วารสารวิชาการสาธารณสุข
ปีที่ 29 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2563

Journal of Health Science
Vol. 29 No. 2, March - April 2020

นิพนธ์ต้นฉบับ *Original article*

การประเมินการรั่วไหลของสารคลอรีน ในโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา ด้วยโปรแกรม ALOHA และ MARPLOT

มุจลินท์ อินทรเหมือน วศ.ม. (วิศวกรรมความปลอดภัย)
จำนงค์ ธนะภพ ปร.ด. (ระบาดวิทยา)
จันจิรา มหาบุญ Ph.D. (Aviation)
ศิริพร ด่านคชาธาร วศ.ม. (วิศวกรรมความปลอดภัย)
มัตติกา ยงประเดิม วท.ม. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย)
สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

วันรับ:	20 ธ.ค. 2561
วันแก้ไข:	14 มิ.ย. 2562
วันตอบรับ:	14 ก.ค. 2562

บทคัดย่อ คลอรีนเป็นสารที่มีความเป็นพิษ อุบัติภัยการรั่วไหลของคลอรีนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ การวางแผนเพื่อควบคุมมาตรการความปลอดภัยจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบของการรั่วไหลของคลอรีนจากถังเก็บในกระบวนการจ่ายคลอรีนในโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา โดยใช้โปรแกรม ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) และ MARPLOT (Mapping Application for Response Planning and Local Operational Tasks) จำลองสถานการณ์ตามฤดูกาลเป็น 3 ฤดู ผลการศึกษาพบว่าในฤดูร้อนมีระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) สูงสุด ที่ระยะ 852 เมตร รองลงมาคือฤดูหนาวที่ระยะ 825 เมตร และในฤดูฝนที่ระยะ 815 เมตร ในฤดูฝนจะมีการแพร่กระจายของคลอรีนไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูหนาวและฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 2 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเท่ากันที่ระยะ 1.7 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ในฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 3.1 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเท่ากันที่ระยะ 2.6 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นการวางแผนเพื่อรองรับในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในแต่ละฤดูต้องครอบคลุมระยะการแพร่กระจายที่ระดับ ERPG-1, 2 และ 3 สามารถนำข้อมูลไปจัดทำแผนฉุกเฉินกับโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของสารเคมีในลักษณะเดียวกันในพื้นที่ได้

คำสำคัญ: **สารเคมี; คลอรีน; โปรแกรม ALOHA; โปรแกรม MARPLOT; ระยะการรั่วไหล; การอพยพ**

บทนำ

การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรของประเทศอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีอันตรายชนิดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ปัญหาหนึ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้คือ การเพิ่มขึ้นของการเกิดอุบัติภัยจากสารเคมีทั้งในกระบวนการผลิต การจัดเก็บและการขนส่งสารเคมี ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงอย่างมาก จากรายงานข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม ในปี 2560 พบว่า มีการเกิดอุบัติเหตุถึง 174 ครั้ง โดยมีการเกิดสารเคมีรั่วไหล 15 ครั้ง และเกิดการระเบิดถึง 5 ครั้ง[1] และจากการรายงานอุบัติภัยของสารเคมีในภาพรวมในปี 2560 ของกลุ่มข่าวกรองและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค พบว่าเกิดเหตุการณ์ขึ้นทั้งหมด 89 ครั้ง โดยมีลักษณะเหตุการณ์ที่เกิดจากไฟไหม้ จำนวน 43 ครั้ง รองลงมา คือ การรั่วไหลของสารเคมีจำนวน 17 ครั้ง การระเบิด จำนวน 14 ครั้ง อุบัติเหตุการขนส่ง จำนวน 9 ครั้ง การลักลอบทิ้ง จำนวน 4 ครั้ง การปนเปื้อน จำนวน 1 ครั้ง พลุระเบิด จำนวน 1 ครั้ง ตามลำดับ[2] ซึ่งจากข้อมูลทั้งสองแหล่งให้ข้อมูลที่ตรงกันคือการรั่วไหลของสารเคมีเป็นสาเหตุอันดับต้น ๆ ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยส่งเสริมความสามารถในการรวบรวม จัดเก็บและประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดูแลบริหารจัดการสารเคมีอันตรายได้ โปรแกรม ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) [3] เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยหน่วยงาน U.S. Environmental Protection Agency และ National Oceanic and Atmospheric Administration ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบการตอบสนองกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินกรณีเกิดสารเคมีรั่วไหล การเกิดอัคคีภัยรวมถึงการระเบิด โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับ ชนิดของสารเคมี สภาพภูมิประเทศ ลักษณะการรั่วไหล เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โปรแกรม MARPLOT (Mapping Application for Response Planning and Operation) เป็นโปรแกรมที่แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็คทรอนิกส์ แสดงที่ตั้งโรงงาน สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำ และถนน เป็นต้น การนำโปรแกรม CAMEO มาใช้ ทำให้ได้ข้อมูลที่แสดงพื้นที่เสี่ยงจากการรั่วไหลของกสารเคมีตามรัศมีระยะ และทิศทางของการแพร่กระจายเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉิน[4]

ในปัจจุบันหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจำนวนมากได้นำโปรแกรม ALOHA และโปรแกรม MARPLOT มาใช้ในการประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมี เช่น สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำเอกสารวิชาการเรื่องการดำเนินการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านเคมีและรังสี สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเพื่อความพร้อมของบุคลากรในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี (emergency response)[5] กรมควบคุมมลพิษ จัดทำคู่มือการปกป้องประชาชนจากเหตุฉุกเฉินสารเคมีรั่วไหล โดยมีข้อมูลบ่งชี้พื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบและกลุ่มประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมีและสามารถอพยพหรือหลบภัยในอาคารตามสภาพการรั่วไหลของสารเคมี[6] ในส่วนของหน่วยงานเอกชนหลายแห่งนำข้อมูลผลกระทบในกรณีสารเคมีอันตรายรั่วไหลในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประกอบการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA)

การศึกษาของธีรวัฒน์และคณะ[7] พบว่าโปรแกรม ALOHA สามารถใช้วิเคราะห์หารัศมีและรูปแบบของพื้นที่กันชนสำหรับโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย ซึ่งผลการวิจัยพบว่ารูปแบบของพื้นที่กันชนของสาร acrylonitrile สาร benzene และสาร butadiene มีรูปแบบที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของพื้นที่กันชนขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของไอระเหยในสารประกอบอินทรีย์นั้น ๆ นอกจากนี้ความราบเรียบของ

พื้นที่ยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ พื้นที่เปิดโล่งจะมีรัศมีการแพร่กระจายที่มากกว่าโรงงานที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นป่าและชุมชน ชรินทร์ เย็นใจ และคณะ[8] ศึกษาการจัดการระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์การสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ALOHA และ MARPLOT สถานการณ์การรั่วไหลของ Benzene และ Styrene จากโรงงานปิโตรเคมี แสดงผลการแพร่กระจายของสารเคมีในแต่ละจุด โดยข้อมูลจะถูกเตรียมอย่างเป็นระบบพร้อมเรียกใช้เพื่อเป็นข้อมูลตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel การนำโปรแกรม ALOHA มาใช้ในต่างประเทศเพื่อจัดนำข้อมูลมาใช้ในการเตรียมความพร้อมในการรองรับกรณีฉุกเฉิน Tseng JM และคณะ[9] ศึกษาการรั่วไหลของสารเคมี 3 ชนิดได้แก่ คลอรีน (chlorine), epichlorohydrin และ phosgene จากถังเก็บซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากในโรงงาน 3 แห่ง ผลการศึกษาที่ได้จะวิเคราะห์ตาม emergency response planning guidelines (ERPG) พบว่าการรั่วไหลของ phosgene ก่อให้เกิดอันตรายมากที่สุด รองลงมาคือ chlorine และ epichlorohydrin ตามลำดับ ผลที่ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงในพื้นที่แต่ละจุด ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ดังกล่าวในอนาคต และ Anjana, NS และคณะ[10] ศึกษาผลการวิเคราะห์การรั่วไหลของแอมโมเนียที่เก็บรักษาในเขตอุตสาหกรรม ในสภาวะอากาศที่แตกต่างกัน 4 ฤดู แสดงให้เห็นถึงพื้นที่ได้รับผลกระทบความเป็นพิษ และประชากรที่ได้รับผลกระทบในพื้นที่ที่ต่างกัน เพื่อจัดการการอพยพในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

คลอรีนถือเป็นสารพิษและมีความอันตรายต่อสุขภาพ ถูกนำมาใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตน้ำประปา น้ำยางข้น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยาฆ่าแมลง สารทำความเย็น ผลิตพลาสติก ผลิตกระดาษ ผลิตอาหาร และเป็นสารเคมีหลักในกระบวนการผลิตถุงมือยาง จากจำนวนโรงงานที่ผลิตถุงมือยางในจังหวัดสงขลาที่ได้นำคลอรีนเหลวมาใช้มีจำนวน 6 โรงงาน[11] และเมื่อปี พ.ศ. 2557 เคยเกิดเหตุรั่วไหลทำให้ต้องอพยพคนงานออกจากโรงงานทั้งหมด 240 คนออกจากพื้นที่ และคนงานจำนวน 46 คนที่ต้องนำตัวส่งโรงพยาบาล[12] ผู้วิจัยจึงสนใจที่นำโรงงานนี้มาเป็นตัวอย่างโดยกำหนดสถานการณ์จำลองการรั่วไหลของสารเคมีคลอรีนในโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา ศึกษาการรั่วไหลของคลอรีนในกระบวนการจ่ายคลอรีน และศึกษาผลกระทบการรั่วไหล โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA ร่วมกับ โปรแกรม MARPLOT เพื่อดูผลกระทบกรณีเกิดการรั่วไหลในฤดูกาลที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยใช้โปรแกรม ALOHA สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในการประเมินการแพร่กระจายของสารเคมี กรณีรั่วไหลไปในอากาศ

เครื่องมือ

โปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) version 5.4.7 ซึ่งเป็นระบบที่ฟรีลิขสิทธิ์

โปรแกรม MARPLOT (Mapping Application for Response Planning and Local Operational Tasks) version 4.2.2 ซึ่งเป็นระบบที่ฟรีลิขสิทธิ์

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาสถานการณ์การรั่วไหลของคลอรีนโดยใช้โปรแกรม ALOHA และโปรแกรม MARPLOT โดยเก็บข้อมูลในช่วงปี 2561 โดยข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนเป็นค่าเฉลี่ยทั้งปี โดยการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจ่ายก๊าซคลอรีน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับก๊าซคลอรีน ซึ่งเป็นสารเคมีในกระบวนผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา กำหนดสภาพเงื่อนไข (scenario) โดยพิจารณาจากโอกาสในการเกิดขึ้นข้อมูลทางด้านภูมิอากาศ เช่น

อุณหภูมิ ความเร็วลม ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์โดยจากสถิติข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาของในปี 2560 ในจังหวัดสงขลาเฉลี่ยตามฤดูกาลทั้งปี โดยสภาวะที่ใช้ศึกษา ดังตารางที่ 1

การจำลองสถานการณ์การรั่วไหลของคลอรีน ในรูปของแผนที่การกระจายตัวของสารเคมี (toxic threat zone) ด้วยโปรแกรม ALOHA และ MARPLOT โดยอ้างอิงพิกัดจีพีเอส (co-ordinate reference) โดยจำลองการรั่วไหลจากถังเก็บคลอรีน (storage tank) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ยาว 210 เซนติเมตร ความจุของถัง 1,000 กิโลกรัม มีปริมาณสารเคมีในถังร้อยละ 85 ของปริมาตรถังเพื่อให้มีที่ว่างในการขยายตัวของก๊าซ โดยเกิดรูรั่วขนาด 0.5 นิ้วตรงข้อต่ออ่อน (flexible connection failure) โดยจำลองสถานการณ์ในฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรม ALOHA มีรายละเอียดสำหรับการจำลองสถานการณ์รั่วไหลของคลอรีนในกระบวนการจ่ายคลอรีน ซึ่งลักษณะของถังบรรจุคลอรีนเป็นถังทรงกระบอกวางในแนวนอน (horizontal cylinder) ขนาด 1,000 กิโลกรัม โดยจัดเก็บสูงสุดที่ร้อยละ 85 ของถังเก็บในอาคาร ตามภาพที่ 1

การศึกษานี้ได้จำลองสถานการณ์เพื่อประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของคลอรีนซึ่งมีระบบการจ่ายคลอรีนในกระบวนการผลิตผ่านทางท่อ การรั่วของคลอรีนในโรงงานนี้เกิดจากข้อต่ออ่อนชำรุด (flexible connection failure) โดยกำหนดขนาดรูรั่ว 0.5 นิ้ว จำลองสถานการณ์ในช่วงฤดูกาลที่แตกต่างกันในช่วงปี 2561 โดยใช้ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม จากข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสงขลาปี 2560[13] นำมาหาค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ มาใช้เป็นค่ากลางในการประเมินผลกระทบการรั่วไหลของคลอรีน มีการจำลองสถานการณ์ 1 ครั้ง ในเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงที่มีการจ่ายคลอรีนในปริมาณสูง และใช้เวลาในการจำลองการรั่วไหลเท่ากับ 60 นาที สภาพภูมิประเทศของบริเวณที่มีการรั่วไหลเป็นพื้นราบไม่มีสิ่งกีดขวางและเป็นพื้นที่ชนบท ข้อมูลในตารางที่ 1

ภาพที่ 1 ลักษณะของถังเก็บคลอรีน

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์รั่วไหลของคลอรีน

รายการ	สถานการณ์ที่ 1 ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.)	สถานการณ์ที่ 2 ฤดูหนาว (ต.ค.-ก.พ.)	สถานการณ์ที่ 3 ฤดูร้อน 3 (ก.พ.-พ.ค.)
อุณหภูมิเฉลี่ย (temperature) (oC)	29.1	26.7	29.1
ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย (humidity)	92	79	66
ความเร็วลมเฉลี่ย (wind speed)	6.1	3.05	3.05
ทิศทางลม (wind direction)	ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ลักษะการรั่วไหล (model of release)	Direct release	Direct release	Direct release
Cloud cover	50%	50%	50%
End time	60 นาที	60 นาที	60 นาที
Model	Heavy gas dispersion	Heavy gas dispersion	Heavy gas dispersion

ทำการวิเคราะห์รัศมีการแพร่กระจายของคลอรีนด้วยโปรแกรม ALOHA จากการจำลองสถานการณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลจากถังเก็บสารเคมี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ALOHA นำผลที่มีข้อมูลทำนายความเข้มข้นและบริเวณพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของคลอรีนจากถังเก็บ และนำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรม MARPLOT เพื่อแสดงระยะทางที่ได้รับผลกระทบในพื้นที่เกิดเหตุจริงในการนำระยะที่ปลอดภัยมาเป็นข้อมูลในการวางแผนอพยพจากการรั่วไหลของคลอรีน

การวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผล

ค่าที่ได้จากการประเมินการรั่วไหลของคลอรีนโดยใช้โปรแกรม ALOHA คือพื้นที่ที่ได้รับคลอรีนในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 3 ระดับที่แบ่งตาม Emergency Response Planning Guidelines ได้แก่

- ERPG-1 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่อาจเริ่มมีผลต่อสุขภาพ โดยผลเมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีผลต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย ชั่วคราว หากเป็นกลิ่นก็ไม่มากจนเป็นการรบกวน

- ERPG-2 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่อาจเริ่มมีผลต่อสุขภาพ โดยเมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมงนั้นมีผลต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย สามารถหายได้ (reversible) และไม่ทำให้สูญเสียความสามารถที่จะป้องกันตนเอง เช่น หลีกหนีจากพื้นที่ เป็นต้น

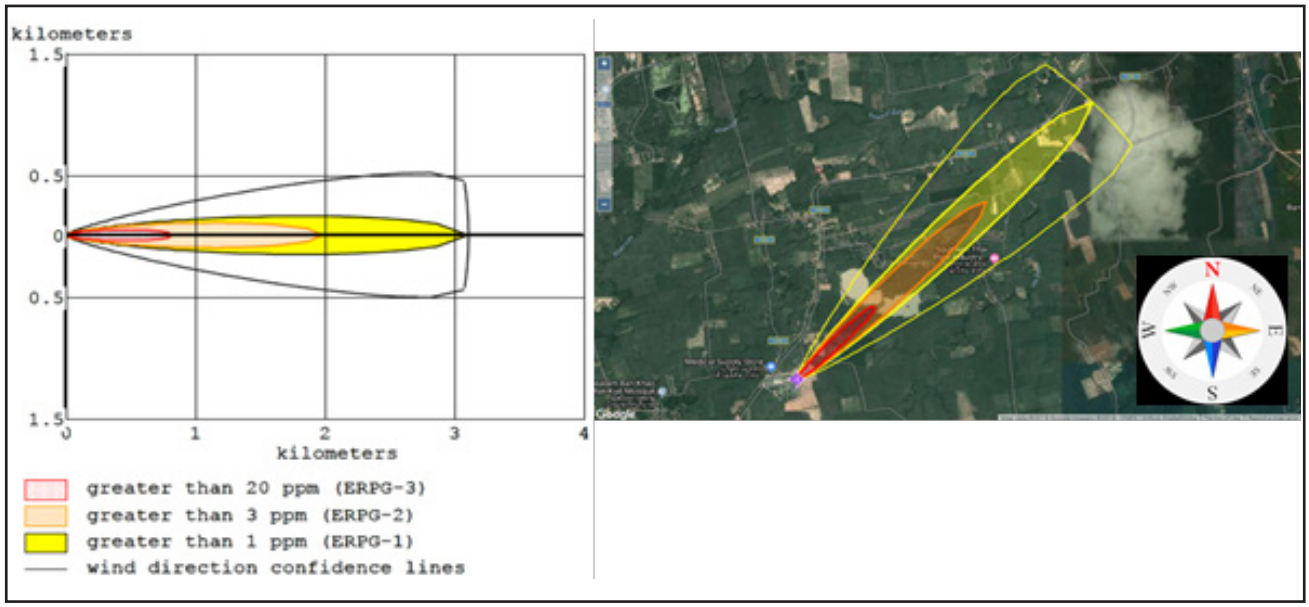
- ERPG-3 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่อาจเริ่มมีผลต่อสุขภาพ เมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีผลกระทบต่อสุขภาพในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต (experiencing or developing life-threatening health effects)[14]

ผลการศึกษา

ผลการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนจำนวน 1 ถัง โดยจำลองการรั่วไหล 1 ครั้งในแต่ละสถานการณ์พบว่า ในฤดูฝน ทิศทางการรั่วไหลไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีค่า ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) ที่ระยะ 815 เมตร ค่า ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ที่ระยะ 2 กิโลเมตร และค่า ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ที่ระยะ 3.1 กิโลเมตร ดังภาพที่ 2

จากการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนในฤดูหนาวพบว่า มีการรั่วไหลไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่า ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) ที่ระยะ 825 เมตร ค่า ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ที่ระยะ 1.7 กิโลเมตร และค่า ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ที่ระยะ 2.6

ภาพที่ 2 ผลจากการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนในฤดูฝนที่ความเร็วลม 6.1 เมตร/วินาที ลมพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้

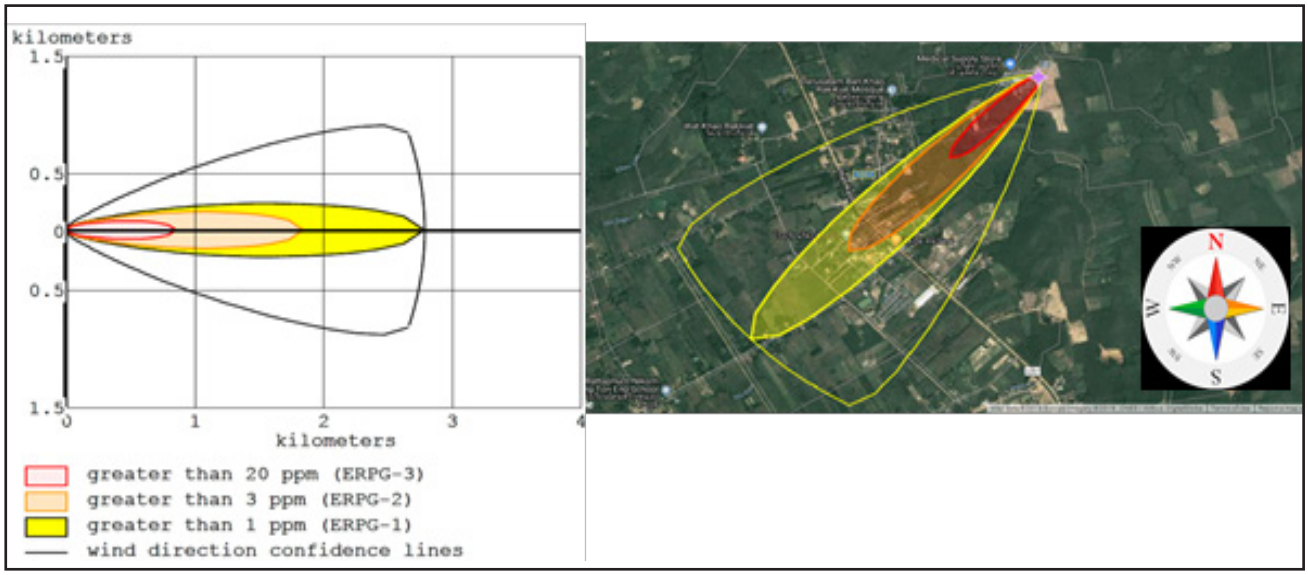


กิโลเมตร ดังภาพที่ 3

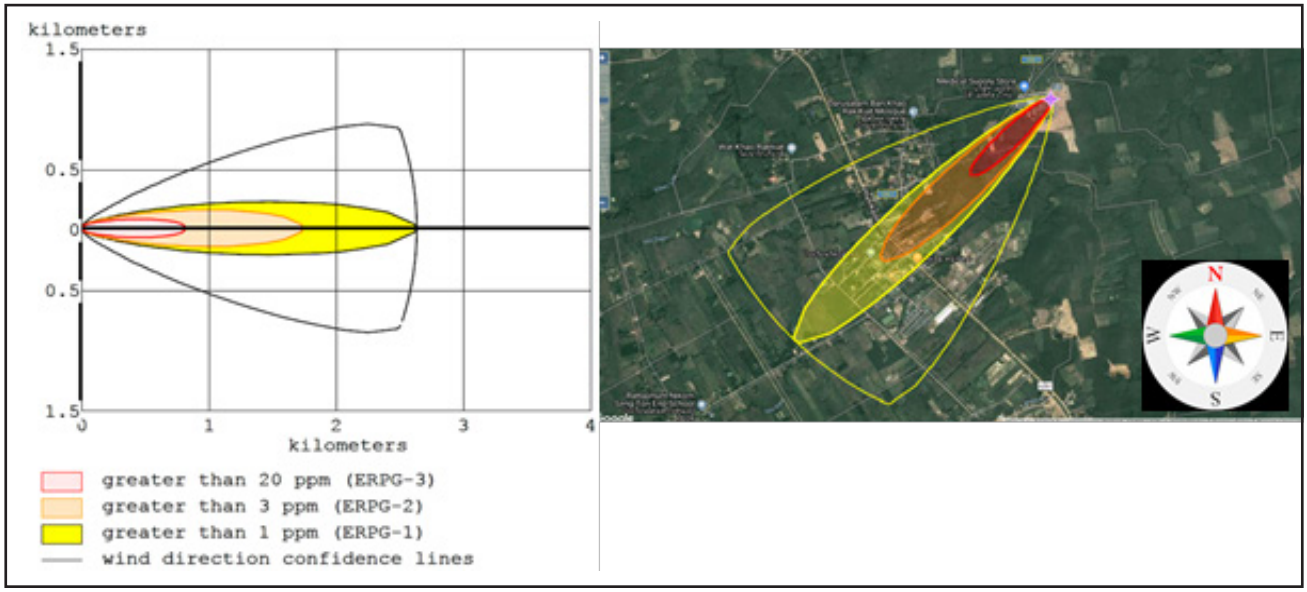
จากการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนในฤดูร้อนพบว่า มีการรั่วไหลไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่า ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) ที่ระยะ 852 เมตร ค่า ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ที่ระยะ 1.8 กิโลเมตร และค่า ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ที่ระยะ 2.8 กิโลเมตร ดังภาพที่ 4

ผลการจำลองสถานการณ์การรั่วไหลของคลอรีนใน 3 ฤดู พบว่าความรุนแรงของการรั่วไหลของคลอรีนในระดับ ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) ในฤดูร้อนมีระยะการรั่วไหลสูงสุดที่ 852 เมตร โดยมีการแพร่กระจายไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในระดับ ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ในฤดูฝนมีระยะการรั่วไหลสูงสุดที่ 2 กิโลเมตร แพร่กระจายไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือในระดับ

ภาพที่ 3 ผลจากการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนในฤดูหนาวที่ความเร็วลม 3.05 เมตร/วินาที ลมพัดจากทิศตะวันออก-เฉียงเหนือ



ภาพที่ 4 ผลจากการจำลองการรั่วไหลของคลอรีนในฤดูร้อนที่ความเร็วลม 3.05 เมตร/วินาที ลมพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ในฤดูฝนมีระยะการรั่วไหลสูงสุดที่ 3.1 กิโลเมตร และแพร่กระจายไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังตารางที่ 2

วิจารณ์

จากผลการศึกษาการรั่วไหลของคลอรีนใน 3 ฤดู พบว่า ในฤดูร้อนมีระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-3 (ความเข้มข้น 20 ppm) สูงสุด ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสแต่ไม่อันตรายต่อชีวิตที่ระยะ 852 เมตร รองลงมาคือฤดูหนาวที่ระยะ 825 เมตร และในฤดูฝนที่ระยะ 815 เมตร ซึ่งการรั่วไหลจะกระจายไปตามทิศทางลมในแต่ละฤดู โดยในฤดูฝนจะมีการแพร่กระจายของคลอรีนไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนฤดูหนาวและฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นการวางแผนเพื่อรองรับในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในฤดูร้อนที่ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-3 ต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 852 เมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูหนาวต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 825 เมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และฤดูฝนต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 815 เมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัสและหายได้ ในฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 2 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในส่วนของฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเท่ากันที่ระยะ 1.7 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ระยะการรั่วไหลที่ระดับ ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพของผู้ที่สัมผัส ไม่มีกลิ่นรบกวน ในฤดูฝนมีระยะการแพร่กระจายสูงสุดที่ระยะ 3.1 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในส่วนของฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเท่ากันที่ระยะ 2.6 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

ทั้งนี้ค่าที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ในการศึกษาครั้งนี้เป็นค่าเฉลี่ย หากในวันที่เกิดเหตุรั่วไหลจริงมีค่าความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยจะทำให้ระยะการรั่วไหลมากกว่าผลที่ได้จากการศึกษานี้ หากในวันที่เกิดเหตุรั่วไหลจริงมีค่าความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยจะทำให้ระยะการรั่วไหลน้อยกว่าผลที่ได้จากการศึกษานี้ ซึ่งโรงงานสามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคาดการณ์เพื่อเตรียมรับภาวะฉุกเฉินได้

จากผลการศึกษาฤดูที่ต่างกันส่งผลต่อระยะและทิศทางที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลที่ต่างกันเนื่องจากทิศทางลม รวมทั้งความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ที่ต่างกัน โดยพบว่าเมื่อความเร็วลม และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีระยะการแพร่กระจายเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลทำให้เพิ่มระยะการกระจายเช่นกันแต่ความเข้มข้นของคลอรีนที่แพร่กระจายจะลดลงเนื่องจากคุณสมบัติของความชื้นหรือน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดทางเคมี (ในฤดูฝนความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งหมายถึงการมีน้ำละลายอยู่ในอากาศในปริมาณมาก) ดังที่สังเกตได้จากในฤดูฝนค่า ERPG-2 (ความเข้มข้น 3 ppm) และ ERPG-1 (ความเข้มข้น 1 ppm) ซึ่งเป็นการแพร่กระจายในกรณีความเข้มข้นต่ำจะมีระยะการแพร่กระจายที่ไกลกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อน อีกทั้งใน 3 ฤดู การแพร่กระจาย

ตารางที่ 2 ผลการเกิดผลกระทบข้อมูลระดับ ERPG จากการจำลองกรณีคลอรีนรั่วไหลสถานการณ์ต่าง ๆ

Toxic Levels of concern	Concentration levels	ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.)	ฤดูหนาว (ต.ค.-ก.พ.)	ฤดูร้อน (ก.พ.-พ.ค.)
ERPG-3	>20 ppm	815 m.	825 m.	852 m.
ERPG-2	>3 ppm	2.0 km.	1.7 km.	1.7 km.
ERPG-1	>1 ppm	3.1 km.	2.6 km.	2.6 km.

ของคลอรีนไปในทิศทางที่เป็นถนนอันเป็นเส้นทางหลักในชุมชน และเส้นทางการอพยพในการเข้าระงับเหตุ ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับ Chitumalla PK และคณะ[15] ที่ได้แนะนำวิธีการปฏิบัติสำหรับกรณีนี้โดยให้วางแผนจัดการการจราจรในเส้นทางหลักพร้อมทั้งจัดเส้นทางสำรองในการอพยพเพื่อลดอันตรายจากการสัมผัสสารเคมี

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าฤดูกาลที่ต่างกันส่งผลต่อความรุนแรงและลักษณะการแพร่กระจายของสารคลอรีน ดังนั้นสถานประกอบการหรือหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินจึงควรเก็บข้อมูลผลการประเมินการรั่วไหลของสารเคมีอันตรายในแต่ละสถานการณ์ และในวันเกิดเหตุจริงต้องใช้ข้อมูลสภาพอากาศ ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์เพื่อเป็นข้อมูลในการจำลองสถานการณ์ที่ตรงความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับทีมฉุกเฉินทั้งภายในและหน่วยงานภายนอก เช่น หน่วยงานเทศบาลท้องถิ่น ศูนย์บรรเทาสาธารณภัยท้องถิ่น โรงพยาบาล เป็นต้น ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการเข้าตอบโต้เหตุได้รวดเร็วและปลอดภัย ควรจัดให้มีการฝึกซ้อมแผนการอพยพกรณีรั่วไหลของสารเคมีเพื่อให้พนักงานมีความรู้ในขั้นตอนต่าง ๆ อย่างถูกต้อง โดยมีการประเมินผลการฝึกซ้อม มีการประเมินระดับความรู้ ซึ่งงานวิจัยของธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ[16] ได้ศึกษาการรั่วไหลของแอมโมเนียในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี พบว่าพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมจะมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการอพยพในกรณีสารเคมีรั่วไหล ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการสัมผัสสารเคมี ดังนั้นสถานประกอบการควรให้ความสำคัญในการฝึกปฏิบัติกรณีคลอรีนรั่วไหลเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน การวิจัยในครั้งนี้สามารถนำผลประเมินการรั่วไหลของคลอรีนในโรงงานผลิตถุงมือยางไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นที่มีการใช้คลอรีนในกระบวนการผลิตและมีสภาพแวดล้อม เช่น ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้นในลักษณะเดียวกันไปใช้ได้

การวิจัยนี้สามารถนำผลไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นมีการใช้คลอรีนที่มีรูปแบบเดียวกัน ในสถานการณ์เดียวกันได้ ดังนั้นโรงงานที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของสารเคมีควรจัดให้มีการจำลองสถานการณ์การรั่วไหล เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนฉุกเฉินสำหรับโรงงานนั้น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลสารเคมีที่นำมาสร้างสถานการณ์จำลองจากโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สรุปการเกิดอุบัติเหตุจากกรมโรงงานประจำปี 2560 [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 14 ธ.ค. 2561]. แหล่งข้อมูล: http://oaep.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2018/07/accident60.pdf
2. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. สถิติอุบัติภัยในการทำงาน 2560 [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 14 ธ.ค. 2561]. แหล่งข้อมูล: http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation/Chemical%20accident2560.pdf
3. กรมควบคุมมลพิษ. โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 14 ธ.ค. 2561]. แหล่งข้อมูล: http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_cameo.html#s4
4. Daniels WJ, Miller A. Computer resources for planning and responding to chemical emergencies. Applied occupational and environmental hygiene. 2001;16(6):645-8.
5. กระทรวงสาธารณสุข. การเตรียมความพร้อมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านสารเคมีสำหรับการอบรมหลักสูตรการพัฒนาศักยภาพทีมปฏิบัติการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านสารเคมีและรังสี ระดับพื้นที่สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข (ครู ก.) [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 14 ธ.ค. 2561]. แหล่งข้อมูล: https://ddc.moph.go.th/uploads/files/516d3690487e-c64a3c4d20ea6f04d421.pdf

6. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการปกป้องประชาชนจากเหตุฉุกเฉินสารเคมีรั่วไหล [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 14 มี.ค. 2562]. แหล่งข้อมูล: http://infofile.pcd.go.th/haz/Hazard%20Analysis.pdf?CFID=1930848&CFTOKEN=41326519
7. ธีรวัฒน์ สุวรรณสิน, จิตรา รู้กิจการพานิช. การวิเคราะห์พื้นที่กันชนของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ไอ ระเหย. Engineering Journal of Research and Development. 2015;26(4):93-100.
8. ชรินทร์ เย็นใจ, วันเพ็ญ วิโรจนกูฎ. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉินกรณีสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA, MARPLOT, Google Earth และ Microsoft Excel. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2015;10(1):15-25.
9. Tseng JM, Su TS, Kuo CY. Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. Procedia Engineering. 2012;45:384-9.
10. Anjana NS, Amarnath A, Nair MH. Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system. Journal of Environmental Management 2018;210:201-9.
11. Medical Devices Inteligence Unit. รายชื่อผู้ประกอบการผลิตถุงมือยางในจังหวัดสงขลา [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 14 มี.ค. 2562]. แหล่งข้อมูล: http://medicaldevices.oie.go.th/CompanyList.aspx?tid=3&id=55
12. NationTV. ข่าวการรั่วไหลของคลอรีนในจังหวัดสงขลา [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [สืบค้นเมื่อ 14 มี.ค. 2562]. แหล่งข้อมูล: http://www.nationtv.tv/main/content/378434545/
13. กรมอุตุนิยมวิทยา. ภูมิอากาศสงขลา [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 14 ธ.ค. 2561]. แหล่งข้อมูล: http://climate.tmd.go.th/data/province/ใต้ฝั่งตะวันออก/ภูมิอากาศสงขลา.pdf
14. American Industrial Hygiene Association. ERPGs. [Internet]. [cited 2019 Mar 14]. Available from: https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/ERPGIntroText.pdf
15. Chitumalla PK, Harris D, Thuraisingham B, Khan L. Emergency response applications: Dynamic plume modeling and real-time routing. IEEE Internet Computing 2008;1(1):38-44.
16. ธนาวัฒน์ รักกมล, ธิติมา ณ สงขลา, มณี ศรีชะนันท์. การจำลองการรั่วไหลแอมโมเนียเพื่อจัดทำแผนและฝึกซ้อมอพยพให้กับพนักงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2560;24(1):130-41.

Abstract: Consequence Evaluation of Chlorine Release in Latex Glove Manufacturing by ALOHA and MARPLOT

Mujalin Intaramuean, M.Eng. (Safety Engineering); Chamnong Thanapop, Ph.D. (Epidemiology); Junjira Mahaboon, Ph.D. (Aviation); Siriporn Darnkachatarn, M.Eng. (Safety Engineering); Muttika Yongpraderm, M.Sc. (Industrial Hygiene and Safety)

School of Public Health, Walailak University, Thailand

Journal of Health Science 2019;28:211-20.

Chlorine is a toxic substance. Its leakage causes severe health effects and maybe lethal. Planning to control relevant safety measures is critically important. The purpose of this study was to evaluate the effect of chlorine leakage from storage tanks in chlorine dispensing process in a rubber glove factory in Songkhla province. Seasonal simulations were performed for 3 seasons by using ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) and MARPLOT (Mapping Application for Planning and Local Operational Tasks). The results showed that in the summer, there was a maximum leakage at ERPG-3 (20 ppm concentration) at and escape distance of 852 meters, in winter at 825 meters and in the rainy season at 815 meters in the rainy season. There will be a spread of chlorine to the northeast. Winter and summer will spread to the southwest. Leakage distance at ERPG-2 (concentration 3 ppm). The rainy season has the highest spread at a distance of 2 kilometers to the northeast. Winter and summer are equal at 1.7 kilometers to the southwest. The leakage level at the ERPG-1 level (concentration 1 ppm) in the rainy season has the highest spread at a distance of 3.1 kilometers to the northeast. Winter and summer are equal at 2.6 kilometers to the southwest. Therefore, planning to support in the event of an emergency in each season must cover the spread at ERPG-1, 2 and 3 levels. Which can use the leakage distance to be used in the preparation of emergency plans with factories that are at risk of chemical leakage in the same area.

***Keywords*: chemical; chlorine; ALOHA; MARPLOT; leakage distance; evacuation**