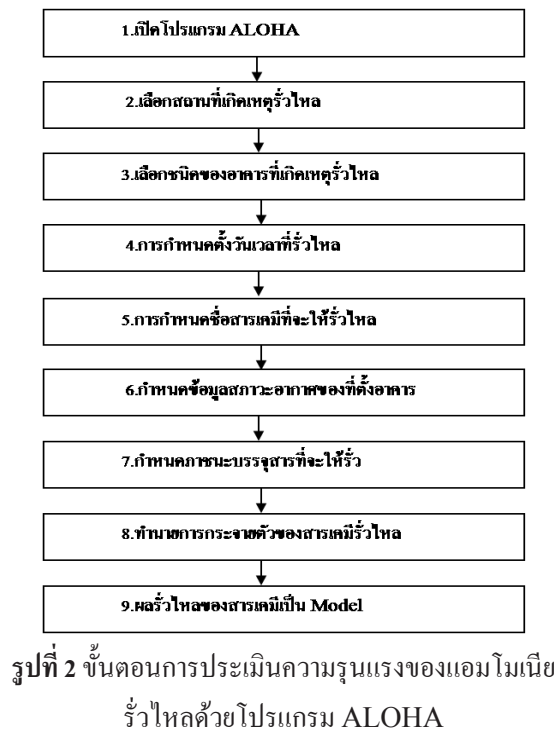
รูปที่ 1 ลักษณะของภาชนะกักเก็บพื้นที่ศึกษาเป็นถังพลาสติกทรงกระบอก

3.1.3 ขั้นตอนการประเมินความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บ

การศึกษานี้ได้จำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบความรุนแรงจากการรั่วไหลของแอมโมเนียจากถังกักเก็บในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวีโดยใช้

โปรแกรม ALOHA Version 5.4 ซึ่งเป็นระบบโปรแกรมที่ฟรีลิขสิทธิ์ สามารถคำนวณการแพร่กระจายของสารการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้สมการคำนวณแบบ Gaussian Dispersion Model เป็นการแสดงวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณว่า ณ จุดระยะทางใดๆ ที่ห่างจากแหล่งกำเนิด ณ จุดเวลาหนึ่งจะมีความเข้มข้นของสารมลพิษมากน้อยเพียงใด [13]

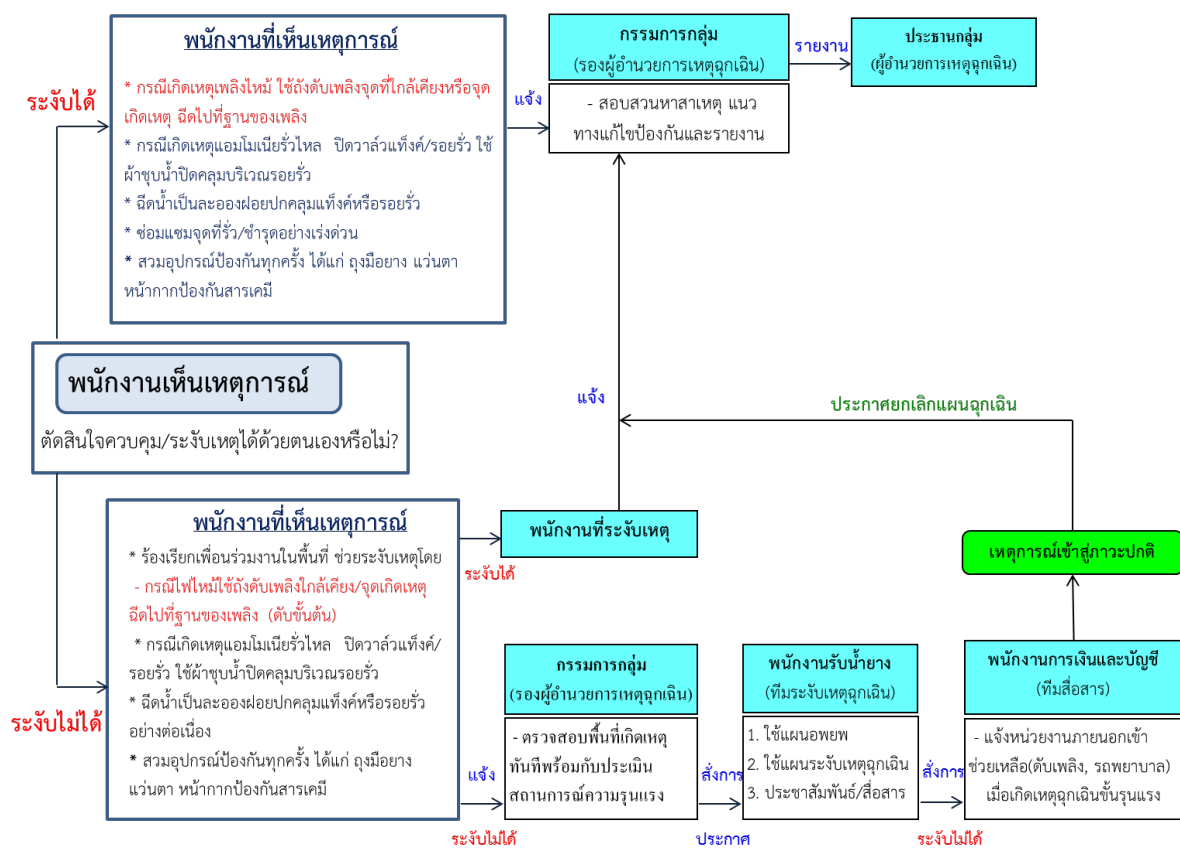
สำหรับรายละเอียดการจำลองสถานการณ์การรั่วไหลของแอมโมเนียจากสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี ดังรูปที่ 2 การศึกษานี้สร้างสถานการณ์จำลองให้ภาชนะหรืออุปกรณ์ชำรุด ทั้งนี้เพราะการรั่วไหลของแอมโมเนียส่วนใหญ่เกิดจากการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ [2] ในส่วนของท่อขนาดเท่ากับของจริง คือ 5 เซนติเมตร โดย การกำหนดสภาพอากาศตามข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดสงขลาในเดือนเมษายนซึ่งเป็นเดือนที่อุณหภูมิสูงที่สุด ความเร็วลมต่ำสุด ระหว่างปี พ.ศ. 2554 - 2558 โดยนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการจำลองสภาพอากาศที่เกิดการรั่วไหลที่เลวร้ายที่สุด (Worst case Scenario) มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 33.1 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 5.66 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ 73 % และใช้เวลาในการจำลองการรั่วไหลเท่ากับ 60 นาที



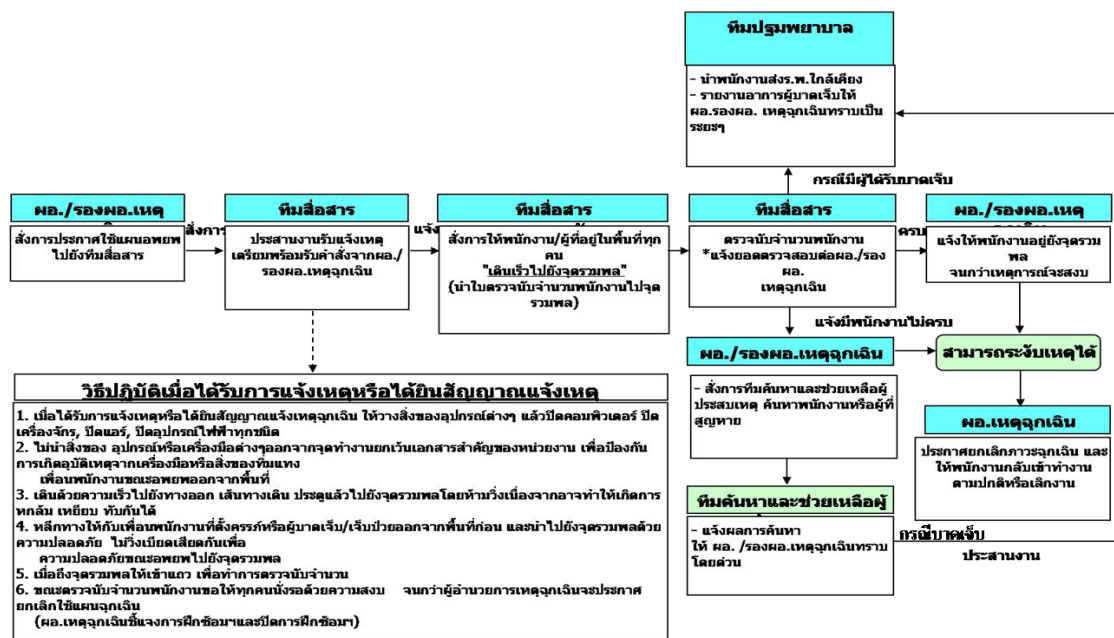
3.2 การกำหนดแผนและการฝึกซ้อมการอพยพจากการรั่วไหลของแอมโมเนีย

3.2.1 การจัดทำแผนและการฝึกซ้อมอพยพจากการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บ

แผนเตรียมพร้อมรับมือเหตุฉุกเฉินแอมโมเนียรั่วไหลและการอพยพหนีไฟ ปฏิบัติตามกฎหมาย [14] โดยหลักการในการกำหนดตามโครงสร้างขององค์กรและหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบจากหน่วยงาน ประกอบด้วย 6 ทีม ได้แก่ ผู้อำนวยการเหตุฉุกเฉิน รองผู้อำนวยการ ทีมระงับเหตุฉุกเฉิน ทีมค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบเหตุ ทีมสื่อสารและ ทีมปฐมพยาบาล โดยแผนเตรียมพร้อมรับมือเหตุฉุกเฉินแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้รายละเอียดดังรูปที่ 3 และแผนอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้ดังรูปที่ 4 โดยมีกำหนดจุดรวมพลอยู่ในพื้นที่ปลอดภัยที่พนักงานจะไม่เสียชีวิตในพื้นที่ของหน่วยงานด้วยการจำลองการรั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA



รูปที่ 3 แผนเตรียมพร้อมรับมือเหตุฉุกเฉินแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้



รูปที่ 4 แผนอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้

3.2.2 การประเมินความรู้ของพนักงาน และการจัดทำแผนฉุกเฉินฝึกซ้อม การระงับเหตุ และอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้

การศึกษาเกี่ยวกับความรู้การจัดทำแผนฉุกเฉิน การฝึกซ้อม การระงับเหตุ และอพยพแอมโมเนียรั่วไหล เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบ (Multiple Choice) มีทั้งหมด 15 ข้อ และกำหนดช่วงการให้คะแนนและความหมายของระดับความรู้จากค่าเฉลี่ย ดังนี้ คะแนน 0 – 0.33 ความรู้ระดับต่ำ คะแนน 0.34 – 0.67 ความรู้ระดับปานกลาง และคะแนน 0.68 – 1.00 ความรู้ระดับสูง โดยการประเมินการปฏิบัติเป็นแบบมาตรวัดออกเป็น 2 ระดับของการฝึกปฏิบัติ คือ ผ่านและไม่ผ่าน ซึ่งจำแนกการประเมินเป็น 6 ด้าน 29 รายการตรวจสอบ ดังนี้ ผอ.เหตุฉุกเฉิน (4 รายการ) ทีมตอบโต้เหตุฉุกเฉิน (7 รายการ) ทีมประสานงานและสื่อสาร (3 รายการ) ทีมสนับสนุน คือ พยาบาล/รพ./พนักงานขับรถ (3 รายการ) ทีมอพยพเคลื่อนย้ายและช่วยเหลือผู้ประสบภัย (4 รายการ) และ ทีมจุดรวมพล (8 รายการ) และกำหนดช่วงการให้คะแนนและความหมายของระดับพฤติกรรมจากคะแนนร้อยละ ดังนี้ ร้อยละ 0 – 25 พฤติกรรมควร

ปรับปรุง ร้อยละ 26 – 50 พฤติกรรมปานกลาง 51 – 75 พฤติกรรมดี และร้อยละ 76 – 100 พฤติกรรมดีมาก

3.3 การพิทักษ์สิทธิ์ตัวอย่าง

ก่อนทำการศึกษาผู้วิจัยเข้ารับการพิจารณาจากคณะกรรมการด้านจริยธรรมการวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ E008/2556 เมื่อผ่านการอนุมัติแล้วผู้วิจัยทำการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำการวิจัยให้แก่กลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งขอความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าผลจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน และสุขภาพ รวมทั้งไม่สามารถสืบค้นได้ว่าผู้ถูกวิจัยเป็นบุคคลใด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

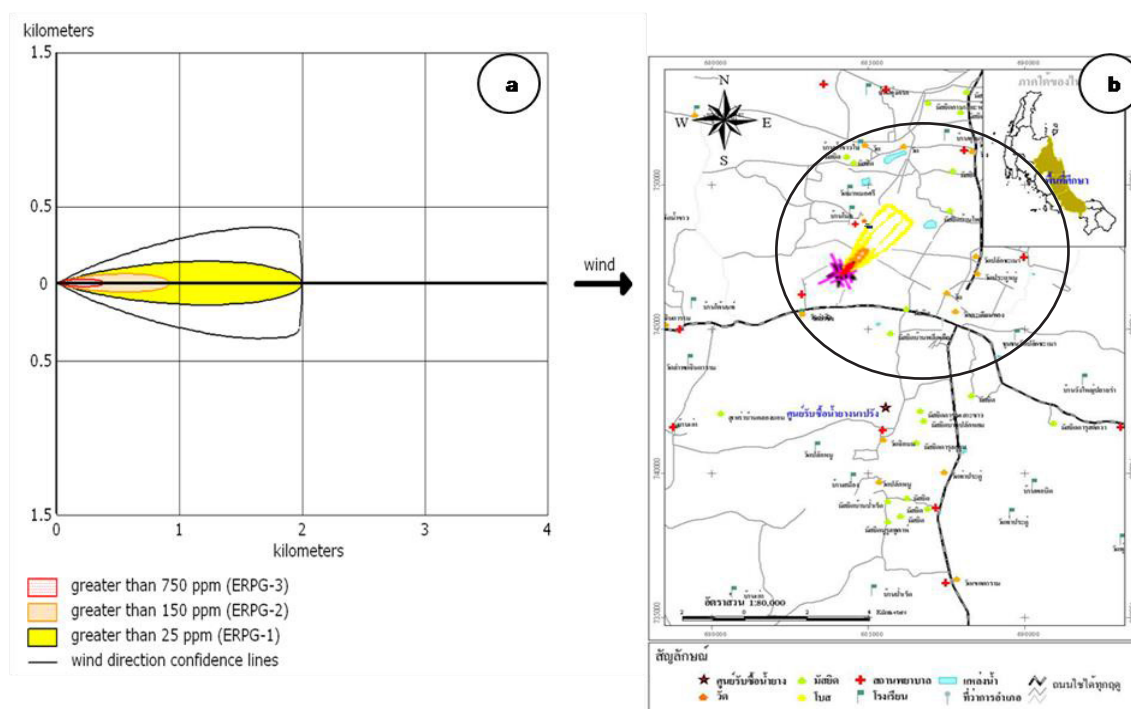
การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปใช้ค่าสถิติเชิงพรรณนาได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล และใช้ค่าสถิติ Pair Simple T-Test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับความรู้ก่อนและหลังการอบรม

4. ผลและอภิปรายผลวิจัย

4.1 การประเมินระดับความรุนแรงและผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บ

จากการประเมินความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนีย ด้วยโปรแกรม ALOHA ทำให้ทราบค่า ERPG (The Emergency Response Planning Guidelines) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารแอมโมเนีย โดยค่า ERPG-1 ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับแล้วสามารถรับรู้กลิ่นแต่ไม่เกิดอาการอันตราย ERPG-2 ความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับแล้วเกิดอาการ และ ERPG-3 ความเข้มข้น 750 พีพีเอ็ม เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับแล้วมีโอกาสเสียชีวิต ดังรูปที่ 5 จากการประเมินความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียด้วยโปรแกรม ALOHA พบว่ามีค่า ERPG-1 เท่ากับ 2,000 เมตร ซึ่งฟุ้งกระจายไปไกลมาก ทั้งนี้เนื่องจากจุดถ่ายเทน้ำยางและจุดเติมแอมโมเนียมีการถมพื้นที่เป็นเนินสูงประมาณ 5 เมตรจากพื้นดินในบริเวณใกล้เคียง และมีการจัดวางถังไว้บริเวณกลางแจ้งมีแสงแดดส่องถึงตลอดเวลา ประกอบกับแม่แอมโมเนียเป็นก๊าซที่เบากว่าอากาศเนื่องจากความหนาแน่นไอเท่ากับ 0.58 [10] แต่แอมโมเนียมีลักษณะของการรั่วแบบสองสถานะ คือแบบ Neutrally Buoyant Gas Dispersion จะมีการกระจายแบบลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน จากนั้นก็จะมีการกระจายแบบ Dense Gas Dispersion ทั้งนี้เนื่องจากความ

หนาแน่นของก๊าซแอมโมเนียเริ่มเจือจางลงเมื่อมีอากาศเข้ามาผสม จึงทำให้ลอยตัวลงสู่ด้านล่างผิวดิน [15] และเมื่อสังเกตบริเวณด้านล่างจากจุดรั่วขึ้นน้ำยาง จะเป็นจุดที่มีการลี้ยงถังกักเก็บ จุบรวมกลุ่มของลูกค้า ห้องประชุม และสำนักงาน ซึ่งมีผู้คนอาศัยอยู่ตลอดเวลาที่มีการทำงาน โดยบริเวณดังกล่าวข้างต้นอยู่ในรัศมีที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียเท่ากับ 150 พีพีเอ็ม ในระยะทาง 921 เมตร (ERPG-2) ซึ่งความเข้มข้นในระดับนี้เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มนุษย์ได้รับแล้วเกิดอาการ และ ERPG-3 ระยะทางเท่ากับ 381 เมตร ซึ่งทำให้เกิดการเสียชีวิต ดังนั้น สกย. นาทวี ควรปรับเปลี่ยนสถานที่จัดเก็บแอมโมเนียในพื้นที่อากาศถ่ายเทได้ดี อยู่ในพื้นที่ราบ ตลอดจนควรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันการหายใจชนิดเต็มหน้าที่มีดัดแปลงไอระเหยของแอมโมเนียให้กับพนักงานรับซื้อน้ำยางเพื่อลดความรุนแรงในกรณีที่ได้รับผลกระทบ และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาในการจำลองการรั่วไหลของแอมโมเนียของโรงงานผลิตสารเคมี พบว่ามีค่า ERPG -3 =1,100 พีพีเอ็ม ERPG-2=160 พีพีเอ็มและ ERPG-1= 30 พีพีเอ็ม [16] ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษานี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานในภาคอุตสาหกรรมจะมีปริมาณการใช้และปริมาณการกักเก็บสารเคมีในถังจำนวนมาก ซึ่งแตกต่างกันกับภาคเกษตรกรรม จึงทำให้เกิดผลกระทบและความรุนแรงสูงกว่า



รูปที่ 5 ระดับความรุนแรง (a) และ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังเก็บ (b) เมื่อใช้โปรแกรม ALOHA

4.2 การกำหนดแผนและการฝึกซ้อมการอพยพจากการรั่วไหลของแอมโมเนีย

จากการประเมินการรั่วไหลของแอมโมเนียโดยใช้โปรแกรม ALOHA พบว่าจุดรวมพลหรือระยะที่ปลอดภัยที่ไม่เสียชีวิต คือ มากกว่า 381 เมตร มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 750 พีพีเอ็ม ดังนั้นบริเวณจุดรวมพลจึงมีการกำหนดให้ห่างจากแหล่งกักเก็บก๊าซแอมโมเนียอยู่ประมาณ 600 เมตร ซึ่งไม่สามารถกำหนดระยะทางจุดรวมพลให้อยู่ในระยะที่ปลอดภัยโดยไม่มีการสัมผัสแอมโมเนียไม่สามารถทำได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่คับแคบและมีจำกัด จึงเลือกให้อยู่ในระยะที่ไม่เสียชีวิตแต่หากสัมผัสแอมโมเนียก็จะมีอาการเกิดขึ้นบ้าง จากการฝึกปฏิบัติแผนฉุกเฉินข้างต้นให้กับพนักงานใน สกย. นาทวี โดยการประเมินระดับความรู้ การฝึกปฏิบัติ ระวังเหตุและอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้ จำนวน 13 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 69.23 มีตำแหน่งการทำงาน ดังนี้ ประชากรกลุ่มรับซื้อน้ำยางสด จำนวน 1 คน (ร้อยละ 7.69) พนักงานรับน้ำยางสด จำนวน 7 คน (ร้อยละ 53.85)

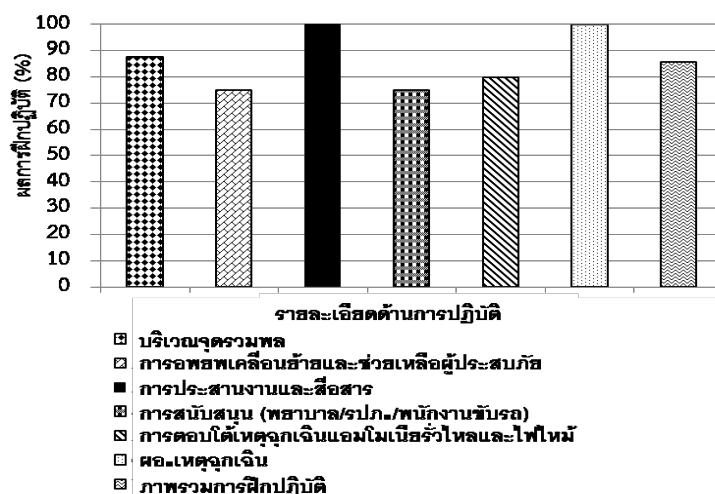
พนักงานการเงินบัญชีและดาซังจำนวน 3 คน (ร้อยละ 23.07) พนักงานวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ DRC และ VFA จำนวน 1 คน (ร้อยละ 7.69) และพนักงานขับรถจะทำหน้าที่รับซื้อน้ำยางสดด้วย จำนวน 1 คน (ร้อยละ 7.69) ซึ่งทุกคนมีบทบาทหน้าที่ชัดเจน โดยมีการฝึกซ้อมดังรูปที่ 6 ซึ่งผลการประเมินการซ้อมระวังเหตุและอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหล พบว่า พนักงานมีระดับความรู้โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยในระดับสูง ($\bar{x} = 0.91$, $SD = 0.07$) แสดงให้เห็นว่า หากมีการฝึกซ้อมปฏิบัติแผนฉุกเฉิน พนักงานสามารถดำเนินการได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ เพราะความรู้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการแสดงออกของบุคคล [17] เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าข้อที่พนักงานได้คะแนนน้อยที่สุดมี 2 รายการ คือ เมื่อเกิดไฟลุกไหม้จุดจัดเก็บแอมโมเนียสามารถใช้ผ้าดับเพลิงเท่านั้น ($\bar{x} = 0.62$, $SD = 0.51$) และ หากมีกลิ่นไอระเหยของแอมโมเนียฟุ้งกระจายทั่วพื้นที่ให้นำผ้าชุบน้ำปิดจมูกหรือใช้ถุงพลาสติกใส่ ๆ ขนาดใหญ่ตัดอากาศแล้วคลุมศีรษะออกจากพื้นที่ปฏิบัติงานโดยเร็ว ($\bar{x} = 0.62$, $SD = 0.51$)



รูปที่ 6 การปฏิบัติฝึกซ้อม ระวังเหตุและอพยพตามแผนฉุกเฉินกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้

สำหรับผลการฝึกปฏิบัติ พบว่า พนักงานสามารถปฏิบัติตามแผน คิดเป็นร้อยละ 85.70 ซึ่งอยู่ในระดับพฤติกรรมดีมาก และใช้ระยะเวลาการอพยพ 4.78 นาทีผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดเอาไว้ (5 นาที) รายละเอียดการปฏิบัติแต่ละทีมดังรูปที่ 7 โดยการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินดังกล่าวข้างต้นทำให้พนักงานเห็นภาพของสถานการณ์การเกิดแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้ จึงทำให้พนักงานมีความรู้ ทักษะ ความชำนาญ และมองเห็นผลเสีย

ของเหตุการณ์ฉุกเฉิน จึงส่งผลให้เกิดพฤติกรรมกรรมการฝึกปฏิบัติที่ดีตามมา เนื่องจากการมีความรู้ที่ถูกต้องจะก่อให้เกิดความเข้าใจและปฏิบัติตามที่ได้รับรู้มา [18] แต่ทั้งนี้ก็มีรายการบกพร่องที่ควรปรับปรุง เช่น ควรมีการนั่งรวมพลตามพื้นที่ที่กำหนด (ส่วนใหญ่ยืน) และควรมีการปิดกั้นบริเวณและการจราจร ตลอดจนควรมีการเตรียมอุปกรณ์เตรียมความพร้อมในการเข้าไปค้นหาผู้ประสบภัย เป็นต้น



รูปที่ 7 คะแนนการปฏิบัติในการฝึกซ้อม ระวังเหตุและอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ความรุนแรงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนีย มี 3 ระดับคือ ERPG-1 (ความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 2,000 เมตร ERPG-2 (ความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม) ระยะทางรั่วไหลเท่ากับ 921 เมตร และ ERPG-3 (ความเข้มข้น 750 พีพีเอ็ม) โดยจากการจำลองควรเลือกจุดรวมพลให้ห่างจากถังกักเก็บแอมโมเนียไม่น้อยกว่ารัศมี 381 เมตร ซึ่งไม่สามารถกำหนดระยะทางจุดรวมพลให้อยู่ในระยะที่ปลอดภัยโดยไม่มีการสัมผัสแอมโมเนียได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่คับแคบ จึงเลือกระยะทางประมาณ 600 เมตร ซึ่งอยู่ในระยะที่ไม่

5.2 จากการฝึกปฏิบัติแผนฉุกเฉินข้างต้น โดยการประเมินระดับความรู้ การฝึกปฏิบัติ ระวังเหตุและอพยพกรณีแอมโมเนียรั่วไหลและเกิดไฟไหม้ พบว่า พนักงานมีระดับความรู้โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยในระดับสูง และจากการฝึกปฏิบัติ พบว่า พนักงานสามารถปฏิบัติตามแผนอยู่ในระดับพฤติกรรมดีมาก และใช้ระยะเวลาการอพยพผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด และเพื่อให้สอดคล้องกับ

กฎหมายกำหนดหน่วยงานต้องมีการฝึกซ้อมแผนข้างต้นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง นอกจากนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการอบรม การจัดทำแผนและซ้อมอพยพแอมโมเนียรั่วไหล โดยให้กลุ่มสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี เป็นต้นแบบและเผยแพร่เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มสหกรณ์กองทุนสวนยางที่รับซื้อน้ำยางสดอื่นๆ ร่วมกัน อันจะนำมาซึ่งการลดความรุนแรงของการรั่วไหลและความสูญเสียขององค์กรต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย (CPM) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมและสุขภาพสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬามหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ เครื่องมือในการดำเนินวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chang, J.I., Lin, C.-C. A study of storage tank accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2006; 19(1): 51–59.

- [2] เดชา สุคนธ์. สาเหตุของก๊าซแอมโมเนียรั่วในอาคารอุตสาหกรรมในประเทศปี 2530-2552. ผลิตภัณฑ์วิชาการ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดสระบุรี พ.ศ. 2551- 2554, 2555 [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://odpc4.ddc.moph.go.th/chkviews.php?ID=19&file=580542525.62401.pdf>
- [3] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงแอมโมเนีย (Ammonia). กรุงเทพฯ:บริษัทเอ็มซีซีลบบัส จำกัด, 2553.
- [4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. แอมโมเนีย: ก๊าซพิษที่ควรหาแนวทางรับมือ, 2555. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/82>
- [5] ไทยบีบีเอสนิวส์. เกิดเหตุก๊าซแอมโมเนียโรงงานผลิตอาหารทะเล จ.ระยอง รั่ว เร่งห้ามพนักงาน 16 คน ส่ง รพ.หลัง สุดดมจนซ็อก, 2559. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://news.thaipbs.or.th/content/7735>
- [6] HSEES. Ammonia Spills in New York State 1993-1998, 2000. [Online] Available: <http://www.health.state.ny.us/nysdoh/envIRON/hsees/ammonia.pdf>
- [7] Hazardous Materials Accident Report. NTSB/HZM-04/01, PB2004-917001, 2003. Washington, D.C.: National Transportation Safety Board, 2004.
- [8] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Sampling and Analytical Methods – 4th Edition, Issue 1, Method 6016. USA: Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Cincinnati, OH, 1996.
- [9] Krupa, S.V. Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review. *Environmental Pollution*, 2003; 124: 179–221.
- [10] ยุทธศรี หล้ามณี. คุณสมบัติของแอมโมเนียและการรั่วซึม. วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย, 2546; 3(8): 10-13.
- [11] EPA & NOAA. ALOHA User's Manual version 5.2.3, 1999. [Online] Available: <http://www.epa.gov/ceppo/cameo/aloha.htm>.
- [12] EPA & CEPP. Risk management program guidance for offsite consequence Analysis, 1999. [Online] Available: <http://www.epa.gov/ceppo>.
- [13] Schell RC., Watson T.B. and Bodhaine B.A, NOAA WP-3D instrumentation and flight operation on AGASP-II, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 1989; 9(11): 3–16.
- [14] กระทรวงแรงงาน. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555, 2556. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.oshthai.org/attachments/article/114/114-1.pdf>
- [15] Louvar, J.F. and B.D. Louvar, Health and Environmental Risk Analysis Fundamental with Application” Prentice Hall PTR Environmental Management &Engineering Series, Prentice Hall PTR, New York, 1998.
- [16] Tseng, M., Su, T.S.& Kuo, C.Y. Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. *Procedia Engineering*, 2012; 45: 384 – 389.
- [17] Bloom, R.W., Nidelkoff, L., and Sierles, F.S. Learning and behavior notification in behavioral science for medical student. Maryland: William & Wilkins, 1973.
- [18] สิริลักษณ์ โสมานุสรณ์. ความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมเสี่ยงกับการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลของพยาบาลสำเร็จใหม่ในโรงพยาบาลเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.