อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัย

การสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชาวบ้าน ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้โอโซน

Using Ozone for Phenol Decontamination in Shallow Groundwater Used for Consumption at Nong-Nea Subdistrict, Panomsarakarm District, Chachoengsao Province

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเรศวร
วันลงทะเบียน 25 ส.ค. 2559
เลขทะเบียน 1690907
เลขหมู่ TD 426 ว162ร 2556

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ และ คณะ
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก
กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะวิจัย

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์

นางสาวทิพย์วรรณ ทองบุศย์

และ นายธัญญทิตย์ อิ่มเที่ยง

หน่วยวิจัยเชิงบูรณาการด้านการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน และการนำทรัพยากรธรรมชาติ กลับมาใช้ใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย

และ

สถานความเป็นเลิศ เพื่อความยั่งยืนด้านสุขภาวะ สิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กันยายน 2558

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรประจำปี 2557 ภายใต้รหัสโครงการ R2557C055 ขอขอบพระคุณทุนสำหรับจัดทำเครื่องผลิตและผสมโอโซน 40 เครื่องจากสำนักนายกรัฐมนตรี ผ่านจังหวัดฉะเชิงเทรา ขอขอบคุณช่อง 3 สำหรับการติดตามรายงานข่าวการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนให้ชุมชนหนองแหนจนแล้วเสร็จ ขอขอบคุณบริษัท ปตท ที่บริจาคถังบรรจุน้ำ 1000 ลิตรให้ชุมชนหนองแหน 40 ใบอันนำมาใช้สำหรับการจ่ายโอโซน และที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณพี่จร เนาวโอภาส พี่พล พี่ทิพย์ อ.มนัส โต๋ว์ เตย พี่แก้ว พี่อาด พี่นันหญุง พี่นันอบต พี่สาน พี่มูล พี่อ๊อด พี่ดวงเดือน พี่ปราโมทย์ และ พี่น้อง ต.หนองแหนทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามที่ร่วมงานวิจัยกันเพื่อลดผลกระทบจากการปนเปื้อนสารอันตรายแก่ชุมชน

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์

กันยายน 2558

บทคัดย่อ

ในห้วงสองสามปีที่ผ่านมาสังคมไทยได้รับรู้เกี่ยวกับปัญหาการปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบวิถีชุมชนและคุณภาพชีวิตของประชาชนในวงกว้าง เกิดการตื่นตัวของหลายชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนสารพิษ กรณีตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความตื่นตัวของชุมชนอันก่อให้เกิดการร่วมมือกับนักวิจัยและภาคส่วนต่างๆเพื่อการแก้ไขปัญหาโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนคือ กรณีของชุมชน ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทราที่ถูกลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมปนเปื้อนสารฟีนอล (Phenol) และสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Total Petroleum Hydrocarbons) ในปริมาณสูงลงในบ่อลูกรังร้าง จนชุมชนทนไม่ไหวรวมตัวกันล้อมจับรถนำน้ำเสียมาลักลอบทิ้งและเรียกร้องให้หน่วยงานรัฐเข้ามาบรรเทาทุกข์

สารฟีนอลเป็นสารอันตรายที่ทำให้เกิดการระคายเคืองและเป็นพิษต่อตับ นอกจากนี้ยังอาจแปลงเป็นสารก่อนมะเร็งคือเพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) ได้หากนำน้ำมาทำการฆ่าเชื่อด้วยคลอรีนเพื่อการดื่ม สารฟีนอลแพร่กระจายปนเปื้อนน้ำบ่อตื้นที่ชุมชนหนองแหนใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค (ชุมชนไม่มีน้ำประปาใช้) เกินค่ามาตรฐานสูงสุดถึง 250 เท่า ประเมินกันว่ากว่า 800 ครัวเรือนอยู่ในสภาวะเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารฟีนอลและตรวจพบ 40 ครัวเรือนมีสารฟีนอลปนเปื้อนเกินค่าที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ในเดือน ธันวาคม 2555 ส่วนผู้ใหญ่ประจบ เนาวโอภาส แกนนำชุมชนถูกลอบยิงเสียชีวิตอันเนื่องมาจากการเรียกร้องให้แก้ปัญหาการลักลอบทิ้งดังกล่าว

คณะวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.) (นำโดย ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์) ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช.) และกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.) ลงพื้นที่ช่วยเหลือชุมชนตามคำร้องขอของชุมชนผ่าน สช. ภายใต้บันทึกความร่วมมือ มน. สช. สส. ตั้งแต่ต้นปี 2556 โดยได้ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นร่วมกับประชาชน และได้เสนอแผนการจัดการความเสี่ยงตามหลักวิชาการเพื่อตอบโจทย์ของชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ 1) แผนการจัดการลดความเสี่ยงระยะสั้นคือ การบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภคบริโภคของชุมชน และ 2) แผนการจัดการความเสี่ยงระยะกลางคือการฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายในบริเวณพื้นที่ลักลอบทิ้ง และบริเวณลำห้วยตาดน้อยที่อาจพาสารฟีนอลจากแหล่งกำเนิดไปสู่ชุมชนได้

จากการวางมาตรการจัดการความเสี่ยงดังกล่าวนำมาสู่งานวิจัยนี้ซึ่งศึกษาและพัฒนาเครื่อง**ผลิตและผสมโอโซนลงน้ำบ่อตื้นอันเป็นมาตรการระยะสั้นเร่งด่วนในการลดการรับสัมผัสสารฟีนอลผ่านการอุปโภค-บริโภคของชุมชนหนองแหน**

จากการประเมินศักยภาพธรรมชาติบำบัดของการปนเปื้อนในพื้นที่พบว่ามีศักยภาพธรรมชาติบำบัดที่อัตรา 0.056 ต่อเดือน ซึ่งจากการประมาณตามความสัมพันธ์ดังกล่าวคาดการณ์ได้ว่าอาจต้อง

ใช้เวลาถึง 68 ปีกว่าธรรมชาติจะบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นที่ ต.หนองแหน จนถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำที่จุดใช้น้ำ (Point-of-Use Treatment) ที่ชุมชนสามารถใช้งานได้เองระหว่างที่การปนเปื้อนยังคงอยู่ซึ่งหากไม่มีการกำจัดแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนเพิ่มเติมการปนเปื้อนนี้อาจจะคงค้างอยู่นานถึง 68 ปี

ด้วยเหตุนี้ชุมชนจึงได้ประสานกับรองผู้ว่าราชการจังหวัดฉะเชิงเทราเพื่อของบประมาณแก้ไขผลกระทบเร่งด่วนจากรองนายกรัฐมนตรี เพื่อผลิตและติดตั้งเครื่องจ่ายโอโซน 40 เครื่องสำหรับ 40 ครัวเรือน โดยผลิตตามต้นแบบที่คณะวิจัยของ ดร.ธนพล ศึกษาออกแบบในงานวิจัยนี้ จากการวิจัยทดลองใช้จริงในภาคสนามและติดตามประสิทธิภาพการบำบัดฟีนอลในน้ำ 1000 ลิตร พบว่าเครื่องโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลที่ปนเปื้อนเกินมาตรฐาน 500 เท่าได้ในเวลา 2 ชม.ที่กำลังการจ่ายโอโซน 60% ทำให้ชุมชนใช้น้ำได้อย่างปลอดภัยตามเดิม โดยยังพบว่านอกจากสลายสารฟีนอลได้แล้วโอโซนยังช่วยฆ่าเชื้อโรคและตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสอีกด้วย โดยทุกขั้นตอนการศึกษา ติดตั้งเครื่อง และแจ้งผลการประเมินได้ทำโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชน จากการประเมินผลจากแบบสอบถามพบว่าประชาชนมีความมั่นใจว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำด้วยตนเองที่ครัวเรือนได้ และมีความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องมือด้วยตนเอง

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	9
	2.1 สารฟีนอล	9
	2.2 เทคโนโลยีทางเลือกในการบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น)	15
	2.3 โอโซนสำหรับการบำบัดฟีนอล	16
3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	19
	3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	19
	3.2 วิธีการทดลอง	19
4	**ผลการศึกษา และการอภิปลายผล**	23
	4.1 การปนเปื้อนสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นที่ ต. หนองแหน และศักยภาพของธรรมชาติบำบัด (Natural Attenuation)	23
	4.2 การออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนและการทดสอบความสามารถในการสลายสารฟีนอลในห้องปฏิบัติการ	29
	4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสลายฟีนอลในน้ำภาคสนาม	39
	4.4 การติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 ชุด และติดตามประสิทธิภาพในการบำบัดสารฟีนอล และ ฝึกอบรมชุมชน	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

5 สรุปผลการวิจัย และ การเผยแพร่งานวิจัย 49

5.1 สรุปผลการวิจัย 49

5.2 สรุปผลผลิตจากการวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัย 51

ภาคผนวก 57

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	แผนที่ชุมชนหนองแหนและแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนรอบๆชุมชน.....	2
1-2	(ซ้าย) สารฟีนอลซึ่งเป็นสารอันตรายและเกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรม และ (ขวา) สารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเกิดเองตามธรรมชาติและไม่เป็นอันตราย	3
1-3	ฟาร์มหมูหลายแห่งมีลูกหมูแรกคลอดตายยกครอก แม่หมูแท้ง คลอดก่อนกำหนด ลูกหมูพิการแรกคลอด แม่หมูเบื่ออาหาร น้ำนมแห้ง ลูกหมูผอม โตช้า จนบางฟาร์มต้องปิดกิจการ.....	4
2-1	สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols) มากมายหลาย ชนิดและสารฟีนอลพื้นฐาน (Phenol) (ในวงกลมเส้นประ).....	11
2-2	สารลิกนินอันเป็นสารในกลุ่มสารโพลีฟีนอล (Polyphenols).....	12
2-3	(ซ้าย) สารเพนตะคลอโรฟีนอล และ (ขวา) สารบิสฟีนอล เอ อันเป็นสารประกอบฟีนอลจากอุตสาหกรรม.....	13
2-4	การเปลี่ยนสารฟีนอลเป็นสารคลอโรฟีนอลโดยกระบวนการเติมคลอรีน (เช่น การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาโดยการเติมคลอรีน).....	14
2-5	การผลิตโอโซนโดย Corona Discharge.....	17
2-6	การสลายสารฟีนอลด้วยโอโซนได้ผลผลิตเป็นกรดคาร์บอนิก (กรดอ่อนมากซึ่งพบตามธรรมชาติ) ซึ่งไม่มีอันตราย.....	17
2-7	อัตราการสลายสารอินทรีย์อันตรายโดย Oxidant ต่างๆรวมทั้งโอโซน.....	18
2-8	ตัวผสมโอโซนลงน้ำแบบปั่นป่วน (Turbulent Mixing Unit).....	18
3-1	ระบบบำบัดสารฟีนอลแบบติดตั้งที่จุดใช้น้ำโดยใช้เครื่องผลิตและผสมโอโซนที่เสนอแนวคิดในงานวิจัยนี้.....	21
3-2	ถังทดลองสลายสารฟีนอลโดยโอโซนในห้องปฏิบัติการขนาด 40 ลิตร.....	22
4-1	การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนในน้ำเสียอุตสาหกรรมลักลอบทิ้งเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากน้ำฝนไหลบ่าและน้ำใต้ดินที่เคลื่อนที่ตามกลไกธรรมชาติทำให้ยิ่งเวลาผ่านไปนานก็ยิ่งเกิดการขยายตัวของการปนเปื้อนมากขึ้นเท่านั้นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย.....	24
4-2	การแพร่กระจายของสารฟีนอลในแหล่งน้ำชุมชนหนองแหนตั้งแต่ถูกพบว่ามีการลักลอบทิ้ง (มี.ค. 2555 จนถึง มี.ค. 2557).....	25-28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-3	แนวโน้มธรรมชาติบำบัดของสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น ต.หนองแหน.....	29
4-4	แผนผังการทำงานของเครื่องผลิตโอโซน.....	31
4-5	Corona Discharge (a) รุ่นแรก และ (b) รุ่นสอง.....	32
4-6	ผลการสลายสารฟีนอลด้วยโอโซน C/C0 แสดงความเข้มข้นของสารฟีนอลคงเหลือต่อความเข้มข้นของสารฟีนอลตั้งต้น (500 µg/L) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสารฟีนอลสลายไปหมดในเวลาน้อยกว่า 1 ชม.....	33
4-7	(a) โอโซนตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสในน้ำทำให้ได้ตะกอนสีแดง (เหล็ก) และ ดำ (แมงกานีส) และสามารถกรองออกได้ (b) หากไม่ตกตะกอนและกรองเหล็กและแมงกานีสในน้ำออกก่อน ก็จะไปตกตะกอนในห้องน้ำ หรือทำให้เกิดคราบตอนใช้น้ำในการซักล้าง.....	33-34
4-8	จลนพลศาสตร์ของการสลายสารฟีนอลที่ 0.5 mg/L ในน้ำบ่อตื้นที่ ต.หนองแหน ขนาด 1000 L โดยเครื่องผลิตและผสมโอโซนที่กำลังการผลิต 30%, 60%, และ 90% โดยใช้และไม่ใช้สารส้ม 15 mg/L.....	40
4-9	การปรับ pH จากกรดอ่อนๆให้กลับมาเป็นกลางโดยการเติมโอโซน.....	40
4-10	ผลการตรวจสอบอากาศเบื้องต้นพบว่ามีค่าโอโซนในอากาศในระดับที่ปลอดภัย	41
4-11	ภาพตัวอย่างการติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 เครื่องถูกติดตั้งที่บ้านเรือนและโรงเรียนชุมชนหนองแหนช่วงเดือน กันยายน ถึง ตุลาคม 2557	42
4-12	การประชุมเพื่อนำเสนอร่างคู่มือการใช้งานเครื่องและรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับแก้คู่มือการใช้งานเครื่องก่อนจะพิมพ์ออกมาแจกจ่ายให้กับชุมชน	43
4-13	การเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการจ่ายโอโซนที่กำลังผลิต60% เป็นเวลา 2 ชม. (a) pH และ (b) แบคทีเรีย E.Coli.....	44
	(a) ความเข้มข้นของโลหะหนักก่อนและหลังการจ่ายโอโซนที่กำลังผลิต 60% เป็นเวลา 2 ชม. และ (b) ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดด้วยการตกตะกอนโดยโอโซน.....	45
4-14	ตัวอย่างเอกสารชี้แจงผลการตรวจน้ำของแต่ละครับเรือนหลังจากการบำบัดด้วยโอโซน และให้แนะนำพร้อมทั้งตอบข้อซักถามรายกรณี.....	46
5-1	ต้นแบบเครื่องผลิตและผสมโอโซนสำหรับการสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5-2 หนังสือราชการ “ด่วนที่สุด” จากสำนักนายกรัฐมนตรีขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.นเรศวรเร่งพัฒนาระบบบำบัดน้ำให้ครัวเรือน และ หนังสือรับรองการใช้งานเครื่องผลิตและผสมโอโซนโดยประธาน อบต. หนองแหน นายจรเนาวโอภาส..... 52

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

2-1	ตัวอย่างคุณลักษณะ ที่มา และความเป็นพิษของสารประกอบฟีนอลและโพลีฟีนอลประเภทต่างๆ	14
2-2	เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียทางเลือกเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำปนเปื้อนสารฟีนอล	15
4-1	พัดลมบอลแบริ่งดูดอากาศเข้าระบบ	35
4-2	ชุดไส้กรองน้ำ (water filter)	36
4-3	หน่วยผลิตโอโซน	36
4-4	ชุดระบบอัดอากาศ	36
4-5	ระบบตัดตอนและควบคุม	37
4-6	ระบบผสมออกซิเจนกับน้ำ	37
4-7	แผงควบคุมวงจร	37
4-8	ไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน หยุดการทำงานและความผิดปกติ	38
4-9	สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความจำเป็นของการใช้เครื่องโอโซน.	46
4-10	สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความเข้าใจในการใช้เครื่องโอโซน	47
4-11	สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องโอโซน	47
4-12	สรุปแบบสำรวจปริมาณน้ำที่ผลิตโดยใช้เครื่องโอโซนใน 2 อาทิตย์แรก (1 ถัง = 1000 ลิตร)	47
4-13	สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความมั่นใจในการใช้เครื่องโอโซน	48
4-14	สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อเหตุผลที่ทำให้มั่นใจในการใช้เครื่องโอโซน	48
5-1	การเปรียบเทียบการใช้เทคนิคสลายฟีนอลด้วย Oxidants	50

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

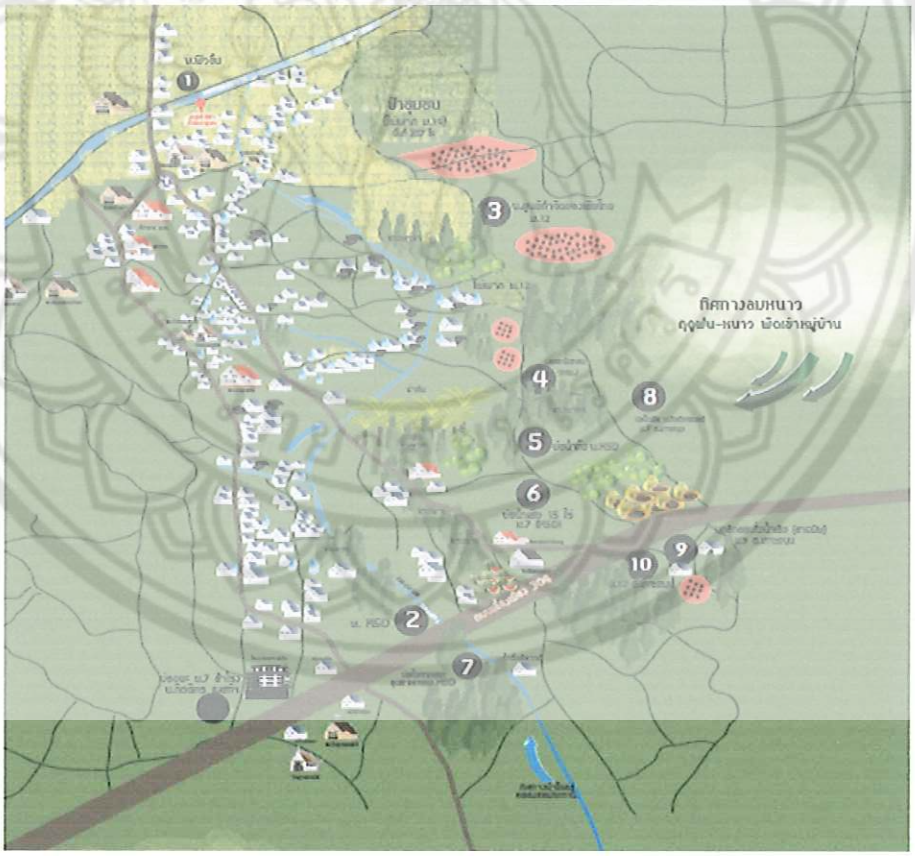
มาตรา 5 ในหมวด 1 ของพระราชบัญญัติสุขภาพแห่งชาติกล่าวว่า “บุคคลมีสิทธิในการดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพ บุคคลมีหน้าที่ร่วมกับหน่วยงานของรัฐในการดำเนินการให้เกิดสิ่งแวดล้อมและสภาพแวดล้อมตามวรรคหนึ่ง” นักวิชาการหรือนักวิจัย และสถาบันการศึกษาถือเป็นบุคคลหรือนิติบุคคลที่มีความองค์ความรู้เฉพาะทางและมีความรับผิดชอบต่อสังคมโดยตรงในการช่วยเหลือบุคคลที่ได้รับผลกระทบดังกล่าวให้มีสิทธิในการดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพ ยกตัวอย่างเช่น ชาวชุนหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทราที่ได้รับผลกระทบจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมในบ่อน้ำร้างจนกระทั่งไม่สามารถใช้น้ำบ่อตื้นได้เนื่องจากการปนเปื้อนสารอันตราย เช่น สารฟีนอล ในน้ำบ่อตื้นของหลายครัวเรือน

บริบทของชุมชนและที่มาของการปนเปื้อนสารอันตรายในน้ำบ่อตื้น

ตำบลหนองแหนประกอบไปด้วย 15 หมู่บ้าน กว่า 3,000 ครัวเรือน มีประชากรราว 9,000 คน มีเนื้อที่รวม 45,625 ไร่ ลักษณะการใช้พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนา รองลงมาเป็นที่อยู่อาศัย ทำสวน ทำไร่ พื้นที่สาธารณะ เช่น ป่าชุมชน และอื่นๆ ลักษณะการใช้พื้นที่สอดคล้องกับการประกอบอาชีพของชุมชนคือเป็นพื้นที่ศักยภาพด้านการผลิตอาหาร ทั้งเกษตรกรรม เช่น สวนมะม่วงของดีเมืองแปดริ้ว มะละกอ แตงโม ผักพื้นบ้าน ไร่มันสำปะหลัง สวนยางพารา เป็นต้น และการปศุสัตว์ เช่น ฟาร์มหมู ส่งขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ [1,2]

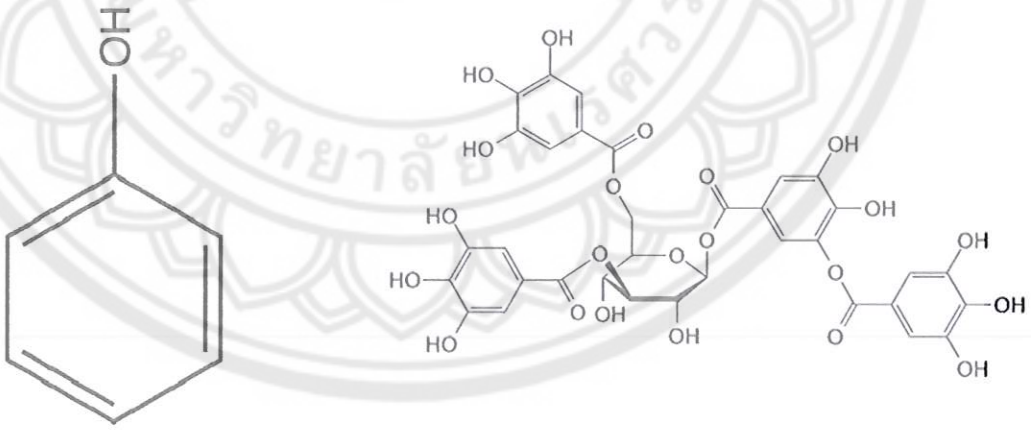
ประมาณปี 2545 มีนายทุนจากภายนอกเริ่มเข้ามาหาซื้อที่ดินเพื่อขุดหน้าดินลูกรังขาย ทำให้เกิดเป็นบ่อดินร้างกระจายอยู่โดยรอบชุมชน ภายหลังมีนายทุนกลุ่มใหม่มาขอซื้อบ่อดินร้างดังกล่าว ในราวๆ ปี พ.ศ.2555 ชาวบ้านเริ่มสังเกตเห็นว่ามีรถบรรทุกวิ่งเข้าออกในชุมชนปริมาณมาก และพบว่ารถเหล่านี้บรรทุกเอาเอาน้ำเสียอุตสาหกรรมและกากของเสียอันตรายมาลักลอบทิ้งในบ่อดินร้างดังกล่าว จนกระทั่งในวันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 ชาวบ้านตำบลหนองแหนได้รวมตัวกันล้อมจับรถลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมในบ่อดินลูกรังขนาด 15 ไร่ (ต่อไปจะขอเรียกว่าบ่อ 15 ไร่) ก่อนแจ้งตำรวจให้จับกุมรถบรรทุกที่ลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมดังกล่าว และคัดค้านการประกันตัว จนเป็นข่าวในสื่อสารมวลชนอย่างต่อเนื่อง [1,2,3,4] ต่อมาบริษัทที่รับของเสียมาลักลอบทิ้งยอมรับผิดต่อศาล

และขอรับผิดชอบทำการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้เองโดยได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษามาดำเนินการ ถึงกระนั้นก็ตามจากการลงพื้นที่ของหลายหน่วยงานทั้งหน่วยงานราชการ ภาคประชาชน และนักวิชาการพบว่านอกจากบ่อ 15 ไร่แล้วยังมีจุดลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม และบริษัทรับกำจัดการอุตสาหกรรมที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมชองชุมชนหนองแหนได้มากกว่า 10 แหล่งกำเนิดการปนเปื้อน ยกตัวอย่างเช่นจากข้อมูลจากกรมสอบสวนคดีพิเศษ (DSI) และสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ แสดงให้เห็นว่ามีการลักลอบทิ้งกากของเสียอันตรายหลายจุดทั้งในตำบลหนองแหนและใกล้เคียง โดยพื้นที่หนองแหนมีจุดเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) โรงงานรีไซเคิลน้ำมันซึ่งตั้งอยู่ติดกับคลองชลประทาน ตรงกันข้ามกับจุดสูบน้ำเพื่อทำประปาหมู่บ้าน และโรงงานรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมซึ่งตั้งอยู่ติดริมลำห้วยตาดน้อยที่ไหลไปยังหมู่บ้าน 2) หลุมฝังกลบขยะทั้งขยะจากกทม. และกากของเสียจากโรงงาน และ 3) บ่อดินลูกรังซึ่งมีการลักลอบทิ้งกากของเสียฯ ซึ่งจุดเสี่ยงเหล่านี้ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ต้นน้ำ โดยที่ชุมชนอยู่ท้ายน้ำ อนึ่งชาวบ้านตำบลหนองแหนเกือบทุกบ้านมีบ่อน้ำตื้นเพื่อใช้อุปโภค บริโภค เลี้ยงสัตว์และการเกษตร (รูปที่ 1-1) [1]



รูปที่ 1-1 แผนที่ชุมชนหนองแหนและแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนรอบๆชุมชน [1]

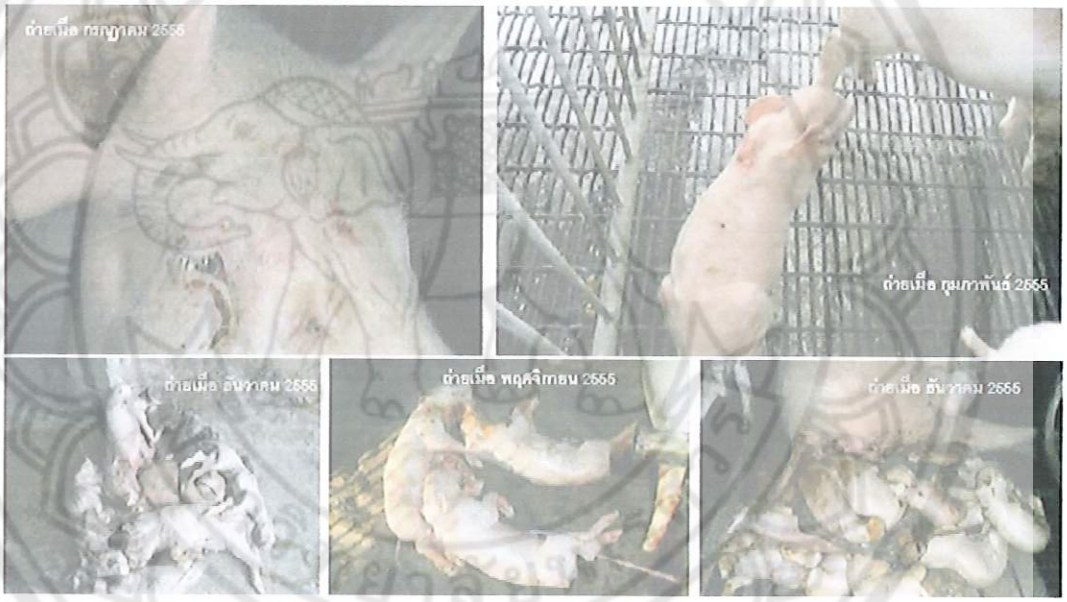
สิ่งที่น่าเป็นห่วงคือจากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล พบว่ามีการปนเปื้อนสารอันตรายโดยเฉพาะสารฟีนอล (C_6H_6O) (มิใช่สารประกอบจำพวกโพลีฟีนอลตามธรรมชาติทั่วไป เช่น แทนนิน ซึ่งไม่เป็นอันตราย) (รูปที่ 1-2)ในบ่อน้ำตื้นหลายบ่อในลักษณะกระจายทั่วพื้นที่หนองแหน ทั้งนี้พบว่าน้ำบ่อตื้นของชาวบ้านมากกว่า 14 ครัวเรือนมีสารฟีนอลสูงเกินมาตรฐานน้ำดื่มสูงสุดถึง 250 เท่า (ค่าที่ยอมรับได้สำหรับน้ำดื่มคือ 1 ส่วนในพันล้านส่วนโดยอ้างถึงกรมควบคุมมลพิษ) จึงได้ห้ามชาวบ้านนำมาใช้บริโภค ส่วนบางบ่อบริโภคได้หากมีการบำบัดลดปริมาณเหล็กและแมงกานีสก่อน ทั้งนี้ข้อมูลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของกรมโรงงาน และกรมควบคุมมลพิษก็มีผลไปในทิศทางที่สอดคล้องกันคือพบสารฟีนอล สารฟีนอลเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการอุตสาหกรรมพลาสติกและอื่นๆ และไม่สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ การปนเปื้อนสารอันตรายในแหล่งน้ำดังกล่าวทำให้เกิดข้อสันนิษฐานว่าอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงและสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากในปี 2555 ฟาร์มหมูหลายแห่งมีลูกหมูแรกคลอดตายยกครอก แม่หมูแท้ง คลอดก่อนกำหนด ลูกหมูพิการแรกคลอด (รูปที่ 1-3) แม่หมูเบื่ออาหาร น้ำนมแห้ง ลูกหมูผอม โตช้า จนบางฟาร์มต้องปิดกิจการ มีผลกระทบต่อพืชผลทางการเกษตร ชาวบ้านที่ปลูกผักขายได้ลดลงเนื่องจากผู้บริโภคไม่มั่นใจเรื่องความปลอดภัย อนึ่งในช่วงเวลาที่มีการลักลอบทิ้งน้ำเสียอันตรายในบ่อดิน 15 ไร่ มีชาวบ้านได้รับผลกระทบจากการได้รับกลิ่น มาขอรับการรักษาที่ รพ.สต.หนองแหนและ รพ.สต.ปลายกระจับจำนวนมาก ด้วยอาการที่คล้ายกัน ได้แก่ เวียนศีรษะ มึนงง แสบจมูก หายใจลำบาก อ่อนเพลีย นอกจากนี้พบว่ามีชาวบ้านบางคนตรวจพบสารฟีนอลในกระแสเลือดอีกด้วย [2]



รูปที่ 1-2 (ซ้าย) สารฟีนอลซึ่งเป็นสารอันตรายและเกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรม และ (ขวา) สารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเกิดเองตามธรรมชาติและไม่เป็นอันตราย

ด้วยความเดือนร้อนจากปัญหาการปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวทำให้ชาวชุมชนหนองแหนไม่สามารถใช้น้ำบ่อตื้นในการดำรงชีวิตได้ตามปกติจึงยื่นหนังสือต่อคณะรัฐมนตรีสัญจร ร้องขอให้สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช.) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.) ช่วยแก้ปัญหาการปนเปื้อนสารอันตรายดังกล่าว ซึ่งสำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรีได้มีหนังสือถึงอธิการบดีมหาวิทยาลัยนเรศวร ให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ดำเนินการช่วยเหลือชาวหนองแหน

ภาคีวิจัยร่วม สช. สส. และ มน. ร่วมกับชุมชนหนองแหนลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง วิเคราะห์สารอันตราย และศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น ทำการศึกษาหาระบบบำบัดน้ำบ่อตื้น และน้ำเสียลักลอบทิ้งในบ่อนายมนัส สวัสดี และได้แนวทางและมาตรการในการบำบัดฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายในพื้นที่ตำบลหนองแหน ประกอบด้วย 4 มาตรการดังต่อไปนี้



รูปที่ 1-3 ฟาร์มหมูหลายแห่งมีลูกหมูแรกคลอดตายยกครอก แม่หมูแท้ง คลอดก่อนกำหนด ลูกหมูพิการแรกคลอด แม่หมูเบื่ออาหาร น้ำนมแห้ง ลูกหมูผอม โตช้า จนบางฟาร์มต้องปิดกิจการ

มาตรการที่ 1 การแก้ไขจุดที่กำลังเสี่ยง ควรเร่งดำเนินการก่อนใน 2 จุด ได้แก่

1.1 **การออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภคบริโภคของชาวบ้าน** โดยใช้ระบบบำบัดแบบติดตั้งที่จุดใช้น้ำ ซึ่งได้ทำการประเมินทางเลือกเทคโนโลยีได้ 4 วิธีการได้แก่ **วิธีที่ 1** การใช้ธรรมชาติบำบัดสารฟีนอลและสารอันตรายอื่นๆ โดยการทิ้งไว้ให้ระเหยเอง ร่วมกับการใช้เทคนิค Air Stripping หรือการสร้างฟองให้น้ำพาสารฟีนอลระเหย

ออกไป **วิธีที่ 2** การใช้ธรรมชาติบำบัดโดยการให้จุลชีพย่อยสลาย หรือวิศวกรรมสลายโดยจุลชีพ **วิธีที่ 3** การดูดซับ และ**วิธีที่ 4** การสลายสารฟีนอลและสารอันตรายอื่นๆ ด้วยตัวออกซิไดซ์ (oxidant) ซึ่งเป็นสารที่สามารถดึงอิเล็กตรอนออกจากสารฟีนอลเพื่อแปรสภาพเป็นสารอื่นที่ไม่มีพิษ ทั้งนี้จากการประเมินความเหมาะสมด้านอัตราการผลิตน้ำ ความเป็นไปได้ทางการบำบัด ราคาในการสร้างระบบ ราคาในการเดินระบบ และความยากง่ายในการใช้งานแล้ว สามารถสรุปได้ว่า วิธีการสลายสารฟีนอลด้วยการใช้โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์มีความเหมาะสมที่สุด โดยโอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่เหมาะสมที่สุดเมื่อประเมินการใช้งานและราคา จึงเสนอให้มีการติดตั้งระบบการสลายสารฟีนอลด้วยโอโซนเพื่อบรรเทาความเสี่ยงต่อสุขภาพอันเป็นการจัดการลดความเสี่ยงเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นแล้วและจำเป็นต้องจัดการอย่างเร่งด่วน

1.2 การออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดสารฟีนอลในน้ำเสียอุตสาหกรรมที่ถูกลักลอบทิ้งในบ่อของ คุณมานัส สวัสดี เนื่องจากน้ำในบ่อดังกล่าวเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการลักลอบนำมาทิ้ง และจากการตรวจวิเคราะห์ค่าเคมีทางห้องปฏิบัติการพบว่ามีสารฟีนอลปนเปื้อนในปริมาณที่สูงมาก จึงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่อาจจะทำให้มีการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียงได้ ดังนั้นคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.นเรศวร จึงได้ทำการทดลองบำบัดสารฟีนอลโดยใช้การใช้ระบบไฟฟ้าเคมีร่วมกับการทำปฏิกิริยาด้วยเหล็กประจุศูนย์ซึ่งประสบผลสำเร็จสามารถกำจัดฟีนอลได้อย่างรวดเร็ว และไม่มีสารพิษตกค้างให้จัดการต่อ เนื่องจากฟีนอลสลายเป็นสารไม่มีพิษ ระบบนี้สามารถสร้างเป็นเครื่องที่ใหญ่ขึ้นเพื่อการใช้งานจริงได้ไม่ยาก จึงเสนอให้ดำเนินการสร้างเครื่องดังกล่าวเพื่อบำบัดน้ำเสียลักลอบทิ้งในบ่อของ คุณมานัส สวัสดี โดยเร็วเพื่อลดการรั่วไหลของสารอันตรายสู่สิ่งแวดล้อม

มาตรการที่ 2 การตรวจสอบประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่หลงเหลือหลังจากการจัดการกำจัดแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนไปแล้ว (Removal Action) เช่นบ่อ 15 ไร่ หรือ น้ำเสียที่ถูกลักลอบทิ้งในบ่อของคุณมานัส สวัสดี หรือแหล่งอื่นๆ เพื่อประเมินว่าหลังจากกำจัดแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนไปแล้ว (Removal Action) ยังจำเป็นต้องทำการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน (Remediation) อีกหรือไม่ เนื่องจากเมื่อสารอันตรายถูกทิ้งลงในสิ่งแวดล้อมจะเกิดการแพร่กระจายลงสู่สิ่งแวดล้อมและสารอันตรายอาจจะถูกดูดซับโดยดินและปนเปื้อนน้ำใต้ดินทำให้ดินเป็นแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนทุติยภูมิซึ่งอาจปลดปล่อยสารปนเปื้อนออกมาในภายหลังและทำให้น้ำบ่อตื้นของชาวบ้านมีสารปนเปื้อนได้อีก จึงต้องมีการเก็บตัวอย่างบริเวณรอบๆแหล่งกำเนิดที่ถูกกำจัดไปแล้วและใช้หลักสถิติและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมทำการประเมินเพื่อยืนยันว่าความเสี่ยงคงค้างเหลือน้อย

และยอมรับได้เพื่อจะที่จะไม่ทำอะไรต่อ (ปิดพื้นที่) หรือหากความเสี่ยงคงค้างเกินก็ต้องทำการฟื้นฟูโดยหลักทางวิศวกรรมให้ความเสี่ยงลดลงมาถึงระดับที่ยอมรับได้

มาตรการที่ 3 การป้องกันการปนเปื้อนรั่วไหลของสารอันตรายจากแหล่งกำเนิดที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งการบำบัดฟื้นฟูพื้นที่ที่ตรวจพบว่าปนเปื้อนหลังจากที่แหล่งกำเนิดการปนเปื้อนถูกกำจัดแล้ว โดยทำการสำรวจแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนที่เป็นไปได้ทั้งหมดในพื้นที่ และศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีเคมีของพื้นที่ เพื่อประเมินสภาพการปนเปื้อนและใช้แบบจำลองการเปลี่ยนวัฏภาคและการเคลื่อนที่ของสารอันตราย (Fate and Transport Modeling) ในการประเมินว่าสารปนเปื้อนที่ตรวจพบในแต่ละแหล่งกำเนิด (การปนเปื้อนโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมต่างๆ) จะเคลื่อนที่ไปได้ไกลเพียงใดมีการกระจายตัวของสารปนเปื้อนทั้งแนวนอนและแนวดิ่งอย่างไร และจะก่อให้เกิดความเสี่ยงเท่าใดนับแต่ปัจจุบันจนถึงอนาคต 30 ปีข้างหน้าโดยไม่ต้องรอให้เหตุเกิด ถ้าการประเมินพบว่ามีโอกาสก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมก็ดำเนินการกำจัดแหล่งกำเนิดและฟื้นฟูเลย ฉะนั้นขั้นตอนการสำรวจเพื่อประเมินนี้จึงมีความสำคัญมากแม้จะต้องใช้งบประมาณมากแต่ก็ควรทำเพื่อป้องกันปัญหาในอนาคตซึ่งอาจต้องใช้งบประมาณมากกว่าในการจัดการและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนด้วย

มาตรการที่ 4 การร่วมมือกันของทุกภาคส่วนเพื่อแก้ไขปัญหา โดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจความเสี่ยงในอนาคตของตนเองภายใต้ฐานข้อมูลทางวิชาการที่ถูกต้องและทำงานอย่างสร้างสรรค์เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นมาตรการที่สำคัญมากดังนั้นเจ้าหน้าที่รัฐทั้งส่วนกลางและท้องถิ่น องค์กรพัฒนาเอกชน และเจ้าของกิจการที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนควรได้รับการประชาสัมพันธ์ถึงประโยชน์จากกิจกรรมการแก้ไขปัญหาเก่าและป้องกันปัญหาใหม่เพื่อโอกาสในการร่วมมือกันอันจะนำไปสู่ความสำเร็จ

จะเห็นว่ามาตรการที่เร่งด่วนที่สุดเพื่อบรรเทาความเดือนร้อนของชาวหนองแหนคือ การออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภคบริโภคของชาวบ้านโดยโอโซน ซึ่งจังหวัดฉะเชิงเทราได้ประสานของบประมาณเร่งด่วนจากรองนายกรัฐมนตรี (ดร.ปลอดประสพ สุรัสวดี) และได้รับการอนุมัติงบประมาณ เพื่อจัดทำเครื่องบำบัดสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นโดยใช้**โอโซนจำนวน 40 เครื่องก่อนในเบื้องต้น ซึ่งทางจังหวัดฉะเชิงเทราขอให้สถานความเป็นเลิศเพื่อความยั่งยืนด้านสุขภาวะ สิ่งแวดล้อม และ อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรโดย ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ เป็นผู้จัดทำ อย่างก็ดีการจะจัดทำเครื่องผลิตโอโซนเพื่อสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นนั้นยังไม่เคยมีการทำมาก่อนในประเทศไทย ถึงแม้จะสามารถคำนวณปริมาณของโอโซนที่**

จำเป็นในการสลายฟีนอลได้แต่ก็มีความจำเป็นต้องทดลองสร้างเครื่องผลิตโอโซนต้นแบบและทดสอบให้เห็นผลเชิงประจักษ์ว่าสามารถกำจัดสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นของชาวหนองแหนได้จริงก่อนดำเนินการสร้าง 40 เครื่องเพื่อแจกจ่ายให้กับชาวบ้านตามที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจัดทำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตโอโซนต้นแบบเพื่อการสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชาวบ้าน ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
- เพื่อปรับปรุงเครื่องผลิตโอโซนต้นแบบและเครื่องผสมโอโซนให้สามารถใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ให้ชาวชุมชนหนองแหน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

- ชาวบ้านหนองแหนเกือบทั้งหมดใช้น้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดใดๆ นอกจากสูบมาไว้ที่ถังพัก
- น้ำบ่อตื้นของชุมชนหนองแหนบางส่วนปนเปื้อนด้วยสารฟีนอลและมีเหล็กและแมงกานีสละลายน้ำอยู่เกินค่าที่ยอมรับได้ สารฟีนอลเป็นสารอันตรายดังกล่าวข้างต้น ในขณะที่เหล็กและแมงกานีสละลายน้ำ อาจมาจากธรรมชาติไม่มีอันตรายแต่ทำให้น้ำมีกลิ่นและรสที่ไม่น่าบริโภค
- โอโซนสามารถสลายสารฟีนอลเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย เช่น สารอินทรีย์ธรรมชาติ (ไม่มีอันตราย) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกระบวนการ Oxidation (การดึงอิเล็กตรอนออกจากสารฟีนอล) และสามารถตกตะกอนเหล็ก (Fe^{2+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) ซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้แยกออกมา นอกจากนี้โอโซนยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทำให้น้ำบ่อตื้นของชุมชนหนองแหนปราศจากสารพิษและสามารถใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคได้อย่างปลอดภัย
- หลังจาก 30 นาทีแล้วโอโซนจะคืนสภาพเป็นออกซิเจนตามธรรมชาติ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

- สารฟีนอลเป็นมลสารหลักที่ต้องการสลายในการศึกษานี้
- ใช้น้ำบ่อตื้นจากหนองแหนในการศึกษาและสาธิตการใช้งานในพื้นที่จริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้ผลการทดสอบเครื่องผลิตและผสมโอโซนต้นแบบสำหรับสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชาวบ้าน ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา

บทที่ 2

เอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารฟีนอล

สารฟีนอล (Phenol), สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols หรือ Phenolic Compounds), และสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) มีชื่อเรียกที่ใกล้เคียงกันมากจนเรียกว่าถ้าไม่สังเกตและไม่เข้าใจเคมี ที่มา และความเป็นพิษของสารเหล่านี้อย่างถ่องแท้ก็อาจจะเรียกชื่อสารเหล่านี้สลับกันไปมาและอาจนำไปสู่ความเข้าใจผิดอันนำไปสู่ปัญหาในการจัดการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนกันได้เลยทีเดียว เนื่องด้วยสาร 3 ประเภทนี้แม้จะมีชื่อใกล้เคียงกันและมีลักษณะร่วมกันในโครงสร้างทางเคมีบางประการ แต่กลับมีความเป็นพิษแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ยกตัวอย่างเช่นสารหนึ่งเป็นสารพิษอันตรายถึงชีวิต ในขณะที่อีกสารหนึ่งเป็นสารที่อาจจะมีฤทธิ์บำรุงสุขภาพได้เลยทีเดียว เพื่อชี้ประเด็นความสำคัญของการเข้าใจชนิดของสารเคมีให้ถ่องแท้ เราจึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจในโครงสร้างทางเคมีและความเป็นพิษของสาร 3 ประเภทนี้สักเล็กน้อย

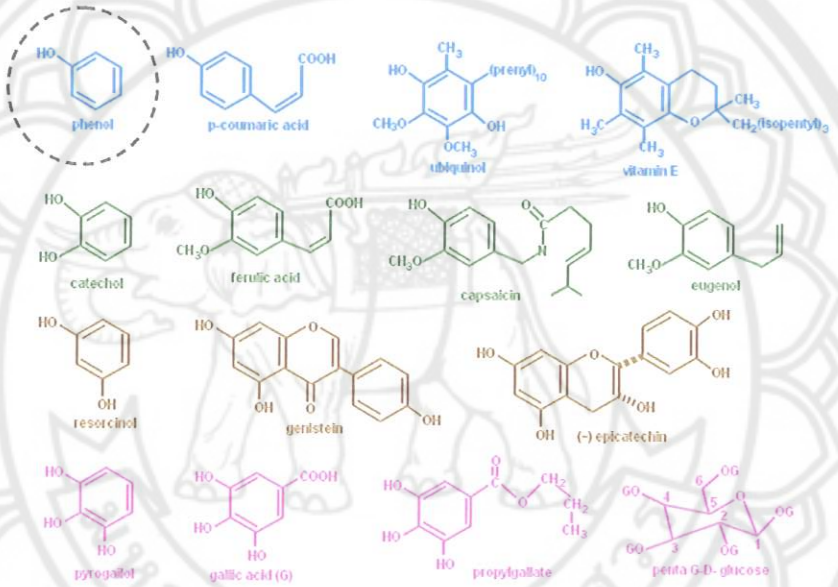
โดยนิยามแล้ว สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols (สังเกตว่าเติม s หลังคำว่า Phenol) หรือ Phenolic Compounds) หมายถึงสารใดๆที่มีองค์ประกอบโครงสร้างทางเคมีเป็นไฮดรอกซิล (-OH) เชื่อมต่อเข้าโดยตรงกับอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (ลักษณะเป็นวงเบนซีน (หกเหลี่ยม) สูตรทางเคมี C_6H_6) โดยสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลที่เป็นรูปพื้นฐานที่สุดคือสารฟีนอล (Phenol (สังเกตว่าไม่เติม s หลังคำว่า Phenol)) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานคือ C_6H_6O กล่าวคือมีไฮดรอกซิล (-OH) 1 อันต่อกับอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (ลักษณะเป็นวงหกเหลี่ยม สูตรทางเคมี C_6H_6) 1 อัน ดังแสดงในวงกลมเส้นประในรูปที่ 2-1 อย่างไรก็ดีมีสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลมีมากมายหลายชนิดดังแสดงในรูปที่ 2-1 คือตราบใดที่มีไฮดรอกซิล (-OH) (อาจจะมากกว่า 1 อันก็ได้) ต่อกับอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนก็ถือเป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols) ทั้งสิ้นแม้ว่าจะมีองค์ประกอบอื่นๆในโมเลกุลด้วย เช่น $-CH_3$, -Cl, $-CH_3O$ เป็นต้น แต่หากสารมีการประกอบกันของหมู่ฟีนอลหลายๆหมู่จนเป็นโครงข่ายของโมเลกุลใหญ่ จะเรียกสารดังกล่าวว่าเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols ซึ่งแปลว่ามีฟีนอลหลายหน่วยประกอบกันนั่นเอง ด้วย poly แปลว่า “หลาย”) รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างของลิกนิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols)

สิ่งที่น่าสนใจและน่าฉงนเป็นอย่างมากก็คือแม้สารเหล่านี้จะมีองค์ประกอบร่วมกันคือมีไฮดรอกซิล (-OH) ต่อกับอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนแต่กลับมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากในหลายๆ

ประเด็น เช่น ต้นกำเนิดและความเป็นพิษ ยกตัวอย่างเช่น สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) พบได้ทั่วไป ส่วนมากเกิดเองตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากพืชและเป็นองค์ประกอบของเปลือกไม้ หรือใบพืช เช่น ลิกนิน แทนนิน (Tannins) และ สารแคทิชิน (Catechin) สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) ที่พบในใบชา เช่น สารแคทิชินนั้นเชื่อกันว่าเป็นสารที่ช่วยบำรุงสุขภาพ เนื่องจากเป็นสารต่อต้านต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกัน สารประกอบฟีนอลบางตัว เช่น วิตามินอี (ดูรูปที่ 21) ก็เป็นสารที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างที่เราทราบๆกันดี ในขณะที่สารประกอบฟีนอลหลายชนิดกลับมักไม่พบตามธรรมชาติ หากแต่เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นโดยมนุษย์เพื่อการอุตสาหกรรม เช่น สารฟีนอล (จากอุตสาหกรรมพลาสติกเพื่อผลิตสารบิสฟีนอล เอ) สารเพนตะคลอโลฟีนอล (เคยมีใช้เป็นยาฆ่าศัตรูพืชแต่แทบจะไม่มีการใช้ในประเทศไทยแล้ว) (ดูรูปที่23) และสารบิสฟีนอล เอ (สร้างมาจากสารฟีนอลพื้นฐานและใช้เพื่อผลิตพลาสติกประเภทโพลีคาร์บอเนต) (ดูรูปที่23) ด้วยเหตุนี้หากพบสารเหล่านี้ในธรรมชาติก็มักจะมีสาเหตุมาจากการจัดการกากอุตสาหกรรมไม่เหมาะสม

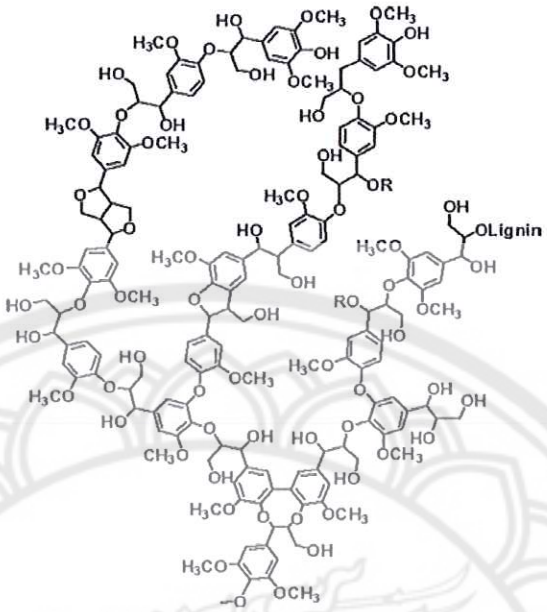
นอกจากนี้หากพิจารณาความเป็นพิษของสารเหล่านี้ดังแสดงในตารางที่ 2-1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสารประกอบฟีนอลในกระบวนการอุตสาหกรรมหลายชนิดมีความเป็นพิษสูงมาก ในขณะที่สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติกลับไม่มีความเป็นพิษ ยกตัวอย่าง เช่น ในขณะที่สารลิกนิน สารแทนนิน และสารแคทิชิน ที่พบตามธรรมชาตินั้นไม่มีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ แต่สารฟีนอล (C_6H_6O) แม้จะไม่เป็นสารก่อมะเร็ง แต่ก็ทำให้เกิดการระคายเคืองอวัยวะภายในและเป็นพิษต่อตับโดยมีค่าค่าอ้างอิงความเป็นพิษ (RfD) ซึ่งคือค่าปริมาณของสารพิษที่รับได้ต่อน้ำหนักตัวคนต่อวัน โดยไม่เกิดผลเสียต่อสุขภาพ (ในหน่วยมิลลิกรัมของสารพิษ ต่อน้ำหนักตัวคนในหน่วยกิโลกรัม ต่อวัน) เป็น 0.3 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อวัน และมีค่าที่ยอมรับได้ในน้ำดื่มเท่ากับ 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร (หมายความว่าหากเรารับสารฟีนอลเข้าสู่ร่างกายมากกว่า 0.3 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ต่อวัน หรือดื่มน้ำปนเปื้อนสารฟีนอลสูงกว่า 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร อย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพดังกล่าว) แต่ถ้าสารฟีนอลถูกสังเคราะห์ต่อเป็นสารบิสฟีนอล จะทำให้เป็นสารก่อมะเร็ง และมีผลกระทบต่อพัฒนาการตัวอ่อน เป็นพิษต่อตับโดยมีค่าค่าอ้างอิงความเป็นพิษ (RfD) เป็น 0.05 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อวัน และมีค่าที่ยอมรับได้ในน้ำดื่มเท่ากับ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร กล่าวคือเป็นพิษมากกว่าสารฟีนอลพื้นฐาน แต่หากสารฟีนอลถูกเปลี่ยนให้เป็นสารเพนตะคลอโรฟีนอล จะเป็นสารที่ทำลายตับไต ทำให้ระคายเคือง เป็นสารก่อมะเร็ง กระทบพัฒนาการตัวอ่อนโดยมีค่าค่าอ้างอิงความเป็นพิษ (RfD) เป็น 0.005 มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม ต่อวัน และมีค่าที่ยอมรับได้ในน้ำดื่มเท่ากับ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร กล่าวคือเป็นพิษมากสุดในตัวอย่างสาร 3 ชนิดที่กล่าวมา อย่างไรก็ดี สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติให้เป็นสารฟีนอล หรือสารบิสฟีนอล เอ ได้ ฉะนั้นสารฟีนอล และบิสฟีนอล เอ หากพบในสิ่งแวดล้อมมักจะมา

จากอุตสาหกรรมเท่านั้น แม้กระนั้นสารคลอโรฟีนอล เช่น สารเพนตะคลอโรฟีนอลสามารถเกิดขึ้นได้หากมีการเติมคลอรีนลงไปในน้ำที่มีสารฟีนอลพื้นฐานปนเปื้อนอยู่ เช่น การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา (รูปที่ 2-4) หรือ น้ำบ่อเพื่อการอุปโภค บริโภค ซึ่งเป็นกระบวนการมาตรฐานที่มักทำกัน ดังนั้นหากน้ำปนเปื้อนสารฟีนอล (C_6H_6O) อยู่ก็สามารถถูกเปลี่ยนรูปเป็นสารเพนตะคลอโรฟีนอล (C_6HCl_5O) และมีความเป็นพิษสูงมากขึ้นถึง 60 เท่าได้ด้วยการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ด้วยเหตุนี้มาตรฐานน้ำดื่มจึงกำหนดให้มีสารประกอบฟีนอลไม่เกิน 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ด้วยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพและสร้างสารเพนตะคลอโรฟีนอล(C_6HCl_5O) จากการเติมคลอรีนในน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอลนั่นเอง



รูปที่ 2-1 สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols) มากมายหลาย ชนิดและสารฟีนอลพื้นฐาน (Phenol) (ในวงกลมเส้นประ)

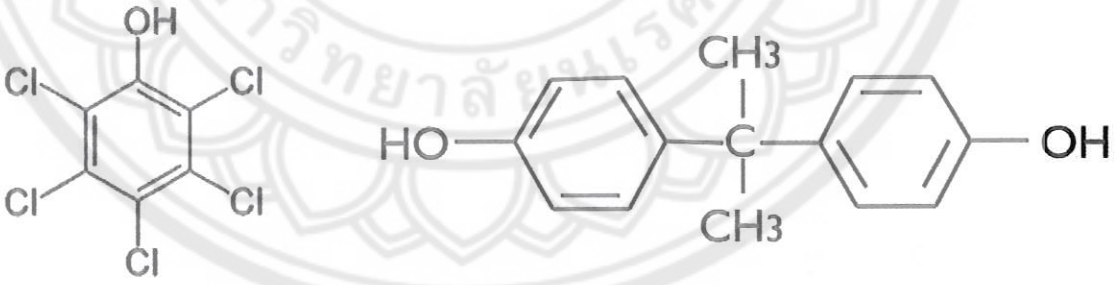
ภาพจาก:http://images.tutorvista.com/cms/images/101/naturally-occurring-phenolic-compounds.png



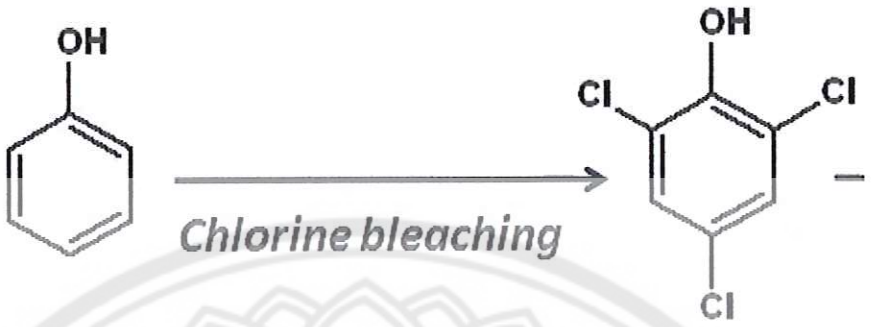
รูปที่ 2-2 สารลิกนินอันเป็นสารในกลุ่มสารโพลีฟีนอล (Polyphenols)
ภาพจาก: http://www.lignoworks.ca/sites/default/files/what-is-lignin.png

ในกรณีของการปนเปื้อนที่หนองแหนก็มีการเข้าใจผิดว่าน้ำเสียที่มีการลักลอบทิ้งนั้นปนเปื้อนแค่สารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) จึงไม่อันตรายและไม่ต้องทำการฟื้นฟู ในขณะที่ความเป็นจริงแล้วเคมีวิเคราะห์โดยละเอียดยืนยันว่าเป็นการปนเปื้อนสารฟีนอลและสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols หรือ Phenolic Compounds) ที่เป็นอันตราย คำถามที่หลายๆท่านอาจจะมีหลังจากได้ศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลก็คือในเมื่อสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenols หรือ Phenolic Compounds) และสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) มีมากมายหลายชนิดขนาดนี้ และมีความแตกต่างกันในความเป็นพิษมากขนาดนี้ เราจะรู้ได้อย่างไรว่าน้ำลักลอบทิ้งที่หนองแหนปนเปื้อนสารฟีนอลที่เป็นอันตรายแค่ไหน หรือจริงๆแล้วแค่ปนเปื้อนสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) ที่ไม่เป็นอันตรายกันแน่ซึ่งถ้าหากน้ำปนเปื้อนสารโพลีฟีนอลก็ไม่จำเป็นต้องทำการฟื้นฟูใดๆ แต่หากปนเปื้อนสารฟีนอล บิสฟีนอลเอ หรือคลอโรฟีนอล ก็อาจจำเป็นต้องฟื้นฟูเพราะเป็นสารอันตรายมาก เราไม่สามารถบอกได้เลยว่าเป็นสารชนิดไหนในน้ำหากเพียงแค่มองดูน้ำด้วยตาเปล่า อย่างไรก็ดีปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์สามารถช่วยเราระบุประเภทของสารประกอบฟีนอลที่ปนเปื้อนได้ ยกตัวอย่าง เช่น วิธี Standard Method หมายเลข 5530 ซึ่งใช้ สาร 4-aminoantipyrine ทำปฏิกิริยากับสารฟีนอล (phenol) และสารฟีนอลซึ่งมีการแทนที่โมเลกุลด้วยหมู่ทางเคมีใดๆที่ตำแหน่ง ortho- และ meta- วิธีนี้จะตรวจไม่พบสารประเภทสารโพลีฟีนอล (แทนนิน ลิกนิน) [7] ดังนั้นจึงทำ

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารฟีนอลพื้นฐาน (ซึ่งเป็นอันตราย) และสารประกอบฟีนอลที่มีหมู่ต่างๆแทนที่ในตำแหน่ง ortho- และ meta- (รวมทั้งคลอโรฟีนอลซึ่งเป็นอันตรายมาก) ได้ถึง 21 ชนิด โดยไม่สับสนกับการวิเคราะห์หาสารประเภทสารโพลีฟีนอล (แทนนิน และ ลิกนิน) เนื่องจากการจะวิเคราะห์หาสารประเภทแทนนิน ลิกนิน จะใช้วิธี Standard Method หมายเลข 5550 ซึ่งใช้สาร tungstophosphoric และ molybdophosphoric acids ทำปฏิกิริยากับ แทนนิน และ ลิกนิน ได้เป็นสีน้ำเงินซึ่งสามารถใช้บ่งบอกความเข้มข้นของสารทั้งสองในน้ำได้ ดังนั้นวิธี Standard Method หมายเลข 5530 จึงเป็นวิธีมาตรฐานสากลที่ใช้วัดสารประกอบฟีนอลในน้ำดื่มและน้ำทิ้งอุตสาหกรรมได้ อย่างไรก็ดีการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นสารประกอบฟีนอลที่วัดได้จากวิธี Standard Method หมายเลข 5530 กับค่าความเข้มข้นที่ยอมรับได้ในน้ำดื่มนั้น มักจะอ้างถึงค่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเป็นพิษของสารเพนตะคลอโรฟีนอล (C_6HCl_5O) ด้วยเหตุที่ว่าวิธี Standard Method หมายเลข 5530 ไม่ได้บอกว่าเป็นสารฟีนอลพื้นฐาน (C_6H_6O) หรือวิธี สารเพนตะคลอโรฟีนอล ในทางปฏิบัติจึงใช้สมมุติฐานว่าเป็นสารเพนตะคลอโรฟีนอลไว้ก่อนเพื่อความรอบครอบในการปกป้องสุขภาพมนุษย์ อย่างไรก็ดีหาต้องการจะจำแนกโดยละเอียดว่ามีสารประกอบฟีนอลชนิดใดบ้างที่ปนเปื้อนน้ำ ก็สามารถทำได้โดยเทคนิคเคมีวิเคราะห์ เช่น เครื่องแยกสารแบบแก๊ส (Gas Chromatography) (GC) โดยตัวอย่างสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมหลายพื้นที่ในตำบลหนองแหนได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้ทั้งวิธี Standard Method หมายเลข 5530 และ เครื่องแยกสารแบบแก๊ส (Gas Chromatography) โดยหลายหน่วยงานภาครัฐและยืนยันการพบสารฟีนอลพื้นฐาน (C_6H_6O) ที่มีความเป็นพิษในแหล่งน้ำ



รูปที่ 2-3 (ซ้าย) สารเพนตะคลอโรฟีนอล และ (ขวา) สารบิสฟีนอล เอ อันเป็นสารประกอบฟีนอลจากอุตสาหกรรม



รูปที่ 2-4 การเปลี่ยนสารฟีนอลเป็นสารคลอโรฟีนอลโดยกระบวนการเติมคลอรีน (เช่น การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาโดยการเติมคลอรีน)

ตารางที่ 2-1ตัวอย่างคุณลักษณะ ที่มา และความเป็นพิษของสารประกอบฟีนอลและโพลีฟีนอลประเภทต่างๆ

ชื่อสาร	ประเภทสาร	ที่มา/การใช้ประโยชน์	ลักษณะความเป็นพิษ	ค่าอ้างอิงความเป็นพิษ (RfD) (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ต่อวัน)	ค่าที่ยอมรับได้ในน้ำดื่ม (ไมโครกรัม ต่อลิตร)	อ้างอิง
ฟีนอล (C_6H_6O)	สารฟีนอล (พื้นฐาน)	อุตสาหกรรม/สารตั้งต้นผลิตพลาสติก	ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ระคายเคือง เป็นพิษต่อตับ	0.3	2000	IRIS, EPA [6]
เพนตะคลอโรฟีนอล (C_6HCl_5O)	สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล	อุตสาหกรรม/ยาฆ่าแมลง	ทำลายตับไต ทำให้ระคายเคือง เป็นสารก่อมะเร็ง กระทบพัฒนาการตัวอ่อน	0.005	1	IRIS, EPA [6]
บิสฟีนอลเอ ($C_{15}H_{16}O_2$)	สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล	อุตสาหกรรม/สารตั้งต้นผลิตพลาสติก	เป็นสารก่อมะเร็ง กระทบพัฒนาการตัวอ่อน พิษต่อตับ	0.05	100 [5]	IRIS, EPA [6]
ลิกนิน แทนนิน แคทิชิน	สารในกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอล	พืช ตามธรรมชาติ/ใบชา อาหารเสริม	ไม่มี	-	-	

2.2 เทคโนโลยีทางเลือกในการบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น

มีหลากหลายทางเลือกในการบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นที่หนองแหน แต่ว่าจากการทบทวนวรรณกรรมโดยอิงถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารฟีนอลพบว่าการใช้ Oxidant เช่น โอโซนในการสลายสารฟีนอลมีความเหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ของชุมชนหนองแหนดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียทางเลือกเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำปนเปื้อนสารฟีนอล

วิธีการ	รายละเอียดการทำงาน	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ
1. ธรรมชาติบำบัด Phenol โดยการทิ้งไว้ให้ระเหยเอง หรือ Air Stripping	สร้างฟองอากาศในน้ำพาให้ฟีนอลระเหยไป	สารฟีนอลระเหยน้อยมากเมื่ออยู่ในน้ำทำให้ทางเลือกนี้ไม่เหมาะสมทางเทคนิค
2. ธรรมชาติบำบัดโดยการให้จุลชีพย่อยสลายหรือวิศวกรรมสลายโดยจุลชีพ	ให้จุลชีพย่อยสลายสารฟีนอลแบบใช้และไม่ใช้อากาศ	การสลายสารฟีนอลแบบไม่ใช้อากาศมีความเป็นไปได้ทางเทคนิค และราคาถูก แต่อัตราการสลายสารช้ามากไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชน และต้องอาศัยความชำนาญในการดูแลระบบ และเดินระบบเป็นพิเศษ
3. การดูดซับ	ใช้ตัวกลางดูดซับสารฟีนอลออกจากน้ำ	เป็นไปได้ทางเทคนิค ราคาไม่แพงนักแต่ต้องการการตรวจระบบเรื่อยๆ และต้องกำจัดของเสียจากกระบวนการบำบัดน้ำซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก
4. การสลาย Phenol ด้วย Oxidants (สารที่สามารถดึงอิเล็กตรอนออกจาก Phenol เพื่อแปรสภาพ Phenol เป็นสารอื่นๆ)	ใช้ออกซิแดนท์ (Oxidants) เช่นคลอรีนไดออกไซด์ และโอโซนในการแปรสารฟีนอลเป็นสารที่ไม่อันตราย	รวดเร็ว ไม่ต้องการการตรวจระบบเรื่อยๆ ไม่ต้องกำจัดของเสียจากกระบวนการบำบัดน้ำ งบลงทุนมีราคาสูงกว่าการดูดซับ

2.3 โอโซนสำหรับการบำบัดฟีนอล

โอโซน (O_3) ถูกสร้างได้จากออกซิเจน (O_2) โดยกระบวนการ Corona Discharge (รูปที่ 2-5) ซึ่งใช้ไฟฟ้าสร้างประจุที่ขั้วไฟฟ้าก่อนปล่อยประจุให้แก่ออกซิเจนที่ไหลผ่านเพื่อสร้างโอโซน โอโซนเป็นออกซิแดนท์ (Oxidant) ที่สามารถรับอิเล็กตรอนจากมลสารและเปลี่ยนมลสารให้กลายเป็นสารไม่มีพิษ ในขณะที่เปลี่ยนตัวเองให้กลับกลายมาเป็นออกซิเจนอีกครั้ง โอโซนสามารถสลายสารอินทรีย์อันตราย เช่นสารฟีนอล (และสารอินทรีย์อันตรายอื่นๆ ที่พบในน้ำบ่อตื้นที่หนองแหน เช่น Bisphenol A และ Phthalate) รูปที่ 2-6 แสดงการเปลี่ยนสารฟีนอลซึ่งเป็นสารอันตรายให้เป็นสารอินทรีย์ตามธรรมชาติที่ไม่เป็นอันตราย เช่นกรดคาร์บอนิก อัตราการสลายสารฟีนอลโดยโอโซนถือว่าไวมาก ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2-7 ว่าโอโซนสลายฟีนอลได้ไวกว่าคลอรีนไดออกไซด์ คลอรีน และเฟอเรต งานวิจัยมากมายยืนยันประสิทธิภาพของโอโซนในการสลายสารฟีนอลยกตัวอย่างเช่น [8-13] อย่างไรก็ดี งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาการสลายโอโซนในน้ำเสีย ไม่ใช่ในน้ำบ่อตื้น หรือน้ำใต้ดินดังกรณีของชุมชนหนองแหน เนื่องจากไม่ควรมีการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในน้ำใต้ดิน ถึงกระนั้นก็ตามโอโซนสามารถสลายฟีนอลในน้ำบ่อตื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพถ้าได้รับการออกแบบปริมาณโอโซนและการผสมโอโซนลงน้ำได้อย่างเหมาะสม

การออกแบบปริมาณโอโซนที่เหมาะสมคือการออกแบบที่เผื่อความเข้มข้นของโอโซน (มวลของโอโซนต่อชั่วโมง) ให้เพียงพอในการดึงอิเล็กตรอนจากสารที่พร้อมจะให้อิเล็กตรอนในน้ำทั้งหมดทุกตัวนอกเหนือจากสารฟีนอลที่ต้องการทำปฏิกิริยาสลาย ยกตัวอย่างเช่นในน้ำบ่อตื้น และน้ำใต้ดินจะมีเหล็ก (Fe^{2+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) คาร์บอเนต ซึ่งละลายอยู่ รวมทั้งสารอินทรีย์ตามธรรมชาติที่อาจทำให้น้ำมีสีและกลิ่น ซึ่งสารเหล่านี้ล้วนแล้วแต่สามารถแปลสภาพโดยการให้อิเล็กตรอนแก่โอโซนทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องคำนวณความเข้มข้นของโอโซนเพื่อการทำปฏิกิริยากับสารเหล่านี้เพื่อให้มีโอโซนเหลือเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับสารฟีนอลที่ต้องการจะบำบัดด้วย [8]

เมื่อคำนวณความเข้มข้นของโอโซนที่ต้องใช้ได้อย่างเหมาะสมแล้วอีกปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดประสิทธิภาพของการใช้โอโซนเพื่อการสลายสารปนเปื้อนคือการผสมโอโซนลงในน้ำซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธีคือการใช้หัวฟู (Diffuser) การใช้เวนจูรี่ (Venturi) และการใช้ตัวผสมแบบปั่นป่วน (Turbulent Mixing Unit) (ดูรูปที่ 2-8) ซึ่งตัวผสมแบบปั่นป่วนสามารถผสมโอโซนลงน้ำได้ประสิทธิภาพสูงถึง 90% [8] หลังจากทำปฏิกิริยาสลายสารปนเปื้อนแล้วโอโซนที่เหลือคงค้างจะแปรสภาพกลับเป็นออกซิเจนในเวลาประมาณ 22 นาที ซึ่งถือเป็นกระบวนการบำบัดสารอันตรายในน้ำที่ไม่ทิ้งสารอันตรายคงค้างในกระบวนการบำบัด

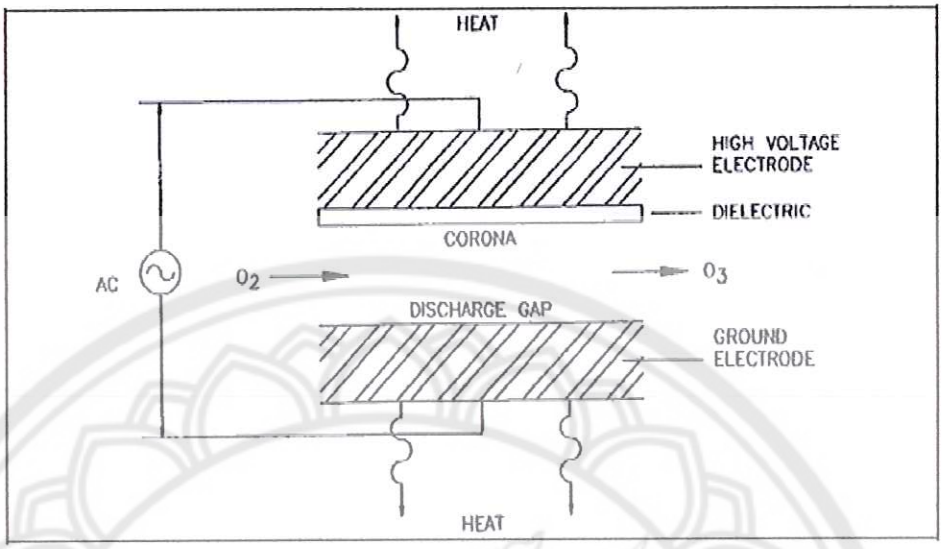
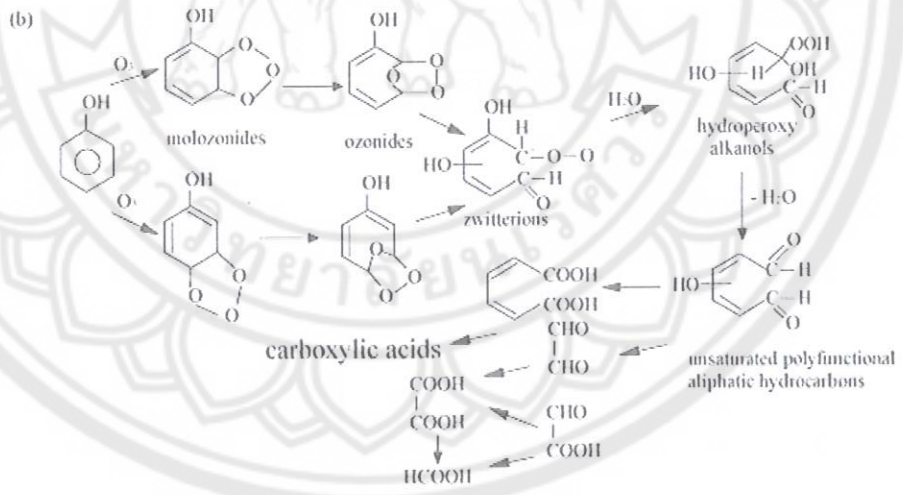
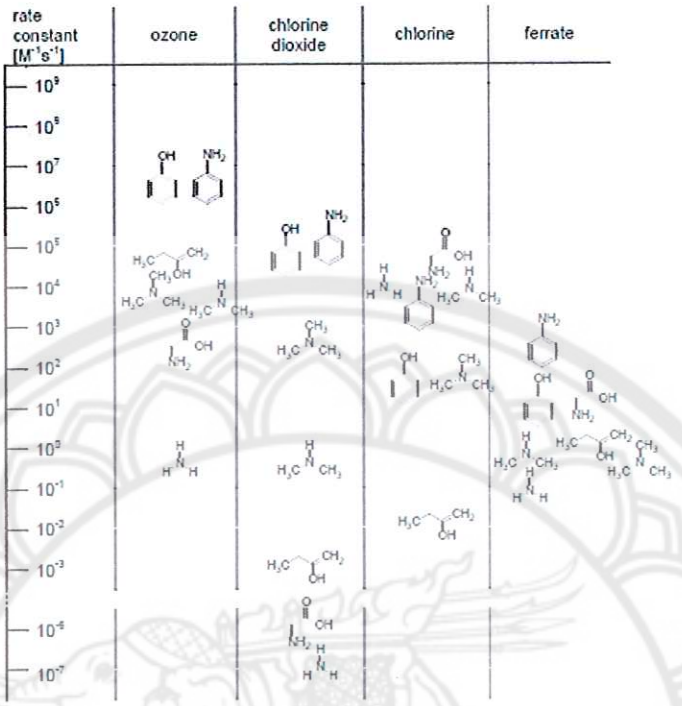


Figure 3-3. Basic Ozone Generator

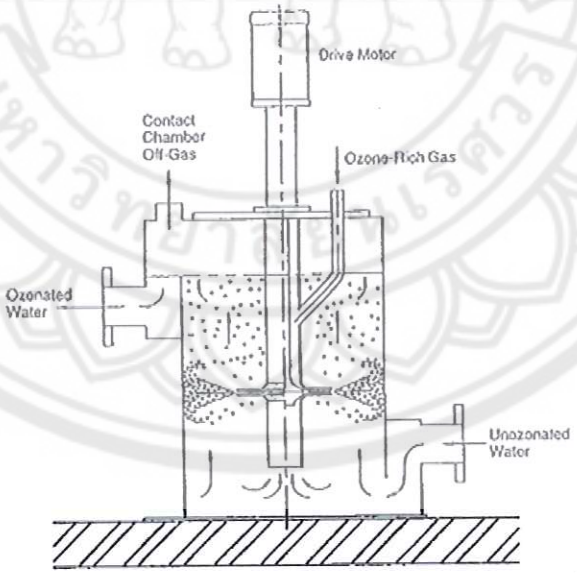
รูปที่ 2-5 การผลิตโอโซนโดย Corona Discharge [8]



รูปที่ 2-6 การสลายสารฟีนอลด้วยโอโซนได้ผลผลิตเป็นกรดคาร์บอนิก (กรดอ่อนมากซึ่งพบตามธรรมชาติ) ซึ่งไม่มีอันตราย [9]



รูปที่ 2-7 อัตราการสลายสารอินทรีย์อันตรายโดย Oxidant ต่างๆรวมทั้งโอโซน [12]



รูปที่ 2-8 ตัวผสมโอโซนลงน้ำแบบปั่นป่วน (Turbulent Mixing Unit) [8]

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยคือการการลดผลกระทบเร่งด่วนจากการได้รับสัมผัสสารฟีนอลในน้ำอุปโภค-บริโภคโดยการสลายสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นของแต่ละครัวเรือนด้วยโอโซน ซึ่งโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย เช่น สารอินทรีย์ธรรมชาติ (ไม่มีอันตราย) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกระบวนการ Oxidation (การดึงอิเล็กตรอนออกจากสารฟีนอล) (ดูบทที่ 2) และสามารถตกตะกอนเหล็ก (Fe^{2+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) ซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้แยกออกมา และสามารถกรองออกมาได้ นอกจากนี้โอโซนยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทำให้น้ำบ่อตื้นของชุมชนหนองแหนปราศจากสารพิษและสามารถใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคได้อย่างปลอดภัย

เพื่อบรรเทาผลกระทบต่อสุขภาพและวิถีชีวิตจากการปนเปื้อนสารฟีนอลในชั้นน้ำตื้น การติดตั้งระบบบำบัดน้ำที่จุดใช้น้ำ (Point of Use Treatment Unit) สามารถทำได้โดยติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนร่วมกับระบบกรองทรายดังแสดงในรูปที่ 3-1 โอโซนที่ผลิตโดยเครื่องผลิตโอโซนจะถูกส่งเข้าไปผสมกับน้ำบ่อตื้นที่สูบมาจากบ่อ โดยหน่วยผสมโอโซนจะเป็นหัวฟู่ที่กระจายโอโซนเข้าไปละลายในน้ำที่อยู่ในถังน้ำของแต่ละบ้านเพื่อการทำปฏิกิริยาสลายสารฟีนอลและตกตะกอนเหล็กและแมงกานีส โดยตะกอนเหล็กและแมงกานีสจะถูกกรองออกโดยกรองทรายหลังจากทำปฏิกิริยาสลายสารฟีนอลแล้วต้องพักน้ำไว้ 30 นาที เพื่อให้โอโซนคงค้างคืนสภาพเป็นออกซิเจนตามธรรมชาติ

3.2 วิธีการทดลอง

เพื่อให้บรรลุเป้าประสงค์คือการพัฒนา ทดสอบ และติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนเพื่อการบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทราดังกล่าว งานวิจัยนี้จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ย่อยดังแสดงรายละเอียดโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

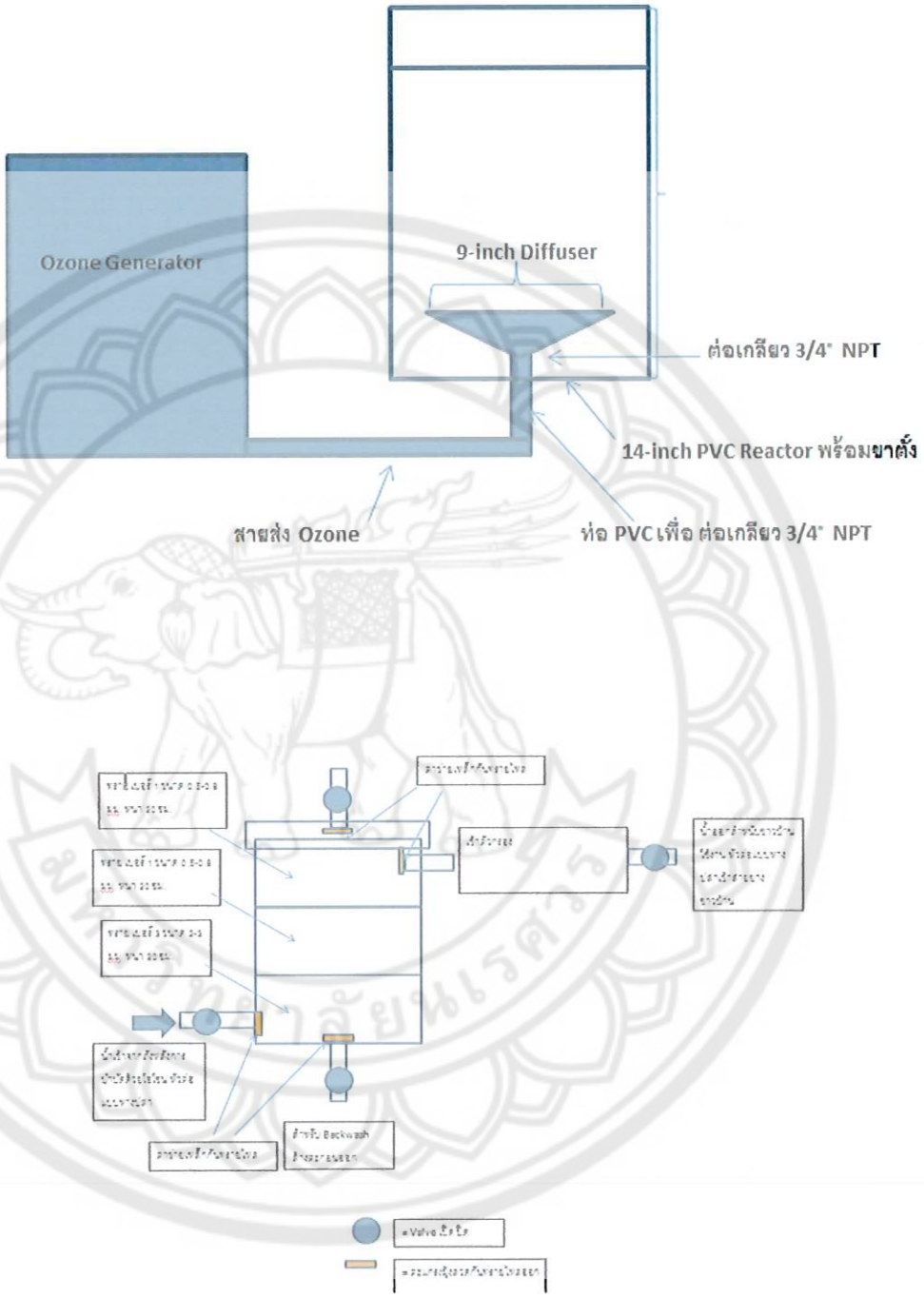
<u>ขั้นที่ 1</u>: เก็บตัวอย่าง และรวบรวมข้อมูลการปนเปื้อนสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นที่หนองแหน เพื่อให้ทราบลักษณะภาพรวมของการปนเปื้อนสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้น เพื่อประเมินการบำบัดโดยธรรมชาติ และเพื่อทำการคำนวณความเข้มข้นของโอโซน (มิลลิกรัมของโอโซนที่ผลิตต่อ

ชั่วโมง) ที่จำเป็นในการบำบัดสารปนเปื้อนโดยเน้นที่สารฟีนอลเป็นหลัก และเหล็ก (Fe^{2+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) รวมทั้งจุลชีพ เป็นรอง

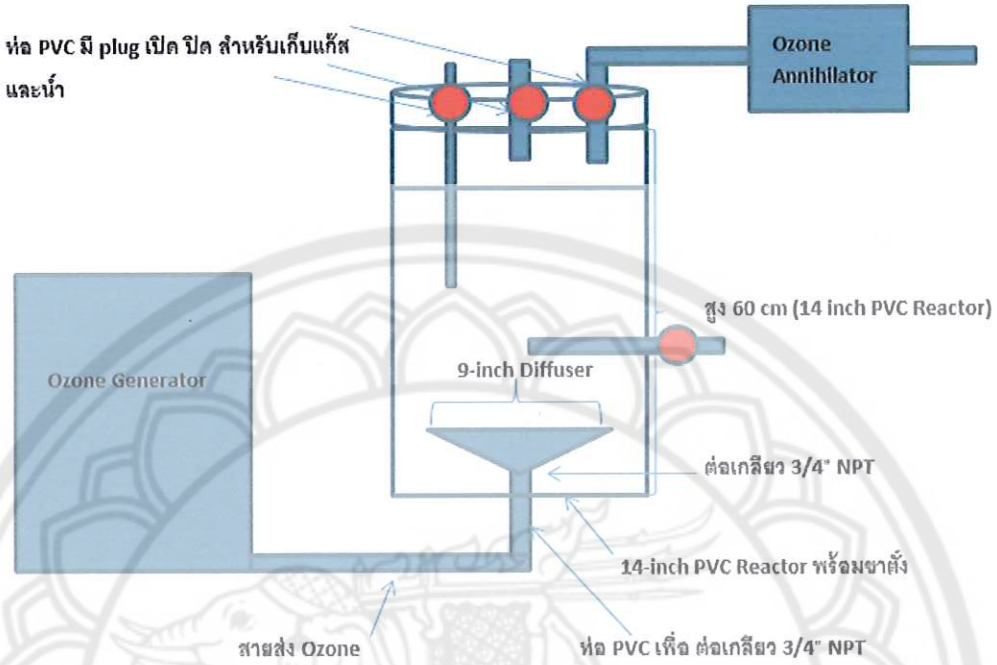
<u>ขั้นที่ 2</u>: การออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนและการทดสอบความสามารถในการสลายสารฟีนอลในห้องปฏิบัติการ ทำได้โดยใช้น้ำบ่อตื้นจากหนองแหนโดยการทดลองแบบ Batch ในห้องปฏิบัติการ (ถังทดลองขนาด 40 ลิตร ดูรูปที่ 3-2) โดยใช้เครื่องผลิตโอโซนต้นแบบ (ผลิตร่วมกับบริษัท โชคทวี อิเล็คทริคอลโปรดักส์ จำกัด นครปฐม) ที่ผลิตโอโซนได้อย่างน้อย 1,200 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง (ใช้หัวฟู่ในการผสมโอโซนลงในน้ำที่ปนเปื้อนฟีนอลความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อสิตร) ครอบคลุมเวลาทำปฏิกิริยาจาก 0 ถึง 60 นาที และประเมินอัตราการสลายสารฟีนอล โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฟีนอลหลักจากการทำปฏิกิริยาสลายด้วยโอโซนโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ISO (Certified Laboratory)

<u>ขั้นที่ 3</u>: การทดสอบประสิทธิภาพการสลายฟีนอลในน้ำภาคสนาม หลังจากการออกแบบและทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสมโอโซนและจ่ายโอโซนในภาคสนาม โดยใช้กับถังเก็บน้ำจริงของชุมชน (ขนาด 1000 ลิตร) และน้ำปนเปื้อนสารฟีนอล 0.5 mg/L และประเมินการสลายฟีนอลลงที่อัตราการจ่ายโอโซนต่างๆ 3 ค่า เพื่อหาการเดินระบบที่เหมาะสมที่สุดโดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฟีนอลหลักจากการทำปฏิกิริยาสลายด้วยโอโซนโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ISO (Certified Laboratory)

<u>ขั้นที่ 4</u>: การติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 ชุด และติดตามประสิทธิภาพในการบำบัดสารฟีนอล และ ฝึกอบรมชุมชน หลังจากประสบความสำเร็จทั้ง 3 ขั้นข้างต้นแล้วจึงทำการติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 ชุด และติดตามประสิทธิภาพในการบำบัดสารฟีนอล โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฟีนอลหลักจากการทำปฏิกิริยาสลายด้วยโอโซนโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ISO (Certified Laboratory นอกจากนี้ยังวิเคราะห์การกำจัดเหล็กและแมงกานีสด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) รวมทั้งการกำจัดจุลชีพด้วยวิธี Plate Count เพื่อให้แน่ใจว่าการบำบัดน้ำโดยโอโซนสามารถกำจัดมลสารในน้ำจนคุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการใช้อุปโภค-บริโภคได้ **ต่อด้วยอบรมสาธิตการใช้เทคโนโลยีแก่ชาวชุมชนหนองแหน เพื่อรับความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และถ่ายทอดเทคโนโลยี**



รูปที่ 3-1 ระบบบำบัดสารฟีนอลแบบติดตั้งที่จุดใช้น้ำโดยใช้เครื่องผลิตและผสมโอโซนที่เสนอแนวคิดในงานวิจัยนี้

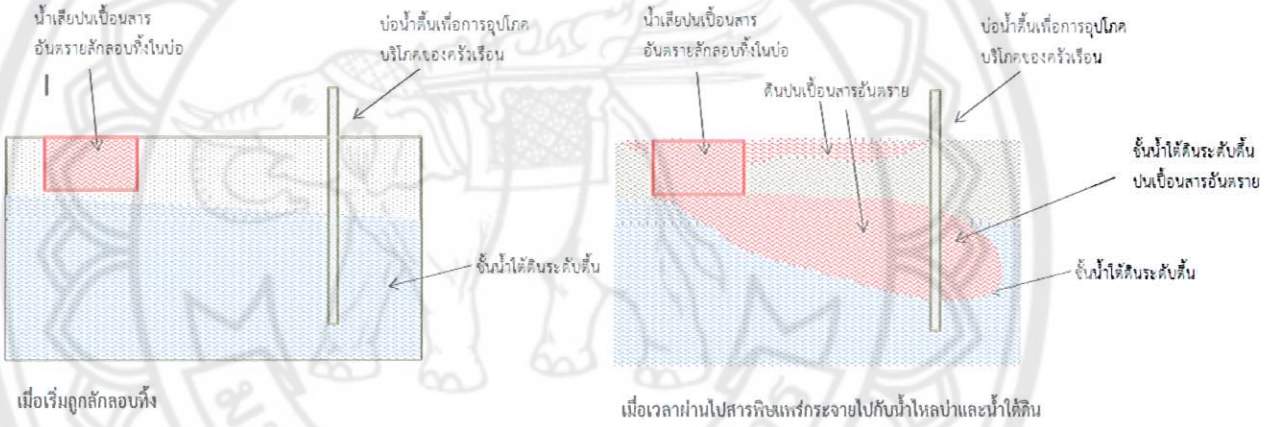


รูปที่ 3-2 ถังทดลองสลายสารฟีนอลโดยโอโซนในห้องปฏิบัติการขนาด 40 ลิตร

บทที่ 4

ผลการศึกษา และ การอภิปลายผล

สมมุติฐานดังกล่าวเห็นจริงได้จากรูปที่ 4-2 ซึ่งแสดงแผนที่การปนเปื้อนสารฟีนอล (สารอันตรายหลักที่ถูกลักลอบทิ้งและปนเปื้อนใน ต.หนองแหน) นับตั้งแต่ถูกจับได้ว่ามีการลักลอบทิ้ง (ก.ค. 2555) จนถึงปัจจุบัน (มีนาคม 2557) รูป 4-2a-c แสดงการปนเปื้อนและการกระจายตัวของการปนเปื้อนระหว่างที่ทำการบำบัดน้ำเสียลักลอบทิ้งในบ่อ 15 ไร่อยู่ สิ่งที่น่าสังเกตก็คือแม้จะบำบัดน้ำเสียลักลอบทิ้งในบ่อ 15 ไร่ไปแล้ว (รูปที่ 4-2d) แต่การปนเปื้อนสารฟีนอลก็ยังตรวจพบในบ่อน้ำของชุมชนนับตั้งแต่นั้น (ธ.ค. 2555) ถึงปี 2557 นี้ (ข้อมูลล่าสุดเดือน มี.ค. 2557 ในรูปที่ 4-2g) กล่าวคือแม้ความเข้มข้าสูงสุดของสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้นที่ตรวจพบจะลดลงแต่ขอบเขตของการปนเปื้อนกลับแพร่กระจายมากขึ้น แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการปนเปื้อนยังคงอยู่และชุมชนต้องการการช่วยเหลือจากปัญหาการปนเปื้อนดังกล่าว

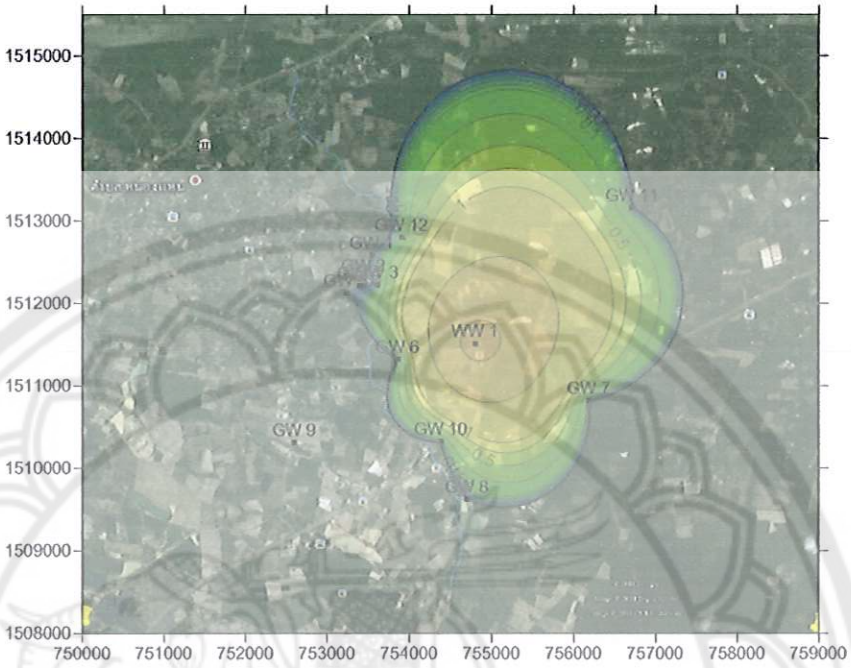


รูปที่ 4-1 การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนในน้ำเสียอุตสาหกรรมลักลอบทิ้งเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากน้ำฝนไหลบ่าและน้ำใต้ดินที่เคลื่อนที่ตามกลไกธรรมชาติทำให้ยิ่งเวลาผ่านไปนานก็ยิ่งเกิดการขยายตัวของการปนเปื้อนมากขึ้นเท่านั้นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
สำนักหอสมุด
25 ส.ค. 2559

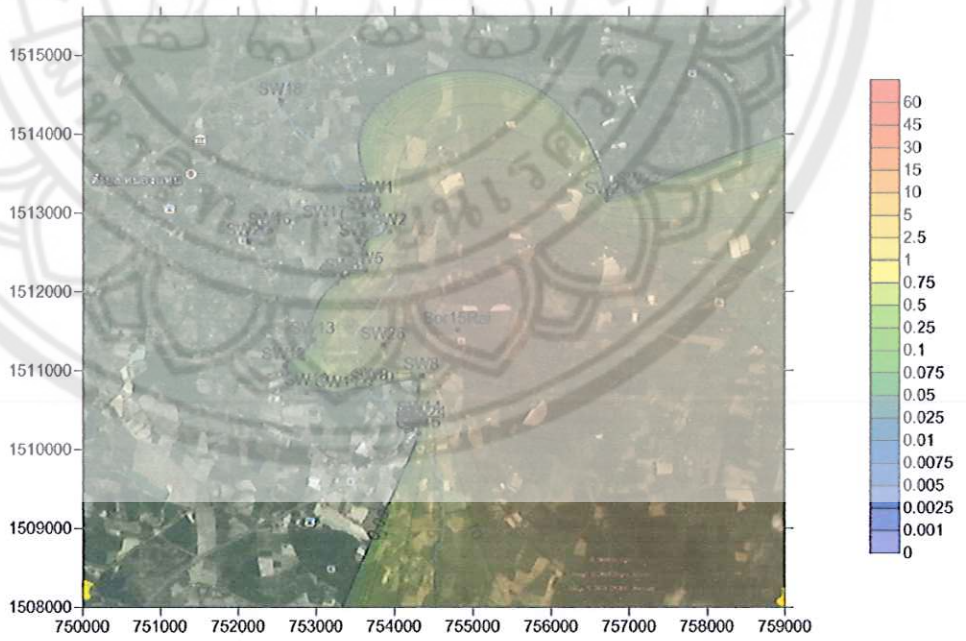
(a)

ครั้งที่ 1 ก.ค.55



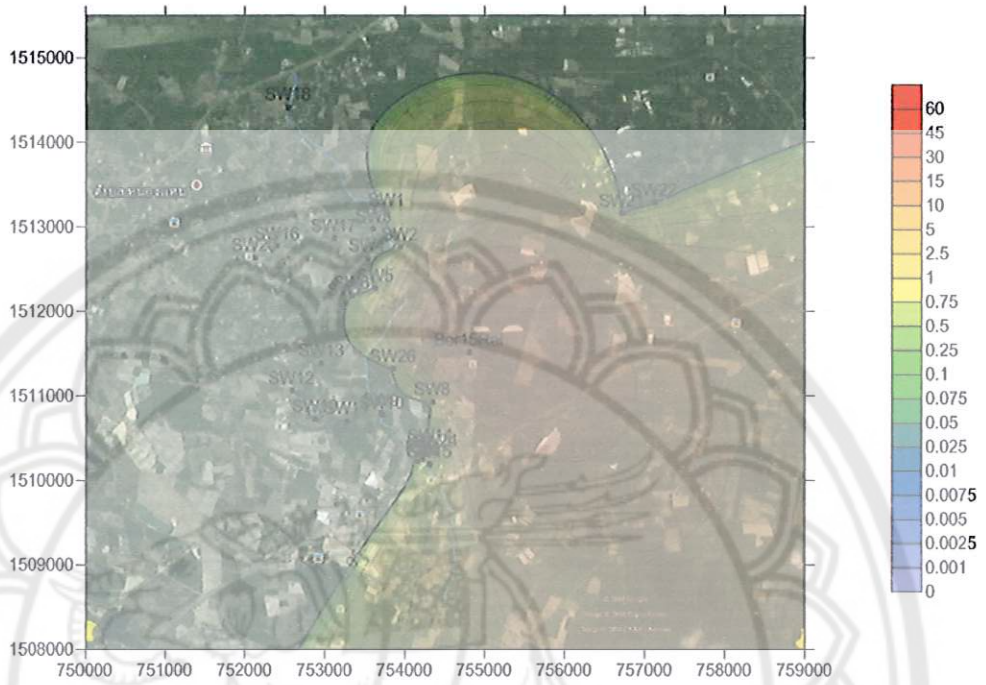
ครั้งที่ 2 ส.ค.55

(b)



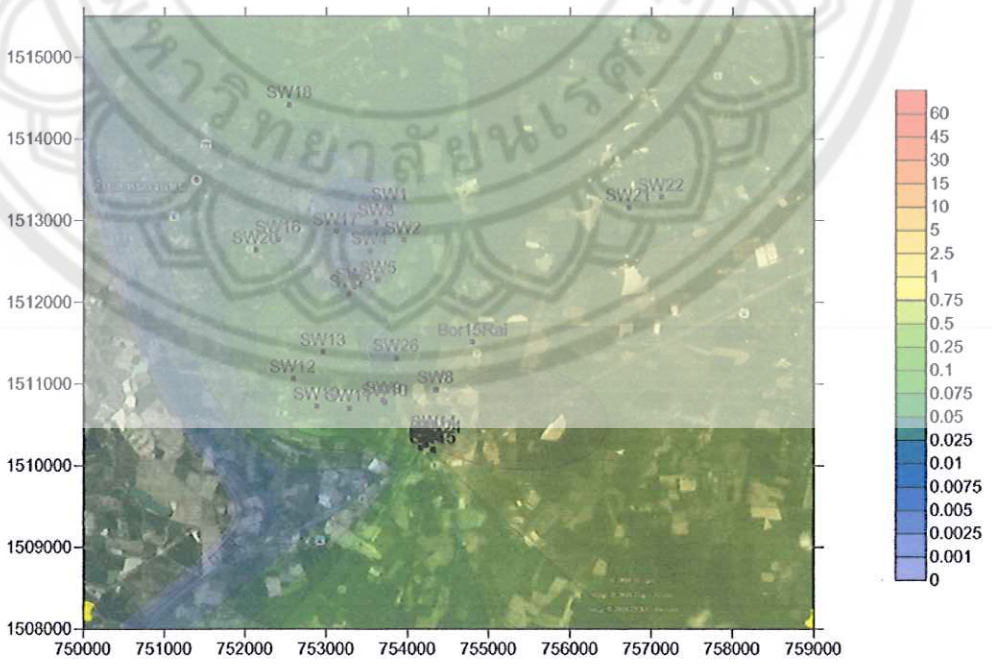
(c)

ครั้งที่ 3 ต.ค.55



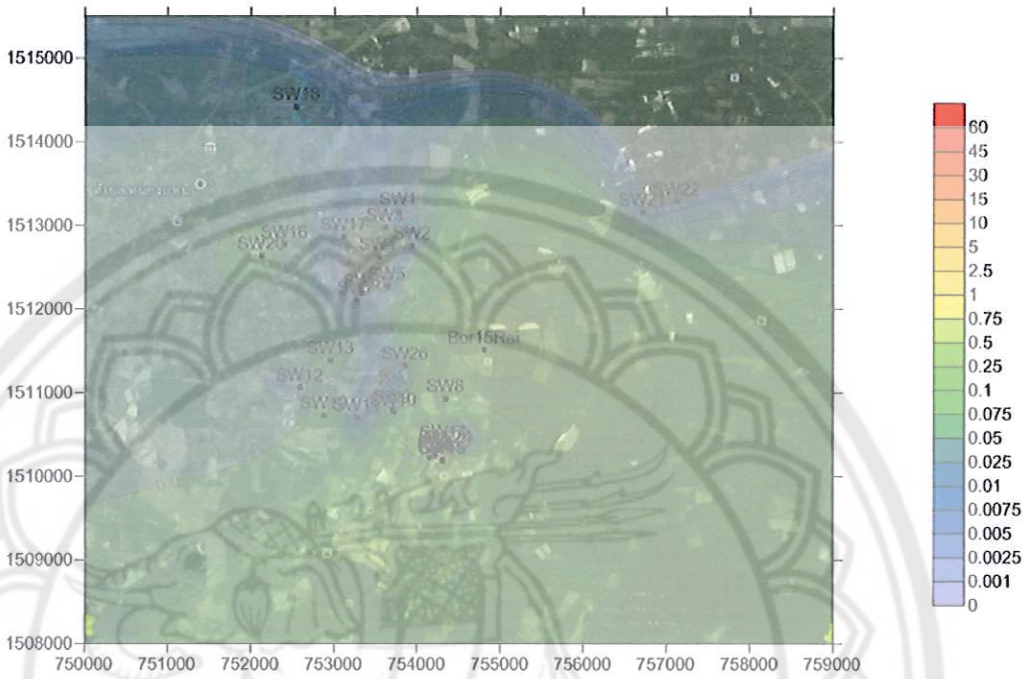
(d)

ครั้งที่ 4 ธ.ค.55



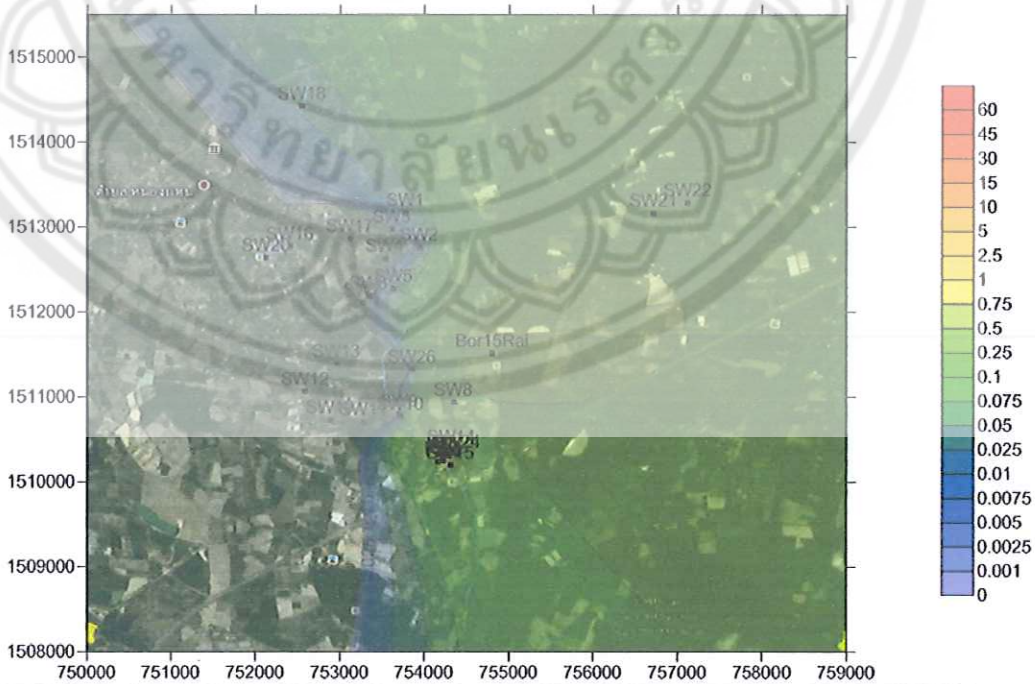
ครั้งที่ 5 มี.ค.56

(e)



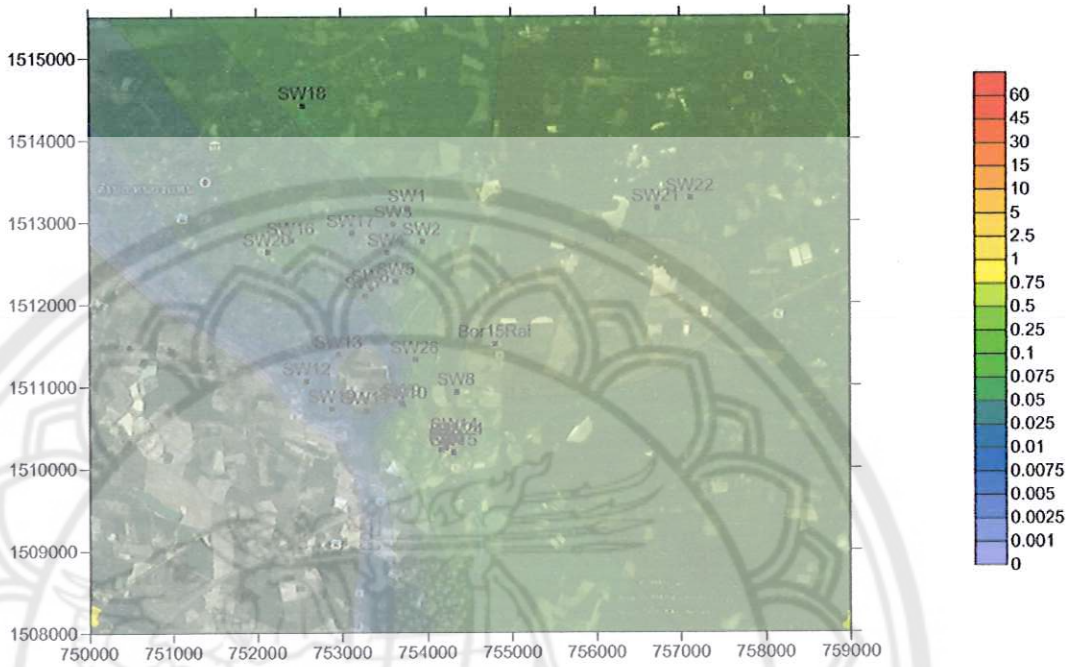
ครั้งที่ 6 พ.ย.56

(f)



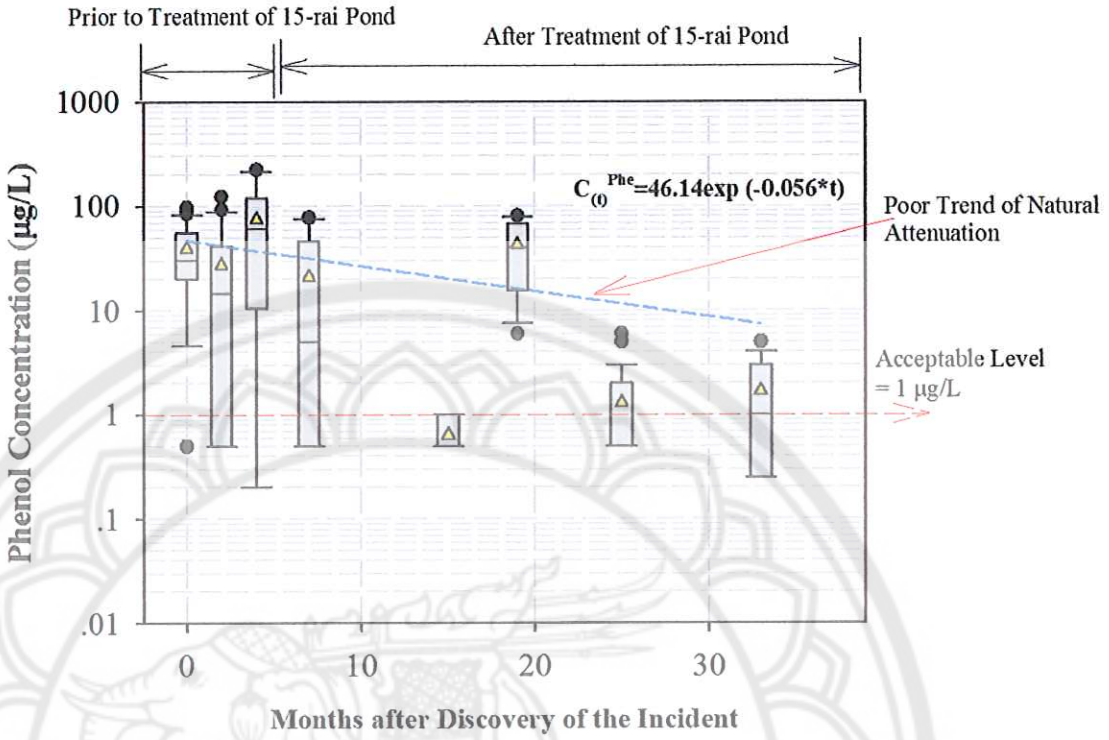
(g)

ครั้งที่ 7 มี.ค.57



รูปที่ 4-2 การแพร่กระจายของสารฟีนอลในแหล่งน้ำชุมชนหนองแหนตั้งแต่ถูกพบว่ามีการลักลอบทิ้ง (มี.ค. 2555 จนถึง มี.ค. 2557)

หากนำข้อมูลที่มีการติดตามเฝ้าระวังเป็นเวลา 2 ปี คือนับแต่มี.ค. 2555 จนถึง มี.ค. 2557 มาประเมินเพื่อวิเคราะห์หาศักยภาพธรรมชาติบำบัดของสารฟีนอลใน ต.หนองแหน โดยการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารฟีนอลที่ตรวจพบ (แกน Y) กับ ระยะเวลาหลังการลักลอบทิ้ง (แกน X) จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4-3 ซึ่งหากวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองตัวแปรโดยใช้สมมุติฐานของแบบจำลองธรรมชาติบำบัด (Natural Attenuation) ตามความสัมพันธ์ Psuedo First Order Rate Law จะพบว่าค่าคงที่อัตราธรรมชาติบำบัด (Rate Constant) ของสารฟีนอลที่ ต.หนองแหนคือ 0.056 ต่อเดือน ซึ่งจากการประมาณตามความสัมพันธ์ดังกล่าวคาดการณ์ได้ว่าอาจต้องใช้เวลาถึง 68 ปีกว่าธรรมชาติจะบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นที่ ต.หนองแหน จนถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตั้งระบบโอโซนเพื่อสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำระหว่างที่การปนเปื้อนยังคงอยู่ซึ่งหากไม่มีการกำจัดแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนเพิ่มเติมการปนเปื้อนนี้อาจจะคงค้างอยู่นานถึง 68 ปี



รูปที่ 4-3 แนวโน้มธรรมชาติบำบัดของสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น ต.หนองแหน

4.2 การออกแบบต้นแบบเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนและการทดสอบความสามารถในการสลายสารฟีนอลในห้องปฏิบัติการ

เครื่องผลิตโอโซนต้นแบบได้รับการออกแบบให้ผลิตโอโซนจากอากาศดังผังแสดงในรูปที่ 4-4 โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 220 VAC ความถี่ 50/60 Hz และสร้างโอโซนด้วยเทคนิค Corona Discharge รุ่นแรก (ดูรูป 4-5a) โดยออกแบบให้สามารถผลิตโอโซนความเข้มข้นสูงสุดถึง 800 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง หรือผลิตโอโซนปริมาณเพียงพอที่จะสลายสารฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่มีการตรวจพบที่หนองแหน) ได้ และมีระบบตั้งเวลาการผลิตโอโซนและหยุดการผลิตอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้ง มีระบบกรองอากาศก่อนเข้าเครื่องผลิตโอโซน

สำหรับการทดสอบการสลายสารฟีนอลในน้ำปนเปื้อนจาก ต.หนองแหนโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการนั้นได้ผลจลนพลศาสตร์ (Kinetics) ดังแสดงในรูปที่ 4-6 โดยพบว่าเครื่องผลิตและผสมโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลในห้องปฏิบัติการได้ผลเป็นที่น่าพอใจกล่าวคือสามารถสลายฟีนอลที่ความเข้มข้น 500 µg/L (เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่มถึง 500 เท่า) ให้เหลือน้อยกว่า 1 µg/L ซึ่งคือค่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กรมควบคุมมลพิษ และ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drugs Administration:FDA) แนะนำ ได้ในเวลาประมาณ 60 นาทีในน้ำจำนวน 40 ลิตร

และพบว่าพฤติกรรมการสลายสารฟีนอลเป็นไปตามสมการที่ 4-1 โดยมีค่าคงที่อัตราการสลายฟีนอล = 0.0104 min^{-1}

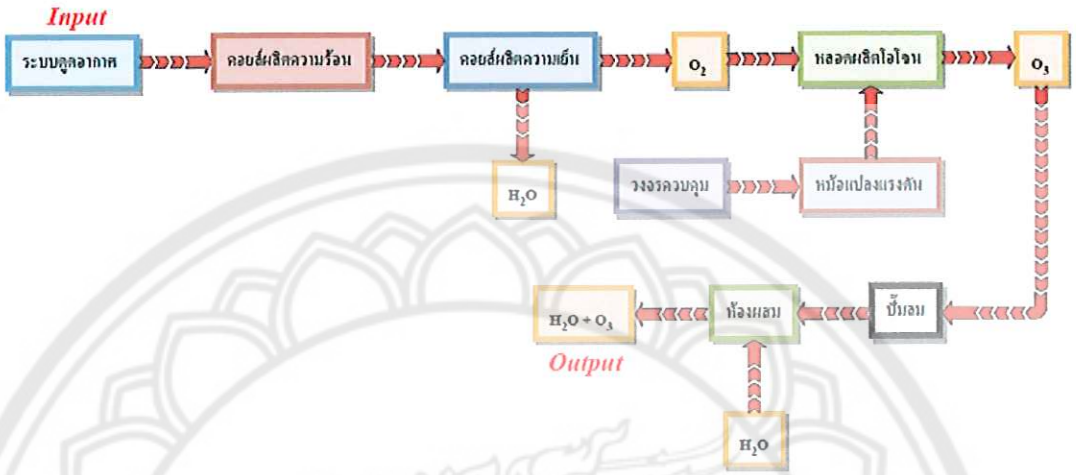
$$C_{phenol\ (t)} = C_{phenol0} \exp(-0.1014*t) \qquad (4\text{-}1)$$

นอกจากสลายสารฟีนอลแล้ว เครื่องผลิตโอโซนยังสามารถตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสในน้ำออกทำให้สามารถกรองออกโดยง่ายดังแสดงในรูปที่ 4-7

สำหรับน้ำบ่อตื้นโดยทั่วไปนั้นในฤดูน้ำหลากน้ำอาจมีความขุ่นสูงในกรณีที่น้ำบ่อตื้นมีความขุ่นเกิน 5 NUT อาจทำให้ประชาชนไม่กล้าบริโภคน้ำแม้ว่าจะไม่มีอันตรายคือสลายสารฟีนอลหมดแล้ว ด้วยเหตุนี้การใช้สารส้มตกตะกอนร่วมกับการใช้โอโซนนอจจากจะช่วยสลายสารฟีนอลแล้วยังกำจัดความขุ่นได้ในเวลาเดียวกันทำให้ชุมชนบริโภคน้ำได้อย่างสบายใจมากขึ้น ด้วยเหตุนี้คณะวิจัยจึงได้ทำการทดสองตกตะกอนความขุ่นโดยสารส้มที่ความเข้มข้นต่างๆกันได้ประสิทธิภาพดังในแสดงรูปที่ 4-8 โดยพบว่าที่ความเข้มข้นของสารส้ม 15 mg/L จะมีประสิทธภาพการกำจัดความขุ่นดีที่สุดคือลดความขุ่นจาก 11 NTU เหลือประมาณ 3 NTU ซึ่งผ่านมาตรฐานน้ำดื่ม

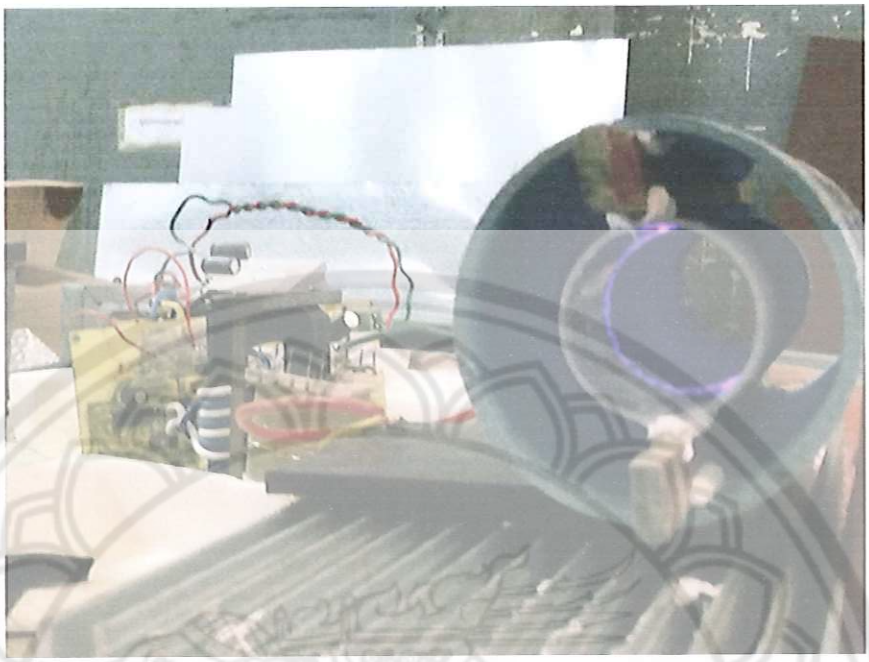
ด้วยในการประยุกต์ใช้งานเครื่องผลิตโอโซนในการบำบัดน้ำอุปโภค-บริโภคให้ชุมชนจริงนั้นต้องสามารถบำบัดน้ำปริมาตร 1000 ลิตรได้ (โดยทั่วไปชุมชนมีประมาณ 3-5 คนต่อครัวเรือนจึงต้องบริโภคน้ำ 1000 ลิตร ต่อ วัน) จึงจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตโอโซนประมาณ 10 เท่า ซึ่งจากการคำนวณ Upscaling เครื่องจากระดับห้องปฏิบัติการ (บำบัด 40 ลิตรได้ในเวลา 1 ชม) สู่การใช้งานจริง (บำบัด 1000 ลิตร) จะสามารถคำนวณได้ว่าต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัดเป็น 1000/40/10*1= 2.5 ชม และหากคำนึงถึง Safety Factor = 1.2 จะพบว่าต้องใช้ระยะเวลาในการจ่ายโอโซน = 2.5*1.2 = 3 ชม ต่อน้ำ 1000 ลิตร คณะวิจัยจึงได้ทำการขยายกำลังการผลิตโอโซน 10 เท่าเพื่อการทดสอบในภาคสนามต่อไป โดยคุณสมบัติของเครื่องหลังจากขยายกำลังแล้วสรุปได้ในตารางที่ 4-1 ถึง 4-8

แผนผังแสดงระบบภายในของเครื่องผลิตโอโซน



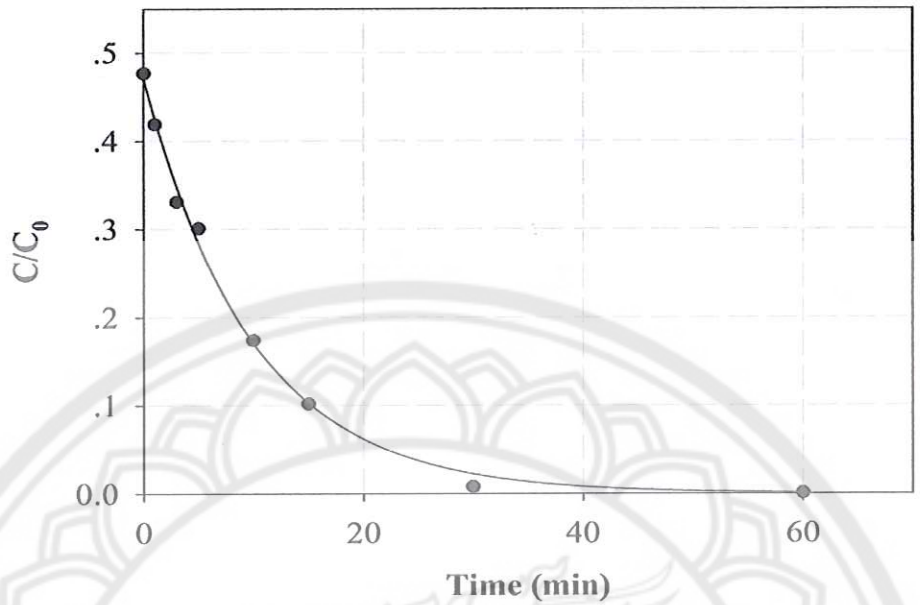
รูปที่ 4-4 แผนผังการทำงานของเครื่องผลิตโอโซน

(a)



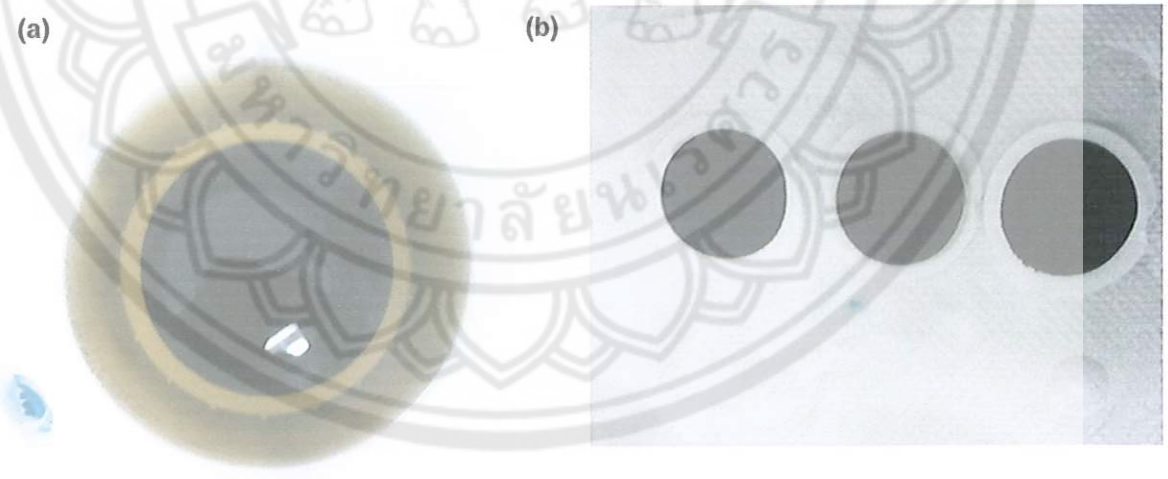
(b)

รูปที่ 4-5 Corona Discharge (a) รุ่นแรก และ (b) รุ่นสอง

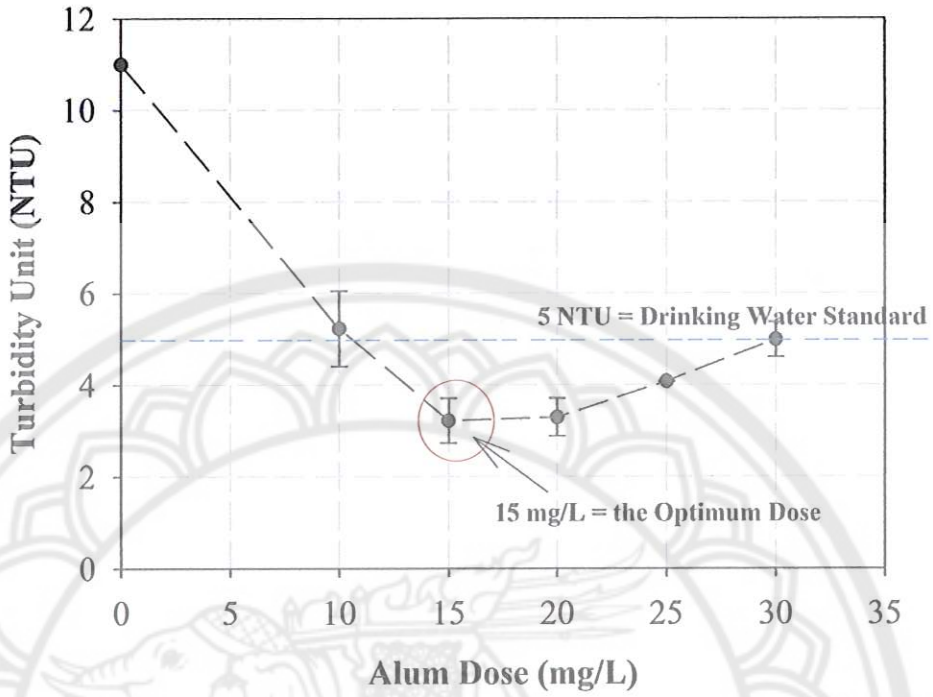


รูปที่ 4-6 ผลการสลายสารฟีนอลด้วยโอโซน C/C_0 แสดงความเข้มข้นของสารฟีนอลคงเหลือต่อความเข้มข้นของสารฟีนอลตั้งต้น (500 µg/L) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสารฟีนอลสลายไปหมดในเวลาน้อยกว่า 1 ชม.

(a) (b)



รูปที่ 4-7 (a) โอโซนตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสในน้ำทำให้ได้ตะกอนสีแดง (เหล็ก) และ ดำ (แมงกานีส) และสามารถกรองออกได้ (b) หากไม่ตกตะกอนและกรองเหล็กและแมงกานีสในน้ำออกก่อน ก็จะไปตกตะกอนในห้องน้ำ หรือทำให้เกิดคราบตอนใช้น้ำในการซักล้าง



รูปที่ 4-7 (a) โอโซนตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสในน้ำทำให้ได้ตะกอนสีแดง (เหล็ก) และ ดำ (แมงกานีส) และสามารถกรองออกได้ (b) หากไม่ตกตะกอนและกรองเหล็กและแมงกานีสในน้ำออกก่อน ก็จะไปตกตะกอนในห้องน้ำ หรือทำให้เกิดคราบตอนใช้น้ำในการซักล้าง

ตารางที่ 4-1 พัดลมบอลแบริ่งดูดอากาศเข้าระบบ

คุณสมบัติ

แรงดัน (V)	ความถี่ (HZ)	อัตราการไหลของอากาศ (CFM)	แรงดัน (mmH 20)
200-240VAC	50/60	92/108	8.30/11.50

รายละเอียด

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	ออกแบบให้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ
โครงสร้าง	ผลิตจากอลูมิเนียมที่มีคุณภาพสูง สามารถป้องกันการกัดกร่อนและความชื้นได้
การป้องกันความปลอดภัย	ป้องกันความต้านทาน
อุณหภูมิการทำงาน	-10~+70°C
อุณหภูมิในการเก็บรักษา	-40~+70°C
อายุการใช้งาน	ตลับลูกปืน : มากกว่า 40,000 ชม.(ที่อุณหภูมิ40°C) สลีฟแบริ่ง : มากกว่า 15,000 ชม.(ที่อุณหภูมิ40°C)

ตะแกรง & ฟิลเตอร์ (Metal Guard & Filter)

คุณสมบัติ

รายละเอียด (Details)	ขนาด (mm)	สำหรับขนาดพัดลม(mm)
ฟิลเตอร์ 4.5”	205X205	120x120

ตารางที่ 4-2 ชุดไส้กรองน้ำ (water filter)

คุณสมบัติ

ลักษณะ	ด้านปลายมีลักษณะเรียบและมีฝาพร้อมประเก็บยางกันซึมทั้ง 2 ด้าน
ความละเอียดในการกรอง	0.3 - 0.5 ไมครอน
ไส้กรองขนาด	10 นิ้ว
เส้นผ่านศูนย์กลาง	2.5 นิ้ว
ทำหน้าที่	กรองเศษฝุ่น ตะกอน ความขุ่น สารแขวนลอยขนาดเล็ก และแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ

ตารางที่ 4-3 หน่วยผลิตโอโซน

รายละเอียด

อัตราการไหลของออกซิเจน	2-9 L/MIN
อัตราการไหลของอากาศ	40 60L/MIN
แรงดันไฟฟ้าที่ทำงาน	AC 110V/220V
Power consumption	0-300W adjustable
Output voltage	3.6KV
High-voltage frequency	3-6KHZ
ผลการทดสอบ	มีผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการยืนยันว่าสามารถสลายสารฟีนอลในน้ำที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อลิตรได้จนเหลือน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตรในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4-4 ชุดระบบอัดอากาศ

รายละเอียด

กำลัง	250 L/min
กำลังไฟ	190 w
แรงดันลม	> 0.04 Mpa

ตารางที่ 4-5 ระบบตัดตอนและควบคุม

เบรกเกอร์ 1เฟส 2โพล 10A ABB

รายละเอียด

- **ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินที่โหลด**
- **ป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร**
- รองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้63A
- ได้รับมาตรฐานมาตรฐาน IEC / EN 60898-1 และ IEC / EN 609 47-2
- ใช้งานได้ในที่พักอาศัย ในทางพาณิชย์ และในงานอุตสาหกรรม

ตลับฟิวส์

รายละเอียด

อัตราแรงดัน	อัตรากระแส	โพล	ขนาด (mm)
500V	32A	1P	10x38

ฟิวส์

รายละเอียด

อัตราแรงดัน	อัตรากระแส	ขนาด(mm)
500V	6A	10x38

ตารางที่ 4-6 ระบบผสมออกซิเจนกับน้ำ

รายละเอียด

เส้นผ่านศูนย์กลาง	9 นิ้ว
รองรับปริมาณอากาศต่อหัวได้	0.5-3.0 scfm (0.85-5.0 Nm^3/hr)
ขนาดข้อต่อเกลียวนอก	เกลียว NPT ขนาด ¾ นิ้ว ยาว 1 นิ้ว
จำนวนของรูอากาศออก	5,400 ชิ้นไป

ตารางที่ 4-7 แผงควบคุมวงจร

รายละเอียด

Working voltage	220V
กระแสเอาท์พุท	1.36A

ตารางที่ 4-8 ไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน หยุดการทำงานและความผิดปกติ

รายละเอียด

แรงดัน	220VAC
LED ขนาด	22 mm
ระบบป้องกันแบบ	IP65
สีLED	แดง เหลือง เขียว ฟ้า ขาว
อายุการใช้งาน	มากกว่า 30,000 ชม.
ความสว่าง	(60cd/m2)
ขนาดรูเจาะสำหรับติดตั้ง	22.3mm ถึง 25.5mm

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการสลายฟีนอลในน้ำภาคสนาม

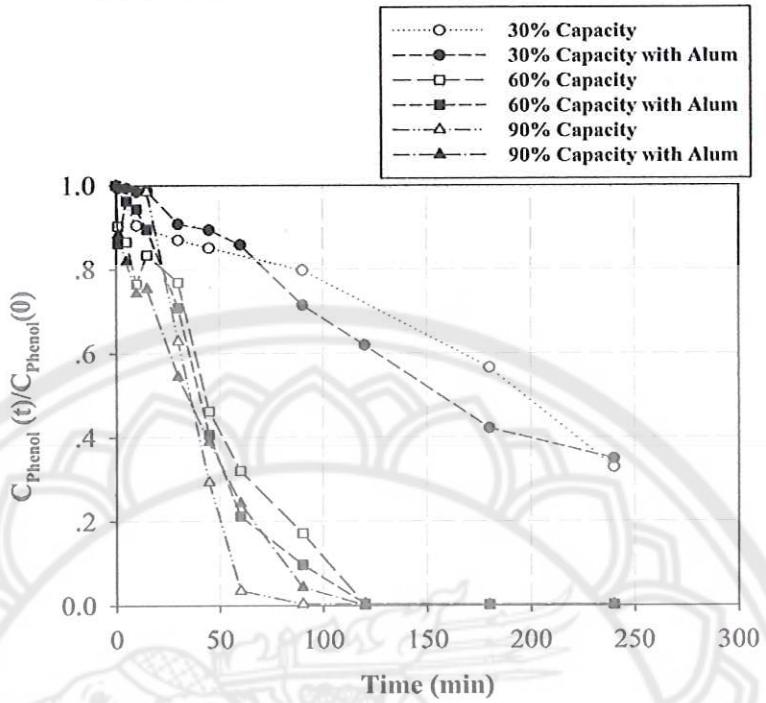
การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจ่ายและผสมโอโซนในการทดสอบภาคสนามก่อนการติดตั้งเครื่องจริงจำนวน 40 ชุดทำโดยเลือกบ้านสาธิตจำนวน 3 หลังในบริเวณเดียวกันและน้ำบ่อตื้นมีระดับความลึกของบ่อใกล้เคียงกันคือ 6-10 เมตรทำให้สภาพของน้ำบ่อตื้นมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยการติดตั้งนั้นเหมือนระบบจริงที่กำลังจะติดตั้ง 40 ชุด คือใช้เครื่องผลิตและผสมโอโซนที่ขยายกำลัง 10 เท่าแล้ว (ใช้ Corona Discharge แบบเพิ่มกำลังการผลิตโอโซนคือแบบในรูปที่ 4-5b) และติดตั้งระบบหัวจ่ายเหมือนที่จะทำการติดตั้งจริง ในถังเก็บน้ำขนาด 1000 ลิตร โดยใส่สารฟีนอลลงไป 0.5 mg/L (2 เท่าของค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่เคยตรวจวัดพบ) และทำการทดลองที่ 3 ระดับการจ่ายโอโซนคือ 30%, 60%, และ 90% ทั้งแบบใส่และไม่ใส่สารส้มเพิ่มเพื่อประสิทธิภาพให้น้ำใสขึ้น โดยทำการศึกษา 6 ชม ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ แสดงในรูปที่ 4-8

จะเห็นได้ว่าสารส้มไม่ได้กระทบประสิทธิภาพการบำบัดมากนัก ปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพการบำบัดคือระดับการจ่ายโอโซนและระยะเวลาการทำปฏิกิริยา จากรูปที่ 4-8 จะเห็นได้ว่าที่กำลังการจ่ายโอโซน 30% ของความสามารถเครื่อง สารฟีนอลสลายไปเพียง 60% ในเวลาประมาณ 250 นาที แสดงว่าสารฟีนอลยังคงค้างอยู่ประมาณ 0.2 mg/L เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ประมาณ 200 เท่า อย่างไรก็ดีหากใช้โอโซนที่กำลังการผลิต 60% และ 90% จะพบว่าสามารถสลายสารฟีนอลได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มคือ 0.001 mg/L ในเวลาประมาณ 120 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับ**ค่าที่คำนวณไว้คือประมาณ 2.5 ชม หรือ 150 นาที ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตโอโซนแค่ 60% ก็เพียงพอแล้วสำหรับการสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำเกินค่าสูงสุดที่เคยพบที่ ต.หนองแหนถึง 2 เท่า นอกจากสบายสารฟีนอลแล้ว โอโซนที่ผสมในน้ำยังช่วยปรับค่า pH ของน้ำบ่อตื้นที่มีความเป็นกรดอ่อนๆให้กลับมาเป็นกลางด้วย (ดูรูปที่ 4-9) นอกจากนี้จากการทดลองคณะวิจัยยังได้วิเคราะห์สาร**

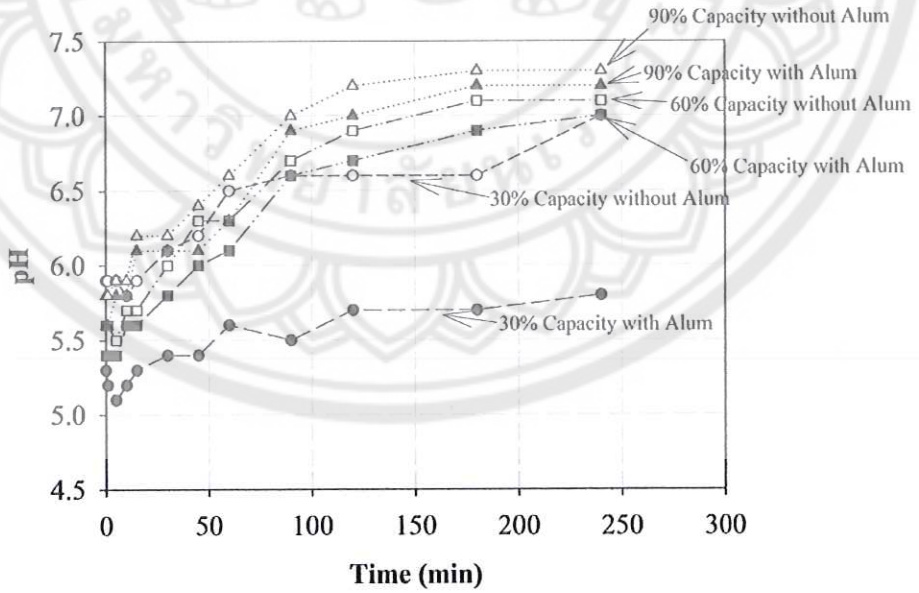
โอโซนคงค้างในอากาศโดยรอบ ซึ่งพบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4-10 ว่าผลการวิเคราะห์โอโซนในอากาศโดยใช้กระดาษวัดโอโซนแสดงว่าค่าโอโซนในอากาศขณะที่ทำการบำบัดน้ำอยู่ในระดับปลอดภัยคือต่ำกว่า 90 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้คือ 200 $\mu g/m^3$

4.4 การติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 ชุด และติดตามประสิทธิภาพในการบำบัดสารฟีนอล และ ฝึกอบรมชุมชน

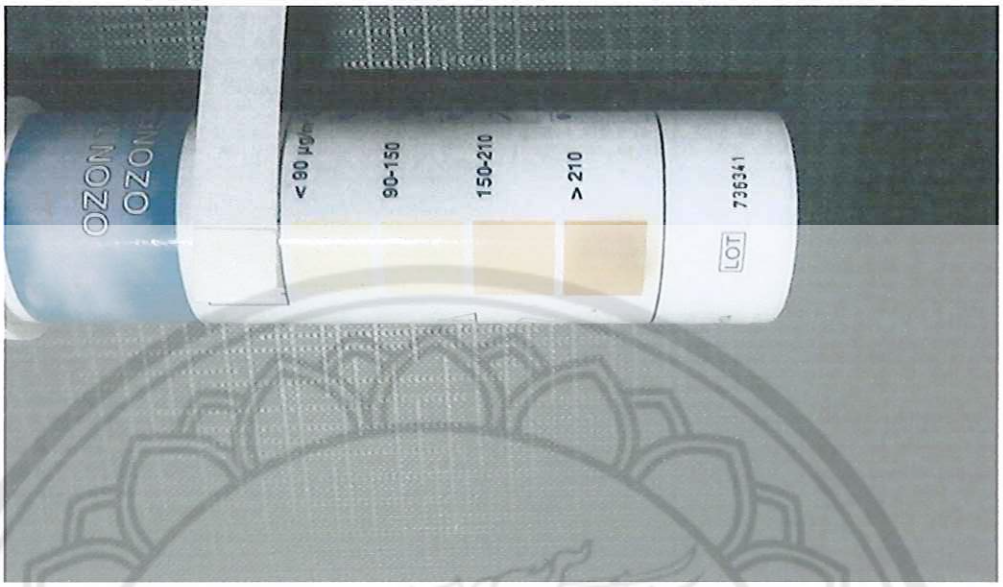
เครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 เครื่องถูกติดตั้งที่บ้านเรือนและโรงเรียนชุมชนหนองแหนช่วงเดือน กันยายน ถึง ตุลาคม 2557 (ดูรูปที่ 4-11) โดยคณะวิจัยได้จัดประชุมเพื่อนำเสนอร่างคู่มือการใช้งานเครื่องและรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับแก้คู่มือการใช้งานเครื่องก่อนจะพิมพ์ออกมาแจกจ่ายให้กับชุมชน (รูปที่ 4-12) โดยให้ใช้กำลังการจ่ายโอโซนที่ 60% และ ใช้เวลาในการจ่ายโอโซน 2 ชม หลังจากให้ชุมชนทดลองใช้จนเกิดความมั่นใจประมาณ 2 สัปดาห์ก็ดำเนินการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างประเมินประสิทธิภาพการบำบัดสารฟีนอล และเหล็ก แมงกานีส โลหะหนักอื่นๆ และจุลชีพ ซึ่งได้ผลแสดงในรูปที่ 4-13 ถึง 4-14 โดยพบว่าสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินก่อนการบำบัดอยู่ที่ประมาณ 6 µg/L เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ประมาณ 6 เท่า โดยพบว่ามี 13 ครัวเรือนจาก 40 ครัวเรือนที่ตรวจพบสารฟีนอลปนเปื้อนเกินมาตรฐาน ภายหลักการบำบัดด้วยโอโซนใช้กำลังการจ่ายโอโซนที่ 60% และ ใช้เวลาในการจ่ายโอโซน 2 ชม พบว่าสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำต่ำกว่า 1 µg/L ทั้ง 40 ครัวเรือน



รูปที่ 4-8 จลนพลศาสตร์ของการสลายสารฟีนอลที่ 0.5 mg/L ในน้ำบ่อตื้นที่ ต.หนองแหน ขนาด 1000 L โดยเครื่องผลิตและผสมโอโซนที่กำลังการผลิต 30%, 60%, และ 90% โดยใช้และไม่ใช้สารส้ม 15 mg/L



รูปที่ 4-9 การปรับ pH จากกรดอ่อนๆให้กลับมาเป็นกลางโดยการเติมโอโซน

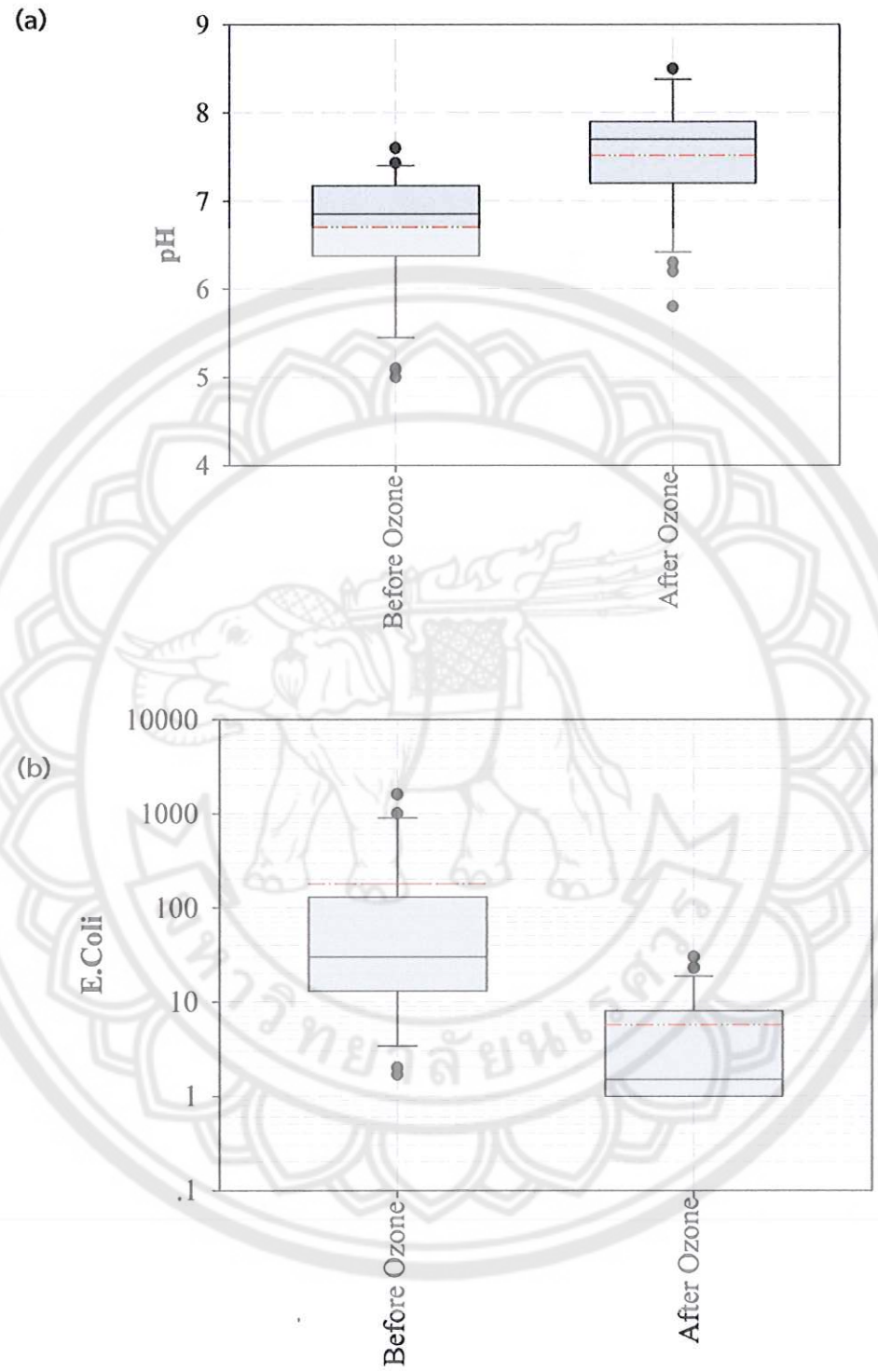


รูปที่ 4-10 ผลการตรวจสอบอากาศเบื้องต้นพบว่ามีค่าโอโซนในอากาศในระดับที่ปลอดภัย

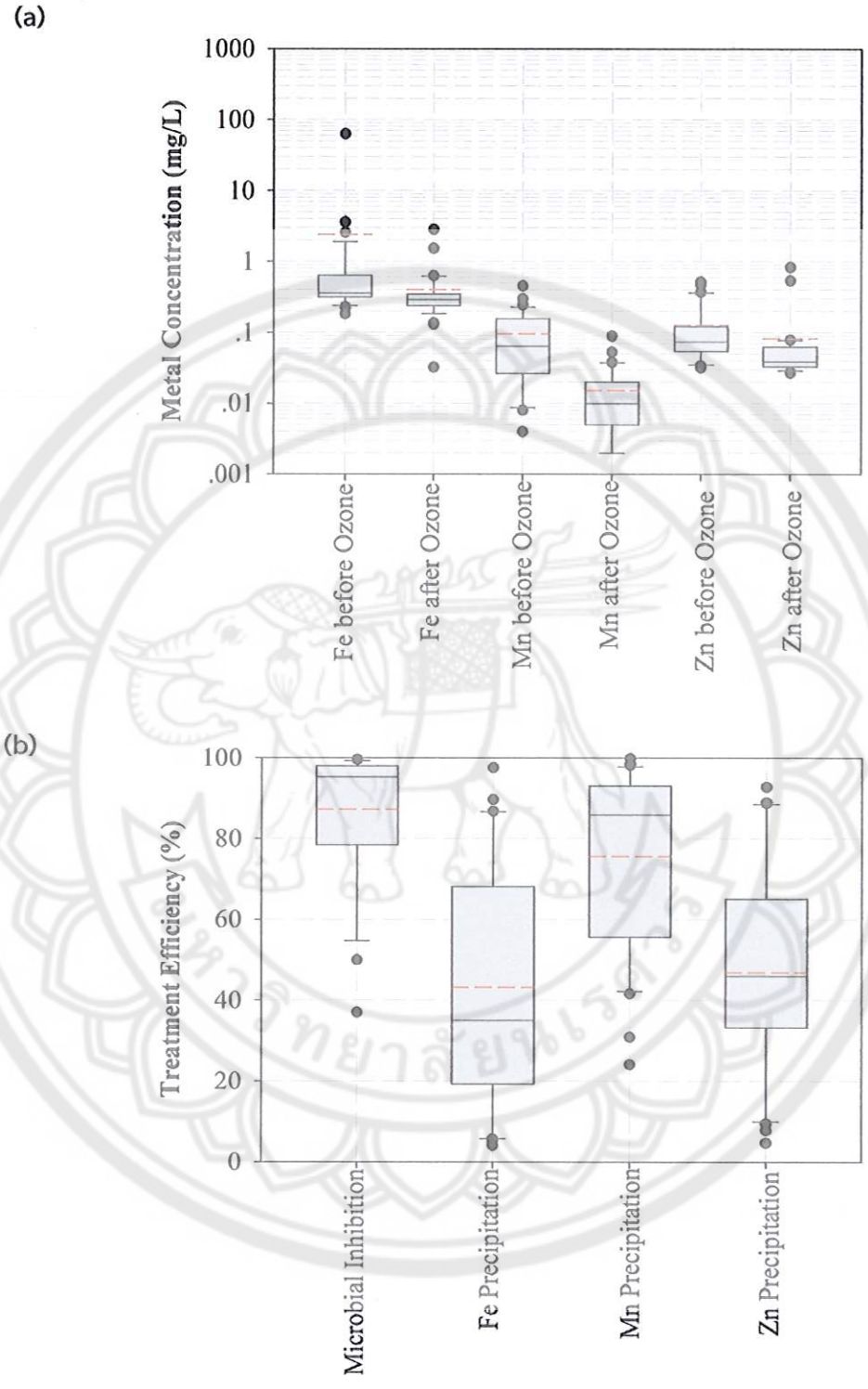
ในทำนองเดียวกันค่า pH ของน้ำเพิ่มจาก 6.7 เป็นประมาณ 7.5 เหมาะสมแก่การใช้อุปโภค-บริโภค และพบว่าแบคทีเรีย E.Coli ถูกกำจัดโดยโอโซนประมาณ 90% (ดูรูปที่ 4-13b) อย่างไรก็ดีมีบางครัวเรือนที่ต้องการการกำจัดแบคทีเรียมากกว่า 99% เพื่อให้คุณภาพน้ำผ่านมาตรฐาน จึงเสนอแนะให้เพิ่มกำลังการจ่ายโอโซนเป็น 90% และจ่าย 2 ชม เหมือนเดิม นอกจากนี้โอโซนยังสามารถตกตะกอน Fe Mn และ Zn ได้โดยมีสรุปประสิทธิภาพการตกตะกอนแสดงในรูปที่ 4-14 ทำให้คุณภาพน้ำผ่านค่ามาตรฐานน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค โดยคณะวิจัยได้จัดประชุมกับชุมชนหนองแหนและชี้แจงผลการตรวจน้ำของแต่ละครับเรือนหลังจากการบำบัดด้วยโอโซน และให้แนะนำพร้อมทั้งตอบข้อซักถามรายกรณี (ดูรูปที่ 4-15) ทั้งนี้ตาราง 4-9

รูปที่ 4-11 ภาพตัวอย่างการติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซน 40 เครื่องถูกติดตั้งที่บ้านเรือนและโรงเรียนชุมชนหนองแหนช่วงเดือน กันยายน ถึง ตุลาคม 2557

รูปที่ 4-12 การประชุมเพื่อนำเสนอร่างคู่มือการใช้งานเครื่องและรับฟังความคิดเห็นเพื่อปรับแก้คู่มือการใช้งานเครื่องก่อนจะพิมพ์ออกมาแจกจ่ายให้กับชุมชน



รูปที่ 4-13 การเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการจ่ายโอโซนที่กำลังผลิต 60% เป็นเวลา 2 ชม (a) pH และ (b) แบคทีเรีย E.Coli



รูปที่ 4-13 (a) ความเข้มข้นของโลหะหนักก่อนและหลังการจ่ายโอโซนที่กำลังผลิต 60% เป็นเวลา 2 ชม และ (b) ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดด้วยการตกตะกอนโดยโอโซน

ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำของโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประจำวันที่ .....3/11/2557.....

ชื่อเจ้าของบ้าน.....บ้านที่เลข.....ที่อยู่.....

ก่อนบำบัดด้วยโอโซน						หลังบำบัดด้วยโอโซน						ประสิทธิภาพการบำบัด %				
pH	Phenol (ug/L)	แบคทีเรีย (MPN/100ml)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	pH	Phenol (ug/L)	แบคทีเรีย (MPN/100ml)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Phenol	แบคทีเรีย	Fe	Mn	Zn
6.3	0.5	13	1.439	0.165	0.063	7.2	0.5	≤ 2	0.304	0.007	0.039	100	100.0	78.9	95.8	38.1

สรุปผลการบำบัดด้วยโอโซน กรณีการบำบัดน้ำมีค่า แบคทีเรียและเหล็กเกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม และหลังจากการบำบัดน้ำด้วยเครื่องโอโซนแล้ว ค่าแบคทีเรียและเหล็กมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค

ข้อเสนอแนะ 1. บ้านที่ยังคงมีค่า แบคทีเรียหรือเหล็กเกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม ให้เปิดเครื่องโอโซนนานขึ้นกว่าที่กำหนด

2. ให้ทำการล้างกรองทรายด้วยน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซนแล้ว (ตามคู่มือการใช้เครื่องโอโซนข้อที่ 5)

หมายเหตุ ตัวเลขสีเขียว และตัว ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค

รูปที่ 4-14 ตัวอย่างเอกสารชี้แจงผลการตรวจน้ำของแต่ละครับเรือนหลังจากการบำบัดด้วยโอโซน และให้แนะนำพร้อมทั้งตอบข้อซักถามรายกรณี

ตารางที่ 4-9 สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความจำเป็นของการใช้เครื่องโอโซน

ความจำเป็นที่ต้องมีเครื่องโอโซน	ผลการสำรวจ (%)
มาก (70-100%)	100.0
ปานกลาง (40-69 %)	0.0
น้อย (0-39 %)	0.0
รวม	100.0

ตารางที่ 4-10 สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความเข้าใจในการใช้เครื่องโอโซน

ความเข้าใจในการใช้เครื่อง	ผลการสำรวจ (%)
มาก (70-100%)	100.0
ปานกลาง (40-69 %)	0.0
น้อย (0-39 %)	0.0
รวม	100.0

ตารางที่ 4-11 สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องโอโซน

ความเข้าใจในการใช้เครื่อง	ผลการสำรวจ (%)
มาก (70-100%)	83.3
ปานกลาง (40-69 %)	16.7
น้อย (0-39 %)	0.0
รวม	100.0

ตารางที่ 4-12 สรุปแบบสำรวจปริมาณน้ำที่ผลิตโดยใช้เครื่องโอโซนใน 2 อาทิตย์แรก (1 ถัง = 1000 ลิตร)

ความเข้าใจในการใช้เครื่อง	ผลการสำรวจ (%)
ยังไม่ได้ใช้	13.3
1-5 ถัง	60.0
6- 10 ถัง	23.3
10 ถังขึ้นไป	3.3
รวม	100.0

ตารางที่ 4-13 สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อความมั่นใจในการใช้เครื่องโอโซน

ความเข้าใจในการใช้เครื่อง	ผลการสำรวจ (%)
มาก (70-100%)	90
ปานกลาง (40-69 %)	10
น้อย (0-39 %)	0.0
รวม	100.0

ตารางที่ 4-14 สรุปแบบสำรวจความคิดเห็นชุมชนหนองแหนต่อเหตุผลที่ทำให้มั่นใจในการใช้เครื่องโอโซน

ความเข้าใจในการใช้เครื่อง	ผลการสำรวจ (%)
ผู้วิจัย	30.0
ผลการวิเคราะห์	33.3
ประสิทธิภาพเครื่อง	10.0
อื่นๆ	26.7
รวม	100.0

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และ การเผยแพร่งานวิจัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และ การเผยแพร่งานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตและผสมโอโซนลงน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชุมชนหนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา ที่ปนเปื้อนสารฟีนอลสูงสุดกว่า 250 เท่าของค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (คือ 1 µg/L)

จากการประเมินศักยภาพธรรมชาติบำบัดของการปนเปื้อนในพื้นที่พบว่ามีศักยภาพธรรมชาติบำบัดที่อัตรา 0.056 ต่อเดือน ซึ่งจากการประมาณตามความสัมพันธ์ดังกล่าวคาดการณ์ได้ว่าอาจต้องใช้เวลาถึง 68 ปีกว่าธรรมชาติจะบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นที่ ต.หนองแหน จนถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำที่จุดใช้น้ำ (Point-of-Use Treatment) ที่ชุมชนสามารถใช้งานได้เองระหว่างที่การปนเปื้อนยังคงอยู่ซึ่งหากไม่มีการกำจัดแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนเพิ่มเติมการปนเปื้อนนี้อาจจะคงค้างอยู่นานถึง 68 ปี ทั้งนี้คณะวิจัยพบว่าการสลายสารฟีนอลโดย Oxidant เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด และได้ทำการเปรียบเทียบ Oxidant 2 ชนิดคือ Chlorine Dioxide และ โอโซน พบว่าโอโซนมีความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่มากกว่า (ดูตารางที่ 5-1)

ด้วยเหตุนี้ชุมชนจึงได้ประสานกับรองผู้ว่าราชการจังหวัดฉะเชิงเทราเพื่อของบประมาณแก้ไขผลกระทบเร่งด่วนจากรองนายกรัฐมนตรี เพื่อผลิตและติดตั้งเครื่องจ่ายโอโซน 40 เครื่องสำหรับ 40 ครัวเรือน โดยผลิตตามต้นแบบที่คณะวิจัยของ ดร.ธนพล ศึกษาออกแบบในงานวิจัยนี้ จากการวิจัยทดลองใช้จริงในภาคสนามและติดตามประสิทธิภาพการบำบัดฟีนอลในน้ำ 1000 ลิตร พบว่าเครื่องโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลที่ปนเปื้อนเกินมาตรฐาน 500 เท่าได้ในเวลา 2 ชม.ทำให้ชุมชนใช้น้ำได้อย่างปลอดภัยตามเดิม โดยยังพบว่านอกจากสลายสารฟีนอลได้แล้วโอโซนยังช่วยฆ่าเชื้อโรคและตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสอีกด้วย โดยทุกขั้นตอนการศึกษา ติดตั้งเครื่อง และแจ้งผลการประเมินได้ทำโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชน จากการประเมินผลจากแบบสอบถามพบว่าประชาชนมีความมั่นใจว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำด้วยตนเองที่ครัวเรือนได้ และมีความเข้าใจในการบำรุงรักษาเครื่องมือด้วยตนเอง อนึ่งนอกจากจะได้งบประมาณจากภาครัฐแล้ว การดำเนินการเพื่อชุมชนหนองแหนนี้ก็ยังได้การสนับสนุนจากภาคเอกชนคือหน่วย CSR ของ ปตท. ซึ่งบริจาคถังบรรจุน้ำขนาด 1000 ลิตรอีกด้วย

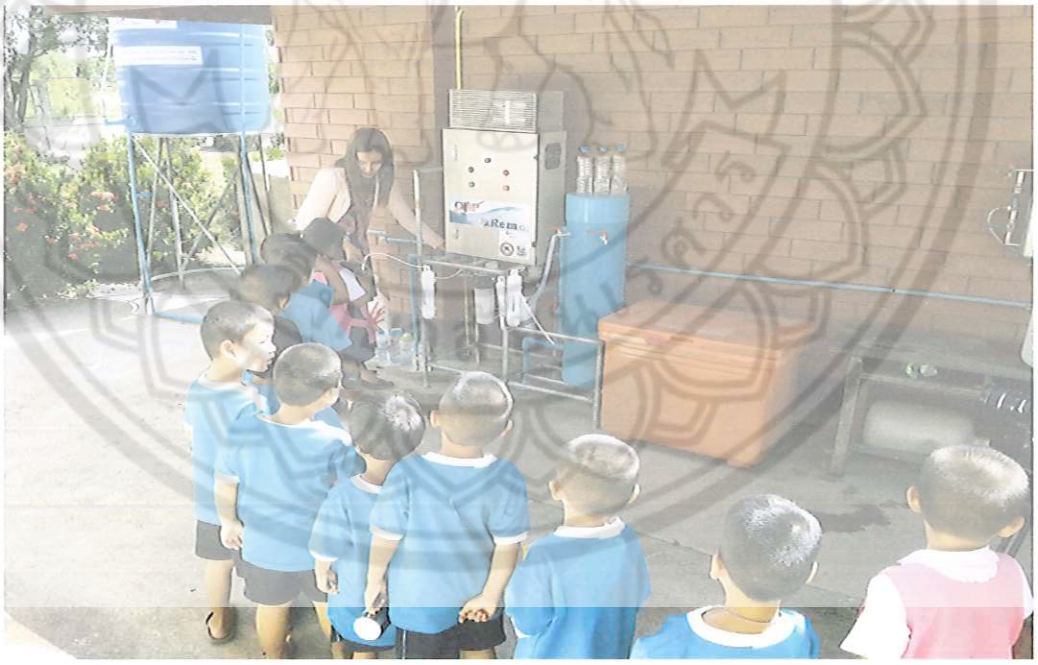
ตารางที่ 5-1 การเปรียบเทียบการใช้เทคนิคสลายฟีนอลด้วย Oxidants

วิธีการ	รายละเอียดการทำงาน	คุณสมบัติ	ประมาณการค่าใช้จ่าย	ข้อจำกัด
การบำบัดด้วยคลอรีนไดอ๊อกไซด์	เครื่องผลิตคลอรีนไดออกไซด์ (1000 ลบ.ม, ต่อวัน) ผลิต Chlorine Dioxide = 2 ppm เพียงพอต่อการกำจัด Phenol, Fe, Mn	- ใช้ได้สำหรับ 1000 ครัวเรือน - สลาย phenol และสารอินทรีย์อันตรายได้ไว - ตกตะกอนเหล็กและ แมงกานีสได้ - ฆ่าเชื้อโรคได้	- ราคาเครื่อง = 400,000 บาท - ค่าเดินระบบ: ราคาสารเคมี - Bioxzine (100 บาท ต่อ กก. - Hyzine (10 บาท ต่อ กก.) - ค่าใช้จ่ายต่อน้ำ 1 ลบ.ม. = 0.98 บาท ต่อเดือนต่อครัวเรือน 30 บาท	- เป็นเครื่องขนาดใหญ่ (ไม่มีขนาดเล็ก) ต้องเป็นเครื่องประจำหมู่บ้าน (เหมาะกับประปาหมู่บ้านมากกว่า) – ชาวบ้านต้องไปขนน้ำเอา หรือทำระบบแจกจ่ายเป็นประปาหมู่บ้าน - มีค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีมาใช้+ ค่าขนส่งสารเคมี (ยังไม่ได้รวม) - จ้างคนเดินระบบ (ค่าใช้จ่าย) - ยังไม่ได้บวกค่าไฟฟ้า - ยังไม่ได้บวกค่าระบบจ่ายน้ำ หรือ ค่าเดินทางไปเอาน้ำของชาวบ้าน - ต้องขุดบ่อใหม่ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับ 300 ครับเรือนที่เสี่ยง
ระบบโอโซน	ออกแบบโดยสมมุติ Phenol = 0.25 mg/L; Fe^{2+} = 5 mg/L; Mn^{2+} = 5 mg/L	- เครื่องผลิตโอโซนที่ 8 g/L เพียงพอในการสลายสารพิษ - นอกจากสามารถสลายฟีนอลได้แล้ว	ค่าเครื่องพร้อมระบบผสมโอโซน และติดตั้ง = 45,000 บาท สำหรับแต่ละครัวเรือน (ผลิตน้ำ	

	- สลาย Phenol ในเวลาไม่เกิน 120 นาที (รอต่ออีก 22 นาที โดยประมาณ)	ยังสามารถ ฆ่าเชื้อโรค และปรับคุณภาพน้ำให้ดื่มได้ดี - เหมาะสำหรับแต่ละบ้านที่มีบ่อของตัวเอง - ระบบใช้ง่ายไม่ต้องดูแลมากนัก	1000 L ต่อวัน) ค่าเดินระบบ (ค่าไฟ) = 1.375 บาท x24 ชม = 33 บาทต่อลบ. เมตร	

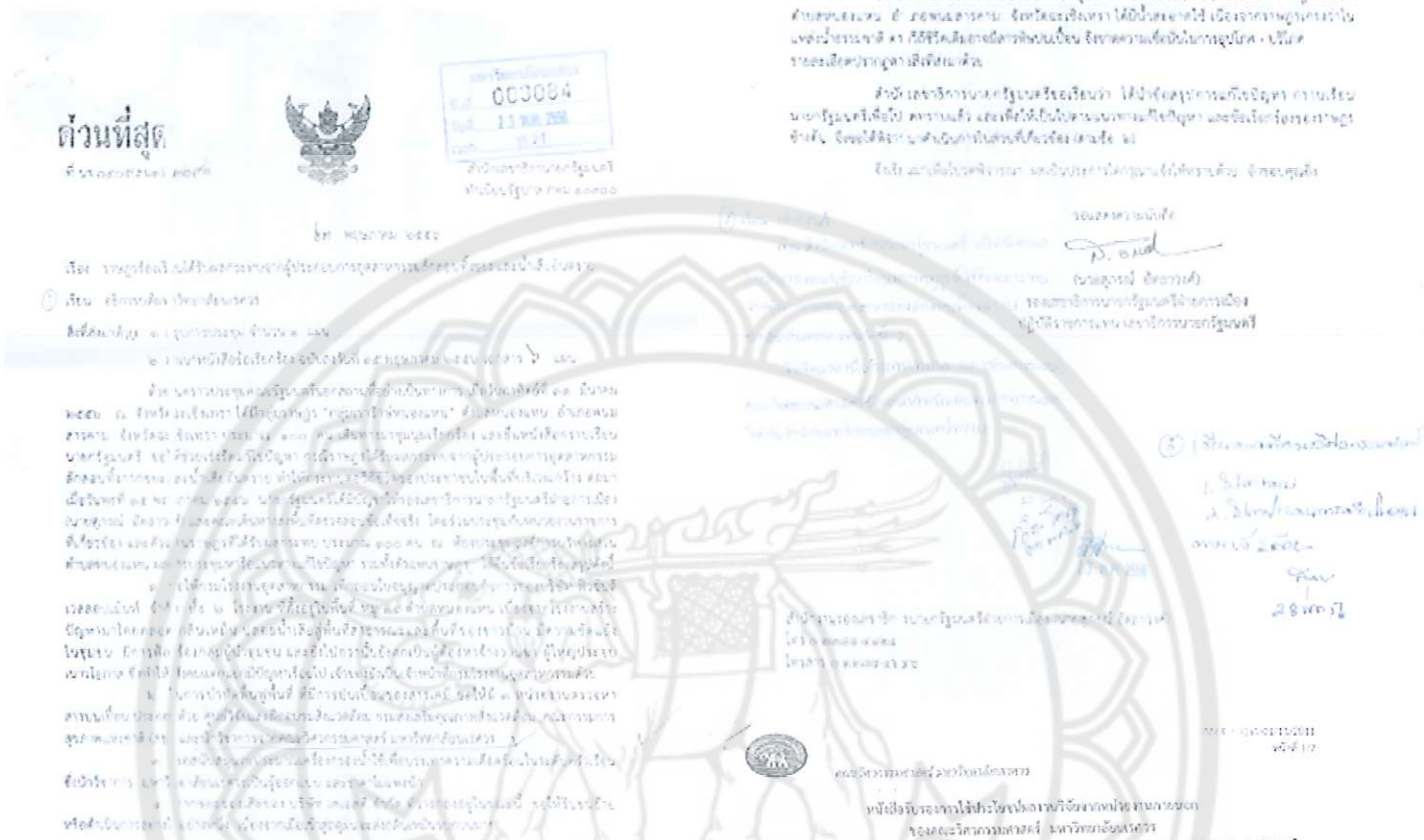
5.2 สรุปผลผลิตจาการวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัย

ต้นแบบเครื่องผลิตและผสมโอโซนสำหรับการสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น (และคู่มือการใช้งาน เอกสารแนบ 1)



รูปที่ 5-1 ต้นแบบเครื่องผลิตและผสมโอโซนสำหรับการสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้น

หนังสือขอให้ดำเนินการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อลดผลกระทบต่อชุมชนและหนังสือรับรองการใช้ผลงานโดยตัวแทนชุมชน



รูปที่ 5-2 หนังสือราชการ “ด่วนที่สุด” จากสำนักนายกรัฐมนตรีขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.นเรศวร เร่งพัฒนาระบบบำบัดน้ำให้ครัวเรือน และ หนังสือรับรองการใช้งานเครื่องผลิตและผสมโอโซนโดยประธาน อบต. หนองแหน นายจร เนาวโอภาส

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ 1 บทความ (กำลังเตรียมต้นฉบับ) ดังต่อไปนี้

- Tanapon Phenrat, Thippawan Thongboot, and Thanyathit Imthiang (2015). **Ozonation as a Point-of-Use Phenol Decontamination in Shallow Groundwater Contaminated by Illegal Dumping at Nong-Nea Subdistrict, Panomsarakarm District, Chachoengsao Province** to be submitted to Environmental Health Perspectives.

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ 1 บทความ

- ธนพล เพ็ญรัตน์.(2558). **ชุมชน หัวใจฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน.....ทางเลือกทางรอดของดิน น้ำ นิเวศ มนุษย์**. ความรู้คู่สังคม ปีที่ 1 ฉบับที่ 1/ พฤษภาคม-สิงหาคม 2558 (เอกสารแนบ 2)
-

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

- Tanapon Phenrat. (2015).TERI :Thailand Environmental Restoration Initiative.THE TAKEDA YOUNG ENTREPRENEURSHIP AWARD WORKSHOP, The Takeda Hall, the Takeda Building, the University of Tokyo,February 7, 2015. (เอกสารแนบ 3)

การจัดแสดงผลงานระดับชาติ

- เป็นตัวแทนมหาวิทยาลัยนเรศวรในการแสดงผลงาน"มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2558 (Thailand Research Expo 2015)"จัดขึ้นในระหว่างวันที่ 16 - 20 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ กรุงเทพฯ
- เป็นตัวแทนมหาวิทยาลัยนเรศวรในการแสดงผลงาน "มหกรรมนวัตกรรมภาคเหนือ ประจำปี 2558" ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 29-30 ส.ค.58 ณ เชียงใหม่ฮอลล์ ศูนย์การค้าเซ็นทรัลพลาซ่า เชียงใหม่ แอร์พอร์ต จ.
- เป็นตัวแทน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรในการแสดงผลงาน "งานอุตสาหกรรมแฟร์ครั้งที่ 1" ณ โรงแรมวังจันทน์ริเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก ระหว่างวันที่ 28 พ.ย-2 ธ.ค.2557 เวลา 10.30-21.00 น

การเป็นข่าวในสื่อสารมวลชน (ช่อง 3 รายการแตกประเด็นทั้งสิ้น 4 ข่าว)

การเผยแพร่ทาง Multimedia ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

หัวข้อข่าว	วันที่ออกอากาศ	รายการ/สถานี	URL
แพหญ้าแฝก หนองแหน (มีสรุปรายงานการสลายสารฟีนอลด้วยโอโซนในการใช้งานจริงตอนต้นๆของข่าว)	วันที่ 19 ธันวาคม 2557	แตกประเด็น/ช่อง 3	http://www.krobkruakao.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99/19/44301/12/2014/%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%AB%E0%B8%8D%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9D%E0%B8%81%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B8%99.html
บำบัดสารปนเปื้อนน้ำบ่อตื้นหนองแหน	วันที่ 18 มิถุนายน 2557	แตกประเด็น/ช่อง 3	http://www.krobkruakao.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99/19/31591/06/2014/%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%9A%E0%B8%B3%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%9A%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%95%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B8%99.html

สลายสารฟีนอลหนองแหน	วันที่ 24 เมษายน 2557	แตกประเด็น/ช่อง 3	http://www.krobkruakao.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99/19/29907/04/2014/%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9F%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B8%99.html
สลายสารฟีนอล ต.หนองแหน	วันที่ 29 ตุลาคม 2556	แตกประเด็น/ช่อง 3	http://www.krobkruakao.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99/19/24177/10/2013/%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B8%81%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9F%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B8%99.html

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (2556). อนาคตหนองแหน เส้นทางฟื้นฟูอย่างเป็นรูปธรรม.ศูนย์ประสานงานการพัฒนาระบบและกลไกการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ

[2] สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (2556). รายงานสาธารณะ ฉบับที่ 1 ข้อเสนอแนวทางและมาตรการ ในการบำบัดฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายในพื้นที่ ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา.ศูนย์ประสานงานการพัฒนาระบบและกลไกการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ

[3] TPBS (2013).เปิดปม พิษภากอุตสาหกรรม ออกอากาศ 25 มีนาคม 2013

[4] กรุงเทพธุรกิจ (2012). ทิ้งสารพิษฉะเชิงเทรา พบสารก่อมะเร็งเกินมาตรฐาน (ตีพิมพ์วันที่ 8 กันยายน 2555)

[5] Willhite, C.C.; Ball, G.L.; McLellan, C.J. (2008). Derivation of a bisphenol A oral reference dose (RfD) and drinking-water equivalent concentration.J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2008 Feb;11(2):69-146.

[6] Integrated Risk Information System (IRIS) (2557) on the website: http://www.epa.gov/iris/

[7] Cun-guang, Y. (1998). Progress of optical determination for phenolic compounds in sewage. Journal of Environmental Sciences, 10, 1, 76-86.

[8] USEPA (1999). Chapter 3: Ozone in "EPA Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidant", Office of Water, EPA.

[9] Shen, Y.; Lei, L.; Zhang, X.;Zhou, M.; Zhang, Yi.(2008).Effect of various gases and chemical catalysts on phenol degradation pathways by pulsed electrical discharges. Journal of Hazardous Materials, Volume 150, Issue 3,Pages 713–722

[10] K. Y. Li, C. H. Kuo, J. L. Weeks Jr. (1979). A kinetic study of ozone-phenol reaction in aqueous solutions. Volume 25, Issue 4, pages 583–591.

[11] JerryJ. Wu, Susan J. Masten. (2002).Oxidation kinetics of phenolic and indolic compounds by ozone: applications to synthetic and real swine manure slurry. Water Research 36, pp 1513–1526.

[12] Kadir Turhana, Suheyla Uzmanb.(2008).Removal of phenol from water using ozone. Volume 229, Issues 1–3, Pages 257–263.

[13] Gunten, U. V. and Ramseier, M.(2010). Critical review of literature for rate constants for reaction of chemical oxidants with inorganic and organic pollutants, TehnEAU

ภาคผนวก

เอกสารแนบ 1

10 ขั้นตอนง่ายๆในการใช้เครื่องโอโซนในการสลายสารฟีนอลอย่างปลอดภัย

ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้ทีล่ะขั้นพี่ๆจะสามารถใช้เครื่องจ่ายโอโซนผลิตน้ำดื่ม-น้ำใช้ได้อย่างง่ายๆและปลอดภัย

1) ก่อนอื่นให้ปิดวาล์วทุกตัว (เบอร์ 1-11)

2) เปิดฝาเครื่องตรวจสอบว่าเครื่องตั้งเวลาโดยเข็มชี้ที่ 0.2 และ ตั้งเวลาเป็น 10 H ซึ่งคือการตั้งเวลาจ่ายโอโซน 2 ชั่วโมง (หากสงสัยเรื่องการตั้งเวลาให้ติดต่อพี่พล)

3) ปรับหมายเลขโอโซนเป็นเบอร์ 6 (จ่ายพลัง = 60% กำลังผลิตโอโซนสูงสุดของเครื่อง)

4) เติมน้ำให้เต็ม: เปิดวาล์วหมายเลข 1 เพื่อปั๊มน้ำจากบ่อตื้นจนกระทั่งปั๊มตัดอัตโนมัติ (ประมาณ 1000 ลิตร) แล้วจึงปิดวาล์วหมายเลข 1

5) สลายสารฟีนอลด้วยโอโซน: เสียบปลั๊กเครื่องโอโซนและกดปุ่มสีเขียว (Start) จะเห็นไฟสีเขียวและสีฟ้าขึ้นและได้ยินเสียงเครื่องผลิตโอโซนทำงาน ลองจับที่ถังเก็บน้ำจะรู้สึกว่ามีฟองโอโซนถูกปล่อยในถัง หลังจาก 2 ชม. เครื่องจะหยุดจ่ายโอโซนอัตโนมัติ ไฟสีแดงจะขึ้นแทนไฟสีเขียว สารฟีนอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำกว่า 500 µg/L จะถูกสลายจนหมด

6) ตกตะกอน: ทิ้งน้ำไว้อย่างน้อย 4-6 ชั่วโมง ไว้ให้ตะกอนเหล็ก (สีแดง) และ แมงกานีส (สีดำ) ตกตะกอนที่ก้นถัง (หากมีตะกอนเกิดขึ้นในกรณีที่น้ำมีเหล็กและแมงกานีสสูง)

7) ระบายตะกอนออก: เปิดวาล์วหมายเลข 3 และ หมายเลข 4 เพื่อระบายตะกอนออกเป็นเวลา 5 นาที (หรือจนน้ำหายขุ่น) เปิดวาล์วหมายเลข 3 และ รอให้น้ำหยุดไหลแล้วปิดวาล์วหมายเลข 4

8) ล้างกรองทราย: เปิดวาล์วหมายเลข 2 หมายเลข 5 หมายเลข 6 และ หมายเลข 8 เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อล้างกรองทราย ครบ 5 นาทีปิดวาล์ว หมายเลข 8 และ หมายเลข 6

9) ใช้น้ำเพื่อการอุปโภค (ซัก ล้าง อาบ): เปิดวาล์วหมายเลข 2 หมายเลข 5 หมายเลข 7 และหมายเลข 9 น้ำจะไหลผ่านกรองทรายเท่านั้นแต่ไม่ผ่านกรองละเอียด ถ่าน และเรซิน เลิกใช้งานปิดวาล์วหมายเลข 9

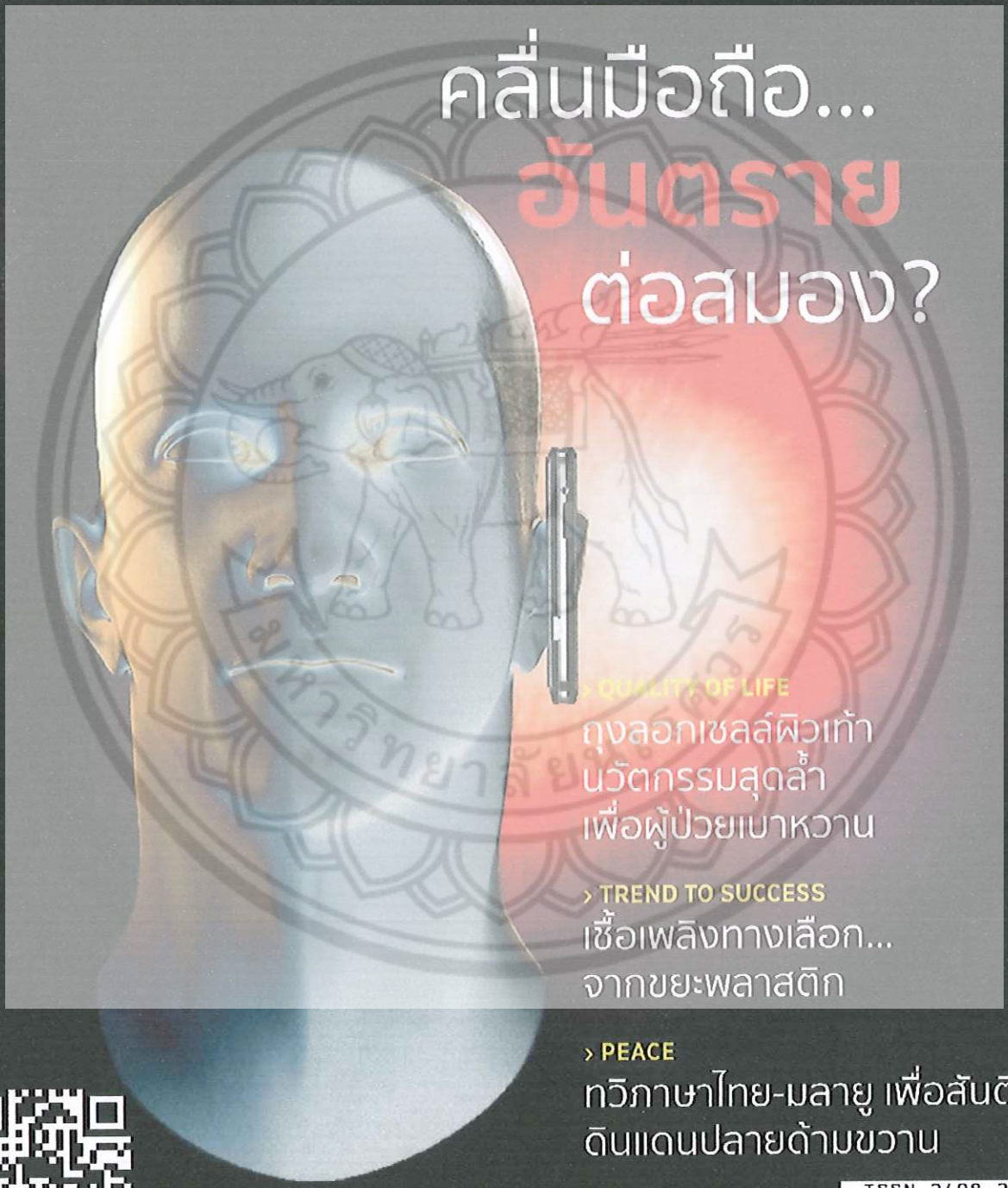
10) ใช้น้ำเพื่อการบริโภค (ดื่ม ทำอาหาร): เปิดวาล์วหมายเลข 2 หมายเลข 5 หมายเลข 7 หมายเลข 10 และหมายเลข 11 น้ำจะไหลผ่านกรองละเอียด ถ่าน และเรซิน เลิกใช้งานปิดวาล์วหมายเลข 11 หรือ 10

EDUZINE

ความรู้สู่สังคม

วิจัย • สร้างสรรค์ • ใช้งานได้จริง

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 / พฤษภาคม-สิงหาคม 2558



คลื่นมือถือ... อันตราย ต่อสมอง?

› QUALITY OF LIFE

ถุงลอกเซลล์ผิวเท้า นวัตกรรมสุดล้ำ เพื่อผู้ป่วยเบาหวาน

› TREND TO SUCCESS

เชื้อเพลิงทางเลือก... จากขยะพลาสติก

› PEACE

ทวิภาษาไทย-มลายู เพื่อสันติสุข ดินแดนปลายด้ามขวาน

www.thaieduzine.org

ISSN 2408-2198

เนื่องในโอกาสฉลองพระชนมายุครบ 5 รอบ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี
ในวันที่ 2 เมษายน 2558 กองบรรณาธิการนิตยสาร
"ความรู้สู่สังคม" ขอถวายพระพรให้พระองค์ทรงมีพระชนมายุ
ยิ่งยืนนาน เป็นมิ่งขวัญแด่พสกนิกรชาวไทยตลอดไป

Editor's Note

สวัสดีและขอต้อนรับท่านผู้อ่านเข้าสู่ฉบับปฐมฤกษ์ของ Eduzine "ความรู้สู่สังคม" ที่คัดสรรผลงานวิจัยอันทรงคุณค่าและเกิดการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางจากมหาวิทยาลัยสมาชิกของที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย หรือที่รู้จักในนาม ทปอ. นั่นเอง โดยการสนับสนุนจาก ทปอ. และ เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.)

"ความรู้สู่สังคม" เป็นนิตยสารที่เขียนด้วยภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย แฝงด้วยสาระเต็มเปี่ยม มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยที่สำเร็จและมีการนำไปใช้ประโยชน์แล้ว ให้เกิดการรับรู้ในวงกว้างโดยเฉพาะประชาชน นักปกครอง เอกชนผู้ประกอบการ นักการเมือง นักวางแผนนโยบาย หน่วยงานภาครัฐ และองค์กรต่าง ๆ เพื่อให้ตระหนักว่างานวิจัยไม่ได้ไกลตัวเลย หากทำให้ดีจะมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและชีวิตความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น

ในฉบับปฐมฤกษ์นี้ได้รับเกียรติจาก ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช นำเสนอบทความเรื่อง "คลื่นมือถือ...อันตรายจริงหรือ?" เป็นผลงานวิจัยล่าสุดที่จะเป็นประโยชน์ต่อเราอย่างยิ่ง เนื่องจากปัจจุบันแทบทุกคนจะมีโทรศัพท์มือถือใช้กัน นอกจากนี้ยังมีผลงานวิจัยเด่น ๆ อีกหลายเรื่อง

ขอขอบคุณ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย หอการค้าไทย บริษัท พาเนล พลัส จำกัด บริษัท เชฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนการจัดทำนิตยสารฉบับนี้

อดใจรอไม่ไหวแล้วใช่ไหมครับ เชิญพลิกอ่านเรื่องราวที่เต็มเปี่ยมไปด้วยสาระ และหากมีข้อเสนอแนะใด ๆ สามารถติดต่อกองบรรณาธิการได้ ขอบคุณครับ

กองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ที่ปรึกษา
ประธานที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย
รองประธานที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย
เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

บรรณาธิการที่ปรึกษา
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ
รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กองบรรณาธิการ
ศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.มงคล เตชะกำพุ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ประมวญ เทพชัยศรี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง ธรรมศิริรักษ์
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ดร.ณัฏฐ์ มากุล
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

นางสาวสิริกร ชูแก้ว
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ฝ่ายเผยแพร่
นางสาวพรพิมล วงษ์ศรี
สำนักงานเลขาธิการ ทปอ.

นางสาวจานภรณ์ ทับทิมทอง
สำนักงานเลขาธิการ ทปอ.

นายจักรพงษ์ อินทร์กร่ำ
สำนักงานเลขาธิการ ทปอ.

นายประธาน สายคำ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

เจ้าของผู้พิมพ์ผู้โฆษณา
ที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย (ทปอ.)
เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.)

Contents / พฤษภาคม - สิงหาคม 2558

2__ **Beyond Hub**
ไอโซนาร์ดวงตาคู่ใหม่
สำหรับผู้พิการทางสายตา

10__ **Cover Story**
คลื่นมือถือ...อันตรายต่อสมอง?

17__ **Exclusive Interview**
วช.กับภารกิจลมใต้ปีกของการพัฒนาประเทศ

20__ **Partnership**
"ชุมชน" หัวใจฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน...
ทางเลือกทางรอดของ
ดิน น้ำ นิเวศ มนุษย์

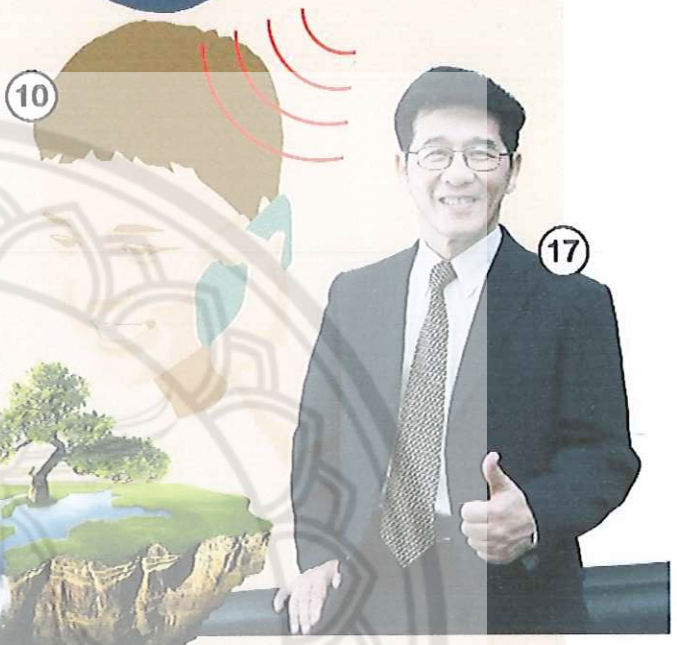
28__ **Trend to Success**
เชื้อเพลิงทางเลือกจากขยะพลาสติก

37__ **Value Added**
เซรามิคจากวิศวกรรมวัสดุผสานสุนทรียะ

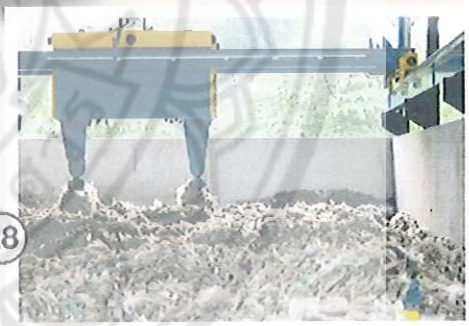
43__ **Quality of Life**
ถุงลอกเซลล์ผิวเท้านวัตกรรมสุดล้ำ
เพื่อผู้ป่วยเบาหวาน

52__ **Peace**
ทวิภาษาไทย-มลายู
เพื่อสันติสุขดินแดนปลายด้ามขวาน

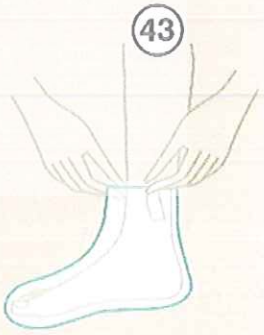
2


10
17

20


28

37


43

52

BEYOND HUB

สุรพล วรภัทรากร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

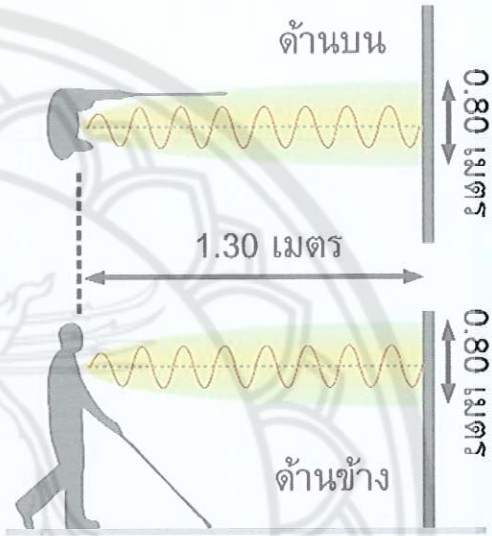
ไอโซนาร์ ดวงตาคู่ใหม่ สำหรับผู้พิการทางสายตา

ผู้พิการทางสายตามักประสบปัญหาการเดินชนสิ่งกีดขวางที่อยู่สูง อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันก็มีประสิทธิภาพต่ำ ใช้งานยากและราคาแพง จึงเป็นที่มาของ “ไอโซนาร์” เครื่องบอกเตือนกีดขวางเพื่อช่วยให้ผู้พิการทางสายตาเดินได้ปลอดภัยมากขึ้น

"ไอโซนาร์ เป็นเครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา" เป็นอุปกรณ์นำทางที่มีขนาดเล็ก ประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่ายและราคาถูก ได้รับการออกแบบ และวิเคราะห์จากความต้องการจากผู้พิการทางสายตาในประเทศไทยโดยตรง ใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคในการตรวจจับสิ่งกีดขวางในระดับศีรษะถึงระดับเอว

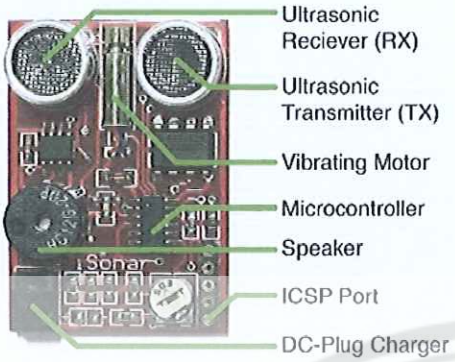
ตัวเครื่องไอโซนาร์

ปัจจุบันมีจำนวนผู้พิการทางสายตากว่าหนึ่งแสนคนในประเทศไทย และอีกกว่า 30 ล้านคนทั่วโลก ผู้พิการทางสายตาเหล่านี้มักประสบปัญหาการเดินชนสิ่งกีดขวางที่อยู่สูงกว่าระดับเอวขึ้นไปในระหว่างการเดิน เนื่องจากผู้พิการจะใช้ไม้เท้าในการแกว่งหาสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้า โดยไม้เท้าเหล่านั้น สามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางได้แค่ระดับเท้าขึ้นไปถึงระดับเอวเท่านั้น ไม่สามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่สูงกว่าระดับเอว เช่น ป้ายจราจร ขั้นบันไดใต้สะพานลอย หรือวัตถุต่าง ๆ อุปกรณ์ช่วยนำทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำ รูปร่างลักษณะของอุปกรณ์ที่ไม่น่าใช้หรือใช้งานยากและราคาค่อนข้างสูง จากที่ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของการพัฒนาเครื่องบอกเตือนกีดขวาง "ไอโซนาร์" เพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาในการเดินได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น



รัศมีการตรวจจับเครื่องไอโซนาร์

> ไอโซนาร์ เป็นอุปกรณ์นำทางที่มีขนาดเล็ก ประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่ายและราคาถูก



ส่วนประกอบภายในเครื่องไอโซนาร์

เครื่องมีขนาดเล็กเบาไม่ต้องถือไว้ทั้งวัน ใช้ระบบการสั่นสะเทือนเมื่อพบสิ่งกีดขวางแทนการใช้เสียงจากหูฟัง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ประสาทหูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมได้ตามปกติ อุปกรณ์ที่ใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เวลาฝึกฝนในการใช้งาน สามารถชาร์จไฟได้ไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อย ๆ อุปกรณ์มีราคาต้นทุนการผลิตที่ถูก ทำให้สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้พิการทางสายตาในประเทศไทยได้

ของผู้ใช้งาน รัศมีการตรวจจับทางด้านหน้าอยู่ที่ 130 เซนติเมตร ด้านข้าง 80 เซนติเมตร แจ้งเตือนก่อนการชนด้วยระบบสั่นหลายระดับ

ไอโซนาร์ได้ผ่านการทดสอบการใช้งานจริงจากผู้พิการทางสายตาในสนามทดสอบที่มีสิ่งกีดขวางจำลองและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการให้ผู้ทดสอบใช้ไม้เท้านำทางเพียงอย่างเดียวกับการให้ผู้ทดสอบใช้เครื่องไอโซนาร์

> ใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคในการตรวจจับสิ่งกีดขวางในระดับศีรษะถึงระดับเอวของผู้ใช้งาน

การใช้กล้องวิดีโอประกอบกับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คสำหรับผู้พิการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

การพัฒนาเครื่องไอโซนาร์

1. ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน

เครื่องช่วยบอกทางสำหรับผู้พิการทางสายตาที่มีขายในปัจจุบันมีหลายแบบ แต่มีข้อจำกัดดังนี้

(1) ระบบจีพีเอสนำทาง ไม่สามารถใช้งานในสภาพท้องฟ้าปิดและไม่สามารถบอกข้อมูลสิ่งกีดขวางข้างหน้าของผู้ใช้งานได้

(2) เครื่องเลเซอร์ มีข้อจำกัดด้านรัศมีความครอบคลุมในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ทำให้เกิดจุดบอดซึ่งอาจเป็นอันตรายสำหรับผู้ใช้งานได้

(3) การใช้กล้องวีดีโอประกอบกับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คช่วยนำทางยังขาดความแม่นยำ อีกทั้งอุปกรณ์มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก

(4) การใช้เสียงในการแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง ทำให้ผู้พิการทางสายตาไม่สามารถใช้ประสาทหูในการฟังเสียงสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นได้

> "บางอุปกรณ์มีความซับซ้อนในการใช้งาน ผู้พิการจำเป็นต้องใช้เวลาในการฝึกการใช้งานเป็นเวลานาน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย"

ทั้งนี้การตรวจจับสิ่งกีดขวางของอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นนี้จะบอกเตือนสิ่งกีดขวางเฉพาะระดับพื้นราบถึงระดับเอว ดังนั้นผู้พิการทางสายตาจึงมีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุในระดับที่สูงกว่าเอวขึ้นไป บางอุปกรณ์มีความซับซ้อนในการใช้งาน ผู้พิการจำเป็นต้องใช้เวลาในการฝึกการใช้งานเป็นเวลานาน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ขายมีราคาแพงมาก จนทำให้ผู้พิการทางสายตาจำนวนมากไม่สามารถซื้อได้

การเก็บข้อมูลความต้องการจากผู้พิการทางสายตาโดยตรง

2. การศึกษาความต้องการจากผู้พิการโดยตรง

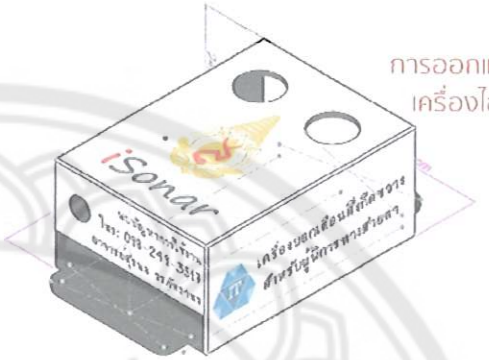
คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์นี้จากความต้องการจากผู้พิการทางสายตาในจังหวัดเชียงราย โดยมีความเห็นจากผู้ใช้ว่าต้องการเครื่องมือที่มีการตอบสนองในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง

> สามารถลดอัตราการชนสิ่งกีดขวางได้ถึง 27% และใช้เวลาในการเดินไปสู่จุดหมายปลายทางน้อยลง

ของอุปกรณ์ได้รวดเร็ว สามารถบอกเตือนเมื่อเจอสิ่งกีดขวางได้อย่างแม่นยำ สามารถพกพาได้ มีน้ำหนักเบา ใช้งานง่าย ไม่จำต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อย ๆ ลักษณะการบอกเตือนของอุปกรณ์ต้องไม่รบกวนการได้ยินของผู้พิการทางสายตา และอุปกรณ์ไม่ควรมีราคาแพงจนเกินไป

3. การวิเคราะห์และออกแบบ

ใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคความถี่ 40 กิโลเฮิร์ทซ์ ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางความแม่นยำสูง ไร้เสียงรบกวนผู้ใช้งานและผู้พิการสามารถใช้ประสาทหูได้อย่างเต็มที่ ด้วยการบอกเตือนสิ่งกีดขวางด้วยระบบสั่นด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ยิ่งใกล้สิ่งกีดขวางยิ่งสั่นแรง ใช้แบตเตอรี่ชนิด Li-ion แรงดัน 3.7 โวลต์ กำลัง 1,700 มิลลิแอมป์ - ชั่วโมง สามารถใช้งานได้นาน 24 ถึง 48 ชั่วโมง และมีวงจรชาร์จแบตเตอรี่ในตัว นอกจากนี้ยังสามารถเตือนด้วยเสียงเมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมด ตัดการชาร์จเมื่อประจุเต็มอย่างปลอดภัย ออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด Surface Mount Device จึงทำให้อุปกรณ์มีขนาดเพียง 5 x 4 x 2 เซนติเมตร และยังน้ำหนักเบา (55 กรัม รวมแบตเตอรี่) ทำให้พกพาสะดวก อุปกรณ์จะติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งกลางอกหรือลิ้นปี่ของผู้ใช้ เนื่องจากเป็นจุดที่จะทำให้สามารถบอกเตือนสิ่งกีดขวางในระยะครอบคลุมจากเอวขึ้นไปจนถึงศีรษะได้

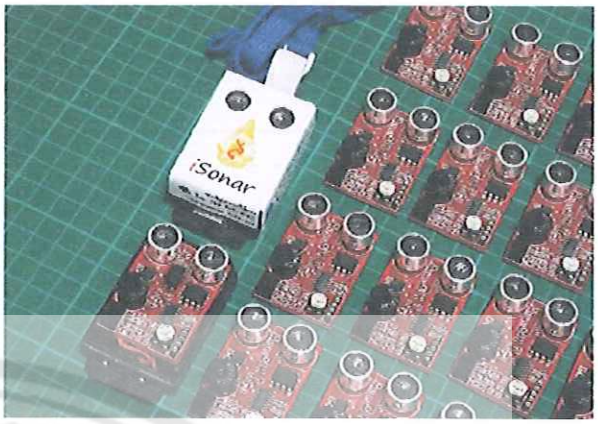


การออกแบบกล่องเครื่องไอโซนาร์

4. การผลิตต้นแบบเพื่อทดสอบและประเมินผล

การผลิตเครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตาได้จัดทำในมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกขั้นตอน โดยมีกลุ่มนักศึกษาในสำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เป็นผู้ช่วยวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาได้ใช้ความรู้ในชั้นเรียนมาใช้ปฏิบัติกับอุปกรณ์จริง โดยการดำเนินงานแบ่งเป็นสามขั้นตอน คือ ขั้นตอนการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ขั้นตอนการทำกล่องของอุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์

การผลิตเครื่องไอโซนาร์ต้นแบบ

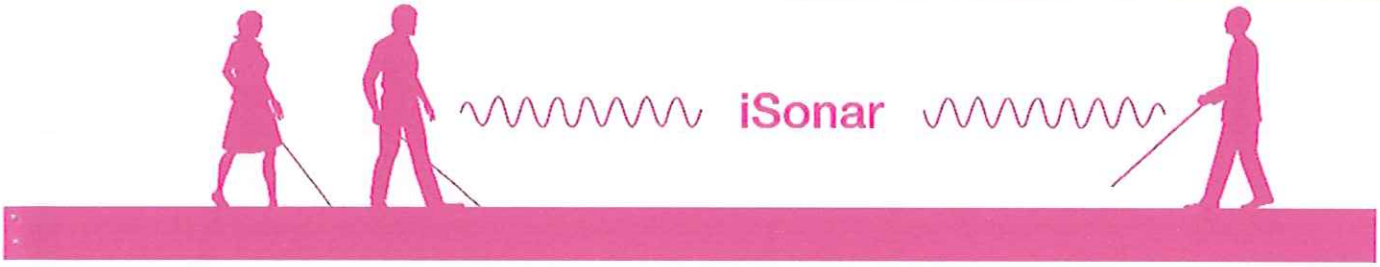


5. การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบและวัดผลประสิทธิภาพของเครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตานี้ ในขั้นต้นได้ทดสอบกับอาสาสมัครผู้พิการทางสายตาในจังหวัดเชียงราย จำนวน 15 คน โดยให้ผู้พิการทางสายตาเดินเข้าไปในสนามทดสอบที่มีสิ่งกีดขวางจำลองในระดับต่าง ๆ เช่น สิ่งกีดขวางระดับเอวขึ้นไป ระดับศีรษะ และระดับต่ำกว่าเอว ทำการบันทึกการจำนวนครั้งที่ชนสิ่งกีดขวางในแต่ละระดับและเวลาที่ใช้ หลังจากการทดสอบมีการเก็บผลเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานอุปกรณ์ไอโซนาร์นี้ด้วย สำหรับผลการทดสอบพบว่าสามารถลดอัตราการชนสิ่งกีดขวางได้ถึง 27% และใช้เวลาในการเดินไปสู่จุดหมายปลายทางน้อยลง ผลการทดสอบระดับความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์จากผู้พิการทางสายตาโดยใช้เกณฑ์ในการวัดช่วงคะแนน 1-5 พบว่ามีคะแนนความพึงพอใจอยู่ที่ 4.13 คะแนน ซึ่งเป็นระดับดีเยี่ยม

ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ ราคา 1,350 บาท/เครื่อง (รวมเครื่องชาร์จไฟและแบตเตอรี่แล้ว)

ผู้พิการทางสายตารอรับเครื่องไอโซนาร์



การพัฒนาเครื่องไอโซนาร์ในอนาคต

ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ไอโซนาร์จะสามารถแก้ปัญหาด้านข้อจำกัดของอุปกรณ์ช่วยการมองเห็นอื่น ๆ ได้ดี แต่ยังต้องพัฒนาเครื่องให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น มีความแข็งแรงทนทาน สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้พิการได้ทั้งหมด รวมถึงการผลิตในเชิงพาณิชย์ด้วย

การพัฒนาไอโซนาร์ในระยะที่สองนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐและเอกชน เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายได้โดยเร็ว เพื่อให้ไอโซนาร์ได้เป็นดวงตาคู่ใหม่ในการเดินทางให้กับผู้พิการทางสายตาได้อย่างสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ทูลเกล้าฯ ถวายอุปกรณ์ไอโซนาร์ 100 เครื่องแด่ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อพระราชทานตามอัธยาศัย

"แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีผู้พิการทางสายตาอีกเป็นจำนวนมากที่ติดต่อเพื่อขอรับการบริจาคเครื่องไอโซนาร์ ซึ่งการผลิตเครื่องไอโซนาร์ให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้พิการเหล่านี้ จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องได้รับการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและเอกชน" ●

การคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา

สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ประเทศไทย **"เครื่องบอกเตือนสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา"** ทะเบียนเลขที่ 1301004582 วันที่ 6 สิงหาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

- มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ทุนโครงการทูลเกล้าฯ ถวายอุปกรณ์ไอโซนาร์ 100 เครื่องแด่ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อพระราชทานตามอัธยาศัย
- มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงสนับสนุนทุนโครงการผลิตนวัตกรรมเพื่อส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้พิการ
- คุณชิงชัย คนธรรพ์สกุล กรรมการผู้จัดการ บริษัท ชีวิค มีเดีย จำกัด
- สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ทุนโครงการปรับแปลงนวัตกรรมด้าน ICT สู่ชุมชน
- ผศ.ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รศ.ดร.ธนูศักดิ์ ตาตุ ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การนำไปใช้ประโยชน์

- ปัจจุบัน มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงได้บริจาคเครื่องไอโซนาร์โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใด ๆ ไปยังหน่วยงานผู้ดูแลผู้บกพร่องทางการเห็นและผู้พิการทางสายตาในประเทศไทยแล้วกว่า 250 เครื่อง เช่น คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล สมาคมคนตาบอดเชียงราย โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดลำปาง มูลนิธิพิทักษ์ดวงตาลำปาง โรงพยาบาลแม่จันจังหวัดเชียงราย สมาคมคนตาบอดจังหวัดร้อยเอ็ด สมาคมคนตาบอดจังหวัดแพร่ และอีกหลากหลายหน่วยงาน รวมถึงผู้พิการทางสายตาที่มาติดต่อขอรับบริจาคโดยตรง
- หน่วยงานที่ยื่นความประสงค์ขอรับอุปกรณ์เพิ่มเติม ได้แก่ สมาคมคนตาบอดเมืองลำปาง ปราจีนบุรี และเพชรบูรณ์ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน มูลนิธิคลอฟิลด์เพื่อคนตาบอดฯ โรงเรียนสอนคนตาบอด พระมหาไถ่ พิทยาฯ ร้านสุขสัมผัสนวดแผนไทย ชลบุรี

ข้อมูลนักวิจัย

อาจารย์สุรพล วรภัทราทร

จบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง โดยสาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ได้แก่ การประมวลผลเสียงพูดมนุษย์ ระบบฝังตัว เซ็นเซอร์ และเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ

COVER STORY

ค.ด.ร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผศ.ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

คลื่นมือถือ... อันตรายต่อสมอง?

ยังคงเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันอย่างกว้างขวางในสังคมปัจจุบันว่าคลื่นโทรศัพท์มือถือเป็นอันตรายหรือไม่ เนื่องจากมีผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และส่วนใหญ่ยังมีความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของคลื่นโทรศัพท์น้อยมาก จึงใช้งานอย่างขาดความเข้าใจและยังมีความกังวลต่อผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้งาน คลื่นโทรศัพท์มือถือนั้นเป็นอันตรายจริงหรือไม่จึงควรมาทำความเข้าใจกัน

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่ 5 ในการดำรงชีวิต เนื่องจากความสามารถในการทำงานที่หลากหลาย สามารถตอบสนองผู้ใช้ได้ทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคของสมาร์ทโฟน (Smartphone) ที่รวบรวมความสามารถของโทรศัพท์มือถือ แทบเล็ต (Tablet) และคอมพิวเตอร์ (Computer) เข้าไว้ด้วยกันและยังมีความสามารถอื่น ๆ อีกมากมายที่ถูกรวมเข้ามาไว้บนอุปกรณ์ชิ้นเดียว

โทรศัพท์มือถือจึงกลายเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ทรงประสิทธิภาพมาก สามารถพกพาได้โดยง่ายขณะนี้โทรศัพท์มือถือจึงเป็นอุปกรณ์จำเป็นสำหรับสังคมในปัจจุบันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่เว้นแม้แต่เด็กหรือผู้สูงอายุ และผูกพันอยู่กับกิจวัตรประจำวันของมนุษย์ในสังคมสมัยใหม่อยู่ตลอดเวลา หากวันใดลืมโทรศัพท์หรือแบตเตอรี่หมดก็จะส่งผลต่อชีวิตประจำวันของผู้ใช้งานทันที เพราะทุกอย่างที่จำเป็นล้วนถูกบันทึกอยู่ในโทรศัพท์ ตั้งแต่หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อที่จำเป็น อีเมลล์ (e-mail)

เฟซบุ๊ก (Facebook) โปรแกรมสื่อสารต่าง ๆ รวมถึงรหัสผ่านที่ผู้ใช้งานไม่อยากจำ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการติดต่อสื่อสารของโทรศัพท์มือถือนั้นต้องใช้สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่คลื่นไมโครเวฟเป็นตัวกลาง ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องสัมผัสกับคลื่นโทรศัพท์มือถืออย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และอาจได้รับผลกระทบจากคลื่นโทรศัพท์หากใช้งานอย่างไม่ระมัดระวัง

โดยทั่วไปผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือมักไม่ค่อยได้ตระหนักถึงผลกระทบของการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากโทรศัพท์มือถือในขณะใช้งานอย่างเพียงพอ จากการศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานโดยตรงคือ ความสามารถในการดูดซับคลื่นของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะส่วนต่าง ๆ ภายในร่างกายแต่ละบุคคล โดยปกติร่างกายคนจะดูดซับคลื่นจากโทรศัพท์มือถือได้ซึ่งตรงนี้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์เพราะสามารถนำไปใช้ระบุได้ว่าคลื่นจากแหล่งดังกล่าวจะเป็นอันตรายต่ออวัยวะส่วนต่าง ๆ ภายในร่างกายโดยเฉพาะอวัยวะที่มีผลตอบสนองรวดเร็ว เช่น ต่อสมองหรือดวงตาหรือไม่ โดยอาศัยความถี่และกำลังส่งของโทรศัพท์เป็นหลัก

สำหรับประเทศไทยย่านความถี่ของคลื่นโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในปัจจุบันจะอยู่ที่ 850, 900, 1800, 1900 และ 2100 เมกะเฮิร์ต (MHz) ดังนั้นแม้ว่าจะใช้โทรศัพท์ในรุ่นและยี่ห้อเดียวกันแต่หากโทรศัพท์ถูกใช้งานในย่านความถี่ที่แตกต่างกันแล้วผลกระทบที่มีต่อสมองคนย่อมแตกต่างกันไปด้วย ผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องมาทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของคลื่นโทรศัพท์มือถือที่มีต่อสมองกันให้เข้าใจอย่างเพียงพอ

การดูดซับพลังงานที่แพร่ออกมาจากโทรศัพท์มือถือ

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วนที่แพร่ออกมาจากโทรศัพท์มือถือจะถูกดูดซับไว้โดยเนื้อเยื่อหรืออวัยวะส่วนต่าง ๆ ภายในร่างกายของมนุษย์ซึ่งโทรศัพท์มือถือโดยทั่วไปจะมีกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 1 วัตต์ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ร่างกายดูดซับนี้จะแปลงเป็นพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อในร่างกายเราบริเวณที่ได้รับพลังงานสูงขึ้นได้ ในกรณีที่โทรศัพท์มือถือที่ออกแบบมาไม่ได้มาตรฐานสากลหรือกำลังส่งของโทรศัพท์มีมากเกินไปหรือมีความผิดปกติ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ร่างกายดูดซับนี้จะแปลงเป็นพลังงานความร้อนในอัตราที่สูงกว่าที่กำหนดสามารถไปทำลายเซลล์ของเนื้อเยื่อดังกล่าวได้ ตามมาตรฐานแล้วกำลังส่งสัญญาณจะถูกควบคุมโดยหน่วยงานที่กำกับดูแลในแต่ละประเทศเพื่อไม่ให้มีค่าพลังงานที่สูงเกินไปจนเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตามในรายบริษัทผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือมาตรฐานจะเข้าใจในกฎกติกานี้ดี แต่ที่น่าเป็นห่วงคือผู้ผลิตนอกระบบที่ทำสินค้าเลียนแบบออกมา ประเด็นนี้ต้องระวังให้มาก ๆ

> แม้ว่าจะใช้โทรศัพท์ในรุ่นและยี่ห้อเดียวกันแต่หากโทรศัพท์ถูกใช้งานในย่านความถี่ที่แตกต่างกันแล้วผลกระทบที่มีต่อสมองคนย่อมแตกต่างกันไปด้วย

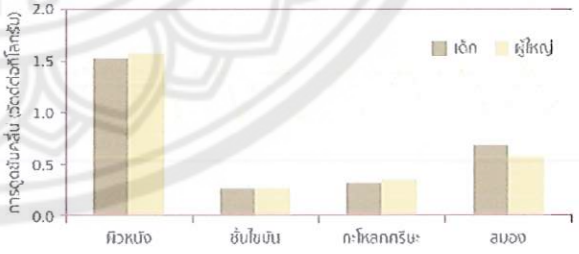
ภาพจำลองการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากโทรศัพท์มือถือ

ระบบโทรศัพท์มือถือทั่วไปมักมีการเพิ่มหรือลดกำลังส่งโดยอัตโนมัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เช่น ภายในหรือนอกอาคาร เป็นต้น เพื่อให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง การดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยร่างกายมนุษย์สามารถวัดได้จากการดูดซับคลื่นโดยที่คณะกรรมการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านานาชาติ หรือ ICNIRP ซึ่งมีหน้าที่กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้จำกัดค่าการดูดซับคลื่นให้ไม่เกิน 2 วัตต์ต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นเกณฑ์เดียวกับที่ใช้ในประเทศไทยโดยคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) ได้กำหนดไว้ซึ่งค่าการดูดซับคลื่นดังกล่าวไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถหาได้จากการคำนวณหรือเป็นตัวเลขที่ระบุโดยผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือ

ภาพนี้แสดงการดูดซับคลื่นโทรศัพท์ของเนื้อเยื่อสมองที่แสดงให้เห็นเป็นชั้น ๆ ส่วนที่เห็นเป็นสีแดงคือเนื้อเยื่อของสมองบริเวณที่ใกล้กับโทรศัพท์มือถือซึ่งจะมีการดูดซับคลื่นในปริมาณที่มากกว่าเนื้อเยื่อชั้นใน

จากการศึกษาการดูดซับคลื่นของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดระหว่างเด็กและผู้ใหญ่พบว่าผู้ใหญ่มีค่าการดูดซับคลื่นดังกล่าวใกล้เคียงกับเด็ก แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในอวัยวะที่สำคัญ ๆ อย่างสมอง เด็กจะมีการดูดซับคลื่นที่สูงกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งหมายความว่าสมองเด็กจะเกิดความร้อนขึ้นมากกว่าผู้ใหญ่เมื่อใช้โทรศัพท์มือถือ อันอาจจะก่อให้เกิดการอันตรายแก่สมองได้ แต่ทั้งนี้ผลดังกล่าวเป็นเพียงข้อสังเกตในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในทางปฏิบัติยังจำเป็นที่จะต้องได้รับผลการยืนยันจากงานวิจัยกับคนจริง ๆ ที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลาที่ยาวนานเพียงพอ

> ผู้ใหญ่มีค่าการดูดซับคลื่นดังกล่าวใกล้เคียงกับเด็กแต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในอวัยวะที่สำคัญๆ อย่างสมอง เด็กจะมีการดูดซับคลื่นที่สูงกว่าผู้ใหญ่



การดูดซับคลื่นระหว่างเด็กและผู้ใหญ่

โดยทั่วไปผลกระทบจากคลื่นโทรศัพท์มือถือแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ผลกระทบเชิงความร้อนและผลกระทบที่ไม่ขึ้นกับความร้อน ดังจะเสนอในรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลกระทบเชิงความร้อน

ผลกระทบเชิงความร้อนเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นแบบเฉียบพลัน เนื่องจากโทรศัพท์มือถือใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ไมโครเวฟในช่วง 800 - 2,100 เมกะเฮิร์ต ซึ่งทำให้สมองและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ในร่างกายร้อนขึ้น พลังงานจากคลื่นโทรศัพท์มือถือจะสามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นผิวหนังและกะโหลกศีรษะเข้าไปสู่บริเวณสมอง ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในเนื้อเยื่อชั้นในได้ตามความถี่และกำลังส่งของโทรศัพท์นั้น การเกิดความร้อนของคลื่นโทรศัพท์มือถือจะแตกต่างจากความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์หรือรังสีอินฟราเรด ที่ทำให้เกิดความร้อนเฉพาะบริเวณพื้นผิวเท่านั้น จึงเป็นอันตรายน้อยกว่าพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ อย่างไรก็ตามสมองมนุษย์จะมีกลไกป้องกันในเบื้องต้นสำหรับการกำจัดพลังงานส่วนเกินดังกล่าวออกไป โดยการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงสมองอัตโนมัติเมื่อพบว่าสมองมีความร้อนสูงขึ้นจนผิดปกติ ซึ่งกลไกดังกล่าวจะช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากคลื่นโทรศัพท์มือถือและป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับอ่อน ๆ ได้

ความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณสมองจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือที่ได้จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

อย่างไรก็ตามอวัยวะที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบเชิงความร้อนจากคลื่นโทรศัพท์มากที่สุดอย่างหนึ่ง คือ ดวงตา เนื่องจากดวงตามีเลือดไหลไปหล่อเลี้ยงอยู่น้อยมาก ทำให้ดวงตาไม่มีกลไกการควบคุมอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพเหมือนกับสมองของมนุษย์ ดังนั้นการสัมผัสกับคลื่นโทรศัพท์เป็นระยะเวลานาน ๆ เป็นชั่วโมงขึ้นไป จะทำให้อุณหภูมิของดวงตาสูงเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งในความเป็นจริงอุณหภูมิในร่างกายที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ก็อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความสามารถในการดูดซับคลื่นในระดับ 100 - 400 วัตต์ต่อกิโลกรัม จะมีผลทำให้อุณหภูมิในเลนส์ของดวงตาสูงขึ้นถึง 41 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องได้รับผลการยืนยันจากงานวิจัยกับคนจริง ๆ ที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลาที่ยาวนานเพียงพอ

ผลกระทบที่ไม่ขึ้นกับความร้อน

ผลกระทบที่ไม่ขึ้นกับความร้อนเป็นผลกระทบที่มักไม่แสดงอาการแบบเฉียบพลัน แต่จะแสดงอาการภายหลังจากการสัมผัสคลื่นสะสมเป็นระยะเวลานานซึ่งตรวจสอบได้ยากกว่าผลกระทบเชิงความร้อน สำหรับคลื่นโทรศัพท์มือถือในระดับต่ำ ๆ เช่น ขณะเปิดเครื่องรอรับสายและไม่ได้ใช้งาน หรือสัญญาณจากเสาส่งที่อยู่ในระยะไกล ๆ มักไม่ก่อให้เกิดผลกระทบในเชิงความร้อนต่อมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบทางชีวภาพที่เกิดขึ้นกับร่างกายมนุษย์นั้น ยังเป็นที่โต้แย้งกันถึงเรื่องความปลอดภัยต่อสุขอนามัย ซึ่งการศึกษาวิจัย มีทั้งกลุ่มที่เห็นด้วยและยังไม่เห็นด้วยว่าผลกระทบดังกล่าวเกิดจากคลื่นโทรศัพท์

> อวัยวะที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบเชิงความร้อนจากคลื่นโทรศัพท์มากที่สุดอย่างหนึ่งคือดวงตา

อาการที่พบ ได้แก่ อาการอ่อนล้า ปัญหาสายตาพร่ามัว ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ ปัญหาการได้ยิน

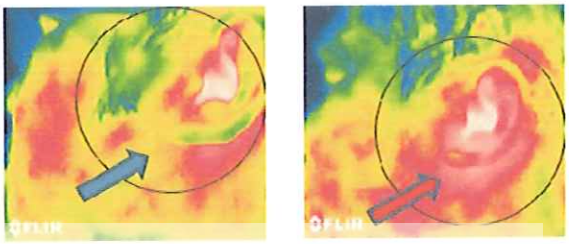
อาการดังกล่าวยังไม่มีหลักฐานที่สามารถสามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าเป็นอาการที่เกิดจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือที่มีระดับของพลังงานไม่เกินค่ามาตรฐานที่ทาง ICNIRP กำหนด ซึ่งในระดับพลังงานดังกล่าวส่งผลให้อุณหภูมิในร่างกายมนุษย์เพิ่มขึ้นในระดับไม่เกิน 0.1 - 0.2 องศาเซลเซียสเท่านั้น ที่ร่างกายสามารถปรับตัวได้ และยังมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าร่างกายในขณะที่เป็นไข้ แต่จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าเมื่อสัตว์ได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างต่อเนื่องจะมีผลต่อความผิดปกติของอวัยวะภายในและระบบประสาท ส่วนผลกระทบที่มีต่อมนุษย์ยังจำเป็นต้องมีการทดลองศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากต้องให้เวลาในการเก็บข้อมูลในระยะยาวเพื่อยืนยันผลการศึกษาที่ผ่านมาที่ยังเป็นการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น

ผลกระทบของการใช้โทรศัพท์มือถือโดยใช้คอมพิวเตอร์จำลอง

การศึกษาผลกระทบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในมนุษย์ยังมีข้อจำกัดด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยหลายรายการได้ระบุว่าการใช้โทรศัพท์มือถืออาจมีความเชื่อมโยงกับการเกิดมะเร็งในสมองและพบว่าความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้นอีกหลายเท่าตัวหากผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือเป็นเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี แต่ผลงานวิจัยในเชิงกายภาพที่เป็นรูปธรรมที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงกับผู้ใช้งานโทรศัพท์รวมถึงพฤติกรรมการแพร่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดขึ้นภายในสมองยังมีค่อนข้างน้อย การศึกษาโดยใช้การจำลองในคอมพิวเตอร์จึงเป็นการเติมเต็มในส่วนการศึกษาผลกระทบในเชิงกายภาพเพื่อนำมาใช้ในการเชื่อมโยงองค์ความรู้กับผลการวิจัยในการทดลองในคนต่อไป

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นล่าสุด พบว่าระบบโทรศัพท์ที่ใช้คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าจะส่งผลกระทบต่อสมองส่วนกลางได้มากกว่า

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือที่ได้จากการวัดด้วยกล้องอินฟราเรด



ก) ก่อนการใช้งานโทรศัพท์มือถือ ข) หลังการใช้งานโทรศัพท์มือถือ

ภาพนี้แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือจะเกิดความร้อนสะสมในบริเวณใบหูและผิวหนังบริเวณใกล้เคียงอย่างชัดเจน (ในวงกลมเป็นส่วนหูของมนุษย์)

โทรศัพท์ที่มีความถี่สูง เนื่องจากคลื่นความถี่ต่ำจะสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในศีรษะได้ลึกมากกว่า ในทางตรงกันข้ามสำหรับคลื่นความถี่ที่สูงพลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดซับไว้บริเวณผิวหนังและเนื้อเยื่อชั้นนอก แม้ว่าคลื่นความถี่สูงจะไม่สามารถทะลุทะลวงเข้าสู่สมองส่วนกลางได้มากนัก แต่กลับจะส่งผลมากที่บริเวณสมองส่วนนอก ฝั่งที่อยู่ติดกับโทรศัพท์ได้มากกว่าการใช้งานโทรศัพท์ในย่านความถี่ที่ต่ำ

สำหรับกำลังส่งของโทรศัพท์ถ้าใช้กำลังส่งที่มีค่าไม่เกินมาตรฐานคือมีค่าการดูดซับคลื่นไม่เกิน 1.6 วัตต์ต่อกิโลกรัมก็จะมีผลกระทบเชิงความร้อนต่อสมองไม่มากนัก จากการศึกษาพบว่าสำหรับการใช้งานโทรศัพท์มือถือที่มีกำลังส่ง 1.5 วัตต์ เป็นระยะเวลาต่อเนื่องไม่เกิน 30 นาที อุณหภูมิของสมองส่วนกลางจะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.1 องศาเซลเซียส ซึ่งในทางการแพทย์ยังถือว่าต่ำกว่าระดับอุณหภูมิที่จะส่งผลกระทบแบบเฉียบพลันต่อร่างกาย ที่ต้องมีค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระดับ 0.2 - 0.3 องศาเซลเซียสขึ้นไป แต่หากโทรศัพท์ที่ใช้งานมีกำลังส่งมากขึ้น แม้ว่าจะสามารถสื่อสารใช้ชัดเจนแต่ก็อาจส่งผลให้สมองมีการตอบสนองเชิงอุณหภูมิต่อคลื่นโทรศัพท์มากขึ้นตามกำลังส่งเช่นกัน

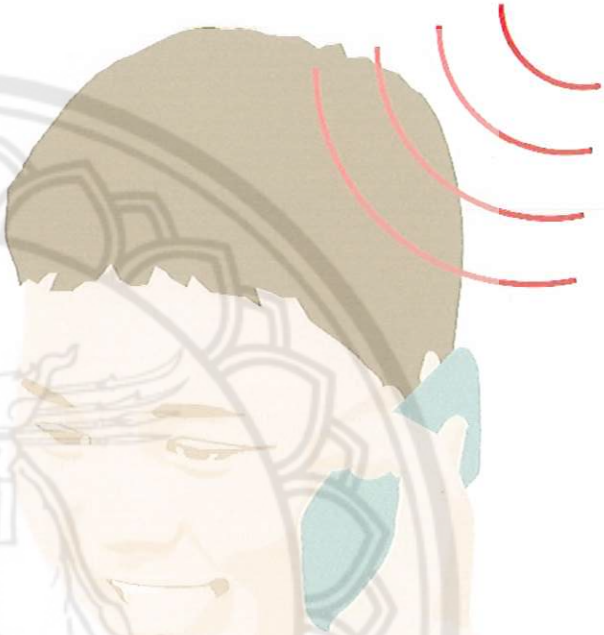
สำหรับผู้ใช้งานที่เป็นเด็ก จากการศึกษาพบว่าคลื่นโทรศัพท์สามารถทะลุทะลวงเข้าไปสู่สมองส่วนกลางได้

มาก และอาจได้รับผลกระทบได้มากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากเด็กมีขนาดศีรษะที่เล็ก กะโหลกบางกว่า และเนื้อเยื่อสามารถดูดคลื่นไว้ได้มากกว่า ในการศึกษายังได้ทำการยืนยันผลความถูกต้องกับผลการวิจัยจากต่างประเทศ และค่าที่วัดได้จากการใช้กล้องอินฟราเรดที่ใช้ในการวัดความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหนังของผู้ใช้งานโทรศัพท์อีกด้วย

ข้อเสนอแนะเพื่อการป้องกัน

ในสังคมยุคปัจจุบันที่การติดต่อสื่อสารยังมีความจำเป็น ควรแนะนำบุตรหลานและคนที่ท่านรักให้หลีกเลี่ยงการใช้งานโทรศัพท์โดยที่ไม่มีเหตุจำเป็น อาจใช้งานระบบ speakerphone หรือ small talk หรือใช้การส่งข้อความแทน และควรปฏิบัติตามข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือดังนี้

1. หลีกเลี่ยงการใช้โทรศัพท์ในที่แคบ เช่น ในรถยนต์ เนื่องจากคลื่นจะมีการสะท้อนเข้าสู่ร่างกายของผู้ใช้งานได้เป็นปริมาณมากขึ้น
2. เวลานอนหลีกเลี่ยงการวางโทรศัพท์มือถือไว้ใกล้ตัว
3. หากต้องพกพาโทรศัพท์มือถือ ควรใส่ซองหรือใส่ในกระเป๋าเพื่อลดการแพร่ของคลื่นสู่ร่างกาย
4. พยายามหลีกเลี่ยงการพูดโทรศัพท์โดยยกมาแนบกับหูโดยตรง ยิ่งเครื่องโทรศัพท์ห่างจากร่างกายมากเท่าไร พลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ร่างกายจะได้รับจะยิ่งน้อยเท่านั้น
5. หลีกเลี่ยงการใช้งานโทรศัพท์มือถือที่ไม่มีเหตุจำเป็น หากต้องใช้งานก็ขอให้ใช้ให้น้อยที่สุดและระยะเวลาสั้นที่สุด ●



ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่สนับสนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP),1998, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magneticand Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)," Health Phys., 74, pp. 494–522.

[2] T. Wessapan and P. Rattanadecho, Numerical Analysis of Specific Absorption Rate and Heat Transfer in Human Head Subjected to Mobile Phone Radiation, ASME J. Heat Transfer, vol. 134, p. 121101, 2012.

[3] T. Wessapan, S. Srisawatdhisukul, and P. Rattanadecho, Specific Absorption Rate and Temperature Distributions in Human Head Subjected to Mobile Phone Radiation at Different Frequencies, Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 55, pp. 347–359, 2012.

[4] T. Wessapan and P. Rattanadecho, Specific Absorption Rate and Temperature Increase in the Human Eye due to Electromagnetic Fields Exposure at Different Frequencies, Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 64, pp. 426–435, 2013.

[5] Emery, A. F., Kramar, P., Guy, A. W., and Lin, J. C., 1975, "Microwave Induced Temperature Rises in Rabbit Eyes in Cataract Research," ASME J. Heat Transfer, 97, pp. 123–128.

[6] Lin, J. C., 2003, "Cataracts and Cell-Phone Radiation," IEEE Antennas and Propagation Magazine, 45 (1), pp. 171–174.

[7] Buccella, C., Santis, V. D., and Feliziani, M., 2007, "Prediction of Temperature Increase in Human Eyes Due to RF Sources," IEEE Trans. Electromagn. Compat., 49 (4), pp. 825–833.

[8] Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M.. Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: Incidence according to distance and sex. PatholBiol 2002; 50 (10): 621.

ข้อมูลนักวิจัย

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

- จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจาก มหาวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปริญญาโทจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และปริญญาเอกจาก Nagaoka University of Technology (ทุนรัฐบาลญี่ปุ่น)
- ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ประสบการณ์ทางด้านการวิจัยเน้นการสร้างองค์ความรู้ใหม่และงานวิจัยประยุกต์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในประเทศอย่างยั่งยืน เช่น งานวิจัยชั้นสูงทางด้าน Microwave Heating Technology/Transport phenomena in porous media และงานวิจัยทางด้านการคำนวณปรากฏการณ์การเคลื่อนย้ายมวลและความร้อนในเนื้อเยื่อและร่างกายมนุษย์ เป็นต้น มีวิจัยสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมซึ่งนำมาสู่การจดสิทธิบัตรกว่า 12 ผลงาน มีผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยระดับนานาชาติที่มีมาตรฐานสูง (high impact factor) มากกว่า 90 รายการ มีการอ้างอิง (Citation) มากกว่า 1000 รายการ และได้รับรางวัลวิจัยระดับนานาชาติกว่า 15 รางวัล และรางวัลภายในประเทศกว่า 80 รางวัล
- รางวัลที่ได้รับได้แก่บุคคลดีเด่นของชาติ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากคณะกรรมการเอกลักษณ์ของชาติ เมธีวิจัยอาวุโส สกว. จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และนักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เป็นต้น

ข้อมูลนักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์

- จบการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปริญญาโทจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปริญญาเอกจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการบิน คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
- มีความสนใจงานวิจัยทางด้านการคำนวณปรากฏการณ์การเคลื่อนย้ายมวลและความร้อนในเนื้อเยื่อและร่างกายคน
- ได้รับรางวัลหลายรายการ อาทิเช่น รางวัลผลงานวิจัยสภาวิจัยแห่งชาติ รางวัล Special Prize จากประเทศเกาหลี ทุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สกว. ปี 2557-2559 เป็นต้น

EXCLUSIVE INTERVIEW

โดย ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

ศ.นพ.สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ
เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการ
วิจัยแห่งชาติ (วช.)

วช.กับภารกิจลมใต้ปีก ของการพัฒนาประเทศ

ก้าวต่อไปของงานวิจัยไทย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หรือ วช. เป็นหน่วยงานทำหน้าที่กำหนดนโยบายการวิจัยของประเทศซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญของการกำหนดทิศทางขีดความสามารถการแข่งขัน ผลิตภาพ ประสิทธิภาพของประเทศบนเวทีโลก บทสัมภาษณ์พิเศษสำหรับฉบับปฐมฤกษ์นี้จึงเป็นถ้อยคำต่อถ้อยคำของ **ศ.นพ.สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ** เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หรือ **"คุณหมอ"** ที่เราคุ้นเคย เรามาดูกันว่านับแต่นี้เป็นต้นไปแนวคิดเชิงนโยบายการวิจัยของประเทศจะขับเคลื่อนให้ไทยกลายเป็นผู้นำของนวัตกรรมภูมิภาคอาเซียนอย่างไร

Q ตลอดระยะเวลากว่า 6 ปี ที่ท่านคลุกคลีกับงานวิจัย ซึ่งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาขับเคลื่อนองค์ความรู้ของประเทศนั้น ทิศทางของการพัฒนาสร้างสรรค์งานวิจัยต่อจากนี้ไปเป็นยังไงบ้างครับ

A ผมว่าสิ่งที่เราตั้งความหวังไว้ว่าอยากจะเห็น คือความเป็น **"เอกภาพ"** ของระบบวิจัย ผมพูดว่าระบบวิจัยนะครับไม่ใช่แค่งานวิจัย เพราะเรารู้อยู่แล้วว่าการวิจัยเป็นเครื่องมือในการหาความรู้ แก้ปัญหา และพัฒนา ส่วนระบบวิจัยเป็นการบรูณาการงานด้านต่าง ๆ ให้เห็นภาพทั้งหมด ผมจึงคิดว่าบันไดขั้นแรกของการกำหนดทิศทางของการวิจัยคือระบบวิจัยต้องเป็นเอกภาพก่อน อย่างในอดีต องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยไม่ว่าจะเป็น วช. สกว. (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย) หรือองค์กรอื่น ๆ ต่างคนต่างทำงานของตัวเอง มหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยในกรม กระทรวง ก็ต่างคนต่างทำวิจัย ต่างคนต่างมีองค์ความรู้ ประโยชน์ที่ได้จึงกระจัดกระจายไม่สามารถนำมาผนวกใช้ร่วมกันได้ ดังนั้นเอกภาพจึงเป็นเรื่องแรกที่ต้องสร้างให้องค์กรเหล่านี้สามารถทำงานร่วมกันเพื่อให้เกิดประโยชน์เป็นชิ้นเป็นอันที่สังคมจะได้รับ

เริ่มต้นตั้งแต่ความเป็นเอกภาพของข้อมูล ซึ่งตรงนี้จะเกี่ยวข้องกับ ทปอ. ค่อนข้างเยอะ เดิมเราทำวิจัยมาก แต่ไม่ได้มีการแบ่งปันข้อมูลกัน ในปัจจุบันเราทำงานในนาม **"เครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ" (คอบช.)** จะทำหน้าที่รวบรวมและเชื่อมโยงฐานข้อมูลงานวิจัยจากทุกแหล่งในประเทศ ให้ทุกสถาบันสามารถเข้ามาค้นคว้าใช้ประโยชน์ จากงานวิจัยได้ซึ่งตอนนี้เรารวบรวมได้ประมาณ 80-90% และเมื่อสามารถเชื่อมงานวิจัยเข้าด้วยกันก็จะสามารถเชื่อมโยงงานวิจัยต่าง ๆ ให้เห็นเป็นภาพเดียวกัน มองเห็นว่ามีจุดอ่อนมีช่องว่างตรงไหนที่ควรจะวิจัยก็พัฒนาต่อยอด แล้วจะสามารถนำความรู้จากการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริง

Q ดุณหมอคิดว่างานวิจัยที่เป็นประโยชน์กับประเทศที่ทำสำเร็จไปแล้วมีอะไรบ้างครับ

A ผมคิดว่าเรื่องการพัฒนาให้ได้ข้าวพันธุ์ดี และปลูกอย่างไรให้ได้ผลผลิตสูงสุด เป็นโจทย์วิจัยที่ท้าทายและประเทศไทยได้ทุ่มเทการวิจัยเรื่องนี้ไปมากโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จนทุกวันนี้เรามีข้าวพอรับประทานในประเทศจนกระทั่งเหลือส่งออกขายให้คนบริโภคได้มากกว่า 3 ล้านคนทั่วโลก หรืออีกตัวอย่างคือข้าวโพด ในอดีตเราใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพราะไม่อร่อย แต่เดี๋ยวนี้มีพันธุ์ข้าวโพดหวานรับประทานได้และข้าวโพดฝักอ่อนมีมูลค่าสูงจากเดิมมาก ซึ่งก็เป็นผลจากการวิจัยเช่นกัน

Q ปัจจุบันมหาวิทยาลัยถูกคาดหวังให้ทำวิจัยร่วมกับภาคอุตสาหกรรม หรือชุมชน วช. มีบทบาทอย่างไรบ้าง

A เราทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงสู่มหภาคมากขึ้น คือเกิดการยอมรับในภาคเอกชน เพราะแต่เดิมภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน มีความรู้สึกว่า งานวิจัยเป็นของสูง เป็นสมบัติของนักวิจัยนักวิชาการ ภาคอุตสาหกรรมหรือเอกชนไม่ควรเข้ามาเกี่ยวข้องเพราะเป็นงานวิชาการ ในความเป็นจริงไม่ใช่เลย ในต่างประเทศเอกชนเขาก็ทำวิจัยกันเยอะแยะเพื่อให้สินค้าที่ได้ตรงตามความต้องการผู้บริโภค หรือผู้ใช้งานตอบสนองต่อกระบวนการผลิต หรือโจทย์ของอุตสาหกรรม ดังนั้นการที่งานวิจัยจะตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้จริง เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีให้ภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนนั้น สถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมควรจะต้องร่วมมือกัน เรื่องนี้ วช. ให้ความสำคัญมากเช่นเดียวกับการใช้ความรู้จากการวิจัยพัฒนาชุมชน

ทุกวันนี้เราบอกว่าเอกชนทั้งหลายมาช้อปงานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วได้เลย คำถามคือ แล้วจะมีเอกชนสักกี่รายที่มาจับคู่แล้วใช่ ส่วนใหญ่จะไม่ได้ในสิ่งที่เขาอยากได้ ภาคเอกชนจึงควรเข้ามาร่วมกันคิดตั้งแต่ต้น ผมยกตัวอย่างเช่น อาจารย์อยู่ในกลุ่มที่ทำเรื่องของเครื่องปรับอากาศ ทำวิจัยหาวิธีประหยัดการใช้พลังงาน แต่สิ่งที่อาจารย์คิดเองอย่างเดียวเมื่อวิจัยเสร็จแล้วอาจจะดีจริงแต่ไม่สามารถปรับเข้ากับกระบวนการผลิตของผู้ประกอบการได้ ผู้ประกอบการก็จะไม่สนใจ แต่ถ้าผู้ประกอบการมาร่วมคิดตั้งแต่แรกก็จะมั่นใจว่าเขาจะเอาไปใช้อย่างแน่นอน ตรงนี้เองนักวิจัย หรือ วช. ก็อยากได้ความต้องการของเอกชนเช่นกัน

Q ประเด็นสุดท้ายครับ นิตยสาร "ความรู้สู่สังคม" เล่มนี้จะส่งต่อถึงท่านนายกรัฐมนตรี ผู้บริหารประเทศและองค์กรภาคเอกชนเพื่อเผยแพร่ว่างานวิจัยมีการใช้ประโยชน์จริง และต้องให้ความสำคัญในการสนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจัง คุณหมอคาดหวังอย่างไรต่อการกำหนดทิศทางการสนับสนุนจากรัฐบาลครับ

A พูดถึงในเชิงนโยบายระดับประเทศ ที่เราเรียกร้องให้มีการสนับสนุนการวิจัยมากขึ้นถือว่าเป็นเรื่องที่ถูกต้องเพราะการวิจัยเป็นการลงทุน เพราะฉะนั้นถ้าหากรัฐบาลเข้าใจตรงนี้ จะต้องจัดสรรงบประมาณเพื่อลงทุนวิจัยแล้วจะได้ประโยชน์อย่างมหาศาลต่อเนื่อง ประโยชน์อันดับแรกคือประโยชน์ในเชิงวิชาการ เพราะนักวิชาการจะเข้มแข็งพร้อมคิดสร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อส่งต่อสู่ภาคเอกชน มีองค์ความรู้พร้อมแลกเปลี่ยนแบ่งปัน ส่งผลต่อภาพรวมของความเป็นเอกภาพแบบยั่งยืนด้วย แต่ก็ต้องชั่งน้ำหนักว่างานวิจัยที่เกิดขึ้นนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ ทปอ. ตั้งใจทำอยู่และเมื่อทำมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำเสนอให้นายกรัฐมนตรีหรือรัฐมนตรีรับทราบ มักจะถูกถามว่าแล้วตกลงใช้ได้จริง ๆ หรือเปล่า มีใครเอาไปใช้ได้ ทปอ. ต้องตอบคำถามเหล่านี้ให้ได้ เพราะต้องตอบเสมอ แล้วการลงทุนเพื่อการวิจัยไม่ใช่แค่สนับสนุนการวิจัย แต่ต้องสนับสนุนการพัฒนาคนและโครงสร้างพื้นฐานงานสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปพร้อมกัน ผมก็หวังว่ารัฐบาลจะมองเห็นภาพรวมและให้ความสำคัญ

ในฐานะที่ ทปอ. เป็นองค์กรที่ต้องทำงานด้วยกัน เป็นการทำงานแบบเครือข่ายที่ต้องประสานระหว่างสาขา เป็นเรื่องสำคัญมาก ผมอยากให้เกิดบรรยากาศการทำงานลักษณะนี้มากขึ้น ผู้บริหารมหาวิทยาลัยก็ต้องสนับสนุนกลุ่มให้เข้มแข็ง และร่วมทำงานแบบเครือข่ายของ ทปอ. อย่างเข้มแข็ง ถ้าภาพนี้เกิดขึ้นสำเร็จระบบการวิจัยของ วช. และประเทศจะเข้มแข็งและยั่งยืนตลอดไป เพราะการทำงานแบบนี้เป็นเรื่องใหม่ของประเทศไทย ยังต้องการการพัฒนาต่อยอดอีกมาก ต้องอาศัยความเข้าใจ ความจริงใจต่อกัน และบางครั้งต้องเสียสละ ในส่วนของ วช. เองก็กำลังพัฒนากระบวนการสนับสนุนงานวิจัยแบบเครือข่ายอยู่เช่นกัน เพราะเป็นส่วนสำคัญที่จะบูรณาการองค์ความรู้เพื่อยกระดับความสามารถการแข่งขันเพื่อประโยชน์ของประเทศในที่สุดครับ

ทั้งหมดคือประสบการณ์ที่ผ่านห้วงเวลาของการทำงานแบบบูรณาการเพื่อริเริ่มสร้างสรรค์ให้เกิดองค์ความรู้เพื่อเพิ่มความเข้มแข็งให้กับนักวิจัย และขีดความสามารถการแข่งขันให้กับประเทศที่ วช. รับหน้าที่เป็นพลังขับเคลื่อนอยู่ และเชื่อเหลือเกินว่าพลังนี้จะสามารถสร้างประวัติศาสตร์การพัฒนาใหม่ให้กับสังคมไทยได้ ●

PARTNER-SHIP

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

"ชุมชน" หัวใจฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน... ทางเลือกทางรอดของ ดิน น้ำ นิเวศ มนุษย์

การปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมไม่ว่ามาจากเหตุสุดวิสัย ความประมาท รู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือแม้แต่การกระทำผิดกฎหมายโดยเจตนา ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของ คน สัตว์ สิ่งแวดล้อม กระทั่งส่งผลต่อระบบนิเวศ กระทบเป็นผลพวงต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมในที่สุด

การจัดการความเสี่ยงและฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนสารอันตรายยังเป็นประเด็นค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทยแม้จะมีการปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมมานานกว่า 30 ปีแล้ว เช่น บทเรียนจากลำห้วยคลิตี้ ลำน้ำสายหลักของชุมชนกระเหรี่ยงคลิตี้ ในพื้นที่ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี ที่ยังต้องต่อสู้เพื่อหาบทสรุปกับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นกว่า 17 ปี เหตุจากความไม่คืบหน้าของการฟื้นฟู ลำห้วยคลิตี้ที่ปนเปื้อนสารตะกั่วจากการลักลอบทิ้งหางแร่ปนเปื้อนสารตะกั่วปริมาณสูง ลงลำห้วยแห่งนี้ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2533 – 2537 ที่หมู่บ้านคลิตี้ล่าง พบว่าน้ำในลำห้วยคลิตี้อยู่ในภาวะเน่าเสีย เป็ด ไก่ สัตว์น้ำตาย และมีเด็กในหมู่บ้านคลิตี้ล่างเสียชีวิตทั้งหมด 17 คน ด้วยอาการท้องอืด เป็นไข้ หอบอย่างรุนแรง อันเป็นอาการที่สอดคล้องกับพิษของสารตะกั่ว นอกจากนี้ช่วงปี พ.ศ. 2545 – 2546 ผลการตรวจเลือดเด็กจำนวน 1,558 คน พบว่า 235 คนมีค่าตะกั่วในเลือดเกิน 25 ไมโครกรัมต่อลิตร

แม้ศาลปกครองจะสั่งให้หน่วยงานราชการฟื้นฟูแต่ก็ยังไม่ทันใจชุมชนที่ได้รับผลกระทบด้านสุขภาพ ในทำนองเดียวกัน การปนเปื้อนสารแคดเมียมในพื้นที่ปลูกข้าวใน 3 ตำบลคือ ต.พระธาตุผาแดง ต. แม่ตาว และ ต.แม่กุ อ.แม่สอด จังหวัดตาก สูงสุดเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ของสหภาพยุโรปถึง 72 เท่า จนรัฐบาลประกาศให้เกษตรกรงดปลูกข้าวและพืชอาหารในพื้นที่ปนเปื้อน และเก็บข้าวค้างยุ้งฉางไปทำลายเพื่อตัดวงจรข้าวปนเปื้อนแคดเมียม จากพื้นที่ปนเปื้อนรวม 13,237 ไร่ ต่อเนื่องรวม 3 ปี ใช้งบประมาณ 218 ล้านบาท อีกทั้งสนับสนุนให้เกษตรกรเปลี่ยนอาชีพ หันไปปลูกอ้อย เพื่อผลิตเอทานอลแทน นี่จึงเป็นเหมือนบทเรียนของคนในสังคมให้เร่งหาแนวทางและมาตรการในการควบคุมการดูแลระบบนิเวศ ตลอดจนสุขภาพของทรัพยากรมนุษย์ก่อนที่ทุกอย่างจะสายเกินเยียวยา

> ในห้วงสองสามปีที่ผ่านมาดูจะเป็นช่วงเวลาที่สังคมไทยได้รับรู้เกี่ยวกับปัญหาการปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมที่กระทบวิถีชุมชนและคุณภาพชีวิตของประชาชนในวงกว้าง

หนองแหนโมเดล : พลังขับเคลื่อนการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนจากการทิ้งกากอุตสาหกรรมโดยชุมชน

ในห้วงสองสามปีที่ผ่านมาสังคมไทยได้รับรู้เกี่ยวกับปัญหาการปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบวิถีชุมชนและคุณภาพชีวิตของประชาชนในวงกว้าง เกิดการตื่นตัวของหลายชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนสารพิษ กรณีตัวอย่างที่ชุมชนได้มีส่วนร่วมเพื่อแก้ไขปัญหา คือกรณีของชุมชน ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา ที่ถูกลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมปนเปื้อนสารฟีนอล (Phenol) และสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Total Petroleum Hydrocarbons) ในปริมาณสูงลงในบ่อลูกรังร้าง โดยชุมชนรวมตัวกันล้อมจับรถบรรทุกน้ำเสียมาลักลอบทิ้งและเรียกร้องให้หน่วยงานรัฐเข้ามาบรรเทาทุกข์

ลำห้วยคลิตี้ปนเปื้อนตะกั่วเกินมาตรฐาน
กว่า 500 เท่าที่รอการฟื้นฟูมากว่า 17 ปี

สารฟีนอลเป็นสารอันตรายที่ทำให้เกิดการระคายเคือง และเป็นพิษต่อตับ และอาจแปลงเป็นสารก่อมะเร็ง เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) ได้หากนำน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอลมาฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเพื่อนำมาใช้บริโภค และในครั้งนั้นสารฟีนอลได้แพร่กระจายปนเปื้อนน้ำบ่อตื้นในพื้นที่ชุมชนหนองแหนเกินค่ามาตรฐานถึง 250 เท่า กว่า 800 ครัวเรือนอยู่ในสภาวะเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารฟีนอลและตรวจพบ 40 ครัวเรือนมีสารฟีนอลปนเปื้อนเกินค่าที่ยอมรับได้

การลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมปนเปื้อนสารฟีนอล และสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในปริมาณสูง ในบ่อขนาด 15 ไร่ ที่ ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา

การประกอบกิจการเหมืองแร่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ที่ชุมชนรอบ ๆ บางส่วนมีความกังวลถึงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเนื่องจากฝุ่นและการปนเปื้อนสารหนูและไซยาไนด์ในแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน ที่ทำให้เกิดการร้องเรียนต่อหน่วยงานรัฐหลายต่อหลายครั้งในช่วงปีที่ผ่านมา

คณะวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวร (มน.) นำโดย ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช.) และกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.) ลงพื้นที่ช่วยเหลือชุมชนตามคำร้องขอของชุมชนผ่าน สช. ภายใต้บันทึกความร่วมมือ มน. สช. สส. ตั้งแต่ต้นปี 2556 เพื่อลงพื้นที่เก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นร่วมกับประชาชน และได้เสนอแผนการจัดการความเสี่ยงตามหลักวิชาการเพื่อตอบโจทย์ของชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ 1) แผนการจัดการลดความเสี่ยงระยะสั้นคือ การบำบัดสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภคบริโภคของชุมชน และ 2) แผนการจัดการความเสี่ยงระยะกลางคือการฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายในบริเวณพื้นที่ลักลอบทิ้ง และบริเวณลำห้วยตาดน้อย ที่อาจพาสารฟีนอลจากแหล่งกำเนิดไปสู่ชุมชนได้

โดยได้แถลงข้อมูลการจัดการความเสี่ยงแก่สาธารณชนเพื่อความเข้าใจในระดับประเทศ ในงานประชุมสัมมนา ***"แนวทางและมาตรการบำบัดฟื้นฟู การปนเปื้อนสารพิษในพื้นที่ตำบลหนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา"*** ณ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2556 โดยร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเครือข่ายนักวิชาการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (HIA Consortium)

นอกจากนี้ คณะวิจัยและชุมชนหนองแหนยังได้ร่วมกับอนุกรรมการด้านสิทธิชุมชน คณะกรรมการสิทธิมนุษยชนแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ จัดเวทีเสวนา **"บทเรียนหนองแหนกับการคุ้มครองสิทธิมนุษยชน กรณีการลักลอบทิ้งกากของเสียอันตราย"** เพื่อเป็นเกียรติในงานพระราชทานเพลิงศพผู้ใหญ่ประจบ เนาวโอภาส ซึ่งเสียชีวิตครบ 1 ปี หลังจากที่ถูกยิงเสียชีวิตเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2556 จากกรณี การต่อสู้เพื่อชุมชนหนองแหน และตีพิมพ์ใน ***"หนองแหน....อนาคตที่ต้องไปต่อ"*** เผยแพร่ต่อสาธารณะชน

ลดการรับสัมผัสสารฟีนอลในน้ำ โดยเร่งด่วนเทคโนโลยีโอโซน

หลังจากนั้นชุมชนหนองแหนได้เข้าร้องเรียนต่อรัฐบาลในช่วง ครม สัญจร ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดย **ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์** ช่วยชุมชนหนองแหนสร้างเครื่องบำบัดสารฟีนอลในน้ำบ่อตื้น พร้อมสำรวจพื้นที่ฟื้นฟูการปนเปื้อนสารพิษ (ร่วมกับ สช. และ สส.) ซึ่งสำนักนายกรัฐมนตรีได้มอบหมายตามที่ชุมชนหนองแหนร้องขอ คณะวิจัยฯ ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนเพื่อสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค บริโภคขึ้น เพื่อลดการสัมผัสสารอันตรายในเบื้องต้น โดยใช้งบประมาณจากโครงการ **"การสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชาวบ้าน ต.หนองแหน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา โดยใช้โอโซน"** ที่สนับสนุนโดย กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ในการศึกษาออกแบบในห้องปฏิบัติการ และได้แสดงผลการทดสอบให้ชุมชนดูขณะเยี่ยมชม ม.นเรศวร ทำให้ชุมชนเกิดความมั่นใจในเทคโนโลยีดังกล่าว

ต่อมารองผู้ว่าราชการจังหวัดฉะเชิงเทราได้ของบประมาณแก้ไขผลกระทบเร่งด่วนจากรองนายกรัฐมนตรีเพื่อผลิตและติดตั้งเครื่องจ่ายโอโซน 40 เครื่อง สำหรับ 40 ครัวเรือน โดยผลิตตามต้นแบบที่คณะวิจัยฯได้ศึกษาออกแบบ จากการวิจัยทดลองใช้จริงในภาคสนามและติดตามประสิทธิภาพ

> "เครื่องโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลเกินมาตรฐาน 500 เท่าได้ ในเวลา 2 ชม. และชุมชนใช้น้ำได้อย่างปลอดภัยตามเดิม"

การบำบัดฟีนอลในน้ำ 1,000 ลิตร พบว่าเครื่องโอโซนสามารถสลายสารฟีนอลที่ปนเปื้อนเกินมาตรฐาน 500 เท่าได้ในเวลา 2 ชม. ทำให้ชุมชนใช้น้ำได้อย่างปลอดภัยตามเดิม และนอกจากสลายสารฟีนอลได้แล้ว โอโซนยังช่วยฆ่าเชื้อโรคและตกตะกอนเหล็กและแมงกานีสได้อีกด้วย โดยทุกขั้นตอนการศึกษา ติดตั้งเครื่อง และแจ้งผลการประเมิน ได้ทำโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชน การเคลื่อนไหวของชุมชนหนองแหนนี้ ยังได้รับความสนใจจนได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากภาคเอกชน คือ หน่วย CSR ของ ปตท. ซึ่งบริจาคถังบรรจุน้ำขนาด 1,000 ลิตร

คณะวิจัยแสดงผลการศึกษาการสลายสารฟีนอลในน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคแก่ชุมชนหนองแหน ที่เยี่ยมชมการวิจัย ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และกองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำหรับการติดตามประสิทธิภาพการใช้โอโซนปกป้องชุมชนนั้น หลังจากติดตั้งแล้ว 2 เดือน คณะวิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัดจากทั้ง 40 หลังคาเรือน เพื่อวัดการปนเปื้อนสารฟีนอล เชื้อโรค เหล็กและแมงกานีส พบว่าสามารถสลายสารฟีนอลที่ยังคงปนเปื้อนอยู่ได้ทั้งหมดและปลอดภัยต่อชุมชน งานวิจัยนี้ได้เผยแพร่ผ่านสื่อมวลชนต่อเนื่องจนสังคมให้ความสนใจต่อกรณีของหนองแหนโมเดล

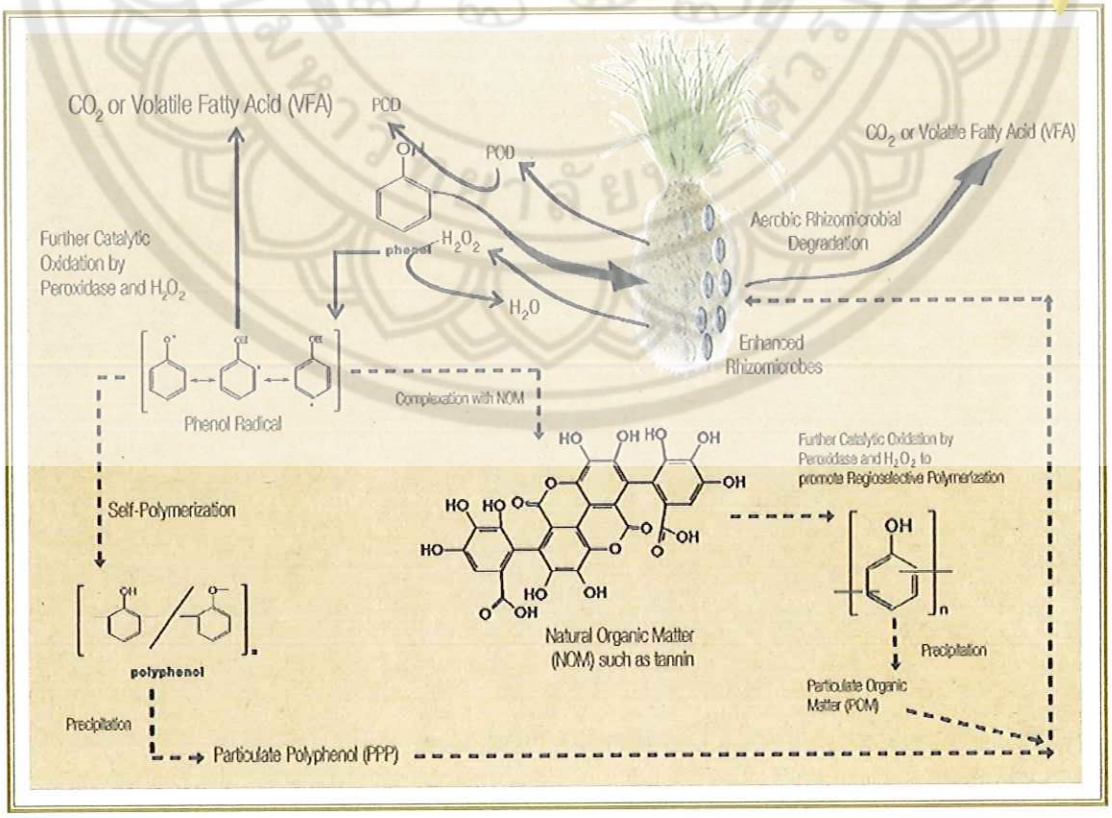
สลายสารปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมด้วยชีวะเคมีของหญ้าแฝก

นอกจากนี้ คณะวิจัยฯยังทำการวิจัยพื้นฐานและประยุกต์ใช้หญ้าแฝกในการฟื้นฟูดินและน้ำผิวดินที่ปนเปื้อนสารฟีนอลที่แพร่กระจายไปแล้ว โดยได้รับงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมพิเศษประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร) โดยได้แสดงผลการศึกษาวิจัยเบื้องต้นแก่ชุมชนถึงศักยภาพ ข้อจำกัด และความเหมาะสมของการใช้พฤกษบำบัด (Phytoremediation) โดยหญ้าแฝก ซึ่งเหมาะสำหรับการปนเปื้อนสารอินทรีย์อันตรายความเข้มข้นต่ำ ๆ แต่แพร่กระจายในบริเวณกว้างคล้ายกรณีการปนเปื้อนใน ต.หนองแหน และยังเหมาะกับการบำบัดฟื้นฟูน้ำเสียลักลอบทิ้งในบ่อน้ำใช้ (ขนาด 80 x 14 x 5 เมตร) ของนายมนัส สวัสดี ด้วย

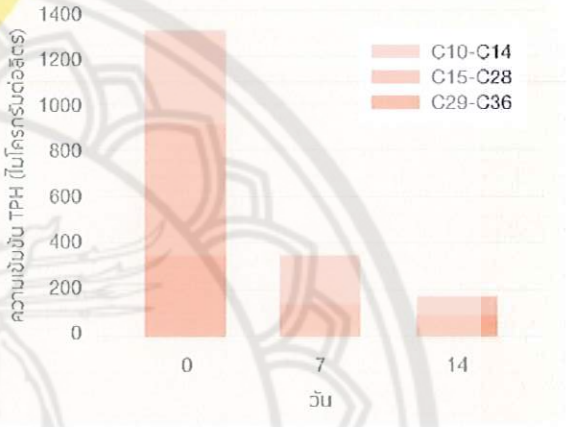
งานวิจัยการใช้หญ้าแฝกนั้นเริ่มวิจัยตั้งแต่กลไกการสลายสารฟีนอล โดยพบว่ารากของหญ้าแฝกจะหลั่งเอนไซม์ Peroxidase และสาร H_2O_2 ซึ่งสามารถเปลี่ยนสารฟีนอลที่อันตรายให้เป็นสารโพลีฟีนอลที่ไม่มีพิษได้ ก่อนจะถูกย่อยสลายโดยจุลชีพที่ราก (Rhizomicrobes) ของหญ้าแฝก จึงเป็นกระบวนการทำงานร่วมกันระหว่างพืชและจุลชีพ นับเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ไม่เคยมีการตีพิมพ์มาก่อน

ภายหลังการทดลองที่ประสบความสำเร็จในห้องปฏิบัติการแล้ว คณะวิจัยยังได้ขยายผลโดยการใช้หญ้าแฝกในการฟื้นฟูการปนเปื้อนจริงในพื้นที่ 2 รูปแบบ คือ การปลูกในดิน และการผูกเป็นแพเพื่อช่วยบำบัดในน้ำใน ต.หนองแหน โดยร่วมกับชุมชน อาสาสมัคร ภาครัฐและเอกชน ดังนี้

กลไกการสลายสารฟีนอลโดยรากของหญ้าแฝก



แค่ 14 วัน
แพหญ้าแฝก
สามารถบำบัดน้ำเสีย
จนผ่านมาตรฐาน



ได้นำหญ้าแฝกใช้ในพื้นที่จริงภายใต้โครงการปลูกรั้วหญ้าแฝกล้อมลำห้วยตาดน้อยอนุรักษ์ดิน ฟื้นฟูน้ำ ปกป้องชุมชน ถวายเป็นพระราชกุศลเนื่องในวันแม่แห่งชาติ มีหน่วยงานร่วมคือจังหวัดฉะเชิงเทรา ไทยทีวีสีช่อง 3 สำนักงาน กปร. มหาวิทยาลัยนเรศวร สถานีพัฒนาที่ดิน จ.ฉะเชิงเทรา และชุมชนหนองแหน โดยปลูกหญ้าแฝกพันธ์สงขลา จำนวน 120,000 ต้น ล้อมลำห้วยตาดน้อยตลอดความยาวประมาณ 1.5 กิโลเมตร ปลูก 3 - 4 แถว ทิ้งระยะความกว้างแถวประมาณ 1 - 1.5 เมตร จากการคำนวณ ความสามารถของการสลายสารฟีนอลที่ไหลไปกับน้ำในลำห้วยได้สูงสุดประมาณ 40% ขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำ และสลายสารฟีนอลจากการไหลซึมสู่น้ำบ่อตื้นชุมชนได้สูงสุดประมาณ 80% ขึ้นกับอัตราการซึมผ่านของน้ำ การดำเนินการปลูกรั้วแฝกล้อมลำห้วยดังกล่าวเสร็จสิ้นใน 2 วัน โดยจิตอาสาจากชุมชน และมหาวิทยาลัยนเรศวรรวมประมาณ 100 คน ซึ่งไทยทีวีสีช่อง 3 ได้รายงานข่าวกิจกรรมครั้งนี้ทั้งสิ้นประมาณ 18 รายงานข่าว ถือเป็นการรณรงค์การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในเชิงวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเพื่อปกป้องชุมชนที่ประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกในประเทศไทย

และในวันที่ 5 และ 6 ธันวาคม 2557 คณะวิจัยได้ร่วมกับชุมชนในการทำการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (TPH) ที่ถูกลักลอบทิ้งในบ่อของนายมนัส สวัสดี ชาวชุมชนหนองแหน ร่วมกับชุมชนโดยใช้แพลอยหญ้าแฝก จำนวน 45 แพ ประกอบด้วยหญ้าแฝก 21,600 ต้น ทำการบำบัดด้วยการสูบน้ำเสียปนเปื้อนที่ถูกลักลอบทิ้งในบ่อน้ำ มาปล่อยลงในบ่อ HDPE ขนาด 12 เมตร x 23 เมตร x 2 เมตร (ปริมาตรรวม เท่ากับ 768 ลบ.ม) เริ่มต้นค่าน้ำเสียปนเปื้อน TPH เท่ากับ 1,303 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากบำบัดไป 14 วัน ค่าการปนเปื้อน TPH ลดลงเหลือ 167 ไมโครกรัมต่อลิตร ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้คือ 300 ไมโครกรัมต่อลิตร นับเป็นครั้งแรกที่มีการใช้แพหญ้าแฝกบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยนี้นอกจากจะมีประโยชน์ต่อชุมชนหนองแหน และ จ.ฉะเชิงเทรา แล้ว ยังเป็นต้นแบบให้กับชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม ที่มีมากกว่า 40 จุด ในประเทศไทยให้ตื่นตัวปกป้องชุมชน และร่วมมือกับหน่วยงานรัฐและนักวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาแก่ชุมชนได้อีกด้วย ●

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัย พัฒนา และวิศวกรรมภายใต้โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก 1) กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร 2) จังหวัดฉะเชิงเทรา (งบประมาณเร่งด่วนจากรองนายกรัฐมนตรี พ.ศ. 2557) และ 3) สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) ให้กับมหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิจัยขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงการวิจัยอันประกอบด้วย ดร.วีระชัย ณ นคร ที่ปรึกษาด้านพฤกศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ ดร.ณรงค์ โฉมเฉลา คณะอนุกรรมการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กปร. และ ดร.พิทยากร ลิ่มทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ (หญ้าแฝก) กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ท้ายที่สุด คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สำหรับกล้าหญ้าแฝกที่ใช้ในโครงการวิจัย ขอขอบคุณไทยทีวีสีช่อง 3 สำหรับงบประมาณร่วมในการดำเนินการ และการเผยแพร่งานวิจัยการฟื้นฟูหนองแหนผ่านข่าวช่อง 3 ทั้งสิ้น 25 ข่าวในรอบ 2 ปี และขอขอบคุณหญ้าแฝกจากสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา อาสาสมัครจากชุมชนหนองแหน มหาวิทยาลัยนเรศวร และชุมชนข้างเคียง

ข้อมูลนักวิจัย

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์

- วศ.บ. โยธา(เกียรตินิยมอันดับ 1) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปริญญาโททางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (นานาชาติ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และปริญญาเอก สาขา Environmental Engineering and Science จาก Carnegie Mellon University, Pittsburgh ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ปัจจุบันเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย มีผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติมากกว่า 20 บทความ

รางวัลที่ได้รับทั้งสิ้น 13 รางวัล ยกตัวอย่าง เช่น

- The Best Entrepreneur Award 2014 of Takeda Foundation ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น (นักวิจัยไทยคนแรก)
- ชนะเลิศการประกวด The ProSPER. Net-Scopus Young Scientist Award in Sustainable Development ประจำปี 2012 ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น (2012) (นักวิจัยไทยคนแรก)
- รางวัลนักวิจัยดีเด่นด้านการวิจัยเชิงวิชาการพื้นฐาน (NU Outstanding Researcher in Basic Research) ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2554
- รางวัลชนะเลิศการประกวดงานวิจัยนานาชาติด้านหญ้าแฝก THE KING OF THAILAND VETIVER AWARDS รับพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จากงานวิจัยเรื่อง "Remediation of Water and Soil Contaminated with Phenol" ณ เมืองดานัง ประเทศเวียดนาม

การนำไปใช้ประโยชน์

- รายงานสาธารณะ ฉบับที่ 1 ข้อเสนอแนวทางและมาตรการในการบำบัดฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายในพื้นที่ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
- รายงานสาธารณะ หนองแหน.... อนาคตที่ต้องไปต่อ
- สำนักงานคณะกรรมพิเศษประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร) ในการวิจัยกลไกการสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก
- ชุมชนหนองแหน 40 ครัวเรือนจากการติดตั้งเครื่องผลิตและจ่ายโอโซนเพื่อสลายสารฟีนอลปนเปื้อนในน้ำบ่อตื้นเพื่อการอุปโภคและบริโภค

TREND TO SUCCESS

ผศ.ดร.วีรชัย อาจหาญ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร.พรรษา ลิบลับ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

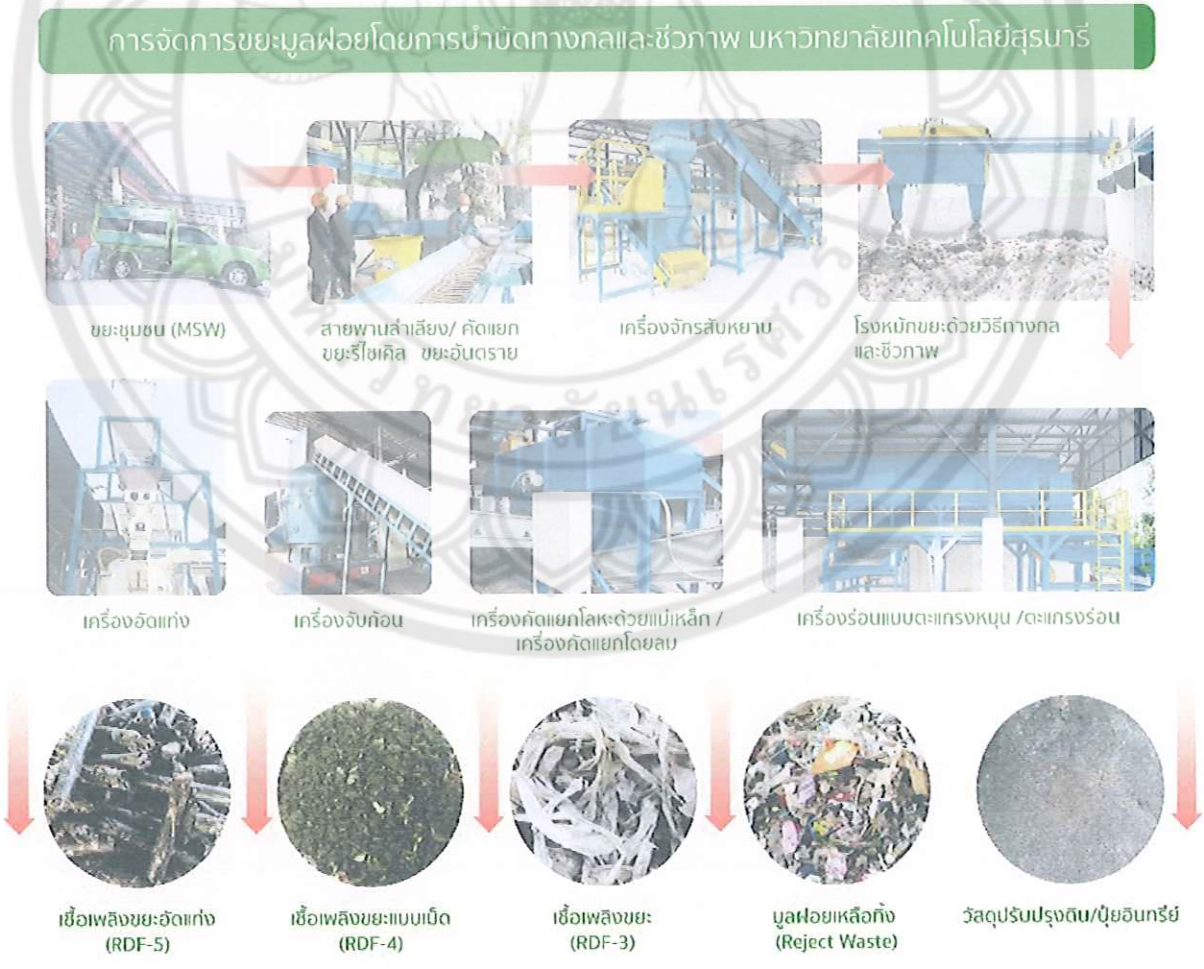
เชื้อเพลิงทางเลือก... จากขยะพลาสติก

การนำขยะมาแปรรูปเป็นน้ำมัน การเพิ่มมูลค่าที่สามารถตอบโจทย์พลังงานทางเลือก รวมถึงเป็นการจัดการกับขยะแบบครบวงจรและยั่งยืน ตั้งแต่การคัดแยก กำจัด และนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อย่างคุ้มค่า นับเป็นทางเลือกเพื่ออนาคตของประเทศไทยที่ขยะกำลังจะล้นเมือง และเป็นการลดการเผาขยะรวมไปถึงการใช้บ่อขยะซึ่งก่อให้เกิดมลพิษกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างมหาศาล

ปัจจุบัน มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมหาศาลและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลโดยตรงจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการพัฒนาทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปัญหาขยะของประเทศไทยกลายเป็นปัญหาหนักที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

และการจัดการขยะส่วนใหญ่ยังเป็นการจัดการแบบไม่ถูกต้อง เช่น การเผากลางแจ้ง การเทกอง หรือแม้แต่การลักลอบนำไปทิ้งในบ่อดินเก่าหรือพื้นที่รกร้าง โดยเฉพาะขยะมูลฝอยจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กบางแห่ง และในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งการบริหารจัดการขยะยังเป็นค่าใช้จ่ายที่สูง ปัญหาเหล่านี้เกิดจากการขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับจัดการขยะชุมชนนั่นเอง

จากปัญหาดังกล่าว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีววมวล ได้ทำการศึกษาและพยายามหาทางออกมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนได้แนวทางในการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร โดยรูปแบบการจัดการขยะจะเริ่มจากกระบวนการคัดแยกที่อาศัยการบำบัดทางกลและชีวภาพหรืออาศัยการย่อยสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น เศษอาหาร โดยใช้แบคทีเรียที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยเองในสภาวะที่มีอากาศ ซึ่งเหมือนกับกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ จะทำให้เกิดผลพลอยได้จากการบำบัด 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน และ 2) เชื้อเพลิงขยะพลาสติกที่เรียกกันว่า RDF (Refuse Derived Fuel)

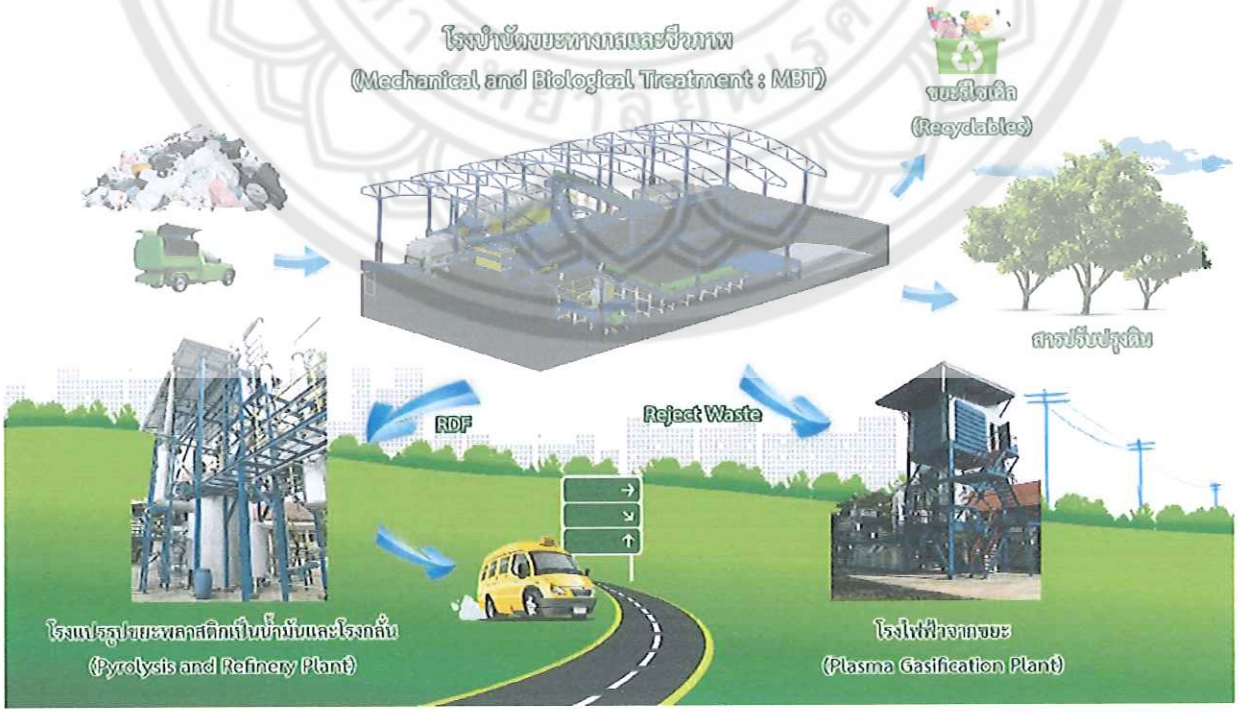


> เทคโนโลยีการกำจัดขยะสมัยใหม่สามารถแปรรูปขยะมูลฝอยไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพสูง”

อย่างไรก็ตามตลาดรับซื้อเชื้อเพลิงขยะพลาสติกที่ได้ยังมีอยู่เพียงไม่กี่แห่ง และส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ และมักจะอยู่ไกลจากแหล่งขยะ ทำให้ไม่คุ้มกับค่าขนส่ง ส่งผลให้ต้องนำเชื้อเพลิงขยะพลาสติกที่ได้ไปเผาทิ้ง ไม่มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แต่อย่างใด ซึ่งทางออกสำหรับปัญหานี้ทางหนึ่ง คือ การนำเอาเชื้อเพลิงพลาสติกที่ได้นี้มาแปรรูปให้เป็นน้ำมัน โดยอาศัยกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อนในสภาวะอับอากาศ หรือกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Process) มีข้อดีคือมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับปริมาณขยะไม่สูงมากนัก และมีโอกาสเกิดปัญหาด้านการปลดปล่อยมลพิษน้อย เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น เหมาะสมสำหรับขยะที่เกิดขึ้นในชุมชน

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้วิจัยและพัฒนาโรงแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน โดยออกแบบให้สามารถผลิตน้ำมันได้ประมาณ 4,000 - 5,000 ลิตรต่อวัน จากปริมาณขยะพลาสติก 6,000 กิโลกรัม โดยเริ่มจากการนำขยะพลาสติกที่ผ่านการแปรรูปเป็นเกล็ด

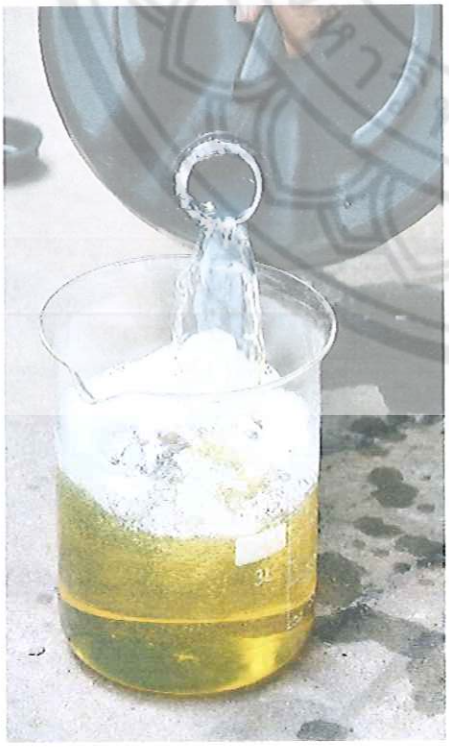
ต้นแบบการจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



พลาสติก ลำเลียงเข้าสู่เครื่องป้อนขยะในอัตราประมาณ 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในช่วงที่ลำเลียงนี้จะมีการให้ความร้อน เพื่อทำให้ขยะพลาสติกหลอมเหลว หลังจากนั้นของเหลวพลาสติกจะไหลเข้าสู่เตาหลอมที่รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 350 – 400 องศาเซลเซียส เมื่อพลาสติกเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ไอน้ำมันนี้จะไหลเข้าสู่หอกลั่นที่อุณหภูมิประมาณ 340 องศาเซลเซียส และในหอกลั่นนี้จะแยกไอน้ำมันหนักและไอน้ำมันเบาออกจากกัน

จากนั้นไอน้ำมันเบาจะไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่น เพื่อให้ไอน้ำมันเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำมัน แล้วไหลลงสู่ถัง โดยในถังนี้ส่วนที่เป็นน้ำจะแยกชั้นอยู่ด้านล่าง ส่วนน้ำมันจะลอยอยู่ด้านบนของถัง เมื่อน้ำมันมีระดับตามที่กำหนดไว้ก็จะไหลเข้าไปสู่ถังพัก ส่วนก๊าซที่เหลือซึ่งยังไม่กลั่นตัวก็จะไหลไปสู่เครื่องกลั่นตัวชุดถัดไปที่ติดตั้งอยู่เหนือถังพักน้ำมันนั่นเอง

จากนั้นจะลดอุณหภูมิของก๊าซที่เหลือนี้ให้กลายเป็นก๊าซธรรมชาติ และจะถูกนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนแก่เตาหลอมต่อไป



น้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้จะเป็นน้ำมันดิบ โดยมีองค์ประกอบหลักคือ น้ำมันดีเซล (50-60%) แนฟทา (15-20%) น้ำมันเตา (5-10%) น้ำมันดิบนี้จำเป็นต้องนำไปกลั่นอีกรอบหนึ่ง เพื่อให้ได้น้ำมันที่สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ต่อไปได้ ซึ่งน้ำมันดิบที่ได้นี้จะมีราคาจำหน่ายอยู่ที่ราว ๆ 18 บาทต่อลิตร สุดท้ายส่วนที่ไม่ระเหยในเตาหลอมจะได้ออกมาเป็นกากคาร์บอน (10-25%) ที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกสำหรับอุตสาหกรรมต่อไปได้

จุดเด่นที่สำคัญของเครื่องแปรรูปขยะพลาสติกให้กลายเป็นน้ำมันนี้ คือ สามารถป้อนขยะพลาสติกได้อย่างต่อเนื่อง มีระบบป้องกันก๊าซรั่ว สามารถผลิตน้ำมันที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที มีระบบถ่ายเทกากของเสียจากเครื่องแปรรูปขยะได้อย่างต่อเนื่อง

> “กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Process) มีข้อดีคือมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับปริมาณขยะไม่สูงมากนัก และมีโอกาสเกิดปัญหาด้านการปลดปล่อยมลพิษน้อย เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น เหมาะสมสำหรับขยะที่เกิดขึ้นในชุมชน”

ทั้งมีอุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยตามมาตรฐานโรงกลั่นน้ำมัน มีการนำก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้กลับมาหมุนเวียนกลับใช้ในกระบวนการของระบบต่อไป และสามารถผลิตน้ำมันได้ถึง 60-80% ขึ้นอยู่กับประเภทของขยะพลาสติก

ด้วยแนวคิดในการจัดการขยะพลาสติกแบบครบวงจร สามารถจุดประกายการบริหารชุมชนในประเทศไทย ซึ่งจะก่อให้เกิดระบบจัดการขยะที่สมดุลและยั่งยืน มีทั้งการเพิ่มรายได้และสร้างความยั่งยืนในการแปรรูปขยะให้แก่ประชาชนแบบครบวงจร ตั้งแต่ การคัดแยก การกำจัดและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ เพราะนอกจากจะเป็นการลดการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะ ยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบและลดพื้นที่การฝังกลบในอนาคตแล้ว ยังรวมไปถึงสามารถลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอีกด้วย ทั้งนี้งบประมาณในการสร้างโรงงานแปรรูปขยะให้เป็นน้ำมันนี้จะอยู่ที่ 22 ล้านบาท โดยมีจุดคุ้มทุนราว ๆ 4 ปี

ส่วนโรงคัดแยกขยะโดยการบำบัดทางกลและชีวภาพที่เหมาะสมกับโรงแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนี้ ต้องมีปริมาณขยะสดอยู่ที่ประมาณ 25 ตันต่อวัน โดยใช้งบประมาณในการสร้าง 50 ล้านบาท แต่ถ้าหากเป็นชุมชนขนาดเล็ก สามารถที่จะสร้างโรงคัดแยกขยะขนาด 5 – 10 ตัน เพื่อส่งวัตถุดิบป้อนโรงงานแปรรูปน้ำมันได้เช่นกัน โดยเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกดังกล่าวมีราคาจำหน่ายอยู่ที่ประมาณ 1,000 – 1,500 บาทต่อตัน นับเป็นทางเลือกที่จะช่วยบรรเทาปัญหาวิกฤติขยะของไทยในอนาคตได้ หากชุมชนทุกแห่งสามารถบริหารจัดการขยะของชุมชนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

> "น้ำมันที่ได้จากกระบวนการนี้จะเป็นน้ำมันดิบ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ น้ำมันดีเซล (50-60%) แนฟทา (15-20%) น้ำมันเตา (5-10%)"

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

การนำไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยไปยังหน่วยงานในจังหวัดต่าง ๆ ดังนี้

- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี รองรับขยะมูลฝอยปริมาณ 10 ตัน/วัน ผลิตปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงขยะพลาสติก (โรงงานต้นแบบ)
- บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ที่ตั้งอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า – หมู่เกาะเสม็ด รองรับขยะอินทรีย์ ปริมาณ 5 ตันต่อวัน ผลิตปุ๋ยอินทรีย์
- บริษัทปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย จำกัด ที่ตั้ง ตำบลบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี รองรับขยะชุมชน ปริมาณ 5 ตันต่อวัน ผลิตเชื้อเพลิงขยะพลาสติกไปทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินในโรงงานปูนซีเมนต์
- เทศบาลตำบลท่าวังผา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน รองรับขยะชุมชนปริมาณ 5 ตันต่อวัน ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และเชื้อเพลิงขยะพลาสติก
- อบต. เกาะยาวน้อย อำเภอเกาะยาว จังหวัดพังงา รองรับขยะชุมชน ปริมาณ 5 ตันต่อวัน ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และเชื้อเพลิงขยะพลาสติก
- เทศบาลนครรังสิต จังหวัดปทุมธานี รองรับขยะชุมชนปริมาณ 5 ตันต่อวัน ศูนย์การเรียนรู้การจัดการขยะด้วยการผลิตเชื้อเพลิงขยะพลาสติก และปุ๋ยอินทรีย์

ข้อมูลนักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ

- จบการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านเกษตรกลวิธาน ปริญญาโททางด้านวิศวกรรมเกษตรจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปริญญาเอก สาขา Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น
- ปัจจุบันเป็น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และผู้อำนวยการเทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านพลังงานทดแทน (ขยะ ชีวมวล)

ข้อมูลนักวิจัย

ดร.พรรษา ลิบลับ

- จบการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมเกษตรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปริญญาโททางด้านวิศวกรรมอาหารจาก สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และปริญญาเอกทางด้าน Bioresource Engineering จากมหาวิทยาลัย McGill ประเทศแคนาดา
- ปัจจุบันเป็น อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และหัวหน้าสำนักงาน บริการวิชาการและโครงการพิเศษ เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- เชี่ยวชาญการวิจัยด้านการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย และชีวมวลด้วยเทคโนโลยีพลาสมา

รศ.ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ

ทำงานหนัก ระวังหมอนรองกระดูกเสื่อม

เรื่องใกล้ตัวที่ไม่ควรมองข้ามสำหรับคนทำงานหนักทุกคน ที่มีอาการปวดต้นคอ ปวดไหล่ ปวดบ่า หรือปวดหลังมาก ๆ โดยเฉพาะบริเวณเอว ลักษณะอาการปวดจะตื้อ ๆ ระดับเข็มขัด อาจร้าวลงมาบริเวณกล้ามเนื้อด้านข้าง นี่อาจเป็นสัญญาณบอกว่า คุณกำลังเป็นโรคหมอนรองกระดูกเสื่อม!!!

พฤติกรรมเสี่ยงต่อการเป็นโรคหมอนรองกระดูกคอเสื่อม เช่น การถือมือถือหรือเล่นแท็บเล็ต หรือการนั่งทำงานหน้าคอมพิวเตอร์นาน หรืออาจเกิดจากการสึกหรอตามอายุการใช้งาน การนั่งนาน ๆ ไม่เปลี่ยนท่าทางอริยาบท การนั่งขับรถเป็นระยะทางไกลบ่อย ๆ รวมทั้งการสูบบุหรี่ เป็นต้น เพราะจะทำให้เลือดไปหล่อเลี้ยงบริเวณหมอนรองกระดูกน้อยลง ทำให้กระดูกเสื่อมเร็วขึ้น

สำหรับวิธีการป้องกันเบื้องต้น คือ ควรปรับสภาพการใช้งาน และพฤติกรรมให้ถูกต้องเสียก่อน โดยไม่นั่ง อยู่กับที่นาน ๆ ติดต่อกันเกิน 1 ชั่วโมง ลุกขึ้นเดิน หรือปรับเปลี่ยนอิริยาบถบ้าง ไม่สูบบุหรี่ ออกกำลังกายเป็นประจำสม่ำเสมอ เพื่อให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นนั่นเอง พูดให้เข้าใจง่ายคือเปลี่ยนพฤติกรรมเสี่ยงทั้งหลายก็เท่านั้น ●

ที่มา:
www.scbsme.com/th/sme-society/health/725/

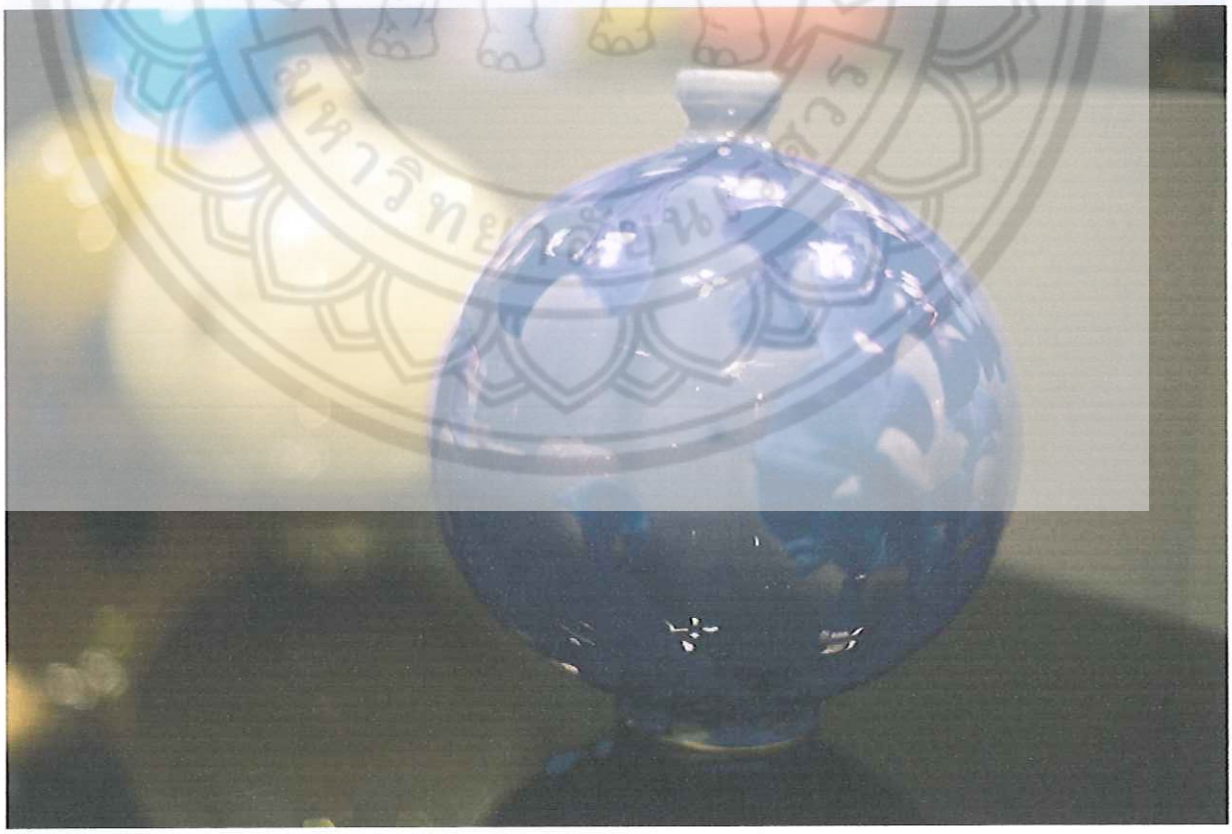
VALUE ADDED

ผศ.ดร.นิติ ยงวณิชย์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ศุภกา ปาลเปรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร

เซรามิคจากวิศวกรรม วัสดุผสานสุนทรียะ

เครื่องเคลือบเซรามิคโดยใช้เทคนิคด้านวิศวกรรมวัสดุผสานสุนทรียะ เป็นผลงานสร้างสรรค์รูปแบบแปลกใหม่ที่เป็นส่วนผสมของความรู้ทางด้านวัสดุเซรามิคกับความงดงามอย่างลงตัว โดยนำเสนอสภาวะการตกและโตของผลึกในสูตรเคลือบที่เหมาะสม ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับศิลปินในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานโดยมิต้องใช้การลองผิดลองถูกมากนักและยังสร้างประสบการณ์เชิงสุนทรียะแก่ผู้เสพผลงานเคลือบเซรามิค



เครื่องเคลือบดินเผาหรือเซรามิค ถือได้ว่าเป็นสิ่งสะท้อนความเจริญทางวัฒนธรรมของมนุษย์ในสังคม โดยเครื่องเคลือบยุคแรกนั้นเป็นเพียงการนำดินที่มีอยู่โดยทั่วไปในธรรมชาติ หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาปั้นเป็นรูปทรงต่าง ๆ และเผาให้ร้อนจนได้เป็นภาชนะใช้สอยอย่างเรียบง่ายและคงทน ต่อมาได้มีการค้นพบวัสดุบางชนิดเมื่อหลอมละลายแล้วสามารถเกาะติดบนผิวภาชนะเครื่องปั้นดินเผาได้ โดยเกิดเป็นชั้นแก้วใสบาง ๆ ที่เรียกว่า "เคลือบ"

จากจุดนี้เองจึงถือเป็นจุดกำเนิดของเครื่องเคลือบดินเผา จากภาชนะใช้สอยที่เรียบง่ายในครัวเรือนสู่เครื่องประดับอันทรงคุณค่า มีการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เคลือบที่หลากหลายเพื่อตอบสนองต่อรสนิยมของผู้บริโภคในแต่ละยุคสมัย อย่างไรก็ตามก่อนที่จะมีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการผลิต การพัฒนาเครื่องเคลือบมักอยู่บนพื้นฐานของการลองผิดลองถูก โดยแทบจะไม่ได้ใช้คุณสมบัติเฉพาะของแร่วัตถุดิบให้เป็นประโยชน์เลย จึงไม่มีข้อมูลความบริสุทธิ์ของวัสดุ ไม่มีการกำหนดอุณหภูมิและเงื่อนไขที่แน่นอนในการเผา และไม่มีเครื่องมือตรวจวัดที่เหมาะสม เป็นต้น การควบคุมการผลิตเครื่องเคลือบนี้ให้อยู่ในระดับที่สามารถทำออกมาแล้วมีความสม่ำเสมอจึงทำได้ยาก

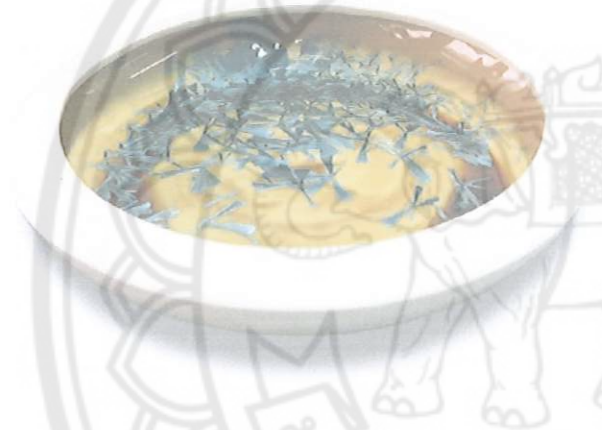
> การเคลือบที่จัดว่ามีความซับซ้อนมากและมักจะถูกรังสรรค์ออกมาในปริมาณน้อยมากคือ เคลือบผลึก

จากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตเชิงอุตสาหกรรมส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องเคลือบอย่างก้าวกระโดด โดยสามารถผลิตของออกมาแต่ละครั้งในปริมาณมาก ๆ ที่คนทั่วไปสามารถหาซื้อได้ แต่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมนั้นมักถูกจำกัดอยู่เพียงแค่เคลือบบางชนิดที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก รูปแบบของเคลือบก็มีได้มีลักษณะที่โดดเด่น

เคลือบเซรามิคมีอยู่มากมายหลายชนิด ได้แก่ เคลือบใส เคลือบด้าน เคลือบทึบ โดยหนึ่งในชนิดของการเคลือบที่จัดว่ามีความซับซ้อนมาก และมักจะถูกรังสรรค์ออกมาในปริมาณน้อยมากคือ "เคลือบผลึก"

เคลือบเซรามิคทั่วไปมีลักษณะเป็นชั้นแก้ว มีโครงสร้างผลึกข้างในแบบไม่เป็นระเบียบ แต่เคลือบผลึกมีความแตกต่างจากเคลือบทั่วไปอย่างชัดเจนในจุดที่มีการเกิดการตกและโตของผลึกภายในชั้นเคลือบ ทำให้โครงสร้างของเคลือบผลึกมีความซับซ้อนประหนึ่งว่ามีวัสดุสองชนิดที่แตกต่างเชิงโครงสร้าง แต่ฝังรวมผสานอยู่ด้วยกันอย่างลงตัว อย่างไรก็ตามไม่ใช่สิ่งที่ง่ายในเชิงองค์ความรู้ทางด้านวัสดุสำหรับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เคลือบผลึกขึ้นมาแต่ละชิ้น มีหลายประเด็นที่จัดว่าเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างมาก ได้แก่ ปริมาณสัดส่วนของสารประกอบแร่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบการเคลือบที่เหมาะสม หรือการทราบถึงสภาวะการตกและโตของผลึกในสูตรเคลือบแต่ละชนิด

สำหรับการบูรณาการศาสตร์และศิลป์ในครั้งนี้ ได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในศาสตร์ของวิศวกรรมวัสดุผ่านทฤษฎีการเกิดและโตของผลึก (Nucleation และ crystal growth) ที่ใช้กันทั่วไปในวัสดุประเภทโลหะ และเซรามิค เพื่อให้เข้าใจสภาวะการตกและโตของผลึกในสูตรเคลือบที่เหมาะสม อันจะเป็นแนวทางสำหรับศิลปินในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานโดยมิต้องใช้การลองผิดลองถูกมากนัก ความเข้าใจเชิงเทคนิคในประเด็นเหล่านี้มีส่วนช่วยให้ศิลปินสามารถวางแผน ออกแบบ และแก้ปัญหาเชิงในการสร้างสรรค์งานศิลป์เพื่อสร้างประสบการณ์เชิงสุนทรียะแก่ผู้เสพผลงานเคลือบผลึก



ขั้นตอนการสร้างสรรค์ผลงานเซรามิค

เนื่องจากวิธีการเคลือบผลึกในงานสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วยปริมาณสารประกอบแร่วัตถุดิบที่แตกต่างจากเคลือบทั่วไป ในระหว่างการเผาเคลือบในเตาหลอมชั้นเคลือบสามารถเคลื่อนที่ (ไหล) ไปมาบนผิวชิ้นงานได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบรูปร่างของผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีความเหมาะสมในกระบวนการนี้จึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยรูปทรงนั้นไม่ควรมีความลาดชันสูง เพราะเมื่อลาดชันมาก น้ำเคลือบก็จะไหลอย่างรวดเร็วอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานและเตาเผา จากหลักการดังกล่าวทำให้การพัฒนานี้มีการเลือกใช้รูปแบบที่อวดโฉมเคลือบผลึกทั้งด้านในและด้านนอกภาชนะเพื่อแสดงถึงศักยภาพของรูปทรงผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ซึ่งชิ้นงานต่าง ๆ จะถูกออกแบบและขึ้นรูปด้วยการใช้แป้นหมุนซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปมาตั้งแต่สมัยโบราณและยังใช้อยู่ในปัจจุบัน และวิธีหล่อน้ำดินที่ใช้กันทั่วไปในสตูดิโอและอุตสาหกรรม ซึ่งให้ชิ้นงานที่เหมือนกันออกมาตามแบบแม่พิมพ์ ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วจะถูกเรียกว่า "ชิ้นงานดิบ" หรือ Greenware ซึ่งจะต้องถูกนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ประเภทคาร์บอนจากดิน และที่สำคัญคือเพิ่มความแข็งแรงแก่ชิ้นงานสำหรับขั้นตอนการเคลือบต่อไป

สำหรับสูตรเคลือบผลึกนั้นจะต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของงานเคลือบที่ต้องการ เช่น ความมันเงา และขนาดของผลึก การสร้างผลึกที่มีลักษณะเป็นดอกดวงขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มความโดดเด่นและความมีเสน่ห์แก่ผลิตภัณฑ์ จะเลือกผลึกในระบบซิงค์ออกไซด์-ซิลิกอนไดออกไซด์ ($ZnO\text{-}SiO_2$) ที่สามารถเกิดการตกและโตของผลึกที่เรียกว่าวิลเลมไมต์ (Willemite, Zn_2SiO_4) ซึ่งมีขนาดใหญ่ได้ สูตรเคลือบที่เหมาะสมจะสุกหรือหลอมตัวเป็นแก้วที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สูงเกินกว่าจุดที่ดินทนได้ มิเช่นนั้นดินอาจเกิดการยวบตัวทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยว

ก่อนการสร้างสรรค์ผลงานจริงโดยศิลปิน สูตรเคลือบผลึกที่ถูกเลือก จะถูกศึกษาและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคด้านวิศวกรรมวัสดุ เช่น ความเป็นผลึก จะระบุได้ถึงอุณหภูมิที่เคลือบเกิดการสุกหรือหลอมตัวอย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดเป็นชั้นแก้วที่มันเงา

มิฉะนั้นเคลือบจะมีลักษณะขาวขุ่นไม่สวยงาม อุณหภูมิที่เคลือบน่าจะเกิดการตกผลึกนั้น ได้มีการตรวจจับการปลดปล่อยพลังงานความร้อนซึ่งสามารถถูกเชื่อมโยงได้กับกระบวนการตกผลึก เทียบเคียงได้กับการตกผลึกของน้ำแข็งจากน้ำต้องมีการคายพลังงานความร้อน จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ศิลปินทราบคร่าว ๆ ว่าผลึกน่าจะเกิดขึ้นในเคลือบในช่วงอุณหภูมิการเผาใด

นอกจากตัวแปรด้านความร้อนแล้ว เวลาในการเผาเพื่อ "เลี้ยงผลึก" หรือเพื่อให้ผลึกขยายขนาดโตขึ้นเป็นดอกดวงมีความสำคัญมาก ซึ่งหากทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดดอกผลึกและเวลาในการเผาเลี้ยงผลึกได้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับศิลปินในการวางแผน

และออกแบบลักษณะดอกผลึกที่ต้องการ ทีมวิจัยฯจึงได้วิธีการศึกษากลไกการโตของผลึกในวัสดุเชิงวิศวกรรมประเภทโลหะและเซรามิคมาวิเคราะห์ ซึ่งผลในเบื้องต้นยืนยันความสอดคล้องของหลักการนี้สำหรับการโตของผลึกจากเคลือบได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง เปิดเผยให้เห็นว่าดอกผลึกที่ได้ประกอบไปด้วยแท่งผลึกขนาดเล็กเป็นจำนวนมากโตออกมาจากจุดร่วมเดียวกัน เรียงซ้อนถัดกันรอบจุดนั้น คล้ายดอกไม้ ทำให้มองเห็นเป็นดอกผลึกรูปร่างกลมเมื่อมองด้วยตาเปล่า ดังนั้น การศึกษาและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพื้นฐานของศาสตร์ด้านวิศวกรรมวัสดุจึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการคาดคะเนสภาวะการเผาที่เหมาะสมสำหรับการได้มาซึ่งขนาดและลักษณะของดอกผลึกตามความประสงค์ของศิลปิน รวมถึงช่วยย่นระยะเวลาในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานโดยที่มิต้องทำการลองผิดลองถูกอีก

จากข้อมูลเชิงเทคนิคนี้เอง ส่วนผสมเคลือบจะถูกนำมาเคลือบบนผิวของชิ้นงานดิบ จากนั้นนำชิ้นงานไปเผาตามสภาวะการเผาที่เหมาะสม โดยแบ่งเป็นสองช่วง ช่วงแรกที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เพื่อให้เคลือบหลอมตัวก่อน จากนั้นลดอุณหภูมิลงมาที่ 1,100 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการตกผลึก และเผาแช่เลี้ยงผลึกเพื่อเหนี่ยวนำให้ผลึกโตขึ้นจนกลายเป็นดอกดวงขนาดต่าง ๆ สำหรับงานสร้างสรรค์นี้เลือกใช้เวลาในการเผาแช่ที่ 8 ชั่วโมง ที่ช่วยให้ดอกดวงผลึกมีขนาดใหญ่พอสมควร เกิดความโดดเด่นแก่ชิ้นงาน

สำหรับแรงขับเคลื่อนในการตกผลึกนั้นส่วนหนึ่งเกิดจากการลดขีดความสามารถในการละลายด้วยการลดอุณหภูมิในการเผา ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้องค์ประกอบออกไซด์ของสังกะสีและซิลิคอน (ZnO และ SiO_2) ในเคลือบเกิดการตกตะกอน (ตกผลึก) ออกมากลายเป็นวิลเลมไมต์ (Zn_2SiO_4) คล้ายกับการตกผลึกเฟสเกลือจากน้ำปลา นอกจากนี้ ความสวยงามของดอกผลึกที่เกิดสามารถสร้างเสริมขึ้นด้วยการเติมสารประกอบออกไซด์ให้สี (Coloring oxide) ลงไปเพื่อก่อเกิดสีสันที่แปลกตา ยกตัวอย่าง เช่น โคบอลต์ออกไซด์ทำให้เกิดโทนสีน้ำเงิน คอปเปอร์ออกไซด์เกิดผลึกสีขาวตัดกับพื้นหลังสีเขียว หรือนิกเกิลออกไซด์เกิดดอกผลึกสีฟ้าแต่เนื้อเคลือบพื้นหลังจะเป็นสีน้ำตาลอ่อน

> โครงสร้างของเคลือบผลึกเองมีความซับซ้อนประหนึ่งว่ามีวัสดุสองชนิดที่แตกต่างเชิงโครงสร้างแต่ฝังรวมผสานอยู่ด้วยกันอย่างลงตัว

เครื่องเคลือบดินเผาชนิดเคลือบผลึกจึงเป็นผลงานสร้างสรรค์ที่สามารถดำเนินการผลิตในลักษณะที่เป็นงานศิลปะซึ่งมีเอกลักษณ์ไม่ซ้ำกัน เพราะลวดลายที่ได้จะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงในแต่ละชิ้นงาน เพราะไม่สามารถกำหนดจุดที่จะเกิดผลึกได้อย่างแม่นยำ เครื่องเคลือบเซรามิคทั่วไปลวดลายที่ได้ส่วนใหญ่จะเกิดจากการลงสีวาดบนชั้นเคลือบ มิใช่ลวดลายที่เกิดจากในเนื้อแท้ของงานเครื่องเคลือบแบบเคลือบผลึก อีกทั้งดอกผลึกที่เกิดขึ้นในเคลือบผลึกความเลื่อมของสีในเนื้องานทำให้เกิดเป็นมิติซ้อนที่โดดเด่น กลายเป็นสุนทรียศาสตร์ที่มี

เอกลักษณ์ความงาม แปลกตาเฉพาะไม่ซ้ำกัน เป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการ SME ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา เช่น ศิลปินทำงานออกแบบเซรามิค ที่ต้องการออกแบบรูปทรงของชิ้นงานเคลือบผลึก สามารถกำหนดวัสดุเคลือบในสีที่ต้องการ และยังสามารถกำหนดอุณหภูมิในการเผาให้เกิดผลึกที่เป็นเอกลักษณ์ในแต่ละชิ้นงานไม่ซ้ำเป็นงาน Limited edition ที่กำลังได้รับความนิยมจากมัณฑนากรหรือผู้สนใจนำมาใช้กับงานตกแต่งภายในปัจจุบัน เช่น ห้องรับแขก โรงแรม ภัตตาคาร ที่อยู่อาศัยแบบคอนโดมีเนียม หรือสถานที่ที่ต้องการชิ้นงานศิลปะขนาดไม่ใหญ่ในการตกแต่งนั่นเอง ●

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อริศร์ เทียมประเสริฐ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
- เจ้าหน้าที่ฝ่ายสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
- คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
- คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
- ผู้ช่วยนักวิจัยและผู้ช่วยผลิตงานสร้างสรรค์ทุกท่าน

ข้อมูลนักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม

- จบปริญญาตรีสาขาอุตสาหกรรมศิลป์ จากวิทยาลัยครูพระนคร และปริญญาโท สาขาอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร มีความเชี่ยวชาญทางด้านเซรามิก
- อาจารย์สังกัดภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขต พระราชวังสนามจันทร์

รางวัลสำคัญ

- รางวัลเหรียญทองแดงงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 1
- ในปี 2003 ได้รับคัดเลือกเข้าร่วมแสดงผลงานในงาน 53 Premio Faenza, Concorso International Della Ceramic d'Arte Contempornea, Italy
- ในปี 2010 ได้รับคัดเลือกเป็นหนึ่งในสองของศิลปินไทย เข้าร่วมแสดงผลงานในงาน The 2010 Second China (Shanghai) International Modern Pot Art Biennial Exhibition

ข้อมูลนักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ ยงวณิชย์

- จบปริญญาตรีสาขาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ และวิศวกรรมและรัฐนโยบาย จาก Carnegie Mellon University ประเทศสหรัฐอเมริกา ปริญญาโทและเอก สาขาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ จาก University of Pennsylvania ประเทศสหรัฐอเมริกา
- อาจารย์สังกัดภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

งานวิจัยและผลงานสำคัญ

- Development of crystalline glazes for commercial potential
- Color stability of inorganic pigments in various glazes
- Surface modification of advanced inorganic nanomaterials

รางวัลที่ได้รับ

- ทุนการศึกษาระดับอุดมศึกษาของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี พ.ศ.2539

LINE JOKE

โดย หมีจ๋อ

ช่วยพ่อ

ลูกชายคนเดียวติดคุกคดีครอบครองอาวุธสงคราม พ่อผู้มีอาชีพชาวไร่ข้าวโพดเขียนจดหมายถึงลูกว่า

"ลูกไม่อยู่ พ่อลำบากมาก ไม่มีคนช่วยขุดดินในไร่ พ่อทำคนเดียวไม่ไหว นี่ก็จะต้องลงข้าวโพดรอบใหม่แล้ว"

ลูกชายจึงเขียนจดหมายฝากตำรวจไปถึงพ่อว่า

"พ่ออยู่เฉย ๆ ห้ามไปขุดดินในไร่นะ ผมฝังปืน ฝังระเบิดไว้หลายจุดในไร่ข้าวโพด พ่อไปขุดมันอาจระเบิดนะพ่อ"

วันรุ่งขึ้นตำรวจทั้งโรงพักยกกำลังแบกจอบไปขุดหาอาวุธ ขุดกันทุกทุกตารางนิ้วในไร่ แต่ไม่พบอาวุธใด ๆ

อีกสองวันต่อมา ลูกชายเขียนจดหมายถึงพ่อว่า

"พ่อครับ ลงมือปลูกข้าวโพดได้เลยครับ มีคนไปช่วยขุดดินให้แล้ว"

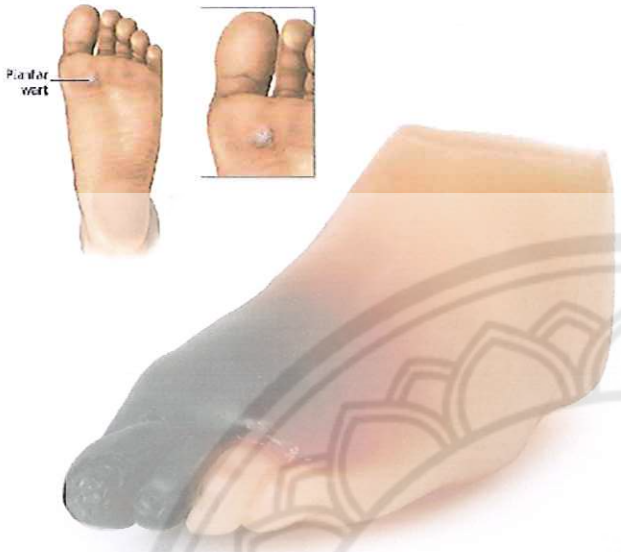
ขอขอบคุณเจ้าของต้นคิดเรื่องนี้ที่ถูกส่งต่อ ๆ กันมาให้อ่านเพื่อความบันเทิง

QUALITY OF LIFE

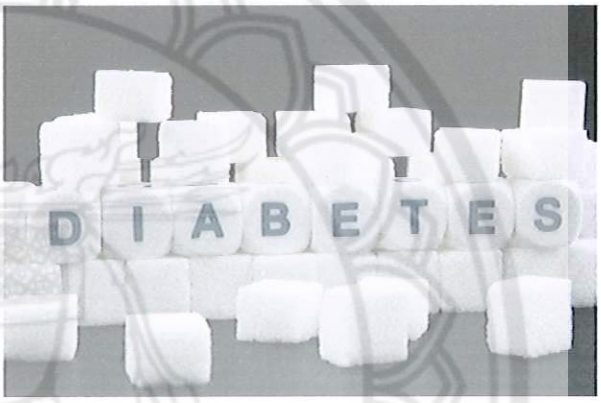
ศ.ภญ.ดร.พรองค์ อรามวิทย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถุงลอกเซลล์ผิวเท้า นวัตกรรมสุดล้ำ เพื่อผู้ป่วยเบาหวาน

เบาหวาน จัดเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญของโลก ในประเทศไทยมีแนวโน้มผู้ป่วยเบาหวานเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง และผู้ป่วยเบาหวานเรื้อรังมักจะมีปัญหาสุขภาพในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดบาดแผลที่เท้าที่มักลุกลามรุนแรงจนกลายเป็นปัญหาใหญ่ของผู้ป่วยเบาหวานเรื้อรังในที่สุด



> "การขูดที่น้อยเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาการติดเชื้อได้ แต่การขูดที่รุนแรงอาจทำให้เกิดบาดแผลและติดเชื้อตามมาด้วยเช่นกัน"



ผู้ป่วยเบาหวานเรื้อรังมักจะมีลักษณะเท้าที่ผิดรูปร่าง ทำให้เกิดการเสียดสีของผิวหนังมากกว่าปกติ เกิดเป็น "ตาปลา" ขึ้น ซึ่งผิวหนังบริเวณนี้จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดบาดแผลและติดเชื้อ ในบางกรณีปัญหาอาจรุนแรงมากจนทำให้ผู้ป่วยต้องตัดนิ้วหรือตัดเท้าทิ้งไปเพื่อป้องกันการลุกลาม

การป้องกันการเกิดบาดแผลที่เท้าของผู้ป่วยเบาหวานในปัจจุบัน

เนื่องจากผิวหนังเท้าที่หนาและด้าน เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดบาดแผลสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน แพทย์จึงจำเป็นต้องตัดหรือขูดผิวหนังดังกล่าวออกเป็นระยะอย่างน้อยทุก ๆ 3 เดือนเพื่อลดโอกาสการเกิดบาดแผลและติดเชื้อ โดยแพทย์จะให้ผู้ป่วยแช่เท้าในน้ำจนผิวหนังที่หนาและด้านนุ่มลง แล้วใช้มีดตัดเฉือนผิวหนังส่วนนั้นออกทีละน้อย โดยการทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อป้องกันการตัดเฉือนผิวหนังส่วนที่ดีออกมาด้วย แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนการขูดหรือตัดเฉือนนอกจากจะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายแล้ว การขูดที่น้อยเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาการติดเชื้อได้

การลอกเซลล์ผิวหนังที่ตายแล้วกับการป้องกันการเกิดบาดแผลในผู้ป่วยเบาหวาน

การลอกผิวหนังที่ตายแล้วออก จัดเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญมากทางการแพทย์ ซึ่งมักพบในกระบวนการเสริมความงาม เช่น การลอกฝ้า เป็นต้น ผู้ป่วยหลายกลุ่ม รวมทั้งผู้ป่วยเบาหวานจำเป็นต้องได้รับการลอกเซลล์ผิวเท้าที่ตายแล้วออก เพราะเป็นอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ตามมา เช่น การติดเชื้อ

กระบวนการตัดเฉือนผิวหนังหนา
ที่เท้าของผู้ป่วยเบาหวาน

> จากการที่ผู้ป่วยใส่ถุงเท้าดังกล่าว นาน 90 นาทีเพียงครั้งเดียว หลังจากสวมใส่ประมาณ 1-2 สัปดาห์ เซลล์ผิวหนังเท้าที่ตาย แล้วจะค่อย ๆ ลอกออก สามารถ ใช้ทดแทนกระบวนการตัดเฉือน ผิวหนังได้

ด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ลอกเซลล์ผิวเท้าที่ตายแล้วสำหรับผู้ป่วยเบาหวานขึ้น ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ลอกผิวเท้าที่มีอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะใช้สารละลายกรดเป็นองค์ประกอบหลักในการกัดและลอกเซลล์ผิวเท้า แต่สารละลายกรดดังกล่าวจะกัดผิวหนังทั้งเซลล์ผิวที่ตายแล้ว และเซลล์ผิวหนังปกติที่มีสุขภาพดีไปด้วย อีกทั้งสารละลายกรดยังก่อให้เกิดอาการปวดแสบปวดร้อนขณะใช้ ทั้งกับผิวหนังเปิดหรือผิวหนังที่มีบาดแผลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเบาหวาน

จากการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องพบว่า ยูเรียเป็นสารที่นอกจากจะมีคุณสมบัติในการดูดน้ำแล้ว ยังสามารถลอกผิวได้ และในผิวหนังที่ตายแล้วหากมีการดูดน้ำในปริมาณสูงจะทำให้เกิดการแยกชั้นออกจากผิวหนังดีจนสามารถทำให้หลุดลอกออกมาได้ง่าย เพราะผิวหนังที่มีสุขภาพดีจะสามารถดูดน้ำได้ในระดับที่น้อยกว่าผิวหนังที่ตายแล้วมาก จึงไม่เกิดการหลุดหรือลอกออกเมื่อสัมผัสกับสารละลายยูเรีย ที่ทำให้มีการดูดน้ำเป็นเวลานาน ดังนั้นสารละลายยูเรียจึงสามารถลอกผิวหนังที่ตายแล้วออกได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่มีการทำลายชั้นผิวหนังปกติ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า การลอกผิวหนังที่ตายแล้วออกจะทำให้เซลล์ผิวหนังมีการสร้างคอลลาเจน (โปรตีนโครงสร้างหลักในเนื้อเยื่อ) เพิ่มมาก

ขึ้นด้วย ยูเรียจึงเป็นสารสำคัญในการนำมาใช้รักษาโรคเกล็ดงู ซึ่งมีหลักการรักษาด้วยการลอกเซลล์ผิวและให้ความชุ่มชื้นกับผิวเช่นกัน

ถุงลอกเซลล์ผิวเท้า...ป้องกันการเกิดบาดแผลที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวาน

เพื่อความสะดวกและประสิทธิภาพการออกฤทธิ์สูงสุดของสารละลายยูเรียในการลอกเซลล์ผิวเท้า จึงได้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของถุงเท้าภายใต้ชื่อสินค้า Dermapromp+® ที่สามารถสวมใส่ได้ตลอดเวลา เพื่อให้สารละลายยูเรียสัมผัสกับผิวหนังหนาด้านได้อย่างเต็มที่ และผู้ใช้สามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ จากการทดสอบ

วิธีใช้ ข้อควรระวังและข้อจำกัดในการใช้ Dermapromp+®

ผลิตภัณฑ์ Dermapromp+® ถูกออกแบบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สะดวกในครั้งเดียว (single use only) เพื่อสุขอนามัยและความสะดวก ถุงเท้ามีเพียงขนาดเดียวสำหรับเท้าทุกขนาด เพื่อลดต้นทุนการผลิตและจัดจำหน่าย โดยผู้ป่วยสามารถใช้ถุงเท้านี้ได้เองที่บ้าน ภายหลังคำแนะนำของแพทย์ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยสูง เพราะมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ใกล้เคียงกับผิวหนังปกติ ออกฤทธิ์ลอกเซลล์ผิวเท้าที่ตายแล้วเท่านั้น โดยไม่มีผลต่อเซลล์ผิวหนังปกติ

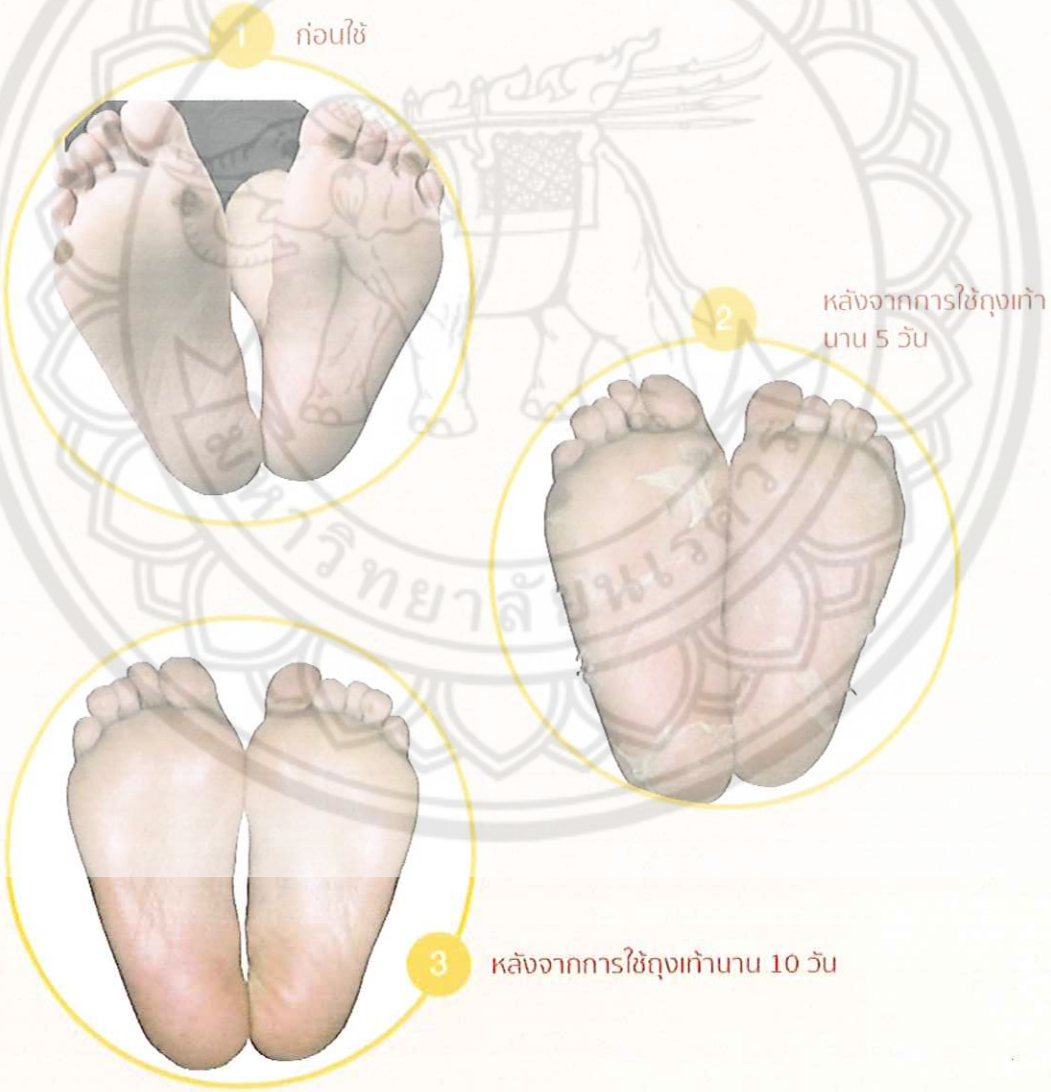
ในผู้ป่วยเบาหวานที่แพทย์วินิจฉัยแล้วว่ามีความจำเป็นต้องได้รับการตัดเฉือนผิวหนังเท้าที่หนาผิดปกติออก โดยให้ผู้ป่วยมาสวมใส่ถุงเท้านี้แทนการตัดเฉือนผิวหนัง พบว่า ผู้ป่วยสวมถุงเท้าดังกล่าวนาน 90 นาทีเพียงครั้งเดียว ประมาณ 1-2 สัปดาห์ พบว่าเซลล์ผิวหนังเท้าที่ตายแล้วจะค่อย ๆ ลอกออก สามารถใช้ทดแทนกระบวนการตัดเฉือนผิวหนังได้ และผู้ป่วยเบาหวาน จำเป็นต้องลอกเซลล์ผิวเท้าอย่างสม่ำเสมอ แพทย์จึงแนะนำให้สวมถุงเท้านี้เดือนละครั้ง แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยมีตาปลาหรือผิวหนังหนาด้านกว่าปกติ แนะนำให้ผู้ป่วยแช่เท้าในน้ำประมาณ 30 นาทีก่อนสวมถุงเท้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลอกผิวหนังหนาด้านยิ่งขึ้น

ผลิตภัณฑ์นี้สามารถช่วยลดความจำเป็นต่อการขูดลอกเท้าหรือช่วยลดความรุนแรงของผิวหนังฝ่าเท้าหนาของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อเซลล์ผิวหนังปกติ

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีผิวหนังเท้าหนาและด้านมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ครั้งแรก Dermapromp+® จะลอกเซลล์ผิวออกมาเป็นแผ่นหนา แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยใช้มาต่อเนื่อง ผิวหนังเท้าจะมีความหนาและด้านน้อยลง การลอกเซลล์ผิวหนังเท้าครั้งต่อมาจะลอกออกค่อนข้างบางขึ้นด้วย ซึ่งเป็นลักษณะปกติเพราะ Dermapromp+® โดยจะไม่ลอกเซลล์ผิวเท้าปกติที่มีสุขภาพดีออกนั่นเอง

ขั้นตอนการใช้ Dermapromp+®

เมื่อผู้ป่วยสวมถุงเท้าครบตามเวลาที่กำหนด (ประมาณ 60-90 นาที) และล้างเท้าให้สะอาด ผู้ป่วยจะไม่เห็นความผิดปกติหรือการลอกออกใด ๆ ของผิวหนัง แต่เมื่อผ่านไปประมาณ 3-5 วัน จะมีเซลล์ผิวเท้าที่ตายแล้วค่อย ๆ ลอกออก ห้ามใช้มือหรืออุปกรณ์ใด ๆ ดึง แกะ หรือลอกผิวหนังออก แต่ในกรณีที่ผิวหนังที่หลุดลอกก่อให้เกิดความรำคาญ อาจใช้กรรไกรตัดเล็บเล็มเฉพาะผิวหนังที่ลอกออกมาแล้วเท่านั้น เพื่อป้องกันการถูกทำลายของผิวหนังปกติจากการลอกหรือดึง อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1-2 สัปดาห์ ผิวหนังที่ตายแล้วจะถูกลอกออกจนหมด เซลล์ผิวเท้าจะนุ่มเนียนและมีสุขภาพดี เพื่อป้องกันการเกิดการเสียดสีจนทำให้เกิดบาดแผลและผิวหนังหนาด้านอีกในอนาคต แนะนำให้ผู้ป่วยใส่ถุงเท้าปกติตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืนเพื่อปกป้องเท้าให้มีสุขภาพดีเช่นนี้ต่อไป

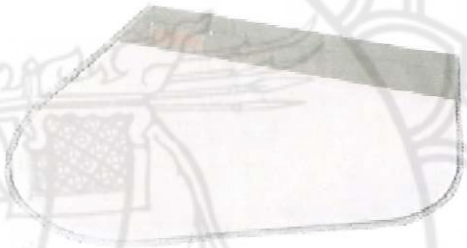


นอกจากคุณสมบัติในการลอกเซลล์ผิวเท้าที่หนาและด้านในผู้ป่วยเบาหวานแล้ว ผลิตภัณฑ์นี้ยังมีส่วนประกอบของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถป้องกันการติดเชื้อและฆ่าเชื้อในกรณีที่มีบาดแผลได้ในคราวเดียว อีกทั้งยังสามารถดับกลิ่นเท้าในกรณีที่ผู้ป่วยมีกลิ่นเท้าจากการติดเชื้อได้อีกด้วย

> Dermapromp+® มีความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง โดยไม่ก่อให้เกิดการแพ้หรือระคายเคืองใด ๆ

เนื่องจาก Dermapromp+® ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เป็นหลักจึงมีโอกาสก่อให้เกิดการแพ้ จากการทดสอบความปลอดภัยในผู้ป่วยเบาหวานพบว่า ผลิตภัณฑ์นี้ไม่ก่อให้เกิดความระคายเคือง แพ้ หรือปวดแสบปวดร้อนกับผู้ป่วยแต่อย่างใด จึงจัดได้ว่ามีความปลอดภัยสูง

อย่างไรก็ตาม การใช้ Dermapromp+® ไม่แนะนำให้ใช้ในขณะที่ผู้ป่วยมีบาดแผลสดที่เท้า หรือมีบาดแผลที่มีสารคัดหลั่ง เช่น น้ำเลือด หรือน้ำหนอง เพราะอาจทำให้เชื้อโรคจากบาดแผลนั้นแพร่กระจายไปยังส่วนอื่น ๆ ได้ แต่หากผู้ป่วยมีบาดแผลที่แห้งแล้วหรือบาดแผลที่มีขนาดเล็ก ไม่มีสารคัดหลั่ง ผู้ป่วยยังสามารถใช้ Dermapromp+® ได้ตามปกติ



Dermapromp+® ถุงลอกเซลล์ผิวเท้าที่ตายแล้ว

ผลการทดสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัยทางคลินิก

จากการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการใช้ Dermapromp+® พบว่าความหนาของผิวหนังฝ่าเท้าของผู้ป่วยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้สามารถช่วยลดความจำเป็นต่อการขูดลอกเท้าหรือช่วยลดความรุนแรงของผิวหนังฝ่าเท้าหนาของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อเซลล์ผิวหนังปกติ แต่ในผู้ป่วยที่มีภาวะของผิวหนังฝ่าเท้าหนามาก อาจมีความจำเป็นต้องใช้มากกว่า 1-2 ครั้ง ติดต่อกัน เพื่อช่วยลดความจำเป็นต่อการขูดลอกฝ่าเท้าในอนาคต

อาจกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์ถุงเท้าที่มีสารละลายยูเรียเป็นองค์ประกอบมีประโยชน์ในการใช้ควบคู่กับการขูดลอกฝ่าเท้า เพื่อการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน ด้วยการแนะนำให้ขูดลอกฝ่าเท้าตามแบบมาตรฐานในผู้ป่วยเบาหวานที่มีความรุนแรงหรือความหนาของผิวหนังฝ่าเท้ามากก่อน และให้ผู้ป่วยเบาหวานใช้ผลิตภัณฑ์ถุงเท้าที่มีสารละลายยูเรียเป็นองค์ประกอบนี้ตาม นอกจากนี้ ผลการศึกษาทางคลินิกยังแสดงให้เห็นว่า Dermapromp+® มีความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง โดยไม่ก่อให้เกิดการแพ้หรือระคายเคืองใด ๆ ●

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) บริษัท เอสบูวา จำกัด และบริษัท พีไอพี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่สนับสนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

การนำไปใช้ประโยชน์

ได้อนุญาตให้บริษัท เอสบูวา จำกัด ดำเนินการผลิตและจำหน่าย Dermaprom+® เชิงพาณิชย์

ข้อมูลนักวิจัย

ศาสตราจารย์เภสัชกรหญิง ดร.พรอนงค์ อร่ามวิทย์

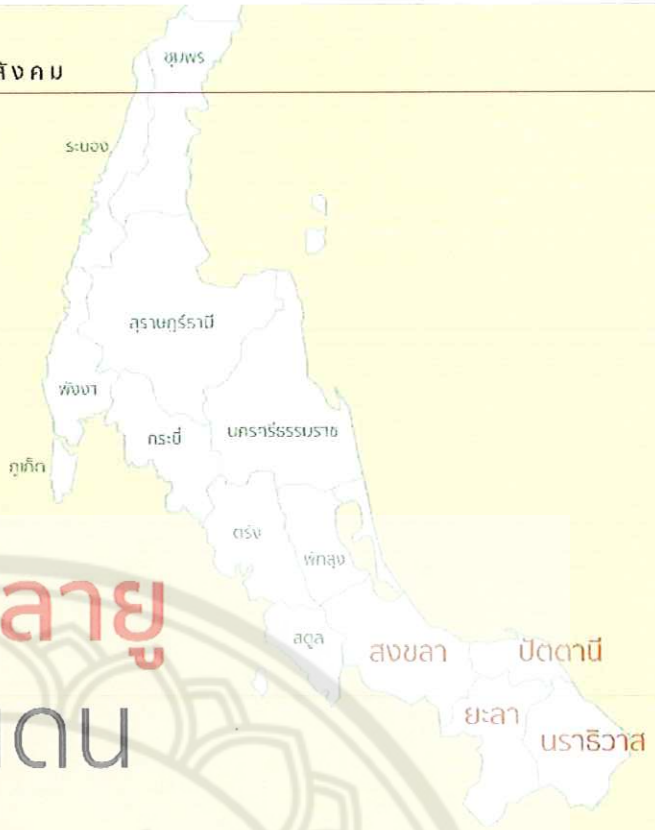
- จบการศึกษาระดับปริญญาตรี (เกียรตินิยม) จากคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Doctor of Pharmacy จาก University of Illinois at Chicago ประเทศสหรัฐอเมริกา
- Ph.D. in Pharmaceutical Sciences จาก University of Wisconsin-Madison ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ปัจจุบันหัวหน้าโครงการวิจัย 29 โครงการ มีผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติมากกว่า 70 บทความ มีผลงานวิจัยได้รับการจดสิทธิบัตรทั้งในและต่างประเทศมากกว่า 10 สิทธิบัตร

รางวัลที่ได้รับ

- รางวัลงานวิจัยโดดเด่นที่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปี พ.ศ. 2557
- รางวัล Outstanding Invention Award จากผลงานวิจัยเรื่อง "Derma-Promp®: Socks for Xerosis Treatment in Diabetic Feet" จาก The Hong Kong Polytechnic University ประเทศฮ่องกง
- รางวัลผลงานวิจัยดีเด่น สาขาเคมีเภสัช จากผลงานวิจัยเรื่อง "Silk Sericin Scaffold as Wound Dressing Material for Wound Healing Promotion" จากสภาวิจัยแห่งชาติประจำปี พ.ศ. 2557
- รางวัลเครื่องอิสริยาภรณ์เชิดชูเกียรติชั้นอัศวิน (Chevalier) จากกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และประเทศเบลเยี่ยมในฐานะนักนวัตกรดีเด่น ในปี พ.ศ. 2557

PEACE

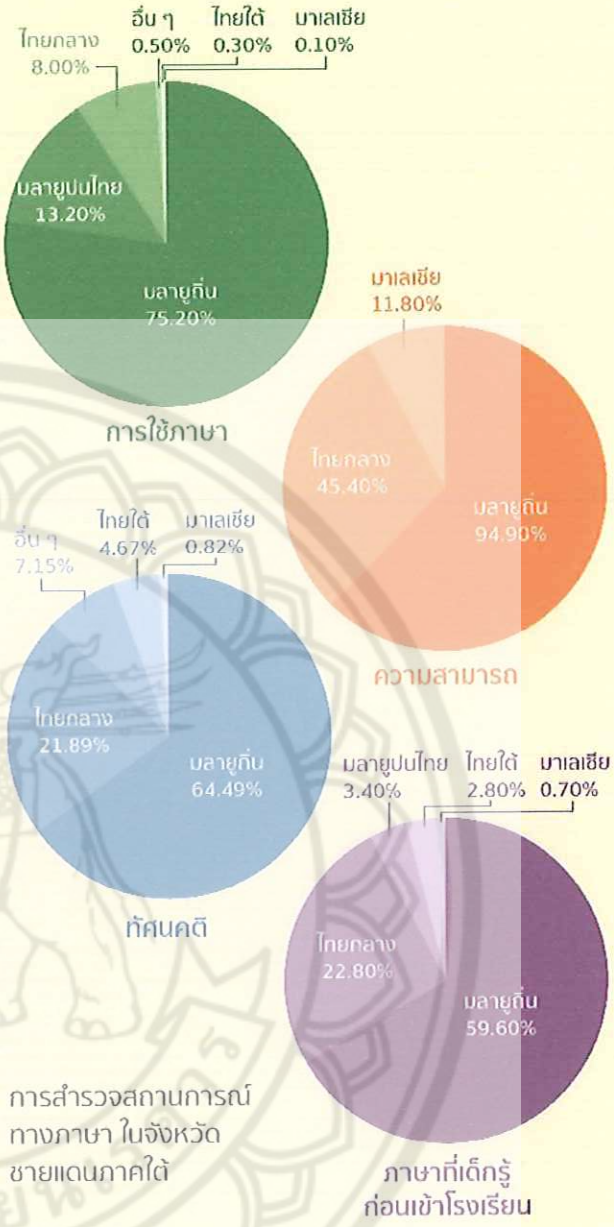
ศ.เกียรติคุณ ดร.สุวิไล เปรมศรีรัตน์
มหาวิทยาลัยมหิดล



ทวิภาษาไทย–มลายู เพื่อสันติสุขดินแดนปลายด้ามขวาน

ท่ามกลางความไม่สงบและความรุนแรงในพื้นที่ 4 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้มีความพยายามจากหลายฝ่ายเพื่อหาแนวทางคืนสันติสุขและความมั่นคงในชีวิตกลับสู่พื้นที่ และการศึกษาได้กลายเป็นแนวทางสำคัญแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาด้วยการนำระบบทวิภาษาไทย–มลายู มาปรับใช้อย่างค่อยเป็นค่อยไป เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ให้เด็กนักเรียน นำไปสู่การดำรงชีวิตที่ดีขึ้น กลายเป็นความหวังสำคัญที่จะนำสันติสุขมาสู่พื้นที่สีแดงนี้อีกครั้ง

พื้นที่สีแดงในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ตั้งแต่ จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และรวม 4 อำเภอ ในจังหวัดสงขลา มีประชากรกว่า 83% หรือกว่าล้านคน พูดภาษามลายู ที่เรียกว่า ภาษามลายูปาตานี หรือ บาซอ นายู ตานิง มีเอกลักษณ์เฉพาะของตนเอง และมีความแตกต่างจากภาษามลายูมาตรฐานที่ใช้พูดกันในมาเลเซียหรืออินโดนีเซีย แต่มีความคล้ายคลึงกับภาษาที่พูดในรัฐกลันตัน ทางตอนเหนือของมาเลเซีย ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับชายแดนใต้สุดของไทย



การสำรวจสถานการณ์ทางภาษา ในจังหวัดชายแดนภาคใต้

"ภาษา" เป็นอัตลักษณ์สำคัญและลักษณะการใช้ภาษาท้องถิ่นในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความซับซ้อน ศูนย์ศึกษาและพัฒนาสันติวิธี มหาวิทยาลัยมหิดล จึงสำรวจการใช้ภาษาของคนใน 3 จังหวัด (ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส) จำนวนกว่า 1,200 คน เพื่อศึกษาข้อมูลการใช้ภาษาในปัจจุบันของประชากรส่วนใหญ่ว่าใช้ภาษาใดมากที่สุด และมีความสามารถในการใช้ภาษาต่าง ๆ อย่างไร รวมทั้งทัศนคติความต้องการต่อการใช้ภาษาต่าง ๆ พบว่า ภาษามลายูท้องถิ่น (มลายูปาตานี) มาเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาเป็นภาษามลายูปนไทย ภาษาไทย ภาษาไทยใต้ ภาษามาเลเซีย ตามลำดับ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า **คนในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ไม่ได้มีความใกล้ชิดกับภาษามาเลเซียนัก (ยกเว้นพื้นที่บริเวณชายแดน)**

การวางแผนสู่แนวทางทวิภาษา - พหุภาษาศึกษา เพื่อพัฒนาการศึกษาคุณภาพ

การจัดการศึกษาแบบทวิภาษา – พหุภาษาศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษา ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะในสังคมหนึ่ง ๆ มีการใช้ภาษามากกว่าหนึ่งภาษา **การศึกษาแบบทวิภาษาหมายถึง การจัดการศึกษาโดยใช้สองภาษาเป็นสื่อในการเรียนการสอน** ซึ่งหมายถึง ภาษาราชการ (หรือภาษาประจำชาติ) และภาษาท้องถิ่น (หรือ

ภาษาแม่ของกลุ่มชาติพันธุ์) ดังนั้น ในการวางแผนพัฒนาการศึกษาในจังหวัดชายแดนภาคใต้ รูปแบบการศึกษาที่เหมาะสม สามารถก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ทางวิชาการและการใช้ภาษาราชการ คือรูปแบบการจัดการศึกษาระบบทวิภาษา

การพัฒนาภาษามลายูปาตานีให้เป็นมาตรฐาน

การใช้ระบบการเขียนภาษามลายูทั่วไปในพื้นที่จะปรากฏรูปเขียนของภาษามลายู 3 ระบบอักษร ได้แก่

1) ภาษามลายูอักษรยาวี หรือภาษามลายูที่เขียนด้วยอักษรอาหรับที่ได้นำมาดัดแปลงเพื่อใช้เขียนภาษามลายูกลาง (ภาษามลายูแบบคลาสสิค) มีความคล้ายคลึงกับภาษามลายูมาเลเซีย แต่แตกต่างจากภาษามลายูปาตานี มีใช้ในเอกสารคำสอนของศาสนาอิสลามและเอกสารสำคัญต่าง ๆ เช่น ทะเบียนสมรส เอกสารที่ดิน ป้ายชื่อสถานที่ เป็นต้น คนส่วนมากจะถือว่าอักษรยาวีเป็นอัตลักษณ์ทางภาษาของตน

2) ภาษามลายูอักษรรูมี หรือภาษามลายูที่เขียนด้วยอักษรละติน ซึ่งใช้ในการเขียนภาษามลายูมาเลเซีย (บาฮาซามาเลเซีย) และภาษาอินโดนีเซีย (บาฮาซาอินโดนีเซีย)

3) ภาษามลายูอักษรไทย หรือภาษามลายูถิ่นในประเทศไทยที่เขียนด้วยอักษรไทย ใช้ทั่วไปในการเขียนชื่อบุคคล เช่น อัสมะ นูรีดา เป็นต้น และป้ายชื่อสถานที่ต่าง ๆ เช่น ร้านค้า (อารีนา) โรงเรียน (กำปงปีแซ) มัสยิด (กรือเซะ) หมู่บ้าน (บ้านปงตา) ป้ายประกาศต่าง ๆ เป็นต้น รวมทั้งใช้ในการเรียนการสอนในระบบนอกโรงเรียนหรือการสอนภาษามลายูท้องถิ่นแก่ข้าราชการหรือบุคคลภายนอกที่เข้ามาทำงานในพื้นที่ แต่ปรากฏว่ามีการเขียนหลายระบบ และต่างคนต่างเขียน เป็นการใช้ภาษาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และความจำเป็นของการใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งทีมวิจัยได้ตกลงใช้ระบบภาษามลายูปาตานีอักษรไทย เพื่อประโยชน์ในการเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบการศึกษาชาติโดยมีการพัฒนาให้เป็นมาตรฐาน

> การศึกษาแบบทวิภาษาหมายถึง การจัดการศึกษาโดยใช้สองภาษาเป็นสื่อในการเรียนการสอน ซึ่งหมายถึง ภาษาราชการ (หรือภาษาประจำชาติ) และภาษาท้องถิ่น (หรือภาษาแม่ของกลุ่มชาติพันธุ์)

หลักสูตรและการเรียนการสอนแบบทวิภาษาศึกษา: จุดเน้นและลักษณะเฉพาะ

การจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนแบบทวิ/พหุภาษาใช้หลักสูตรแกนกลางตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของกระทรวงศึกษาธิการเป็นหลัก แต่ได้เพิ่มเติมหรือเน้นพัฒนาการของเด็ก 3 ประการคือ

1) พัฒนาการทางภาษา เน้นการใช้ภาษาที่เหมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือการเรียนรู้และการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเลือกใช้ภาษาท้องถิ่นซึ่งเป็นภาษาแม่ของเด็กเป็นสื่อในการเรียนการสอนในช่วงปีแรก ๆ ของการเรียน และจัดให้มีการเรียนการสอนภาษาท้องถิ่นเป็นภาษาที่ 1 โดยเน้นพัฒนาการทางภาษาทั้ง 4 ทักษะ คือ ฟัง-พูด แล้วจึง อ่าน-เขียน ตามลำดับเพื่อปูพื้นฐานการเรียนรู้ที่เข้มแข็งในการเชื่อมโยงเข้าสู่ภาษาที่สอง (ภาษาราชการ)

2) พัฒนาการด้านวิชาการ โดยอิงตามมาตรฐานที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนด ซึ่งจัดให้มีการเรียนรู้สาระวิชาต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ภาษาไทย เป็นต้น โดยใช้ตำราภาษาไทย ทั้งนี้สำหรับวิธีการจัดการเรียนการสอนนั้นจะคำนึงถึงการให้คุณค่าในบริบทของท้องถิ่น เพื่อเชื่อมโยงจากสิ่งที่มีในท้องถิ่นที่คุ้นเคยกับความรู้สากลที่กำลังเรียนอยู่

3) พัฒนาการด้านสังคมและวัฒนธรรม ทำให้เด็กมีความภูมิใจในภาษาและวัฒนธรรมของตน ในขณะเดียวกับที่เคารพในความคิด ความเชื่อของบุคคลจากวัฒนธรรมอื่น โดยสอดแทรกความเป็นท้องถิ่นไปพร้อม ๆ กับความเข้าใจจากวัฒนธรรมส่วนกลาง และวัฒนธรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรืออยู่ใกล้เคียง นำไปสู่การอยู่ร่วมกันในสังคมพหุวัฒนธรรมแบบสังคมไทยอย่างเป็นสุข

การเรียนการสอนแบบทวิภาษาศึกษาเน้นการพัฒนาการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางภาษาแบบขั้นบันได โดยมีลำดับขั้นของพัฒนาการที่นอกจากเริ่มต้นด้วยภาษาที่หนึ่ง (ภาษาแม่) ไปสู่ภาษาที่สอง (ภาษาราชการ) แล้วยังต้องมีการสร้างทักษะที่ดีในการฟัง (การคิด) และการพูด แล้วจึงพัฒนาไปสู่ทักษะการอ่าน – เขียน ซึ่งเป็นแนวคิดพัฒนาการเรียนรู้ผ่านภาษาเป็นขั้นตอนตามหลักการ "ขั้นบันได" ที่ได้ดัดแปลงจากแนวคิดของ ซูซาน มาโลน (2549)

พัฒนาการเรียนรู้ผ่านภาษาระดับอนุบาล 1 ถึงประถมศึกษาปีที่ 1

ในการจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้ภาษาแม่หรือภาษาที่หนึ่งของเด็กเป็นสื่อในการเรียนการสอนในชั้นปฐมวัยหรือปีแรก ๆ เนื่องจากเป็นการวางรากฐานที่มั่นคงแก่เด็ก ด้วยวิธีการที่เหมาะสมในการนำเด็กจากบ้านเข้าสู่โรงเรียน เพื่อต่อยอดจากภาษาที่บ้านไปสู่ภาษาที่โรงเรียน ที่เด็กจะใช้ระยะเวลาในการปรับตัวและเรียนรู้กับสถานที่ใหม่ด้วยภาษาที่เด็กคุ้นเคยก่อน จนเด็กมีความพร้อมระยะหนึ่ง เช่น เทอมที่สอง จึงเริ่มการสอนภาษาที่ 2 (ภาษาไทย) ด้วยการฟังให้เข้าใจและปฏิบัติ

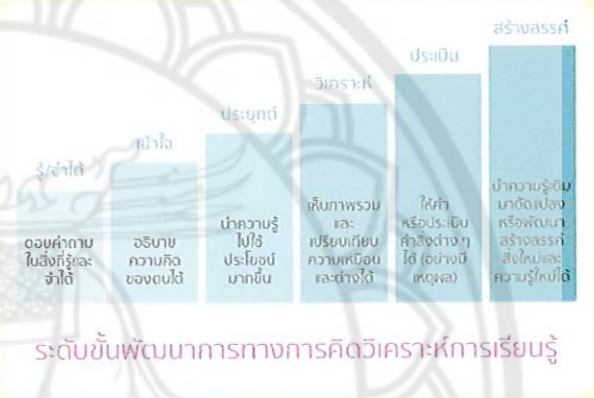
จากนั้นจึงเตรียมการเข้าสู่การเขียน โดยเชื่อมโยงภาษาที่ใช้ฟัง – พูดเข้าสู่ภาษาเขียน (ในภาษาที่ 1 หรือภาษาท้องถิ่น) และพร้อมกันนั้นก็เชื่อมโยงระหว่างภาษาที่ 1 เข้าสู่ภาษาที่ 2 โดยวางพื้นฐานทางภาษาที่ 2 ด้วยการฟัง – คิด – พูด เช่นเดียวกับภาษาแรก และนำเข้าสู่การอ่านและเขียนในภาษาที่ 2 โดยการเชื่อมโยงด้วยตัวอักษร (โดยใช้ภาษามลายูถิ่นอักษรไทย) ทั้งนี้การเริ่มสอนภาษาที่สอง (ด้วยการฟัง – พูด) ก่อน และมีการทิ้งระยะให้ห่างจากการพัฒนาระบบคิดด้วยการฟัง – พูดภาษาที่ 1 โดยอาจเริ่มในจังหวะที่เด็กเตรียมความพร้อมในการอ่าน – เขียนภาษาแรก (ในปีที่สอง – อนุบาล 2) หรือหลังจากนั้น ก็เพื่อไม่ให้เด็กเกิดความสับสนและรับภาระหนักเกินไปในการเรียนรู้

จากการวางแผนตามลำดับนี้ ในปีที่สองของการเรียนเด็กจะสามารถอ่านออก – เขียนได้ ในภาษาแม่ของตนก่อน จากนั้นในปีถัดไป (ป.1) ซึ่งเด็กได้เรียนภาษาไทยมากขึ้น และมีกลวิธีการสอนและมีการใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่เน้นทั้งความเข้าใจและความถูกต้องของการใช้ภาษา เด็กจะสามารถอ่านออก – เขียนได้ในภาษาไทย นอกจากนี้ยังเริ่มมีการเรียนภาษานานาชาติ เช่น ภาษาอังกฤษ ตามกำหนดของกระทรวงศึกษาอีกด้วย

การจัดทำแผนการจัดประสบการณ์การเรียนการสอนทวิภาษาศึกษา

วิธีการสอนและสื่อการเรียนการสอนแบบทวิภาษาศึกษาจะมีความหลากหลาย โดยเน้นทั้งความเข้าใจและความถูกต้อง แนวคิดในการสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอนและการพัฒนาวิธีการสอนจะสอดคล้องกับหลักการและแนวคิดของหลักสูตรที่ปรากฏในแผนการสอน ดังตัวอย่างของสื่อทั้งสองประเภท ได้แก่ เรื่องเล่าจากท้องถิ่น (ครูเป็นผู้อ่านเรื่องให้เด็กฟัง เสียงและคำในภาษา และเพื่อเข้าใจเนื้อเรื่อง และครูตั้งคำถามให้เด็กตอบคำถาม) และนิทานภาพ (เป็นการจัดลำดับภาพและเล่าเป็นเรื่องราว) การอ่านหนังสือเล่มยักษ์ (อ่านด้วยกันทั้งห้องเรียน) และหนังสือเล่มเล็กระดับต่าง ๆ เป็นการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจและเรียนรู้ลักษณะคำและไวยากรณ์ การเรียนเขียนเรื่องเล่า (บอกลำดับเนื้อหา) แบบเรียน อ่าน – เขียน (การประกอบพยางค์ คำ และประโยค) การเขียนเรื่องจากภาพและประสบการณ์เป็นการฝึกลำดับความและการสะกดคำที่ถูกต้อง เป็นต้น

นอกจากนี้ เพื่อแก้ไขปัญหาของเด็กไทยในแง่การคิดวิเคราะห์ การจัดการเรียนแบบทวิภาษาจึงมีการกระตุ้นให้คิดผ่านการใช้ภาษา ในการเรียนรู้ระดับต่าง ๆ (ด้วยการตั้งคำถาม) ในกิจกรรมการเรียนการสอนของโครงการทวิภาษาจะมีการตั้งคำถามกระตุ้นให้เด็กคิดและตอบในเรื่องใกล้ตัวเด็ก โดยคำถามที่ใช้กระตุ้นพัฒนาการทางความคิดดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของระดับขั้นของการเรียนรู้ ซึ่งไม่เพียงแต่จะสอนให้เด็กรู้ (จำได้) และเข้าใจเท่านั้น ยังต้องสามารถประยุกต์และวิเคราะห์ได้ มีการประเมินผลให้ค่าและการสร้างสรรค์ได้ตามวัยของเด็ก



ระดับขั้นพัฒนาการทางการคิดวิเคราะห์การเรียนรู้

จากลำดับขั้นของพัฒนาการทางสมอง นำมาสู่การออกแบบ “คำถาม” ที่จะนำไปสู่ “พัฒนาการทั้ง 6 ขั้น” โดยคำถามพื้นฐาน เช่น ใคร อะไร ที่ไหน เท่าไหร่ เป็นคำถามที่พัฒนาสมองและสติปัญญาในขั้นต่ำสุด แต่คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กมีทักษะความคิดที่สูงขึ้น ควรเป็นคำถามแสดงถึงความเข้าใจและแสดงให้เห็นว่าเด็กรู้จักประยุกต์ใช้ด้วยตนเอง ความสำเร็จของการสร้างพัฒนาการเรียนรู้ระดับต่าง ๆ ในตัวเด็กขึ้นอยู่กับ “คำถาม” และ “เนื้อหาที่จะใช้ในการตั้งคำถาม” ซึ่งเนื้อหาดังกล่าว ต้องเป็นเรื่องราวที่ใกล้ตัวเด็กก่อน และเป็นภาษาที่เด็กเข้าใจดี

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เห็นได้ว่าการจัดการศึกษาแบบทวิภาษาคือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงต้นทุนทางภาษาของเด็ก ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาการอ่านไม่ออกเขียนไม่ได้ของเยาวชนในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นจะนำไปสู่การเรียนรู้ภาษาอื่น ๆ ในรูปแบบเดียวกัน ได้แก่ ภาษาอังกฤษ และมลายูกลาง (อักษรยาวี) ในชั้น ป.3 เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภาษามลายูอักษรยาวี ซึ่ง

ถือว่าเป็นอัตลักษณ์ของคนในพื้นที่ รวมทั้งภาษามลายูกลาง (อักษรรูมี) ในปีที่ 5 โดยเพิ่มความสามารถในการฟัง – พูด ให้ด้วย (เนื่องจากเดิมมีการสอนแต่เพียงภาษาเขียน) ซึ่งวิธีการวางแผนทางภาษาเช่นนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมเข้าสู่อาเซียนอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเยาวชนไทยมุสลิมเชื้อสายมลายูจะมีความรู้ที่มั่นคงในภาษามลายูปาตานี ซึ่งเป็นภาษาแม่และอัตลักษณ์ท้องถิ่นของตน ก่อนจะก้าวไปสู่ภาษามลายูที่ใช้เป็นภาษากลางหรือภาษาราชการของประเทศเพื่อนบ้าน

หลักการขั้นบันไดในการรู้หนังสือและการเชื่อมโยงภาษาในโครงการทวิภาษา ตั้งแต่ อนุบาล 1 – ประถมศึกษาปีที่ 6

ผลการจัดการศึกษาแบบทวิภาษาในโรงเรียนนำร่อง

จากการที่โครงการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนการสอนแบบทวิภาษา (ไทย – มลายูถิ่น) ในพื้นที่สี่จังหวัดชายแดนภาคใต้ มุ่งสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เป็นมิตรกับเด็ก ใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมสำหรับเด็ก ผลการดำเนินการที่ผ่านมาถือว่าประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ เพราะก่อให้เกิดความสุขกับเด็ก ครูผู้สอน พ่อแม่ผู้ปกครอง ชุมชน และสังคมภายนอก ซึ่งมีความแตกต่างไปจากการเรียนการสอนแบบเดิมเป็นอย่างมาก ดังนี้

- **โรงเรียนนำร่องและโรงเรียนทดลองขยายผล** ได้แก่ โรงเรียนไทยรัฐวิทยา อ.เมือง จ.นราธิวาส โรงเรียนบ้านประจัน อ.ยะรัง จ.ปัตตานี โรงเรียนบ้านบึงน้ำใส อ.รามัน จ.ยะลา และโรงเรียนบ้านตามะลังเหนือ อ.เมือง จ.สตูล

- **โรงเรียนทดลองขยายผล** ได้แก่ โรงเรียนบ้านจือโระ และโรงเรียนบ้านลดา อ.เมือง จ.ปัตตานี โรงเรียนบ้านใหม่พัฒนวิทย์ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี โรงเรียนบ้านกรือเซะ และโรงเรียนบ้านบูโกะ อ.ยะรัง จ.ปัตตานี โรงเรียนบ้านบน อ.สายบุรี จ.ปัตตานี โรงเรียนบ้านปงตาและโรงเรียนบ้านตะโละหะลอ อ.รามัน จ.ยะลา โรงเรียนบ้านกูวา อ.สุไหงปาดี

จ.นราธิวาส โรงเรียนบ้านลูโบ๊ะซามา อ.สุไหงโก-ลก จ.นราธิวาส และโรงเรียนบ้านบูเกะตาโมง อ.เจาะไอร้อง จ.นราธิวาส

ความสุขที่เกิดขึ้นกับเด็ก เห็นได้ชัดเจนจากพัฒนาการของเด็กที่กล้าคิด กล้าแสดงออก รักการมาโรงเรียน รักการอ่าน – เขียน มีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งส่งผลดีทั้งในส่วนของพัฒนาการทางภาษา (ภาษามลายูถิ่นและภาษาไทย) และความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระอื่น ๆ พร้อมทั้งสามารถปฏิบัติตัวตามวัฒนธรรมท้องถิ่นและวัฒนธรรมส่วนกลางได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับวัย

ครูผู้สอน มีความสุขที่ได้เห็นนักเรียนของตนเองมีพัฒนาการเรียนรู้ที่ดีขึ้นและมีความภาคภูมิใจที่สามารถจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ สามารถทำให้เด็กเข้าใจในเนื้อหาที่สอน เพราะใช้ภาษามลายูถิ่นเป็นสื่อในการถ่ายทอดความรู้ไปสู่เด็ก

> “พัฒนาการของเด็กที่กล้าคิด กล้าแสดงออก รักการมาโรงเรียน รักการอ่าน – เขียน มีความคิดสร้างสรรค์”

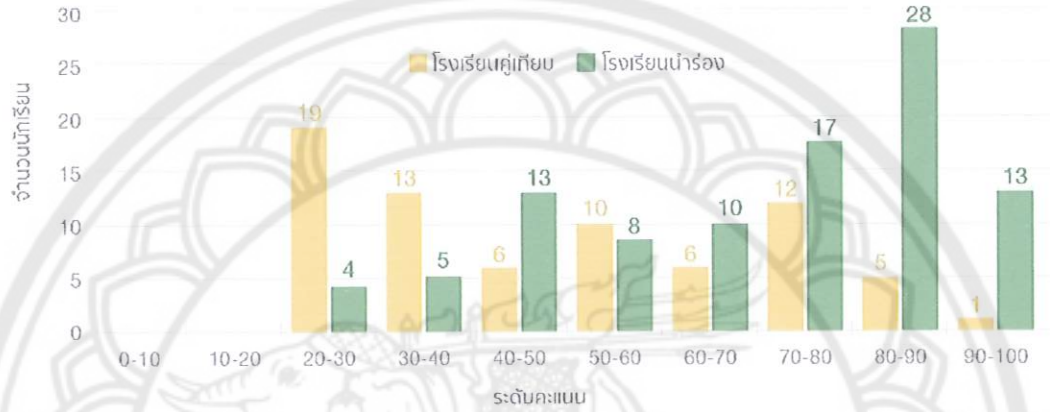
พ่อแม่ผู้ปกครอง เกิดความภาคภูมิใจที่เห็นบุตรหลานของตนเองกล้าพูด กล้าแสดงออก มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถฟัง พูด อ่าน และเขียนได้ทั้งภาษามลายูถิ่นและภาษาไทย นอกจากนี้ ยังมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนของบุตรหลาน ผู้ปกครองมีความพอใจที่เด็ก ๆ ร้องเพลงเป็นภาษามลายูถิ่นได้และแปลกใจที่เด็กพูดภาษาไทยได้อย่างชัดเจน

สำหรับชุมชน การใช้ภาษาท้องถิ่นจึงทำให้คนในพื้นที่เข้ามามีส่วนร่วมได้ในทุกขั้นตอนและกระบวนการ ตั้งแต่การพัฒนาระบบเขียนภาษามลายูปาตานี การสร้างหลักสูตรและแผนการสอน การสร้างสื่อการเรียนการสอน การฝึกอบรมเทคนิคกลวิธีการสอนแบบทวิภาษา ตลอดจนเป็นผู้สอนจริง การมีส่วนร่วมของชุมชนในกิจกรรมต่าง ๆ ที่จัดขึ้น แสดงให้เห็นถึงการยอมรับของชุมชนที่มีต่อโครงการ และเป็นตัวชี้วัดว่า โครงการนี้ตอบสนองความต้องการของชุมชนและคนในพื้นที่เนื่องจากได้ผ่านกระบวนการทำงานร่วมกันของชุมชน ทำให้ชุมชนมีความมั่นใจในการศึกษาของรัฐมากขึ้น

สังคมภายนอก ความพยายามในการพัฒนาการศึกษาของเยาวชนในพื้นที่ โดยนำภาษาและวัฒนธรรมท้องถิ่นมาร่วมในการสร้างฐานที่แข็งแกร่งของสังคมทำให้เกิดความเข้าใจในปัญหาในพื้นที่มากขึ้นและเข้าใจความสำคัญของการนำภาษาท้องถิ่นมาร่วมในการจัดการเรียนการสอนในระบบโรงเรียนของรัฐดีมากขึ้น ได้นำไปเป็นนโยบายการจัดการศึกษาเขตพิเศษจังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมทั้งเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันนโยบายภาษาแห่งชาติ ●

ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ของนักเรียนในโรงเรียนทั้ง 2 กลุ่ม คือกลุ่มโรงเรียนนำร่องและกลุ่มโรงเรียนคู่เทียบ ที่มีการสอนแบบปกติ พบว่า โรงเรียนที่ทดลองใช้ระบบทวิภาษาได้ผลดีกว่าโรงเรียนที่ใช้ภาษามลายูอย่างเดียว ทั้ง 5 กลุ่มสาระวิชา และพบว่านักเรียนในโรงเรียนทดลองส่วนมากที่มีผลคะแนนระดับดี-ดีมาก ในขณะที่ผลคะแนนของนักเรียนในโรงเรียนปกติจะอยู่ในระดับคะแนนที่ต่ำกว่า

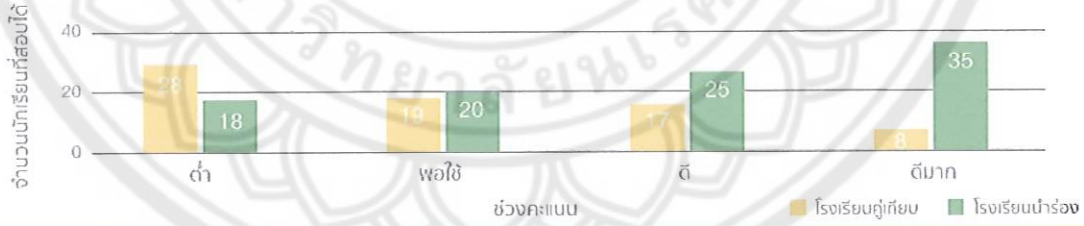
แผนภูมิเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียน ชั้น ป.1
ระหว่างโรงเรียนนำร่อง (โครงการทวิภาษา) และโรงเรียนคู่เทียบ



ผลจากการประเมินพัฒนาการในระดับ ป.1 (โดยคณะประเมินภายนอก - ม.ราชภัฏยะลา) พบว่านักเรียนทวิภาษามีคะแนนเฉลี่ยเกาะกลุ่มกันในระดับสูง (70-100 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดกับนักเรียนที่ผ่านรูปแบบการสอนปกติ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง - ต่ำ (20-50 คะแนน)

ส่วนคะแนนภาษาไทยก็อยู่ในระดับที่ดีกว่าด้วยอย่างชัดเจน

แผนภาพเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่สอบได้ในรายวิชาภาษาไทย



คณะประเมินผลได้ให้ข้อคิดเห็นว่า แนวทางการพัฒนาความรู้ของโครงการทวิภาษามีประโยชน์และมีคุณค่าสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ที่อยู่ในระดับปานกลางและระดับต่ำ โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการพัฒนานักเรียนระหว่างโรงเรียนทั้ง 2 กลุ่มแล้วสามารถระบุได้ว่า *"แนวทางการพัฒนาความแบบทวิภาษาแก่นักเรียนเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนในกลุ่มที่มีทักษะการเรียนรู้ต่ำ-ปานกลางมีพัฒนาการด้านการเรียนสูงขึ้น แม้ต้องใช้ระยะเวลาพอสมควร แต่ก็สามารถสร้างความมั่นใจได้ว่านักเรียนเหล่านี้จะพัฒนาตนเองได้อย่างแน่นอน ขณะที่นักเรียนที่ได้คะแนนสูงหรือเก่ง ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าจะใช้วิธีสอนใด ๆ ก็ตามก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากต้นทุนทางความคิดและเชาว์ปัญญาของนักเรียนเหล่านี้มีอยู่ในตัวเองแล้ว"* (ศุภลักษณ์ สินธนา และคณะฯ 2554)

ทีมวิจัยโครงการได้รับเชิญให้นำเสนอข้อมูลโครงการในฐานะที่เป็นต้นแบบของ SEAMEO
(รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการของกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้)

ข้อมูลนักวิจัย

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สุวิไล เปรมศรีรัตน์

- จบการศึกษาระดับปริญญาเอก (ภาษาศาสตร์) จาก Monash University ประเทศออสเตรเลีย มีความเชี่ยวชาญทางด้านภาษาศาสตร์ชาติพันธุ์ ภาษาศาสตร์สังคม ภาษาศาสตร์ประยุกต์ และภาษาศาสตร์เอเชียอาคเนย์
- อาจารย์สังกัดสถาบันวิจัยภาษาและวัฒนธรรมเอเชีย มหาวิทยาลัยมหิดล

งานวิจัยที่สำคัญ เช่น

- การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ภาษาท้องถิ่นและภาษาไทยเป็นสื่อ: กรณีการจัดการศึกษาแบบทวิภาษา (ภาษาไทย-มลายูถิ่น) ในโรงเรียนเขตพื้นที่สี่จังหวัดชายแดนภาคใต้ (โครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการ) โครงการต่อเนื่อง 9 ปี (2550 - 2558) ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล และองค์กรยูนิเซฟ
- ศึกษาและฟื้นฟูภาษาและวัฒนธรรมในภาวะวิกฤตร่วมกับกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ปี 2551 - ปัจจุบัน ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- พัฒนาภาษาและฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นชายแดนใต้ (ระยะที่ 1) ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

รางวัลที่ได้รับ อาทิเช่น

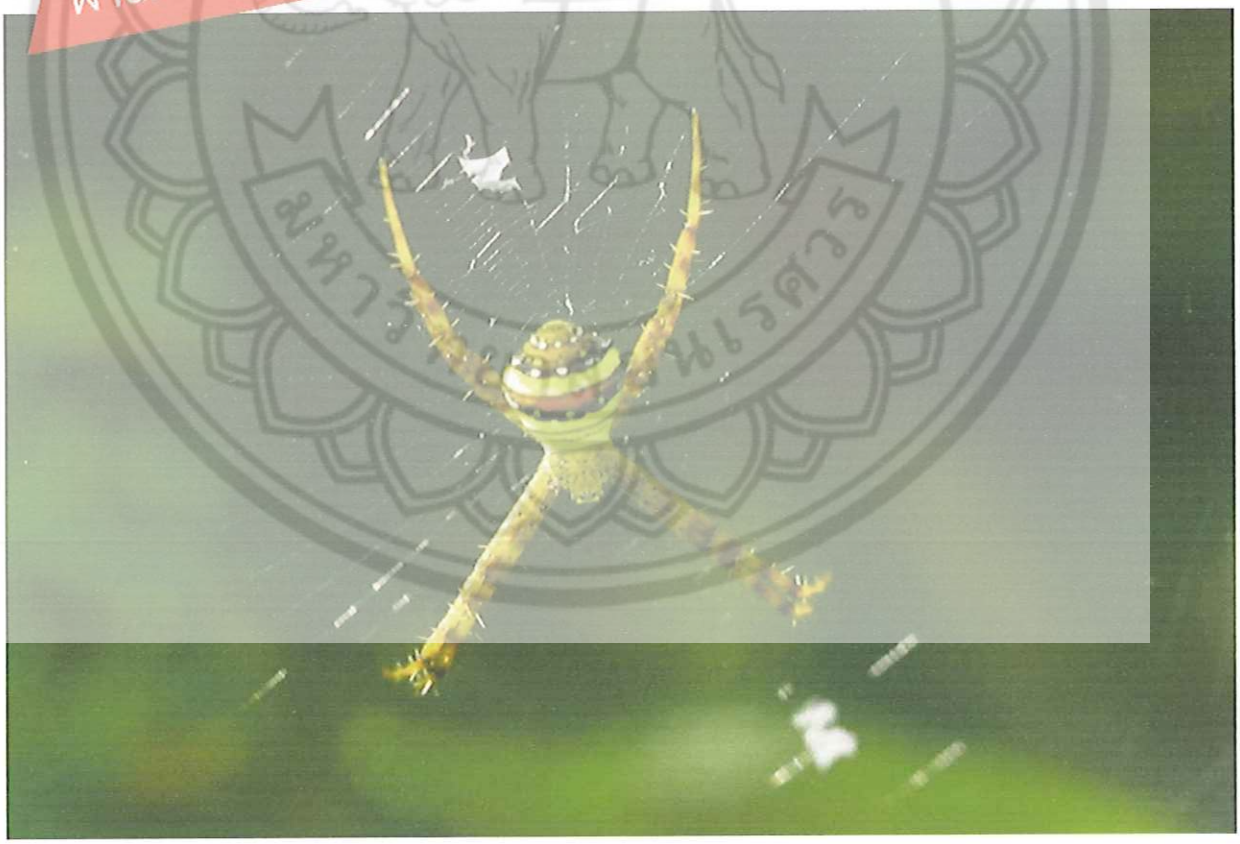
- ผลงานวิจัยเด่น สกว. ประจำปี 2553 เรื่อง "การจัดการศึกษาแบบทวิภาษา (ภาษาไทย - มลายูถิ่น) ในโรงเรียนเขตพื้นที่สี่จังหวัดชายแดนภาคใต้"
- นักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ ปี 2549 สาขาปรัชญา สภาวิจัยแห่งชาติ

การนำไปใช้ประโยชน์

- นำกระบวนการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาของรัฐอีกจำนวน 15 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งสนับสนุนโดยศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศอ.บต.) และจากผลการวิจัยดังกล่าวยังได้มีการต่อยอดไปสู่งานวิจัยที่นำองค์ความรู้ทวิ/พหุภาษา เข้าสู่หลักสูตรการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษาของมหาวิทยาลัยซึ่งเป็นแหล่งผลิตครูในพื้นที่ภายใต้
- ได้รับเลือกจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการของกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เมื่อปี 2553 ให้เป็นโครงการต้นแบบและได้รับเชิญให้ไปเสนอแนวทางแก่ที่ประชุมของนักการศึกษาประเทศอินโดนีเซีย และได้ร่วมในการจัดการประชุมปฏิบัติการเพื่อการฝึกครูในระดับชาติที่โรงเรียนบ้านโพธิ์กอง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์เมื่อปี 2551
- ร่วมในการฝึกอบรมนักภาษาและการศึกษาจากประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ เช่น กัมพูชา ลาว และฟิลิปปินส์ เป็นต้น ในช่วงปี 2550-2551

สัมผัสชีวิตผ่านภาพถ่าย

โดย... ลุงมอด



ชีวิตฉัน...ผูกพันกับสายใย

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
The Federation of Thai Industries

Chevron

PANEL PLUS

บริษัท พาเนล พลัส จำกัด
ผู้จัดและจำหน่ายโฟมสังเคราะห์ ไม้ปาร์ติเกิล และไม้อัดเทียม
www.panelplus.co.th

ภาคผนวก

เอกสารแนบ 3

TheTakedaFoundation

THE TAKEDA YOUNG ENTREPRENEURSHIP AWARD WORKSHOP PROGRAM

THE TAKEDA YOUNG ENTREPRENEURSHIP AWARD WORKSHOP

Date: February 7, 2015 AM 10:00

Venue: The Takeda Hall, the Takeda Building, the University of Tokyo

10:00 - 10:05 Opening Remarks
Osamu Karatsu, Chairman, the Takeda Foundation

10:05 - 10:20 TERI :Thailand Environmental Restoration Initiative
Tanapon Phenrat, Naresuan University, Thailand

10:20 - 10:35 Engineered biological scaffolds using sonication decellularization system for medical implant application
Azran Azhim Noor Azmi, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

10:35 - 10:50 High range resolution time-of-flight imager for contactless 3D scanners
Keita Yasutomi, Shizuoka University, Japan

10:50 - 11:05 Hogave Micro Hydro (Single Wire Return System)
Moses Musalaki Kima, Hogave Conservation Inc, Papua New Guinea

New Guinea

11:05 - 11:20 AgIC-democratization of electric circuits
Shinya Shimizu, AgIC Inc, Japan

11:20 - 11:35 SmartMooTM-Small farm automation solutions
Venkatesh Seshasayee, Stellapps Technologies Private Limited, India

11:35 - 12:00 Questions & Answers

Copyright © 2014 The Takeda Foundation. All Rights Reserved. Update 2014/12/13

R2557C055

บันทึกข้อความ

กองกลาง สำนักงานอธิการบดี
เลขรับ 13993
วันที่ 17 ก.ย. 2558
เวลา 15.44 น.

ส่วนราชการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา โทร. 3988
ที่ ศธ 0527...../ ..... วันที่ ...14...กันยายน.....2558...
เรื่อง ขอปิดโครงการวิจัยและส่งผลงานตามตัวชี้วัด

สำนักวิจัยและพัฒนางานวิจัย
รับที่ 5041
วันที่ 15 ก.ย. 2558
14:36 น.

(1) เรียน อธิการบดี

ตามที่ มหาวิทยาลัยอนุมัติให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบงบประมาณรายได้ กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 สัญญาเลขที่ R2557C055 เรื่อง "การสลายสารพีนอลปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบ่อตื้นเพื่อการอุปโภค-บริโภคของชาวบ้าน ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้โอโซน" ในวงเงิน 180,000.00 บาท (หนึ่งแสนแปดหมื่นบาทถ้วน) โดยมี ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น

ขณะนี้ได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลา ...1..... ปี ....11.....เดือน และมีผลงานวิจัยตามตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการวิจัย (รายละเอียดดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้) และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน ข้าพเจ้าอนุญาตให้กองบริหารการวิจัยและสำนักหอสมุดเผยแพร่ผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์และบทคัดย่อ ในระบบสารสนเทศ ดังนี้

☑ ระบบผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (http://dra-is.research.nu.ac.th/dra-elibrary/)
☑ ฐานข้อมูล NU Digital Repository (http://obj.lib.nu.ac.th/media)
☐ ไม่ยินยอม เนื่องจาก.....

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอปิดโครงการวิจัยดังกล่าว และหากมีผลงานวิจัยเกิดขึ้นภายหลังจักนำแจ้งให้มหาวิทยาลัยทราบทันที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

งานธุรการ (หน่วยสัญญา) 16 ก.ย. 2558
☑ ตรวจสอบและดุมยอด.....
☐ ระบบบริหารโครงการวิจัย.....
☐ ระบบ NRPM.....

ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
หัวหน้าโครงการวิจัย

(2) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ และให้ดำเนินการบันทึกข้อมูล

ลงชื่อ .....
(ผ.ศ.ดร.ภัทรชัย อุ่นจางใน)
ผู้ประสานงานวิจัยคณะ
(วันที่ 14 ก.ย. 2558)

(3) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ

ลงชื่อ .....
(.....)
รองคณบดีฝ่ายวิจัย/คณบดีคณะ วิศวกรรมศาสตร์
16 ก.ย. 2558

(4) เรียน อธิการบดี
(/) เห็นควรอนุมัติ ( ) เห็นควรไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(นางสาวสิริกร ชูแก้ว)
ผอ.กองบริหารการวิจัย
(วันที่ 17 ก.ย. 2558)

(5) เรียน อธิการบดี
(/) อนุมัติ ( ) ไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย
17 ก.ย. 58